J. Fd Hyg. Safety 12(2), 111 - 116(1997)

신선초 분말의 위생화를 위한 오존처리와 감마선 조사와의 비교 효과

육홍선 · 변명우† · 김정옥* · 김종군* · 이현자**

*한국원자력연구소 방사선식품공학연구실, *세종대학교 가정학과, **국립안성산업대학교 가정학과*

Comparative Effects of γ-Irradiation and Ozone Treatment for the Improvement of Hygienic Quality of Dried-*Angelica Keiskei* Koidz Powder

Hong-Sun Yook, Myung-Woo Byun†, Jung-Ok Kim*, Jong-Goon Kim* and Hyun-Ja Lee**

Department Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute, Taejon, 305-353, Korea

**Department Home Economics, King Sejong University, Seoul, 133-747, Korea*

***Department Home Economics, National Anseong University, Anseong, 456-749, Korea*

ABSTRACT — For the purpose of improving hygienic quality of dried-*Angelica Keiskei* Koidz powder, the effects of ozone treatment and gamma irradiation on the microbial decontamination and physicochemical properties were investigated. Gamma irradiation at 5 to 7.5 kGy resulted in sterilizing total aerobic bacteria, molds and coliforms below detective levels, while ozone treatment for 8 hours up to 18 ppm did not sufficiently eliminate the total aerobic bacteria of the sample. The physicochemical properties of the sample were not changed by gamma irradiation up to 7.5 kGy, whereas, ozone treatment caused remarkable changes in pH, TBA value, chlorophyll, carotenoid and fatty acid compositions. Therefore, this investigation demonstrated conclusively that gamma irradiation was more effective than ozone treatment for decontaminating and sterilizing the dried-*Angelica Keiskei* Koidz powder, with minimal effect on the physicochemical properties analyzed.

Key words □ Dried-*Angelica Keiskei* Koidz powder, ozone treatment, gamma irradiation, microbial decontamination, physicochemical properties

최근 국민소득의 향상과 성인병의 증가 등 일반 국민의 건강에 대한 관심이 크게 높아짐에 따라 건강보조식품 산업은 매년 증가 추세에 있다. 신선초 역시 고혈압, 간장병, 신경통 등 각종 성인병에 옛부터 민간요법으로 많이 사용되어 왔으며, 각종 생리활성물질과 무기질을 함유한 것으로 보고되며,[1,2] 건강보조식품의 원료로서 많이 사용되어지고 있다. 일반적으로 농산가공원료들은 수확, 건조가공, 저장 유통도중 미생물, 해충 등에 쉽게 노출되므로 최종제품의 생물학적 품질관리에 많은 어려움이 있다. 따라서 살균처리는 제품의 위생적 품질관리와 안전저장유통을 위해 필수적인 공정이다. 건강보조식품의 원료들은 독특한 풍미의 색택을 갖고 있어 가열처리를 비롯한 대부분의 살균방법이 품질열화, 살균효과 불충분, 안정성 등의 한계성이 지적되고 있으며, 특히 현재까지 가장 많이 사용되어 오던 훈증처리 방법은 유해성분의 잔류 및 생성에 따른 인체에 대한 잠재적 유해성과 환경공해 및 작업자의 건강장해 등의 문제점이 제기되면서 세계적으로 사용이 금지되고 있고, 국내에서도 1991년 건조식품의 살균에 가장 많이 사용하던 ethylene oxide 훈증처리가 금지된 이후 새로운 살균방법의 개발이 산업계로부터 요구되고 있다.[3] 이에 본 연구는 건강보조식품의 원료로 사용되고 있는 신선초 분말의 비가열처리에 의한 위생화 방법의 개발을 위해 오존처리와 감마선 조사와의 살균효과 및 살균처리에 따른 이화학적 품질특성을 비교실험하였다.

†Author to whom correspondence should be addressed

재료 및 방법

시료

본 실험에 사용된 신선초 분말은 중국에서 수입된 것으로서 살균처리전 구입하였으며, 시료의 수분함량은 5±0.5% 범위였다.

시료의 포장, 감마선 조사 및 오존처리

감마선 조사를 위한 시료의 포장은 접합포장재(Nylon, 15 μm / polyethylene 100 μm; 투습도, 4.7 g/m^2/24 hrs; 산소투과도, 22.5 cc/m^2/24 hrs)를 이용하여 200 g 단위로 함기포장하였다. 포장된 시료의 감마선 조사는 선원 10만 Ci의 ^{60}Co 조사시설을 이용, 시간당 1 kGy의 선량률로 2.5, 5, 7.5 및 10 kGy의 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량 확인은 ceric cerous dosimeter(USA)를 사용하였다. 오존처리는 ozone generator(Omrom H2E-YD, Matsuno, Corporation, Japan)를 이용하였으며, 오존농도는 18 ppm, 공기압력은 0.5 kg/cm, 유속은 5 l/min.로 하고 시료를 연속적으로 회전시켜 오존 가스가 분말에 고르게 처리되도록 하였으며, 처리후 포장은 살균된 감마선 조사시의 동일한 포장재를 이용하여 무균적으로 포장하였다. 무처리 및 감마선 조사와 오존처리된 시료는 실온(6~30°C, RH 50~95%) 조건에 각각 저장하며 실험에 사용하였다.

미생물 생육시험

미생물 검사는 각 시료에 일정량의 멸균된 0.1% peptone수를 가한 시험액을 사용하여 3회 반복 실시하였다. 먼저 호기성전세균은 APHA 표준방법[4]에 따라 plate count agar(Difco, Lab.)를 사용하여 30°C에서 1~2일간 배양한 후 집락을 계수하였으며, 곰팡이는 potato dextrose agar (Difco, Lab.)를 사용하여 살균된 10% tartaric acid로 pH를 3.5로 조절한 후 평판법으로 25°C에서 5~7일간 배양한 후 계수하였고, 대장균군은 desoxycholate agar(Difco, Lab.)를 이용한 pour plate method로 37°C에서 1~2일간 배양한 후 생성된 적색의 집락을 계수하였다.[4]

이화학적 특성시험

pH 측정은 각 시료 5 g에 탈이온수 50 ml를 가하여 30분간 진탕하고 원심분리(5,000 rpm, 20 min)하여 얻은 상층액을 pH meter(Corning model 120)을 사용하여 3회 반복 측정하였다.

각 시료의 살균처리 및 저장기간에 따른 지질산패의 정도를 알아보기 위한 TBA가는 Turner 등[5]의 방법에 따라 시료중의 malonaldehyde 함량을 spectrophotometer(Bausch & Lomb Spectronic 710)를 이용, 538 nm에서의 최대흡광치로 나타내었다.

각 시료중의 chlorophyll과 carotenoid 색소는 변 등[6]의 방법에 따라 spectrophotometer를 사용 652 nm와 450 nm에서의 최대 흡광치로 나타내었고, 시료의 외관적 색택은 color/color difference meter(Model N-1001 DP, Nippon Denshoku Kogyo Co., Japan)에 의해 Hunter 색차계의 L값(명도), a값(적색도) 및 b값(황색도)을 5회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었고, 이 때 사용된 표준백판의 L, a, b값은 각각 90.6, 0.4 및 3.3이었다.

총 아미노산 함량은 시험관(2 cm × 20 cm)에 시료 일정량을 정확히 칭량하여 6 N-HCl 10 ml를 가하고 질소가스를 충전한 뒤 15 lb, 121°C에서 3시간 동안 가수분해 시켰다. 가수분해물은 Whatman filter paper No. 2와 membrane filter(0.45 μ)로서 각각 여과한 다음 cartridge C18를 사용하여 유기산, 지방질, 색소 등을 제거한 후 아미노산 자동분석기로 분석하였다.[7]

지방산 분석은 분말시료를 원통여지(Whatman, 26 mm × 10 mm)에 넣고 diethyl ether를 가하여 Soxhlet 추출법으로 16시간 연속 추출한후 감압농축시켜 추출하였다. 추출된 조지방질을 Metcalf 등[8]의 방법으로 petroleum ether에 용해시켜 GLC로 분석하였다.

무기질 함량은 시료 일정량을 습식분해법[9]에 따라 전처리한 뒤 Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu, Zn는 원자흡광분석기를 사용하였고, P는 molybden blue 비색법[10]에 따라 정량하였다.

통계처리

본 실험의 결과는 SAS 프로그램을 이용하였으며, ANOVA로 신뢰도 95% 수준에서 분석한 후 시료간의 통계적인 유의차가 있을 때는 DUNNET C로 검정하였다.[11]

결과 및 고찰

미생물 살균효과 비교

본 실험에 사용된 신선초 분말의 미생물 오염도를 보면 호기성전세균이 7.5×10^4 CFU/g, 곰팡이가 8.3×10^2 CFU/g으로 전반적 미생물 오염도는 낮은 수준이었으나 대장균군은 4.6×10^2 CFU/g 오염되어 있어 최종제품의 위생적 생산 및 품질관리를 위해서는 효과적인 살균처리가 요구된다. Fig. 1은 신선초 분말에 오염된 미생물의 오존처리와 감마선 조사와의 살균효과를 비교한 것이다. 오존처리는 18 ppm의 농도로 4시간 처리했을 때 대장균군은 검출되지 않았으나 호기성전세균과 곰팡이는 초기 오염도의 약 절반정도가 감소하였으며 8시간 처리로도 호기성전세균은 10^3 CFU/g 이상

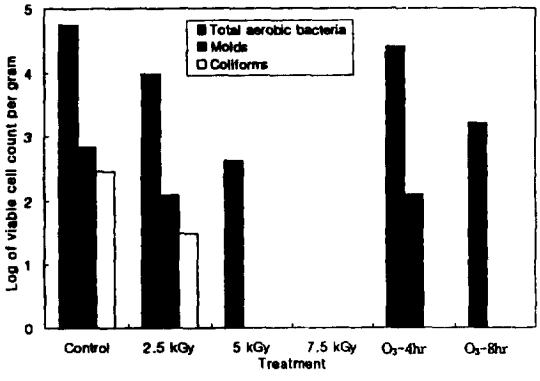

Fig. 1. Comparative effects of ozone treatment and γ-irradiation on the microflora of dried-*Angelica Keiskei* Koidz powder.

으로 생존하여 살균이 불충분함을 알 수 있었다. 감마선 조사의 경우 5 kGy 선량조사에서 대장균 및 곰팡이는 완전사멸되었고, 호기성전세균은 약 2 log cycle 정도 격감되었으며 7.5 kGy 선량조사로서 검출한계 이하로 사멸시킬 수 있었다. 이러한 결과는 권 등[12]의 신선초 분말에 오염시킨 미생물에 대한 감마선과 오존처리와의 살균효과에 대한 연구보고와 유사한 경향으로서, 감마선 조사가 오존처리에 비해 분말식품의 살균처리에 더 효과적임을 알 수 있다.

이화학적 품질특성

pH 및 TBA값—살균처리에 따른 pH의 변화는 무처리 대조군과 감마선 조사군이 6.17-6.18 범위를 보였으나 오존처리군에서는 5.86으로 pH의 저하를 보였다. 살균처리에 따른 시료의 지방질 성분의 산패정도를 알아보기 위해 TBA값을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 감마선 조사군은 무처리군에 비해 조사선량의 높아짐에 따라서 다소 증가됨을 알 수 있었으나, 건조식품에서 이 수준의 TBA값 증가는 관능적 품질특성에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 확인되고 있다.[13] 오존처리의 경우에는 무처리 및 감마선 조사군에 비해 TBA값이 매우 높은 값을 나타내어, 오존의 강력한 산화력에 의한 시료의 지방질 산패가 크게 일어났음을 알 수 있다. 한편 실온에서 6개월 저장동안 TBA값의 변화는 무처리군이나 감마선 및 오존처리군 모두 저장기간의 경과와 더불어 증가하는 경향이었으며 저장동안 살균처리에 따른 영향은 없었다. 이러한 결과는 알로에 분말과 화분[14]의 위생화를 위한 오존처리와 감마선 조사와의 비교실험 결과와도 일치하였다.

Table 1. Comparative effects of ozone treatement and γ-irradiation on the TBA value of dried-*Angelica Keiskei* Koidz powder during storage at ambient temperature

(unit: O.D. at 538 nm)

Treatment	Storage period (month)		
	0	3	6
Control	0.563[a]	0.576[a]	0.592[a]
2.5 kGy	0.570[a]	0.581[a]	0.590[a]
5 kGy	0.581[a]	0.601[a]	0.618[a]
7.5 kGy	0.588[a]	0.612[a]	0.632[a]
10 kGy	0.592[b]	0.637[b]	0.656[b]
O_3-8 hr[1]	0.719[a]	0.732[c]	0.793[a]

[1]: Ozonised air with an ozone concentration of 18 mg liter^{-1} was sparged into the sample for 8 hour at an air flow rate of 5 liter min.$^{-1}$.

Values with the same alphabet within each column are not significantly different at P<0.05.

색소 및 외관적 색도 변화—신선초 분말의 주요 외관적 품질구성 인자인 색소의 살균처리 및 저장기간에 따른 안정성을 비교한 결과는 Table 2와 같다. Chlorophyll 색소는

Table 2. Comparative effects of ozone treatement and γ-irradiation on the chlorophyll and carotenoid pigments of dried-*Angelica Keiskei* Koidz powder during storage at ambient temperature

(unit: Retention of pigments, %)

Treatment	Storage period (month)					
	0		3		6	
	Chlo.[2]	Caro.[2]	Chlo.	Caro.	Chlo.	Caro.
Control	100[a]	100[a]	100[a]	98.0[a]	99.6[a]	97.2[a]
2.5 kGy	100[a]	99.2[a]	99.5[a]	98.0[a]	99.2[a]	97.2[a]
5 kGy	100[a]	99.2[a]	100[a]	97.6[a]	98.8[a]	96.4[a]
7.5 kGy	100[a]	97.6[b]	99.6[a]	96.4[b]	98.4[a]	95.6[b]
10 kGy	100[a]	96.8[b]	99.2[a]	96.0[b]	98.8[a]	95.2[b]
O_3-8 hr[1]	95.1[b]	94.4[c]	94.3[b]	93.3[c]	93.9[b]	91.3[c]

[1]: Ozonised air with an ozone concentration of 18 mg liter^{-1} was sparged into the sample for 8 hour at an air flow rate of 5 liter min.$^{-1}$

[2]: Chlo.: Chlorophyll, Caro.: Carotenoid.

Values with the same alphabet within each column are not significantly different at P < 0.05.

Table 3. Comparative effects of ozone treatment and γ-irradiation on the color parameters of dried-*Angelica Keiskei* Koidz powder[1]

Treatment	Hunter's color value[3]			
	L	a	b	*ΔE*
Control	29.4	-6.2	10.8	0.0
2.5 kGy	29.4	-6.2	10.8	0.0
5 kGy	29.5	-6.2	11.1	0.3
7.5 kGy	29.6	-6.1	11.1	0.3
10 kGy	29.4	-5.2	10.8	0.9
O_3-8 hr[2]	30.7	-5.9	11.5	1.5

[1]: Color parameters were determined immediately after O_3 treatment and γ-irradiation, and each value is the average of triplicate determinations

[2]: Ozonised air with an ozone concentration of 18 mg liter^{-1} was sparged into the sample for 8 hour at an air flow rate of 5 liter min^{-1}

[3]: L: Degree of lightness (white+100 ↔ 0 black)
a: Degree of redness (red+100 ↔ -80 green)
b: Degree of yellowness (yellow+70 ↔ -80 blue)
ΔE: Overall color difference ($\sqrt{(\Delta L)^2+(\Delta a)^2+(\Delta b)^2}$).

10 kGy 까지의 감마선 조사로도 거의 영향을 받지 않았으나 오존처리의 경우 감소현상을 나타내었다. Carotenoid 색소는 감마선 조사 선량의 증가와 더불어 다소 감소하는 경향이었고 오염미생물의 완전 살균선량인 7.5 kGy 까지의 조사는 무처리군과 유의적인 차이를 보이지 않았으나 오존처리군에서는 chlorophyll 색소와 같이 감소현상이 뚜렷하였다. 살균처리후 저장기간에 따른 변화는 오존시험군에서 다소의 감소현상을 보였고 저장동안 살균처리에 따른 영향은 거이 없었다. 이러한 결과는 권 등[15]의 인삼엽록차의 감마선 조사와 ethylene oxide처리와의 색소 안정성 실험결과나 변 등[16]의 염장미역의 실험결과와도 유사하였다. 그러나 시료의 외관적 색도에 대한 기계적 측정에 있어서는 시료 전체가 강한 녹색을 띄고 있어서 살균처리군간에 큰 차이는 인정되지 않았으나 총색차(ΔE)에서 10 kGy 감마선 조사군과 오존처리군이 다소의 차이를 보였으나 외관적 식별은 되지 않았다(Table 3).

지방산 조성—신선초 분말의 조지방함량은 약 0.25% 내외로 매우 낮았으며 살균처리직후 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 8종의 지방산을 확인하였으며 주요 지방산은 palmitic acid 약 34%, linoleic acid 약 21%, linoleic acid 약 15%, oleic acid 약 12%, stearic acid가 약 9%의 순으로 구성비가 높았고, 포화지방산과 불포화지방산의 비는 약 1:1이었다. 살균처리에 따른 지방산 조성의 변화를 보면 감마선 조사군의 경우 10 kGy 선량조사군까지도 무처리 대조군과 아무런 차이를 보이지 않았으나 오존처리군에서는 불포화지방산들의 심한 감소와 더불어 상대적으로 포화지방산의 구성비가 크게 증가되었음을 보였다. 오존처리에 의한 불포화지방산의 감소 즉 산패현상은 앞에서 언급된 오존처리군에서 TBA값이 크게 증가된 결과와 잘 일치하였으며, 곽 등[17]의 오존처리가 인삼분말의 지방산에 미치는 영향을 시험한 결과와도 유사하였다.

Table 4. Comparative effects of ozone treatment and gamma irradiation on the fatty acid compositions of dried-*Angelica Keiskei* Koidz powder[1]

Fatty acid		Treatment			
		Control	5 kGy	10 kGy	O_3-8hr[2]
Crude lipid	(%)	0.26[a]	0.25[a]	0.23[a]	0.28[a]
Lauric	$C_{12:0}$	2.78[a]	3.31[b]	3.30[b]	2.52[a]
Myristic	$C_{14:0}$	4.18[a]	4.20[a]	4.28[a]	4.74[b]
Palmitic	$C_{16:0}$	34.47[a]	34.49[a]	34.59[a]	44.29[b]
Palmitoleic	$C_{16:1}$	0.56[a]	0.50[a]	0.44[b]	0.78[c]
Stearic	$C_{18:0}$	8.98[a]	9.12[a]	9.28[a]	11.81[b]
Oleic	$C_{18:1}$	11.82[a]	11.84[a]	11.84[a]	8.49[b]
Linoleic	$C_{18:2}$	15.71[a]	15.68[a]	15.65[a]	12.06[b]
Linolenic	$C_{18:3}$	21.50[a]	21.60[a]	20.62[a]	15.31[b]
SFA[3]		50.41[a]	51.12[a]	51.45[a]	63.36[b]
MUSFA[3]		12.38[a]	12.34[a]	12.28[a]	9.27[b]
PUSFA[3]		37.21[a]	37.28[a]	36.27[a]	27.37[b]

[1]: Fatty acid were analyzed immediately after ozone treatment and gamma irradiation, and each value is the average of triplicate determinations and expressed as % fatty acid composition of total lipids

[2]: Ozonised air with an ozone concentration of 18 mg liter^{-1} was sparged into the sample for 8 hour at an air flow rate of 5 liter min.$^{-1}$

[3]: SFA: Total saturated fatty acids (12:0+14:0+16:0+18:0)
MUSFA: Total monounsaturated fatty acids (16:1+18:1)
PUSFA: Total polyunsaturated fatty acids (18:2+18:3)

Values with the same alphabet within each row are not significantly different at $P<0.05$.

아미노산 및 무기질 조성—살균처리에 따른 신선초 분말의 아미노산 조성의 변화는 Table 5와 같이 15종의 아미노산을 확인하였다. glutamic acid, aspartic acid, leucine, lysine의 높은 함량을 보였고 methionine, tyrosine, histidine이 낮은 함량을 나타내었으며 살균처리에 따른 영향은 감마선 조사군이나 오존처리군 모두 무처리 대조군과 차이를 보이지 않았다.

시료의 무기질 성분에 있어서는 11종의 원소가 분석되었고 K가 가장 높은 함량을 보였으며 그 다음으로 Ca, P, Mg, B의 순으로 높음 함량을 나타내었으며 Cu, Ni, Mn도 미량 함유되어 있었다. 살균처리에 따른 함량의 변화는 무처리 대조군이나 각 살균처리군간에 유의적으로 나타내지

Table 5. Comparative effects of ozone treatment and gamma irradiation on the total amino acids of dried-*Angelica Keiskei* Koidz powder[1]

Amino acid	Treatment			
	Control	5 kGy	10 kGy	O_3-8 hr[2]
Aspartic acid	0.355	0.350	0.351	0.353
Glutamic acid	0.391	0.390	0.381	0.386
Histidine	0.081	0.082	0.079	0.080
Serine	0.162	0.163	0.161	0.160
Arginine	0.157	0.158	0.157	0.158
Glycine	0.208	0.209	0.210	0.209
Threonine	0.212	0.212	0.213	0.212
Alanine	0.223	0.225	0.223	0.222
Tyrosine	0.059	0.059	0.060	0.058
Methionine	0.053	0.053	0.053	0.051
Valine	0.193	0.195	0.191	0.194
Phenylalanine	0.208	0.209	0.205	0.204
Isoleucine	0.157	0.158	0.154	0.156
Leucine	0.299	0.297	0.294	0.295
Lysine	0.223	0.225	0.221	0.223
Total	2.981	2.985	2.953	2.961

[1]: Total amino acids were analyzed immediately after ozone treatment and gamma irradiation, and each value is the average of triplicate determinations and expressed as g 100 g^{-1} dry basis

[2]: Ozonised air with an ozone concentration of 18 mg $liter^{-1}$ was sparged into the sample for 8 hour at an air flow rate of 5 liter $min.^{-1}$

Table 6. Comparative effects of ozone treatement and γ-irradiation on the selected minerals of dried-*Angelica Keiskei* Koidz powder[1]

Mineral	Treatment		
	Control	10 kGy	O_3-8 hr[2]
Aluminium	9.0	9.0	9.0
Boron	22.5	22.0	22.5
Calcium	685.0	685.0	683.0
Copper	0.1	0.1	0.1
Iron	7.5	8.0	8.0
Potassium	2250.0	2260.0	2255.0
Magnesium	70.0	69.5	70.5
Manganese	0.6	0.6	0.6
Nickel	0.2	0.2	0.2
Phosphorus	130.0	130.0	132.0
Zinc	2.0	2.0	2.0

[1]: Minerals were analyzed using a A.A immediately after O_3 treatment and γ-irradition, and each value is the average of triplicate determinations and expressed as mg 100 g^{-1} dry basis

[2]: Ozonised air with an ozone concentration of 18 mg $liter^{-1}$ was sparged into the sample for 8 hour at an air flow rate of 5 liter $min.^{-1}$

않았다(Table 6). 이와같은 결과는 이 등[18]의 감마선 조사된 대두나 변 등[19]의 인삼의 무기질 성분에 대한 시험결과와도 일치하였다.

국문요약

건강보조식품의 가공원료로 사용되고 있는 신선초 분말의 위생화를 위해 오존처리와 감마선 조사와의 살균효과 및 이화학적 품질특성을 비교검토 하였다. 살균효과에서 5-7.5 kGy의 감마선 조사는 모든 오염 미생물을 완전사멸 시킬 수 있었으나, 18 ppm의 농도로 8시간 오존처리는 오염도가 낮았던 대장균군과 곰팡이의 사멸은 가능하였고 오염도가 높았던 호기성전세균의 사멸은 불충분하였다. 이화학적 품질특성의 영향에서 살균선량인 7.5 kGy 까지의 감마선 조사된 시료는 무처리 대조시료와 차이를 보이지 않았으나, 오존처리의 경우 pH, TBA값, chlorophyll, carotenoid 및 지방산 조성에서 주목할만한 변화를 나타내었다. 따라서 신선초 분말의 위생화를 위한 비가열 살균방법으로서 감마선 조사가 오존처리에 비해 효과적임을 알 수 있다.

참고문헌

1. 임응규, 유정자: 민간약초, 오성출판사, pp. 141 (1989).
2. Yagi, A.: Chemical anc pharmacological studies on Angelica Keiskei. 福山 大學藥學部研究年報, **6**. 1-3 (1990).
3. 변명우: 식품산업에서 방사선 조사기술의 이용과 전망. 식품과학과 산업, **30**, 89-100 (1997).
4. APHA: *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, M. Speck(ed.), American Public Health Association, Washington, D.C. (1976).
5. Turner, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Bessert, M. W., Struck, G.M. and Olson, F.C.: Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *J. Agric. Food Chem.* **8**, 326-329 (1954).
6. 변재량, 박영호, 이강호: 양식미역의 품질요인과 그 가공. 한국수산학회지, **10**, 125-133 (1977).

7. Hitachi Inc.: Instrumental manual of amino acid analyzer (Model 835) (1986).
8. Metcalf, L.D., Schmitz, A.A., and pelka, J.R.: Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis, *Anal. Chem.*, **38**, 514-517 (1966).
9. Osborne, D.R. and Voogt, P.: The analysis of nutrients in foods, Academic Press Inc. London, pp. 212 (1981).
10. Kohara: Handbook of food analysis, Kanpakusha, Japan, pp. 275 (1977).
11. Institute, Inc. *AS/STAT Software: Changes and Enhancements, Release 6. 10*. SAS Institute Inc., Cary, NC (1994).
12. 권오진, 박순연, 김광훈, 이현자, 변명우: 신선초 분말에 오염시킨 미생물에 대한 감마선과 오존의 살균 효과. 한국식품위생 · 안전성학회지, **11**, 221-225 (1996).
13. 권중호, 변명우, 차보숙, 양재승, 조한옥: 식물성 혼합조미료의 품질개선을 위한 감마에너지의 이용. 한국식품위생학회지, **3**, 233-239 (1988).
14. 육홍선, 정영진, 권오진, 변명우: 감마선과 오존처리가 알로에와 화분의 오염미생물 제거와 지방산 조성에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **29**, 527-532 (1977).
15. 권중호, 변명우, 김영희, 이수정, 조한옥: 인삼엽록차의 살균처리에 따른 이화학적 특성 변화. 한국식품위생학회지, **6**, 49-56 (1991).
16. 변명우, 권중호, 이수정, 남상명, 조한옥: 염장미역의 감마선 조사에 따른 이화학적 특성변화. 한국식품위생학회지, **6**, 165-169 (1991).
17. 곽기성, 최강주, 김나미: 오존처리가 인삼분말의 지방산과 유기산 함량 및 향미성분에 미치는 영향. 한국식품위생 · 안전성학회지, **11**, 51-56 (1996).
18. 이현자, 김정옥, 육홍선, 변명우: 감마선 조사된 대두의 이화학적 품질 특성. 한국식품과학회지, **28**, 558-565 (1996).
19. Byun, M.W., Yook, H.S., Kang, I.J., Chung, C.K., Kwon, J.H. and Choi, K.J.: Comparative effects of gamma irradiation and ozone treatment on hygienic quality of red ginseng powder. *Radiat. Phys. Chem.*, **49**, 483-489 (1997).