

## 오존처리와 감마선 조사가 스피루리나와 다시마 분말의 품질특성에 미치는 영향

변명우 · 육홍선 · 권오진 · 조성기 · 이성희\*

한국원자력연구소 방사선식품공학연구실, 국립안성산업대학교 가정학과\*

### Effects of Ozone Treatment and Gamma Irradiation on the Quality Properties of Dried-Spirulina and Dried-Sea Tangle Powders

Myung-Woo Byun, Hong-Sun Yook, Oh-Jin Kwon, Sung-Kee Jo and Sung-Hee Lee\*

Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute

\*Department of Home Economics, National Anseong University

#### Abstract

For the purpose of improving hygienic quality of dried-spirulina and dried-sea tangle powders as raw materials of health food, the comparative effects of ozone treatment and gamma irradiation on the microbial and physicochemical properties were investigated. Gamma irradiation at 7.5 kGy resulted in sterilization of total aerobic bacteria, coliforms and molds below detective levels ( $<10^1$  CFU/g sample), while ozone treatment for 8 hr up to 18 ppm could not sufficiently eliminate the microorganisms of the samples. Physicochemical properties including compositions of fatty acid and amino acid, minerals, pH and natural pigments were not changed by gamma irradiation up to 10 kGy, whereas, ozone treatment caused changes in pH, TBA value, natural pigments and fatty acid compositions. Especially, ozone treatment markedly decreased unsaturated fatty acid of the samples.

Key words: Ozone treatment, gamma irradiation, spirulina, sea tangle

#### 서 론

국민생활 수준의 향상으로 칼로리 공급이 충분하고 양질의 단백질 섭취도 가능하게 되어 전통적 영양학적 관점에서의 식생활 문제는 해결된 수준으로 영양소의 부족이 문제가 아니라 일부에서는 오히려 영양소 과잉섭취와 불균형적인 영양섭취가 문제가 되고 있다. 또한 의료 서비스와 보건환경의 개선 및 국민들의 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라서 평균수명이 증대되어 고령화 현상이 일어나고 있으며, 이에 따른 질병의 양태도 달라지고 있어 소위 말하는 성인병 즉 암, 고혈압, 당뇨 등의 발병율이 매년 증가하고 있다<sup>(1)</sup>. 최근 성인병 예방과 치료를 하고자 하는 사람들은 이들 질병에 효과가 있을 것으로 믿어지는 건강식품에 대해 보다 많은 관심을 갖게 됨에 따라서 국내 건강보

조식품 산업은 매년 증가 추세에 있다. 이들 산업이 위생적이고 안전한 제품을 생산하기 위해서는 원료의 품질 균일화와 위생화로 년중 안정공급을 필요로 하게 되는데, 현재 이들 원료의 대부분을 수입에 의존하고 있으나 수확, 건조, 가공, 수송, 저장도중에 미생물이 높게 오염되어 있어서 살균처리 없이 가공원료로 사용할 때 완제품의 미생물적 품질에 악영향을 준다. 건강보조식품 가공원료들은 일반적으로 독특한 풍미와 색택을 갖는 분말로서 살균을 위한 가열처리는 풍미성분 및 색택의 변화와 분말의 응결현상에 의한 품질저하와 내열성균의 살균 불충분과 살균처리후 포장 등의 공정에서 2차오염의 가능성이 높아 부적당하다. 자외선 살균은 투과력이 약하여 외표면외의 미생물을 살균할 수 없고, microwave처리 역시 이들 원료의 수분함량이 대부분 낮기 때문에 살균효과가 불충분하다<sup>(2)</sup>. 따라서 국내에서는 1991년 이전까지는 ethylene oxide 훈증처리가 이용되었으나 환경공해, 건강장해, 유해물질 잔류 및 생성 등의 많은 문제점으로 사용이 금지된

Corresponding author: Myung-Woo Byun, Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute, Yusing, Taejon 305-353, Korea

이후 새로운 살균방법의 개발이 보건당국 및 산업계로부터 요구되고 있다. 식품산업에서 오존처리는 제조공정상의 미생물 제어, 유통과정에서의 신선도 유지, 곡류 및 두류 등의 식품원료의 잔류농약 분해 등에 사용할 수 있으며, 식품제조 용수중의 중금속 산화, 유기물의 분해 등에도 적용할 수 있다고 보고되며, 일본에서는 최근 오존사용이 각 산업분야에서 일반화되고 있는 추세이다. 국내에서는 액체식품의 살균을 위한 일부 연구에 사용되고 있으나 고체 및 분말류에 대한 연구는 거의 없다<sup>(6)</sup>. 또한 새로운 식품가공, 저장 및 위생화 방법으로 알려진 감마선 조사기술은 이용 대상 식품에 대한 생장억제, 속도조정, 저장수명 연장, 살충, 살균 및 건조식품의 물성 개선 등에 효과가 탁월하다는 것이 인정되고 있으며, 국제기구(FAO/IAEA/WHO, FDA)와 선진 여러나라에서 그 건전성과 경제성이 공인되어 현재 39개국에서 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 허가(1987, 1988, 1991, 1995)로 일부 식품들이 감마선 처리되고 있다<sup>(7)</sup>.

따라서 본 연구는 건강보조식품의 원료로 많이 사용되는 스피루리나와 다시마 분말을 대상으로 식품류의 새로운 살균, 살충 방법으로 알려진 오존처리와 감마선 조사와의 미생물 살균효과 및 살균을 위한 오존처리 농도와 감마선 조사선량에서의 이화학적 품질 특성을 비교시험하여 위생적 살균방법의 개발을 목적으로 하였다.

## 재료 및 방법

### 시료

본 실험에 사용된 스피루리나와 다시마 분말은 중국에서 수입된 것으로서 살균처리전 구입하였으며, 시료의 수분함량은 다시마 분말이  $7 \pm 0.5\%$ , 스피루리나 분말이  $6 \pm 0.5\%$  였다.

### 시료의 포장, 감마선 조사 및 오존처리

감마선 조사를 위한 시료의 포장은 접합포장재(Nylon 15  $\mu\text{m}$  / polyethylene 100  $\mu\text{m}$ ; 투습도: 4.7 g/m<sup>2</sup>/24 hr; 산소투과도: 22.5 cc/m<sup>2</sup>/24 hr)를 이용하여 200 g 단위로 합기포장하였다. 포장된 시료의 감마선 조사는 선원 10만 Ci의 <sup>60</sup>Co 조사시설을 이용, 시간당 1 kGy의 선량률로 2.5, 5, 7.5 및 10 kGy의 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량 확인은 ceric cerous do-

simeter를 사용하였다. 오존처리는 ozone generator (Omrom H2E-YD, Matsuno, Corporation, Japan)를 이용하였으며, 오존농도는 18 ppm, 공기압력은 0.5 kg/cm, 유속은 5 L/min로 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<sup>(8)</sup>에 따라 plate count agar (Difco, Lab.)를 사용하여 30 에서 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<sup>(8)</sup>.

### 이화학적 특성시험

pH 측정에는 각 시료 5 g에 탈이온수 50 mL를 가하여 30분간 진탕하고 원심분리(5,000 rpm, 20 min)하여 얻은 상층액을 pH meter를 사용하여 3회 반복 측정하였다.

각 시료의 살균처리 및 저장기간에 따른 지질산패의 정도를 알아보기 위한 TBA가는 Turner 등<sup>(9)</sup>의 방법에 따라 시료중의 malonaldehyde 함량을 spectrophotometer를 이용, 538 nm에서의 최대흡광치로 나타내었다.

각 시료중의 chlorophyll과 carotenoid 색소는 변 등<sup>(10)</sup>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, 이때 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

가수분해시켰다. 가수분해물은 Whatman filter paper No. 2와 membrane filter (0.45  $\mu\text{m}$ )로서 각각 여과한 다음 cartridge  $\text{C}_{18}$ 를 사용하여 유기산, 지방질, 색소 등을 제거한 후 아미노산 자동분석기로 분석하였다<sup>(11)</sup>.

지방산 분석은 분말시료를 원통여지(Whatman, 26 mm  $\times$  10 mm)에 넣고 diethyl ether를 가하여 Soxhlet 추출법으로 16시간 연속 추출한후 감압농축시켜 추출하였다. 추출된 조지방질을 Metcalf 등<sup>(12)</sup>의 방법으로 petroleum ether에 용해시켜 GLC로 분석하였다.

무기질 함량은 시료 일정량을 습식분해법<sup>(13)</sup>에 따라 전처리한 뒤 Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu, Zn는 원자흡광분석기를 사용하였고, P는 molybden blue 비색법<sup>(14)</sup>에 따라 정량하였다.

## 결과 및 고찰

### 미생물의 살균효과 비교

본 실험에 사용한 건강보조식품 원료인 다시마 분말과 스피루리나 분말의 초기 미생물 오염도는 총세균이  $9.2 \times 10^4 \sim 2.8 \times 10^5$  CFU/g, 곰팡이가  $10^2$  CFU/g 정도였고, 다시마 분말에서는 대장균도  $10^2$  CFU/g 정도 오염되어 있었다(Table 1). 이들 원료를 완제품의 1~10% 정도만 사용하더라도 이들 원료에서 발생할 수 있는 최종제품의 미생물 수준은  $10^3 \sim 10^4$  CFU/g 이상이 되므로 최종제품의 위생적 생산 및 품질관리를

위해서는 효과적인 살균처리가 바람직하다고 본다.

오존처리와 감마선 조사에 따른 이들 오염미생물의 살균효과는 Table 1과 같다. 감마선 조사의 선량에 따른 살균효과를 보면 호기성전세균의 경우 국제적으로 안전성이 공인된 10 kGy 선량 이하인 7.5 kGy 조사로서도 검출한계 이하로 사멸시킬 수 있었고, 초기오염도가 낮은 곰팡이와 대장균은 2.5 kGy의 낮은 선량 조사로도 검출한계 이하로 사멸이 가능하였다. 그러나, 오존처리의 경우 18 ppm의 오존농도로 4시간 처리시에는 호기성전세균은 물론 초기오염도가 낮은 곰팡이의 살균도 불충분하였으며, 8시간 처리후에도 호기성전세균이  $10^3$  CFU/g 이상으로 잔존하여 감마선 조사에 비해 살균처리 효과가 매우 낮음을 알 수 있다. 이는 광 등<sup>(15)</sup>의 인삼분말에 오염된 미생물 살균을 위한 오존처리 시험에서 높은 미생물 오염도는 오존 처리에 의해 살균효과가 불충분하였다는 보고와 유사한 경향을 나타내었다.

### pH 및 TBA가

살균처리에 따른 각 시료의 pH 변화는 다시마 분말의 경우 무처리군과 10 kGy까지의 감마선 조사군은 5.83~5.86 범위로 차이가 없었으나, 18 ppm의 오존으로 8시간 처리된 시료에서는 4.83으로 크게 감소되었다. 스피루리나 분말에서도 무처리군 및 감마선 조사군은 8.12~8.17 범위로 차이를 보이지 않았으나 오존처리군은 7.67로 감소됨을 알 수 있었다.

살균처리 및 저장기간에 따른 시료의 지방질 산패 정도를 알아보기 위해 TBA값을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 감마선 조사의 경우 두 시료 모두 무처리군과 비교했을 때 조사선량의 증가와 함께 TBA값이 다소 높게 나타났으나 7.5~10 kGy 조사군을 제외하고는

**Table 1. Effects of ozone and  $\gamma$ -ray treatments on microbial decontamination of dried-spirulina and dried-sea tangle powders** (unit: Colony forming unit/g sample)

Sample	Treatment	Microorganisms		
		Total aerobic bacteria	Molds	Coliforms
Spirulina	Control	$2.8 \times 10^5$	$8.5 \times 10^2$	$<10^1$
	2.5 kGy	$3.2 \times 10^4$	$<10^1$	$<10^1$
	5 kGy	$9.8 \times 10^2$	$<10^1$	$<10^1$
	7.5 kGy	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$
	10 kGy	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$
	O <sub>3</sub> -4 hr <sup>1)</sup>	$8.5 \times 10^4$	$3.4 \times 10^2$	$<10^1$
	O <sub>3</sub> -8 hr <sup>1)</sup>	$9.7 \times 10^3$	$<10^1$	$<10^1$
Sea tangle	Control	$9.2 \times 10^4$	$1.3 \times 10^3$	$2.1 \times 10^2$
	2.5 kGy	$1.1 \times 10^4$	$2.4 \times 10^2$	$<10^1$
	5 kGy	$5.7 \times 10^2$	$<10^1$	$<10^1$
	7.5 kGy	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$
	10 kGy	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$
	O <sub>3</sub> -4 hr	$2.7 \times 10^4$	$2.8 \times 10^2$	$<10^1$
	O <sub>3</sub> -8 hr	$1.3 \times 10^3$	$<10^1$	$<10^1$

<sup>1)</sup>Ozonized air with an ozone concentration of 18 ppm was sparged into the sample for 4 and 8 hr at an air flow rate of 5 L/min.

**Table 2. Effects of ozone and  $\gamma$ -ray treatments on the TBA value of dried-spirulina and dried-sea tangle powders during storage at ambient temperature** (unit: O.D. at 538 nm)

Treatment	Storage period (month)					
	0		3		6	
	S <sup>2)</sup>	ST <sup>2)</sup>	S	ST	S	ST
Control	0.237	0.451	0.245	0.489	0.260	0.497
2.5 kGy	0.236	0.460	0.248	0.501	0.262	0.502
5 kGy	0.264	0.489	0.251	0.519	0.283	0.529
7.5 kGy	0.269	0.544	0.259	0.563	0.296	0.581
10 kGy	0.274	0.567	0.270	0.604	0.308	0.618
O <sub>3</sub> -8 hr <sup>1)</sup>	0.451	2.505	0.527	2.683	0.573	2.834

<sup>1)</sup>Ozonised air with an ozone concentration of 18 ppm was sparged into the sample for 8 hr at an air flow rate of 5 L/min.

<sup>2)</sup>S: Spirulina, ST: Sea tangle.

차이를 보이지 않았다. 그러나 오존처리군의 경우에는 무처리군에 비해 다시마 분말은 약 2배 정도, 스피루리나 분말은 5배 정도의 높은 TBA값을 보여 지방질의 산패가 심하게 일어났음을 알 수 있었다. 저장기간에 따른 TBA값의 변화를 보면 두 시료에서 살균처리군이나 무처리군 모두 저장기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였고 저장기간에 따른 살균처리의 영향은 없었다.

#### 색소 및 Hunter 값

살균처리 및 저장기간에 따른 색소의 변화는 Table 3과 같다. chlorophyll 함량은 스피루리나와 다시마 분말 모두 감마선 조사선량의 증가와 더불어 다소 감소하는 경향으로 오염미생물 사멸선량인 7.5 kGy 조사군은 무처리군에 비해 스피루리나 분말이 약 3%, 다시마 분말은 약 8% 정도 감소하였다. 그러나 오존처리군에서는 스피루리나 분말이 약 5%, 다시마 분말은 약 30% 정도 감소하여 감마선 조사에 비해 chlorophyll의 산화가 크게 일어났음을 알 수 있다.

Carotenoid 함량의 살균처리에 따른 변화는 chlorophyll 함량의 경우와 동일한 경향을 보였고, 특히 다시마 분말에서 오존처리군은 약 46% 정도가 감소되었음을 알 수 있었다. 이러한 경향은 권 등<sup>(16)</sup>과 조 등<sup>(17)</sup>의 인삼 엽록차와 시금치 분말의 살균을 위한 감마선 조사와 ethylene oxide 훈증처리시 색소변화의 결과와 유사하였다. 저장기간에 따른 변화를 보면 두 색소 모

**Table 3. Effects of ozone and  $\gamma$ -ray treatments on the chlorophyll and carotenoid pigments of dried-spirulina and dried-sea tangle powders during storage at ambient temperature (Retention of pigments, %)**

Sample	Treatment	Storage period (month)					
		0		3		6	
		Chlo. <sup>2)</sup>	Caro. <sup>2)</sup>	Chlo.	Caro.	Chlo.	Caro.
Spirullina	Control	100	100	96.1	92.1	90.3	84.9
	2.5 kGy	99.5	100	95.6	91.5	90.6	85.2
	5 kGy	97.8	99.1	94.2	91.5	88.7	82.7
	7.5 kGy	96.7	98.5	92.8	90.3	87.3	81.8
	10 kGy	96.1	97.0	89.0	89.1	85.6	79.1
	O <sub>3</sub> -8 hr <sup>1)</sup>	94.8	86.4	87.9	76.7	80.8	69.7
Sea tangle	Control	100	100	95.9	87.2	84.3	71.8
	2.5 kGy	98.8	92.3	94.8	84.6	84.9	69.2
	5 kGy	95.4	76.9	94.8	69.2	83.1	61.5
	7.5 kGy	92.4	71.8	87.2	64.1	81.4	59.0
	10 kGy	90.7	64.1	85.5	59.0	79.7	51.3
	O <sub>3</sub> -8 hr	70.4	53.9	57.0	46.2	54.7	38.5

<sup>1)</sup>Ozonised air with an ozone concentration of 18 ppm was sparged into the sample for 8 hr at an air flow rate of 5 L/min.

<sup>2)</sup>Chlo.: Chlorophyll, Caro.: Carotenoid.

**Table 4. Effects of ozone and  $\gamma$ -ray treatments on the Hunter's color value of dried-spirulina and dried-sea tangle powders**

Sample	Treatment	Hunter's color value <sup>1)</sup>			
		L	a	b	$\Delta E$
Spirullina	Control	20.0	-5.9	4.7	0.0
	2.5 kGy	20.0	-5.9	4.7	0.0
	5 kGy	20.4	-7.1	5.2	1.3
	7.5 kGy	20.4	-7.1	5.2	1.3
	10 kGy	20.4	-7.1	5.2	1.3
	O <sub>3</sub> -8 hr <sup>2)</sup>	20.0	-7.3	4.7	1.3
Sea tangle	Control	53.3	-1.6	10.9	0.0
	2.5 kGy	53.3	-1.6	10.9	0.0
	5 kGy	53.8	-1.6	10.7	0.4
	7.5 kGy	53.6	-1.6	10.5	0.4
	10 kGy	54.1	-1.6	10.7	0.7
	O <sub>3</sub> -8 hr	58.4	-0.8	9.5	5.3

<sup>1)</sup>L: Degree of lightness (white+100  $\leftrightarrow$  0 black).

a: Degree of redness (red+100  $\leftrightarrow$  -80 green).

b: Degree of yellowness (yellow+70  $\leftrightarrow$  -80 blue).

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

<sup>2)</sup>Ozonised air with an ozone concentration of 18 ppm was sparged into the sample for 8 hr at an air flow rate of 5 L/min.

두 저장기간이 경과함에 따라 색소의 감소가 크게 일어났다. 또한 각 시료간 및 chlorophyll과 carotenoid간의 색소안정성을 보면 다시마 분말이 스피루리나 분말에 비해, carotenoid가 chlorophyll에 비해 살균처리 및 저장기간에 따른 영향을 더 크게 받았음을 알 수 있었다.

살균처리에 따른 시료의 외관적 색택 변화를 알아보기 위한 Hunter 값의 측정결과는 Table 4와 같다. 스피루리나 분말의 경우에는 시료전체가 매우 진한 녹색으로 살균처리에 따른 영향을 거의 보이지 않았다. 다시마 분말은 감마선 조사군에서는 10 kGy 조사군까지도 무처리군과 차이가 없었으나, 오존처리군에서는 탈색에 의한 명도 및 적색도 값의 증가와 황색도 값의 감소 현상을 나타내어 앞의 chlorophyll과 carotenoid 색소변화의 결과와 일치하였다.

#### 지방산, 아미노산 및 무기질

살균처리에 따른 조지방 함량과 지방산 조성의 변화는 Table 5와 같다. 스피루리나는 조지방 함량이 약 3.6% 수준이었고 8종의 지방산을 확인하였으며 palmitic acid,  $\gamma$ -linoleic acid, palmitoleic acid, linoleic acid의 순으로 높은 구성비를 나타내었다. 다시마 분말은 조지방 함량이 약 2.4% 정도로 낮았으며 12종의 지방산을 확인하였고 oleic acid, palmitic acid, myristic acid, dihomo- $\gamma$ -linoleic acid, linoleic acid 등의 순으로

**Table 5. Effects of ozone and  $\gamma$ -ray treatments on the fatty acid compositions of dried-spirullina and dried-sea tangle powders<sup>1)</sup>**

Fatty acid		Treatment					
		Control		10 kGy		O <sub>3</sub> -8 hr <sup>2)</sup>	
		S <sup>4)</sup>	ST <sup>4)</sup>	S	ST	S	ST
Crude lipid	(%)	3.68	2.40	3.69	2.41	3.57	2.32
Myristic	C <sub>14:0</sub>	-	9.90	-	11.67	-	21.27
Palmitic	C <sub>16:0</sub>	49.09	28.46	49.25	28.83	56.95	52.10
Palmitoleic	C <sub>16:1</sub>	7.49	3.34	7.79	3.46	5.74	2.12
Stearic	C <sub>18:0</sub>	1.36	2.79	1.40	2.90	3.59	4.84
Oleic	C <sub>18:1</sub>	0.81	31.99	0.88	32.04	0.47	10.84
Linoleic	C <sub>18:2</sub>	5.92	6.93	6.05	6.51	3.97	2.18
$\alpha$ -Linoleic	C <sub>18:3</sub>	-	3.57	-	3.19	-	2.44
$\gamma$ -linoleic	C <sub>18:3</sub>	34.74	2.20	36.00	1.83	28.88	0.59
Arachidic	C <sub>20:0</sub>	-	0.40	-	0.39	-	0.58
Gondoic	C <sub>20:1</sub>	-	0.39	-	0.37	-	0.67
	C <sub>20:2</sub>	0.28	-	0.30	-	0.20	-
Dihomo- $\gamma$ -linoleic	C <sub>20:3</sub>	0.31	7.11	0.33	6.28	0.20	1.60
Docosapentaenoic	C <sub>20:5</sub>	-	3.11	-	2.53	-	0.77
SFA <sup>3)</sup>		50.45	41.54	48.65	43.79	60.54	78.79
MUSFA <sup>3)</sup>		8.30	35.72	8.67	35.87	6.21	13.63
PUSFA <sup>3)</sup>		41.25	22.74	42.68	20.34	33.25	7.58

<sup>1)</sup>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.

<sup>2)</sup>Ozonised air with an ozone concentration of 18 ppm was sparged into the sample for 8 hr at an air flow rate of 5 L/min.

<sup>3)</sup>SFA: Total saturated fatty acids (14:0+16:0+18:0+20:0). MUSFA: Total monounsaturated fatty acids (16:1+18:1+20:1). PUSFA: Total polyunsaturated fatty acids (18:2+18:3+20:2+20:3+20:5).

<sup>4)</sup>S: Spirullina, ST: Sea tangle.

로 높은 구성비를 나타내었다. 살균처리에 따른 영향을 보면 두 시료 모두 10 kGy까지의 감마선 조사군은 무처리군과 지방산 조성에서 차이를 보이지 않았으나, 오존처리군에서는 불포화지방산들의 심한 감소와 상대적으로 포화지방산들의 증가현상이 뚜렷하였다. 스피루리나 분말과 다시마 분말의 무처리군과 감마선 조사군의 경우에는 포화지방산과 불포화지방산의 비가 약 1:1과 1:1.4 정도였으나, 오존처리군에서는 1:0.65와 1:0.26으로 불포화지방산의 구성비가 크게 감소되었음을 알 수 있었다. 이는 오존의 강력한 산화력에 의해 불포화지방산의 2중결합 파괴가 그 원인으로 생각되며 과 등<sup>(18)</sup>과 변 등<sup>(19)</sup>의 보고와도 잘 일치하였다.

Table 6은 살균처리에 따른 두 시료의 아미노산 조성을 나타낸 것으로서 15종의 아미노산을 분석하였으며 두 시료 모두 glutamic acid, aspartic acid, leucine, alanine이 높은 함량을 보였고 histidine과 methionine의 함량이 낮았다. 살균처리에 따른 영향은 감마선 조사군이나 오존처리군 모두 무처리군과 차이가 없었다. 일반적으로 아미노산 중 황황아미노산 즉 sulfhydryl과 disulfide기는 방사선 조사에 의해 쉽게 영향을 받는다고 보고되고 있으나<sup>(20)</sup> 본 실험에서 methionine의 함량 변화는 없었고, 식품의 종류와 특히 식품의

**Table 6. Effects of ozone and  $\gamma$ -ray treatments on the total amino acids of dried-spirullina and dried-sea tangle powders<sup>1)</sup>**

Amino acid	Treatment					
	Control		10 kGy		O <sub>3</sub> -8 hr <sup>2)</sup>	
	S <sup>3)</sup>	ST <sup>3)</sup>	S	ST	S	ST
Aspartic acid	6.259	1.079	6.301	1.089	6.258	1.106
Glutamic acid	9.545	1.599	9.535	1.612	9.547	1.654
Histidine	0.924	0.109	0.931	0.095	0.948	0.092
Serine	2.979	0.284	2.982	0.291	2.990	0.293
Arginine	4.546	0.291	4.556	0.303	4.570	0.293
Glycine	3.143	0.386	3.124	0.387	3.204	0.377
Threonine	2.971	0.280	2.952	0.290	2.997	0.288
Alanine	4.610	0.460	4.528	0.468	4.506	0.466
Tyrosine	2.595	0.189	2.596	0.193	2.599	0.182
Methionine	0.821	0.149	0.825	0.146	0.809	0.140
Valine	3.761	0.327	3.740	0.328	3.783	0.325
Phenylalanine	2.697	0.305	2.690	0.303	2.615	0.306
Isoleucine	3.423	0.261	3.409	0.261	3.412	0.258
Leucine	5.223	0.469	5.243	0.470	5.298	0.460
Lysine	3.107	0.365	3.124	0.361	3.116	0.325
Total	56.604	6.553	56.536	6.597	56.652	6.565

<sup>1)</sup>Total amino acids were analyzed immediately after ozone and  $\gamma$ -ray treatment, and each value is the average of triplicate determinations and expressed as g/100 g dry basis.

<sup>2)</sup>Ozonised air with an ozone concentration of 18 ppm was sparged into the sample for 8 hr at an air flow rate of 5 L/min.

<sup>3)</sup>S: Spirullina, ST: Sea tangle.

**Table 7. Effects of ozone and  $\gamma$ -ray treatments on the selected minerals of dried-spirulina and dried-sea tangle powders<sup>1)</sup>** (unit: mg/100 g)

Mineral	Treatment					
	Spirulina			Sea tangle		
	Control	10 kGy	O <sub>3</sub> -8 hr <sup>2)</sup>	Control	10 kGy	O <sub>3</sub> -8 hr
Aluminium	38.0	38.5	38.0	15.5	16.0	15.7
Boron	18.5	18.0	18.3	34.2	34.0	34.0
Calcium	240.0	238.0	242.0	865.0	870.0	865.0
Copper	0.4	0.4	0.4	0.1	0.1	0.1
Iron	44.5	45.0	44.2	15.0	15.0	15.0
Potassium	820.0	815.0	818.0	6340.0	6335.0	6330.0
Magnesium	280.0	280.0	275.0	685.0	680.0	690.0
Manganese	3.0	3.0	3.0	0.8	0.8	0.8
Nickel	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3
Phosphorus	815.0	820.0	818.0	145.0	150.0	150.0
Zinc	5.8	6.0	6.0	2.0	2.0	2.0

<sup>1)</sup>Minerals were analyzed using a AA immediately after ozone and  $\gamma$ -ray treatment, and each value is the average of triplicate experiments.

<sup>2)</sup>Ozonised air with an ozone concentration of 18 ppm was sparged into the sample for 8 hr at an air flow rate of 5 L/min.

수분함량에 따라서도 방사선 조사 영향이 다르며<sup>(21,23)</sup> 본 실험에 사용된 시료는 수분함량이 매우 낮아 방사선 조사 영향을 거의 받지 않은 것으로 생각된다.

살균처리에 따른 무기질 조성의 변화는 Table 7과 같다. 11종의 원소가 분석되었으며 스피루리나는 K, P, Mg, Ca의 순으로, 다시마 분말은 K, Ca, Mg, P의 순으로 높은 함량을 보였고, 두 시료 모두 미량원소인 Fe, B, Al, Mn, Zn 등도 상당량 함유되었으며, Cu와 Ni이 가장 낮은 함량을 보였다. 감마선 조사와 오존처리에 의한 무기질 조성의 변화는 무처리군과 차이를 나타내지 않았으며, 일반적으로 무기질 성분은 방사선 조사나 오존처리에 매우 안정한 것으로 보고되고 있다<sup>(24)</sup>.

## 요 약

건강보조식품 가공원료인 스피루리나와 다시마 분말의 위생화를 위한 오존처리 및 감마선 조사가 오염 미생물의 살균효과 및 이화학적 품질특성에 미치는 영향을 조사하였다. 미생물 살균효과에서 7.5 kGy 선량의 감마선 조사는 대장균군, 곰팡이, 호기성 전세균을 검출한계 이하로 사멸시켰으나, 오존처리(18 ppm 농도, 8시간 처리)는 높게 오염된 미생물을 사멸시키는데 불충분하였다. 이화학적 품질특성에서 10 kGy까지 감마선 조사된 시료의 pH, 색도, 아미노산 및 지방산 조성은 무처리 대조시료와 차이를 보이지 않았으나, 오존처리된 시료에서는 pH, 색소 및 TBA값의 변화와 특히 지방산 조성에서 불포화 지방산의 심한 감

소현상을 나타내었다. 따라서 신선초 분말의 위생화를 위한 살균처리 방법으로서 감마선 조사가 오존처리에 비해 효과적임을 알 수 있었다.

## 문 헌

1. 露木英男: 食品の本質と機能を考える-健康と關聯して-, *New Food Industry*, **36**, 31 (1994)
2. 변명우: 향신료의 방사선 조사 살균. *한국식품과학회지*, **17**, 311 (1985)
3. 김광연: 식품산업에의 오존이용 (I). *식품기술*, **6**, 85 (1993)
4. 김광연: 식품산업에의 오존이용 (II). *식품기술*, **6**, 84 (1993)
5. Nagashima, T.: Study on preservation of vegetables by ozone treatment. *Korean J. Post-Harvest. Sci. Technol. Agr. Products*, **2**, 209 (1995)
6. 변명우: 식품의 방사선조사 연구 및 실용화. *원자력산업*, **15**, 66 (1995)
7. 변명우: 식품산업에서 방사선 조사기술의 이용과 전망. *식품과학과 산업*, **30**, 89 (1997)
8. APHA: *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, M. Speck (ed.), American Public Health Association, Washington, D.C. (1976)
9. 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)
10. 변재량, 박영호, 이강호: 양식미역의 품질요인과 그 가공. *한국수산학회지*, **10**, 125 (1977)
11. Hitachi Inc.: *Instrumental manual of amino acid analyzer (Model 835)* (1986)
12. 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)

13. Osborne, D.R., and Voegt, P.: The analysis of nutrients in foods, Academic Press Inc. London (1981)
14. Kohara: *Handbook of Food Analysis*, Kanpakusha, Japan (1977)
15. 박이성, 노봉길, 장진규, 최강주 : 오존처리가 인삼분말에 오염시킨 미생물의 생육에 미치는 영향. 한국식품위생·안전성학회지, **10**, 45 (1995)
16. 권중호, 변명우, 김영희, 이수정, 조한옥 : 인삼엽록차의 살균처리에 따른 이화학적 특성 변화. 한국식품위생학회지, **6**, 49 (1991)
17. 조한옥, 권중호, 변명우, 김석원, 양재승 : 방사선에 의한 식품저장 연구. 한국원자력연구소 연구보고서, KAERI/RR-523/86, p.170 (1986)
18. 박이성, 최강주, 김나미 : 오존처리가 인삼분말의 지방산과 유기산 함량 및 향미특성에 미치는 영향. 한국식품위생·안전성학회지, **11**, 51 (1996)
19. Byun, M.W., Yook, H.S. and Kwon, O.J.: Comparative effects of gamma irradiation and ozone treatment on hygienic quality of aloe powders. *Int. J. Food Sci and Technol.*, **32**(3), In press (1997)
20. Lee, C.C.: Electron para magnetic resonance (EPR) and baking studies on gamma irradiated flour. *Cereal Chem.*, **39**, 147 (1962)
21. Moran, E.T. Jr., Sumner, J.D. and Bayley, H.S.: Effect of Co-60 gamma irradiation on the utilization of energy, protein and phosphorous from wheat bran by the chicken. *Cereal Chem.*, **45**, 469 (1968)
22. Nene, S.P., Vakil, U.K. and Sreenivasan, A.: Effect of gamma irradiation on Red Gram (*Cajanus Cajan*) proteins. *J. Food Sci.*, **40**, 815 (1975)
23. Byun, M.W., Kang, I.J., Hayashi, Y., Matsumura, Y. and Mori, T.: Effect of  $\gamma$ -irradiation on soya bean proteins. *J. Sci. Food Agric.*, **66**, 55 (1994)
24. Urbain, W.M.: *Food Irradiation*, Academic Press, New York, p.273 (1986)

---

(1997년 5월 3일 접수)