

감마선과 오존처리가 알로에와 화분의 오염미생물 제거 및 지방산 조성에 미치는 영향

육홍선 · 정영진 · 김정옥* · 권오진** · 변명우**

충남대학교 식품영양학과, *세종대학교 가정학과

**한국원자력연구소 방사선식품공학연구소

Effects of Gamma Irradiation and Ozone Treatment on Microbial Decontamination and Fatty Acid Compositions of Aloe and Pollen Powders

Hong-Sun Yook, Young-Jin Chung, Jung-Ok Kim*,

Oh-Jin Kwon** and Myung-Woo Byun**

Department of Food and Nutrition, Chungnam National University

*Department of Home Economics, King Sejong University

**Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute

Abstract

The comparative effects of gamma irradiation and ozone treatment on the microbial inactivation and fatty acid composition were investigated for improving hygienic quality of aloe and pollen powders. Gamma irradiation at 10 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 microorganisms of aloe and pollen powders. The compositions of fatty acid were not significantly changed by gamma irradiation up to 10 kGy. However, ozone treatment markedly decreased unsaturated fatty acids by approximately 20~80% in contents, whereas it significantly increased saturated fatty acids ($P < 0.05$).

Key words: aloe and pollen powders, gamma irradiation, ozone treatment

서 론

최근 생활수준의 향상과 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 국내 건강보조식품 산업은 급성장되고 있으며 알로에와 화분은 주요 건강보조식품중의 하나이다. 이들 가공제품의 생산을 위해서는 가공원료의 안전공급, 위생적 제품생산, 효율적 제조공정, 안전한 저장 및 유통기술의 확보가 필수적이며, 특히 식품첨가물 규제의 강화와 무첨가 식품 요구 등 소비자의 건강지향적 욕구가 증대됨에 따라 식품산업에서 위생적 품질관리의 중요성이 더욱 필요시 되고 있는 실정이다. 현재 건강보조식품을 포함한 향신료나 건조과채류, 건조 수산물, 분말가공원료 등의 살균, 살충에 사

용되어 오던 ethylene oxide (E.O.), phosphin 등의 훈증처리가 발암성 등 그 유해성 때문에 90년대 들어 선진국을 비롯한 세계 여러나라에서 사용이 금지된 이후 효과적인 대체방법으로 감마선 조사와 오존처리가 개발되고 있다^(1,2). 식품산업에서 오존(O₃)처리는 제조공정상의 미생물제어, 유통과정에서의 신선도 유지, 곡류 및 두류 등 식품원료의 잔류농약 분해 등에 사용되며, 최근 일본에서는 오존사용이 각 산업분야에서 일반화되고 있는 추세이다^(3,7). 한편 국내에서는 액체식품의 살균을 위한 일부 연구에 사용되고 있으나^(8,11) 고체 및 분말류에 대한 연구는 거의 없다. 또한 새로운 식품가공, 저장 및 위생화 방법으로 알려진 감마선 조사기술은 국제기구(FAO/IAEA/WHO, FDA)와 선진 여러나라에서 이용대상 식품에 대한 생장 억제, 속도 조정, 저장수명 연장, 살충, 병원성과 부패미생물의 살균 및 건조식품의 물성 개선 등에서 탁월한 효과뿐만

Corresponding author: Myung-Woo Byun, Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute, Yuseung P.O.Box 105, Taejon 305-600, Korea

아니라 그 건전성과 경제성이 공인되어 현재 38개국에서 40여 식품군(230여 품목)이 각국 보건 당국에 의해 허가되어 실용화 되고 있다. 또한 국내에서도 상업적 식품조사 시설이 준공(1987년)되어 현재 가동중에 있고, 보건복지부의 건전성 허가로 일부 식품들이 감마선 처리되고 있다⁽¹²⁾. 따라서, 본 연구에서는 건강보조식품의 새로운 살균방법 개발을 위한 감마선 조사와 오존처리가 알로에와 화분분말의 오염미생물 살균과 지방산 조성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

시료 및 살균처리

본 실험에 사용된 시료는 알로에(아보레센스, 베라)와 화분분말로 살균처리된 남양알로에(주)에서 구입하였다.

감마선 조사를 위한 알로에와 화분의 포장은 PVC 용기(500 mm diameter×800 mm long)에 각 50 g 단위로 함기포장하였다. 포장된 시료의 감마선 조사는 선원 10만 Ci의 ⁶⁰Co 상업용, 다목적 조사시설을 이용, 시간당 1 kGy의 선량률로 2.5, 5, 7.5 및 10 kGy의 흡수선량을 얻도록 하였다. 오존처리기는 오존발생기(Omrom H2E-YD, Matsuno, Co., Japan)를 이용하였으며, 오존발생기의 전압조절로 오존발생량을 Rand 등⁽¹³⁾의 iodometric 방법에 의해 18 ppm/min로 조정하고, 공기압 0.5 kg/cm², 유속 5 L/min로 실온(6°C)에서 8시간 연속적으로 시료를 회전시켜 오존 가스가 분말에 고르게 분산되도록 하였다. 처리된 시료는 무균적으로 포장하여 실온(동절기 6~하절기 30°C, RH 50~95%)에 저장하면서 실험에 사용하였다.

미생물 생육시험

미생물 검사는 각 시료에 일정량의 멸균된 0.1% peptone수를 가한 시험액을 사용하여 3회 반복 실시하였다. 먼저 호기성전세균은 APHA 표준방법⁽¹⁴⁾에 따라 plate count agar (Difco laboratories, Detroit, MI, USA)를 사용하여 30°C에서 1~2일간 배양한 후 생성된 집락을 계수하였으며, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar (Difco)를 사용하여 살균된 10% tartaric acid로 pH를 3.5로 조절한 후 평판법으로 25°C에서 5~7일간 배양한 후 계수하였다⁽¹⁵⁾. 대장균군은 desoxycholate agar (Difco)를 이용한 pour plate method로 37°C에서 1~2일간 배양한 후 적색의 집락을 계수하였다.

지방산 분석

지방질 추출은 상법에 준하여 시료를 원통여지(Whatman cat No. 2800260)에 넣고 diethyl ether를 가하여 Soxhlet 추출법으로 약 16시간 추출한 다음 추출물을 감압농축시켜 증량법으로 조지방질 함량을 조사하였다. 지방산 분석은 상기와 같이 추출하여 얻은 조지방질의 일부를 취한 후 Metcalf 등⁽¹⁶⁾의 방법에 준하여 0.5 N NaOH/methanol로 가수분해시킨 후 BF₃-methanol을 가하여 methylester화시킨 다음 GC로 분석하였으며, 지방산 표준품은 Sigma Chemical Co.의 fatty acid methyl ester 표준품을 사용하였다. 이 때 사용한 GC는 Hewlett packard 5890 series II 및 Hewlett packard 3396 series II integrator를 사용하였다. GC 칼럼은 SP-2340 (30 m×0.25 mm ID) fused silica capillary column을 사용하였고 오븐 온도는 160°C에서 3분간 유지한 후 3°C/min. 씩 승온시킨 다음 220°C에서 10분간 유지시켜 분석하였다. GC의 주입구 및 검출기(FID)의 온도는 240°C 및 250°C로 하였고 운반기체는 질소가스를 0.8 mL/min.로 하여 split mode (split ratio=60:1)로 주입하였다.

산패도 측정

알로에와 화분을 감마선 조사와 오존처리 후 저장기간에 따른 지질산패 정도를 알아보기 위한 TBA값은 Turner 등⁽¹⁷⁾의 방법에 따라 Spectrophotometer (Bausch & Lomb, Spectronic 710)를 이용, 538 nm에서 최대흡광치로 나타내었다.

통계처리

본 실험의 결과는 SAS 프로그램을 이용하였으며, ANOVA로 신뢰도 95% 수준에서 분석한 후 시료간의 통계적인 유의차가 있을 때는 DUNNET C로 검정하였다⁽¹⁸⁾.

결과 및 고찰

오염 미생물 살균효과 비교

건강보조식품은 저장, 유통조건의 변화에 따라 품질저하를 초래할 수 있으므로 장기 저장시에는 미생물학적 품질관리가 무엇보다도 중요한 요소가 되고 있으며, 특히 곰팡이의 경우 유통 및 장기저장 중 적당한 환경조건만 주어진다면 이들의 발육으로 외관적 품질에 악영향을 줄 수 있다. 알로에와 화분에 오염된 미생물의 감마선 조사와 오존처리에 의한 살균효과를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 알로에(아보레센스, 베라)의 미생물 오염도는 호기성전세균이 10⁴~10⁵ CFU/

Table 1. Comparative effects of gamma irradiation and ozone treatment on microbial inactivation of aloe arborescence, aloe vera and pollen powders (unit : CFU/g sample)

Sample	Microorganisms	Treatment					
		Control	2.5 kGy	5 kGy	7.5 kGy	10 kGy	Ozone ¹⁾
Aloe arborescence	Total aerobic bacteria	1.6×10^5	1.3×10^4	8.8×10^3	1.2×10^3	-	1.1×10^3
	Molds	6.0×10^3	2.5×10^3	7.5×10^2	1.0×10^2	-	2.9×10^2
	Yeast	5.9×10^4	3.0×10^3	-	-	-	8.5×10^2
	Coliforms	7.0×10^3	2.6×10^3	1.0×10^2	-	-	1.3×10^2
Aloe vera	Total aerobic bacteria	2.7×10^4	1.5×10^3	3.7×10^2	8.0×10^1	-	6.5×10^2
	Molds	1.2×10^2	8.0×10^1	-	-	-	-
	Yeast	3.9×10^3	1.7×10^2	-	-	-	1.5×10^2
	Coliforms	1.0×10^2	-	-	-	-	-
Pollen	Total aerobic bacteria	7.2×10^4	5.9×10^2	6.5×10^2	-	-	1.0×10^3
	Molds	2.3×10^2	1.2×10^1	-	-	-	-
	Yeast	1.2×10^4	2.7×10^3	3.8×10^2	-	-	9.5×10^2
	Coliforms	-	-	-	-	-	-

¹⁾Ozonized air with an ozone concentration of 18 ppm was sparged into the sample for 8 hours at an air flow rate of 5 liter min⁻¹.

g, 곰팡이가 $10^2 \sim 10^3$ CFU/g, 효모는 $10^3 \sim 10^4$ CFU/g, 대장균군도 $10^2 \sim 10^3$ CFU/g이며, 화분은 비록 대장균군의 검출은 없었으나 알로에와 비슷한 균수의 미생물이 오염되어 있어 건강보조식품 뿐만 아니라 그 외 의약품 및 화장품의 가공원료로 사용시 위생상 많은 문제를 야기시킬 것으로 생각된다.

감마선 조사에 의한 살균효과는 모든 시료에서 호기성전세균과 효모 및 곰팡이가 10 kGy의 선량조사로서 검출한계 이하로 사멸되었고, 대장균군은 초기오염도도 낮았으나 일반적으로 방사선 감수성이 높아 5 kGy 선량 조사로서도 완전사멸되었다. 오존처리에 의한 살균효과를 보면 18 ppm의 오존 농도로 8시간 처리후에 알로에 아보레센스의 경우 호기성전세균은 10^3 CFU/g, 효모 및 곰팡이와 대장균군도 10^2 CFU/g 이상 생존하여 살균효과가 불충분함을 알 수 있었다. 잎 속의 겔부분만 동결건조시켜 초기 미생물오염도가 비교적 낮은 알로에 베라는 오존처리 후 곰팡이와 대장균군의 완전사멸이 가능하였으나 호기성전세균은 10^2 CFU/g 이상 생존하였으며, 화분 또한 호기성전세균이 10^3 CFU/g 정도 생존하여 살균효과가 불충분하였다. 광 등⁽¹⁹⁾이 보고한 인삼분말에 오염된 미생물의 오존처리시 살균효과를 보면 초기오염도가 10^3 CFU/g 으로 낮은 수준이면 0.35 ppm의 오존농도로 24시간 처리함으로써 일반세균 및 대장균군의 생육이 완전히 억제되었고, 초기오염도가 10^5 CFU/g 이상이면 30 ppm 농도로 48시간 처리해야만 이들 미생물을 완전히 사멸시킬 수 있었다고 하였다. 권 등⁽²⁰⁾은 세균 8종, 곰팡이 2종을 이용 완충용액상에서 오존처리시 살균효과를 조사하였는데 이들 미생물을 3 ppm 농도의 오존

을 처리하였을 때 10~20분간 처리로서 대부분의 세균이 불활성화되었으나, 곰팡이에는 60분간 처리로도 살균효과가 불충분하였다. 본 실험의 결과, 감마선 조사나 오존처리 역시 살균효과는 미생물의 종류와 농도, 물리화학적 특성, 환경조건 등에 따라 영향을 받으며, 또한 감마선 조사가 오존처리에 비해 오염미생물의 살균효과가 우수함을 알 수 있었다.

지방산 조성변화

살균처리에 따른 알로에와 화분의 지방산 조성변화를 살균처리 직후 분석한 결과는 Table 2와 같다. 알로에에서 각 8종, 화분에서 각 10종의 지방산을 확인하였으며, 무처리군의 알로에 아보레센스와 화분은 다가불포화지방산인 linoleic acid와 linolenic acid가 약 58~63% 수준으로 높은 함량이었으며, 그 다음 palmitic acid가 약 24~28%로 나타났다. 알로에 베라는 포화지방산인 palmitic acid가 약 54%로 높은 함량이었으며, 그 외 stearic acid, linoleic acid, oleic acid가 약 17%, 13%, 10%의 함량을 각각 포함하고 있었다. 한편, 살균처리 방법에 따른 변화를 보면 감마선 조사군의 경우 10 kGy까지의 조사선량에서는 무처리군과 지방산 조성에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나, 오존처리군에서는 불포화지방산의 심한 감소와 포화지방산의 유의적인 증가현상을 보였다(P<0.05). 먼저 불포화지방산에서 무처리군 및 감마선 조사군에 비해 오존처리군의 경우 알로에 아보레센스는 linoleic acid와 linolenic acid가 각각 약 40~41%, oleic acid가 17%, 화분에서는 oleic acid가 70%, linoleic acid와 linolenic acid가 각각 약 67%, 특히 알로에 베라에서는 oleic

Table 2. Comparative effects of gamma irradiation and ozone treatment on fatty acid compositions of aloe arborescence, aloe vera and pollen powders¹

Fatty acid	Treatment											
	Aloe arborescence				Aloe vera				Pollen			
	Control	5 kGy	10 kGy	Ozone ²	Control	5 kGy	10 kGy	Ozone ²	Control	5 kGy	10 kGy	Ozone ²
Crude lipid (%)	3.33	3.33	3.32	3.42	2.98	3.01	3.09	3.34	9.94	10.35	11.12	12.06
Lauric C _{12:0}	3.15 ^a	3.15 ^a	3.16 ^a	5.25 ^b	1.43	1.76	2.02	0.83	0.56 ^a	0.59 ^a	0.66 ^a	1.63 ^b
Myristic C _{14:0}	3.71 ^a	3.77 ^a	4.00 ^a	6.82 ^b	1.46 ^a	1.46 ^a	1.47 ^a	2.01 ^b	1.58 ^a	2.02 ^a	2.32 ^a	6.52 ^b
Palmitic C _{16:0}	24.38 ^a	22.87 ^a	22.72 ^a	44.14 ^b	53.79 ^a	53.57 ^a	53.50 ^a	68.15 ^b	28.03 ^a	27.18 ^a	27.20 ^a	58.28 ^b
Palmitoleic C _{16:1}	0.46	0.36	0.36	0.37	0.40	0.40	0.42	0.59	-	-	-	-
Stearic C _{18:0}	2.20 ^a	2.24 ^a	2.31 ^a	3.50 ^b	16.65 ^a	16.70 ^a	16.73 ^a	21.71 ^b	2.40 ^a	2.96 ^a	3.43 ^a	9.04 ^b
Oleic C _{18:1}	3.01 ^a	3.32 ^a	3.46 ^a	2.51 ^b	10.44 ^a	10.71 ^a	10.70 ^a	2.22 ^b	6.21 ^a	6.09 ^a	6.03 ^a	1.86 ^b
Linoleic C _{18:2}	25.15 ^a	25.35 ^a	25.34 ^a	14.73 ^b	12.80 ^a	12.52 ^a	12.16 ^a	1.69 ^b	10.81 ^a	10.91 ^a	10.90 ^a	3.51 ^b
Linolenic C _{18:3}	37.94 ^a	38.32 ^a	38.67 ^a	22.68 ^b	3.03	3.01	3.00	2.84	47.57 ^a	46.94 ^a	46.85 ^a	15.46 ^b
Arachidic C _{20:0}	-	-	-	-	-	-	-	-	1.37	1.36	1.31	1.02
Gondoic C _{20:1}	-	-	-	-	-	-	-	-	0.76	0.75	0.73	0.57
Behenic C _{22:0}	-	-	-	-	-	-	-	-	0.71 ^a	0.66 ^a	0.58 ^a	2.11 ^b
SFA ³	33.44 ^a	32.03 ^a	32.19 ^a	59.71 ^b	73.33 ^a	73.49 ^a	73.72 ^a	92.70 ^b	34.65 ^a	34.77 ^a	35.49 ^a	78.60 ^b
MUSFA ⁴	3.47	3.68	3.82	3.22	10.84 ^a	11.11 ^a	11.12 ^a	2.77 ^b	6.97 ^a	6.84 ^a	6.76	2.43 ^b
PUSFA ⁵	63.09 ^a	63.67 ^a	63.99 ^a	37.07 ^b	15.83 ^a	15.53 ^a	15.16 ^a	4.53 ^b	58.38 ^a	57.85 ^a	57.75 ^a	18.97 ^b

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

²Ozonized air with an ozone concentration of 18 ppm was sparged into the sample for 8 hours at an air flow rate of 5 liter min.⁻¹.

³SFA: Total saturated fatty acids (12:0+14:0+16:0+18:0+20:0+22:0).

⁴MUSFA: Total monounsaturated fatty acids (16:1+18:1+20:1).

⁵PUSFA: Total polyunsaturated fatty acids (18:2+18:3).

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

acid가 79%, linoleic acid가 87%에 이르는 감소현상을 보였다. 또한, 포화지방산에서도 무처리군 및 감마선 조사군에 비해 오존처리군의 경우 알로에 아보레센스와 화분에서 palmitic acid를 비롯한 포화지방산이 약 2배, 특히 화분의 myristic acid와 stearic acid는 3.5~4배 이상의 증가를 나타내었다. 시료자체에 포화지방산을 다량 함유하고 있는 알로에 베라에서도 약 1.3배 정도 포화지방산의 증가를 나타내어 오존처리에 의해 알로에와 화분의 지방질 성분은 심한 산패가 일어남을 알 수 있었다. 또한 지방산 조성 패턴의 변화경향도 뚜렷하여 불포화지방산의 산화생성물로 사료되는 미확인 성분들이 palmitic acid의 피크 이전에 다량 검출되었다(Fig. 1). 본 실험의 이러한 결과는 광 등⁽²¹⁾의 오존처리가 인삼분말의 지방산 조성변화 시험에서 불포화지방산의 감소와 포화지방산의 증가 현상을 보고한 결과와 일치하였다.

산패도

알로에와 화분의 살균처리 방법에 따른 상온 저장 중, 지질의 산패정도는 Table 3과 같다. 모든 시험군에서 저장기간이 경과함에 따라 TBA가가 다소 증가하

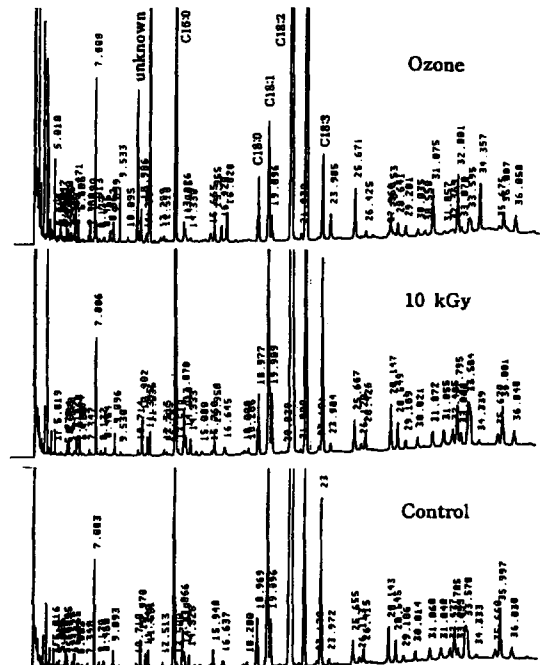


Fig. 1. GC Chromatograms of fatty acid methyl esters obtained from crude lipids in aloe vera powder.

Table 3. Comparative effects of gamma irradiation and ozone treatment on thiobarbituric acid value of aloe arborescence, aloe vera and pollen powders during storage at ambient temperature (unit : O.D. at 538 nm)

Treatment	Storage period (month)								
	Aloe arborescence			Aloe vera			Pollen		
	0	3	6	0	3	6	0	3	6
Control	0.669 ^a	0.681 ^a	0.693 ^a	0.271 ^a	0.301 ^a	0.693 ^a	0.607 ^a	0.632 ^a	0.658 ^a
2.5 kGy	0.667 ^a	0.686 ^a	0.701 ^a	0.290 ^a	0.302 ^a	0.701 ^a	0.609 ^a	0.628 ^a	0.659 ^a
5 kGy	0.683 ^a	0.694 ^a	0.720 ^a	0.321 ^a	0.341 ^a	0.720 ^a	0.649 ^a	0.676 ^a	0.689 ^a
7.5 kGy	0.697 ^a	0.702 ^a	0.721 ^a	0.330 ^a	0.359 ^a	0.721 ^a	0.652 ^a	0.688 ^a	0.703 ^a
10 kGy	0.702 ^a	0.727 ^b	0.732 ^b	0.337 ^a	0.391 ^a	0.732 ^a	0.663 ^a	0.709 ^a	0.721 ^a
Ozone ¹⁾	2.036 ^b	2.463 ^b	2.789 ^b	1.349 ^b	1.629 ^b	2.789 ^b	2.709 ^b	2.918 ^b	3.283 ^b

¹⁾Ozonized air with an ozone concentration of 18 ppm was sparged into the sample for 8 hours at an air flow rate of 5 liter min.⁻¹.

^{a)}Values with the same alphabet within each column are not significantly different at P<0.05.

는 경향을 보였고, 살균처리 방법에 따른 변화를 보면 감마선 조사군의 경우 조사선량이 증가함에 따라 TBA가도 다소 증가하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 그러나, 오존처리의 경우 무처리군에 비해 알로에 아보레센스는 약 3~4배, 알로에 베라와 화분에서는 약 4~5배로 TBA의 높은 증가현상을 나타내었다(P<0.05). 이러한 결과는 앞의 포화지방산의 증가와 불포화지방산의 감소를 보인 지방산 조성의 변화와 일치하였다.

요 약

알로에와 화분분말의 효과적인 살균방법 개발을 목적으로 감마선 조사와 오존처리시 오염 미생물의 살균효과와 지방산 조성의 변화를 비교검토 하였다. 10 kGy의 감마선 조사는 알로에와 화분분말에 오염된 미생물을 완전사멸시킬 수 있었으나, 18 ppm 농도의 8시간 오존처리는 높게 오염된 미생물을 완전사멸시키는데 불충분하였다. 지방산 조성의 변화에서도 10 kGy까지의 감마선 조사된 시료는 무처리 시료와 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 오존처리의 경우 불포화지방산의 감소와 포화지방산의 증가현상이 뚜렷하였다(P<0.05). 따라서 알로에와 화분분말의 위생화를 위한 살균처리 방법으로서 미생물 살균효과나 품질지표 성분으로 생각되는 지방산 조성 변화의 측면에서 볼 때, 감마선 조사가 오존처리에 비해 매우 효과적임을 알 수 있다.

문 헌

- Dickman, S.: *Compromise eludes EC. Nature*, **349**, 273 (1991)
- Uijl, C.H.: Beating the bugs. In *International Food Ingredients*, **3**, p.9 (1992)
- Evell, A.W.: Ozone and its application in food preservation. *Refring. Eng.*, **58**, 873 (1950)
- Naito, S., Okada, Y. and Sakai, T.: Studies on utilisation of ozone in food preservation. *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.*, **35**, 69 (1988)
- 김광연 : 식품산업에의 오존이용 (I). *식품기술*, **6**, 85 (1993)
- 김광연 : 식품산업에의 오존이용 (II). *식품기술*, **6**, 84 (1993)
- Nagashima, T.: Study on preservation of vegetables by ozone treatment. *Korean J. Post-Harvest. Sci. Technol. Agr. Products*, **2**, 209 (1995)
- Guinvarch, P.: Three years of ozone sterilization of water in Paris. In *Ozone Chemistry and Technology*, H.A. Leedy ed., *Advances in Chemistry Series*, No. 21, Am. Chem. Soc., Washington, D.C., p.416 (1959)
- Bean, E.L.: Ozone production and costs. In *Ozone Chemistry and Technology*, H.A. Leedy ed., *Advances in Chemistry Series*, No. 21, Am. Chem. Soc., Washington, D.C., p.430 (1959)
- O'Donvan, D.C.: Treatment with ozone, *J. Am. Water Works Assoc.*, **57**, 1167 (1965)
- Torricelli, A.: Sterilization of empty containers for food industry. In *Ozone Chemistry and Technology*, H.A. Leedy (Ed.), *Advances in Chemistry Series*, No. 21, Am. Chem. Soc., Washington, D.C., p.375 (1959)
- 변명우 : 방사선 조사 기술의 이용과 전망. *보사저어널 엠*, 통권25호 (97년 1월호), p.135 (1997)
- Rand, M.C., Greenberg, A.E. and Taras, M.J.: *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*, 14th ed., American Public Health Association, Washington, D.C. (1976)
- APHA: *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, Speck, M. (Ed.), American Public Health Association, Washington, D.C. (1976)
- Harrigan, W.F. and McCance, M.E.: *Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology*, Academic Press, London (1976)
- 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 (1966)
- 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 (1954)
18. SAS: *SAS/STAT Software: Changes and Enhancements, Release 6.10*. SAS Institute Inc., Cary, NC (1994)
19. 광이성, 노봉길, 장진규, 최강주 : 오존처리가 인삼분말에 오염시킨 미생물의 생육에 미치는 영향. *한국식품위생 · 안전성학회지*, **10**, 45 (1995)
20. 권오진, 박순연, 김광훈, 이현자, 변명우 : 신선초 분말에 오염시킨 미생물에 대한 감마선과 오존의 살균효과. *한국식품위생 · 안전성학회지*, **11**, 221 (1996)
21. 광이성, 최강주, 김나미 : 오존처리가 인삼분말의 지방산과 유기산 함량 및 향미특성에 미치는 영향. *한국식품위생 · 안전성학회지*, **11**, 51 (1996)

(1997년 3월 26일 접수)