

Electron Beam 조사에 의한 인삼분말의 살균효과

이미경 · 이무하* · 권중호

경북대학교 식품공학과, *서울대학교 농업생명과학대학

Sterilizing Effect of Electron Beam on Ginseng Powders

Mi-Kyung Lee, Moo-Ha Lee* and Joong-Ho Kwon

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

*College of Agriculture and Life Science, Seoul National University

Abstract

The sterilizing effect of electron beam was compared with that of gamma irradiation for commercial ginseng powders. White and red ginseng powders were contaminated by about 10^5 CFU/g of total bacteria and by 10^3 CFU/g of coliforms only in white ginseng powder. Data of microbial population for the sterilizing effect of electron beam irradiation showed that no microorganisms were detected in the samples irradiated up to 7.5 kGy for total aerobic bacteria and 2.5 kGy for molds and coliforms. Such doses were effective for controlling the microbial growth in the samples during 4 months of storage at room temperature. Decimal reduction doses (D_{10} value) on the initial bacterial populations were 2.85~3.75 kGy in electron beam and 2.33~2.44 kGy in gamma irradiation, which were influenced by the initial microbial loads and the energy applied. Compared with gamma irradiation, electron beam showed a similar result in its sterilizing effect on ginseng powders, suggesting its potential utilization in due time.

Key words: ginseng powders, electron beam, gamma irradiation, sterilization

서 론

고려인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 식물 분류학상으로 오갈피나무과(Araliaceae)의 인삼속(*Panax*)에 속하는 다년생 속근초로서 오래전부터 한약처방에서 가장 중요한 약재로 사용되어 왔다. 인삼은 다양한 효능이 점차 과학적으로 입증되어감에 따라 세계 각국에서 약용 및 건강식품으로 널리 활용되고 있다.

지금까지 밝혀진 인삼성분으로는 사포닌, 프로사포게닌 등의 사포닌 성분 이외에 다당체 성분, 폴리사테릴렌계 성분, 페놀계화합물, 정유성분, 펩타이드, 알칼로이드, 비타민 등이 밝혀지고 있다⁽¹⁾. 또한 지금까지 알려진 인삼의 약리작용 및 임상적 효과는 중추신경억제 및 흥분작용, 단백질 및 핵산 생합성 촉진작용, 조혈작용, 간기능 회복작용, 혈압강하 및 상승작용, 동맥경화 예방, 혈당강하 작용, 항피로 및 항스트레스 작용 등이 보고되어 있다^(1,2).

인삼은 다양한 가공제품으로 가공되어 내수는 물론 수출시장을 넓혀가고 있다. 특히 인삼분말류는 원료인삼의 저장이나 가공과정에서 미생물 등에 의해 쉽게 오염되므로 식품공전에는 총세균 5×10^4 이하/g, 대장균군 음성 등으로 미생물 규격을 정하고 있다⁽³⁾.

지금까지 인삼을 포함한 건조식품의 살균·살충 방법으로는 ethylene oxide (EO), ethylene dibromide (EDB), methyl bromide (MB), aluminum phosphide (phosphine) 등의 훈증방법이 대부분 사용되어 왔다. 그러나 이들은 살균조작이 복잡하고 간접비용이 높으며, 포장제품에는 가스침투가 곤란하여 살균효과의 불완전, 살균 처리 후 재포장에 따른 2차 오염가능성, 식품 고유의 풍미와 색도 저하 등 많은 문제점을 내포하고 있다⁽⁴⁾. 특히 기존 살균방법으로 사용되어 오던 EO훈증법이 사용 금지된 이래 국내에서는 7 kGy 이하의 감마선 조사방법이 허가되어 부분적으로 이용되고 있다⁽⁵⁾. 그러나 방사성 동위원소(⁶⁰Co)에서 발생하는 감마선 에너지는 투과력과 살균효과가 우수하지만 소비자의 수용성(acceptability) 측면에서 본격적인 실용화가 지연되고 있는 실정이다⁽⁷⁾. 따라서 본 연구는 전자가속

Corresponding author: Joong-Ho Kwon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

기(electron accelerator)에서 발생하는 전자선에너지(electron beam)를 이용하여 백삼 및 홍삼 분말의 살균 기법을 확보할 목적으로 일련의 연구를 수행하면서 현행 살균법 중 감마선 조사법과 살균효과를 비교 검토하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 백삼분말은 시중에서 유통되고 있는 K社 제품이었고, 홍삼분말은 한국담배인삼공사의 실험용 제품이었다. 시료의 수분함량은 백삼분말 9.7%, 홍삼분말 3.8% 수준이었다.

살균처리 및 저장

인삼분말 시료의 살균을 위한 전자선 조사는 electron accelerator (model ELV-4, 1 MeV, Samsung)를 이용하여 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/min로 하여 실온에서 일정한 선량률(0.63 Gy/sec)로 총 흡수선량이 2.5~15 kGy (±3.4%)가 되도록 하였으며, 흡수선량은 CTA (cellulose triacetate) dosimeter를 사용하여 확인하였다. 또한 감마선 조사는 ⁶⁰Co 조사시설을 이용하여 실온에서 일정한 선량률로 2.5~15 kGy (±0.5%)의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량은 ceric cerous dosimeter로 확인하였다. 이상의 방사선 조사 시료는 비조사 대조 시료와 함께 밀폐 용기에 포장하여 실온에 4개월간 보관하면서 미생물 생육시험에 사용하였다.

미생물 검사 및 방사선 감수성 측정

백삼 및 홍삼 분말의 미생물 검사는 총세균, 효모/곰팡이, 대장균군으로 구분하여 표준방법^(8,10)에 따라 실시하고 CFU (colony forming unit)로 계수하였다. 또한 계수된 잔존 생균수로부터 생존곡선을 그려 아래 식에 따라 방사선 감수성(D₁₀ value, decimal reduction dose for the initial microbial population)을 확인하였다⁽¹¹⁾.

$$\log_{10} N/N_0 = -D/D_{10}$$

N₀ : 방사선 조사 직전의 총세균수

N : 방사선 조사 직후의 생존 총세균수

D : 방사선 조사선량(Gy)

D₁₀ : 초기에 오염된 총세균수를 90% 사멸시키는데 필요한 조사선량(Gy)

결과 및 고찰

시료의 미생물 농도

본 실험에 사용된 백삼 및 홍삼 분말의 미생물 혼입도를 표준방법에 따라 측정하여 본 결과, Table 1 및 2와 같이 총세균은 10⁵ CFU/g 수준이었다. 대장균군(coliforms)은 백삼분말에서는 10³ CFU/g 수준으로 검출되었으나 홍삼분말에서는 음성으로 나타났다. 그리고 효모 및 곰팡이 선택배지에서 colony를 계수하여 본 결과, 홍삼분말에서는 음성으로 나타났고 백삼분말의 경우에도 10¹ CFU/g 수준으로 분말제품에서는 별 문제시 되지 않을 것으로 생각되었다. 이상과 같은 백삼분말에서의 미생물 오염수준은 Sung 등⁽¹²⁾, Kwon 등⁽¹³⁾, 권 등⁽¹⁴⁾, Cho 등⁽¹⁵⁾의 보고와 유사한 수준이었고,

Table 1. Comparative effects of electron-beam (EB) and gamma-ray (GR) irradiation on microbial populations of white ginseng powder during storage¹⁾

Microorganism	Energy type	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)					
			0	2.5	5	7.5	10	15
Total bacteria	EB	0	1.6×10 ⁵	2.3×10 ⁴	4.6×10 ³	1.7×10 ³	0	0
		4	1.4×10 ⁵	2.2×10 ⁴	4.2×10 ³	1.4×10 ³	0	0
	GR	0	1.6×10 ⁵	4.7×10 ⁴	1.5×10 ⁴	9.0×10 ²	0	0
		4	1.4×10 ⁵	4.4×10 ⁴	1.4×10 ⁴	8.9×10 ²	0	0
Yeasts & Molds	EB	0	3.0×10 ¹	0	0	0	0	0
		4	3.1×10 ¹	0	0	0	0	0
	GR	0	3.0×10 ¹	0	0	0	0	0
		4	3.1×10 ¹	0	0	0	0	0
Coliforms	EB	0	9.5×10 ³	1.5×10 ¹	0	0	0	0
		4	9.2×10 ³	1.6×10 ¹	0	0	0	0
	GR	0	9.5×10 ³	6.0×10 ²	0	0	0	0
		4	9.2×10 ³	5.8×10 ²	0	0	0	0

¹⁾Stored at room temperature in PVC pail.

Table 2. Comparative effects of electron beam (EB) and gamma ray (GR) irradiation on microbial populations of red ginseng powder during storage¹⁾

Microorganism	Energy type	Storage Period (month)	Irradiation dose (kGy)					
			0	2.5	5.0	7.5	10	15
Total bacteria	EB	0	4.4×10^5	2.1×10^4	1.4×10^4	6.0×10^2	0	0
		4	4.2×10^5	2.3×10^4	1.5×10^4	5.8×10^2	0	0
	GR	0	4.4×10^5	3.7×10^4	5.8×10^3	2.5×10^2	0	0
		4	4.2×10^5	3.8×10^4	5.6×10^3	2.5×10^2	0	0
Yeasts & Molds	EB	0	0	0	0	0	0	0
		4	0	0	0	0	0	0
	GR	0	0	0	0	0	0	0
		4	0	0	0	0	0	0
Coliforms	EB	0	0	0	0	0	0	0
		4	0	0	0	0	0	0
	GR	0	0	0	0	0	0	0
		4	0	0	0	0	0	0

¹⁾Stored at room temperature in PVC pail.

홍삼분말의 경우에는 육 등⁽¹⁶⁾의 보고와 비슷한 수준이었다. 국내 인삼분말류에 대한 미생물 기준은 백삼 및 홍삼분말 모두 총세균 5×10^4 이하/g, 대장균군 음성으로 규정되어 있다⁽³⁾. 따라서 본 시료들도 효과적인 살균처리가 요구됨을 알 수 있었다.

미생물 살균효과

전자선 조사에 의한 백삼 및 홍삼 분말의 총세균 살균효과를 비교해 본 결과는 Table 1 및 2와 같다. 초기 오염도가 10^5 CFU/g 수준이었던 총세균은 5~7.5 kGy의 전자선 조사에 의해 2~3 log cycles 정도의 살균효과를 가져왔으며, 이와 같은 살균효과는 감마선 조사구에 비해 다소 낮은 수준으로 나타났다. 이와 같은 결과는 조사선원에 따른 선량율(dose rate)의 차이가 그 원인 중의 하나로 생각되었다⁽¹¹⁾. 그러나 백삼 및 홍삼시료 간에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 초기 오염도가 매우 낮았던 백삼시료의 효모/곰팡이는 2.5 kGy의 조사에 의해서도 검출한계 이하로 나타났으며, 대장균군은 총세균보다 더 높은 방사선감수성을 보이면서 조사선원에 관계없이 5 kGy 조사구에서 모두 검출한계 이하로 나타났다. 이상의 전자선 살균효과는 지금까지 감마선에 의한 여러 연구결과⁽¹²⁻¹⁸⁾와 거의 비슷한 경향과 수준이었다. 또한 저장 중 미생물 생육양상을 알아보기 위하여 PVC 통에 밀봉하여 실온에서 4개월간 저장해 보았을 때 호기성 전세균은 7.5 kGy, 곰팡이 및 대장균군은 2.5 kGy 조사구에서 미생물이 검출되지 않았다. 이는 시료의 수분함량이 10% 이하이므로 저장 중 미생물의 증식이 거의 불가능하였을 것으로 생각된다.

본 실험에서 나타난 전자선 조사에 의한 백삼 및 홍삼 분말의 살균효과는 시료간에 큰 차이가 없이 우수한 살균효과가 인정되었으며, 그 효과는 감마선과 유사한 수준으로서 충분히 실용 가능성이 있는 것으로 생각되었다. 그러므로 국내에서 감마선에 대하여 허가된 7 kGy 이하^(19,20)의 조사선량에서도 전자선 조사 기법은 거의 동일한 살균효과를 나타내어 인삼분말제품의 미생물학적 품질관리를 가능하게 할 것으로 생각된다. 그러나 전자선 조사는 감마선 조사와는 달리 에너지의 발생이 전기적(on/off)으로 가능하여 매우 편리하나, 투과력이 약하여 포장된 시료의 살균처리는 불가능하다. 따라서 전자선 조사공정에서는 특별한 조사설비의 이용이 요구된다.

방사선 감수성

인삼분말의 위생적 품질관리 측면에서는 오염 수준이 높거나 방사선에 대해 저항성이 큰 미생물에 대하여 방사선 감수성을 확인할 필요가 있다. 따라서 본 시료에서는 총세균에 대하여 전자선과 감마선의 감수성을 측정·비교해 보았다. Table 3에 나타난 바와 같이 백삼분말과 홍삼분말에의 전자선과 감마선 조사에 따른 초기오염도의 감소에 대한 회귀식을 얻을 수 있었으며, 초기 오염 미생물의 농도를 90% 사멸시키는데 필요한 조사선량(D₁₀ value)을 계산하여 보았을 때, 두 시료에서 전자선은 2.85~3.75 kGy, 감마선은 2.33~2.44 kGy 범위로 시료의 미생물 농도와 에너지의 종류에 따라 다소 다르게 나타났다. 일반적으로 미생물의 방사선 감수성은 시료에 오염된 미생물의 종류와 농도, 시료의 물리화학적 상태, 조사선량 및 선량율,

Table 3. Radiosensitivity of total bacteria contaminated in white and red ginseng powders

Sample	Radiation type	Regression equation for log survival curves	D ₁₀ value ¹⁾ (kGy)
White ginseng	Electron beam	y=-0.09358-0.26369x	3.75
	Gamma ray	y=0.33453-0.40985x	2.44
Red ginseng	Electron beam	y=-0.10469-0.35106x	2.85
	Gamma ray	y=0.03112-0.42614x	2.33

¹⁾Decimal reduction dose for the electron-beam and gamma-ray irradiated ginseng powder.

조사환경 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있으며^(11,18), 본 실험의 결과와도 부합된다고 생각되었다.

요 약

전자가속기(electron accelerator)에서 발생하는 electron beam을 이용하여 인삼분말류에 대한 새로운 살균 기법을 확보할 목적으로 시중에서 유통되고 있는 백삼 및 홍삼분말을 시료로 하여 그 살균효과를 감마선 조사법과 비교하였다. 백삼 및 홍삼 분말의 미생물 농도는 총세균이 10⁵ CFU/g 수준이었고, 대장균군(coliforms)은 백삼분말에서는 시료 g당 10³ CFU 수준으로 검출되었으나 홍삼분말에서는 음성으로 나타났다. Electron beam 조사에 따른 오염미생물의 살균효과는 호기성 총세균이 7.5 kGy, 곰팡이 및 대장균군이 2.5 kGy 이하의 조사선량으로써 미생물의 농도를 검출한계 이하로 살균시킬 수 있었고, 실온에서 4개월 간 저장후에도 미생물의 생육은 없었다. 초기 오염 총세균의 농도를 90% 사멸시키는데 필요한 조사선량(D_{10값}), 즉 총세균의 방사선 감수성을 확인해 본 결과, 전자선은 2.85~3.75 kGy, 감마선은 2.33~2.44 kGy 범위로 시료의 미생물 농도와 에너지의 종류에 따라 다소 다른 값을 나타내었으나 전자선은 감마선과 유사한 살균력을 나타내어 실용 가능성이 인정되었다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림수산물기술개발사업(전자선을 이용한 전통농산가공품의 살균기술 개발)의 지원으로 수행된 연구결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 한국인삼연구소 : 최신 고려인삼 (성분 및 효능편),

천일인쇄사, 대전 (1996)
 2. 한국인삼연구소 : 고려인삼, 천일인쇄사, p.56-115, 대전 (1994)
 3. The Ministry of Health and Welfare in Korea: Food Standard Code. Seoul, p.39, 507-550 (1997)
 4. Vajdi, M. and Pereire, R.R.: Comparative effects of ethylene oxide, γ-irradiation and microwave treatments on selected spices. *J. Food Sci.*, **38**, 893-897 (1973)
 5. Kwon, J.H., Byun, M.W. and Cho, H.O.: Quality evaluation of ground garlic and onions treated with chemical fumigants and ionizing radiation (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **19**, 107-112 (1987)
 6. Kwon, J.H.: Worldwide clearance and commercialization prospects of food irradiation. *Food Industry*, **133**, 18-49 (1996)
 7. Kwon, J.H. and Chung, H.W.: Scientific background and research prospects of food irradiation. *Food Sci. and Industry*, **31**(2), 31-49 (1998)
 8. APHA : *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, M. Speck (ed.), Americal Public Health Association, Washington, D.C. (1976)
 9. Harrigan, W.F. and Mccance, M.C.: *Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology*, Academic Press, London (1976)
 10. DIFCO : *Difco Manual*, 3rd ed., Difco Lab., Detroit Michigan, USA, p.679-689 (1984)
 11. IAEA : *Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques*, Technical Report Series No. 114, 2nd ed., Vienna, p.43-60 (1982)
 12. Sung, H.S., Park, M.H. and Lee, K.S.: The effective sterilization of white ginseng powder (in Korean). *Korean J. Ginseng Sci.*, **6**, 143-149 (1982)
 13. Kwon, J.H., Belanger, J.M.R. and Pare, J.R.J.: Effects of ionizing energy treatment on the quality of ginseng products. *Radiat. Phys. Chem.*, **34**(6), 963-967 (1989)
 14. Kwon, J.H., Byun, M.W. and Lee, S.J.: Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide fumigation on sorption properties and microbial quality of white ginseng powder (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**(3), 272-277 (1994)
 15. Cho, H.O., Byun, M.W., Kang, I.J., Youk, H.S. and Kwon, J.H.: Improvement of hygienic quality of white ginseng powders by γ-irradiation. *Radioisotopes*, **43**(12), 750-759 (1994)
 16. Youk, H.S., Kim, S.A., Byun, M.W. and Kwon, J.H.: Elimination of microorganisms contaminated in red ginseng powder by irradiation processing (in Korea). *J.*

- Food Sci. Technol.*, **28**(2), 366-370 (1996)
17. 林 徹: ガソマ線と電子の食品への利用. 月刊フードケミカル, **39**(1), 75-78 (1997)
18. Josephson, E.S. & Peterson M.S.: *Preservation of Food by Ionizing Radiation*, Vol. I~III, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida (1983)
19. IAEA : Clearance of item by name. *Food Irradiation Newsletter*, **20**(2), Supplement 2 (1996)
20. The Ministry of Health and Welfare in Korea: Food Standard Code. Seoul, p.100 (1997)
-

(1998년 8월 7일 접수)