

비가열 원료 함유 녹즙의 위생화를 위한 감마선 조사

권상철¹ · 조철훈² · 이경행^{3*}

¹㈜참선진종합식품

²충남대학교 동물자원생명과학 전공

³충주대학교 식품생명공학부

Gamma Irradiation for Sanitation of Vegetable Fresh Juice Containing Non-thermal Process Materials

Sang-Chul Kwon¹, Cheorun Jo², and Kyung-Haeng Lee^{3*}

¹Chamsunjin Food Co. Ltd., Chungbuk 365-801, Korea

²Dept. of Animal Science & Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

³Division of Food and Biotechnology, Chungju National University, Chungbuk 368-701, Korea

Abstract

To improve hygienic quality of vegetable fresh juice containing non-thermal process materials, an irradiation technology (0~5 kGy) was applied and microbiological and physicochemical changes were evaluated during storage. The initial number of total aerobic bacteria of vegetable fresh juice containing non-thermal process materials was 4.8×10^3 CFU/mL and the number was increased during storage. At day 7, the number reached 3.0×10^5 CFU/mL. However, the samples gamma-irradiated at 1~5 kGy were $1.2 \times 10^2 \sim 1.0 \times 10^3$ CFU/mL, which was lower than that of control and higher than 3 kGy irradiation, showing more than a decimal reduction. The lightness and yellowness of irradiated sample was higher than control but no difference was found among storage days; whereas, redness was decreased by gamma irradiation with no difference found among storage days. Ascorbic acid and carotenoid contents were decreased by irradiation treatment and increase of storage days. There were no changes in flavonoid contents; however, the content of polyphenols was increased by irradiation of sample.

Key words: vegetable fresh juice, gamma irradiation, sanitation, microbiological change, physicochemical change

서 론

최근 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 섭취하는 식품을 통하여 질병을 예방할 수 있는 기능성식품 및 기능성식품 소재 가공기술 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 가운데 녹황색 채소는 β -carotene, ascorbic acid, tocopherol 등의 vitamin류와 각종 polyphenol 화합물들이 다량 함유되어 있으며 이들 성분들은 노화방지, 발암억제, 각종 성인병의 원인이 되는 free radical을 효과적으로 억제하는 것으로 알려져 있다(1-4).

최근 들어 이와 같이 생리활성을 가진 녹황색 채소를 가열하지 않고 세척 후 잘게 절단하여 빵아서 즙으로 만든 녹즙을 애용하고 있다. 녹즙은 본래 녹황색 채소가 갖는 영양소가 체내에서 쉽게 소화 흡수될 수 있도록 제조한 것이라 할 수 있다(5).

녹즙은 현재 가열제품과 비가열 제품으로 나누어지며 비가열 제품은 제조과정 중에 비가열 원료의 사용여부에 따라

서 제품이 비가열 함유제품 또는 비가열 제품으로 나누어지는데, 비가열 제품은 원료를 정선 및 세척하여 착즙 제조한 것으로서 신립초 100%, 당근생즙 100% 등이 여기에 해당되며, 비가열 함유제품은 비가열 원료가 함유된 것으로 예를 들면, 명일엽 생즙에 농축과즙과 같은 제조과정 중 가열살균 처리된 원료가 함유된 경우를 말한다. 비가열 원료 함유제품도 비가열 제품과 동일하게 냉장 유통하여야 하며, 유통기한 또한 매우 짧아 짧게는 하루에서 최대 4일까지로 정하고 있는 실정으로 대량생산에도 많은 제한을 받고 있다.

이와 같이 비가열 원료 함유 녹즙제품의 유통기한 연장을 위한 열처리 불가능하기 때문에 이를 해결할 수 있는 새로운 살균방법의 개발이 요구되고 있으나 전기장, 자기장, 초단파 및 초고압 등(6,7)의 비가열 살균방법은 녹즙의 관능적 품질저하 및 설비비용 등 때문에 실용화 되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 생리활성을 지닌 녹즙 중 우선 비가열 원료 함유 녹즙제품의 위생화를 위하여 비가열 살균기술

*Corresponding author. E-mail: leekh@cjnu.ac.kr
Phone: 82-43-820-5334, Fax: 82-43-820-5272

중의 하나인 감마선을 조사하고 저장기간에 따른 미생물학적 및 이화학적 변화를 측정하였다.

재료 및 방법

원료

본 시험에 사용한 비가열 혼합 녹즙의 원료는 석류(5.8 Brix) 55%와 당근생즙(9.0 Brix) 25%, 배농축 과즙(69.0 Brix) 7%, 비트 생즙(9.0 Brix) 3.5%를 혼합한 제품으로 충북 진천군 ㈜참선진종합식품으로부터 공급받아 원료로 사용하였다.

감마선 조사

비가열 원료 함유 녹즙을 0.1 mm의 polyethylene 필름에 넣어 밀봉포장하고 선원 10만 Ci, Co-60 감마선 조사시설을 이용하여 실온에서 분당 70 Gy의 선량율로 각각 1, 3, 5 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하여 감마선을 조사하고 7일 동안 저장하면서 저장기간에 따른 미생물학적 및 이화학적 변화를 측정하였다.

총균수 측정

비가열 원료 함유 녹즙을 0~5 kGy의 선량으로 감마선을 조사한 후 저장하면서 저장기간에 따른 미생물균수의 변화를 측정하기 위하여 무균적으로 채취한 시료 20 mL에 0.9% 생리식염수를 붓고 균질화 시키고 10배 희석법으로 희석하였다. 총균수의 측정은 plate count agar(Difco Lab., Detroit, MI)를 사용하였으며 시료 1 mL당 colony forming unit (CFU/mL)로 나타내었다(8).

색상변화

비가열 살균방법인 감마선 조사를 이용하여 비가열 원료 함유 녹즙을 살균하고 색도 변화를 측정하였다. 즉 각각의 살균처리한 시료 5 mL를 petri dish(5×5 cm)에 넣고 색도색차계(model CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 L*(lightness), a*(redness) 및 b*(yellowness)값을 측정하였으며 시료 간 편차를 줄이기 위하여 시료당 5회 이상의 반복 시험을 하여 색도의 변화 정도를 측정하였다.

Ascorbic acid 함량 변화

비가열 원료 함유 녹즙을 감마선 조사한 후 저장기간에 따른 ascorbic acid의 함량을 Park 등(9)의 방법에 따라 측정하였다. 즉 시료 0.2 mL에 10% TCA 용액 0.8 mL를 넣고 3,000 rpm에서 5분 동안 원심분리하고 상등액 0.5 mL, 증류수 1.5 mL 및 10% folic phenol reagent 0.2 mL를 넣고 혼합한 후 실온에서 10분간 방치하고 760 nm에서 흡광도를 측정하여 ascorbic acid의 함량을 측정하였다. 표준물질로는 L-ascorbic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)로 하여 standard curve에 대입하여 계산하였다.

Flavonoid 함량 변화

감마선 조사에 의하여 살균처리한 비가열 원료 함유 녹즙의 저장기간에 따른 총 플라보노이드 함량 변화는 Moreno 등(10)의 방법에 의해 측정하였다. 즉 시료 0.1 mL에 80% ethanol 0.9 mL를 가하여 이 혼합액 0.5 mL에 10% aluminium nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 80% ethanol 4.3 mL를 각각 가하였다. 위 반응액을 상온에서 40분간 방치한 후 415 nm에서 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질로는 quercetin(Sigma Chemical Co.)을 0.03%로 희석하여 함량을 standard curve에 대입하여 계산하였다.

총 폴리페놀 함량

감마선 조사에 의하여 비가열 원료 함유 녹즙을 살균처리하고 저장기간별로 녹즙내 polyphenol 화합물의 함량을 AOAC법(11)에 의하여 측정하였다. 즉 polyphenol 화합물의 함량은 시료 1 mL에 0.5 mL의 Folin-Denis 시약과 1 mL의 포화 Na₂CO₃용액, 7.5 mL의 증류수를 차례로 혼합하여 30분 경과한 뒤 760 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 gallic acid(Sigma)를 사용하였다.

Carotenoid 함량

비가열 원료 함유 녹즙의 위생화를 위하여 감마선을 조사하고 저장기간별로 carotenoid의 함량을 Dere 등(12)의 방법에 따라 측정하였다. 즉 녹즙 1 mL에 methanol 49 mL를 넣고 정확히 2분간 진탕하고 무수 Na₂SO₄로 탈수한 후 여과하여 UV spectrophotometer(Secoman, Domont, France)로 측정한 후 다음 식에 의해서 계산하였다.

$$\text{Chlorophyll a} = 15.65 \times A_{666} - 7.340 \times A_{653}$$

$$\text{Chlorophyll b} = 27.05 \times A_{653} - 11.21 \times A_{666}$$

$$\text{Total carotenoid} = 1000 \times A_{470} - 2.860 \times \text{Chlorophyll a} - 129.2 \times \text{chlorophyll b}/245$$

통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS 14.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 각 실험구간의 유의성을 검증한 후 Duncan's multiple range test에 의해 실험구간의 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

총균수의 변화

비가열 원료 함유 녹즙제품의 유통기한 연장을 위하여 저온살균기술 중의 하나인 감마선 조사 기술(0~5 kGy)을 이용하여 제품을 위생화하고 저장기간에 따른 총균수의 변화를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다.

비가열 원료 함유 녹즙제품의 초기 균수는 4.8×10^3 CFU/mL의 균수를 보였으며 저장기간이 증가할수록 균수는 증가하였으며 저장 7일에는 3.0×10^5 CFU/mL를 나타내

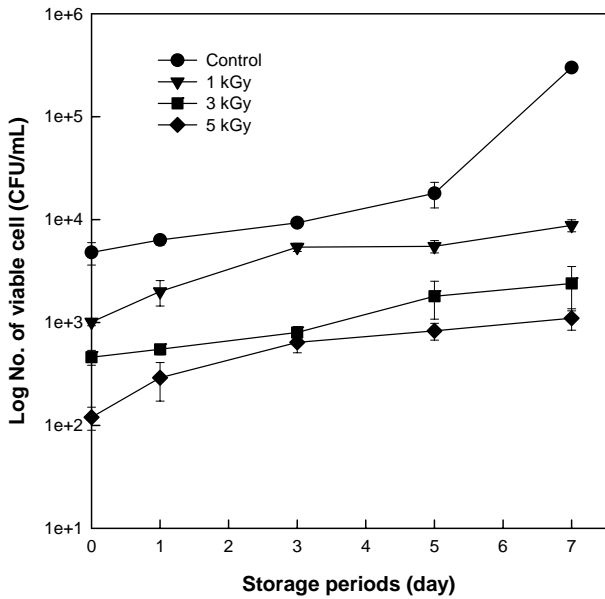


Fig. 1. Effect of gamma irradiation on the growth of total bacteria of vegetable fresh juice containing non-thermal process material during storage at 4°C.

어 식품공전에서 제시한 기준인 10^5 CFU/g보다 높은 균수를 보여 비교적 짧은 유통기한임을 알 수 있었다. 그러나 1~5 kGy의 감마선을 조사한 경우에는 조사 직후 $1.2 \times 10^2 \sim 1.0 \times 10^3$ CFU/mL로 대조군에 비하여 낮은 균수를 보였으며 특히 3 kGy 이상의 감마선 조사 시에는 1 log cycle 이상의 균수 감소를 보였으며 저장기간 내내 대조군에 비하여 낮은 균수를 보이는 것으로 나타나 제조공정 중 균수를 쉽게 제거하기 힘든 비가열 원료 함유 농축제품의 위생화를 위하여 감마선 조사와 같은 비가열 살균기술을 이용하는 것이 필요할 것으로 판단되었다.

Kim 등(13)은 비가열 농축제품의 경우, 제조 직후 초기

균수는 10^7 CFU/mL이었으며 감마선 조사에 의하여 1~4 log cycle 정도의 감소를 보였고 저장기간 내내 대조군에 비하여 낮은 균수를 유지하였다고 하여 본 실험결과와 감소 폭은 다르지만 경향은 일치하는 것으로 사료되었다.

색상 변화

비가열 원료 함유 농축을 감마선 조사하고 저장하는 동안 저장기간에 따른 색상 변화를 측정된 결과는 Table 1과 같다. 대조군의 경우 lightness가 32.20정도이었으나 감마선 조사에 의하여 lightness가 유의적으로 증가하였으며 조사선량이 증가할수록 더욱 밝아지는 것을 알 수 있었다. 저장기간에 따른 lightness의 변화는 대조군 및 1, 3 kGy는 대체적으로 증가하는 경향이었으나 5 kGy의 경우에는 저장 0일차에 가장 높은 값을 보였고 저장기간에는 감소하였다가 증가하는 경향이었으며 대체적으로 저장기간에 따른 차이보다는 초기 조사선량과 관련이 있는 것을 알 수 있었다.

Redness의 경우에는 대조군의 경우에는 11.16이었으며 감마선을 조사한 경우에는 11.32~9.66으로 1 kGy 조사군을 제외하고는 감마선 조사에 의하여 redness는 감소하는 것으로 나타났다. 또한 저장기간에 따른 redness의 변화는 저장기간이 증가할수록 대조군 및 감마선 조사군 모두 대체적으로 서서히 감소하는 경향이였다.

Yellowness의 경우, redness와 달리 대조군은 3.80으로 다른 실험군에 비하여 가장 낮은 값을 나타내었고 조사선량이 증가할수록 증가하여 5 kGy의 경우에는 7.45로 가장 많은 변화를 가져오는 것으로 나타났다. 저장기간에 따른 yellowness의 변화는 대조군의 경우 대체적으로 감소하는 경향이였으나 1, 3 kGy의 경우에는 대조군과 달리 저장기간에 따라 서서히 증가하는 경향이였다. 한편 5 kGy 감마선 조사군은 저장기간이 증가함에 따라 대조군과 마찬가지로 서서히 감소하는 경향으로 이들 결과들에 대하여 종합하여 보면

Table 1. Effects of gamma irradiation on Hunter's color values of vegetable fresh juice containing non-thermal process material during storage at 4°C

Treatment	Storage period (day)					
	0	1	3	5	7	
L ^{*1)}	Control	32.20 ± 0.02 ^{dAB4)}	32.15 ± 0.02 ^{dAB}	32.15 ± 0.02 ^{dAB}	32.12 ± 0.03 ^{dB}	32.22 ± 0.08 ^{dA}
	1 kGy	32.82 ± 0.02 ^{cD}	32.81 ± 0.04 ^{cD}	32.98 ± 0.01 ^{cB}	32.92 ± 0.06 ^{cC}	33.22 ± 0.01 ^{cA}
	3 kGy	33.87 ± 0.02 ^{bC}	33.82 ± 0.02 ^{bC}	34.06 ± 0.02 ^{bB}	34.03 ± 0.06 ^{bB}	34.33 ± 0.15 ^{bA}
	5 kGy	35.78 ± 0.02 ^{aA}	35.58 ± 0.05 ^{aB}	35.38 ± 0.04 ^{aC}	35.74 ± 0.12 ^{aAB}	35.60 ± 0.14 ^{aB}
a ^{*2)}	Control	11.16 ± 0.05 ^{bA}	10.98 ± 0.01 ^{aB}	10.91 ± 0.03 ^{bB}	10.69 ± 0.06 ^{aD}	10.84 ± 0.03 ^{aC}
	1 kGy	11.32 ± 0.12 ^{aA}	10.91 ± 0.04 ^{bC}	11.15 ± 0.04 ^{aB}	10.69 ± 0.03 ^{aD}	10.79 ± 0.03 ^{aD}
	3 kGy	11.09 ± 0.06 ^{bA}	10.82 ± 0.02 ^{bC}	10.62 ± 0.03 ^{cC}	10.52 ± 0.09 ^{bC}	10.19 ± 0.06 ^{bD}
	5 kGy	9.66 ± 0.05 ^{cB}	9.85 ± 0.05 ^{dA}	9.83 ± 0.01 ^{dA}	9.16 ± 0.06 ^{cD}	9.28 ± 0.03 ^{cC}
b ^{*3)}	Control	3.80 ± 0.02 ^{dA}	3.75 ± 0.01 ^{aB}	3.70 ± 0.03 ^{dC}	3.66 ± 0.02 ^{dC}	3.79 ± 0.03 ^{dAB}
	1 kGy	4.35 ± 0.04 ^{cC}	4.28 ± 0.03 ^{cD}	4.47 ± 0.02 ^{cB}	4.43 ± 0.03 ^{cB}	4.58 ± 0.04 ^{cA}
	3 kGy	5.39 ± 0.03 ^{bC}	5.33 ± 0.03 ^{bC}	5.54 ± 0.02 ^{bB}	5.52 ± 0.08 ^{bB}	5.77 ± 0.05 ^{bA}
	5 kGy	7.45 ± 0.04 ^{aA}	7.05 ± 0.03 ^{aC}	6.82 ± 0.03 ^{aD}	7.19 ± 0.05 ^{aB}	7.02 ± 0.06 ^{aC}

¹⁾L* value: 0 black, 100 white.

²⁾a* value: + red, - green.

³⁾b* value: + yellow, - blue.

⁴⁾Values with different superscripts within the same a column (a-d) and a row (A-D) were significantly different (p<0.05).

Table 2. Effects of gamma irradiation on the total ascorbic acid concentration of vegetable fresh juice containing non-thermal process material during storage at 4°C

Treatment	Storage period (day)				
	0	1	3	5	7
Control	23.20±0.52 ^{aA1)}	19.41±0.36 ^{bB}	18.73±0.45 ^{aB}	19.23±0.49 ^{bB}	17.53±0.36 ^{bC}
1 kGy	22.05±0.50 ^{abA}	18.94±0.28 ^{bBC}	18.24±0.40 ^{aC}	19.67±0.33 ^{bB}	17.03±0.40 ^{bD}
3 kGy	22.01±0.24 ^{abA}	21.00±0.56 ^{aAB}	18.28±0.26 ^{aC}	20.38±0.57 ^{abB}	17.62±0.33 ^{abC}
5 kGy	21.59±0.62 ^{ba}	21.84±0.49 ^{aA}	18.66±0.45 ^{aB}	21.44±0.34 ^{aA}	18.66±0.47 ^{aB}

¹⁾Values with different superscripts within the same a column (a,b) and a row (A-D) were significantly different (p<0.05).

비가열 원료 함유 녹즙 제품에의 감마선 조사는 저장에 따른 차이보다는 감마선 조사에 의한 차이가 더 큰 것으로 사료되며 감마선 조사에 의하여 색상변화는 어느 정도 있음을 알 수 있었다.

Kwon 등(14)은 소목추출물을 감마선 조사한 결과 lightness와 yellowness는 증가하고 redness는 감소한다고 하였으며 Lee 등(15)도 유지 모델 시스템에서의 chlorophyll 제거를 위한 감마선 조사 시 lightness와 yellowness는 증가하고 redness는 감소한다고 하여 본 결과와 일치하는 경향이였다.

Ascorbic acid 함량 변화

비가열 원료 함유 녹즙을 감마선 조사하고 저장기간에 따른 ascorbic acid의 함량 변화를 측정 한 결과는 Table 2와 같다. 감마선을 조사하지 않은 대조군의 경우에는 ascorbic acid의 함량이 23.20 mg%였으며 감마선을 조사한 경우에는 21.59~22.05 mg%로 조사선량이 증가할수록 ascorbic acid의 함량은 다소 감소하는 것으로 나타났다.

저장기간에 따른 ascorbic acid의 함량 변화는 대조군의 경우, 저장기간이 증가할수록 감소하여 저장 7일째에는 17.53 mg%로 가장 낮은 함량을 나타내었으며 1~5 kGy의 감마선 조사군도 저장기간이 증가할수록 감소하는 것으로 나타나 비가열 원료 함유 녹즙제품의 ascorbic acid의 함량은 감마선 조사에 의하여 약간 감소하게 되고 저장기간이 증가할수록 감소하는 것을 알 수 있었다.

Kim 등(13)은 감마선 조사된 녹즙의 ascorbic acid의 함량이 증가하였고 이와 같은 증가는 녹즙 잔사 조직이 감마선 조사에 의하여 연화되기 때문에 증가되었다고 하였으나 본 결과에서와는 상반된 결과인 것으로 나타났다. 한편 Byun 등(16)은 가공과정 중 ascorbic acid 수용액을 1~10 kGy의 선량으로 감마선을 조사한 결과, ascorbic acid의 함량이 27.4~44.9% 정도 감소한다고 하여 본 결과와 일치하였으나

본 결과에서는 파괴정도가 많지는 않은 것으로 나타났다.

Flavonoid 함량 변화

비가열 원료 함유 녹즙을 완포장하고 감마선 조사한 후 저장기간에 따른 flavonoid의 함량 변화를 측정 한 결과는 Table 3과 같다.

감마선을 조사하지 않은 대조군의 flavonoid 함량은 9.46 mg%이었으며 감마선을 조사한 경우에는 9.85~11.43 mg%로 대조군과 유의적인 차이가 없어 감마선 조사에 의한 flavonoid의 함량 변화에는 영향이 없는 것으로 사료되었다.

저장기간에 따른 flavonoid의 변화를 살펴보면 저장 0일 차에는 9.46~11.43 mg%이었으나 저장 7일차에는 10.78~13.45 mg%로 대조군 및 감마선 조사군 모두 약간씩 증가하는 경향으로 ascorbic acid와 달리 파괴되지 않는 것으로 사료되었다. 이와 같이 저장기간이 증가함에 따라 약간의 flavonoid의 함량이 증가한 이유는 녹즙의 잔사내 flavonoid가 수용액 증으로 유출되기 때문에 약간 증가된 것으로 사료되었다.

총 폴리페놀 함량 변화

비가열 원료 함유 녹즙을 감마선 조사하고 저장기간에 따른 총 폴리페놀 화합물의 함량 변화를 측정 한 결과는 Table 4와 같다.

대조군의 경우 저장 0일에 0.12 mg/mL이었으나 감마선 조사군의 경우에는 대조군보다는 많은 함량이었으며 5 kGy의 경우에는 0.15 mg/mL로 가장 많은 함량을 나타내었다. Byun 등(17) 및 Kim 등(13)은 천연물에 감마선을 조사할 경우 천연물 조직 연화로 추출 시 유효성분의 수율이 증가한다고 보고하여 본 결과와 유사한 것으로 사료되었다.

한편 비가열 원료 함유 녹즙에 존재하는 폴리페놀화합물의 저장기간에 따른 함량은 대조군 및 감마선 조사군 모두

Table 3. Effects of gamma irradiation on the total flavonoid concentration of vegetable fresh juice containing non-thermal process material during storage at 4°C

Treatment	Storage period (day)				
	0	1	3	5	7
Control	9.46±1.30 ^{aB1)}	8.86±1.24 ^{aB}	10.25±1.15 ^{aAB}	11.40±0.53 ^{aAB}	12.16±0.41 ^{abA}
1 kGy	10.58±1.32 ^{aA}	11.18±1.04 ^{aA}	11.46±0.84 ^{aA}	12.32±0.66 ^{aA}	12.04±0.26 ^{abA}
3 kGy	11.43±0.30 ^{aAB}	9.41±0.71 ^{ab}	9.55±0.69 ^{ab}	11.20±1.36 ^{aAB}	13.45±1.44 ^{aA}
5 kGy	9.85±0.59 ^{aBC}	8.59±0.74 ^{aC}	11.52±0.23 ^{aA}	10.49±0.99 ^{aAB}	10.78±0.05 ^{abAB}

¹⁾Values with different superscripts within the same a column (a,b) and a row (A-C) were significantly different (p<0.05).

Table 4. Effects of gamma irradiation on the total polyphenol concentration of vegetable fresh juice containing non-thermal process material during storage at 4°C (µg/mL)

Treatment	Storage period (day)				
	0	1	3	5	7
0 kGy	130.20±8.39 ^{a1)}	132.29±7.65 ^a	129.59±7.04 ^b	123.98±7.87 ^a	130.14±6.27 ^a
1 kGy	136.63±6.21 ^a	124.02±7.84 ^a	135.05±5.95 ^{ab}	122.36±8.78 ^a	132.75±5.90 ^a
3 kGy	138.97±6.85 ^a	133.23±9.00 ^a	142.14±5.28 ^{ab}	130.80±6.76 ^a	140.10±5.16 ^a
5 kGy	144.10±8.10 ^a	142.74±8.59 ^a	148.76±6.24 ^a	139.04±7.97 ^a	145.49±7.03 ^a

¹⁾Values with different superscripts within the same a column (a,b) were significantly different (p<0.05).

Table 5. Effects of gamma irradiation on the total carotenoid concentration of vegetable fresh juice containing non-thermal process material during storage at 4°C (mg/mL)

Treatment	Storage period (day)				
	0	1	3	5	7
Control	6.78±0.08 ^{aA1)}	6.09±0.13 ^{aB}	5.60±0.08 ^{aC}	5.34±0.05 ^{aD}	5.40±0.11 ^{aCD}
1 kGy	6.54±0.08 ^{bA}	6.10±0.11 ^{aB}	5.22±0.08 ^{bC}	4.98±0.11 ^{bD}	4.84±0.06 ^{bD}
3 kGy	6.57±0.06 ^{abA}	5.68±0.08 ^{bbB}	5.01±0.10 ^{bcC}	4.95±0.10 ^{bcD}	4.73±0.09 ^{bdD}
5 kGy	6.02±0.11 ^{cA}	5.64±0.08 ^{bbB}	5.00±0.06 ^{bcC}	4.77±0.06 ^{bdD}	4.61±0.06 ^{bdD}

¹⁾Values with different superscripts within the same a column (a-c) and a row (A-D) were significantly different (p<0.05).

저장기간이 증가하여도 크게 변화가 없는 것으로 나타났다.

Carotenoid 함량 변화

비가열 원료 함유 녹즙을 감마선 조사하고 저장기간에 따른 carotenoid 함량 변화를 측정된 결과는 Table 5와 같다.

비가열 원료 함유 녹즙을 감마선 조사하지 않은 대조군은 저장 0일에 6.78 mg/mL로 가장 높은 함량을 보였다. 그러나 감마선을 조사한 경우에는 carotenoid의 함량이 감소하였으며 조사선량이 증가할수록 감소량이 큰 것으로 감마선 조사에 의하여 어느 정도 파괴되는 것으로 사료되었으며 앞서의 색도 변화 중 redness값이 감소하는 결과와 일치하는 것으로 나타났다.

저장기간에 따른 carotenoid 함량 변화의 경우, 대조군은 저장기간이 증가할수록 감소하여 저장 7일에 5.40 mg/mL이었으며 감마선 조사군의 경우도 대조군과 마찬가지로 저장기간이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과는 색상의 변화에서도 볼 수 있듯이 redness값의 변화와 관계되는 것으로 사료되며 ascorbic acid 및 carotenoid와 같이 항산화 활성을 가진 물질이 감마선 조사에 의해서 파괴되고 또한 저장기간에 따라 산화가 일어나 그 함량이 감소하는 것으로 사료되었다.

요 약

비가열 원료 함유 녹즙의 위생화를 위하여 저온살균기술 중 하나인 감마선 조사 기술(0~5 kGy)을 이용하여 비가열 원료 함유 녹즙을 위생화하고 저장기간에 따른 미생물학적 및 이화학적 변화를 측정하였다. 비가열 원료 함유 녹즙의 제조 직후 생균수는 4.8×10^3 CFU/mL의 균수를 보였으며 저장기간이 증가할수록 균수는 증가하였으며 저장 7일에는

3.0×10^5 CFU/mL를 나타내었다. 그러나 1~5 kGy의 감마선을 조사한 경우에는 조사 직후 $1.2 \times 10^2 \sim 1.0 \times 10^3$ CFU/mL로 대조군에 비하여 낮은 균수를 보였으며 특히 3 kGy 이상의 감마선 조사 시에는 1 log cycle 이상의 균수 감소를 보였으며 저장기간 내내 대조군에 비하여 낮은 균수를 나타내었다. 비가열 원료 함유 녹즙의 색상변화는 감마선 조사에 의하여 lightness와 yellowness는 유의적으로 증가하는 것을 볼 수 있었으며 저장기간에 따른 큰 차이는 없었다. 반면 redness는 감마선 조사선량이 증가할수록 값이 감소하고 저장기간에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. Ascorbic acid의 함량은 감마선 조사에 의하여 약간 감소하고 저장기간의 증가에 따라 감소하는 경향이 있었다. 그러나 flavonoid 함량은 감마선 조사에 의한 영향은 없었으며 총 폴리페놀화합물의 함량은 감마선 조사선량이 증가할수록 증가하는 경향이 있었으며 carotenoid 함량은 감마선 조사에 의하여 감소하는 경향이 있었으며 저장기간이 증가할수록 감소하였다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 시행한 2008년도 산학협력실 사업의 연구비 지원으로 수행된 연구결과와 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Byers T, Perry G. 1992. Dietary carotenes, vitamin C and vitamin E as protective antioxidants in human cancers. *Annu Rev Nutr* 12: 135-159.
2. Chung SY. 2003. Antioxidant nutrients of green tellow vegetable juices and nitrite scavenging effect. *Food Industry and Nutrition* 8: 37-44.
3. Cho JM, Kwon SC, Tu Q, Jeong JH, Lee KH. 2009. Effect

- of ozone treatment for the improvement of safety of fresh vegetable juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 612-617.
4. Schulz H. 1994. Regulation of fatty acid oxidation in heart. *J Nutr* 124: 165-171.
 5. Shin CK. 2003. Present and prospect of fresh vegetable-extract juice industry. *Food Industry and Nutrition* 8: 1-7.
 6. Martens B, Knorr D. 1992. Developments of non-thermal processes for food preservation. *Food Technol* 46: 124-129.
 7. Knorr D. 1993. Effects of high-hydrostatics pressure processes on food safety and quality. *Food Technol* 47: 156-162.
 8. APHA. 1976. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. Speck M, ed. American Public Health Association, Washington, DC.
 9. Park YK, Kim SH, Choi SH, Han JG, Chung HG. 2008. Changes of antioxidant capacity, total phenolics and vitamin C contents during *Rubus coreanus* fruit ripening. *Food Sci Biotechnol* 17: 251-256.
 10. Moreno MN, Isla MIN, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114.
 11. AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC.
 12. Dere S, Gunes T, Sivaci R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll-a, b and total carotenoid contents of some Algae species using different solvents. *Tr J Botany* 22: 13-17.
 13. Kim MJ, Kim JH, Yook HS, Lee KH, Byun MW. 1999. Sanitizing effect of γ -irradiation on fresh vegetable-extract juices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 378-382.
 14. Kwon HJ, Jung UH, Park HR, Shin DH, Jo SK. 2007. Effects of gamma irradiation on color changes and antioxidative activities of *Caesalpinia sappan* L. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1055-1061.
 15. Lee KH, Jo C, Yook HS, Byun MW. 2001. Inhibition of photooxidation by breakdown of chlorophyll in oil model system using gamma irradiation. *Korean J Food Sci Technol* 33: 693-699.
 16. Byun MW, Lee IS, Lee KH, Yook HS, Kang KO. 1999. Changes of ascorbic acid contents induced from gamma irradiation, heating and microwave treatments. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 954-957.
 17. Byun MW, Yook HS, Kim KS, Chung CK. 1999. Effects of gamma irradiation on physiological effectiveness of Korean medicinal herbs. *Radiat Phys Chem* 54: 291-296.

(2009년 5월 8일 접수; 2009년 5월 18일 채택)