

연구노트

감마선 조사가 식용색소의 색도에 미치는 영향

김병근 · 임상용 · 송현파 · 정진우 · 정보경 · 김동호[†]
한국원자력연구소 방사선연구원

Effects of Irradiation on Color Values of Food Colorants

Byeong-Keun Kim, Sang-Yong Lim, Hyun-Pa Song, Jin-Woo Chung,
Bo-Kyung Sung and Dong-Ho Kim[†]

Korea Atomic Energy Research Institute, Advanced Radiation Technology Institute, Jeongeup Chonbuk 580-185, Korea

Abstract

As a study on the physico-chemical stability of irradiated food and cosmetics, the effect of gamma irradiation on the color values of some food colorants was evaluated. Amaranth, Fast Green FCF, and Indigo Carmine solutions were prepared with different concentration (0.01 and 0.10%), gamma irradiated (0.25, 0.5, 1 and 3 kGy), and then Hunter's color (L, a, b, ΔE) values were determined. The gamma irradiation process induced decoloration of the coloring agents. In particular, 0.01% solution showed significant differences in the overall color difference (ΔE). The lightness (L value) of Amaranth and Indigo Carmine was increased in proportion to irradiation dose, and their redness (a value) and yellowness (b value) also were increased. The redness (a value) and yellowness (b value) of Fast Green FCF (0.01%) were increased by gamma irradiation. However, there were no significant spectroscopic differences in 0.10% concentrations of the samples.

Key words : food colorants, Hunter's color, irradiation

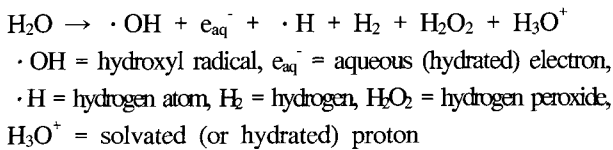
서 론

식용색소는 가공식품 등의 외관을 좋게 하여 그 기호적 가치를 높이기 위해 사용되어 온 식품첨가물로서 화장품 산업에서도 외형적 가치를 높이기 위한 첨가물 재료로 사용되어지고 있다(1-3). 착색료로 사용되는 타르색소는 석탄타르 중에 함유된 벤젠핵(benzen ring)이나 나프탈렌핵(naphthalene ring)을 이용하여 합성한 물질로써 현재 식품첨가물로 허용되는 것은 산성타르 색소에 속하며 화학구조상 아조계(azo type), 크산틴계(xanthene type), 트리페닐메탄계(triphenylmethane type)와 인디고계(sulfonated indigo type)로 분류된다(4). 타르색소는 그 종류가 대단히 많지만 인체에 대한 유해성으로 인해 국내에서는 독성시험 결과 안전하다고 입증된 15종 정도를 허가하고 있으며, 일본은 12종(5),

미국은 9종(6), EU는 16종(7)정도를 허가하고 있다. 그러나 식품공업의 발전에 따른 가공 식품의 개발과 그 소비증가는 식용색소의 종류와 수요량의 증가를 가져올 것으로 전망된다(3,4,8,9).

방사선 조사(food irradiation)는 230여 종의 식품류에 허가된 기술로써(10) 살균의 목적으로 사용되어진다. 특히 조사기술은 국제기구(WHO/FAO/IAEA)에 의해 안전성 및 기술적인 타당성이 인정되어 많은 국가들의 사용허가 및 기술의 활용이 요구되고 있다(11,12). 방사선 조사가 열을 발생하지 않는 "cold sterilization"기술로 조사 대상 식품의 영양 손실을 최소화 하거나 대상 제품의 물리화학적 변화를 줄일 수 있는 기술이기는 하지만 이 또한 물리적인 에너지의 전달이므로 다양한 화학반응을 수반하게 된다. 방사선 살균 대상 제품의 화학성분 변화를 유도하는 반응은 주로 방사선에 의한 물의 radiolysis 유도물질에 의하여 진행된다. 물의 radiolysis 반응을 요약하면 다음과 같다.

[†]Corresponding author. E-mail : fungikim@kaeri.re.kr,
Phone : 82-63-570-3140, Fax : 82-63-570-3149



물의 radiolysis 반응산물 중 hydroxyl radical은 매우 강력한 oxidizing agent로 작용하여 식품의 영양성분뿐만 아니라 향기성분이나 olefinic 화합물과 반응하여 구조변환을 유도할 수 있다. 또한 Aqueous electron은 대부분의 aromatic compounds, carboxylic acids, ketones, aldehydes, thiols 화합물과 신속하게 결합할 수 있다(13,14).

식용색소는 식품이나 화장품, 의약품의 영양 또는 기능과는 크게 상관이 없으나 상품으로서의 품질요소로 매우 중요하다. 그러나 방사선 조사와 색소에 관한 연구는 주로 방사선 조사선량을 측정하기 dosimetry 관점의 연구(13), 섬유산업 등의 염색폐수처리(14), 방사선을 이용한 녹차 추출물 등 식물유래 색소성분의 제거(15) 등에 관한 연구결과가 보고되고 있을 뿐 식품과 화장품, 의약품 등에 대한 방사선 살균 기술의 적용 확대에도 불구하고 색소 첨가물에 대한 방사선의 영향 연구는 거의 보고된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 방사선이 식용색소 및 기타 산업용 색소에 미치는 영향 연구의 일환으로, 우선 식품에 가장 일반적으로 사용되는 식용색소 3종에 대한 감마선 조사의 영향을 검토하였다.

재료 및 방법

재료 및 준비

본 실험에 사용된 식용색소는 국제적으로 허가된 품목(6)중 Sigma 사 제품인 적색 2호(Amaranth), 녹색 3호(Fast Green FCF), 청색 2호(Indigo Carmine)의 표준품에 증류수를 가하여 0.01 및 0.10%의 농도로 맞추어 실험에 사용하였다.

감마선 조사

적색 2호, 녹색 3호 그리고 청색 2호의 농도별(0.01%, 0.10%) 용액을 Falcon tube (15 mL)에 담아 ^{60}Co 감마선 조사시설(AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)에서 0.25, 0.5, 1, 3 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 조사를 실시하였으며, 흡수선량의 확인은 ceric/cerous dosimeter를 사용하였다($\pm 5.4\%$).

기계적 색도

비조사 및 감마선 조사된 식용색소의 농도별(0.01, 0.10%) 기계적 색도의 변화는 color/color difference meter (Spectrophotometer CM-3500d, Minolta Co., Ltd. Osaka,

Japan)를 사용하였으며, 표준흑판과 표준백판으로 표준화한 다음 Hunter's color value (L, a, b, ΔE)를 측정하였다.

결과 및 고찰

색도 변화

식용색소에 대한 감마선 조사(0.25, 0.5, 1, 3 kGy)의 기계적 색도에 미치는 영향을 0.01, 0.10%의 농도로 구분하여 비교 측정하였다. Table 1은 0.01% 적색 2호(Amaranth) 용액에 대한 감마선 처리 후 기계적 색도를 측정한 결과이다. 비조사 시료의 명도(L)는 17.81, 적색도(a)는 1.43, 황색도(b)는 -2.81의 수준으로 측정되었으며 1 kGy이상의 조사된 시료에서 적색도(a)는 red에서 green쪽으로 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 비조사 시료를 기준으로 측정한 전반적인 색차(overall color difference, ΔE)의 변화에서는 3 kGy 조사 시료에서 1.23으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 이를 NBS (National Bureau of Standards)(16) 기준의 감각적인 차이로 비교해 보았을 때, 0, 0.25, 0.5 kGy의 조사군에서 아주 조금(trace) 정도의 색변화를 나타내었고, 1, 3 kGy의 조사군에서는 조금(slight) 정도의 색변화를 나타내었다.

녹색 3호(Fast Green FCF) 0.01% 용액의 감마선 처리에 대한 영향은 Table 2와 같이 적색도(a)에서 조사선량의 증가에 따라 green에서 red로 유의적인 변화를 나타내었다. 이에 비해 명도(L)와 적색도(a)에서는 유의적인 변화를 나타내지 않았다. 0.01% 농도의 청색 2호(Indigo Carmine)에 대한 처리별 기계적 색도 변화는 Table 3에서와 같다. 비조사 시료의 명도(L)는 17.65, 적색도(a)는 -0.34, 황색도(b)는 -3.99의 수준으로 측정되었다. 명도(L)는 비조사 시료에 비해 조사군에서 증가하는 경향을 보였으며 적색도(a)에서 조사 처리에 따른 유의적인 변화가 발생하였다. 특히 황색도(b)에서는 비조사 시료에 비해 조사선량이 증가함에 따라 blue에서 yellow쪽으로 유의적인 변화 양상을 나타내었다($p < 0.05$). Jo 등(17)의 연구에 의하면 감마선 조사는 녹차 추출물에 대해 명도(L)를 증가시켜 투명도를 높였으나 생리적인 변화를 가져오지는 않았다고 보고 하였다. Kim(18)의 울금과 강황 추출물에 대한 연구에서도 감마선 조사에 의해 명도(L)를 증가시켰다고 보고하였다. 본 연구에서도 0.01% 농도의 식용색소에서는 감마선 조사에 다소 영향을 받았으며, 이는 육안 관찰에서도 변화를 감지할 수 있는 수준이었다. 한편 적색 2호, 녹색 3호, 청색 2호에 대한 0.10% 용액의 처리별 기계적 색도의 측정 결과는 Table 1, 2, 3과 같다. 적색 2호 0.10%의 전반적인 색차는 0.13에서 0.32의 수준으로 NBS 기준의 감각 차이에서는 아주조금(trace)정도였으며, 0.10% 녹색 3호에 대한 전반적인 색차 또한 0.07에서 0.37의 범위로 NBS기준의 감각차이에서 아

Table 1. Comparative effects of gamma irradiation on Hunter's color value of Amaranth 0.01% and 0.10% solution

Sample	Hunter parameter	Irradiation dose (kGy)					SEM ⁶⁾
		0	0.25	0.5	1	3	
0.01%	L ¹⁾	17.81±0.07 ^{5)c}	17.73±0.16 ^c	17.96±0.08 ^b	17.77±0.06 ^c	18.33±0.17 ^a	0.022
	a ²⁾	1.43±0.18 ^a	1.10±0.38 ^b	1.61±0.24 ^a	0.62±0.06 ^c	0.32±0.09 ^a	0.056
	b ³⁾	-2.81±0.05 ^b	-2.80±0.10 ^b	-2.72±0.05 ^a	-2.86±0.06 ^b	-2.71±0.08 ^a	0.017
	ΔE ⁴⁾	0.00	0.34	0.25	0.81	1.23	
0.10%	L ¹⁾	17.56±0.09 ^{5)b}	17.45±0.06 ^b	17.51±0.05 ^b	17.82±0.30 ^a	17.48±0.05 ^b	0.030
	a ²⁾	0.40±0.07 ^a	0.39±0.14 ^a	0.19±0.04 ^b	0.24±0.09 ^b	0.20±0.12 ^b	0.023
	b ³⁾	-2.90±0.05 ^b	-2.83±0.04 ^a	-2.88±0.04 ^b	-2.98±0.05 ^c	-2.92±0.04 ^b	0.016
	ΔE ⁴⁾	0.00	0.13	0.22	0.32	0.22	

¹⁾Degree of whiteness (white +100 ↔ 0 black).

²⁾Degree of redness (red +100 ↔ -80 green).

³⁾Degree of yellowness (yellow +70 ↔ -80 blue).

⁴⁾Overall color difference ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$).

⁵⁾Mean of 10 values ± standard deviation.

⁶⁾Standard error of mean.

^{a-c)}Mean scores within a row followed by the same superscript are not significantly different (P<0.05).

Table 2. Comparative effects of gamma irradiation on Hunter's color value of Fast Green FCF 0.01% and 0.10% solution

Sample	Hunter parameter	Irradiation dose (kGy)					SEM ⁶⁾
		0	0.25	0.5	1	3	
0.01%	L ¹⁾	18.02±0.21 ^{5)a}	17.72±0.09 ^b	17.99±0.16 ^a	17.72±0.23 ^b	17.77±0.06 ^b	0.066
	a ²⁾	-1.34±0.19 ^d	-0.98±0.12 ^c	-0.96±0.13 ^c	-0.58±0.06 ^b	-0.42±0.02 ^a	0.061
	b ³⁾	-3.42±0.08 ^b	-3.41±0.10 ^b	-3.53±0.11 ^b	-3.36±0.09 ^b	-3.02±0.49 ^a	0.025
	ΔE ⁴⁾	0.00	0.47	0.40	0.82	1.01	
0.10%	L ¹⁾	17.38±0.05 ^{5)b}	17.50±0.07 ^b	17.75±0.48 ^a	17.37±0.04 ^b	17.40±0.07 ^b	0.015
	a ²⁾	-0.30±0.02 ^b	-0.29±0.01 ^b	-0.35±0.05 ^c	-0.24±0.02 ^a	-0.24±0.02 ^a	0.005
	b ³⁾	-3.09±0.04 ^a	-3.07±0.05 ^a	-3.09±0.11 ^a	-3.06±0.04 ^a	-3.04±0.06 ^a	0.013
	ΔE ⁴⁾	0.00	0.12	0.37	0.07	0.08	

¹⁾Superscripts are described at Table 1.

Table 3. Comparative effects of gamma irradiation on Hunter's color value of Indigo carmine Green FCF 0.01% and 0.10% solution

Sample	Hunter parameter	Irradiation dose (kGy)					SEM ⁶⁾
		0	0.25	0.5	1	3	
0.01%	L ¹⁾	17.65±0.03 ^{5)c}	18.25±0.34 ^a	17.92±0.05 ^b	18.12±0.16 ^a	18.15±0.06 ^a	0.012
	a ²⁾	-0.34±0.02 ^a	-0.63±0.06 ^c	-0.53±0.04 ^b	-0.63±0.03 ^c	-0.58±0.02 ^d	0.007
	b ³⁾	-3.99±0.09 ^c	-4.10±0.18 ^d	-3.44±0.05 ^b	-3.43±0.04 ^b	-3.04±0.04 ^a	0.027
	ΔE ⁴⁾	0.00	0.68	0.64	0.79	1.13	
0.10%	L ¹⁾	17.65±0.04 ^{5)b}	17.38±0.03 ^c	17.52±0.08 ^{bc}	17.53±0.13 ^{bc}	17.99±0.37 ^a	0.014
	a ²⁾	-0.22±0.03 ^a	-0.21±0.02 ^a	-0.21±0.03 ^a	-0.23±0.03 ^a	-0.25±0.04 ^a	0.009
	b ³⁾	-3.18±0.04 ^a	-3.11±0.05 ^a	-3.14±0.06 ^a	-3.14±0.03 ^a	-3.30±0.16 ^b	0.013
	ΔE ⁴⁾	0.00	0.28	0.14	0.13	0.36	

¹⁾Superscripts are described at Table 1.

주 조금(trace)정도의 결과를 나타내었다. 0.10% 청색 2호는 적색도(a)에서 -0.21에서 -0.25수준으로 황색도(b)에서 -3.11에서 -3.30 수준으로 나타나 조사에 의한 유의적인 색 변화를 발견하지 못하였으며 NBS기준의 감각차이에서도 0.14에서 0.36의 범위로 아주 조금(trace) 정도의 색 변화를 나타내었다. 이는 육안 관찰에서도 색 변화를 감지하기 어려운 수준이었다.

요 약

가공식품과 화장품 산업에 사용되는 식용색소의 감마선 조사로 인한 이화학적 특성 변화를 연구할 목적으로 기계적 색도 변화를 측정 하였다. 적색 2호(Amaranth), 녹색 3호(Fast Green FCF), 청색 2호(Indigo Carmine)용액을 0.01 및 0.10%의 농도로 준비하였으며, 0.25, 0.5, 1 및 3 kGy로 조사를 실시하여 기계적 색도(L, a, b, ΔE)를 측정하였다. 감마선 조사는 0.01%농도 시료의 색소에 영향을 미쳤으며, 전반적인 색차(ΔE)에서도 변화를 나타내었다. 적색 2호와 청색 2호의 명도(L)는 조사선량에 의해 증가되었으며, 적색도(a)는 증가되었다. 녹색 3호의 경우에는 감마선 조사에 의해 적색도(a)와 황색도(b)가 모두 증가되었다. 이에 반해 0.10% 농도의 식용색소에서는 유의적인 변화를 일으키지 않는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- Hendry, G.A.F. and Houghton, J.D. (1996) Natural food colorants, 2nd ed., Blackie Academic and Professional Co., p.1-20
- Ahn, B.J., Lee, J.T., Lee, C.E. and Lee, C.H. (2003) Biological new sources of cosmetics. Kwangmoonkag, p.157-165
- Moon, B.S. (1993) Currents status and prospect of food colorants. Korean J. Food Cookey Sci., 9, 160-167
- Moon, B.S. (1998) Food Additiev. Soohaksa, Seoul, p.134-149
- Ministry of Health and Welfare. (1999) The Japanese Standards for Food Additives (7th edition). Tokyo, Japan.
- National Archives and Records Administration. (1996) Code of Federal Regulations. Washington DC, USA.
- HMSO. (1995) The Colours in Food Regulations. United Kingdom.
- Yoo, H.H. and Kim, M.S. (1999) Some natural food colorants. Food Indu. Nutri., 4, 24-34
- KFDA (2005) The Korea Food and Drug Administration Homepage. www.kfda.go.kr
- IAEA homepage. (2002) www.iaea.org/icgfi
- Kwon, J.H., Chung, H.W. and Kwon, Y.J. (2000) Infrastructure of quarantine procedures for promoting the trade of irradiated foods. Paper presented at Symposium of The Korean Society of Postharvest Science and Technology of Agricultural Products on Irradiation Technology for the Safety of Food and Public Health Industries and Quality Assurance, Daejeon, 13 October, p. 209-254
- IAEA/ICGFI. (2000-2003) Food and Environmental Protection Newsletter.
- Sadeghi, A., Mahnaz, C., Al-Sheikhly M. and McLaughlin, W.L. (2002) Radiation-induced reduction of ditetrazolium salt in aqueous solutions. Radiat. Phys. Chem., 64, 13-18
- Wang, M., Yang, R., Wang, W. and Shen, Z. (2006) Radiation-induced decomposition and decoloration of reactive dyes in the presence of H₂O₂. Radiat. Phys. Chem., 75, 286-291
- Byun, M.W., Jo, C., Lee, J.W., Jo, S.K. and Kim, K.S. (2004) Application of radiation technology to develop green tea leaf as a natural resource for the cosmetic industry. Radiat. Phys. Chem., 71, 485-487
- Han, E. (1991) Numerical Principle of Food Color (II). Food Technol., 4, 41-46
- Jo, C., Son, J.H., Lee, H.J. and Byun, M.W. (2003) Irradiation application for color removal and purification of green tea leaves extract. Radiat. Phys. Chem., 66, 179-184
- Kim, J.K. (2005) Irradiation effect on antioxidative and biological activities of *Curcuma longa* and *Curcuma aromatica*. M.S. thesis of Korea University

(접수 2005년 10월 20일, 채택 2006년 1월 27일)