

감마선 조사 마(Yam)즙의 미생물학적 및 일반품질 특성

송현파¹ · 김복덕² · 신은혜¹ · 송두섭¹ · 이현자² · 김동호^{1*}

¹한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소, ²국립한경대학교 영양조리과학과

Effects of gamma irradiation on the microbiological and general quality characteristics of fresh yam juice

Hyun-Pa Song¹, Bok-Duck Kim², Eun-Hye Shin¹, Du-Sup Song¹, Hyun-Ja Lee²
and Dong-Ho Kim^{1*}

¹Department of Radiation Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 580-185, Korea

²Department of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

Abstract

Pasteurization by radiation was performed to improve the microbiological quality of fresh yam juice. Samples were irradiated at doses of up to 5 kGy and microbiological, physicochemical, and sensory qualities were investigated during storage at 5°C for 8 days. Total aerobic bacterial, coliform bacterial, and yeast and mold counts in pre-irradiation samples were 7.09, 6.91, and 3.42 log CFU/g, respectively. Total aerobic bacterial and coliform counts fell significantly, in a dose-dependent manner, after irradiation, and these organisms were completely eliminated after 1 day of storage when 3 kGy or 5 kGy of radiation was applied. Yeast and molds were eliminated by irradiation at 3 kGy. Irradiation reduced sample viscosity. The L* value decreased after irradiation, whereas the b* value rose. Sensory evaluation testing revealed no significant difference between control samples and those irradiated with 1 kGy, except in color and texture, but sensory scores fell when irradiation of 3 kGy or over was employed, except in the taste domain. The results indicate that gamma irradiation with 1 kGy is effective to ensure the microbiological safety of fresh yam juice, without significant alteration in sensory characteristics, although further work should seek to reduce the detrimental effects of irradiation.

Key words : yam juice, gamma irradiation, hygienic quality

서 론

마(Yam)는 Dioscoreaceae과(family), Dioscorea속(genus)에 속하는 다년생 초본으로 600여종이 있으나 이들 중 약 10여종이 식량자원으로 활용되고 있으며, 한방에서는 예로부터 자양, 강장 및 폐결핵 등에 유효하게 이용되었을 뿐만 아니라 고혈압, 당뇨병과 같은 성인병, 스트레스와 피로의 회복에도 효능이 있는 것으로 알려져 왔다(1). 또한, 서류 중 단백질의 함량이 높고, 여러 가지 효소가 함유되어 있어 고구마와 감자 등의 다른 서류와 달리 생식을 하여도 소화

흡수가 잘 되는 특성을 가지고 있다. 특히 마의 끈끈한 점질물의 주 구성성분은 mannan으로 이루어진 식이섬유가 대부분을 차지하며 단백질과 무기질, 소량의 glucose 및 fructose 등으로 이루어져 있어서 당뇨병이나 변비 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(2,3).

최근 국내에서는 건강식품에 대한 관심의 증가와 더불어 마의 기능성이 알려짐으로 인해 그 수요가 증가하고 있으나, 마의 소비추세에 비해 가공 방법이 다양하지 못해 주로 생마로 소비되거나 열풍건조한 마를 분쇄하여 가루 형태로 판매되고 있는 실정이다. 또한, 최근 마 생산량은 특정지역에 특화작물로 지정되면서 재배면적의 증가와 함께 급격히 증가하고 있으나, 수확 후 저장시설과 가공시설 부족 등으로 장기보존의 어려움에 직면해 있다. 특히 생마는 80%

*Corresponding author. E-mail : fungikim@kaeri.re.kr,
Phone : 82-63-570-3200, Fax : 82-63-570-3149

정도의 수분을 함유하고 있어 저장 및 수송시 변패와 품질 변화가 쉽게 일어나며, 20 kg 단위로 종이박스에 포장되어 유통되고 있어 용적을 최소화하여 경비를 절감하기 위한 방안이 요구되고 있는 실정이다. 현재까지 마에 대한 국내 연구는 생마의 유효성분 분석 및 유효성분의 분리방법(4,5,6) 및 생리학적 활성(7,8,9)에 관한 연구가 주로 수행되었으며, 마 가공에 대한 연구는 마 전분의 건조 방법 및 건조에 따른 마 전분의 이화학적 특성변화(10,11,12) 등이 보고되었으나 생마를 이용한 제품의 연구는 아직 부족한 실정이다. 따라서 국산 농산물의 경쟁력의 제고가 요구되고 있는 시점에서 생마의 품질을 유지하면서 위생성 및 안전성이 확보된 편리하게 섭취 가능한 마제품 개발이 절실한 것으로 여겨진다.

방사선 조사 기술은 병원성 미생물 및 유해 생물의 살균에 의한 식품 및 농산물의 위생화 및 부패방지에 매우 효과적인 방법으로 국제기구가 인정하고 있으며, 세계적으로 여러 분야에 이용되고 있다(13,14). 특히 방사선 조사 기술은 고유의 풍미와 그 기능성을 유지하면서도 미생물을 살균할 수 있고 포장상태에서도 살균처리가 가능하여 제조공정에서의 2차 오염을 방지할 수 있는 등의 장점을 가지고 있다. 또한, 가열살균이 어려운 식품에 매우 유효한 살균방법으로 Song 등(15)은 감마선 조사 기술을 녹즙에 적용하여 그 품질의 변화를 관찰한 결과 보존안전성을 확보할 수 있다고 보고하였으며, Kim 등(16)은 유통 생식제품의 위생성을 향상시키기 위한 살균기술로 감마선 조사 적용 가능성을 제시하였다. 따라서 본 연구에서는 국내산 생마의 이용성 및 활용성을 증진시키기 위한 연구의 일환으로 방사선 조사 기술을 이용하여 마즙의 위생성 및 보존성을 향상시킴으로써 기능성 식품으로서의 생산 및 유통확대에 필요한 기초자료로 삼고자 한다.

재료 및 방법

시료의 구입 및 감마선 조사

본 실험은 전북 익산에서 수확된 단마(*Dioscorea amidoino*)를 구입하여 박피하고 균질기(DIAX 900, Heidolph Co. Ltd., Germany, 4,000 rpm/min)로 균질화시킨 다음 이용하였다.

감마선 조사는 한국원자력연구원 방사선과학연구소(Jeongeup, Korea) 내 선원 30만 Ci, Co-60 감마선 조사시설(point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 시간당 10 kGy의 선량율로 각각 0, 1, 3 및 5 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량 확인은 alanine dosimeter(5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준

화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였으며 조사실의 온도는 18℃였다.

감마선 조사 마즙의 미생물학적 특성

감마선 조사 후 마즙의 미생물학적 특성은 일반호기성세균, 대장균군, 효모 및 곰팡이를 측정하였다. 시료 10 g에 멸균된 식염수(0.85%, NaCl) 90 mL를 첨가하여 Bag mixer® (Model 400, Interscience, France)를 사용하여 120초 동안 혼합한 후 10진 희석법으로 희석한 희석액을 배지에 도말하였다. 배지는 일반호기성세균은 total plate count agar (Difco, Laboratories, Sparks, MD, USA), 대장균군의 분리배지로는 eosin methylene blue agar(Difco)를 사용하였으며, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar(Difco) 배지를 사용하였다. 일반호기성세균과 대장균군의 배양은 37℃, 효모 및 곰팡이의 배양은 25℃에서 각각 2 및 3일 배양하여 생성된 집락을 계수 하였다. 미생물의 개체수를 1/10로 줄이는데 필요한 방사선량(D10)값은 아래의 식에 의하여 산출하였다.

$$D_{10} = \frac{\text{Dose (kGy)}}{(\log N_0 - \log N)}$$

(N₀: 미생물의 초기균수, N: 방사선 조사 후 생존한 미생물의 수, dose: kGy)

감마선 조사 마즙의 물성 특성

감마선 조사 마즙의 점도는 회전 점도계(Brookfield Viscometer, Model DV-II +Pro, USA)를 사용하여 측정하였다. 시료 40 g을 UL adapter(직경 27 mm)에 취하여 시료의 온도가 30℃를 유지하도록 조절하였다. 원형통 LV spindle No. 27을 점도계에 부착한 뒤 시료표면과 spindle 표면을 일치시켜 5분 방치 후 30 rpm에서 2분간 회전하면서 torque 값이 평형에 도달할때의 값을 cP 단위로 나타내었다.

감마선 조사 마즙의 색도 특성

감마선 조사 마즙의 색도는 시료 10 g을 지름 50 mm의 투명 용기에 넣어 color differencemeter (Model CM-3500d, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 명도(lightness, L*) 및 황색도(yellowness, b*)을 측정하였다. 이때 zero calibration은 CM-A124 box를 이용하였고, white calibration은 CM-A120 box를 이용하였다.

감마선 조사 마즙의 관능평가

관능평가는 20명의 panel 요원을 선발하여 구성하였으며, 마즙의 맛(taste), 조직감(texture), 색(color), 냄새(odor) 및 전체적인 기호도(acceptability)에 대하여 9점 기호척도법으로 조사하였다. 기호도는 “매우좋음(like extremely)”을

9점으로, “매우 싫음(dislike extremely)”을 1점으로 평가하였다. 평가시 시료는 종이컵에 약 50 g씩 담아 세자리 숫자로 표시하여 검사원에게 제공하였다.

통계분석

이상의 실험에서 얻어진 결과는 SAS software (SAS Institute Inc., 2000. SAS User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.)⁽¹⁷⁾를 이용하여 general linear model procedure을 수행하고 유의적인 차이가 보일 때 평균값간 차이를 Duncan의 multiple range test법을 사용하여 평가하였다 ($P < 0.05$).

결과 및 고찰

감마선 조사 마즙의 미생물학적 특성

감마선 조사에 따른 마즙의 일반호기성세균 및 대장균군은 각각 1.26 및 1.34 kGy의 D10값을 보였으며, 효모 및 곰팡이의 D10값은 0.29 kGy로 일반호기성세균 및 대장균군 보다 감마선에 높은 감수성을 보였다. 미생물은 각 분류군에 따라, 또는 같은 종일 경우라도 미생물의 성장상태에 따라 방사선에 대한 감수성이 다르게 나타난다. 방사선에 의해 불활성화되는 미생물의 가장 중요한 표적은 DNA이며, DNA 이외의 세포구조들도 방사선에 의하여 파괴되어 미생물의 사멸에 상승작용을 나타내는 것으로 알려져 있다. 따라서 고등 미생물일수록 방사선에 민감하여 효모 및 곰팡이가 일반세균보다 방사선 감수성이 큰 것으로 보고되었다⁽¹⁸⁾.

감마선 조사된 마즙을 5°C에 보관하면서 관찰한 일반호기성세균, 대장균군, 효모 및 곰팡이의 변화를 Table 1-3에 나타내었다. 마즙의 초기 일반호기성세균은 7.09 log CFU/g으로 충분한 수세와 박피, 위생적인 제조과정에도 불구하고

고 비교적 높은 수준의 균수가 검출되었다. 일반호기성세균은 1 및 3 kGy 조사에 의해 각각 4.29와 3.49 log CFU/g로 감마선 조사에 의해 유의적으로 감소됨이 확인되었다 ($P < 0.05$, Table 1). 또한, 5 kGy 조사구는 비조사구에 비해 약 4.5 log cycle 정도의 사멸효과를 보였다. 감마선 비조사구의 일반호기성세균수는 냉장저장에 따라 저장 3일까지 초기 균수에 비해 감소하는 경향을 보였으나, 저장 5일부터 다시 증가하여 8일째에는 7.43 log CFU/g의 성장을 보였다. 그러나 1 kGy의 감마선 조사구의 일반호기성세균은 냉장저장에 따라 유의적으로 감소하여 저장 8일에 3.25 log CFU/g을 나타내어 비조사구에 비해 약 4 log cycle의 균수억제를 보였으며, 3 kGy 이상의 조사구는 저장 1일부터 검출한계이하 수준을 보여 감마선 조사에 의한 미생물 감소 효과가 저장 8일까지 유지되었다. 이는 감마선 조사에 의해 손상을 받은 생존세포가 보존기간이 경과함에 따라 주변 환경에 적응하지 못하고 점차 사멸하는 post irradiation effect에 의한 것으로 사료된다⁽¹⁹⁾. 마즙에서의 대장균군의 감마선 감수성 및 성장경향도 일반호기성세균의 변화와 비슷한 양상을 보였다(Table 2). 대장균군의 초기 오염도는 비조사구에서 6.91 log CFU/g 수준이었으며, 감마선 조사선량의 증가에 따라 유의적인 감소를 보여 5 kGy 조사의 경우 약 4 log cycle의 사멸효과를 나타냈다. 냉장저장에 따라 비조사구의 경우 초기 대장균수는 저장 1일에는 감소하였으나 3일부터는 지속적인 증가를 보여 8일째에는 7.58 log CFU/g을 나타내었다. 한편, 1 kGy 조사구의 경우 조사 후 생존균이 냉장저장에 따라 유의적으로 감소하여 저장 8일에 3.17 log CFU/g 분포를 나타냈으며, 3 및 5 kGy 조사구는 저장 1일부터는 검출한계 이하의 수준으로 평가되었다. 효모 및 곰팡이의 초기 균수는 3.42 log CFU/g으로 1 kGy의 조사구에서 완전 사멸의 경향을 보여 일반호기성세균이나 대장균군에 비해 감마선에 대한 감수성이 큰 특성을 보였다 (Table 3).

Table 1. Population (Log CFU/g) of total aerobic bacteria in gamma irradiated fresh yam juice during storage at 5°C

Storage time (day)	Irradiation dose (kGy)				SEM ¹⁾
	0	1	3	5	
0	7.09 ^{ax}	4.29 ^{bv}	3.49 ^{cx}	2.54 ^{dx}	0.134
1	6.67 ^{ay}	3.94 ^{bw}	ND ^{3y}	ND ^y	0.033
3	6.32 ^{az}	3.62 ^{bx}	ND ^c	ND	0.031
5	7.16 ^{ax}	3.44 ^{by}	ND ^c	ND	0.022
8	7.43 ^{aw}	3.25 ^{bz}	ND ^c	ND	0.025
SEM ²⁾	0.042	0.043	0.043	0.107	

Values with different letters (a-d) within the same row differ significantly ($P < 0.05$). Values with different letters (v-z) within the same column differ significantly ($P < 0.05$).

¹⁾SEM: Standard errors of the mean (n = 8).

²⁾SEM: Standard errors of the mean (n = 10).

³⁾Viable cells was not detected with a detection limit at <101 CFU/g.

Table 2. Population (Log CFU/g) of coliform bacteria in gamma irradiated fresh yam juice during storage at 5°C

Storage time (day)	Irradiation dose (kGy)				SEM ¹⁾
	0	1	3	5	
0	6.91 ^{ay}	4.27 ^{bx}	3.45 ^{cx}	2.65 ^{dx}	0.176
1	6.48 ^{az}	3.65 ^{by}	ND ^{3y}	ND ^{cy}	0.042
3	6.9 ^{ay}	3.53 ^{by}	ND ^c	ND ^c	0.021
5	7.03 ^{ax}	3.61 ^{by}	ND ^c	ND ^c	0.014
8	7.58 ^{aw}	3.17 ^{bz}	ND ^c	ND ^c	0.045
SEM ²⁾	0.015	0.058	0.011	0.157	

Values with different letters (a-d) within the same row differ significantly ($P < 0.05$). Values with different letters (w-z) within the same column differ significantly ($P < 0.05$).

¹⁾SEM: Standard errors of the mean (n = 8).

²⁾SEM: Standard errors of the mean (n = 10).

³⁾Viable cells was not detected with a detection limit at <101 CFU/g.

Table 3. Population (Log CFU/g) of yeast and mold in gamma irradiated fresh yam juice during storage at 5°C

Storage time (day)	Irradiation dose (kGy)				SEM ¹⁾
	0	1	3	5	
0	3.42 ^{ay}	ND ^{3b}	ND	ND	0.093
1	3.69 ^{ay}	ND ^b	ND	ND	0.035
3	4.11 ^x	ND ^b	ND	ND	0.003
5	4.11 ^{ax}	ND ^b	ND	ND	0.005
8	4.17 ^{ax}	ND ^b	ND	ND	0.005
SEM ²⁾	0.089	-	-	-	

Values with different letters (a, b) within the same row differ significantly (P<0.05).
 Values with different letters (x, y) within the same column differ significantly (P<0.05).
¹⁾SEM: Standard errors of the mean (n = 8).
²⁾SEM: Standard errors of the mean (n = 10).
³⁾Viable cells was not detected with a detection limit at <101 CFU/g.

감마선 조사 마즙의 물성 특성

감마선 조사에 따른 마즙의 점성은 조사 선량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(P<0.05, Table 4). 감마선 조사에 의해 고분자량의 전분이 depolymerization 되어 저분자량의 화합물이 생성되는 것으로 보고 되었는데 (20), 본 연구에서의 점성 저하 역시 같은 현상의 결과로 해석된다. 특히 마 특유의 점액질 성분인 mannan glycoprotein 이 감마선 조사에 의해 구조변화가 유도되어 점도가 감소한 것으로 사료된다. 식품에 방사선이 조사되면 식품에 존재하는 수분의 이온화로 부터 생성된 활성 유리 라디칼이 식품 성분과 화학적인 반응이 일어나며, 그 반응에서 생성된 또 다른 화합물들에 의한 2차 화학적 반응으로 이화학적 및 물리학적 특성에 영향을 미친다(21). 감마선 조사에 의해 마즙의 점성이 낮아짐에 따라 마즙 특유의 고점성으로 인한 단점을 보완하여 음용의 편이성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

Table 4. Effect of gamma irradiation on viscosity of fresh yam juice

Viscosity (cP ²⁾)	Irradiation dose (kGy)				SEM
	0	1	3	5	
	6136 ^a	5973 ^b	5664 ^c	5589 ^c	56.5

Values with different letters (a-b) within the same row differ significantly (P<0.05).
¹⁾SEM: Standard errors of the mean (n = 12).
²⁾cP: Centi poise.

감마선 조사 마즙의 색도 특성

감마선 조사된 마즙의 냉장저장에 따른 Hunter값의 변화를 Table 5 및 6에 나타내었다. 감마선 조사에 의해 L*값은 선량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다(P<0.05, Table 5). 또한, 저장기간이 경과함에 따라 L*값은 모든 처리구에

서 유의적으로 감소하였으며, 특히 비조사구에서 가장 큰 감소 경향을 보였다. b*값은 감마선 조사 선량이 증가할수록 유의적으로 증가하였으며, 1 및 3 kGy 조사구는 냉장저장에 따라 유의적인 감소 경향을 보였으나 비조사구와 5 kGy 조사구는 냉장저장에 따른 영향을 받지 않는 것으로 나타났다(Table 6). 감마선 조사에 의한 이러한 값들의 변화는 감마선 조사에 의한 phenolic compound의 산화 및 조사에 의해 생성된 유리라디칼이 carbonyl compound와 amino acid 사이의 Maillard 반응을 촉진시키기 때문인 것으로 판단되며, 이런 결과는 다른 연구자들의 보고와도 일치하였다(22,23). Sokhey와 Hanna(24)는 전분에 감마선을 조사하였을 때 전분 입자의 depolymerization에 의해 환원당 함량이 증가하였으며, 결과적으로 조사 선량이 증가할수록 b*값이 유의적으로 증가하였다고 보고하였다. 이러한 전분입자의 breakdown에 의해 생성된 환원당과 amino acid에 의해 Maillard 반응이 가속화 되어 나타난 결과로 생각되며, 이러한 색도 변화는 관능적 수용도 측면에 바람직하지 않은 영향을 미칠 것으로 예상되며 이를 보완하기 위한 항산화제 첨가 등의 연구가 필요한 것으로 사료된다.

Table 5. Effect of gamma irradiation on Hunter color values (L*) of fresh yam juice

Storage time (day)	Irradiation dose (kGy)				SEM1
	0	1	3	5	
0	76.91 ^{ax}	71.80 ^{by}	70.20 ^{cy}	69.76 ^{cy}	0.323
1	77.51 ^{ax}	72.22 ^{bxy}	70.43 ^{cx}	70.76 ^{dx}	0.084
3	76.59 ^{ax}	72.48 ^{bx}	69.89 ^{cy}	69.88 ^{cy}	0.117
5	75.16 ^{ay}	69.95 ^{bz}	68.86 ^{bcz}	68.28 ^{cz}	0.341
8	74.78 ^{ay}	69.48 ^{bz}	68.73 ^{bz}	68.51 ^{byz}	0.284
SEM ²⁾	0.260	0.137	0.112	0.398	

Values with different letters (a-d) within the same row differ significantly (P<0.05).
 Values with different letters (x-z) within the same column differ significantly (P<0.05).
¹⁾SEM: Standard errors of the mean (n = 8).
²⁾SEM: Standard errors of the mean (n = 10).

Table 6. Effect of gamma irradiation on Hunter color values (b*) of fresh yam juice

Storage time (day)	Irradiation dose (kGy)				SEM ¹⁾
	0	1	3	5	
0	5.86 ^c	7.28 ^{bx}	9.06 ^{ax}	9.99 ^a	0.290
1	6.03 ^d	6.49 ^{cy}	8.58 ^{bxy}	9.66 ^a	0.063
3	5.88 ^d	6.21 ^{cy}	8.50 ^{by}	9.74 ^a	0.061
5	5.71 ^d	6.9 ^{cy}	8.5 ^{by}	10.05 ^a	0.246
8	5.51 ^d	6.46 ^{cy}	8.51 ^{by}	9.70 ^a	0.199
SEM ²⁾	0.230	0.197	0.134	0.209	

Values with different letters (a-d) within the same row differ significantly (P<0.05).
 Values with different letters (x, y) within the same column differ significantly (P<0.05).
¹⁾SEM: Standard errors of the mean (n = 8).
²⁾SEM: Standard errors of the mean (n = 10).

감마선 조사 마즙의 관능평가

감마선 조사 마즙의 관능적 특성을 맛, 조직감, 색, 냄새 및 전체적인 기호도에 대해 5°C에 저장하면서 평가하였다 (Table 7). 1 kGy 감마선 조사구의 경우는 냄새와 색을 제외한 나머지 항목에 대해 비조사구와 유의적인 차이는 없었지만, 3 및 5 kGy 조사구는 맛을 제외한 모든 항목에서 유의적인 차이를 보였다. 특히 5 kGy의 경우 색에 있어서 비조사구와 가장 큰 차이를 보였으며 그 다음이 조직감 순이었다. 마즙의 기계적 측정에서도 알 수 있듯이 감마선 조사에 의한 색과 물성의 변화가 제품의 선호도에 영향을 미친 것으로 해석된다. 또한 냄새에서도 3 및 5 kGy 조사구의 경우 비조사구와 점수 차이가 컸으며, 이는 방사선 조사에 의해 생성된 이취때문인 것으로 사료된다. 이러한 이취로 인한 관능적 품질저하는 조사시의 환경조건과 식품의 종류 및 구성성분 등 그 특성에 따라 차이가 있으며, 방사선 조사시 발생하는 이취현상은 천연 향산화제가 첨가 또는 진공포장 등의 방법을 이용하여 감소시키는 것이 가능한 것으로

보고되었다(25). 냉장저장에 따른 각 항목별 선호도 조사 결과, 맛은 비조사구와 1 kGy 조사구는 저장에 따라 선호도가 증가하였으며, 3 및 5 kGy는 저장에 따른 차이가 없었다. 조직감의 모든 처리구는 냉장저장에 따른 유의적인 차이는 없었으며, 냄새와 전체적인 기호도는 저장기간 증가에 따른 일정한 선호도 변화 경향을 보이지 않았다.

요 약

마즙의 위생성 및 보존성 향상을 목적으로 0, 1, 3 및 5 kGy의 선량으로 감마선을 조사하고 5°C에서 보관하면서 8일간 마즙의 미생물학적, 일반품질 및 관능평가를 실시하였다. 마즙의 호기성세균 및 대장균군은 각각 1.26 및 1.34 kGy의 D₁₀값을 보였으며, 5°C 저장에 따라 3 및 5 kGy 조사구의 경우 검출한계 이하의 균수를 유지하였다. 효모 및 곰팡이의 D₁₀값은 0.29 kGy로 일반호기성균 및 대장균군보다 감마선에 높은 감수성을 보였으며, 모든 조사구의 경우 냉장저장에 따라 검출한계 이하의 균수를 나타내었다. 감마선 조사에 따른 마즙의 점성은 조사 선량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 나타내 마즙 특유의 고점성으로 인한 단점을 보완하여 음용의 편의성을 증대시킬 수 있을 것으로 사료된다. 마즙의 L*값은 감마선 조사에 따라 감소하였으나 냉장저장에 따른 L*값의 감소율은 비조사구가 가장 컸으며, b*값 또한 감마선 조사에 의해 증가해 갈변이 일어나는 것으로 관찰되었다. 3 및 5 kGy 마즙은 맛을 제외한 조직감, 색, 냄새 및 전체적인 기호도에서 비조사구보다 유의적으로 낮은 선호도를 보였으며, 1 kGy 조사구는 냄새와 색을 제외하고 비조사구와 차이가 없었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 조사에 따른 색의 변화를 최소화하기 위한 향산화제 첨가 또는 포장방법 및 방사선 조건 등에 대한 좀 더 다양한 연구가 보완되어야 할 것으로 판단되며, 약 1 kGy 감마선 조사와 냉장저장을 병행함으로써 마즙의 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지역전략기획기술개발사업의 일환으로 수행되었으며 그 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Yoon K.B. and Jang J.K. (1989) Wild vegetables good for health. Seokoh Publishing Co., Seoul, Korea, p.334
2. Kouassi B., Diopoh J., Leroy Y. and Fournet B. (1998)

Table 7. Sensory scores of gamma irradiated fresh yam juice

	Storage time (day)	Irradiation dose (kGy)				SEM ¹⁾
		0	1	3	5	
Taste	0	4.85 ^y	5.25 ^{xy}	4.45	4.3	0.4
	3	5.55 ^{axy}	4.60 ^{by}	3.90 ^b	4.1 ^b	0.322
	6	5.80 ^{ax}	5.55 ^{ax}	4.5 ^b	4.1 ^b	0.294
	SEM ²⁾	0.312	0.318	0.365	0.367	
Texture	0	6.35 ^a	5.25 ^b	4.20 ^c	4.70 ^{bc}	0.318
	3	5.75 ^a	4.95 ^b	4.15 ^c	3.90 ^c	0.278
	6	5.60 ^a	5.05 ^{ab}	4.45 ^b	4.45 ^b	0.303
	SEM ²⁾	0.304	0.284	0.323	0.289	
Color	0	7.75 ^{ax}	6.35 ^{bx}	3.95 ^c	3.85 ^c	0.297
	3	7.1 ^{axy}	5.4 ^{bxy}	4.5 ^c	4.25 ^c	0.249
	6	6.7 ^{xy}	5.65 ^{by}	3.85 ^c	4.30 ^c	0.273
	SEM ²⁾	0.287	0.284	0.279	0.244	
Odor	0	5.95 ^a	5.35 ^{abx}	4.00 ^c	4.5 ^{bc}	0.97
	3	5.35 ^a	4.15 ^{by}	3.95 ^b	3.8 ^b	0.28
	6	6.35 ^a	5.60 ^{ax}	4.10 ^b	4.15 ^b	0.274
	SEM ²⁾	0.348	0.287	0.306	0.30	
Acceptability	0	5.80 ^a	5.05 ^{abxy}	4.4 ^{xy}	4.20 ^b	0.356
	3	5.50 ^a	4.60 ^{by}	3.85 ^{by}	4.05 ^b	0.268
	6	5.65 ^a	5.55 ^{ax}	4.75 ^{ax}	4.05 ^b	0.293
	SEM ²⁾	0.288	0.306	0.289	0.344	

Values with different letters (a, b) within the same row differ significantly (P<0.05). Values with different letters (x, y) within the same column differ significantly (P<0.05). Sensory evaluation was conducted with 9-point hedonic scale (9, extremely like; 1, extremely dislike).

¹⁾SEM: Standard errors of the mean (n = 20).

²⁾SEM: Standard errors of the mean (n = 60).

- Total amino acids and fatty acids composition of yam (*Dioscorea*) tubers and their evolution during storage. *J. Sci. Food Agric.*, 42, 273-285
3. Misaki, A., Ito, T. and Harada, T. (1972) Constitutional studies on the mucilage of "Yamanoimo" *Dioscorea batatas* DECNE. *Agric. Biol. Chem.*, 36, 761-771
 4. Han Y.N., Hahn, S.H. and Lee, I.R. (1990) Purification of mucilages from *Dioscorea batatas* and *D. Japonica* and their content analysis. *Korean J. Pharmacogn.*, 21, 274-283
 5. Nam, D.H., Son, K.H., Kim, J.Y., Kim, S.K. and Lim, S.K. (2006) Quantitative determination of dioscin from *Dioscorea Rhizoma*. *Korean J. Pharmacogn.*, 37, 33-36
 6. Lee, M.S. and Choi, H.S. (1994) Volatile flavor components of *Dioscorea japonica*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 26, 68-73
 7. Toh, C.A. (1984) Pharmacognostical study on the *Dioscoreae Rhizoma* in Korea. *Korean J. Pharmacogn.*, 15, 30-38
 8. Ha, Y.D., Lee, S.P. and Kwak, Y.G. (1998) Removal of heavy metal and ACE inhibition of yam mucilage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 27, 751-755
 9. Kwon, C.S., Son, I.S., Shim, J.H. (1999) Effects of yam on lowering cholesterol level and its mechanism. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 32, 637-643
 10. Kim, I.H., Son, H.J. and Chung, K.M. (2006) Viscosity of yam suspension by drying methods and additives. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 38, 444-447
 11. Kwon, J.H., Lee, G.D., Lee, S.J., Chung, S.K. and Choi, J.U. (1998) Changes in chemical components and physical properties with freeze drying and hot air-drying of *Dioscorea batatas*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 27, 908-913
 12. Kim, W.S., Kim, S.S., Park, Y.K. and Seog, H.M. (1991) Physicochemical properties of several Korean Yam starches. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 23, 554-560
 13. FAO/IAEA/WHO (1999) High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. In WHO technical report series 890. World Health Organization, Geneva. p.49-77
 14. Byun, M.W. (1997) Application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Sci. Ind.*, 30, 89-100
 15. Song, H.P., Byun, M.W., Jo, C., Lee, C.H., Kim, K.S. and Kim, D.H. (2007) Effects of gamma irradiation on the microbiological, nutritional, and sensory properties of fresh vegetable juice. *Food Control*, 18, 5-10
 16. Kim, D.H., Song, H.P., Yook, H.S., Chung, Y.J., Kim, Y.J. and Byun, M.W. (2002) Distribution of Microflora in powdered raw grains and vegetables and improvement of hygienic quality by gamma irradiation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 31, 589-593
 17. SAS. (2000) SAS User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.
 18. Mendonca, A.F. (2002) Inactivation by irradiation. In: Control of foodborne microorganisms, Juneja, V.K. AND Sofos, J.N. (Editors), Marcel Dekker, Inc. New York, USA. p. 75-104
 19. Ma, K. and Maxcy, R.B. (1981) Factors influencing radiation resistance of vegetive bacteria and spores associated with radappertization of meat. *J. Food Sci.*, 46, 612-616
 20. Graham, J.A., Panozzo, J.F., Lim, P.C. and Brouwer, J.B. (2002) Effects of gamma irradiation on physical and chemical properties of chickpeas (*Cicer arietinum*). *J. Sci. Food Agric.*, 82, 1599-1605
 21. Thayer, D.W. (1994) Wholesomeness of irradiated foods. *Food Technol.*, 48, 58-67
 22. Oh, S.H., Lee, Y.S., Lee, J.W., Kim, M.R., Yook, H.S. and Byun, M.W. (2005) The effects of γ -irradiation on the non-enzymatic browning reaction in the aqueous model solutions. *Food Chem.*, 92, 357-363
 23. Wootton, M., Djojonegoro, H. and Damasio, M.H. (1988) Effects of γ -irradiation on the quality of Australian rice. *Cereal Chem.* 7, 309-315
 24. Sokhey, A.S. and Chinnaswamy, R. (1993) Chemical and molecular properties of irradiated starch extrudates. *Cereal Chem.*, 70, 260-268
 25. Park, K.S., Kim, J.G., Lee, J.W., Oh, S.H., Lee, Y.S., Kim, J.H., Kim, J.H. Kim, W.G. and Byun, M.W. (2004) Effects of combined treatment of gamma irradiation and addition of rosemary extract powder on ready-to-eat hamburger steaks. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 33, 694-699

(접수 2010년 3월 22일, 수정 2010년 7월 7일, 채택 2010년 7월 16일)