

## 감마선 조사 후 가속 저장된 분말수프의 이화학적 품질 특성

김경희<sup>1</sup> · 권종숙<sup>1</sup> · 손천배<sup>1</sup> · 제갈성아<sup>1</sup> · 김나영<sup>2</sup> · 육홍선<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 식품영양학과

<sup>2</sup>중부대학교 식품영양학과

## Physicochemical Quality Properties of Gamma Irradiated-commercial Powdery Soup under Accelerated Storage Condition

Kyoung-Hee Kim<sup>1</sup>, Jong-Sook Kwon<sup>1</sup>, Chun-Bae Son<sup>1</sup>, Sung-A Jegal<sup>1</sup>,  
Na-Young Kim<sup>2</sup> and Hong-Sun Yook<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-600, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food Science and Nutrition, Joongbu University, Chungnam 312-702, Korea

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the physicochemical characteristics of gamma irradiated-commercial powdery soup under accelerated storage condition (60°C, 4 weeks). TBA values increased with increment of irradiation dose, but were not affected by storage period. On the other hand, TBA values increased with increment of storage period in non-irradiated sample. pH of irradiated samples decreased as compared with that of non-irradiated sample and significantly decreased as elapse of storage period ( $p < 0.05$ ). Viscosity of irradiated samples significantly decreased as increment of irradiation dose and no significant difference was observed as elapse of storage period ( $p < 0.05$ ). In Hunter's value, L value decreased but a value and b value were not significantly different with increment of irradiation dose and elapse of storage period. Because gamma irradiation was led to lipid oxidation and decrease in viscosity of commercial powdery soup, these results suggested that further studies should be investigated to reduce detrimental effects induced by irradiation.

**Key words:** powdery soup, irradiation, physicochemical properties, storage

### 서 론

아침식사 대용, 간식, 이유식 등으로 먹을 수 있는 편의식의 하나인 수프는 식생활의 서구화와 맞벌이 부부들의 증가로 인해 점점 소비량이 증가하는 추세이며(1), 이러한 수프는 소맥분과 우유분을 기본으로 여러 가지 다양한 재료를 첨가하여 만들 수 있으며 국내 수프관련 논문으로는 쌀가루 첨가수프(2), 굴통조림 부산액을 이용한 수프(3), 감자첨가수프(4) 등이 있다.

인스턴트 수프에 대한 국내연구는 위와 같이 기존수프에 몇 가지 재료를 더 첨가한 수프의 제조방법에 따른 품질특성 연구에 그치고 있으며 유통기간에 따른 품질변화나 저장 중 안전성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

식품조사는 방사선 에너지(감마선, 전자선 및 X선)를 피조사체 식품에 일정시간 노출시켜 살균, 살충, 생장조절, 물성개선 등의 효과를 거두는 기술이며(5), 식품의 감마선 조사는 총 평균 10 kGy의 조사량으로는 어떠한 식품에 조사해

도 독성적 위험이 없으므로 10 kGy 이하로 조사된 식품에 대해서는 더 이상의 독성실험이 필요없다고 하였으며 식품 중 특정의 영양소나 미생물에서 문제를 유발하지 않는다고 하였다(6). 기존의 감마선 조사에 대한 연구활동은 주로 채소류, 과일류, 버섯류, 곡류, 두류, 향신료, 육류 및 어류 등 단일품목에 대한 연구가 대부분이었으나(7) 최근 들어 소불고기 양념(8,9), 즉석식품(10-12), 이유식(13) 등 가공식품의 저장성 향상이나 품질향상에 대한 연구가 진행되고 있다.

이에 본 연구에서는 시판되는 인스턴트 분말수프의 유통기간 중 품질변화와 저장안전성을 확보하기 위해 감마선 조사를 실시하여 60°C에서 4주간 가속저장을 한 후 저장기간 중 이화학적 품질특성을 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 시료의 구입 및 감마선 조사

본 실험에 사용한 인스턴트건조 분말수프는 시중에서 판

\*Corresponding author. E-mail: yhsuny@cnu.ac.kr  
Phone: 82-42-821-6840, Fax: 82-42-821-8887

Table 1. Nutritional compositions of commercial instant soup

Types of soup	Cream	Beef	Mushroom	Corn
Calorie (kcal/100 g)	423.73	423.73	423.73	423.73
Protein (g/100 g)	5.65	11.30	11.30	5.65
Fat (g/100 g)	11.30	11.30	11.30	11.30
Carbohydrate (g/100 g)	73.45	67.80	67.80	73.45
Sodium (mg/100 g)	2259.89	2768.36	2598.87	2655.37
Ingredients	milk powder, wheat flour, corn flour, glucose, sugar, soybean	beef, wheat flour, corn flour, mixing oil, milk, soybean	corn flour, sweet corn, wheat flour, sugar, milk powder, corn starch, soybean	mushroom, wheat flour, corn flour, milk powder, mixing oil, glucose, soybean

매 중인 제품 중 동일날짜에 생산된 크림, 쇠고기, 양송이, 옥수수 수프를 구입하여 사용하였으며 영양성분표는 Table 1과 같다. 구입한 분말수프를 Co-60 감마선 조사시설(IR-79, Nordion International Ltd., Ontario, Canada, 100 kGy)을 이용하여 실온에서 시간당 5 kGy의 선량률로 각각 0, 3.0, 5.0, 7.5, 10.0 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 조사하였다. 흡수선량의 확인은 Fricke dosimetry(ceric/cerous dosimeter)를 사용하였고, 선량의 오차는  $\pm 0.1$  kGy이었으며, 조사실의 온도는 18°C이었다. 감마선 조사된 분말수프는 60°C에서 4주간 저장하면서 1주 간격으로 시험을 실시하였다.

#### 수프의 조리

분말수프의 색도, 점도, pH 측정을 위한 시료의 제조는 제품에 명시된 조리방법 중 가열방법만 변화시켜 다음과 같이 하였다. 분말수프 4 g에 찬물 40 mL를 넣어 잘 섞어준 후 중탕으로 끓는 물에 15분동안 가열처리하여 실험에 사용하였다.

#### 지방산패도 측정

지방산패도는 Jo와 Ahn(14)의 2-thiobarbituric acid reactive substance(TBARS)법으로 측정하였다. 시료 3 g에 50  $\mu$ L의 BHA(7.2% in ethanol)와 증류수 9 mL를 넣은 후 균질화시켰다. 균질물 1 mL에 TBA/TCA 용액(30 mM TBA in 15% TCA) 2 mL를 넣은 후 끓는 물에서 15분간 가열하였다. 냉각 후 원심분리기(Union 5KR, Hanil science industrial Co. Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 원심분리(2,000 rpm, 15분)한 후, 상층액 1 mL를 취하여 532 nm에서 흡광도를 측정 후 검량선을 이용하여 malondialdehyde의 농도를 구하였다. 이 때 얻어진 결과는  $\mu$ g malondialdehyde/g soup로 표시하였다.

#### pH 측정

시료수프의 pH는 30°C에서 pH meter(pH/ISE meter model 750P, Istek, Inc., Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다.

#### 점도 측정

시료수프의 점도는 점도계(Brookfield Digital viscometer DV II+, USA)에 spindle RV/HA/HB-5를 장착한 후 회전속도 25 rpm, 시료온도 40°C에서 측정하였다.

#### 색도 측정

인스턴트건조 분말수프의 기계적 색도는 Hunter 색차계(Spectrophotometer CM-3500d, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여  $L^*$ (lightness),  $a^*$ (redness),  $b^*$ (yellowness)값을 측정하였다. 이 때 zero calibration은 CM-A124 box를 이용하였고, white calibration은 CM-A120 box를 이용하였으며 수프의 색도는 수프의 조리전인 가루상태와 조리후인 액상상태의 2가지 상태를 각각 측정하였다.

#### 통계분석

이상의 실험에서 얻어진 결과는 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, 10.0)(15)를 이용하여 one way ANOVA 분석 후, 시료간의 유의성은 Duncan's multiple range test로  $p < 0.05$  수준에서 비교하였다.

## 결과 및 고찰

#### 지방산패도 변화(2-Thiobarbituric acid, TBA)

감마선 조사된 시판분말수프의 TBA값을 측정할 결과를 Table 2에 나타내었다. 본 연구에서 TBA값은 4종류의 수프 모두 비조사구에 비해 조사구의 경우 조사선량이 증가함에 따라 증가하였다. 비조사구의 경우 4가지 수프 모두에서 저장기간이 늘어남에 따라 TBA값이 약간 증가하는 경향을 보였으나 크림수프와 옥수수수프의 경우 저장기간에 따른 TBA값의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 비조사구에서 저장기간이 늘어남에 따라 TBA값이 약간 증가한 것은 수프의 수분활성도가 0.1(16)로 지질산화에 잘 일어날 수 있는 범위이기 때문인 것으로 사료된다. 옥수수 수프의 경우 조사구 및 비조사구 모두에서 TBA값이 높게 나타났는데 4가지 수프의 지방함량이 동일하므로 지질산화에 의한 것이라기보다 옥수수 수프의 황색도가 다른 수프들에 비해 높은 것으로 볼 때 색에 의한 영향일 것으로 여겨진다.

감마선 조사선량에 따른 TBA값의 변화를 살펴보면 조사된 수프의 TBA값은 조사선량에 비례하여 증가하였으나 저장기간이 늘어남에 따라 TBA값이 증가하지는 않았다. 일반적으로 식품의 감마선 조사는 지질의 자동산화와 이취발생을 증가시키며 free radical농도는 조사선량에 비례하여 증가(17,18)하는데 본 실험의 결과도 이와 일치한다. 하지만

**Table 2. Changes in TBA value of irradiated instant soup stored at 60°C during 4 weeks**

Types of soup	Storage period (week)	Irradiation dose (kGy)				
		0	3	5	10	SEM <sup>2)</sup>
Cream	0	2.68 <sup>ay1)</sup>	3.78 <sup>abx</sup>	4.06 <sup>ax</sup>	5.11 <sup>aw</sup>	0.14
	1	3.07 <sup>ax</sup>	3.49 <sup>bcwx</sup>	4.26 <sup>aw</sup>	3.79 <sup>bcwx</sup>	0.32
	2	3.25 <sup>aw</sup>	3.07 <sup>aw</sup>	3.57 <sup>aw</sup>	3.84 <sup>bw</sup>	0.40
	4	3.39 <sup>ay</sup>	4.07 <sup>ax</sup>	3.95 <sup>axy</sup>	4.70 <sup>abw</sup>	0.20
	SEM <sup>2)</sup>	0.32	0.20	0.26	0.32	
Beef	0	2.23 <sup>bz</sup>	3.04 <sup>ay</sup>	3.42 <sup>cx</sup>	4.54 <sup>aw</sup>	0.08
	1	3.06 <sup>abw</sup>	3.12 <sup>aw</sup>	3.80 <sup>bw</sup>	3.92 <sup>aw</sup>	0.38
	2	2.66 <sup>by</sup>	2.97 <sup>axy</sup>	3.90 <sup>abw</sup>	3.77 <sup>awx</sup>	0.31
	4	3.37 <sup>ax</sup>	3.19 <sup>ax</sup>	4.10 <sup>aw</sup>	4.03 <sup>aw</sup>	0.15
	SEM <sup>2)</sup>	0.34	0.25	0.10	0.28	
Mush-room	0	2.53 <sup>by</sup>	3.48 <sup>bcx</sup>	3.87 <sup>abx</sup>	4.80 <sup>aw</sup>	0.32
	1	3.32 <sup>abx</sup>	4.02 <sup>abwx</sup>	3.79 <sup>bcwx</sup>	4.27 <sup>abw</sup>	0.28
	2	2.84 <sup>aby</sup>	3.22 <sup>cx</sup>	3.64 <sup>bw</sup>	3.74 <sup>bw</sup>	0.09
	4	3.61 <sup>ay</sup>	3.90 <sup>abxy</sup>	4.27 <sup>awx</sup>	4.85 <sup>aw</sup>	0.22
	SEM <sup>2)</sup>	0.28	0.15	0.16	0.32	
Corn	0	4.95 <sup>ay</sup>	5.32 <sup>ax</sup>	5.54 <sup>abx</sup>	6.43 <sup>aw</sup>	0.20
	1	5.55 <sup>ax</sup>	5.31 <sup>ax</sup>	6.01 <sup>awx</sup>	6.89 <sup>aw</sup>	0.42
	2	4.72 <sup>aw</sup>	5.47 <sup>aw</sup>	5.16 <sup>bw</sup>	6.08 <sup>aw</sup>	0.64
	4	5.11 <sup>ax</sup>	5.28 <sup>ax</sup>	5.71 <sup>abw</sup>	5.79 <sup>aw</sup>	0.07
	SEM <sup>2)</sup>	0.32	0.55	0.25	0.40	

<sup>1)</sup>Values with different letters (a-c) within a column differ significantly (p<0.05). Values with different letters (w-z) within a row differ significantly (p<0.05).

<sup>2)</sup>Standard error of the means (n=8).

TBA값이 저장기간의 증가에 따라 증가하지 않은 것은 Nam과 Yang(19)의 감마선 조사된 채소류에서 조사선량과 저장기간에 따른 free radical 농도의 변화를 측정할 결과 free radical의 농도가 선량에 비례적으로 증가하나 저장기간이 경과함에 따라 감소하였고 저장 4주후부터는 감소량이 적었다는 연구결과에서와 같이 저장기간의 경과에 따른 free radical 농도감소로 인한 것으로 사료된다.

**pH 변화**

pH변화는 저장 중 품질에 중요한 영향을 미치는 요인 중 하나로 감마선 조사된 시판분말수프의 저장기간 중 pH 변화는 Table 3에 나타내었다. 비조사구에 비해 조사구에서 조사선량에 비례하여 pH값이 낮아지는 것으로 나타났다. 조사구 및 비조사구 4가지 수프 모두에서 저장기간이 늘어날수록 pH값이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다.

**점도 변화**

분말수프의 저장기간 중 점도 측정결과를 Table 4에 나타내었다. 본 연구에서는 비조사구에 비해 조사선량이 증가할수록 분말수프의 점도가 유의적으로 감소하였으며(p<0.05) 저장기간이 늘어남에 따른 변화는 없었다.

감마선 조사된 전분입자에서 생성된 free radical은 화학결합을 가수분해하여 전분의 큰 분자를 dextrin 절편의 작은 분자로 붕괴시키며(5,20), 이러한 변화는 조사된 밀, 쌀, 옥수

**Table 3. Changes in pH of irradiated instant soup stored at 60°C during 4 weeks**

Type of soup	Storage period (week)	Irradiation dose (kGy)				
		0	3	5	10	SEM <sup>2)</sup>
Cream	0	6.20 <sup>aw1)</sup>	6.13 <sup>awx</sup>	6.09 <sup>axy</sup>	6.04 <sup>az</sup>	0.04
	1	6.16 <sup>aw</sup>	6.04 <sup>bx</sup>	6.02 <sup>bxy</sup>	5.96 <sup>bz</sup>	0.04
	2	6.17 <sup>aw</sup>	6.04 <sup>bx</sup>	6.04 <sup>bx</sup>	5.97 <sup>by</sup>	0.02
	4	5.99 <sup>bw</sup>	5.85 <sup>cx</sup>	5.81 <sup>cy</sup>	5.80 <sup>cy</sup>	0.01
	SEM <sup>2)</sup>	0.04	0.02	0.02	0.02	
Beef	0	6.04 <sup>aw</sup>	5.98 <sup>aw</sup>	5.91 <sup>ax</sup>	5.8 <sup>ay</sup>	0.03
	1	5.65 <sup>cw</sup>	5.76 <sup>bw</sup>	5.67 <sup>bw</sup>	5.72 <sup>abw</sup>	0.08
	2	5.86 <sup>bw</sup>	5.72 <sup>bxy</sup>	5.75 <sup>bcwx</sup>	5.62 <sup>bcy</sup>	0.05
	4	5.49 <sup>dw</sup>	5.53 <sup>cw</sup>	5.43 <sup>cx</sup>	5.50 <sup>cw</sup>	0.02
	SEM <sup>2)</sup>	0.05	0.04	0.05	0.06	
Mush-room	0	6.09 <sup>aw</sup>	5.95 <sup>ax</sup>	5.93 <sup>ax</sup>	5.89 <sup>ax</sup>	0.03
	1	5.75 <sup>bw</sup>	5.71 <sup>bw</sup>	5.68 <sup>bw</sup>	5.73 <sup>bw</sup>	0.06
	2	5.77 <sup>bw</sup>	5.79 <sup>bw</sup>	5.75 <sup>bcwx</sup>	5.69 <sup>cx</sup>	0.03
	4	5.81 <sup>bw</sup>	5.73 <sup>bx</sup>	5.71 <sup>by</sup>	5.18 <sup>dz</sup>	0.01
	SEM <sup>2)</sup>	0.05	0.04	0.03	0.02	
Corn	0	6.15 <sup>aw</sup>	6.06 <sup>ax</sup>	6.02 <sup>ax</sup>	5.96 <sup>ay</sup>	0.020
	1	5.94 <sup>bw</sup>	5.83 <sup>bx</sup>	5.80 <sup>bx</sup>	5.77 <sup>bx</sup>	0.029
	2	5.80 <sup>cw</sup>	5.77 <sup>bcw</sup>	5.79 <sup>bw</sup>	5.70 <sup>cw</sup>	0.058
	4	5.82 <sup>cw</sup>	5.75 <sup>cx</sup>	5.68 <sup>cy</sup>	5.51 <sup>dz</sup>	0.009
	SEM <sup>2)</sup>	0.05	0.03	0.03	0.03	

<sup>1)</sup>Values with different letters (a-d) within a column differ significantly (p<0.05). Values with different letters (w-z) within a row differ significantly (p<0.05).

<sup>2)</sup>Standard error of the means (n=16).

**Table 4. Changes in viscosity of irradiated instant soup stored at 60°C during 4 weeks**

Type of soup	Storage period (week)	Irradiation dose (kGy)				
		0	3	5	10	SEM <sup>2)</sup>
Cream	0	413.30 <sup>bw1)</sup>	220.00 <sup>ax</sup>	166.67 <sup>ay</sup>	66.60 <sup>az</sup>	8.17
	1	320.00 <sup>cw</sup>	133.33 <sup>bx</sup>	120.00 <sup>by</sup>	80.00 <sup>az</sup>	4.71
	2	460.00 <sup>bw</sup>	213.33 <sup>ax</sup>	120.00 <sup>by</sup>	80.00 <sup>az</sup>	14.91
	4	540.00 <sup>aw</sup>	220.00 <sup>ax</sup>	120.00 <sup>by</sup>	73.00 <sup>ay</sup>	29.81
	SEM <sup>2)</sup>	33.00	3.34	4.71	6.67	
Beef	0	806.67 <sup>aw</sup>	320.00 <sup>bx</sup>	173.33 <sup>ay</sup>	73.33 <sup>abz</sup>	14.14
	1	540.00 <sup>bw</sup>	213.33 <sup>dx</sup>	160.00 <sup>ax</sup>	66.67 <sup>aby</sup>	32.32
	2	646.67 <sup>bw</sup>	380.00 <sup>ax</sup>	140.67 <sup>ay</sup>	80.00 <sup>az</sup>	24.04
	4	853.33 <sup>aw</sup>	280.00 <sup>cx</sup>	86.67 <sup>by</sup>	60.00 <sup>by</sup>	29.06
	SEM <sup>2)</sup>	47.61	14.91	11.55	6.67	
Mush-room	0	586.67 <sup>abw</sup>	326.67 <sup>bx</sup>	226.67 <sup>ay</sup>	126.67 <sup>az</sup>	29.81
	1	520.00 <sup>bw</sup>	293.33 <sup>cx</sup>	180.00 <sup>by</sup>	133.33 <sup>az</sup>	17.64
	2	666.67 <sup>aw</sup>	480.00 <sup>ax</sup>	220.00 <sup>ay</sup>	126.67 <sup>ay</sup>	10.54
	4	640.00 <sup>aw</sup>	266.67 <sup>dx</sup>	146.67 <sup>cy</sup>	66.67 <sup>bz</sup>	11.55
	SEM <sup>2)</sup>	34.32	11.55	6.67	9.43	
Corn	0	566.67 <sup>aw</sup>	213.33 <sup>ax</sup>	120.00 <sup>ay</sup>	40.00 <sup>az</sup>	10.54
	1	560.00 <sup>aw</sup>	200.00 <sup>ax</sup>	146.67 <sup>ay</sup>	80.00 <sup>az</sup>	18.86
	2	500.00 <sup>bw</sup>	206.67 <sup>ax</sup>	146.67 <sup>ay</sup>	80.00 <sup>az</sup>	15.64
	4	473.33 <sup>bw</sup>	173.33 <sup>bx</sup>	80.00 <sup>by</sup>	40.00 <sup>az</sup>	6.67
	SEM <sup>2)</sup>	19.44	11.55	15.64	0.00	

<sup>1)</sup>Values with different letters (a-d) within a column differ significantly (p<0.05). Values with different letters (w-z) within a row differ significantly (p<0.05).

<sup>2)</sup>Standard error of the means (n=12).

수의 물리적, 유동학적 성질에 영향을 미쳐 전분의 용해성을 증가시키고 팽창력과 전분 점도를 감소시킨다(21,22).

점도 측정법은 이러한 조사 시 점도의 감소가 야기되는 특성을 이용하여 비교적 많은 양의 전분을 함유하고 있는 검은 후추가루에 대한 검지기술로 제안되었으며(23) 주로 건조향신료를 대상으로 많은 연구가 이루어진 상태이고(24-27), 곡류(28-30), 전분류(31,32) 등에 대한 적용 가능성이 보고되고 있다. 또한 An 등(33)도 전분에 감마선 조사 시 뚜렷한 점도변화가 나타남을 보고하고 있으며 본 연구에서의 선량증가에 따른 점도감소도 이러한 결과와 일치한다.

영양밀도가 높은 식품의 섭취는 소화기능이 미숙한 유아나 어린이, 노화로 인해 소화기능이 감퇴된 노인, 영양요구량이 높은 입산부나 환자, 성장기 어린이의 성장발육 촉진을

비롯한 건강증진에 효과적인데, 전분의 호화 시 나타나는 점도증가는 전분이 주요 성분인 탄수화물식품의 경우 충분한 에너지를 공급할 수 없으므로 탄수화물식품이 갖는 문제점을 해결하여 영양밀도가 높은 제품의 기술개발이 요구되고 있다(34,35). 최근에는 전분류의 감마선 조사로 인한 점도 감소효과를 이러한 영양밀도가 높은 제품의 기술개발에 이용할 수 있는 연구가 진행 중인데(33,36), 감마선 조사된 분말수프 역시 이러한 방법으로도 적용하여 미생물학적 안전성을 확보함과 동시에 열량을 증대시켜 재난구호 식품이나 환자식, 이유식 등으로 적용 가능할 것으로 사료된다.

#### 색도 변화

식품의 색은 그 식품에 대한 소비자들의 기호성에 많은 영향을 미치는 요인이 되며 또한 그 식품의 품질을 결정하는

**Table 5. Changes in Hunter's color value of irradiated cream soup stored at 60°C during 4 weeks**

Foams of soup	Storage period (week)	Irradiation dose (kGy)				
		0	3	5	10	SEM <sup>2)</sup>
L*	0	90.19 <sup>bw1)</sup>	89.50 <sup>bx</sup>	89.42 <sup>bx</sup>	88.43 <sup>cy</sup>	0.09
	1	90.73 <sup>aw</sup>	89.98 <sup>ax</sup>	89.23 <sup>by</sup>	88.71 <sup>bz</sup>	0.14
	2	90.93 <sup>aw</sup>	88.61 <sup>cz</sup>	89.72 <sup>ax</sup>	89.18 <sup>ay</sup>	0.16
	4	90.23 <sup>bw</sup>	89.20 <sup>bx</sup>	87.66 <sup>cy</sup>	86.80 <sup>dz</sup>	0.15
	SEM <sup>2)</sup>	0.17	0.17	0.12	0.07	
Pow-der	0	-0.63 <sup>bz</sup>	-0.42 <sup>dy</sup>	-0.27 <sup>cx</sup>	-0.05 <sup>cw</sup>	0.06
	1	-0.74 <sup>cz</sup>	-0.18 <sup>cy</sup>	0.09 <sup>bx</sup>	0.66 <sup>bw</sup>	0.08
	2	-0.23 <sup>az</sup>	0.87 <sup>aw</sup>	0.10 <sup>by</sup>	0.48 <sup>bx</sup>	0.05
	4	-0.15 <sup>az</sup>	0.29 <sup>by</sup>	0.92 <sup>ax</sup>	1.13 <sup>aw</sup>	0.06
	SEM <sup>2)</sup>	0.04	0.06	0.06	0.08	
b*	0	21.62 <sup>cw</sup>	20.82 <sup>dx</sup>	20.47 <sup>dy</sup>	19.75 <sup>dz</sup>	0.10
	1	21.99 <sup>by</sup>	22.18 <sup>by</sup>	23.03 <sup>bw</sup>	22.58 <sup>bx</sup>	0.10
	2	22.22 <sup>bw</sup>	21.97 <sup>cy</sup>	22.14 <sup>cw</sup>	21.68 <sup>cz</sup>	0.05
	4	22.70 <sup>az</sup>	22.92 <sup>ay</sup>	23.41 <sup>ax</sup>	23.69 <sup>aw</sup>	0.07
	SEM <sup>2)</sup>	0.10	0.09	0.06	0.07	
L*	0	71.79 <sup>bw</sup>	71.55 <sup>ax</sup>	70.99 <sup>ay</sup>	70.5 <sup>az</sup>	0.03
	1	71.72 <sup>bw</sup>	70.45 <sup>bx</sup>	69.49 <sup>cy</sup>	67.35 <sup>cz</sup>	0.33
	2	73.00 <sup>aw</sup>	69.76 <sup>cx</sup>	70.35 <sup>bx</sup>	68.75 <sup>by</sup>	0.26
	4	73.36 <sup>aw</sup>	71.62 <sup>ax</sup>	68.94 <sup>cy</sup>	67.97 <sup>bcz</sup>	0.36
	SEM <sup>2)</sup>	0.27	0.21	0.25	0.36	
Liq-uid <sup>3)</sup>	0	-3.98 <sup>cz</sup>	-3.54 <sup>cx</sup>	-3.64 <sup>by</sup>	-3.44 <sup>bw</sup>	0.03
	1	-3.05 <sup>by</sup>	-2.78 <sup>bx</sup>	-2.83 <sup>ax</sup>	-2.43 <sup>aw</sup>	0.06
	2	-2.62 <sup>ay</sup>	-2.35 <sup>aw</sup>	-2.73 <sup>az</sup>	-2.50 <sup>ax</sup>	0.04
	4	-4.36 <sup>dx</sup>	-3.59 <sup>cw</sup>	-3.56 <sup>bw</sup>	-3.36 <sup>bw</sup>	0.12
	SEM <sup>2)</sup>	0.04	0.03	0.12	0.07	
b*	0	16.35 <sup>bw</sup>	14.73 <sup>cz</sup>	15.49 <sup>by</sup>	15.82 <sup>bx</sup>	0.02
	1	14.73 <sup>cwx</sup>	14.90 <sup>bcw</sup>	14.19 <sup>cxy</sup>	14.01 <sup>dy</sup>	0.28
	2	15.93 <sup>bw</sup>	15.31 <sup>bcw</sup>	15.11 <sup>bx</sup>	14.68 <sup>cx</sup>	0.29
	4	17.31 <sup>aw</sup>	18.09 <sup>aw</sup>	17.31 <sup>aw</sup>	17.47 <sup>aw</sup>	0.33
	SEM <sup>2)</sup>	0.27	0.23	0.29	0.24	

<sup>1)</sup>Values with different letters (a-d) within a column differ significantly (p<0.05). Values with different letters (w-z) within a row differ significantly (p<0.05).

<sup>2)</sup>Standard error of the means (n=12).

<sup>3)</sup>Sample (4 g) was into 40 mL DW, cooked the vessel containing sample in hot water for 15 min, cooled, and measured color.

**Table 6. Changes in Hunter's color values of irradiated beef soup stored at 60°C during 4 weeks**

Foams of soup	Storage period (week)	Irradiation dose (kGy)				
		0	3	5	10	SEM <sup>2)</sup>
L*	0	86.19 <sup>aw1)</sup>	84.50 <sup>ax</sup>	84.67 <sup>ax</sup>	82.95 <sup>cy</sup>	0.09
	1	85.61 <sup>bw</sup>	84.58 <sup>ax</sup>	84.85 <sup>bx</sup>	84.53 <sup>ax</sup>	0.31
	2	84.59 <sup>cw</sup>	84.74 <sup>aw</sup>	86.63 <sup>bx</sup>	83.67 <sup>bx</sup>	0.13
	4	84.80 <sup>cw</sup>	84.36 <sup>ax</sup>	82.78 <sup>cy</sup>	81.34 <sup>dz</sup>	0.17
	SEM <sup>2)</sup>	0.18	0.22	0.24	0.11	
Pow-der	0	-0.76 <sup>dz</sup>	-0.44 <sup>dy</sup>	0.10 <sup>dx</sup>	0.45 <sup>cw</sup>	0.05
	1	0.87 <sup>bx</sup>	0.93 <sup>bw</sup>	1.10 <sup>bw</sup>	1.09 <sup>bw</sup>	0.09
	2	1.09 <sup>ax</sup>	1.12 <sup>ax</sup>	1.32 <sup>aw</sup>	1.39 <sup>aw</sup>	0.07
	4	0.25 <sup>cy</sup>	0.22 <sup>cy</sup>	0.87 <sup>cx</sup>	1.43 <sup>aw</sup>	0.05
	SEM <sup>2)</sup>	0.05	0.08	0.07	0.07	
b*	0	22.55 <sup>aw</sup>	21.58 <sup>bx</sup>	21.42 <sup>by</sup>	21.17 <sup>bz</sup>	0.07
	1	20.01 <sup>dx</sup>	20.62 <sup>cw</sup>	20.45 <sup>cw</sup>	20.59 <sup>cw</sup>	0.08
	2	20.63 <sup>cw</sup>	20.43 <sup>cw</sup>	20.69 <sup>cw</sup>	20.71 <sup>cw</sup>	0.22
	4	22.37 <sup>bz</sup>	22.73 <sup>ay</sup>	23.60 <sup>ax</sup>	24.09 <sup>aw</sup>	0.15
	SEM <sup>2)</sup>	0.07	0.11	0.24	0.08	
L*	0	65.85 <sup>aw</sup>	64.66 <sup>ax</sup>	63.45 <sup>ay</sup>	62.06 <sup>az</sup>	0.09
	1	58.58 <sup>by</sup>	62.14 <sup>bw</sup>	60.47 <sup>cx</sup>	61.74 <sup>aw</sup>	0.25
	2	58.32 <sup>cy</sup>	58.70 <sup>cy</sup>	61.91 <sup>bw</sup>	60.61 <sup>bx</sup>	0.31
	4	52.71 <sup>dz</sup>	54.00 <sup>dy</sup>	55.45 <sup>dx</sup>	56.40 <sup>cw</sup>	0.29
	SEM <sup>2)</sup>	0.10	0.37	0.190	0.27	
Liq-uid <sup>3)</sup>	0	-3.64 <sup>dy</sup>	-3.75 <sup>dz</sup>	-3.50 <sup>dx</sup>	-3.08 <sup>cw</sup>	0.03
	1	-0.12 <sup>cw</sup>	-1.12 <sup>cx</sup>	-0.85 <sup>bx</sup>	-1.11 <sup>bx</sup>	0.15
	2	1.02 <sup>bw</sup>	0.22 <sup>bx</sup>	-1.39 <sup>cz</sup>	-1.11 <sup>by</sup>	0.09
	4	2.86 <sup>aw</sup>	1.13 <sup>ax</sup>	0.36 <sup>ay</sup>	0.21 <sup>ay</sup>	0.22
	SEM <sup>2)</sup>	0.14	0.12	0.14	0.16	
b*	0	18.82 <sup>bw</sup>	16.99 <sup>bx</sup>	16.44 <sup>by</sup>	16.15 <sup>bz</sup>	0.08
	1	15.87 <sup>dw</sup>	14.55 <sup>cx</sup>	14.64 <sup>cx</sup>	14.62 <sup>cx</sup>	0.35
	2	17.58 <sup>cw</sup>	16.35 <sup>bx</sup>	14.94 <sup>cy</sup>	14.30 <sup>cy</sup>	0.30
	4	20.27 <sup>aw</sup>	19.05 <sup>ax</sup>	19.18 <sup>ax</sup>	18.38 <sup>ay</sup>	0.13
	SEM <sup>2)</sup>	0.13	0.33	0.15	0.29	

<sup>1)</sup>Values with different letters (a-d) within a column differ significantly (p<0.05). Values with different letters (w-z) within a row differ significantly (p<0.05).

<sup>2)</sup>Standard error of the means (n=12).

<sup>3)</sup>Sample (4 g) was into 40 mL DW, cooked the vessel containing sample in hot water for 15 min, cooled, and measured color.

중요한 척도가 된다. 감마선 조사 후 시판분말수프를 60°C에서 저장하면서 색도의 변화를 관찰한 결과를 Table 5~8에 나타내었다. 액상 및 분말상태의 수프 모두 비조사구에 비해 조사구에서 조사선량이 증가할수록 명도가 감소하는 경향을 보였고 적색도의 경우 액상 및 분말상태의 수프 모두 비조사구에 비해 조사구에서 양송이수프를 제외하고 더 높은 값을 나타내었으며 선량에 따른 차이는 보이지 않았다. 황색도의 경우 조사구에 비해 비조사구에서 감소하는 경향을 나타내었으나 이 역시 선량에 따라 비례적으로 감소하지는 않았다.

저장기간에 따른 색도의 변화를 살펴보면 비조사구의 경우 분말상태에서는 크림수프를 제외하고 저장기간이 늘어날수록 명도가 감소하였고 액상상태에서는 크림과 양송이수프는 저장기간에 따라 증가하였으나 쇠고기와 양송이 수

프는 감소하는 경향을 나타내었다. 적색도는 저장기간이 늘어남에 따라 증가하였다가 감소하는 경향을 나타내는 경우가 많았으며 황색도는 가루상태에서 크림과 양송이수프는 저장기간에 따라 증가하였고 쇠고기 수프는 감소 후 증가, 옥수수 수프는 감소하는 경향을 나타내었다. 액상상태에서 크림, 쇠고기, 옥수수 수프는 저장기간에 따라 황색도가 감소 후 증가하였고 양송이수프는 증가 후 감소하였다. 이러한 색도의 변화는 수프의 종류에 따른 성분의 차이가 조리 후의 변화에 영향을 미쳤기 때문에 같은 수프라도 가루상태일 때와 액상상태일 때, 저장기간에 따라 다른 색도변화를 나타내고 수프의 종류에 따라 차이가 있는 것으로 사료된다.

조사구의 경우 4종류의 수프 모두 조사선량에 비례하여 명도가 감소하였으며 저장기간이 늘어남에 따라 조사선량 및 수프에 따른 차이는 있으나 대체적으로 감소하는 경향을

**Table 7. Changes in Hunter's color values of irradiated mushroom soup stored at 60°C during 4 weeks**

Foams of soup	Storage period (week)	Irradiation dose (kGy)				
		0	3	5	10	SEM <sup>2)</sup>
L*	0	88.13 <sup>aw1)</sup>	86.63 <sup>ax</sup>	86.62 <sup>ax</sup>	85.69 <sup>ay</sup>	0.12
	1	86.40 <sup>bw</sup>	85.67 <sup>bx</sup>	85.37 <sup>bx</sup>	85.60 <sup>ax</sup>	0.13
	2	83.51 <sup>cz</sup>	85.38 <sup>bx</sup>	86.65 <sup>aw</sup>	84.73 <sup>by</sup>	0.09
	4	83.72 <sup>cy</sup>	84.78 <sup>cx</sup>	85.55 <sup>bw</sup>	78.63 <sup>cz</sup>	0.27
	SEM <sup>2)</sup>	0.20	0.17	0.15	0.14	
Powder a*	0	0.63 <sup>cz</sup>	0.87 <sup>cy</sup>	1.00 <sup>cx</sup>	1.11 <sup>dw</sup>	0.03
	1	2.29 <sup>bw</sup>	2.29 <sup>bw</sup>	2.44 <sup>aw</sup>	1.67 <sup>cx</sup>	0.13
	2	3.54 <sup>aw</sup>	2.46 <sup>ay</sup>	1.84 <sup>bz</sup>	2.81 <sup>bx</sup>	0.04
	4	2.56 <sup>bx</sup>	2.34 <sup>aby</sup>	1.75 <sup>bz</sup>	4.76 <sup>aw</sup>	0.08
	SEM <sup>2)</sup>	0.12	0.06	0.07	0.06	
b*	0	19.74 <sup>cw</sup>	18.72 <sup>cy</sup>	18.85 <sup>dx</sup>	18.54 <sup>dz</sup>	0.05
	1	19.93 <sup>cx</sup>	20.31 <sup>bw</sup>	20.38 <sup>bw</sup>	19.85 <sup>cx</sup>	0.11
	2	20.32 <sup>bw</sup>	20.43 <sup>bw</sup>	20.13 <sup>w</sup>	20.65 <sup>bw</sup>	0.23
	4	20.58 <sup>az</sup>	20.97 <sup>ay</sup>	21.16 <sup>ax</sup>	22.62 <sup>aw</sup>	0.08
	SEM <sup>2)</sup>	0.09	0.10	0.07	0.23	
L*	0	63.66 <sup>bw</sup>	62.65 <sup>cx</sup>	61.71 <sup>dy</sup>	62.59 <sup>ax</sup>	0.06
	1	63.84 <sup>bw</sup>	62.32 <sup>cy</sup>	62.99 <sup>cx</sup>	62.82 <sup>axy</sup>	0.22
	2	65.16 <sup>aw</sup>	66.00 <sup>aw</sup>	66.10 <sup>aw</sup>	64.49 <sup>ax</sup>	0.40
	4	65.22 <sup>aw</sup>	64.74 <sup>bw</sup>	64.13 <sup>bw</sup>	68.60 <sup>aw</sup>	7.35
	SEM <sup>2)</sup>	0.30	0.19	0.27	7.35	
Liq-uid <sup>3)</sup> a*	0	-0.65 <sup>bw</sup>	-0.94 <sup>by</sup>	-0.74 <sup>bw</sup>	-0.84 <sup>cx</sup>	0.04
	1	0.54 <sup>aw</sup>	-0.12 <sup>ax</sup>	-0.32 <sup>ax</sup>	-0.26 <sup>bx</sup>	0.08
	2	-3.17 <sup>dw</sup>	-3.93 <sup>dy</sup>	-4.25 <sup>dz</sup>	-3.60 <sup>dx</sup>	0.13
	4	-0.95 <sup>cx</sup>	-1.78 <sup>cy</sup>	-2.18 <sup>cz</sup>	1.23 <sup>aw</sup>	0.14
	SEM <sup>2)</sup>	0.12	0.13	0.08	0.118	
b*	0	12.77 <sup>dw</sup>	12.26 <sup>dy</sup>	11.75 <sup>dz</sup>	12.44 <sup>dx</sup>	0.04
	1	14.95 <sup>cw</sup>	13.63 <sup>cx</sup>	13.95 <sup>cx</sup>	14.02 <sup>cx</sup>	0.17
	2	19.74 <sup>aw</sup>	20.47 <sup>aw</sup>	20.14 <sup>aw</sup>	20.69 <sup>aw</sup>	0.44
	4	16.10 <sup>bx</sup>	15.78 <sup>bx</sup>	14.95 <sup>by</sup>	17.48 <sup>bw</sup>	0.19
	SEM <sup>2)</sup>	0.33	0.20	0.26	0.20	

<sup>1)</sup>Values with different letters (a-d) within a column differ significantly (p<0.05). Values with different letters (w-z) within a row differ significantly (p<0.05).

<sup>2)</sup>Standard error of the means (n=12).

<sup>3)</sup>Sample (4 g) was into 40 mL DW, cooked the vessel containing sample in hot water for 15 min, cooled, and measured color.

**Table 8. Changes in Hunter's color values of irradiated corn soup stored at 60°C during 4 weeks**

Foams of soup	Storage period (week)	Irradiation dose (kGy)				
		0	3	5	10	SEM <sup>2)</sup>
L*	0	88.21 <sup>aw1)</sup>	87.23 <sup>ax</sup>	86.63 <sup>by</sup>	85.86 <sup>bz</sup>	0.07
	1	88.22 <sup>aw</sup>	87.19 <sup>ax</sup>	85.23 <sup>dy</sup>	86.95 <sup>ax</sup>	0.29
	2	87.02 <sup>bx</sup>	87.12 <sup>ax</sup>	87.26 <sup>aw</sup>	86.31 <sup>by</sup>	0.05
	4	86.42 <sup>cw</sup>	85.64 <sup>bx</sup>	85.76 <sup>cx</sup>	81.82 <sup>cy</sup>	0.11
	SEM <sup>2)</sup>	0.071	0.072	0.212	0.224	
Powder a*	0	0.54 <sup>bx</sup>	0.58 <sup>cx</sup>	0.72 <sup>cw</sup>	0.81 <sup>cw</sup>	0.051
	1	0.21 <sup>cy</sup>	0.49 <sup>cx</sup>	0.42 <sup>dx</sup>	0.92 <sup>cw</sup>	0.089
	2	1.30 <sup>aw</sup>	1.09 <sup>bxy</sup>	0.98 <sup>by</sup>	1.24 <sup>bw</sup>	0.075
	4	1.48 <sup>ay</sup>	1.71 <sup>ax</sup>	1.51 <sup>axy</sup>	3.25 <sup>aw</sup>	0.088
	SEM <sup>2)</sup>	0.10	0.078	0.07	0.06	
b*	0	27.22 <sup>bw</sup>	25.14 <sup>by</sup>	25.76 <sup>bx</sup>	24.70 <sup>cz</sup>	0.05
	1	27.35 <sup>aw</sup>	24.81 <sup>cy</sup>	24.81 <sup>cy</sup>	26.02 <sup>ax</sup>	0.20
	2	25.67 <sup>cx</sup>	25.72 <sup>ax</sup>	26.18 <sup>aw</sup>	25.65 <sup>bx</sup>	0.07
	4	25.77 <sup>cw</sup>	25.36 <sup>bx</sup>	25.73 <sup>bw</sup>	25.26 <sup>bx</sup>	0.11
	SEM <sup>2)</sup>	0.05	0.11	0.07	0.20	
L*	0	66.61 <sup>aw</sup>	65.32 <sup>by</sup>	66.01 <sup>ax</sup>	64.77 <sup>az</sup>	0.09
	1	66.86 <sup>aw</sup>	67.24 <sup>aw</sup>	65.06 <sup>bx</sup>	64.87 <sup>ax</sup>	0.31
	2	63.56 <sup>cx</sup>	62.94 <sup>cy</sup>	64.56 <sup>cw</sup>	62.68 <sup>by</sup>	0.17
	4	63.90 <sup>bw</sup>	63.44 <sup>cx</sup>	63.20 <sup>dx</sup>	59.74 <sup>cy</sup>	0.12
	SEM <sup>2)</sup>	0.15	0.23	0.19	0.20	
Liq-uid <sup>3)</sup> a*	0	-5.25 <sup>bx</sup>	-5.59 <sup>dy</sup>	-4.91 <sup>dw</sup>	-5.26 <sup>dx</sup>	0.08
	1	-3.92 <sup>bx</sup>	-3.59 <sup>bw</sup>	-3.75 <sup>bw</sup>	-3.96 <sup>cx</sup>	0.07
	2	1.86 <sup>aw</sup>	0.32 <sup>ax</sup>	-0.44 <sup>ay</sup>	-0.27 <sup>ay</sup>	0.13
	4	-1.71 <sup>aw</sup>	-4.62 <sup>cw</sup>	-4.67 <sup>cw</sup>	-1.79 <sup>bw</sup>	2.31
	SEM <sup>2)</sup>	2.31	0.11	0.06	0.11	
b*	0	21.92 <sup>aw</sup>	20.38 <sup>bx</sup>	22.07 <sup>aw</sup>	20.32 <sup>ax</sup>	0.10
	1	20.08 <sup>bx</sup>	21.81 <sup>aw</sup>	19.74 <sup>cx</sup>	20.00 <sup>ax</sup>	0.33
	2	16.43 <sup>cw</sup>	14.53 <sup>cx</sup>	14.18 <sup>dx</sup>	13.81 <sup>by</sup>	0.18
	4	19.73 <sup>bz</sup>	20.14 <sup>by</sup>	20.99 <sup>bw</sup>	20.58 <sup>ax</sup>	0.12
	SEM <sup>2)</sup>	0.16	0.19	0.20	0.26	

<sup>1)</sup>Values with different letters (a-d) within a column differ significantly (p<0.05). Values with different letters (w-z) within a row differ significantly (p<0.05).

<sup>2)</sup>Standard error of the means (n=12).

<sup>3)</sup>Sample (4 g) was into 40 mL DW, cooked the vessel containing sample in hot water for 15 min, cooled, and measured color.

나타내었다. 적색도 및 황색도의 경우에도 수프의 종류 및 조사선량에 따라 차이는 있으나 대체적으로 저장초기에 비해 4주 후 적색도 및 황색도가 증가하였다. 따라서 전체적인 색도의 변화를 살펴보면 비조사구 및 조사구 모두 저장기간이 연장됨에 따라 전체적으로 명도가 감소하고 소비자들의 기호에 덜 부합되는 색으로 변해가는 것을 알 수 있으며 수프에 감마선 조사를 할 경우 명도는 감소하고 적색도는 증가하며 황색도는 옥수수수프를 제외하고는 감소하는 것으로 나타났다. 저장기간에 따른 명도감소는 Sithole 등(37)의 유청분말에 대한 연구와 Beaulieu 등(38)의 감마선 조사된 버섯에 대한 연구결과와 유사하나, 조사선량에 따른 연구에서 Kang 등(36)의 감마선 조사된 옥수수의 명도가 조사선량에 따라 감소하였으나 적색도는 감소하였고 황색도는 증가하였다는 연구결과와 녹차에 대한 감마선 조사 시 조사선량에 따라 명도가 증가하였다는 연구결과(39)와 비교할 때 조사선량이 미치는 식품에 대한 색의 변화는 식품의 종류에 따라 다양하게 나타나며 수프의 경우 여러 가지 재료가 혼합되어 있으므로 수프에 따라 색도의 변화가 다양하게 나타나는 것으로 사료된다.

## 요 약

감마선 조사된 시판 인스턴트 분말수프의 가속 저장(60°C, 4주) 중 이화학적 품질특성을 평가하였다. 감마선 조사 직후 지방산패도는 조사선량이 증가함에 따라 증가하였으나 조사구 및 비조사구 모두 저장기간이 늘어남에 따른 변화는 없었다. 시료의 pH 변화는 비조사구에 비해 조사구에서 낮아지는 경향을 보였으며 저장기간이 길어질수록 pH값이 유의적으로 감소하였다( $p < 0.05$ ). 감마선 조사된 수프의 점도는 비조사구에 비해 조사구에서 조사선량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며( $p < 0.05$ ) 저장기간에 따른 차이는 미미하였다. 감마선 조사된 수프의 색도는 저장기간이 늘어남에 따라, 그리고 조사선량이 증가함에 따라 명도가 감소하는 경향을 나타내었다. 이상의 결과에서 감마선 조사는 수프의 지질산화를 증가시키고 점도감소가 초래되어 이를 방지하기 위한 추가연구가 요구된다.

## 문 헌

- Kim HY, Choi SH, Ju SE. 1996. A survey of the behaviors on fast food restaurants. *Korean J Dietary Culture* 11: 71-82.
- Lee SY, Jung CS, Yoon HH. 2003. Sensory characteristics of cream soup prepared with rice flour. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 19: 723-728.
- Kim JS, Heu MS. 2001. Preparation on instant powdered soup using canned oyster processing waste water and its characteristics. *J Korean Fish Soc* 34: 285-290.
- Han GP, Han JS, Kozukue N, Kim DS, Park ML, Lee KR. 2005. Quality characteristics of potato added functional cream soup. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 12-17.
- An KA, Jo DK, Kim HK, Kim SK, Kwon JH. 2004. Effect of gamma irradiation on viscosity and physicochemical properties of starches. *Korean J Food Sci Technol* 36: 547-552.
- FAO/IAEA/WHO. 1999. High dose irradiation. Wholeness of food irradiated with dose above 10 kGy. WHO Technical Report Series 890.
- Kwon JH. 1996. The future prospect and internationally approved food irradiation. *Food Ind* 133: 18-49.
- Lee YC, Kim SH, Oh SS. 2001. Effect of gamma irradiation on the quality of *bulgogi* sauce. *Korean J Food Sci Technol* 33: 327-332.
- Jo C, Kim DH, Shin MG, Kang IJ, Byun MW. 2003. Irradiation effect on *bulgogi* sauce for making commercial Korean traditional meat product, *bulgogi*. *Radiat Phy Chem* 68: 851-856.
- Oh SH, Kim JH, Lee JW, Lee YS, Park KS, Kim JG, Lee HK, Byun MW. 2004. Effects of combined treatment of gamma irradiation and addition of rosemary extract powder on ready-to-eat Hamburger steaks: I. Microbiological quality and shelf-life. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 687-693.
- Park KS, Kim JG, Lee JW, Oh SH, Lee YS, Kim JH, Kim JH, Kim WG, Byun MW. 2004. Effects of combined treatment of gamma irradiation and addition of rosemary extract powder on ready-to-eat Hamburger steaks: II. Improvement in quality. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 694-699.
- Lee JW, Kim JH, Kim JH, Oh SH, Seo JH, Kim CJ, Cheong SH, Byun MW. 2005. Application of gamma irradiation for the microbiological safety of fried-frozen cheese ball. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 729-733.
- Lee YS, Oh SH, Lee JW, Kim JH, Kim KS, Kim WG, Byun MW. 2004. Optimum of gamma irradiation dose for rice-based infant foods with improved energy-density and shelf-life. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 894-898.
- Jo C, Ahn DW. 2000. Production of volatile compounds from irradiated oil emulsions containing amino acids or proteins. *J Food Sci* 65: 612-616.
- SPSS. 1999. *SPSS for Windows*. Rel. 10.05. SPSS Inc., Chicago, IL, USA.
- Kim JS, Heu MS. 2001. Preparation of instant powdered soup using oyster wash and its characteristics. *Korean J Food Sci Technol* 33: 534-539.
- Formanek Z, Lynch A, Galvin K, Farkas J, Kerry JP. 2003. Combined effects of irradiation and the use of natural antioxidants on the shelf-life stability of overwrapped minced beef. *Meat Sci* 63: 433-440.
- Ahn DU, Jo C, Du M, Olson DG, Nam KC. 2000. Quality characteristics of pork patties irradiated and stored in different packaging and storage conditions. *Meat Sci* 56: 203-209.
- Nam HS, Yang JS. 2001. Changes of free radical concentration with irradiation dose and storage time in gamma-irradiated dried vegetables. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 854-857.
- Grant LA, G'Appolonia BL. 1991. Effect of low-level gamma irradiation on water-soluble non-starchy polysaccharides isolated from hard red spring wheat flour and bran. *Cereal Chemistry* 68: 651-660.
- Wang J, Du YS. 2005. The effect of gamma-ray irradiation on the drying characteristics and final quality of dried potato slices. *Int J Food Sci Technol* 40: 75-82.
- Kerf MD, Mondelaers W, Lahorte P, Vervaeke C, Remon JP.

2001. Characteristics and disintegration properties of irradiated starch. *Int J Pharm* 221: 69-76.
23. Yi SD, Oh MJ, Jang JS. 2001. Detection capability by change of amylograph characteristics of irradiated black pepper. *Korean J Food Sci Technol* 33: 195-199.
24. Sharif MM, Farkas J. 1993. Analytical studies into radiation-induced starch damage in black and white pepper. *Radiat Phys Chem* 42: 383-386.
25. Hayashi T, Todoriki S, Kohyama K. 1994. Irradiation effects on pepper starch viscosity. *J Food Sci* 59: 118-120.
26. Hayashi T, Todoriki S, Okadome H, Kohyama K. 1995. Conditions of viscosity measurement for detecting irradiated peppers. *Radiat Phys Chem* 45: 665-669.
27. Yi SD, Chang KS, Yang JS. 2000. Application of viscometric method for the detection of irradiated black and white pepper. *J Food Hyg Safety* 15: 114-121.
28. Yi SD, Oh MJ, Yang JS. 2000. Detection for irradiation cereals by maximum viscosity in amylograph. *Food Sci Biotechnol* 9: 73-76.
29. Yi SD, Chang KS, Yang JS. 2000. Detection for irradiation cereals by viscosity measurement. *J Food Sci Nutr* 5: 93-99.
30. Kim HK, Kang DS, Choi MG, Kwon JH. 2001. Detection of irradiated dried cereals from Korea and China by viscometric method. *Korean J Food Sci Technol* 33: 645-650.
31. Yi SD, Oh MJ, Yang JS. 2000. Utilization of brabender visco-amylograph to detect irradiated starch. *J Food Sci Nutr* 5: 20-24.
32. Yi SD, Chang KS, Yang JS. 2000. Identification of irradiated potato, sweet potato, and corn starches with viscometric method. *Food Sci Biotechnol* 9: 57-62.
33. An KA, Jo DJ, Kim HK, Kim SK, Kwon JH. 2004. Effect of gamma irradiation on viscosity and physicochemical properties of starches. *Korean J Food Sci Technol* 36: 547-552.
34. Yook HS, Lee YS, Lee JW, Oh SH, Kim JH, Kim DS, Byun MW. 2004. Textural and sensory characteristics of gamma irradiated porridges. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 427-432.
35. Zang M, Duan ZH, Huan YJ, Tao Q. 2003. Preparation technology for semi-fluid high-energy food. *J Food Engineering* 59: 327-330.
36. Kang IJ, Byun MW, Yook HS, Bae CH, Lee HS, Kwon JH, Chung CK. 1999. Production of modified starches by gamma irradiation. *Radiat Phys Chem* 54: 425-430.
37. Sithole R, McDaniel MR, Meunier Goddik L. 2005. Rate of maillard browning in sweet whey powder. *J Dairy Sci* 88: 1636-1645.
38. Beaulieu M, D'Aprano G, Lacroix M. 2002. Effect of dose rate gamma irradiation on biochemical quality and browning of mushrooms *Agaricus bisporus*. *Radiat Phys Chem* 63: 311-315.
39. Son JH, Jo CR, Kim MR, Kim JO, Byun MW. 2001. Effect of gamma irradiation on removal of undesirable color from green tea extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1305-1308.

(2006년 5월 17일 접수; 2006년 7월 25일 채택)