

저선량 감마선 조사에 의한 매실의 미생물학적 및 이화학적 특성 평가

이성아 · 김경희 · 김미선 · 박노경 · 육홍선[†]

충남대학교 식품영양학과

Microbial and Physico-chemical Characteristics of a Maesil(*Prunus mume*) Treated with Low Levels of Gamma Rays

Seong-A Lee, Kyung-Hee Kim, Mi-Seon Kim, No-Kyoung Park and Hong-Sun Yook[†]

Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

In this study we assessed the effects of gamma irradiation (0.5~3 kGy) on the microbial and physico-chemical characteristics of maesil (*Prunus mume*) stored for 9 days at 20°C. Total aerobic bacteria, yeasts and molds were significantly decreased with increases in the irradiation dosage. In terms of the Hunter's color value, irradiated samples evidenced a higher b-value, but a lower a-value than the non-irradiated samples. Hardness was reduced with increment in the irradiation dose level. The contents of total sugar, hydrogen donating activity and organic acids were not affected by irradiation. The reducing sugar contents of the irradiated samples were superior to those of the non-irradiated samples. Vitamin C contents were reduced with the progression of storage periods and increases in the dosage level. These results demonstrated that gamma irradiation of 0.5 to 3 kGy affected the microbiological safety of maesil, but did not affect the physico-chemical characteristics (total sugar, hydrogen donating activity and organic acid) but the Hunter's color value, hardness, and vitamin C contents of the maesil deteriorated with gamma irradiation.

Key words : Gamma irradiation, maesil, physico-chemical, microbial, storage.

서 론

매실은 장미과에 속하는 매화나무의 열매로 예로부터 한국, 중국, 일본 등에서 식재료의 재료로 사용되고 있으며, 다양한 증상의 치료제로도 사용되어 왔다. 특히 한방에서 매실은 당뇨병 치료제 또는 구충, 해독제로 사용되고 있으며, 민간에서는 고혈압, 설사, 정혈 작용 등에 효과가 있다고 알려져 있다(Lee *et al* 2007). 또한, 매실에는 섬유소와 유리당, sitosterol과 무기질 함량이 풍부할 뿐만 아니라 succinic acid, citric acid, malic acid 및 tartaric acid 등의 유기산이 많은 알칼리성 식품으로 알려져 있다(Park *et al* 2007). 이러한 매실은 건강에 대한 관심 증대와 더불어 수요 또한, 증가 추세에 있으며(Kim *et al* 2006), 이에 따른 재배 면적 및 생산량도 2004년에 4만 6천 ha에 생산량은 44만 9천 t, 2006년에 5만 ha에 생산량은 52만 1천 t, 2007년 5만 2천 ha에 생산량은 55만 6천 t으로 증가하였다(2008 농림수산식품 주요통계). 매실은 생식되지 않고 가공되는 과실로 국내 생산량 대부분이 가공용(매실주, 매실차, 매실주스, 매실장아찌, 매실엑기스, 매

실환, 매실김치, 매실절임, 매실장, 매실음료)으로 사용되고 있는데(Park & Hong 2003), 가공되기 전까지 저장 기간이 짧아 실제로 유통되는 기간이 적어 효율적인 유통을 위해 저장 기간 연장이 필요하며, 매실의 다양한 용도 범위는 현대인들의 건강 유지에 대한 인식이 줄어들지 않는 한 더욱 확대될 것으로 예측되므로 매실에 대한 경제적이고 효율적인 유통 기술의 개발이 필요하다.

방사선 조사기술은 현재 국제기구(FAO/IAEA/WHO)와 선진 여러 나라에서 그 건전성이 공인되어 현재 52개국에서 230여종의 식품에 대하여 식품 방사선 조사를 허가하고 있다(Lee *et al* 2005). 우리나라도 1987, 1988, 1991 및 1995년에 4차례에 걸쳐 총 18개 품목의 식품 조사가 허가되었으며, 기존 품목을 확대하여 7품목이 2004년 5월에 추가로 허가되었다(Kim *et al* 2008). 신선한 과일에 있어서는 1~3 kGy의 방사선 조사가 미생물 억제, 속도 조절, 저장 수명 연장의 목적으로 허용되어 있으며(IAEA 2003), 방사선 조사는 포장된 식품의 살균에 적합한 냉은 살균 방법으로(Park *et al* 2008), 특히 식품의 물리, 화학적 및 관능적 특성에 큰 영향을 주지 않고 식품에서 유래하는 식품 기인성 미생물로부터의 위협을 상당히 줄일 수 있는 유익한 식품 위생화 방법이다(Byun MW

[†] Corresponding author : Hong-Sun Yook, Tel : +82-42-821-6840, Fax: +82-42-821-8887, E-mail : yhsuny@cnu.ac.kr

1997).

따라서 본 연구에서는 매실의 저장 유통 중 미생물 제어를 통한 품질 보존의 한 방법으로 감마선 조사를 이용하여 미생물 제어 및 이화학적 변화를 조사하여 매실에 대한 미생물 제어 효과 이외에 매실의 전반적인 품질 특성에 미치는 영향을 살펴보고, 감마선 조사의 이용 가능성에 대해 알아보 고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료

매실은 2008년 06월 정읍 농수산 시장에서 구입하였고, 포장기(Leepack, Hanguk Electronic, Gyunggi, Korea)를 이용하여 포장재(polyethylene bag, 2 mL O₂/m²/24 hr at 0°C; 20×30 cm; Sunkyung Co. Ltd., Korea)로 포장하여 감마선 조사 전 까지 하루 동안 냉장 보관(4°C)하였다.

2. 감마선 조사

감마선 조사는 한국원자력연구원 방사선과학연구소(Jeong-eup, Korea)내 선원 30만 Ci, Co-60 감마선 조사 시설(point source AECL, OR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, On, Canada)을 이용하여 시간당 10 kGy의 선량율로 각각 0.5, 1, 2 및 3 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량 확인은 alanine dosimeter(5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다.

3. 시료준비

감마선 조사 시료는 감마선을 조사하지 않은 비조사구와 함께 20°C에서 9일간 저장하면서 0, 5 및 9일에 분석을 실시 하였다. 미생물, 색도, 경도, 관능은 생시료를 이용하였고, 총 당, 환원당, 수소공여능, 유기산 및 vitamin C는 매실의 껍질을 벗기고 분쇄하여 -70°C에서 동결시킨 뒤 5일 동안 동결 건조(SFDSM12-60Hz, Samwon Freezing Engineering Co., Korea)를 한 후 분말로 만들어 밀봉한 후 냉동 보관하면서 시료로 사용하였다.

4. 미생물 분석

매실의 껍질 부분을 3 g 칭량한 뒤 멸균수(0.85% NaCl) 27 mL를 가한 다음 균질화한 후 시험에 사용하였다. 일반 호기성 세균은 plate count agar(Difco Labs., Detroit, MI, USA)를 사용하여 30°C에서 48시간 배양하였고, 효모 및 곰팡이균은 potato dextrose agar(Difco)를 사용하여 25°C에서 3~5일 배

양하여 생성된 colony의 수를 육안으로 계수하여 시료 1 g당 log colony forming unit(log CFU/g)로 나타내었다.

5. 색도 측정

매실의 색도는 Hunter 색도계(ND-300A, Nippon Denshoku, Japan)로 매실의 씨를 제거한 뒤 갈아서 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)를 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

6. 경도 측정

매실의 경도는 texture analyzer(TA-XT2/25, Stable Micro System Co. Ltd., Surrey, England)를 사용하여 측정하였다. 지름 5 mm의 plunger를 이용하여 hardness를 측정하였다. 분석 조건은 pre test speed : 2.0 mm/sec, test speed : 1.0 mm/sec, post test speed : 2.0 mm/sec, strain : 70%로 하였으며, 매실의 씨를 제거한 뒤 과육 부위를 측정하였다.

7. Vitamin C 함량 측정

인도페놀적정법을 이용하여 시료 1 g을 메타인산·초산용액(초산 80 mL, 메타인산 30 g을 1 L로 정용)에 녹여 100 mL로 정용한 후, 이를 10 mL 취해 인도페놀용액(탄산나트륨 50 mg, 인도페놀 50 mg을 200 mL로 정용)으로 적정하였다. Blank는 비타민 C 표준 용액(0.1 mg/mL)으로 하였다.

8. 총 당 및 환원당 함량 측정

총 당은 시료 1 g을 증류수에 희석한 희석액 1 mL를 취해 5% 페놀용액 1 mL, 황산 5 mL를 넣고 vortexing을 한 뒤, 실온에서 20분 반응시킨 뒤 spectrophotometer(Ultrospec 4300 pro uv/visible spectrophotometer, Brckinghamshire, UK)로 490 nm에서 흡광도를 측정하였고 glucose를 이용한 표준 검량식에 흡광도를 적용하여 시료 중 총 당 함량을 구하였다. 환원당은 DNS법을 이용하여 시료 1 g을 증류수에 희석한 후 희석액 1 mL를 취해 DNS 시약(dinitrosalicylic acid 0.5 g, NaOH 8 g, rochell salt 150 g을 500 mL로 정용)을 2 mL 넣고 섞은 후, 10분간 끓는 물에 넣었다가 꺼내서 10분간 얼음에 넣어 냉각한 후 spectrophotometer(Ultrospec 4300 pro uv/visible spectrophotometer, Brckinghamshire, UK)로 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도는 glucose를 이용한 표준 검량식에 적용하여 시료 중 환원당 함량을 구하였다.

9. 수소공여능 측정

시료 1 g에 methanol 9 mL를 가하여 실온에서 24시간 추출한 뒤 2,400 rpm에서 20분간 원심분리하여 얻은 상등액을 시료 용액으로 사용하였고, 0.2 mM DPPH용액 1 mL와 시료

용액 1 mL를 가하여 혼합한 뒤 30분 뒤에 methanol 용액을 blank로 하여 517 nm에서 spectrophotometer(Ultrospec 4300 pro uv/visible spectrophotometer, Brckinghamshire, UK)로 흡광도를 측정하였다. 수소공여능은 다음 계산식에 의해 환산하였다.

$$\text{수소공여능(\%)} = [1 - (\text{시료첨가구의 흡광도} / \text{무첨가구의 흡광도})] \times 100$$

10. 유기산 함량 측정

시료 1 g을 증류수에 녹여 100 mL로 정용한 뒤 이를 삼각 플라스크에 10 mL 취하고 페놀프탈레인용액 3~4 방울을 떨어뜨린 뒤 0.1 N NaOH 용액으로 분홍색이 나타날 때까지 적정하였다. 여기서 blank는 증류수를 사용하였다.

11. 통계 분석

모든 실험은 3회 이상 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SPSS software를 이용하여 유의적 차이가 있는 항목에 대해서는 Duncan의 다중검정법으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의차 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 미생물 분석

감마선 조사된 매실의 미생물 변화에 대한 결과는 Table 1에 나타내었다. 총 호기성 세균의 경우 저장 초기에는 비조사구에서 3.71 log CFU/g, 조사구에서 2.66(0.5 kGy), 2.57(1 kGy), 2.15(2 kGy), 1.00(3 kGy) log CFU/g으로 나타나 조사선량이 증가할수록 감소하는 뚜렷한 차이를 나타내었고, 저장 1주, 2주차에도 조사선량이 증가함에 따라 총 호기성 미생물이 유의적으로 감소하였다. 저장 기간이 지남에 따라 비조사구는 3.71(저장 0일), 3.99(저장 5일), 4.89(저장 9일) log CFU/g으로 총 호기성 미생물이 유의적으로 증가했으나, 0.5~2 kGy의 조사구에서는 저장 5일과 저장 9일에서 유의적인 차이를 나타내지 않았고 3 kGy의 조사구에서는 저장 기간에 따른 차이를 보이지 않아, 토마토에 0.5~3.7 kGy까지 감마선 조사를 한 결과, 조사선량이 증가함에 따라 총 호기성 세균이 감소하였다고 보고한 Prakash *et al*(2002)의 연구와 동일하게 나타났다.

곰팡이 및 효모균 역시 저장 기간 동안 조사 선량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다. 비조사구와 0.5 kGy 조사구에서는 저장 기간과 비례하여 곰팡이 및 효모균이 증가하였으나, 1~3 kGy의 조사선량에서는 저장 기간에 따른 차이를 나타내지 않아 감마선 조사가 초기에 곰팡이 및 효모균의 생육 억제에 미치는 영향이 크다고 보고한 Byun *et al*(1990)의 연구와 같은 경향을 확인할 수 있었다.

Table 1. Changes in microbial growth of maesil stored for 9 days under the conditions of 20 °C after gamma irradiation
(unit : log CFU/g)

Micro-organism	Irradiation dose(kGy)	Storage period(day)			
		0	5	9	SEM ³⁾
Total aerobic bacteria	0	3.71 ^{aC1)}	3.99 ^{aB}	4.89 ^{aA}	0.11
	0.5	2.66 ^{bB}	3.33 ^{bA}	3.45 ^{bA}	0.09
	1.0	2.57 ^{bB}	2.80 ^{cA}	2.85 ^{cA}	0.06
	2.0	2.15 ^{bB}	2.27 ^{dA}	2.52 ^{dA}	0.13
	3.0	1.00 ^{cA}	1.71 ^{eA}	1.78 ^{eA}	0.48
	SEM ²⁾	0.38	0.07	0.09	
Yeasts and molds	0	3.73 ^{aB}	3.94 ^{aB}	4.89 ^{aA}	0.10
	0.5	3.65 ^{aA}	3.42 ^{abB}	3.24 ^{bC}	0.05
	1.0	2.95 ^{abA}	3.07 ^{abA}	3.00 ^{cA}	0.09
	2.0	2.00 ^{bcA}	2.54 ^{bA}	2.76 ^{dA}	0.48
	3.0	1.58 ^{cA}	1.08 ^{cA}	1.20 ^{eA}	0.68
	SEM	0.50	0.40	0.09	

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

A-C Values with different letters within a row differ significantly($p < 0.05$).

2) Standard error of the means($n=20$).

3) Standard error of the means($n=12$).

2. 색도 변화

감마선 조사된 매실의 색도 변화는 Table 2와 같다. L값(명도)은 저장 0일과 5일째에 조사선량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였고, 9일째에는 조사선량에 따른 차이를 나타내지 않았다. 또한, 비조사구와 0.5, 1 kGy 조사구의 L값은 저장 기간이 지남에 따라 감소하였으나, 2, 3 kGy 조사구는 증가하는 것으로 나타났다. 매실은 과실색이 녹색을 띄므로 a값(적색도)이 마이너스를 나타내는데 저장 초기인 0일째에 선량에 비례하여 값이 증가하였으나, 저장 5일과 9일째에는 조사선량에 따른 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 또한, 저장 초기에 비하여 저장 9일째에는 모든 시료에서 a값이 증가하였다. b값(황색도)은 모든 저장 기간 동안 조사선량이 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 이는 Yun *et al*(2007)의 감마선 조사선량에 따른 사과 과육의 색도는 감마선 조사 여부에 영향을 받지 않았다고 보고한 결과와 차이가 있으며, Al-Bachir(1999)는 0.5~1.5 kGy로 감마선 조사된 사과에서 감마선 조사가 녹색도를 감소시켰다고 보고하여 본 연구와 동일하였다. Kang *et al*(2003)은 고선량의 감마선 조사는 사

과 내부의 대사적 이상을 유도하여 갈변 장애와 발생을 촉진하는 것으로 여겨진다고 보고한 바 있어 본 연구에서도 감마선 조사가 매실 과육의 갈변을 촉진한 것이라 사료되므로 매실 과육의 색도적 품질을 유지할 수 있는 저장·유통 방안의 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

3. 경도 변화

감마선 조사된 매실의 경도 변화는 9일 동안 실시하였으

Table 2. Changes in Hunter's color values of maesil stored for 9 days under the conditions of 20°C after gamma irradiation

Hunter's color value	Irradiation dose (kGy)	Storage period (day)			SEM ⁶⁾
		0	5	9	
L ¹⁾	0	61.80 ^{aa4)}	55.72 ^{aaB}	51.91 ^{aB}	3.50
	0.5	58.73 ^{ba}	53.75 ^{ba}	54.08 ^{aa}	3.13
	1.0	57.85 ^{ca}	53.16 ^{bc}	55.99 ^{aB}	0.19
	2.0	55.53 ^{da}	53.34 ^{bB}	55.73 ^{aa}	0.21
	3.0	53.90 ^{eb}	50.95 ^{cc}	58.77 ^{aa}	0.30
	SEM ⁵⁾	0.24	0.29	3.63	
a ²⁾	0	-4.38 ^{dc}	-0.81 ^{ba}	-1.28 ^{aB}	0.059
	0.5	-3.18 ^{cc}	-0.47 ^{aA}	-1.08 ^{abB}	0.069
	1.0	-2.44 ^{bb}	-0.91 ^{ba}	-0.90 ^{aA}	0.080
	2.0	-2.02 ^{ab}	-2.51 ^{cc}	-1.80 ^{ca}	0.083
	3.0	-2.02 ^{ab}	-0.94 ^{ba}	-1.16 ^{abA}	0.16
	SEM	0.06	0.07	0.13	
b ³⁾	0	27.51 ^{aA}	26.07 ^{aC}	26.99 ^{aB}	0.16
	0.5	27.07 ^{ba}	25.10 ^{bb}	26.77 ^{aA}	0.18
	1.0	26.58 ^{ca}	24.82 ^{bb}	26.28 ^{ba}	0.15
	2.0	26.04 ^{da}	25.12 ^{bb}	26.23 ^{ba}	0.19
	3.0	24.89 ^{eb}	24.33 ^{cc}	26.30 ^{ba}	0.15
	SEM	0.19	0.19	0.11	

¹⁾ L : Degree of lightness.

²⁾ a : Degree of redness.

³⁾ b : Degree of yellowness.

⁴⁾ a~e Values with different letters within a column differ significantly($p<0.05$).

^{A~C} Values with different letters within a row differ significantly($p<0.05$).

⁵⁾ Standard error of the means($n=40$).

⁶⁾ Standard error of the means($n=24$).

며 Table 3에 나타내었다. 매실의 경도 변화는 저장 기간 및 조사선량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 저장 초기 비조사구의 경도와 비교했을 때 조사구의 감소율이 13.80% (0.5 kGy), 37.23%(1 kGy), 92.68%(2 kGy), 93.24%(3 kGy)로 2 kGy 이상의 조사선량에서 큰 감소율을 나타내었고, 저장 5일과 9일에서도 평균적으로 66.14%(0.5 kGy), 81.04% (1 kGy), 86.52%(2 kGy), 93.02%(3 kGy)로 비조사구에 비해 조사구에서 큰 감소율을 보였다. Egea *et al*(2007)는 토마토에 0.5~1 kGy의 전자선 조사한 결과, 조사구의 경도가 비조사구에 비해 낮은 값을 나타내었다고 보고하였고, Yun *et al* (2007)은 감마선 조사된 사과와 감마선의 경도를 측정 한 결과 조사구는 비조사구에 비하여 경도가 다소 낮은 경향을 보여주었다고 하였으며, Kwon *et al*(1998)은 감마선 조사에 의해 과실이나 견과류의 경도가 감소된다고 보고하여 본 연구와 일치하는 것으로 나타났다.

4. Vitamin C 함량 변화

Table 4는 감마선 조사된 매실의 vitamin C 함량 변화로 9일 동안 실시하였다. 저장 초기 3 kGy 조사구가 0.50 mg/ 100 mL로 비조사구와 0.5, 1, 2 kGy 조사구에 비하여 낮은 값을 보였으며, 비조사구와 0.5, 1, 2 kGy 조사구간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 저장 5일째에는 조사선량에 따른 차이를 보이지 않았고, 저장 9일째에는 조사선량이 증가함에 따라 vitamin C 함량이 감소하였다. 저장 기간별로 살펴보면

Table 3. Changes in hardness of maesil stored for 9 days under the conditions of 20°C after gamma irradiation (unit : g)

Texture	Irradiation dose (kGy)	Storage period (day)			SEM ³⁾
		0	5	9	
Hardness	0	5404.19 ^{aa1)}	3125.09 ^{aA}	3301.86 ^{aA}	1172.98
	0.5	4658.39 ^{aA}	1073.60 ^{bb}	1101.58 ^{bb}	581.72
	1.0	3392.17 ^{aA}	856.71 ^{bb}	347.03 ^{cb}	311.10
	2.0	395.84 ^{ba}	524.06 ^{ca}	336.74 ^{cb}	63.60
	3.0	365.12 ^{ba}	284.11 ^{cb}	160.69 ^{cc}	30.03
	SEM ²⁾	1030.13	131.98	104.95	

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

^{A~C} Values with different letters within a row differ significantly($p<0.05$).

²⁾ Standard error of the means($n=45$).

³⁾ Standard error of the means($n=27$).

Table 4. Changes in vitamin C contents of maesil stored for 9 days under the conditions of 20°C after gamma irradiation
(unit : mg/100g)

	Irradiation dose (kGy)	Storage period (day)			SEM ³⁾
		0	5	9	
Vitamin C contents	0	0.41 ^{aA1)}	0.37 ^{aA}	0.36 ^{aA}	0.02
	0.5	0.40 ^{aA}	0.35 ^{aA}	0.30 ^{bA}	0.04
	1.0	0.44 ^{aC}	0.36 ^{aB}	0.28 ^{bA}	0.02
	2.0	0.40 ^{aC}	0.35 ^{aB}	0.23 ^{cA}	0.01
	3.0	0.28 ^{bB}	0.34 ^{aC}	0.18 ^{dA}	0.01
	SEM ²⁾	0.03	0.02	0.01	

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

A~C Values with different letters within a row differ significantly ($p < 0.05$).

2) Standard error of the means ($n=10$).

3) Standard error of the means ($n=6$).

비조사구는 저장 기간에 따른 차이를 보이지 않았으나 조사구에서는 저장 기간이 증가함에 따라 vitamin C 함량이 감소하였다. Wen *et al*(2006)은 구기자에 중선량(2~14 kGy)의 감마선 조사를 한 후 vitamin C 함량을 분석한 결과, 4 kGy 조사시 8.35 mg/100 g에서 4.3 mg/100 g으로 감소하였다고 보고하였고, Ladaniya *et al*(2003)은 만다린에 감마선 조사시 저장초기 vitamin C 함량이 24.20 mg/100 mL(비조사구), 21.40 mg/100 mL(0.25 kGy), 17.90 mg/100 mL(0.5 kGy)로 조사구에서 vitamin C 함량이 감소하였으며, 저장 기간 전반에 걸쳐 비조사구에 비해 낮은 함량을 나타내었다고 보고하였다. 이는 본 연구에서 감마선 조사에 의한 매실의 vitamin C 함량이 저장 기간 동안 감소한 것과 같은 결과이다.

5. 총 당 및 환원당 함량 변화

감마선 조사된 매실의 총 당 및 환원당 변화는 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다. Yun *et al*(2007)은 사과에 1 kGy의 감마선 조사를 한 뒤 총 당 함량을 측정된 결과 유의적인 차이는 관찰되지 않았다는 보고하였고, Castell-perez *et al*(2004)의 전자선 조사된 멜론의 당 함량이 조사에 의해 유의적인 영향을 받지 않았다고 보고한 바 있는데, 본 연구에서도 이들의 결과와 유사하게 저장 초기 조사 선량이 증가함에 따라 총 당 함량이 비례하여 증가하였으나, 저장 5일과 9일째에는 조사 선량에 따른 차이를 나타내지 않았다. 또한, 저장 기간이 증가함에 따라 비조사구의 총 당 함량은 증가하였으나, 조사구에서는 조사 선량에 따른 차이를 나타내지 않았다.

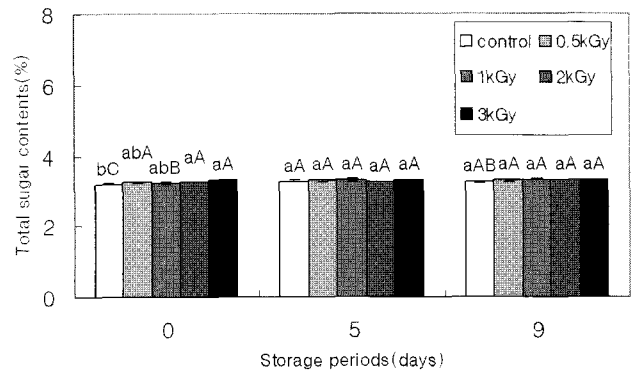


Fig. 1. Changes in total sugars contents of Maesil stored for 9 days under the conditions of 20°C after gamma irradiation.

^{a,b} Values with different superscript letters in the same storage periods are significantly different ($p < 0.05$).

^{A~C} Values with different superscript letters in the same irradiation dose are significantly different ($p < 0.05$).

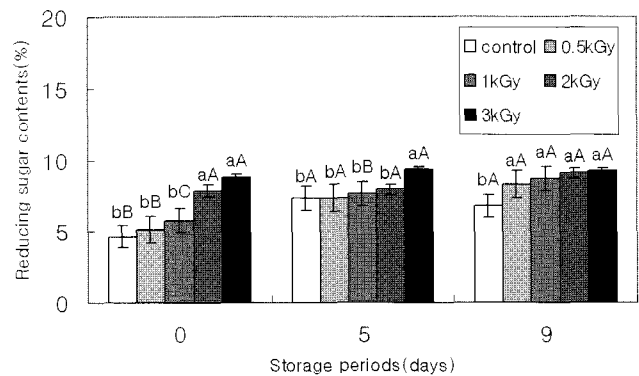


Fig. 2. Changes in reducing sugars contents of maesil stored for 9 days under the conditions of 20°C after gamma irradiation.

^{a,b} Values with different superscript letters in the same storage periods are significantly different ($p < 0.05$).

^{A~C} Values with different superscript letters in the same irradiation dose are significantly different ($p < 0.05$).

한편, 감마선 조사된 매실의 환원당 함량 변화는 모든 저장 기간 동안 선량에 비례하여 증가하는 경향을 보였으나, 저장 9일째에는 조사구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한, 저장 기간이 증가함에 따라 비조사구와 0.5, 1 kGy 조사구에서 증가하였으나, 2, 3 kGy 조사구에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Manolopoulou & Papadopoulou(1998)는 키위가 저장 기간이 증가함에 따라 환원당이 증가한다고 보고하였고, Yun *et al*(2007) 역시 감마선 조사된 사과의 환원당 함량 변화는 감마선 조사 여부 및 보존 온도에 크게 상관없이 점차 증가하는 경향을 나타내었다고 보고하여 본 연구와 유사하였다.

6. 수소공여능 변화

수소공여능은 활성 라디칼에 수소를 공여하여 연쇄 반응을 중단시키고, 식품 내 지질 산화 억제나 인체 내에서 노화를 억제하는 작용의 척도로도 이용되고 있다(Kim *et al* 2006). 따라서 본 연구에서 환원성 물질의 분석시약으로 안정한 free radical인 DPPH를 이용하여 매실의 수소공여능을 측정할 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 조사선량에 따른 차이를 살펴보면 저장 초기에는 조사선량이 증가할수록 감소하는 차이를 보였으나, 저장 5일과 저장 9일째에는 조사선량에 따른 차이를 보이지 않았다. 한편, 저장 기간에 따른 수소공여능은 전체적으로 감소하는 추세를 보였고, 2 kGy 조사구에서는 78.32%(저장 0일), 78.79%(저장 5일), 75.66%(저장 9일)로 약간의 증감을 나타내었으나, 비조사구와 조사구(0.5, 1, 3 kGy)에서는 저장 기간에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Kim *et al*(2005)는 감마선 조사한 감귤 정유의 수소공여능은 감마선 조사에 의해 유의적인 차이가 없었다고 보고하였고, Kang *et al*(2003) 역시 감마선 조사를 한 귤피 추출액의 수소공여능이 감마선 조사에 의한 차이가 없었다고 보고하였으며, Son *et al*(2001)은 녹차추출물에 감마선 조사를 한 뒤 수소공여능을 측정해본 결과 조사구와 비조사구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하여 감마선 조사는 매실의 수소공여능에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

7. 유기산 함량 변화

감마선 조사된 매실의 유기산 함량 변화는 Fig. 4에 나타내었다. 저장초기 비조사구에 비해 조사구의 유기산 함량이 유의적으로 높은 함량을 나타냈고, 0.5 kGy(50.58%), 1 kGy(48.27%), 3 kGy(46.22%) 2 kGy(44.49%)의 순으로 값이 감

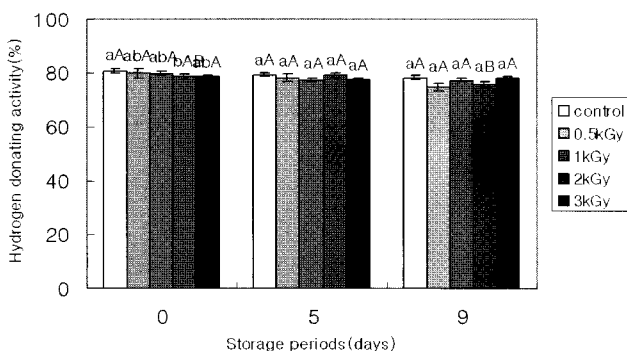


Fig. 3. Changes in hydrogen donating activity of maesil stored for 9 days under the conditions of 20°C after gamma irradiation.

^{a,b} Values with different superscript letters in the same storage periods are significantly different ($p < 0.05$).

^{A,B} Values with different superscript letters in the same irradiation dose are significantly different ($p < 0.05$).

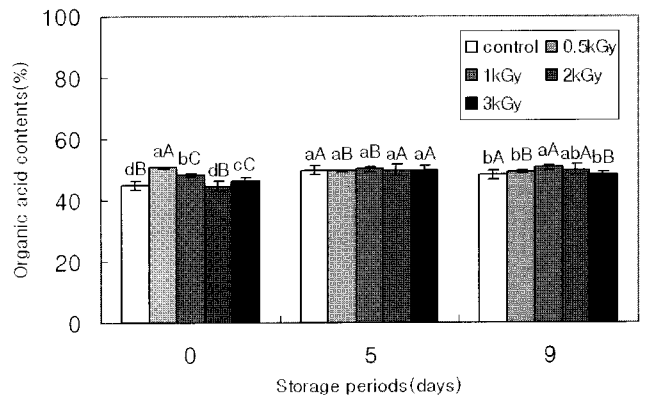


Fig. 4. Changes in organic acid contents of Maesil stored for 9 days under the conditions of 20°C after gamma irradiation.

^{a-d} Values with different superscript letters in the same storage periods are significantly different ($p < 0.05$).

^{A-C} Values with different superscript letters in the same irradiation dose are significantly different ($p < 0.05$).

소하였다. 저장 5일째에는 조사 선량에 따른 차이가 없었으며, 저장 9일째에는 조사 선량에 따라 유의적인 차이는 있었으나 그 차이가 매우 적었다. 한편, 저장 기간이 증가함에 따라 0.5 kGy 조사구는 50.58%(저장 0일), 49.62%(저장 5일), 49.36%(저장 9일)로 약간 감소하였으나 비조사구와 조사구(1, 2, 3 kGy)는 저장 기간과 비례하여 증가하였다. 따라서 본 연구에서는 조사 초기 조사선량에 따른 유의적인 차이를 나타내었으나, 저장 기간이 지남에 따라 그 차이가 감소하였다. 이러한 연구 결과는 Miller & McDonald(1996)의 포도에 0.3, 0.6 kGy로 감마선 조사를 한 결과 유기산 함량에 영향을 끼치지 않는다는 보고와 Boylston *et al*(2004)의 하와이산 과일에 X-선 조사를 한 결과 유기산에 대한 유의적인 변화는 없었다는 보고와 Kwon *et al*(2002)의 감마선을 조사한 배의 적정산도 변화를 측정된 결과 저장 중 적정 산도는 뚜렷한 처리조건별 차이와 변화 양상을 보이지 않았다는 보고와 저장초기를 제외하고는 유사한 결과를 나타내었다.

요 약

매실의 저장·유통 과정에서 저장성을 증가시키고 식품산업에 적용할 수 있는 자료 제공을 위한 연구의 일환으로 매실에 0.5~3 kGy로 감마선 조사를 실시하여 20°C에서 9일간 저장하면서 매실의 미생물학적 및 화학적 품질 특성을 조사하였다. 매실의 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 변화는 조사선량이 증가할수록 감소하였고, 매실의 색도 변화에서는 감마선 조사에 의해 녹색도가 감소하였으며, 경도 변화에서는 조사선량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다. 총 당,

수소공여능 및 유기산은 감마선 조사에 의한 뚜렷한 차이를 보이지 않았고, 환원당 함량은 비조사구에 비해 조사구에서 높은 값을 나타내었으며, vitamin C 함량은 저장 기간 및 감마선 조사에 의해 감소하였다. 따라서 매실에 대한 감마선 조사는 매실의 총 당, 수소공여능, 유기산 등에 대한 영향이 적고 0.5 kGy의 감마선 조사만으로도 미생물을 효과적으로 제어할 수 있으나, 매실의 색도, 경도, vitamin C 함량 등에 좋지 않은 영향을 미치므로 감마선 조사 단독 처리만으로는 매실의 저장성 증진에 효과적이지 않을 것으로 판단되므로 저온 처리, CA 저장 처리, 포장 방법 등과 함께 병용하여 처리하였을 때의 매실의 저장성 증진 및 이화학적 성분 변화에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단 신진교수인력사업(KRF-2006-331-C00319)의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문헌

2008 농림수산물식품 주요통계.

- Al-Bachir M (1999) Effect of gamma irradiation on storability of apples (*Malus domestica* L.). *Plant Food for Human Nutrition* 54: 1-11.
- Boylston TD, Reitmerir CA, Moy JH, Mosher GA, Taladriz L (2002) Sensory quality and nutrient composition of three Hawaiian fruits treated by X-irradiation. *J Food Quality* 25: 419-433.
- Byun MW (1997) Application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Sci Ind* 30: 89-100.
- Byun MW, Kwon JH, Cho HK, Cha BS, Kang SS, Kim JM (1990) Microbiological quality stability of fresh mushroom (*Agaricus bisporus*) by gamma irradiation. *Korean J Food Hygiene* 5: 21-26.
- Castell-Perez E, Mereno M, Rodriguez O, Moreira RG (2004) Electron beam irradiation treatment of cantaloupes: effect on product quality. *Food Sci Technol Int* 10: 383-390.
- Egea MI, Martinez-Madrid MC, Sanchez-Bel P, Murcia MA, Romojaro F (2007) The influence of electron-beam ionization on ethylene metabolism and quality parameters in apricot (*Prunus armeniaca* L. cv Bulida). *LWT* 40: 1027-1035.
- IAEA (2003) International atomic energy agency homepage. Available from www.iaea.org/icgfi
- Kang HJ, Chung HS, Jo DJ, Byun MW, Chio SJ, Chio JU, Kwon JH (2003) Effects of gamma radiation and methyl bromide fumigation on physiological and chemical quality of apples. *Korean J Food Preserv* 10: 381-387.
- Kang HJ, Jo C, Kim DJ, Seo JS, Byun MW (2003) Physiological activities of citrus peel extracts by different extraction methods and gamma irradiation. *Korean J Food Preserv* 10: 388-393.
- Kim HJ, Han IJ, Choi JI, Song BS, Kim JH, Ham JS, Lee WG, Yook HS, Shin MH, Byun MW, Lee JW (2008) Physicochemical and sensory characteristics of vanilla ice cream treated by gamma irradiation. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28: 69-75.
- Kim HJ, Jo C, Kim HJ, Shin DH, Son JH, Byun MW (2006) Effects of gamma irradiation on color changes and biological activities of ethanol extract of a mechanically pressed juice of bokbunja (*Rubus coreanus* Miq.). *Korean J Soc food Sci Nutr* 35: 271-277.
- Kim HJ, Jo C, Lee NY, Son JH, An BJ, Yook HS, Byun MW (2005) Effect of gamma irradiation on physiological activity of citrus essential oil. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 34: 797-804.
- Kim SY, Kim SR, Cho SH (2006) Consumer demand and preference for *Prunus mume* products. *Korean J Agricultural Management and Policy* 33: 912-930.
- Kwon JH, Kang HJ, Jo DJ, Chung HS, Kwon YJ, Byun MW, Chio SJ, Choi JU (2002) Effects of gamma radiation and methyl bromide fumigation on quarantine pest and quality of Asian pears. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 31: 57-63.
- Kwon JH, Kim SJ, Chung HW, Kwon YJ, Byun MW (1998) Comparative effects of gamma irradiation and methyl bromide fumigation on disinfestation and physicochemical quality of acorn. *Korean J Postharvest Sci Technol* 5: 199-206.
- Ladaniya MS, Singh S, Wadhawan AK (2003) Response of 'Nagpur', mandarin, 'Mosambi' sweet orange and 'Kagzi' acid lime to gamma radiation. *Radiation Physics and Chemistry* 67: 665-675.
- Lee NY, Jo C, Byun MW (2005) Application of irradiation technology for development of functional natural materials. *Food Ind Nutr* 10: 26-31.
- Lee OK, Lee HJ, Shin YS, Ahn YG, Jo HJ, Shin HC, Kang HA (2007) Quantitative analysis of the fruit flesh of *Prunus munus* Siebold & Zuccarni. *Korean J Medicinal Crop* 15: 143-147.
- Manolopoulou H, Papadopoulou P (1998) A study of respira-

- tory and physico-chemical changes of four kiwi fruit cultivars during cool-storage. *Food Chemistry* 63: 529-534.
- Miller WR, McDonald RE (1996) Postharvest quality of GA-treated florida grape fruit after gamma irradiation with TBZ and storage. *Postharvest Biology and Technol* 7: 253-260.
- Park JG, Park JN, Han IJ, Song BS, Kim JH, Lee JW, Hwang HJ, Kim YD, Buun MW (2008) Quality comparison between gamma irradiation and freeze drying methods in preparing *Kimchi* for long-term storage. *Korean J Food Preserv* 15: 9-14.
- Park LY, Chae MH, Lee SH (2007) Antibacterial activity of fresh *Prunus mume* and *Prunus mume* liqueur byproduct. *J Food Hygiene and Safety* 22: 77-81.
- Park SI, Hong KH (2003) Effect of Japanese apicot(*Prunus mume* Sieb. et Zucc) flesh on baking properties of white breads. *Korean J Food Culture* 18: 506-514.
- Prakash A, Manley J, Decosta S, Caporaso F, Foley D (2002) The effects of gamma irradiation on the microbiological, physical and sensory qualities of diced tomato. *Radiation Physics and Chemistry* 63: 387-390.
- Son JH, Jo C, Kim MR, Kim JO, Byun MW (2001) Effect of gamma irradiation on removal of undesirable color from green tea exrtacts. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 30: 1305-1308.
- Wen HW, Chung HP, Chou FI, Kim IH, Hsieh PC (2006) Effect of gamma irradiation on microbial decontamination and chemical and sensory characteristic of lycium fruit. *Radiation Physics and Chemistry* 75: 596-603.
- www.mifaff.go.kr/USR/BORD0201/m_120/DTL.jsp?id=B10204020&cate=&key=subject&search=&search_regdate_s=&search_regdate_e=&order=&desc=asc&srch_prc_stts=&pg=1&mode=view&idx=13662
- Yun HJ, Lim SY, Hur JM, Jeong JW, Yang SH, Kim DH (2007) Changes of functional compounds in, and texture characteristics of apples during post-irradiation storage at different temperatures. *Korean J Food Preserv* 14: 239-246.

(2008년 8월 22일 접수, 2008년 11월 7일 채택)