

Electron Beam 조사가 고추 및 생강 분말의 미생물학적 및 관능적 품질에 미치는 영향

이정은 · 권오진* · 권중호
경북대학교 식품공학과, *대경대학

Effects of Electron Beam Irradiation on Microbiological and Organoleptic Qualities of Powdered Red Pepper and Ginger

Jungeun Lee, Oh-Jin Kwon* and Joong-Ho Kwon

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, *Taekyeung College

Abstract

Electron beam (EB) was applied to study the sterilizing techniques for powdered red pepper and ginger by determining their quality over gamma radiation (GR) from the microbiological and organoleptic points of view. The samples showed high microbial loads, such as 10^5 ~ 10^6 CFU/g in total aerobic bacteria, negligible levels in yeasts & molds and 10^2 CFU/g in coliforms. EB irradiation at 5 kGy resulted in the reduction of microbial loads by 2 to 3 log cycles, thereby decreasing the levels of total bacteria to 10^2 ~ 10^3 CFU/g and resulting in negative in coliforms. Decimal reduction doses (D_{10} value) on the initial bacterial loads in red pepper were 1.50~1.54 kGy in EB and 1.68~1.80 kGy in GR, while powdered ginger showed 1.30~2.27 kGy in EB and 1.45~2.77 kGy in GR, respectively. EB and GR showed a similar effect on microbial decontamination for both samples. Microbial populations in stored samples for 4 months at room temperature were not remarkably different from the initial loads in all samples. Irradiation caused little changes in Hunter's color parameters, but that were changeable during storage. Sensory evaluations on color and odor of powdered samples indicated that no significant differences were observed among the all samples compared. These results revealed that EB irradiation at optimal dose levels for microbial control was not detrimental to the sensory quality of powdered red pepper and ginger.

Key words : red pepper powder, ginger powder, electron beam, microbial decontamination, organoleptic quality

서 론

향신료는 여러 종류의 방향성 식물에서 얻어지며 독특한 향과 맛을 지니고 있어서 향미, 식미, 착색 등에 의해 식육증진을 목적으로 활용되고 있다. 향신료는 이러한 기능적 성질 때문에 식생활에 중요한 위치를 차지하고 있으며, 최근 편의식품의 가공이 늘어남에 따라 사용량이 점차 증가되고 있다^(1,2).

천연향신료 및 건조 양념채소류는 제조 과정 중 다양한 곰팡이, 세균 및 그들의 내열성포자들이 혼입될 수 있으므로 대부분 살균처리가 요구된다^(3,4). 이들의

살균방법으로는 ethylene oxide(EO) 등의 훈증처리가 대부분 이용되어 왔으나 1991년 국내에서도 EO의 사용이 금지된 이래 감마선 조사기술이 대체 살균방법으로서 인식되고 있으며, 이는 저장해충의 사멸효과도 동시에 충족시킬 수 있는 가능성이 있다⁽⁴⁻⁸⁾.

식품조사(food irradiation)에 이용될 수 있는 방사선으로는 감마선(^{60}Co , ^{137}Cs), 전자선(10 Mev 이하) 및 X선(5 Mev 이하)이다^(9,10). 지금까지 식품조사 연구에서는 대부분 감마선을 이용하여 수행되었다⁽¹¹⁻¹³⁾. 그러나 감마선에너지는 투과력이 우수한 장점을 지니고 있으나 방사성 동위원소(^{60}Co)에서 발생되는 에너지라는 측면에서 소비자의 수용(acceptability)에 많은 기간이 소요되고 있다⁽¹²⁾. 그리하여 최근에는 감마선 조사기술의 활용 증대를 위한 연구와 더불어, 주요 선진국은 물론 국내에서도 새로운 조사선원(irradiation source)을 찾거나 전기적으로 발생되는 electron beam(전자선 에너지

Corresponding author : Joong-Ho Kwon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea
Tel : 82-53-950-5775
Fax : 82-53-950-6772
E-mail : jhkwn@knu.ac.kr

지)을 이용한 식품의 살균효과 연구를 활발히 추진하고 있다⁽¹⁴⁻¹⁶⁾.

본 연구에서는 식품의 방사선 조사에 활용될 수 있는 새로운 에너지원으로서 전자선의 이용기반을 확보하기 위하여, 전자선 에너지를 이용한 고추 및 생강 분말의 살균과 이에 따른 관능적 품질에 미치는 영향을 감마선 조사와 비교 검토하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 시료로서 고추(*Capsicum annum* L.) 분말은 대구 D시장의 고추방앗간에서 '96년 산 통고추를 꼭지와 종자를 제거한 후 분말화한 것(고추분말 I)과 시중에 유통되고 있는 분말고추('96년산 600 g PE 포장, 고추분말 II)로 하였다. 한편 생강(*Zingiber officinale* Roscoe) 분말은 국내에서 유통되고 있는 분말 제품을 각각 구입하여 각각 I, II 및 III로 구분하여 사용하였다. 이상의 시료 중 미생물 농도가 비교적 높은 고추분말 II와 생강분말 II를 선택하여 저장실험에 사용하였으며, 이들의 일반성분은 수분 18.11%와 9.59%, 조단백질 14.64%와 8.61%, 조지방 12.57%와 2.10% 등으로 나타났다.

시료의 살균처리 및 저장

고추 및 생강 분말에 오염된 미생물의 살균을 위하여 전자선 조사는 electron-beam processing facility (model ELV-4, 1 MeV, S중공업 중앙연구소)를 이용하여 low density polyethylene bag에 시료 두께 4 mm 이하, 가속전류 3.13~9.40 mA, beam dimension 98 cm (length)×7.5 cm(width), table speed 10~20 m/min 등으로 하여 실온에서 0.63 Gy·sec⁻¹의 선량률로 총 흡수선량이 2.5~15 kGy가 되도록 하였으며, 흡수선량은 CTA dosimeter를 사용하여 확인하였다(±3.4 %). 또한 감마선 조사는 ⁶⁰Co 감마선 조사시설(KAERI)을 이용하여 실온에서 일정한 선량률로 2.5~15 kGy 범위의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 이때 시료의 감마선 조사시 흡수선량의 오차를 줄이기 위하여 원통형 PE 용기(Φ5×H 8 cm)를 사용하였으며, 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter를 사용하였다(±5.0%). 이같이 방사선 조사된 시료는 비조사 대조시료와 함께 PE 용기에 밀봉하여 실온에서 4개월 간 저장하면서 실험에 사용하였으며, 향신료 분말의 살균 후 저장중 미생물 생육, 색도 및 관능적 품질 평가에는 고추분말 II와 생강분말 II 만을 대상으로 하였다.

미생물 검사 및 방사선 감수성 측정

전자선 및 감마선 조사된 시료의 미생물검사는 총 세균(total aerobic bacteria), 효모/곰팡이(yeasts & molds), 대장균군(coliforms)으로 구분하여 표준방법⁽¹⁷⁻¹⁹⁾에 따라 실시하고, 각 미생물 검사는 3반복으로 실시하면서 CFU(colony forming unit)로 계수하였다. 또한 계수된 잔존 생균수로부터 생존곡선을 그려 아래 식에 따라 방사선감수성(D¹⁰ value, decimal reduction dose for the initial microbial population)을 확인하였다⁽²⁰⁾.

기계적 색도 측정

분말시료에 대한 기계적 색도는 color/color difference meter(Minolta, model CR-200, Japen)를 사용하여 Hunter's color value(L, a, b, ΔE)를 5회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 이때 사용된 표준백판의 L, a, b값은 각각 97.32, -0.44, +2.14이었다.

관능적 품질 평가

분말시료의 살균을 위한 전자선 및 감마선 조사가 시료의 관능적 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 차이식별 능력과 흥미도 조사에 따라 선발된 20명의 검사요원에게 실험의 목적과 방법을 주지시킨 다음, 살균처리된 고추 및 생강 분말의 색(color)과 냄새(odor)에 중점을 두어 무처리 대조구를 표준시료(R)로 하여 다시료비교법^(21,22)에 의하여 실시하였다. 이때 각 시료에 대한 등급은 panel 자신에 의해 "차이가 없다"는 5, "R보다 대단히 좋다"는 1, 그리고 "R보다 대단히 나쁘다"는 9로 평가하였다. 방사선 조사된 고추 및 생강 분말의 조사선량 별 색과 냄새에 대한 각 시료 간의 유의성 검정⁽²³⁾은 statistical analysis system에 의한 분산분석과 Duncan's multiple range test를 이용하여 실시하였다.

결과 및 고찰

미생물 오염 및 살균효과

본 실험에서는 감마선 살균법을 대조구로 하여 전자선 조사의 살균효과를 확인하여 보았다. 먼저 2종의 고추분말에서는 Table 1과 같이 미생물의 혼입도가 호기성 전세균은 10⁵~10⁶ CFU/g 수준이었다. 위생지표 미생물인 대장균군은 고추분말 II에서 10² CFU/g 수준으로 검출되었으며, 효모와 곰팡이는 매우 낮은 수준이었다. 또한 생강분말에 있어서는 Table 1과 같이 3

Table 1. Microbial populations of powdered *Capsicum annum* L. and *Zingiber officinale* Roscoe

Spice	Sample type	CFU/g		
		Total bacteria	Yeasts & molds	Coliforms
Red pepper (<i>Capsicum annum</i> L.)	I	1.6×10 ⁵	0	0
	II	3.9×10 ⁶	4.7×10 ¹	8.7×10 ²
Ginger (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe)	I	1.6×10 ³	1.2×10 ²	0
	II	2.8×10 ⁵	1.1×10 ³	1.1×10 ²
	III	1.5×10 ³	0	0

Table 2. Comparative effects of electron-beam (EB) and gamma-ray (GR) irradiation on microbial populations of powdered *Capsicum annum* L. and *Zingiber officinale* Roscoe during storage (unit : CFU/g)

Spices	Micro-organism	Energy type	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)					
				0	2.5	5.0	7.5	10	15
Red pepper (<i>Capsicum annum</i> L.) (II)	Total bacteria	EB	0	3.9×10 ⁶	5.0×10 ⁴	2.1×10 ³	3.0×10 ¹	0	0
			4	3.1×10 ⁶	1.7×10 ⁴	7.3×10 ³	3.3×10 ²	N.D ¹⁾	0
		GR	0	3.9×10 ⁶	1.2×10 ⁵	4.3×10 ³	2.8×10 ²	0	0
			4	3.1×10 ⁶	2.1×10 ⁵	1.2×10 ⁴	1.9×10 ³	N.D	0
	Yeasts & Molds	EB	0	4.7×10 ¹	0	0	0	0	0
			4	1.6×10 ¹	1.9×10 ²	N.D	0	0	0
		GR	0	4.7×10 ¹	0	0	0	0	0
			4	1.6×10 ¹	6.5×10 ²	N.D	0	0	0
	Coli forms	EB	0	8.7×10 ²	0	0	0	0	0
			4	2.7×10 ²	0	0	0	0	0
		GR	0	8.7×10 ²	0	0	0	0	0
			4	2.7×10 ²	0	0	0	0	0
Total bacteria	EB	0	2.8×10 ⁵	8.8×10 ²	4.0×10 ¹	0	0	0	
		4	4.8×10 ⁵	1.1×10 ³	4.0×10 ¹	N.D	0	0	
	GR	0	2.8×10 ⁵	1.9×10 ³	1.0×10 ²	0	0	0	
		4	4.8×10 ⁵	1.8×10 ³	1.3×10 ²	N.D	0	0	
Ginger (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe) (II)	Yeasts & Molds	EB	0	1.1×10 ³	5.3×10 ¹	0	0	0	0
			4	1.2×10 ⁴	1.0×10 ²	N.D	0	0	0
	GR	0	1.1×10 ³	1.9×10 ²	0	0	0	0	
		4	1.2×10 ⁴	2.3×10 ²	N.D	0	0	0	
Coli forms	EB	0	1.1×10 ²	0	0	0	0	0	
	GR	0	1.1×10 ²	0	0	0	0	0	
			4	9.1×10 ²	0	0	0	0	0
			4	9.1×10 ²	0	0	0	0	0

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

종의 시료에서 총세균이 10³~10⁵ CFU/g 수준이었고, 대형 포장(10 kg)으로 가공업체에 납품되고 있는 시료에서는 효모 및 곰팡이가 10³ CFU/g, 대장균군이 10² CFU/g 수준으로 검출되었다. 국내 식품공전⁽¹⁵⁾에서 향신료 가공품과 분말수프의 미생물 규격은 대부분 대장균군이 음성으로 규정되어 있으며, 식품제조업체에서 통용되고 있는 기준으로서 수출용 분말수프의 경우에는 총세균수 5×10⁴ 이하/g, 대장균(군), *Bacillus cereus*, *Salmonella*, yeasts & molds, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* 등은 각각 음성으로 규정되어 있다^(17,18). 따라서 본 실험에 사용된 시료, 즉

유통되고 있는 고추 및 생강 분말은 살균처리가 요구되는 것으로 확인되었다.

고추분말의 오염 미생물에 대한 살균시험에서 5 kGy의 전자선 조사는 미생물의 농도를 2~3 log cycles 정도 감소시킬 수 있었고, 10 kGy 조사구에서는 총세균의 농도를 검출한계 이하로 감소시켰다(Table 2). 특히 대장균군은 2.5 kGy, 효모 및 곰팡이는 5 kGy 이하의 조사선량에서도 검출한계 이하로 감균이 가능하였으며, 전자선의 이와 같은 살균효과는 감마선과 거의 유사함을 알 수 있었다(Table 2). 생강분말에 있어서는 Table 2에 나타난 바와 같이 오염미생물의 방사선 감

Table 3. Radiosensitivity of total bacteria contaminated in powdered *Capsicum annum* L. and *Zingiber officinale* Roscoe during storage

Spices		Radiation type	Regression equation for log survival curves	D ₁₀ value ¹⁾ (kGy)
Red pepper (<i>Capsicum annum</i> L.)	I	Electron beam	$y=-0.0262-0.6326x$	1.54
		Gamma ray	$y=+0.4604-0.5948x$	1.68
	II	Electron beam	$y=-0.0609-0.6688x$	1.50
		Gamma ray	$y=-0.0718-0.5551x$	1.80
Ginger (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe)	I	Electron beam	$y=+0.0250-0.4408x$	2.27
		Gamma ray	$y=+0.0727-0.3612x$	2.77
	II	Electron beam	$y=-0.1935-0.7690x$	1.30
		Gamma ray	$y=-0.1482-0.6894x$	1.45

¹⁾Decimal reduction dose for the initial microbial population ($\log_{10}N/No=-D/D_{10}$).

수성이 고추 분말과 거의 유사하였으며, 대장균군의 사멸을 위해서는 2.5 kGy 이하가 요구되었으며, 7.5 kGy 조사는 모든 미생물의 농도를 검출한계 이하로 감소시킬 수 있었으며, 생강분말의 경우에도 전자선 조사는 감마선 조사와 유사한 살균특성을 나타내었다.

또한 살균처리된 향신료 시료들을 실온에서 4개월 간 저장 후 미생물의 생육상태를 평가해 본 결과, Table 2와 같이 미생물 생육상태는 전반적으로 큰 변화가 없었으나, 일부 시료에서 미생물의 농도가 증감되었다. 이와 같은 미생물 농도의 변화는 저장조건에 영향을 받게되므로⁽²⁰⁾, 저장 시료의 흡습을 막을 수 있는 밀봉 포장방법을 이용한다면 살균처리 후 미생물의 생육은 별 문제되지 않는 것으로 판단된다⁽²⁴⁾.

방사선감수성

전자선과 감마선 조사에 의한 고추 및 생강 분말에 오염된 미생물의 방사선 감수성을 확인하고자, 초기 오염 총세균의 농도를 90% 사멸시키는데 필요한 조사선량(D₁₀ value)을 계산하여 보았다. Table 3에 나타난 바와 같이 고추분말의 경우 전자선은 1.50~1.54 kGy, 감마선은 1.68~1.80 kGy 범위로 고추분말 I과 II에서는 다소 상이한 감수성을 나타내었고, 특히 전자선과 감마선 간에는 상당한 감수성의 차이를 나타내었다. 이는 시료에 오염된 미생물의 농도와 종류가 서로 상이하고, 특히 두 선원간에는 선량률(dose rate, Gy/min)의 차이가 크므로 이들이 주요 원인으로 판단된다^(14,15,20). 생강분말에서는 총세균의 D₁₀값이 전자선 1.30~2.27 kGy, 감마선 1.45~2.77 kGy로 시료의 종류와 조사선원간의 차이가 나타났다. 이상의 결과에서 볼 때 전자선은 감마선에 비해 낮은 D₁₀값을 보여 살균에 필요한 선량이 다소 낮게 나타났다. 이 같은 결과는 감마선과 전자선의 조사공정상의 차이가 주요 원인으로 사료된다. 이상의 결과에서 고추 및 생강 분말에 혼입된 미생

물의 관리를 위해서는 5~7.5 kGy 범위의 전자선 조사가 요구되며, 이는 처리 직후 및 실온 저장 4개월 이후에도 미생물학적 품질개선이 가능함을 시사하였다. 따라서 효과적인 포장방법이 사용된다면 전자선 조사 후 장기간 저장도 가능하리라 생각된다. 이러한 결과는 Kwon 등⁽⁵⁾과 Cho 등⁽²⁴⁾의 고추가루의 살균을 위해 요구된 감마선 조사선량과 Ito 등⁽⁵⁾의 전자선과 감마선이 조사된 향신료의 D₁₀ 값에 비해 낮은 값이었는데, 이는 시료의 초기 미생물 농도가 다소 낮았는데 기인한 것으로 생각된다. 일반적으로 미생물에 대한 방사선의 살균작용은 미생물의 종류와 농도, 매개체의 화학적 조성 및 물리적 상태, 조사 후 저장조건 등에 영향을 받게 되므로 전자선이 산업적으로 활용될 때에는 이상의 인자들을 고려하여 적정 조사선량을 선택해야 할 것이다^(11,16,20).

기계적 색도 변화

살균처리된 분말 시료의 색도를 color/color difference meter를 사용하여 Hunter color L, a, b 및 ΔE 값을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 고추 및 생강 분말의 명도를 나타내는 L값은 5 kGy 이상의 조사선량에서 다소 증가되었으며, 전자선과 감마선 간에는 차이가 없었다. 적색도를 나타내는 a값은 고추분말의 경우 거의 변화가 없었고, 생강분말은 다소 감소되었다. 분말의 황색도(b값)는 7.5 kGy 조사선량부터 다소 감소하는 경향이였다. 전반적 색차를 나타내는 ΔE값의 변화를 NBS (National Bureau of Standards)의 기준에서 검토해 볼 때, 생강 분말의 경우에는 모든 선량에서 조금(slight) 정도의 변색이 확인되었고, 고추분말은 입자 크기의 불균일성으로 인하여 다소 편차가 심하였으나 느끼는 정도(noticeable)의 색차가 인정되었다. 또한 시료를 실온에서 4개월 간 저장한 후 색도를 비교해 보았을 때 전반적으로 명도와 적색도는 감소현상을, 황색도는 증가

Table 4. Comparative effects of electron-beam and gamma-ray irradiation on Hunter color values of powdered *Capsicum annuum* L. and *Zingiber officinale* Roscoe during storage

Spices	Color parameter	Energy type	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)					
				0	2.5	5	7.5	10	15
Red pepper (<i>Capsicum annuum</i> L.) (II)	L ¹⁾	EB	0	46.54	46.21	48.36	48.87	48.86	49.60
			4	33.78	30.60	37.17	27.91	32.86	30.14
		GR	0	46.54	48.02	48.38	48.33	49.90	48.89
			4	33.78	30.59	31.68	27.05	28.87	30.67
	a ²⁾	EB	0	20.55	20.75	21.30	19.65	19.10	19.36
			4	19.59	19.38	19.81	19.62	19.16	19.08
		GR	0	20.55	19.15	19.56	18.70	18.90	18.37
			4	19.59	18.68	19.56	19.38	18.34	17.94
	b ³⁾	EB	0	16.26	16.34	17.73	14.45	14.40	14.60
			4	54.56	49.54	58.11	46.65	52.53	49.18
		GR	0	16.26	14.66	14.54	14.16	14.32	13.98
			4	54.56	49.60	50.97	44.94	47.55	49.32
ΔE ⁴⁾	EB	0	0	0.30	1.88	2.97	3.25	3.85	
		4	0	3.54	5.28	2.59	3.67	3.13	
	GR	0	0	2.32	2.32	2.80	4.04	3.53	
		4	0	2.95	0.77	4.56	3.40	2.99	
Ginger (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe) (II)	L	EB	0	86.24	86.69	86.69	87.12	86.44	87.00
			4	83.12	89.02	89.66	92.74	92.10	93.55
		GR	0	86.24	86.60	86.50	86.75	85.80	86.09
			4	83.12	90.24	90.93	91.80	92.57	93.27
	a	EB	0	0.08	0.02	0.01	-0.07	0.08	-0.02
			4	-0.53	-0.47	-0.61	-1.06	-0.93	-1.21
		GR	0	0.08	-0.05	-0.06	-0.12	-0.03	0.04
			4	-0.53	-0.69	-0.83	-0.88	-0.97	-0.97
	b	EB	0	24.06	23.48	23.29	22.74	23.11	22.63
			4	16.45	16.58	15.84	13.65	13.47	12.90
		GR	0	24.06	22.71	23.17	22.94	23.41	23.13
			4	16.45	14.93	14.42	14.45	14.06	13.42
ΔE	EB	0	0	0.73	0.90	0.58	0.96	1.63	
		4	0	4.76	5.72	9.47	9.01	10.54	
	GR	0	0	1.38	0.92	1.21	0.43	0.78	
		4	0	6.67	7.54	8.24	9.09	10.00	

¹⁾Degree of whiteness (white +100 ↔ 0 black).
²⁾Degree of redness (red +100 ↔ 0 ↔ -80 green).
³⁾Degree of yellowness (yellow +70 ↔ 0 ↔ -80 blue).

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

현상을 두드러지게 나타내었다. 그리고 방사선 조사구에 비해 대조구에서 색도 변화가 심하게 나타났다. 이 같은 결과는 방사선 조사 후 저장된 향신료 분말의 색도 변화^(4,5,16,24)와 유사한 경향으로, 향신료의 색도 변화를 줄이기 위해서는 방사선 조사의 영향은 크지 않으므로 방습포장재의 사용과 차광이 가능한 저장조건의 선택이 필요할 것으로 사료된다.⁽²⁴⁻²⁶⁾

관능적 품질

전자선 및 감마선 조사된 고추 및 생강 분말의 관능적 품질평가는 색깔과 고유한 냄새에 대한 기호도

로써 각각의 무처리 대조구를 표준시료(R)로 하여 검사한 결과는 Table 5와 같다. 각 시료에 대한 평가에서 "표준시료와 차이가 없다"를 5점으로 하여 평가해본 결과, 관능평점은 3.13~5.88 범위로 대조시료와 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 그러나 15 kGy의 감마선 조사구에서는 두 시료 모두 색상이 유의적으로 변화되었다. 그러나 기계적 색도에 대한 측정치(ΔE값)와는 일관된 상관성은 보이지 않았다. 생강분말의 고유한 냄새에 있어서도 7.5 kGy 이상의 선량에서는 5 kGy 이하 및 대조시료와 유의적인 차이를 나타내었다. 이는 고선량 조사시(특히 감마선)에는 시료의 상승된 품은이

Table 5. Sample means and F-value for sensory color and odor of powdered *Capsicum annum* L. and *Zingiber officinale* Roscoe irradiated with electron beam and gamma ray

Spices	Sensory parameter	Energy type	Irradiation dose(kGy)					F-value	
			0	2.5	5	7.5	10		15
Red pepper (<i>Capsicum annum</i> L.) (II)	Color	Electron beam	5.00 ^{ab}	5.88 ^a	5.63 ^a	5.00 ^{ab}	4.75 ^{ab}	4.75 ^{ab}	1.23
		Gamma ray	5.00 ^{ab}	4.63 ^{ab}	4.63 ^{ab}	4.50 ^{ab}	4.25 ^{ab}	3.63 ^b	
	Odor	Electron beam	5.00 ^a	5.75 ^a	5.75 ^a	5.63 ^a	5.50 ^a	5.38 ^a	0.44
		Gamma ray	5.00 ^{ab}	5.25 ^a	5.13 ^a	5.00 ^a	4.88 ^a	4.50 ^a	
Ginger (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe) (II)	Color	Electron beam	5.00 ^{ab}	5.88 ^a	5.88 ^a	5.25 ^a	5.00 ^{ab}	5.00 ^{ab}	1.78
		Gamma ray	5.00 ^{ab}	4.88 ^{ab}	4.88 ^{ab}	4.63 ^{ab}	4.00 ^b	3.75 ^b	
	Odor	Electron beam	5.00 ^{ab}	5.88 ^a	5.38 ^{ab}	5.00 ^{ab}	5.00 ^{ab}	4.88 ^{abc}	1.96
		Gamma ray	5.00 ^{ab}	4.38 ^{abc}	4.25 ^{abc}	4.13 ^{bc}	4.00 ^{bc}	3.13 ^c	

^{abc}) Means in the same row with different subscripts are significantly different ($p < 0.01$).

상당 시간 유지되므로 시료의 색깔과 냄새에 변화를 초래한 것으로 사료된다.

이상의 결과에서 볼 때 고추, 생강 등의 건조향신료는 분말상태에서 살균처리 하게 되므로 기존의 훈증법과는 달리 감마선이나 전자선 조사법은 포장된 상태에서 살균처리가 가능하므로 실용성이 크다 할 수 있다. 특히 적정선량의 전자선은 그 살균효과가 감마선과 유사할 뿐 아니라 관능적 품질 면에서도 양호한 것으로 나타나 새로운 살균기법으로 실용화 연구가 기대된다.

요 약

향신료의 살균기법을 연구할 목적으로 전자선(electron beam) 이용하여 고추 및 생강 분말의 미생물학적 및 관능적 품질에 미치는 영향을 감마선과 비교 평가하였다. 사용된 시료의 총세균은 $10^5 \sim 10^6$ CFU/g, 효모 및 곰팡이는 $0 \sim 10^3$ 의 수준이었고, 대장균군은 $0 \sim 10^2$ CFU/g 정도로 혼입되어 있었다. 전자선 조사(5 kGy)는 일반세균을 2~3 log cycles 정도 감소시킬 수 있었고, 대장균군은 2.5 kGy 조사에서도 검출되지 않았다. 초기 미생물 농도를 90% 사멸시키는데 필요한 조사선량(D_{10} value)을 계산하여 보았을 때, 고추분말의 경우 전자선 1.50~1.54 kGy, 감마선 1.68~1.80 kGy 범위였고, 생강분말에서는 전자선 1.30~2.27 kGy, 감마선 1.45~2.77 kGy로 시료의 미생물 농도와 에너지의 종류에 따라 다소 상이한 방사선 감수성을 나타내었다. 살균처리 후 실온에서 4개월 간 저장된 시료의 미생물 농도는 처리구간에 큰 차이 없이 증식현상을 거의 나타나지 않았다. 시료의 기계적 색도(Hunter's color)는 방사선 조사에 의한 영향은 거의 없었고, 4개

월 저장에 따른 영향은 크게 나타났지 않았다. 향신료의 색깔 및 냄새에 대한 관능검사에서도 살균선량의 전자선 조사는 고추 및 생강 분말의 관능적 품질에 대하여 안정한 것으로 나타났다.

감사의 글

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

문 헌

- Risch, S.J. and Ho, C.T. Spices. Flavor Chemistry and Antioxidant Properties, ACS Symposium Series 660, American Chemical Society, Washington, DC. (1996)
- Byun, M.W. Radurization and radication of spices. Korean J. Food Sci. Technol. 17: 311-318 (1985)
- Watada, A.E., Kim, S.D., Kim, K.S., and Harris, T.C. Quality of green beans, bell pepper and spinach stored in polyethylene bags. J. Food Sci. 52: 1637-1640 (1987)
- Kwon, J.H., Byun, M.W. and Cho, H.O. Quality evaluation of groundgarlic and onions treated with chemical fumigants and ionizing radiation. Korean J. Food Sci. Technol. 19: 107-112 (1987)
- 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. 26: 188-192 (1984)
- Kwon J.H. Advances in food irradiation and its potential roles in Korea. Journal of Food Hygiene and Safety. 17: 311-318 (1985)
- 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. Journal of Food Hygiene and Safety. 9: 43-48 (1994)
- Kwon, J.H., Byun, M.W., Lee, S.J., and Chung, H.W.

- Biological quality and storage characteristics of gamma-irradiated white ginseng. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28: 40-46 (1999)
9. WHO. Wholesomeness of irradiated food. Report of a joint FAO/IAEA/WHO expert committee. Technical Report Series-659, p. 34 (1981)
 10. Codex Alimentarius Commission. Codex General Standard for Irradiated Food and Recommended International Code of Practice for the Operation of Radiation Facilities used for the Treatment of Foods. CAC/VOL. XV, FAO, Rome (1984)
 11. Josephson, E.S. and Peterson, M.S. Preservation of Food by Ionizing Radiation, Vol. I-III, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida (1983)
 12. Kwon, J.H., Byun, M.W. and Cho, H.O. Development of food irradiation technology and consumer attitude toward irradiation food in Korea. *Radioisotopes.* 41: 654-662 (1992)
 13. KMHW. Korean Food Standard Code. The Korean Ministry of Health and Welfare, p. 101, pp. 389-416 (1999)
 14. 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)
 15. Lee, M.K., Lee, M.H. and Kwon, J.H. Sterilizing effect of electron beam on ginseng powders. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 1362-1366 (1998)
 16. Lee, J.E. Effect of Electron-beam irradiation on quality attributes of powdered red pepper and ginger. M.S. thesis, Kyungpook National University, Taegu, Korea (1997)
 17. APHA, Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, M. Speck. (ed.), Americal Pubic Health Association, Washington, W.C. (1976)
 18. Harrigan, W.F. and Mccance, M.C. Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology, Academic Press, London (1976)
 19. DIFCO, Difco Manual, 3rd ed., Difco Lab., Detroit Michigan, USA, pp. 679-689 (1984)
 20. IAEA. Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques, Technical Report Series No. 114, 2nd ed., Vienna, pp. 43-60 (1982)
 21. Larmond, E. Methods for Sensory Evaluation of Food. Food Research Institute, Central Experimental Fram, Ottawa, pp. 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 Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis System Institute, Cary, NC, USA (1990)
 24. Cho, H.O., Kwon, J.H., Byun, M.W., Kim, Y.J. and Yang, J.S. 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 (1986)
 25. 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: 697-701 (1993)
 26. 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)

(1999년 12월 24일 접수)