

감마선 조사기술 이용 극한환경에서도 취식 가능한 수정과 제조에 관한 연구

박재남¹ · 이주운¹ · 김재훈¹ · 김관수² · 한규재² · 설민숙³ · 이현자³ · 변명우^{1*}

¹한국원자력연구원 방사선과학연구소 방사선식품생명공학팀

²조선대학교 응용과학과

³국립한경대학교 영양조리과학과

Studies on the Manufacturing of *Sujeonggwa* (Korean Traditional Cinnamon Flavored Persimmon Punch) Edible in Severe Environment by Gamma Irradiation

Jae-Nam Park¹, Ju-Woon Lee¹, Jae-Hun Kim¹, Kwan-Soo Kim², Kyu-Jai Han²,
Min-Sook Sul³, Hyun-Ja Lee³ and Myung-Woo Byun^{1*}

¹Dept. of Radiation Food Science & Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute,
Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongseup 580-185, Korea

²Dept. of Applied Science, Graduate School of Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

³Dept. of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

Abstract

This study was conducted to develop the method for the safe supply of *Sujeonggwa* (cinnamon flavored persimmon punch) in severe environments such as space, desert or deep sea, by the combined treatment of gamma irradiation with other food technologies. Commercially prepared *Sujeonggwa* powder could be sterilized at 4.5 kGy or above doses. However, sensory characteristics of gamma-irradiated *Sujeonggwa* decreased depending upon the dose. The combined treatment of vacuum packaging with the addition of vitamin C and cinnamic aldehyde in *Sujeonggwa* powder could minimize the change of sensory qualities induced by ionizing irradiation.

Key words: *Sujeonggwa*, microbial safety, gamma irradiation, cinnamic aldehyde

서 론

수정과(*Sujeonggwa*, cinnamon flavored persimmon punch)는 한국 전통음료 중 하나로 계피 추출물에 설탕 등의 감미료를 첨가하여 제조한다(1). 계피(*Cinnamomum cassia*)는 맛이 달고, 자극적인 맛과 향기로운 특유의 냄새를 가지고 있어서 오래전부터 향신료나 방향성 건위제 등으로 이용되어 왔다(2). 최근에는 계피의 주요성분인 cinnamic aldehyde가 항암효과, 항케양유발작용, 항돌연변이원성, 항균효과, 면역항체 증강효과 등의 생리활성이 보고되어 수정과의 기능적 특성이 부각되고 있으며(3), 상업적 규모의 대량생산이 이루어져 현재 액상 또는 분말형태의 제품들이 시장에서 판매되고 있다(4). 액상 제품의 경우 미생물 제어를 위해 고온고압멸균 처리되어 위생적인 제품의 생산이 가능하나, 분말 또는 과립형태의 제품은 건조 및 포장 등 제조과정 중의 2차 오염으로 인해 완전멸균이 불가능하여 최종제품의 미생물학적 품질에 바람직하지 않은 영향을 초래할 수 있다.

한편, 소득수준의 향상과 생활의 질적 만족을 추구하는

경향이 커지면서 레포츠(reports) 등 야외활동이 증가하고 이에 따라 가볍고 쉽게 취식할 수 있는 편의식품의 수요도 증가하고 있다(5). 또한, 우주, 심해, 사막, 극지, 고산 등 극한 환경에서도 식품을 안전하게 섭취할 수 있는 가공기술이 선진국을 중심으로 활발하게 연구되고 있다(6). 수정과와 같이 독특한 풍미와 기능성을 갖는 음료들은 대중에게 기호도가 높고, 분말화하여 가볍게 만들 경우 장기간 보존이 가능하고 무게의 이점으로 장거리 이동이 손쉬워 전통음료를 편의식품으로 대중화하는데 크게 기여할 수 있다. 그러나 우주 및 사막과 같은 극한 환경에서 미생물학적 안전성이 보장되지 못한다면 식품에 오염된 병원성 미생물 및 수화 후 잘못된 보관으로 인한 미생물 생육으로 인해 치명적인 결과를 초래할 수 있다.

미국우주항공국(NASA)은 1960년대 우주식품을 개발하면서 방사선 조사기술을 도입하여 우주인에게 제공하는 식품의 미생물학적 안전성을 확보할 수 있었다(7). 방사선 조사는 비열처리 살균방법으로 제품의 품질에 크게 영향을 주지 않으면서도 효과적으로 식품을 위생적으로 처리할 수 있

*Corresponding author. E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr
Phone: 82-63-570-3200, Fax: 82-63-570-3202

는 기술로 평가되고 있다(8). 또한, 세계보건기구(WHO) 등 수많은 국제기구 및 식품관련 단체로부터 방사선 조사의 안전성이 확인됨에 따라 국제적으로 본 기술의 산업적 활용이 크게 신장되고 있다(9,10).

이에 본 연구에서는 우주, 심해, 사막, 극지, 고산 등 극한 환경이나 완전멸균이 필요한 병원식에서 안전하게 취식할 수 있는 분말수정과를 제조하고자 방사선 조사기술을 이용하여 분말수정과의 미생물학적 안전성을 확보하고 품질을 개선하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 시료제조

본 연구에 사용한 분말수정과는 지역 소매점으로부터 3개 제조사의 제품을 구입하여 사용하였다. 구입한 수정과 시료는 10 g씩 0.1 mm 두께의 포장지(aluminium laminated low density polyethylene, Sunkyung Co., Ltd, Seoul, Korea)에 넣고 합기 포장한 후 감마선을 조사하였다.

방사선 조사 시 포장방법이 수정과의 관능적 품질에 미치는 영향을 평가하기 위하여 분말수정과를 각각 10 g씩 담야 합기, 진공, 질소치환 포장하였다. 한편, vitamin C의 최적 첨가량 도출을 위해 10 g의 분말수정과에 vitamin C(96%; General Nutrition Crop, Pittsburgh, PA, USA)를 100~700 µg/g의 비율로 혼합한 후 100 mL의 증류수에 수화시켜 관능 평가를 통해 최적 첨가량을 결정하였다. 또한, 방사선 조사 시 vitamin C 첨가가 분말수정과의 품질에 미치는 영향을 분석하기 위해 분말수정과에 vitamin C를 혼합한 후 증류수에 용해시키고 동결건조하여 시료를 준비하였다. Cinnamic aldehyde 첨가가 방사선 조사 시 수정과의 품질에 미치는 영향 분석은 분말수정과를 수화시킨 용액에 cinnamic aldehyde(98%; MSC Co., Ltd., Korea)를 10 g 기준으로 30~300 µg/g 첨가하고 동결건조시킨 후 실험 전까지 실온에 보관하였다.

방사선 조사

감마선 조사는 Co-60 감마선 조사시설(IR-79, Nordion International Ltd., Ontario, Canada)을 이용하여 실온(20±1°C)에서 분당 70 Gy의 선량율로 흡수선량이 각각 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 kGy가 되도록 조사하였으며, 흡수선량의 확인은 Ceric cerous dosimeter(Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하여 총 흡수선량의 오차를 계산하였다. 감마선 조사한 시료는 비조사 대조구와 함께 실온에 보관하면서 실험에 사용하였다.

미생물분석

분말수정과의 미생물오염 수준을 평가하기 위해 시료 무게의 10배에 해당하는 멸균 peptone수(0.1%, Difco Co.,

Detroit, USA)를 멸균 bag에 넣고, Stomacher lab blender(model W, Interscience Co., Nom, France)에서 2분간 균질화 하였다. 총균수는 단계별로 희석된 용액을 Plate Count Agar(PCA, Difco Co., Detroit, USA) 배지에 접종하고 37°C에서 48~72시간 배양한 후 30~300개의 집락을 형성한 배지만 계수하여 시료 1 g당 colony forming unit(CFU/g)으로 나타냈으며, 효모 및 곰팡이는 Potato Dextrose Agar(PDA, Difco Co., Detroit, USA)를 사용하여 25°C에서 2~5일간 배양한 후 계수하였다. 대장균군은 Eosin Methylene Blue agar(EMB, Difco Co., Detroit, USA)를 선택배지로 사용하여 37°C에서 2일간 배양한 후 집락을 계수하였으며, 미생물 검출을 위한 최소 한계치는 10² CFU/g이었다.

한편, 수정과의 완전멸균을 위한 최적 조사선량을 설정하기 위해 식품공전상의 생존세균 발육시험법(11)을 이용하여 시료 내의 생존 미생물을 분석하였다. 즉, 멸균 포장지에 시료와 멸균 증류수를 넣고 액상 수정과를 조제하여 밀봉 후 37°C에서 14일간 보존한 후 포장이 팽창하거나 새는 것을 양성으로 판정하였고, 포장에 이상이 없는 시험구의 경우 Thioglycollate medium(Sigma-Aldrich, Inc., St. Louis, USA)에 접종하여 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 노란색이 나타나는 시료를 양성으로 판정하였다.

관능평가

감마선 조사에 따른 분말수정과의 품질에 미치는 영향을 평가하기 위하여 시료 10 g을 멸균 증류수에 용해하여 액상 수정과를 조제한 후 미리 훈련된 관능평가 패널 20명에게 제공하여 관능적 품질 변화를 측정하였다. 관능검사는 액상 수정과의 색(color), 맛(taste), 향(flavor), 종합적인 기호도(overall acceptability)에 대하여 7점 척도법으로 평가하였다.

Cinnamic aldehyde 함량분석

감마선 조사에 따른 수정과의 유효성분인 cinnamic aldehyde의 함량변화를 측정하기 위해 Park 등(12)이 사용한 HPLC 분석법을 이용하여 시료 중 cinnamic aldehyde 함량을 분석하였으며, HPLC 분석조건은 다음과 같았다. Column은 Nova-Pak C18(3.9×150 mm)을 사용했으며, injection volume은 20 µL이었다. 이동상은 CH₃CN : CH₃COOH : DW = 28 : 1.3 : 70.7 비율로 제조하여 1.0 mL/min의 유속으로 시료를 분석하였다. 표준 검량선은 cinnamic aldehyde(99%, Sigma Aldrich Co., Ltd., St. Louis, MO, USA)를 농도가 각각 50, 100, 250, 500, 1000, 2000 µg/mL가 되도록 hexane에 희석한 후 상기 분석조건에 따라 작성하였다.

통계분석

상기 실험으로부터 얻어진 결과는 Statistical Package for Social Sciences(SPSS, 10.0)(13)를 이용하여 One Way ANOVA 분석을 하였으며, 시료간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 p<0.05 수준에서 비교하였다.

Table 1. Assessment of the level of microbial contamination of powdered *Sujeonggwa*

Items	Company		
	A	B	C
Total aerobic bacteria (Log CFU/g)	2.12	ND	ND
Yeast/Mold	ND ¹⁾	ND	ND

¹⁾Not detected within the detection limit <10² CFU/g

결과 및 고찰

시판 분말수정과의 미생물 오염도 및 감마선 살균효과

시판 분말수정과의 미생물 오염도 결과는 Table 1과 같다. 식품공전(14)상 제한되어 있는 대장균군과 건조식품에서 주로 발견되는 곰팡이 및 효모는 3개사 제품 모두 검출되지 않았으며, 총균수의 경우 1개 제품에서만 2.12 log CFU/g 수준의 미생물이 검출되어 시판 중인 분말수정과의 위생적 품질에는 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 그러나 시판 분말수정과를 수화시킨 후 평가한 세균 발육시험 결과, 모든 제품에서 미생물이 양성으로 검출되었다. 일반적으로 우주나 사막과 같은 극한 환경이나 멸균식이 요구되는 환자에게 안전한 식품을 공급하기 위해서는 가능한 한 미생물이 없는 상태(zero tolerance)를 유지하는 것이 바람직하며(15), 특히, 제품의 특성상 물로 수화시켜 섭취해야 하는 식품의 경우 즉시 취식이 불가능하여 보관을 필요로 할 경우 미생물학적 안전성이 반드시 고려되어야 한다(16). 이러한 관점에서 볼 때 현재 시판중인 분말수정과는 상기의 특성에 부합되지 않는 것으로 사료되며, 미생물학적 안전성을 보장하기 위한 적절한 방법이 병행되어야 할 것으로 판단되었다.

한편, 수정과의 완전멸균을 위한 최적 감마선 조사선량을 확인하기 위해 시판 제품에 6 kGy까지 감마선을 조사한 후 세균 발육시험을 수행하였다(Table 2). 시험결과 2개의 제품은 3 kGy의 감마선 조사에 의해 멸균이 가능하였으나, 미생

Table 2. Detection of bacterial growth of gamma-irradiated and rehydrated *Sujeonggwa* after storage at 37°C for 14 days

Irradiation dose (kGy)	Company		
	A	B	C
0	+ ¹⁾	+	+
1.5	+	+	+
3.0	+	-	-
4.5	- ²⁾	-	-
6.0	-	-	-

¹⁾Bacterial growth was detected (positive).

²⁾Bacterial growth was not detected (negative).

물분석 결과 오염도가 가장 높은 것으로 확인되었던 A 시료의 경우 완전멸균을 위해서는 4.5 kGy의 감마선 조사가 필요한 것으로 나타나 시판 수정과의 멸균을 위한 최소 감마선 조사선량은 약 4.5 kGy인 것으로 판단되었다. 일반적으로 미생물살균을 위해 필요한 방사선 에너지 수준은 식품에 오염된 미생물 종류와 수 및 식품의 수분활성도와 pH 등 미생물 생육에 영향을 미치는 인자에 의해 변화하게 된다(17,18). 분말수정과도 수분활성이 낮은 건조식품으로 액상제품에 비해 오염된 미생물의 방사선 저항성이 더욱 높게 나타날 수 있기 때문에 건조 전 액상제품으로 방사선을 조사하는 것이 보다 효과적일 수 있으나, 건조 및 포장과정에서의 미생물 오염을 고려할 경우 완전멸균을 위한 방사선 조사는 최종제품에 적용하는 것이 가장 이상적인 방법으로 판단된다(19-21).

감마선 조사에 따른 수정과의 관능적 품질특성의 변화

분말수정과에 감마선을 조사하고 멸균수에 녹인 후 액상으로 조제하여 색, 맛, 향, 종합적인 기호도에 대한 관능평가를 실시한 결과는 Table 3과 같다. 감마선 조사선량이 증가할수록 3개 시료 모두 관능적 품질이 감소하고, 특히 4.5 kGy 이상의 선량에서는 모든 평가항목에서 관능적 품질이 급격

Table 3. Sensory properties of rehydrated *Sujeonggwa* immediately after gamma irradiation

Company	Irradiation dose (kGy)	Characteristics			
		Appearance	Taste	Flavor	Overall acceptability
A	0	5.67±0.86 ^{a1)}	5.78±0.29 ^a	6.00±0.90 ^a	5.62±0.32 ^a
	1.5	5.30±0.56 ^a	5.60±1.13 ^a	5.58±1.16 ^{ab}	5.39±1.16 ^a
	3	5.11±1.01 ^a	5.00±0.86 ^a	5.69±1.86 ^{ab}	5.21±0.66 ^a
	4.5	4.56±1.20 ^{ab}	4.39±1.16 ^b	4.98±1.26 ^{ab}	4.98±1.26 ^{ab}
	6	4.02±0.66 ^b	4.44±1.45 ^b	4.76±0.66 ^b	4.33±1.50 ^b
B	0	5.22±0.29 ^a	5.50±0.37 ^a	5.32±0.80 ^a	5.12±0.69 ^a
	1.5	5.00±0.28 ^a	4.87±0.32 ^{ab}	5.00±0.83 ^a	5.22±0.29 ^a
	3	5.22±0.34 ^a	4.77±0.28 ^{ab}	5.00±0.65 ^a	5.01±0.66 ^{ab}
	4.5	4.25±0.40 ^a	4.00±0.48 ^b	4.75±0.45 ^a	4.28±1.16 ^b
	6	4.14±0.22 ^a	3.87±0.53 ^b	4.71±0.22 ^{ab}	3.75±0.76 ^c
C	0	5.83±0.86 ^a	5.00±0.97 ^a	5.83±0.90 ^a	5.95±0.70 ^a
	1.5	5.50±0.55 ^a	5.66±1.09 ^a	6.00±0.45 ^a	5.66±0.32 ^a
	3	5.33±0.98 ^a	4.83±0.86 ^{ab}	5.16±0.54 ^{ab}	5.33±0.66 ^a
	4.5	4.32±0.75 ^b	3.66±1.12 ^{bc}	4.66±1.98 ^{bc}	4.01±1.26 ^b
	6	4.16±1.06 ^b	3.33±1.01 ^c	3.89±0.72 ^c	4.23±1.50 ^b

¹⁾Values with different letters within a column differ significantly (p<0.05).

히 저하되었다. 현재까지 수정과의 방사선 조사에 관한 연구는 보고되지 않았지만, 일반적으로 식품에 일정한 선량 이상으로 방사선을 조사할 경우 식품의 관능적 품질을 저하시킬 수 있으며, 이러한 현상은 방사선 조사선량이 증가할수록 더욱 커지는 것으로 보고되고 있다(22). 한편, 방사선 조사에 의한 관능적 품질저하와 같이 방사선 조사의 문제점을 해결하기 위한 방법으로는 진공 또는 가스치환 포장(23), 냉동온도에서의 방사선 조사(24), vitamin C와 같은 항산화제의 병용처리(25) 등이 효과적인 것으로 보고되고 있다.

포장방법이 감마선 조사 시 관능적 품질에 미치는 영향

감마선 조사에 의한 분말수정과의 품질저하를 방지하는 병용처리 방법 중 포장지 내 공기조성이 감마선 조사 시 수정과의 관능적 품질에 미치는 영향을 확인하고자 3개의 시료 중 미생물 오염도가 높은 A를 모델시료로 하여 합기, 진공, 질소치환 포장하여 감마선을 1.5~6.0 kGy로 조사한 후 관능적 품질을 분석하였다(Table 4). 그 결과 진공포장구와 질소치환 포장구가 합기포장구에 비해 감마선 조사에 의한 관능적 품질저하를 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

일반적으로 식품의 감마선 조사 시 산소가 존재할 경우 식품의 산화작용을 촉진시켜 품질을 저하시킬 수 있는데, 진공 또는 가스치환 포장과 같이 포장지 내 산소를 제거할 경우 방사선에 의한 산화를 억제하기 때문에 품질변화를 최소화 하는데 효과적인 것으로 알려져 있으며(26,27), 이는 육류(28), 채소류(29), 분말식품(30) 등 다양한 식품에 대한 실증 연구를 통해 입증된 바 있다.

감마선 조사에 의한 품질변화를 최소화하기 위해서는 진공 또는 질소치환포장이 품질을 유지하는데 유리한 것으로 판단되었고, 간편성 및 경제성을 고려해 볼 때, 진공포장이 질소치환포장보다 효율적이라 사료되어 이후 실험은 진공포장으로 실험을 진행하였다. 또한 포장방법만으로는 감마선 조사에 의한 수정과의 품질저하 문제를 완전히 해결할 수 없는 것으로 나타나 포장방법외의 다른 병용처리 방법이

필요한 것으로 판단되었다.

Vitamin C 첨가가 감마선 조사 시 관능적 품질에 미치는 영향

Vitamin C는 감마선 조사 시 생성되는 라디칼에 의한 산화를 저해하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(31). 이에 본 연구에서는 vitamin C의 첨가에 따른 분말수정과의 품질 개선 효과를 평가하였다. 분말수정구에 vitamin C의 최적 첨가량을 분석한 결과 500 µg/g 이하로 첨가할 경우 모든 관능평가 항목에서 무첨가구와 유의적 차이가 없었으나, 700 µg/g 첨가시 맛과 종합적 기호도가 유의적으로 낮아져 관능적 품질이 오히려 감소하는 것으로 나타났다. 따라서, 방사선 조사에 의한 수정과의 품질저하 방지를 위한 vitamin C 최적첨가량은 500 µg/g인 것으로 확인되었다(data not shown).

한편, vitamin C 첨가 및 진공포장 병용처리가 방사선 조사 시 수정과의 품질에 미치는 영향을 확인하기 위해 vitamin C를 분말수정구에 500 µg/g 첨가하고 진공포장하여 1.5~6.0 kGy의 감마선을 조사한 후 관능평가를 실시하였다(Table 5). 수정과의 관능적 품질은 감마선 조사선량이 증가할수록 감소하는 경향으로 Table 3의 결과와 유사하였다. 그러나 vitamin C와 진공포장을 병용할 경우 3.0 kGy 이하로 조사된 수정과의 관능적 품질은 대조구와 유의적 차이가 없는 것으로 나타나 진공포장 단독처리(Table 3)에 비해 감마선 조사에 의한 품질감소 방지에 더욱 효과적인 것으로 확인되었다. 이는 vitamin C가 방사선 조사시 물의 이온화에 의해 발생하는 라디칼에 의한 산화를 저하시키기 때문이며, 이는 다른 식품에 대한 연구에서도 규명되었다(32,33).

감마선 조사에 따른 유효성분(cinnamic aldehyde) 변화 분말수정과의 주요 성분인 계피의 특이성분으로는 cinnamic aldehyde, cinnamic acid, cinnamyl alcohol, eugenol, cinnamyl acetate 등 30여종의 성분이 보고되었으며(34), 이

Table 4. Effect of various packaging conditions on the sensory properties of *Sujeonggwa* by gamma irradiation

Packaging	Irradiation dose (kGy)	Characteristics			
		Appearance	Taste	Flavor	Overall acceptability
Aerobic	0	6.03±0.56 ^{a1)}	6.35±0.61 ^a	6.47±0.35 ^a	6.32±0.94 ^a
	1.5	5.25±0.56 ^{ab}	5.52±0.71 ^{ab}	5.79±0.70 ^{ab}	5.32±0.40 ^b
	3	5.01±0.91 ^{ab}	5.10±0.79 ^{ab}	5.57±0.49 ^{ab}	5.17±0.86 ^b
	4.5	4.76±0.60 ^b	4.40±0.84 ^b	4.75±0.71 ^b	4.64±0.63 ^{bc}
	6	4.22±0.56 ^b	4.04±0.54 ^b	4.53±0.85 ^b	4.15±0.77 ^c
Vacuum	1.5	6.00±0.89 ^a	5.99±0.89 ^a	5.80±0.84 ^a	6.07±0.51 ^a
	3	5.96±0.77 ^a	5.84±0.37 ^a	5.69±0.95 ^{ab}	5.74±0.98 ^{ab}
	4.5	5.53±0.75 ^{ab}	5.35±0.83 ^{ab}	5.24±0.65 ^{ab}	5.53±0.83 ^{ab}
	6	5.05±0.70 ^b	4.86±0.81 ^b	5.04±0.82 ^b	5.16±0.79 ^b
N ₂ gas	1.5	5.96±0.59 ^a	5.90±0.99 ^a	5.95±0.54 ^{ab}	6.03±0.31 ^a
	3	5.86±0.47 ^a	5.59±0.41 ^{ab}	5.55±0.75 ^{ab}	5.82±0.66 ^{ab}
	4.5	5.60±0.49 ^{ab}	5.52±0.60 ^{ab}	5.17±0.55 ^{ab}	5.43±0.34 ^{ab}
	6	5.03±0.80 ^b	4.71±0.61 ^b	5.00±0.79 ^b	5.01±0.54 ^b

¹⁾Values with different letters within a column differ significantly (p<0.05).

Table 5. Effect of the addition of vitamin C on the sensory properties of *Sujeonggwa* by gamma irradiation

Irradiation dose (kGy)	Characteristics			
	Appearance	Taste	Flavor	Overall acceptability
0	6.00±0.39	6.28±0.91 ^{a1)}	6.21±0.54 ^a	6.29±0.55 ^a
1.5	6.02±0.46	6.10±0.51 ^a	6.30±0.42 ^a	6.24±0.71 ^a
3.0	6.07±0.79	6.00±0.65 ^a	6.10±0.62 ^a	6.17±0.59 ^a
4.5	5.92±0.91	5.80±0.63 ^{ab}	5.65±0.74 ^{ab}	5.89±0.81 ^{ab}
6.0	5.85±0.41	5.52±0.75 ^b	5.46±0.90 ^b	5.60±0.53 ^b

¹⁾Values with different letters within a column differ significantly (p<0.05).

중 계피의 주요 성분인 cinnamic aldehyde는 향균 및 항산화 를 비롯한 기능성 특성을 갖는 것으로 보고되고 있으며(35, 36), cinnamic aldehyde 특유의 향과 맛은 수정과의 독특한 관능적 품질을 부여하기 때문에 방사선 조사에 의한 관능적 품질변화 원인을 규명하기 위해서는 cinnamic aldehyde 함량변화 분석은 필수적이다. 그러나 현재까지 계피에 감마선 을 조사하여 항산화활성의 변화를 연구한 보고(37)만 있을 뿐, 방사선 조사가 cinnamic aldehyde의 변화에 미치는 영향 에 관한 연구는 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 A사의 분말수정과에 감마선을 조 사하여 cinnamic aldehyde의 함량변화를 분석하였다(Table 6). 비조사 수정과의 cinnamic aldehyde 함량은 약 536 µg/mL이었으며, 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 kGy의 감마선 조사 시 각각 520, 492, 491, 470 µg/mL로 감마선 조사선량이 높아질수록 감소폭도 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 현상은 다른 식품의 예에서도 확인할 수 있는데, 고춧가루의 경우 감마선 조사에 의해 매운맛 성분인 capsanthin 함량이 감소하였다는 보고(38)와 같이 수정과의 관능적 품질이 cinnamic alde- hyde의 함량에 의존적이라는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 감마선 조사에 의해 수정과의 관능적 품질이 감소한다는 결 과(Table 3)를 뒷받침한다. 따라서, 감마선 조사에 의한 수정 과의 관능적 품질에 큰 영향을 주는 cinnamic aldehyde의 첨가를 통한 품질개선 연구를 진행하였다.

Table 6. HPLC-analyzed contents of cinnamic aldehyde from powdered *Sujeonggwa*

Irradiation dose (kGy)	0	1.5	3	4.5	6
Cinnamic aldehyde (µg/mL)	536	520	492	491	470

Cinnamic aldehyde의 첨가에 따른 분말수정과의 관능 적 품질에 미치는 영향

분말수정과의 독특한 맛과 향을 내는 계피의 주요 성분인 cinnamic aldehyde 첨가가 분말수정과의 관능적 품질에 미 치는 영향을 평가하고자 하였다. 이를 위해 분말수정과에 cinnamic aldehyde 첨가 및 상기의 연구결과로부터 도출된 최적 조건인 vitamin C 첨가와 진공포장을 병행하여 6.0 kGy의 감마선을 조사한 후 관능평가를 실시하였다(Table 7). 감마선 조사된 분말수정과의 종합적 기호도는 cinnamic aldehyde 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향이었으며, 70 µg/g 처리구의 종합적 기호도가 유의적으로 가장 높게 나타 나 감마선을 조사하지 않은 시료와 품질차이가 없는 것으로 평가되었다. 그러나 100 µg/g 이상 첨가할 경우 cinnamic aldehyde의 강한 맛으로 인해 관능적 기호도가 오히려 감소 하는 것으로 확인되었다. 상기의 연구결과에서 분말수정과 에 함유된 cinnamic aldehyde의 함량은 감마선 조사선량이 증가할수록 감소하였으며, 6 kGy의 감마선 조사에 의해 약 64 µg/g 정도 감소되어 cinnamic aldehyde 함량 감소가 감마 선 조사에 의한 수정과의 관능적 품질저하의 중요한 원인일 것으로 예측한바 있다. 따라서, 감마선 조사에 의해 손실될 것으로 예상되는 약 70 µg/g 가량의 cinnamic aldehyde 첨가 는 감마선 조사에 의한 분말수정과의 품질저하를 방지하는 데 효과적인 것으로 확인되었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 분말수정과의 미생물학적 안전성 확보를 위해 감마선 조사 시 발생하는 품질저하는 vitamin C와 cinnamic aldehyde 첨가 및 진공포장 방법의 병용처리에 의해 방지가 가능하였으며, 감마선을 조사하지 않은 시료와 동일한 품질을 갖는 수정과의 제조가 가능한

Table 7. Effect of the addition of cinnamic aldehyde on the sensory properties of *Sujeonggwa* by gamma irradiation

Cinnamic aldehyde (µg/g)	Characteristics			
	Appearance	Taste	Flavor	Overall acceptability
Untreated control	6.57±0.92 ^{a2)}	6.32±1.09 ^a	6.29±0.57 ^a	6.34±0.43 ^a
0 ¹⁾	5.37±1.11 ^{ab}	5.19±0.24 ^b	5.32±0.65 ^b	5.30±0.86 ^b
30	5.78±0.89 ^{ab}	5.45±0.90 ^{ab}	5.64±0.89 ^{ab}	5.35±1.05 ^b
50	6.00±1.01 ^{ab}	5.87±0.81 ^{ab}	6.01±0.71 ^{ab}	5.88±0.45 ^{ab}
70	6.43±1.82 ^a	6.87±1.78 ^a	6.54±1.07 ^a	6.29±0.87 ^a
100	5.87±1.34 ^{ab}	5.76±1.01 ^{ab}	6.22±0.68 ^a	5.79±1.21 ^{ab}
300	4.87±0.69 ^b	4.00±0.79 ^c	6.65±1.99 ^a	4.09±1.54 ^c

¹⁾Added with 500 µg/g of vitamin C, vacuum-packaged and gamma-irradiated at 6 kGy.

²⁾Values with different letters within a column differ significantly (p<0.05).

것으로 나타났다.

요 약

본 연구는 극한환경에서도 취식이 가능한 수정과를 제조하고자 감마선 조사기술을 이용하여 수정과의 미생물학적 안전성을 확보한 후 이에 따른 품질을 평가하였다. 감마선 조사의 효과를 확인하기 위해 수행한 세균 발육시험에서 수정과의 멸균을 위한 최소선량은 약 4.5 kGy인 것으로 확인되었다. 그러나 관능평가 결과 수정과의 품질은 감마선 조사선량이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 수정과 멸균을 위해 필요로 하는 4.5 kGy 이상의 선량에서는 모든 평가항목에서 관능적 품질이 급격히 저하되었다. 품질개선 목적으로 포장방법에 따른 변화를 확인한 결과 합기포장에 비해 진공 또는 질소치환 포장 시 수정과의 품질 증진에 효과적인 것으로 나타났다. 또한 vitamin C와 cinnamic aldehyde를 첨가한 후 진공포장과 병용처리 시 감마선 조사에 의한 품질저하 방지가 가능하여 감마선을 조사하지 않은 시료와 동일한 품질을 갖는 수정과의 제조가 가능하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부와 한국원자력연구원 기관고유사업인 2007년도 Top Brand Project 및 한경대학교 2006년도 학술연구조성비의 지원을 받아 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

- Lee CH, Kim SY. 1991. Literature review on the Korean traditional non-alcoholic beverages II. Recent status of research and developments. *Korean J Dietary Culture* 6: 55-60.
- Lee TH, Mun JH, Kim IR. 2001. Analysis of cinnamic acid and cinnamic aldehyde in the different layer of *Cinnamomi* cortex. *Korean J Herbology* 16: 77-82.
- Lee JH, Hyun EA, Yoon WJ, Kim BH, Rhee MH, Kang HK, Cho JY, Yoo ES. 2006. In vitro anti-inflammatory and anti-oxidative effects of *Cinnamomum camphora* extracts. *J Ethnopharmacol* 103: 208-216.
- Yook HS, Kim SA, Byun MW, Kwon JH. 1996. Elimination of microorganisms contaminated in red ginseng powder by irradiation processing. *Korean J Food Sci Technol* 28: 366-370.
- Park KS, Kim JG, Lee JW, Oh SH, Lee YS, 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.
- NASA. 2003. Advanced food technology workshop report (Vol. I). In *Advanced Life Support Project Plan*. CTSD-ADV-348 Rev C, JSC-29993, Houston, Texas. p 1-2.
- GIA. 2005. Food irradiation - A historical review. In *Food Irradiation Trends*. Global Industry Analysis Inc, California. p 7-27.
- Farkas J. 1998. Irradiation as method for decontaminating food: A review. *Food Microbiol* 44: 189-204.
- FAO/IAEA/WHO Study Group. 1999. High-dose irradiation In Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. In *WHO technical report series 890*. World Health Organization, Geneva. p 49-77.
- Placek V, Svobodova V, Bartoncek B, Rosmus J, Camra M. 2004. Shelf-stable food through high dose irradiation. *Radiat Phys Chem* 71: 513-516.
- Ministry of health and welfare. 2005. *Food code*. Seoul, Korea. p 110-111.
- Park JH, Lee YJ, Park HJ. 2006. Stability of cinnamadehyde and cinnamic acid of *Cinnamomi* cortex preparations. *Korean J Pharmacogn* 37: 53-55.
- SPSS. 1999. SPSS for Windows. Rel. 10.05. SPSS Inc. Chicago, IL, USA.
- Ministry of health and welfare. 2005. *Food code*. Seoul, Korea. p 274-280.
- Heighdelbaugh ND. 1966. Space flight feeding concepts. In *Characteristics, Concepts for Improvement, and Public Health Implications*. JAVMA, Schaumburg, IL, USA. p 1662-1671.
- Kilcast D, Subramaniam P. 2000. *The stability and shelf-life of food*. CRC press, NY. p 63-85.
- Kyzlink V. 1990. Principles of food preservation. *Food Sci* 22: 337-355.
- Molins RA. 2001. Food irradiation. In *Principles and Applications*. John Wiley & Sons Inc, New York. p 131-191.
- Choi EH, Kim YB, Lee SR. 1977. Isolation of microorganisms from red pepper powder and their radiosensitivity. *Korean J Food Sci Technol* 9: 205-210.
- Ma K, Maxcy RB. 1981. Factors influencing radiation resistance of vegetative bacteria and spores associated with radappertization of meat. *J Food Sci* 46: 612-616.
- Lee JE, Lee MH, Kwon JH. 2000. Effect of electron beam irradiation on physicochemical qualities of red pepper powder. *Korean J Food Sci Technol* 32: 271-276.
- Maxie EC, Abdel-Kader A. 1996. Food irradiation-physiology of fruits as related to feasibility of the technology. *Adv Food Res* 15: 105-138.
- Lacroix M, Lafortune R. 2004. Combined effects of gamma irradiation and modified atmosphere packaging on bacterial resistance in grated carrots (*Daucus carota*). *Radiat Phys Chem* 71: 77-80.
- Desmonts MH, Pierrat N, Ingersheim A, Strasser A. 1998. Use of irradiation in combination with other treatments to improve the quality of precooked meals. *Combination Processes for Food Irradiation*. IAEA, Vienna. p 201-221.
- Xiong YL, Decker EA, Robe GH, Moody WG. 1993. Gelation of crude myofibrillar protein isolated from beef heart under antioxidant conditions. *J Food Sci* 58: 1241-1244.
- 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.
- Brendan AN, Xuetong F, Kimberly JBS. 2005. Irradiation and modified atmosphere packaging of endive influences survival and regrowth of *Listeria monocytogenes* and product sensory qualities. *Radiat Phys Chem* 72: 41-48.
- Paul P, Chawla SP, Kanatt SR. 1998. Combination of irradiation with other treatments to improve the shelf-life quality of meat and meat products. *Combination Processes in*

- Food Irradiation*. IAEA, Vienna. p 111-130.
29. Kim JK, Jo C, Kim HJ, Lee JW, Hwang HJ, Byun MW. 2005. Microbiological safety of minimally processed white radish in modified atmosphere packaging combined with irradiation treatment. *Korean J Food Sci Technol* 37: 11-14.
 30. Byun MW, Yook HS, Kwon JH, Kim JO. 1983. Sterilization and storage of spices by irradiation: I. Sterilization of powdered hot pepper paste. *Korean J Food Sci Technol* 15: 359-363.
 31. Lee KH, Yook HS, Lee JW, Kim S, Kim MJ, Byun MW. 1999. Effects of antioxidants on oxidation of tallow by gamma irradiation. *Korean J Food Sci Technol* 31: 7-12.
 32. Nam KC, Min BR, Park KS, Lee SC, Ahn DU. 2003. Effect of ascorbic acid and antioxidants on the lipid oxidation and volatiles of irradiated beef patties. *J Food Sci* 68: 1680-1685.
 33. Farkas J, Saray T, Mohacsi-Farkas C, Horti K, Andrassy E. 1997. Effect of low dose gamma radiation on shelf-life and microbiological safety of pre-cut/prepared vegetables. *Adv Food Sci* 19: 111-119.
 34. Ko SR, Kim MN, Byeong SJ, Kang JC. 1991. Identification of cinnamon components and quantitative determination of cinnamic acid from crude drug drink preparations. *Korean J Ginseng Sci* 15: 1-5.
 35. Li XD, Chen WF, Liu WY, Wang GH. 1997. Large-scale preparation of two new ribosome-inactivating proteins-cinnamomin and camphorin from the seeds of *Cinnamomum camphora*. *Protein Express Purif* 10: 27-31.
 36. Nakano K, Takatani M, Tomimatsu T, Nohara T. 1983. Four kaepferol glycosides from leaves of *Cinnamomum sieboldii*. *J Phytochemistry* 22: 2831-2833.
 37. Kitazuru ER, Moreira AVB, Mancini FJ, Delincee H, Villavicencio ALCH. 2004. Effects of irradiation on natural antioxidants of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum* N). *Radiat Phys Chem* 71: 37-39.
 38. Kwon JH, Byun MW, Cho HO. 1984. Effect of gamma irradiation on the sterilization of red pepper powder. *J Korean Soc Food Nutr* 13: 188-192.

(2007년 2월 13일 접수; 2007년 4월 30일 채택)