

백삼분말의 흡습특성 및 미생물학적 품질 안정성에 대한 감마선 및 에틸렌옥시드 처리의 영향

권중호 · 변명우* · 이수정*

경북대학교 식품공학과, *한국원자력연구소

Comparative Effects of Gamma Irradiation and Ethylene Oxide Fumigation on Sorption Properties and Microbiological Quality of White Ginseng Powder

Joong-Ho Kwon, Myung-Woo Byun* and Soo-Jeong Lee*

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

*Korea Atomic Energy Research Institute

Abstract

The microbial populations of exportable and domestic white ginseng powders, which have been problems in quality control, were higher than the legally-permissible level of microorganisms as $5 \times 10^4/g$ in total bacteria and as negative in coliforms. Various microorganisms contaminated in the sample were effectively decontaminated by gamma irradiation at below 10 kGy as well as ethylene oxide (EO) fumigation. The radiosensitivity of microorganisms was the highest in coliforms, followed by molds and aerobic bacteria (D_{10} : 1.25 kGy). The good microbiological quality could be retained in white ginseng powders for more than 7 months of storage at $30 \pm 2^\circ C$ irrespective of relative humidities if products are prepared with a lower moisture content below 10% and treated by gamma irradiation at 5 to 10 kGy in an airtight packaging.

Key words: white ginseng powder, sorption properties, microbiological quality, ethylene oxide, gamma irradiation

서 론

인삼에 대한 최초의 과학적인 연구는 1854년 Garriques⁽¹⁾가 미국인삼(*Panax quinquefolia* L.)에서 panaxinon을 추출하여 그 약리작용을 구명하면서 비롯되었다. 1963년 Shibata 등⁽²⁾은 인삼의 주된 saponin 성분의 화학구조는 그 saponin이 일반생약의 oleanane oligoglycosides와 달리 dammarane type의 triterpenes이라고 밝혔으므로 인삼의 유효성에 대한 본격적인 연구가 시작되었으며, 특히 고려인삼(*Panax ginseng* CA Meyer)은 그 약효가 세계적으로 가장 뛰어난 것으로 평가되어 국내외 시장에서 수요가 매년 증가되고 있다^(3,4).

국내 인삼제품 검사기준⁽⁵⁾은 백삼분말의 경우 수분함량이 9.0% 이하, 세균수는 $5 \times 10^4/g$ 이하, 대장균군은 음성이어야 하므로 원료 인삼의 수확, 건조, 수송, 분쇄, 포장 등 제품의 제조공정에서의 미생물 오염을 감안할 때 살균공정은 필수적으로 요구되며, 특히 나날이 그 장벽이 높아지고 있는 수입국의 품질검사 기준을 고려할

때 효과적인 살균, 살충법의 개발과 이용은 인삼제품의 수출증대와 시장확대에 필연적으로 기여하게 될 것이다. 노 등⁽⁶⁾은 실험실에서 제조한 백삼 및 백삼분말의 품질 안정성 연구에서 시료의 수분함량의 중요성과 흡습특성을 보고한 바 있으며, 이는 미생물학적 품질개선이 요구되는 백삼분말의 경우 효과적인 살균과 흡습을 방지하기 위한 포장의 필요성을 뒷받침해 주고 있다.

최근까지 백삼분말의 살균에는 ethylene oxide(EO) 훈증법이 주로 이용되었으나 안전성 측면에서 문제점이 지적되어 사용이 금지된 바 있다⁽⁷⁾. 따라서 본 연구는 국내외 식품산업에서 관심사로 대두되고 있는 전리방사선을 이용하여 훈증법의 대체기술 개발을 위한 일련의 연구로서 백삼분말의 흡습특성과 미생물학적 품질안정성에 미치는 살균처리 영향의 비교 검토하였다.

재료 및 방법

시료

본 실험에 사용된 백삼분말(금산산, 4년근 백삼)은 인삼제품업체(K사)에서 제조된 살균과정을 거치지 않은 수출용 및 내수용 제품으로서, 살균처리 후 분말 시료들은 PE 통에 뚜껑을 덮지 않은 무포장군과 PE/Nylon

Corresponding author: Jong-Ho Kwon, Department of Food Sci. & Technol, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-Dong, Taegu 702-701, Korea

접합포장군(75 μm/15 μm, 산소투과도 68 cc/m²·24 hrs·atm, 투습도 7.45 g/m²·24 hrs) 및 PE통(용량 약 100 ml)으로 포장을 구분하여 미생물학적 품질 안정성 실험에 사용하였다.

살균처리 및 저장

백삼분말의 살균을 위한 훈증제 처리에는 EO를 사용하였으며 이 때 gas 혼합비(EO : CO₂) 3 : 7(w/w%), 온도 55°C, 상대습도(RH) 40~50%, 압력 0.8 kg/cm², 가스밀도 1.77 kg/m³의 chamber내에서 10시간 살균처리 후 탈기하였다. 본 조건은 국내에서 식품에 활용된 상업적 조건이며, EO처리를 위해 개봉하였던 포장은 무균실내에서 다시 밀봉하였다. 시료의 감마선 조사는 KAERI에 소재하는 ⁶⁰Co 감마선원을 이용하여 원포장된 시료에 대하여 실온에서 1~10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 이 때 흡수선량의 확인을 위하여 free radical dosimeter와 ceric cerous dosimeter를 이용하였다. 이상과 같이 살균처리된 시료는 25°C RH 65% 및 RH 90%에 7개월 동안 저장하면서 실험에 사용하였으며, 미생물 생육에 대한 온도 및 포장법의 영향을 검토하기 위하여 PE통에 기밀포장된 시료는 25°C 및 30±2°C, RH 90±1%에 각각 보관하였다.

흡습특성 조사

각 살균처리군 별 백삼분말 시료 5g을 정확히 칭량하여 PE통(φ 4cm×H 5cm)에 담고, Rockland[®]의 방법에 따라 상대습도 11~97%의 범위로 조제된 각각의 포화염 용액을 desiccator에 넣어 25°C 항온기에 보관하였다. 각 시료는 일정시간 별로 꺼내어 무게변화로로부터 시료의 수분함량(건물량)을 계산하였으며, 모든 측정값은 3회 반복 평균값으로 나타내었다.

미생물 시험

호기성 전세균은 APHA 표준방법⁽¹⁾에 따라 TGY-agar (Difco Lab.)를 사용 30°C에서 1~2일 배양한 후 집락을 계수하는 방법으로, 대장균군은 desoxycholate agar (Difco Lab.)를 이용한 pour plate method로서 37°C에서 1~2일간 배양한 후 집락을 계수하는 방법⁽¹⁾으로 각각 시험하였다. 총 곰팡이는 MYG-chloramphenicol agar (malt extract 10g, yeast extract 4g, glucose 4g, agar 20g, chloram phenicol 20 mg/l, pH 6.0)를 사용하여 30°C에서 5~7일간 배양한 후 계수하였으며⁽¹⁾, 모든 실험은 3반복으로 실시하여 colony forming unit(CFU)/g으로 나타내었다.

결과 및 고찰

흡습특성

건조식품의 저장을 위해서는 식품자체의 수분함량과 저장 상대습도간의 평형수분 함량을 조사하는 것은 매우

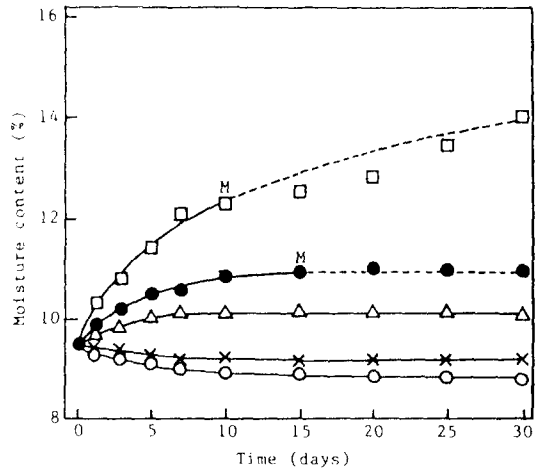


Fig. 1. Approach to equilibrium moisture content of non-treated white ginseng powders under the conditions of 25°C and different relative humidities. M indicates the time when the ginseng powders are visibly moldy

○—○; RH 11%, ×—×; RH 33%, △—△; RH 57%, ●—●; RH 75%, □—□; RH 97%

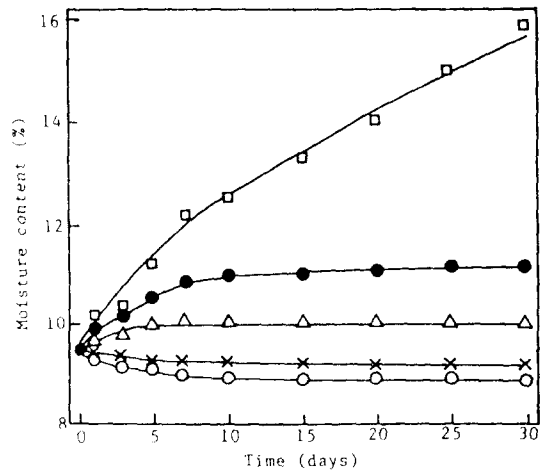


Fig. 2. Approach to equilibrium moisture content of 5 kGy-irradiated white ginseng powders under the conditions of 25°C and different relative humidities

○—○; RH 11%, ×—×; RH 33%, △—△; RH 57%, ●—●; RH 75%, □—□; RH 97%

중요하다. Fig. 1, 2 및 3에서는 무처리 대조시료, 5 kGy 조사시료 및 EO 처리시료의 25°C, 여러 상대습도하에서의 흡·탈습양상을 나타내었다.

백삼분말의 초기 수분함량은 9.48% 정도였고, 각각 다른 상대습도 하에서의 평형수분 함량은 RH 11%에서 8.7~8.8% 내외였으며, RH 33%와 RH 57%에서는 9.1~9.2%와 10.1% 내외로 수분이 평형에 도달하는 시간이

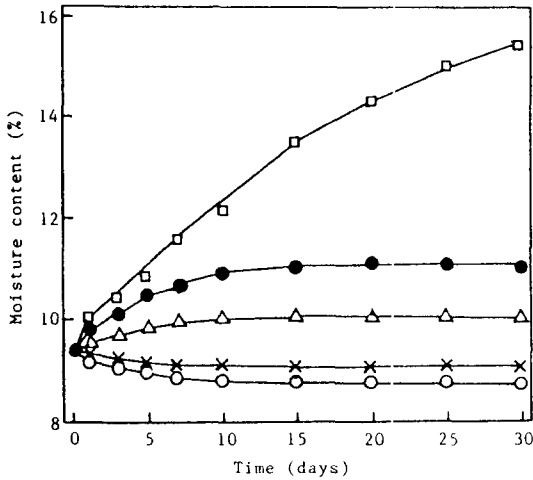


Fig. 3. Approach to equilibrium moisture content of ethylene oxide-treated whit ginseng powders under the conditions of 25°C and different relative humidities
 ○—○; RH 11%, ×—×; RH 33%, △—△; RH 57%, ●—●; RH 75%, □—□; RH 97%

빨랐고, RH 75%는 11.1~11.2%, RH 97%에서는 15.4~16.2% 내외로 상대습도가 높아짐에 따라서 평형수분 함량이 증가됨을 알 수 있었다. 특히 무처리 시료의 RH 75% 및 RH 97% 시험군에서는 흡습 중반부에 곰팡이 발생이 관찰되었고, 전반적으로 흡습 및 탈습패턴은 유사하였으나 살균처리로 시료의 흡·탈습 양상이 다소 변화됨을 알 수 있었다.

즉, 백삼분말의 살균처리 후 저장중 흡습특성을 나타내는 등온흡습곡선은 다른 건조식품의 경우와 같이 전형적인 sigmoid 형태로서 살균처리군간에는 큰 차이는 보이지 않았으나 EO 처리군에서는 시료의 저장초기 수분함량보다 더 높거나 더 낮은 상대습도에서는 흡습과 탈습현상이 타 시험군보다 큼을 알 수 있었다(Fig. 4). 그리고 전반적으로 EO처리된 시료는 흡습이 진행됨에 따라 응결현상이 나타나는 것으로 확인되었으며, 이러한 결과는 마늘 및 양파분말의 살균을 위한 감마선 및 EO처리 비교시험의 결과와 일치하였다⁽¹²⁾. 미생물의 생육과 관계되는 수분활성도(Aw)는 일정온도에서 식품의 수증기압(Ps)에 대한 순수한 물의 수증기압(Po)의 비율 즉, $A_w = P_s/P_o$ 이고, 이를 백분율로 나타낸 것이 평형상대습도이므로 등온 흡습곡선에서 x축의 평형상대습도는 A_w 로 대체될 수 있다. 일반 곰팡이의 생육한계 A_w 는 0.80 즉, RH 80%이고, 일부 내건성 곰팡이의 생육한계 A_w 는 0.64 즉, RH 64%인데⁽¹³⁾, 본 실험에 백삼분말의 이에 상응하는 평형수분 함량은 25°C에서 10.5%와 11.5% 내외로 측정되었으며(Fig. 4), 살균처리된 시료의 평형수분 함량이 다소 증가됨을 보여주었다. 따라서 백삼분말 제조시 수분함량을 10% 이하로 낮추면 곰팡이 등 미생물에 의한 제품의 품질저하를 억제할 수 있을 것으로

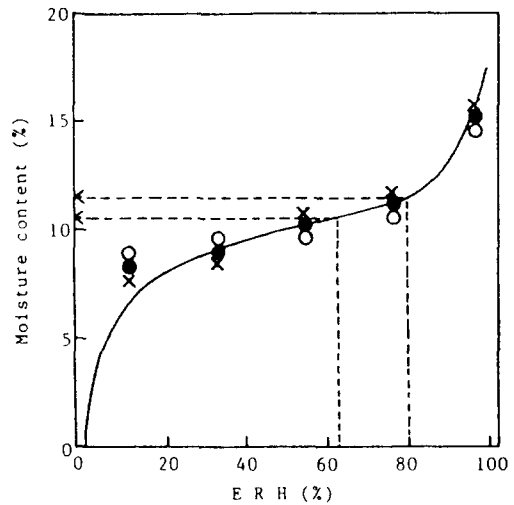


Fig. 4. Sorption isotherm curves of white ginseng powders under the conditions of 25°C and different relative humidities after gamma irradiation and ethylene oxide (EO) fumigation
 ○—○; Control, ●—●; 5 kGy, ×—×; EO

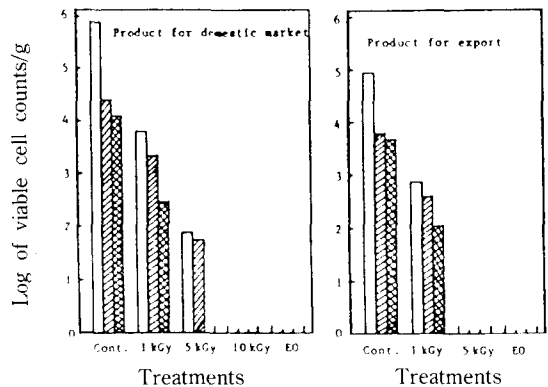


Fig. 5. Microbial populations of white ginseng powders and their inactivation by gamma irradiation and ethylene oxide (EO) fumigation
 □; Total bacteria, ▨; Molds, ▩; Coliforms

사료된다. 이같은 결과는 노 등⁽⁶⁾의 백삼 및 백삼분말의 저장중 품질안정화와 수분활성도와의 관계에 대한 보고와 잘 일치되었다.

미생물 오염도 및 살균효과 비교

제조공정에서 높은 미생물 오염이 문제점으로 지적되고 있는 백삼분말 제품, 즉 본 실험에 사용된 수출용 및 내수용 제품은 호기성 전체균 $8.1 \times 10^4/g \sim 7.9 \times 10^6/g$, 곰팡이 $5.1 \times 10^3/g \sim 2.5 \times 10^4/g$, 대장균군 $4.5 \times 10^3 \sim 1.1 \times 10^4/g$ 수준으로 국내 인삼제품의 품질검사기준⁽⁵⁾인 일

Table 1. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide (EO) fumigation on the microbial growth in white ginseng powders during storage at 25°C and different humidities

Packaging methods	Storage period (months)	Micro-organisms	Treatments											
			Control		1 kGy		5 kGy		10 kGy		EO ⁽¹⁾			
			RH 65%	RH 90%	RH 65%	RH 90%	RH 65%	RH 90%	RH 65%	RH 90%	RH 65%	RH 90%		
PE/Nylon film	0	Total bacteria	8.1×10 ⁴	8.1×10 ⁴	7.4×10 ³	7.4×10 ³	0	0	0	0	0	0	0	0
		Molds	5.1×10 ³	5.1×10 ³	4.6×10 ²	4.6×10 ³	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	Coliforms	4.5×10 ³	4.5×10 ³	1.0×10 ²	1.0×10 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
		Total bacteria	7.7×10 ⁴	7.9×10 ⁴	3.0×10 ³	2.7×10 ³	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	Molds	4.8×10 ²	5.3×10 ³	3.4×10 ²	4.3×10 ²	0	0	0	0	0	0	0	0
		Coliforms	3.9×10 ³	4.0×10 ³	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Without packaging	4	Total bacteria	4.1×10 ⁴	8.4×10 ⁴	2.5×10 ³	2.9×10 ³	0	2.5×10 ²	0	0	0	0	0	0
		Molds	5.0×10 ³	4.2×10 ⁴	3.1×10 ²	1.5×10 ³	0	1.0×10 ²	0	0	0	0	0	0
	7	Coliforms	3.7×10 ³	3.9×10 ³	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
		Total bacteria	3.3×10 ⁴	8.7×10 ⁴	2.5×10 ³	2.6×10 ³	0	5.0×10 ²	0	0	0	0	0	0
	2	Molds	5.4×10 ³	9.3×10 ⁴	3.2×10 ²	3.8×10 ³	0	1.0×10 ²	0	0	0	0	0	0
		Coliforms	3.8×10 ³	4.1×10 ³	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Without packaging	2	Total bacteria	7.5×10 ⁴	1.8×10 ⁴	4.6×10 ³	5.0×10 ³	0	0	0	0	0	0	0	0
		Molds	5.4×10 ³	4.6×10 ³	3.7×10 ²	7.8×10 ⁶	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	Coliforms	3.8×10 ³	3.7×10 ³	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
		Total bacteria	5.6×10 ⁴	Moldy	4.3×10 ³	Moldy	0	2.5×10 ²	0	0	0	0	0	0
	7	Molds	7.9×10 ³	Moldy	6.7×10 ²	Moldy	0	1.1×10 ²	0	0	0	0	0	0
		Coliforms	3.7×10 ³	Moldy	+	Moldy	-	-	-	-	-	-	-	-
Total bacteria	3.6×10 ⁴	Moldy	3.1×10 ³	Moldy	5.0×10 ²	7.0×10 ²	0	0	0	0	0	0	0	
	Molds	8.4×10 ⁴	Moldy	1.2×10 ⁴	Moldy	1.1×10 ²	3.5×10 ³	0	0	0	0	0	0	
Coliforms	3.5×10 ⁴	Moldy	+	Moldy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

⁽¹⁾Treatment conditions: ethylene oxide/CO₂, 30:70 (w/w, %); 55°C; 40~50% RH; 0.8 kg/cm² G; 1.77 kg/m³; 10 hrs.

반세균 $5 \times 10^4/g$, 대장균군 음성보다 훨씬 높은 미생물 농도를 나타내었으며, 내수용 제품은 수출용 제품보다 높은 미생물 오염도를 보였다(Fig. 5). EO 훈증처리와 감마선 조사의 백삼분말 제품에 대한 살균효과 비교시험에서 훈증제 처리는 두 시료 모두 오염된 미생물을 검출한계 이하로 사멸시킬 수 있었으며, 수출용 제품은 5 kGy 조사로서 미생물을 완전히 불활성화시킬 수 있었으나 미생물 농도가 다소 높은 내수용 제품에 대해서는 5 kGy보다 다소 높은 선량의 감마선 조사가 요구되었다. 그리고 오염 미생물의 감마선에 대한 감수성은 대장균군 > 곰팡이 > 호기성 세균($D_{10} : 1.25 \text{ kGy}$)의 순이었으며, 1 kGy의 감마선 조사로서 미생물의 수준을 1~2 log order 정도 감소시킬 수 있었다(Fig. 5). 이상과 같은 오염 미생물군의 방사선 감수성은 병원성 미생물이나 위생 지표 미생물에 대한 전리방사선의 특이적인 효과를 잘 뒷받침 해주고 있다⁽¹⁴⁾.

미생물학적 품질 안정성

시료를 PE/Nylon 집합포장지로 완전포장한 후 25°C, 서로 다른 두 상대습도(65%, 90%)하에 저장하면서 기간에 따른 미생물 생육양상을 관찰한 결과, 훈증처리 시료와 10 kGy 감마선 조사시료에서는 모두 저장상대습도와는 무관하게 저장 7개월까지 전혀 미생물의 생육이 없었으며, 5 kGy 조사시료는 저장 4개월째부터 RH 90% 저장군에서 약간의 전세균과 곰팡이의 생육을 나타내었으나 대장균군의 생육은 없었다. 한편 RH 65% 저장에서는 대조군이나 1 kGy 조사군 모두 전 미생물이 다소 감소하는 경향이었으며, RH 90%에 저장한 대조군과 1 kGy 조사군에서는 저장기간의 경과와 더불어 곰팡이의 증식이 뚜렷하였다(Table 1). 한편, 25°C의 두 상대습도 하에서 무포장 시험군의 대조군과 1 kGy 조사군은 RH 90%에서 저장 2개월에 $10^6/g$ 정도의 높은 곰팡이 증식을 보였으며, 그 이후부터는 곰팡이 증식에 의해 완전히 변패되었다. 5 kGy 조사군에서는 저장 4개월째에 약간의 곰팡이 발생을 나타내었으나, 10 kGy와 EO 처리군은 저장말기까지 곰팡이의 생육은 없었다. 상대습도 65% 저장군에서도 대조군과 1 kGy 조사군은 저장 2개월째부터 곰팡이의 증식을 보였으며 7개월 저장에 $10^4/g$ 정도였고, 10 kGy와 EO 처리군은 미생물의 생육이 없었다(Table 1). 그리고 살균처리된 시료를 PE 통에 기밀포장하여 25°C 및 $30 \pm 2^\circ\text{C}$, RH $90 \pm 1\%$ 에 7개월간 저장하였을 경우에도 미생물의 증식현상은 거의 나타나지 않았으며, 이는 Sung 등⁽¹⁵⁾, Kwon 등⁽¹⁶⁾의 인삼분말 살균연구의 보고와 유사한 결과를 보여주었다.

따라서 기밀 포장된 백삼분말에 미생물의 농도에 따라 5~10 kGy 범위의 감마선을 조사하면 30°C 내외의 저장온도에서는 저장 상대습도에 무관하게 7개월 이상 안정된 미생물학적 품질을 유지할 것으로 사료된다.

요 약

제조공정에서 높은 미생물 오염이 문제점으로 지적되고 있는 백삼분말 제품, 즉 본 실험에 사용된 수출용 및 내수용 제품의 미생물 오염도는 국내 인삼제품 품질검사 기준인 일반세균 $5 \times 10^4/g$, 대장균군 음성보다 훨씬 높았다. EO 훈증처리와 10 kGy 이하의 감마선 조사는 백삼분말 제품에 오염된 미생물을 완전히 불활성화시킬 수 있었으며, 오염미생물의 감마선에 대한 감수성은 대장균군 > 곰팡이 > 호기성 세균($D_{10} : 1.25 \text{ kGy}$)의 순이었다. 백삼분말 제품의 수분 함량은 10% 이하가 요구되며, 기밀포장 후 미생물의 농도에 따라 5~10 kGy의 감마선을 처리하면 30°C 내외의 온도에서 상대습도에 관계 없이 7개월 이상 안정된 미생물학적 품질을 유지하였다.

감사의 글

본 논문의 내용은 과학기술처 특정연구사업 과제의 일부이며 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Garriques, S.: On panaquilon, a new vegetable substance. *Ann. Chem. Pharm.*, **90**, 231(1854)
2. Shibata, S., Tanaka, O., Sado, M. and Tsushima, S.: On the genuine sapogenin of ginseng. *Tetraehron Letters*, 795(1963)
3. Kwon, J.H., Belanger, J.M.R., Sigouin, M., Lanthier, J., Willemot, C. and Pare, J.R.J.: Chemical constituents of *Panax ginseng* exposed to γ -irradiation. *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 830(1990)
4. 이인수: 인삼제품의 당면과제, '89 추계 고려인삼학회 특별강연자료, 12월 8일(1989)
5. 한국식품공업협회: 식품공전, p.299(1989)
6. 노혜원, 도재호, 김상남, 오훈일: 저장상대습도가 백삼 품질에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **15**, 27(1983)
7. 보건사회부: 식품첨가물 규격기준개정 내용(1991. 5. 28)
8. Rockland, L.B.: Standard salt solutions for static control of relative humidity between 5 and 40°C. *Anal. Chem.*, **32**, 1375(1960)
9. APHA: *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*, M. Speck (ed.), American Public Health Association, Washington, D.C.(1976)
10. 서울특별시 보건연구소: 병원 미생물 검사요원 교재, p.18(1976)
11. 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(1986)
12. Kwon, J.H., Byun, M.W. and Choi, H.O.: Quality evaluation of ground garlic and onions treated with chemical fumigants and ionizing radiation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **19**, 107(1987)

13. Silliker, J.H. and Elliott, R.P.: *Microbial ecology of foods*, Vol. 1, Academic Press, New York, p.70(1980)
 14. Kwon, J.H.: Application of ionizing energy to the food industry. *Food Science and Industry*, 22, 74(1989)
 15. Sung, H.S., Park, M.H. and Lee, K.S.: The effective sterilization of white ginseng powder. *Korean J. Ginseng Sci.*, 6, 143(1982)
 16. 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, 963(1989)
-
- (1994년 1월 11일 접수)