

Article

Physicochemical Quality and Detection Properties of Irradiated Powdered-Soups

Ji-Young Kwak, Yeoung-Eun An, Bo-Yun Jung, Joong-Ho Kwon*

School of Food Science and Biotechnology Food and Bio-industry Research Institute, Daegu 702-701, Korea

감마선 조사된 분말수프의 이화학적 품질과 조사여부 판별특성

곽지영 · 안영은 · 정보윤 · 권중호*

경북대학교 식품공학부 · 식품생물산업연구소

Abstract

Commercial powdered soups, such as potato soup(PS), corn soup(CS), and chicken-herb soup(CHS), were gamma-irradiated at 0, 1, 5 and 10 kGy and subjected to physicochemical evaluation and identification trials by analyzing photostimulated luminescence(PSL), electron spin resonance(ESR), and thermoluminescence(TL). The changes in moisture content and pH of soup samples were negligible upon irradiation. The Hunter's color determinations showed that lightness (L value) decreased and yellowness (b value) increased as the irradiation dose increased in PS sample. The viscosity of irradiated samples was reduced in the order of PS, CS and CHS. The analyses of PSL, ESR and TL were applicable to the identification of irradiated powdered-soups at more than 1 kGy by detecting PSL photon counts/60 sec(over 5000), radiation-induced multicomponents-ESR signal, and typical TL glow curve at 150-250°C.

Keywords : powdered soup, irradiation, quality, photostimulated luminescence (PSL), electron spin resonance (ESR), thermoluminescence (TL)

서론

즉석조리식품은 동·식물성 원료를 식품이나 식품첨가물에 가하여 제조·가공한 것으로, 단순가열 등의 조리 과정을 거치거나 이와 동등한 방법을 거쳐 섭취할 수 있는 국, 탕, 수프 등의 식품으로 식품공전에서 정의되고 있다(KFDA, 2010). 이들 식품에는 세균수 1 g 당 100,000 이하, 황색포도상구균 1 g 당 100 이하, 살모넬라 음성의 규격이 설정되어 있어 이를 위한 살균처리가 요구되고 있다(KFDA, 2010).

식품의 살균법에는 증기살균처리법, 자외선조사법, 훈증처리법, microwave 조사법 등(Thiessen, 1970; Thiessen and Scheide, 1970; Vajdi and Pereira, 1973)이 있지만, 이들은 살균효과, 품질안정성, 안전성, 처리비용, 처리용량 등의 측면에서 각각 한계를 지니고 있다. 즉, 증기살균의 경우 90°C 이상의 고열로 인하여 독특한 향미성분 변화 및 품질 저하가 일어나고, 가열온도를 60~70°C로 낮출 경우 품질 안정성은 양호하지만 살균효과가 떨어진다. 또한 자외선 조사는 투과력이 약하여 내부 혼입 미생물을 살균할 수 없고, microwave 처리는 수분함량이 낮은 분말수프의 살균 처리에 적합하지 않다. 최근 이러한 살균방법의 한계를

보완·개선하기 위한 대체방법의 하나로서 방사선조사법에 대한 관심이 커지고 있다(Molins, 2001; Loaharanu et al., 2007; Kwon, 2010). 식품의 방사선 조사란 식품을 감마선, 전자선(electron beam, 10 MeV 이하) 또는 X선(5 MeV 이하)에 일정시간 노출시켜 식품에 대한 생장억제, 속도조절, 저장수명 연장 및 살균, 그리고 건조식품의 물성개선 등에 효과가 인정되는 물리적 처리 방법으로(WHO, 1988), 식품을 본래의 품질에 가깝게 보존하거나 오염된 미생물과 해충을 사멸하여 위생적 품질을 개선하기 위해 식품에 이온화 에너지를 처리하는 기술이다(WHO, 1988; Kwon, 2008).

조사식품에 대한 소비자의 선택과 국가간 교역에서의 관리 등을 위해서 조사 처리된 식품에 대한 관리 및 품질보증 이 요구되는데 이를 위해 가장 필요한 것이 조사여부 또는 조사선량을 확인할 수 있는 판별기술이다. 조사식품의 판별에 관한 연구는 1960년대부터 활발히 이루어져 Luxembourg (Netherland, 1970)와 Karlsruhe (Germany, 1973)에서 조사식품의 판별연구사례와 판별결과에 대한 학술 심포지엄이 개최되어 해당분야 과학자들의 검토 및 토론 이 이루어졌으나, 식품 조사로 인한 특수한 물질이 생성되

Received: June 28, 2012 / Revised: December 3, 2012 / Accept: December 12, 2012

*Corresponding Author: Joong-Ho Kwon, Tel. 82-53-950-5775, Fax. 82-53-950-6772, Email. jhkwn@knu.ac.kr

본 연구는 2012년 한국연구재단의 지원에 의해서 이루어진 것임.

©2012 College of Agricultural and Life Science, Kyungpook National University

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, Provided the Original work is Properly cited.

지 않으므로 특별한 조사식품 판별방법이 없다고 잠정 결론을 지음으로써 조사식품의 판별에 대한 연구는 시들해졌다(IAEA, 1993). 그러나 1980년에 FAO/IAEA/WHO 공동의 JECFI(조사식품의 건전성에 관한 전문가위원회)에서 평균 10 kGy 이하의 선량을 조사한 식품의 안전성에 관한 문제는 없다고 함으로서 세계적으로 식품조사의 실용화가 이루어지고, 이에 조사식품의 판별기술개발의 필요성 역시 재인식되면서 1980초에서 1990 후반까지 활발히 진행되어 현재와 같은 EN 및 CODEX 방법과 같은 조사식품 확인시험법이 확립되게 되었다(McMurray et al., 1996). 최근 식습관의 서구화에 따라 간편한 조리법이 발달하고 즉석조리식품 시장이 증가하면서 제조 원료들의 미생물학적 품질 관리가 중요시 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 유통 중인 전분질 분말수프를 원재료별로 선정하고, 살균 목적의 감마선 조사가 이들의 이화학적 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 아울러 감마선 조사된 수프의 조사 여부를 판별하기 위하여 물리적 분석 방법(IAEA, 1991; KFDA, 2010; Kwon et al., 2011)으로서 광자극발광분석(PSL), 전자스핀공명분석(ESR) 및 열발광분석(TL)의 적용 가능성을 확인하였다.

재료 및 방법

재료

시판되고 있는 즉석분말수프 9종을 대구의 대형마트(H사)에서 구입하여 광자극발광분석(EN1787, 2002)에 의해 사전 조사 여부를 확인하였다. 이 중 조사되지 않은 것으로 확인된 감자수프(PS), 옥수수수프(CS), 치킨향신료수프(CHS) 시료 3종을 선택하여, 감마선 조사에 따른 이화학적 품질 확인 및 조사 여부 판별분석에 사용하였다.

방사선 조사

시료의 방사선 조사는 KAERI의 Co-60 감마선 조사시설(100 kCi point source, AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, Canada)을 이용하여 시간당 일정한 선량률로 0, 1, 5 및 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량의 확인에는 ceric/cerous dosimeter(Harwell, UK)를 사용하였다.

수분 함량 및 pH 측정

시료의 수분 함량은 상압가열건조법(KFDA, 2011)에 따라 측정하였고, pH는 시료 3 g에 pH를 7로 맞춘 증류수를 27 mL 가한 후 pH meter(ORION 3 STAR, THERMO electron corporation, San Jose, California, USA)를 사용하여 측정하였다.

기계적 색도 측정

감마선 조사에 따른 분말수프의 기계적 색도 변화를 알아보기 위하여 색차계 (Chromameter CR-200, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하였다. 시료를 petri dish(Ø 9 cm)에 평평히 담아 Hunter scale에 의한 L, a, b 값을 측정하였고, 이때 표준백판의 L, a, b 값은 각각 97.79, -0.38 및 2.05였다.

분말수프 현탁액 점도 측정

시료의 분말수프 현탁액 점도 측정은 Hayashi와 Todoriki(1996)의 방법에 준하였다. 시료에 일정량의 증류수를 가하여 현탁액을 조제하고, 33% NaOH 8.2 mL를 가하여 알칼리화한 다음 shaking incubator(K.M.C. 8480SF, Bucheon, Korea)에서 speed 3의 조건으로 20분 동안 완전히 혼합하였다. 이를 92°C water bath에서 20분간 가열·호화하고 30°C에서 3시간 보관한 다음 #6 LV spindle이 장착된 viscometer(RVDV II+, Brookfield ENG Labs INC, Stoughton, MA, USA)를 사용하여 분말 현탁액 점도를 측정하였다.

관능적 품질 시험

감마선 조사에 따른 분말수프의 관능적 품질 변화를 확인하기 위해 색(color), 냄새(odor), 향미(flavor), 맛(taste), 점성(viscosity) 및 전반적기호도에 대한 평가를 실시하였다. 식품공학과 대학원생 12명을 패널로 선발하여 조리 전 및 포장지의 recipe에 따른 조리 후로 나누어 5점채점법(1점: 매우 싫다, 5점: 매우 좋다)(Larmond, 1973)에 따라 각각 실시하였다.

광자극 발광 분석

광자극발광 분석(photostimulated luminescence, PSL)은 CEN 방법(European Committee for Standard, 1997; IAEA, 2001)에 준하여 빛이 차단된 암실에서 분말수프를 측정용 petri dish에 담아 chamber에 넣고 PSL photon count(60 sec, PCs)를 측정하였다. 이때 기기의 cycle time은 1 sec, cycle 횟수는 60, dark count는 28±1.5, light count는 25±1.8이었다. 측정 결과의 판정에서는 lower threshold value (T₁)은 700 photon count/min, upper threshold value (T₂)는 5000 photon count/min으로 하여, T₁ 이하의 값은 비조사 시료(negative control)로, T₂ 이상이면 조사된 시료(positive control)로 판별하였다. 그리고 T₁과 T₂ 사이의 값은 조사 여부가 불확실하여 다른 판별법을 병행하였다.

전자스핀공명 (ESR) 분석

분말수프를 24시간 송풍 건조하여 약 0.4 g을 ESR pyrex tube에 충전하였다. ESR spectrometer(JES-TE300, Jeol Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 microwave power 9.18~9.21 GHz, microwave frequency 1.0 mW, sweep width 25 mT, modulation frequency 100 kHz, modulation width 1 mT, amplitude 160 mT, time constant 0.03 sec, sweep time 30 sec 등의 조건에서

측정하였다(Stewart et al., 1994; EN1787, 2002; KFDA, 2010).

열발광 (TL) 분석

분말수프 약 600 g을 사용하여 water rinsing 방법으로 시료에 혼입된 흙이나 이물질 형태의 무기질을 채취하였다. 증류수를 가하여 ultrasonic agitator에서 10분간 처리한 후 water rinsing하였으며, 125 µm sieve를 통과시켜 일정 시간 정치시킨 후 침전물을 취하였다. 침전물은 test tube에 옮겨 담은 후 sodium polytungstate solution(2.0 g/mL) 2.5 mL를 가하여 유기물을 제거하고 증류수로 세척하였다. Mineral에 혼입된 carbonate를 제거하고 NH₄OH를 가해 중화시킨 후 증류수로 충분히 세척하고 acetone으로 세척하여 건조시켰다. 건조된 mineral은 aluminium disc(6 mm)에 옮기고 50°C incubator에서 하룻밤 예열한 후 TL spectra를 TLD system(Harshaw TLD-4200, Germany)을 이용하여 high pure N₂ gas (99.99%)를 흘려보내면서 초기온도 50°C에서 최종 온도 300°C까지 5°C/sec, acquire time 70 sec의 조건으로 측정하였다(Sanderson, 1991; Sanderson et al., 1994; KFDA, 2010).

통계처리

방사선 조사가 분말수프의 이화학적 및 관능적 품질과 조사 여부 판별에 미치는 영향에 대해 확인하였다. 모든 분석은 3회 반복하였고, 결과의 분석에는 SAS(statistical analysis system) program (SAS, 2001)을 이용하였고 Duncan's multiple range test에 의해 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

수분 함량 및 pH 변화

식품의 수분 함량은 미생물의 생육과 제품의 품질 변화에 영향을 주는 요인으로 감마선 조사에 따른 분말수프의 수분 함량 결과는 Table 1과 같다. 시료의 초기 수분 함량은 PS 5.42%, CS 4.00%, CHS 8.05%로 시료에 따른 수분 함량의 차이를 어느 정도 나타내었다. 한편 PS와 CHS 시료는 조사 처리에 따른 수분함량의 변화가 거의 없었고, CS 시료는 수분 함량이 다소 감소하였으나 그 차이가 크지 않았다. 분말수프의 pH를 측정한 결과는 Table 1과 같으며 PS 시료 7.39~7.49, CS 시료 6.68~6.85, CHS 시료 6.08~6.26 범위로 조사처리에 따른 영향은 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 15 kGy까지의 전자선 및 감마선 조사가 고추분말 추출물의 pH에 유의적인 변화를 나타내지 않았다는 연구와 유사하였다(Lee et al., 2000).

기계적 색도의 변화

방사선 조사에 따른 분말수프의 기계적 색도 변화는 Table 2에 나타내었다. PS 시료의 명도(L value)는 조사선량이 증가할수록 유의적으로 감소하였고, 적색도(a value) 및

황색도(b value)는 증가하는 경향을 나타내었다. CS 시료의 경우 조사선량의 증가에 따라 명도와 황색도는 유의적으로 감소하였고, 적색도는 다소 증가하였다. CHS 시료에서는 조사선량에 증가에 따른 color parameter의 변화가 일관성이 없었다. 감마선 조사에 따른 분말수프 색도의 변화는 전반적 색차인 ΔE 값으로 확인이 가능한데, NBS(National Bureau of Standard) 기준에서는 ΔE 값이 0~0.5이면 trace, 0.5~1.5이면 slight, 1.5~3.0이면 appreciable, 3.0~6.0이면 noticeable로 설정되어 있다(Han, 1991). 이 기준에 따르면 1 kGy 조사 시료에서는 slight 수준으로, 5 kGy 시료에서는 appreciable 수준으로, 그리고 10 kGy 시료에서는 noticeable 수준으로 기계적 색도의 변화가 나타났다. 한편 이와 같은 결과는 인삼분말의 기계적 색도에 대한 전자빔 조사의 영향과 유사하였으며(Lee et al., 1998), 고선량의 이온화 에너지 처리는 농산물 분말의 명도를 저하시키고 황색도를 증가시키는 것으로 확인되었다.

분말수프 현탁액의 점도 변화

감마선 조사에 따른 분말수프 현탁액 점도 변화는 Table 1에서와 같이 PS의 경우 53~750 cP, CS의 경우 113~577 cP, CHS의 경우 126~342 cP 범위로 나타났으며, 조사선량의 증가에 따라 점도가 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 PS는 CS나 CHS에 비해 점도가 크게 감소하였는데, 이는 수프류 점도 값의 상대적 비교에서도 알 수 있듯이 점도는 시료의 전분 함량에 크게 영향을 받는 것으로 사료되었다. 한편 분말수프의 1 kGy 조사 시료에서는 점도의 변화가 아주 크지는 않았으나 5 kGy에서는 PS>CS>CHS의 순으로 점도의 감소가 크게 나타났다. 이는 방사선 조사에 의해 전분 분자의 결합이 끊어져 점도가 감소되는 현상으로, 이는 조사 여부 판별을 위한 특징으로 활용되어 관련 연구가 국내외적으로 시도되어 왔다(Hayashi and Todoriki, 1996; Ahn et al., 2004).

관능적 품질 변화

분말수프에 대한 감마선 조사 후 조리 전의 관능적 품질을 색, 향미, 냄새, 전반적기호도에 대하여 평가하였다. Table 3에서와 같이 색에 대한 관능평점은 PS와 CS 시료에서, 향미에 대한 평점은 CS 시료에서 조사선량의 증가에 따라 다소 감소하였으나, 시료의 냄새와 전반적 기호도의 평점은 처리구 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 제품 포장의 recipe에 따라 조리한 후 맛, 색, 향미, 점성, 냄새, 전반적기호도에 대한 관능평가 결과는 Table 4와 같다. 맛에 대한 관능평점은 모든 시료에서 조사선량에 따라 유의적인 차이가 없었다. 또한 수프의 색, 향미, 전반적기호도는 PS 시료와 CHS 시료의 경우 조사선량에 따른 차이가 없었다. 그러나 CS 시료의 경우 수프의 색, 향미, 전반적기호도가 1 kGy 이상 조사구에서 유의적으로 낮아졌다.

Table 1. Effects of gamma irradiation on physicochemical properties of powdered soups

Sample	Properties	Irradiation dose (kGy)			
		0	1	5	10
Potato soup	Moisture content (%)	5.42±0.51 ^a	5.31±0.43 ^a	5.83±0.80 ^a	5.27±0.21 ^a
	pH	7.49±0.12 ^a	7.39±0.31 ^a	7.45±0.19 ^a	7.40±0.73 ^a
	Viscosity (cP)	750.01±0.33 ^a	437.35±21.08 ^b	106.21±20.00 ^c	53.33±10.00 ^c
Corn soup	Moisture content (%)	4.00±0.10 ^a	3.20±0.16 ^b	3.05±0.02 ^b	3.14±0.07 ^b
	pH	6.68±0.12 ^a	6.85±0.21 ^a	6.69±0.35 ^a	6.74±0.43 ^a
	Viscosity (cP)	577.65±85.69 ^a	528.65±48.07 ^a	235.21±35.75 ^b	133.32±10.00 ^b
Chicker herb soup	Moisture content (%)	8.05±0.11 ^a	8.77±0.67 ^a	8.20±0.32 ^a	8.54±1.12 ^a
	pH	6.26±0.23 ^a	6.13±0.54 ^a	6.14±0.33 ^a	6.08±0.11 ^a
	Viscosity (cP)	342.32±136.50 ^b	217.21±46.31 ^a	126.62±10.00 ^c	144.44±27.89 ^c

^{a-c}Means with the same letter in each row are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 2. Effects of gamma irradiation on Hunter's color values of powdered soups

Sample	Parameter ¹⁾	Irradiation dose (kGy)			
		0	1	5	10
Potato soup	L	90.50±0.12 ^a	89.78±0.10 ^b	88.55±0.06 ^c	87.70±0.28 ^d
	a	-1.63±0.07 ^c	-1.50±0.06 ^b	-0.74±0.06 ^a	-0.74±0.07 ^a
	b	11.01±0.06 ^c	10.86±0.09 ^d	11.96±0.06 ^b	13.29±0.10 ^a
	ΔE	0.00 ^d	0.79±0.11 ^c	2.38±0.07 ^b	3.75±0.21 ^a
Corn soup	L	87.33±0.42 ^a	86.88±0.36 ^a	85.65±0.20 ^b	84.38±0.20 ^c
	a	-4.90±0.02 ^d	-4.61±0.07 ^c	-3.69±0.06 ^b	-3.24±0.00 ^a
	b	25.86±0.25 ^a	24.69±0.18 ^b	24.57±0.10 ^b	23.92±0.10 ^c
	ΔE	0.00 ^d	1.31±0.30 ^c	2.45±0.17 ^b	3.90±0.17 ^a
Chicken herb soup	L	80.38±0.60 ^b	80.45±0.08 ^b	81.16±0.10 ^a	77.81±0.05 ^c
	a	-1.72±0.09 ^b	-1.83±0.04 ^b	-1.84±0.09 ^b	-0.99±0.05 ^a
	b	26.10±0.73 ^a	26.49±0.03 ^a	25.99±0.11 ^a	25.20±0.03 ^b
	ΔE	0.00 ^d	0.41±0.04 ^c	0.08±0.11 ^b	2.82±0.04 ^a

¹⁾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 deference ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$).

^{a-d}Means with the same letter in each row are not significantly different ($p < 0.05$).

이상의 결과에서 볼 때 분말수프의 종류에 따른 관능적 색과 향미 및 점성의 경우 CS 시료의 감수성이 크게 나타났다. 전반적으로 감마선 조사에 의한 5 kGy 이하의 살균처리 는 전분질 수프류의 조리 후 관능적 품질에 미치는 영향이 크지 않았으나 10 kGy의 높은 선량에서는 옥수수 수프의 색, 향미, 점성, 전반적기호도에, 그리고 감자 수프의 점성과 냄새에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이는 Lee

et al.(1998)의 전자빔 조사가 인삼분말의 관능적 품질에 영향을 미쳤다는 보고를 잘 뒷받침해 주었다.

광자극발광 (PSL) 특성

분말수프 시료의 감마선 조사 여부 판별을 위하여 PS, CS 및 CHS 시료에 대한 광자극발광 측정을 실시하였다. Table 5에서와 같이 비조사 대조시료는 339~875 PCs 범위의 값

Table 3. Effects of gamma irradiation on sensory quality of powdered soups

Sample	Parameter	Irradiation dose (kGy)			
		0	1	5	10
Potato soup(PS)	Color	3.92±0.79 ^{1a}	2.83±1.19 ^a	2.42±1.24 ^a	3.50±1.17 ^a
	Flavor	3.67±0.49 ^a	2.92±0.90 ^a	2.08±1.00 ^a	3.17±0.58 ^{ab}
	Odor	2.92±0.67 ^b	2.50±0.67 ^a	2.58±1.00 ^a	3.08±0.67 ^{ab}
	Overall acceptance	2.50±1.09 ^b	2.42±1.08 ^a	3.00±0.85 ^a	2.58±1.08 ^b
Corn soup(CS)	Color	4.25±0.62 ^a	3.25±1.06 ^{ab}	2.00±1.35 ^a	3.25±1.29 ^{ab}
	Flavor	2.67±0.89 ^b	2.58±0.90 ^b	2.33±1.30 ^a	2.67±0.89 ^b
	Odor	2.58±0.90 ^b	2.67±0.65 ^b	2.17±0.72 ^a	2.58±0.79 ^{ab}
	Overall acceptance	3.58±1.00 ^a	3.58±1.08 ^a	1.83±0.94 ^a	3.75±0.87 ^a
Chicken herb soup(CHS)	Color	3.25±1.06 ^a	2.92±1.24 ^a	1.83±1.27 ^a	2.92±1.31 ^a
	Flavor	3.08±0.90 ^a	3.00±0.85 ^a	2.17±0.94 ^a	3.25±0.75 ^a
	Odor	2.83±0.94 ^a	2.58±0.90 ^a	2.67±1.23 ^a	2.58±0.79 ^a
	Overall acceptance	2.92±0.90 ^a	2.50±0.90 ^a	2.33±0.65 ^a	2.67±0.65 ^a

¹)Each value indicates the average of the sensory scores in the range of 1 (dislike extremely) to 5 (like extremely) tested by 12 panels.

^{a-b})Means with the same letter in each row are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 4. Effects of gamma irradiation on sensory quality of liquid soups

Sample	Parameter	Irradiation dose (kGy)			
		0	1	5	10
Potato soup(PS)	Taste	3.17±1.27 ^{1a}	3.08±1.00 ^a	3.33±0.78 ^a	4.08±0.90 ^a
	Color	2.79±0.72 ^a	3.17±0.83 ^a	3.17±0.94 ^a	3.67±0.65 ^a
	Flavor	2.50±0.90 ^a	3.25±0.87 ^a	2.83±0.72 ^a	2.75±0.62 ^b
	Viscosity	2.42±1.38 ^a	3.33±1.37 ^a	2.58±1.00 ^a	1.92±0.67 ^c
	Odor	1.67±0.89 ^a	1.92±0.67 ^b	2.25±1.14 ^b	3.17±1.53 ^b
	Overall acceptance	3.50±1.00 ^a	3.08±1.08 ^a	2.74±0.86 ^a	2.88±1.35 ^a
Corn soup(CS)	Taste	2.83±1.11 ^a	3.75±0.97 ^a	3.75±0.75 ^a	3.75±0.87 ^a
	Color	2.17±0.94 ^a	2.25±0.87 ^b	2.25±0.87 ^b	2.33±0.65 ^b
	Flavor	2.33±0.98 ^a	2.42±0.67 ^b	2.25±0.97 ^b	2.33±0.78 ^b
	Viscosity	2.33±0.98 ^a	3.00±0.95 ^b	2.67±0.89 ^b	2.25±0.75 ^b
	Odor	2.08±1.08 ^a	2.00±0.95 ^a	2.00±1.13 ^a	1.75±0.87 ^a
	Overall acceptance	3.92±0.51 ^a	2.25±0.75 ^b	2.42±1.00 ^b	2.42±0.51 ^b
Chicken herb soup(CHS)	Taste	2.67±1.23 ^a	2.92±1.24 ^a	2.83±0.72 ^a	3.67±1.23 ^a
	Color	2.83±0.94 ^a	2.83±0.83 ^a	3.08±1.00 ^a	3.08±0.79 ^a
	Flavor	2.08±0.79 ^a	2.75±0.97 ^a	2.75±1.06 ^a	1.92±0.67 ^b
	Viscosity	2.33±0.98 ^a	2.83±0.94 ^a	2.50±0.67 ^a	3.17±0.72 ^a
	Odor	1.92±0.79 ^a	2.50±1.00 ^a	2.17±0.72 ^a	2.08±1.16 ^a
	Overall acceptance	2.83±0.94 ^a	2.67±0.78 ^a	2.17±0.72 ^a	2.58±0.90 ^a

¹)Same as Table 3.

^{a-b})Same as Table 3.

Table 5. Photostimulated luminescence determinations of gamma-irradiated powdered soups

Sample ²⁾	Irradiation dose (kGy)			
	0	1	5	10
PS	339±69 (-) ¹⁾	3,877,064±1,913,885 (+)	12,806,192±5,309,586 (+)	3,362,662±3,774,531 (+)
CS	875±287 (M)	6,333,160±4,285,850 (+)	10,505,781±5,619,849 (+)	5,828,756±4,216,427 (+)
CHS	470±55 (-)	6,981,498±8,229,080 (+)	12,948,975±2,656,790 (+)	5,370,356±4,909,879 (+)

¹⁾Threshold value: T₁=700(-); non-irradiated, T₂=5,000(+); irradiated, T₁<(M)<T₂; intermediate.

²⁾Same as Table. 3.

을 나타내어 negative 및 intermediate 시료로 확인되었다. 그러나 조사 처리된 시료에서는 모두 5,000 PCs 이상의 높은 값을 나타내어 positive로 측정되었다. 이로써 전분질 분말수프의 PSL 측정은 paprika standard의 threshold value 적용(EN 13751, 2002)이 가능하여 방사선 조사 여부의 screening 방법으로 적합함이 확인되었다.

전자스핀공명 (ESR) 특성

분말수프의 감마선 조사 후 전자스핀공명 spectrum을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 비조사 대조시료에서는 조사 유래의 특이한 signal이 나타나지 않았으나, 조사 처리된 분말수프에서는 모두 crystalline sugar 유래의 multi-component signal이 확인되었고 조사선량이 증가할수록 각 시료의 signal intensity가 유의적으로 증가하였다. 즉 3종의 분말수프의 경우 ESR 측정으로 인한 방사선 조사 여부의 확인이 가능함을 알 수 있었다. 그러나 제조과정에서 당이 첨가된 가공식품의 경우 원료의 특성과 상관없이 일부 당 유래의 ESR signal이 확인된다는 보고(Ahn et al., 2012)도 있으므로 이에 대한 유의와 함께 구체적인 연구가 요구되고 있다.

열발광 (TL) 특성

분말수프에서 분리한 광물질(mineral)을 사용하여 열발광 특성을 확인한 결과, 비조사 시료에서는 300℃ 후반에서 매우 낮은 강도의 TL glow curve가 나타난 반면, 조사시료에서는 150~250℃ 범위에서 감마선 조사 유래 특유의 TL glow curve가 나타났다. 또한 조사선량이 증가할수록 peak intensity도 증가하여 조사 시료와 비조사 시료의 구분이 분명하였다(Fig. 2). 이는 식품으로부터 inorganic mineral의 분리가 가능한 농식품들은 열발광 분석에 의한 조사 여부의 확인이 가능하였다는 보고(Delincee, 1998; Kwon et al., 2011)를 잘 뒷받침해 주었고, TL 분석의 적용가능성을 시사하고 있다.

요 약

시판 다소비 분말수프 3종(감자 수프/PS, 옥수수 수프/CS, 향신료 수프/CHS)에 대한 살균 목적의 감마선 조사(0, 1, 5, 10 kGy)가 이화학적 품질에 미치는 영향을 평가하였다.

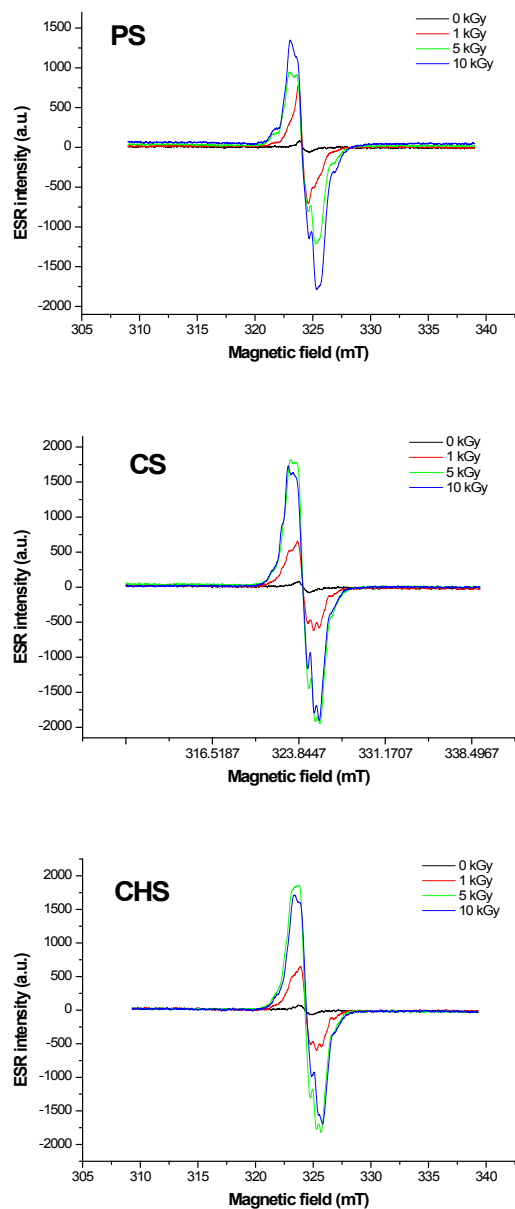


Fig. 1. ESR spectra of gamma-irradiated powdered soups.

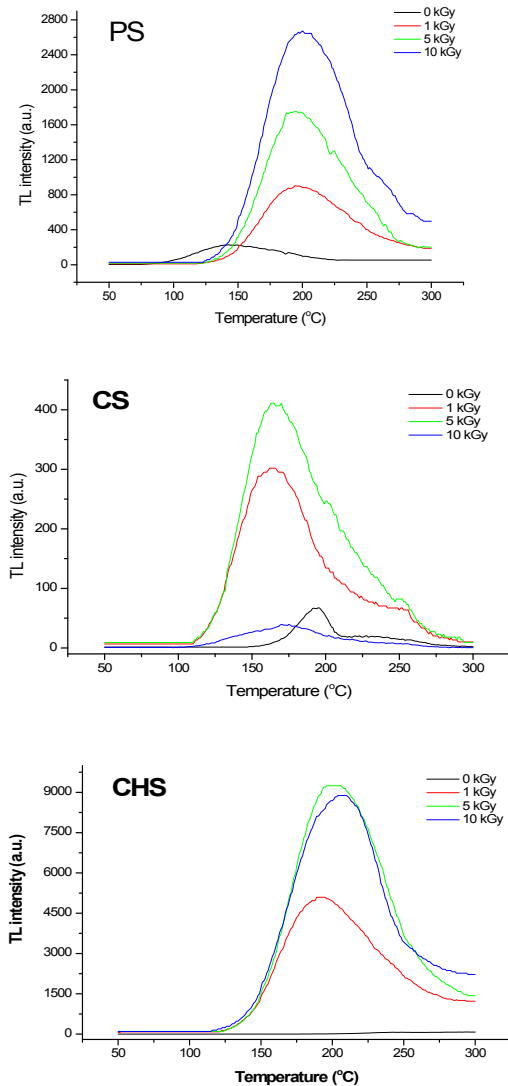


Fig. 2. TL glow curves of gamma-irradiated powdered soups.

아울러 감마선 조사 여부의 판별을 위하여 광자극발광분석(PSL), 전자스핀공명분석(ESR) 및 열발광분석(TL)의 적용가능성을 확인하였다. 시료의 수분함량 및 pH는 조사 여부에 상관없이 비교적 안정적이었으나, 기계적 색도는 조사선량이 증가할수록 PS 시료의 명도(L)는 감소하였고 황색도(b)는 증가하였다. 수프현탁액의 점도는 감마선 조사에 따라 크게 감소하였으며, PS>CS>CHS의 순으로 점도의 감소가 크게 나타났다. 분말수프의 감마선 조사 여부 판별시험에서 1 kGy 이상의 조사시료는 PSL 측정에서 5000 PCs 이상의 값을, ESR 측정에서 crystalline sugar 유래의 multicomponents signal을, 그리고 TL 측정에서 typical

TL glow curve를 각각 나타내어 PSL, ESR 및 TL 분석의 적용가능성이 확인되었다.

주요 추가어: 분말수프, 감마선조사, 품질, 광자극발광, 전자스핀공명, 열발광분석

감사의 글

본 연구는 2012년 한국연구재단의 지원에 의하여 이루어진 것임.

참고문헌

- Ahn JJ, Akram K, Kwon JH (2012) Electron spin resonance analysis of grinding- and radiation-induced signals in raw and refined sugars. *Food Analytical Methods* 5: 1196-1204.
- Ahn KA, Choi JD, Kim HK, Kwon JH (2004) Establishment of Viscosity Measuring Conditions and Threshold Values for Identifying Irradiated Starches. *Korean Journal of Food Science and Technology* 36: 693-700.
- Delincee H (1998) Detection of food treated with ionizing radiation. *Trends Food Science Technology* 9: 73-82.
- EN 1787 (2002) Foodstuffs-Detection of irradiated food containing cellulose, method by ESR spectroscopy. Brussels, Belgium.
- EN 13751 (2002) Foodstuffs-Detection of irradiated food using photostimulated luminescence, European Committee for Standardization. Brussels, Belgium.
- Han E (1991) Numerical principles of food color from NBS unit. *Bull. Food Technology* 4: 41-46.
- Hayashi T, Todoriki S (1996) Detection of irradiated peppers by viscosity measurement at extremely high pH. *Radiation Physics and chemistry* 48: 101-104.
- Hwang KT, Um TB, Ute Wangner, Georg A Schreiber (1998) Application of photostimulated luminescence to detection of irradiated foods. *Korean Journal Food Science Technology* 30: 498-501.
- IAEA (1991) Analytical detection methods for irradiated foods. A review of current literature. IAEA-TECDOC-587, 1-172.
- IAEA (1993) The Law and Practices of the International Atomic Energy Agency 1970-1980. Supplement 1 to the 1970 edition of Legal Series No. 7-S1.
- KFDA (2010) Korea Food Standard Code. Korea Food and Drug Administration. Seoul. pp. 5-29-34.
- KFDA (2011) Korea Food Standard Code. Korea. Food and Drug Administration. Seoul. pp. 10-1-1.
- Kwon JH (1998) Application of irradiation technology to preserving and improving qualities of agricultural products. *Journal Food Science Nutrition* 3: 295-301.

- Kwon JH (2010) Safety and Understanding of Irradiated *Food*. 1-84.
Food Safety Research Institute, Seoul.
- Kwon JH, Chung HW, Kim BK, Ahn JJ, Kim GR, Jo DJ, An KA (2011) Research and application of identification methods for irradiated foods. *Safe Food 6* : 11-27.
- Loaharanu P, Kava R, Choi EH (2007) Irradiated Foods. 6th ed., American Council on Science and Health. <http://www.acsh.org>.
- Larmond E (1973) Methods for sensory evaluation of foods. *Canada department of agriculture*. Publication 1284. Ottawa. Canada. pp. 27-30.
- Lee JE, Lee MH, Kwon JH (2000) Effects of electron-beam irradiation on physicochemical qualities of red pepper powders. *Korean Journal Food Science Technology* 32: 271-276.
- Lee MK, Kwon JH, Do JH (1998) Effects of electron-beam irradiation on color and organoleptic qualities of ginseng powders. *Journal of Ginseng Research* 22: 252-259.
- McMurray CH, Stewart EM, Gray R, Pearce J (1996) Preface. "In Detection methods for irradiated foods: current status" Edited McMurray CH, Stewart EM, Gray R, Pearce J. *The Royal Society of Chemistry*. Cambridge. pp. ix-xi.
- Molins RA (2001) Introduction. In "Food Irradiation: Principles and Applications". Edited by Molins R.A. Wiley-Interscience. New York. pp. 1-21.
- Sanderson DCW (1991) Photostimulated luminescence (PSL). *A new approach to identifying irradiated foods*. pp. 159. In : Raffi JJ, Belliardo JJ. ed. Potential New Methods of Detection of Irradiated Food. Bernan Press. Maryland, U.S.A.
- Sanderson DCW, Carmichael LA, Ni Riain S, Naylor J, Spencer JQ (1994) Luminescence studies to identify irradiated food. *Journal of Food Science and Technology* 8: 93-96.
- SAS (2001) SAS Users guide. version 8.1. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Stewart EM, Stevenson MH, Gray R (1994) Use of ESR spectroscopy for the detection of irradiated *Crustacea*. *Journal of Science and Food Agriculture* 65: 191-197.
- Thiessen F (1970) Behaviour of natural spice extracts when subjected to heat. *Flesh-wrist-schaft* 50: 813-816.
- Thiessen F, Scheide J (1970) Heat sensibility of natural spices and spice essences. *Flesh-wrist-schaft* 50: 317-322.
- Vajdi M, Pereira NN (1973) Comparative effects of ethylene oxide, gamma irradiation and microwave treatment of selected spices. *Journal of Food Science* 38: 893-895.
- WHO (1988) Food Irradiation - A technique for preserving and improving the safety of food. Geneva, Switzerland, pp.