

저선량 감마선 조사된 헤이워드 참다래의 품질 특성

김경희 · 손천배 · 이슬 · 이성아 · 이정옥 · 권종숙 · 육홍선[†]

충남대학교 식품영양학과

Quality of 'Hayward' Kiwifruit by Low-Dose Gamma Irradiation

Kyoung-Hee Kim, Cheon-Bae Sohn, Seul Lee, Sung-A Lee, Jeong-Ok Lee,
Jong-Sook Kwon and Hong-Sun Yook[†]

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

Abstract

In order to control or kill insects and pests, control ripening, and delay spoilage, kiwifruits were irradiated with gamma rays at 0.1, 0.3, and 0.5 kGy. Vitamin C, hydrogen donating activity, sugar content, organic acid content, texture, chromaticity, and sensory qualities were examined in the fruits over 2 weeks of storage at 20°C. Vitamin C content and hydrogen donating activity decreased during the storage period, but they were not reduced by the irradiation process. Total sugar and reducing sugar contents increased as the storage period increased; however, these were also unaffected by irradiation. Organic acid content significantly decreased as a result of irradiation, and all samples had decreases in organic acids over the storage period. Hardness decreased with the storage period as well as with increasing doses of irradiation. In terms of Hunter's color values, irradiation increased the L*- and a*- values in the initial storage period, but it did not have any significant effect on these values during the 2 weeks of storage. When compared with control samples, the irradiated samples had lower color and overall acceptability scores just after irradiation (week 0). However, during the storage period, the irradiated samples had higher scores for smell, taste, texture, and overall acceptability than the control. In conclusion, based on the results, gamma irradiation up to 0.5 kGy is the recommended treatment to maintain the overall quality attributes kiwifruit.

Key words : Low-dose gamma irradiation, kiwifruit, DPPH radical scavenging activities, physicochemical quality.

서 론

참다래는 중국 원산의 덩굴식물로 키위라고도 하며, 다래나무과(Actinidiaceae)에 속하는 온대성 낙엽과수로 우리나라에서 주로 재배되고 있는 것은 Hayward 품종(*Actinidia chinensis* Planch. Cv. Hayward)이며, 과실의 크기가 크고 맛과 향기가 다른 품종들에 비해 우수하다. 이러한 참다래는 병충해에 강하고 다른 과실에 비해 자체 당도와 유기산 함량이 높아 단맛과 신맛의 조화가 잘 이루어져 있다. 또한, 단백질과 mineral 함량이 높고 특히 비타민 C 함량이 높아 식품으로서 이용 가치와 활용 범위가 넓으며(Lee *et al* 2003), 국제 무역에서 유망한 농산물 중의 하나이다(Jo & Kwon 2005).

참다래는 수확 직후 신맛, 쓰는 맛, 아린 맛이 강할 뿐 아니라 과육이 거칠어 바로 식용할 수 없다. 따라서 일정 기간을 거쳐 후숙을 시켜야만 식용이 가능한 과실로, 후숙 과정에

서 과실 내 여러 가지 성분의 변화가 일어난다. 호흡량이 일시적으로 상승하고 내생 에틸렌의 양이 증가하며, 효소의 활성이 활발해지고 과실의 무게, 당도, 산도, 경도, 향기 등의 변화가 일어나 우리가 먹기에 좋은 상태로 된다. 우리나라 소비자들의 참다래 소비량은 계속적으로 증가하고 있으나, 수확 후 후숙에 대한 인식이 제대로 되어 있지 않아 후숙이 되지 않은 상태에서 식용하고 있는 경우가 많으며, 이로 인해 소비자들의 참다래에 대한 인식이 타 과수류에 비해 떨어지고 있는 것이 현 실정이다(Yoon JY 2002). 또한, 참다래는 수송과 유통 과정 중 부패에 의해 생산량의 25~80%의 손실이 발생되고 있다. 그러나 기존의 처리 방법(베노밀, 지오판 등의 살균 살충제 처리)이 식품의 오염과 잔류성으로 인해 인체에 미치는 유해성 문제로 각국의 규제 및 논란이 있어 최근 antagonistic microorganism이 수확 후 부패병의 방제 방법으로 개발, 발달되기 시작하였지만, 여전히 수확 후 저장이나 유통 중에 품질이 떨어지는 점이 문제되어 이에 따른 적절한 저장 방법의 개발이 요구되고 있다(Lee *et al* 1997, Park & Kim 1995). 그러므로 수확 후 후숙을 촉진시켜 먹기 좋을 때에 되

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

도록 빨리 소비자들에게 공급할 수 있고, 저장과 수송, 유통 과정 중에 부패가 되지 않도록 하기 위한 방법이 필요하다.

방사선 조사는 기존 식품의 가공 및 저장 기술로 이용되어 온 방법들에 비해 건전성, 효용성, 경제성, 환경적 측면에서 많은 장점을 가지고 있어 국내에서도 이용 범위가 확대되고 있으며(Chung & Yook 2003, FAO/WHO 1984), 신선한 과일에 있어서는 1~3 kGy의 방사선 조사가 미생물 억제, 숙성 조절, 저장 수명 연장의 목적으로 허용되어 있다(IAEA 2003). 또한, 저선량(0.15~1.0 kGy)의 감마선 조사가 망고, 파파야, 바나나, 토마토 등의 과일 및 채소를 대상으로 해충 방제 기술로서 보고되었다(Yahia EM 2006).

따라서 본 연구에서는 참다래의 저장 유통 중 미생물 제어와 품질 보존의 한 방법으로 감마선 조사를 이용하고자 감마선 조사 처리에 의한 미생물 제어와 함께 나타날 수 있는 이화학적 변화 및 가장 중요한 성분인 비타민 C 함량 변화와 수소 공여능에 미치는 영향을 조사하여, 참다래에 대한 감마선 조사의 미생물 제어에 대한 효용성 외의 참다래의 저장 중 품질에 미치는 전반적인 영향을 파악하고, 참다래에 대한 감마선 조사의 이용 가능성에 대해 탐색하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료

2006년 11월 전남 광양시의 백운농원에서 재배하여 갓 수확한 100 g 내외의 참다래를 재료로 이용하였다. 참다래를 포장기(Leepack, Hanguk Electronic, Gyunggi, Korea)를 이용하여 진공 포장재(polyethylene bag, 2 mL O₂/m²/24 hr at 0°C; 20×30 cm; Sunkyung Co. Ltd., Seoul, Korea)로 3개씩 포장하여 감마선 조사 전까지 하루 동안 실온에 보관하였다.

2. 감마선 조사

감마선 조사는 한국원자력연구소(Daejeon, Korea) 내 선원 10만 Ci, Co-60 감마선 조사시설(point source, AECL, IR-79, MDS Nordion International Co., Ltd., Ottawa, Canada)을 이용하여 실온에서 0.1, 0.3 및 0.5 kGy의 총 흡수 선량을 얻도록 하였으며, 흡수 선량의 확인은 Frick dosimetry(ceric/cerous dosimeter)를 사용하였고, 선량의 오차는 ±0.1 kGy이었다.

3. 시료 준비

방사선 조사 후 참다래는 상온 조건(20±2°C)에서 2주 동안 저장하면서 0, 1, 2주차에 분석을 실시하였다. 물성 및 색도 측정과 관능평가에 사용한 참다래를 제외한 나머지는 실험에 들어가기에 앞서 참다래의 껍질을 벗기고 곱게 갈아서 -70°C에서 이를 동결시킨 후 5일 동안 동결 건조(MODEL SFDSM12- 60Hz, Samwon Freezing Engineering Co., Busan,

Korea) 후 가루로 만들어 밀봉하여 냉동 보관하면서 실험에 사용하였다.

4. 비타민 C 함량 측정

시료 5 g을 메타인산·초산용액(초산 80 mL, 메타인산 30 g을 증류수에 녹이고 1 L로 한다)에 녹여 100 mL로 정용한 후, 이를 10 mL 취해 인도페놀용액(탄산나트륨 50 mg, 인도페놀 50 mg을 증류수에 녹인 뒤 200 mL로 정용)으로 적정하였다(Jun *et al* 2005).

5. 수소공여능 측정

시료 2 g에 10배의 50% ethanol을 가하여 실온에서 24시간 추출한 뒤 2,400 rpm에서 20분간 원심분리하여 얻은 상등액 1 mL에 0.2 mM DPPH 용액(in 50% ethanol) 1 mL를 가하여 교반한 후 30분 동안 실온에서 방치한 다음 517 nm에서 spectrophotometer(Ultaspec 4,300 pro, Biochrom Ltd, Cambridge, England)로 흡광도를 측정하였다(Byun *et al* 1994). 수소공여능은 다음과 같은 계산식에 의해 환산하였다.

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

6. 총 당 및 환원당 측정

총 당은 시료 1 g을 증류수에 100배 희석한 후 희석액 1 mL를 취해 5% 페놀용액 1 mL, 황산 5 mL를 넣고 vortexing을 한 뒤, 실온에서 20분 정도 방치한 후 490 nm에서 흡광도를 측정하였고, 이를 glucose를 표준 물질로 검량선을 작성하여 시료 중 총 당 함량을 구하였다.

환원당은 시료 1 g을 증류수에 100배 희석한 후 이를 1 mL 취해 DNS시약(dinitrosalicylic acid 0.5 g, NaOH 8 g, Rochell salt 150 g을 증류수에 녹여 500 mL 정용) 3 mL를 가한 후 잘 혼합하여 100°C에서 10분간 가열하고, 빙수에서 10분간 냉각한 후 550 nm 파장에서 흡광도를 측정하고, 이를 glucose를 표준 물질로 검량선을 작성하여 시료 중 환원당 함량을 구하였다(Lee *et al* 2003).

7. 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 적정한 후 구연산 농도로 환산하였다.

8. 경도 측정

참다래의 경도는 Texture analyser(TA-XT2/25, Stable Mi-

cro System Co. Ltd., Surrey, England)를 사용하여 측정하였다. P/5(ϕ 5 mm) plunger를 이용하여 시료를 2회 연속적으로 침입시켰을 때 얻어지는 경도(hardness)를 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%, force: 5 kg으로 하였으며, 참다래는 껍질을 벗기고 1 cm 두께로 잘라서 사용하였다.

9. 색도 측정

참다래 내부 색은 헌터 색도계(Model ND-300A, Nippon Denshoku Kogyo Company, Ltd., Tokyo, Japan)로 시료의 백색도(L*, lightness), 적색도(a*, redness to greenness), 황색도(b*, yellowness to blueness)를 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었고, 초기 시료와의 색차인 $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ 를 구하였다. 참다래는 껍질을 벗기고 1 cm 두께로 잘라서 사용하였다.

10. 관능검사

식품영양학과 대학원생 중 10명을 관능 검사 요원으로 선발하여 난수를 써놓은 시료를 무작위로 배열하고 나눠준 뒤, 시료의 color(색상), smell(향), sourness(신맛), sweetness(단맛), overall taste(전체적인 맛), overall acceptability(전체적인 만족도)를 5: 매우 좋다, 4: 좋다, 3: 보통이다, 2: 좋지 않다, 1: 매우 좋지 않다, 5점 척도 방법으로 평가하도록 하였다. 시료는 참다래 껍질을 벗기고 1 cm 두께로 잘라서 제공하였다.

11. 통계 분석

모든 실험은 3회 이상 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SPSS software에서 프로그램 된 general linear model procedure, least square 평균값을 Duncan의 다중 검정법으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의차 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 비타민 C 함량 변화

참다래의 저장 중에 일어나는 비타민 C 함량의 변화는 Fig. 1에 나타내었다. 감마선 조사구 및 비조사구 모두 비조사구의 저장 2주째를 제외하고 저장 기간 동안 비타민 C 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. Manolopoulou & Papadopoulou (1998)은 참다래를 0°C에서 저장했을 때 저장 기간이 증가할수록 비타민 C가 감소했다고 보고하였으며, Hong *et al*(1994)도 25°C에서 참다래를 저장했을 때 비타민 C가 감소했다고 보고하였는데 본 실험 결과와 같은 결과이다. 감마선 조사에 의한 비타민 C 함량 변화를 살펴보면 저장 1주째까지는 비조사구에 비해 조사구에서 더 높은 비타민 C 함량을

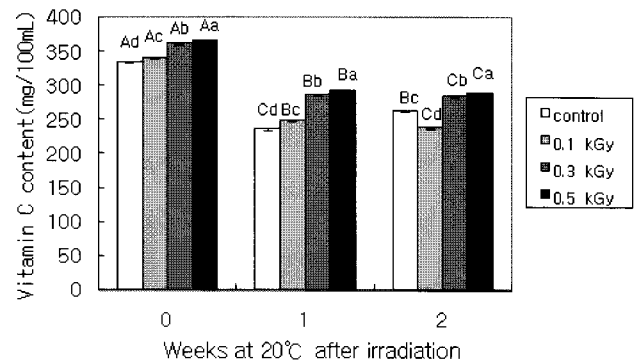


Fig. 1. Changes in vitamin C contents of kiwifruit stored for 2 weeks at 20°C after gamma irradiation.

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

나타내었다. 일반적으로 이온화 에너지 조사에 의해 비타민 C 함량은 감소하는 것으로 알려져 있으며, 실제로 Wen *et al* (2006)은 구기자에 중선량 감마선 조사를 하였을 경우, 비타민 C 함량이 8.35 mg/100 g에서 4 kGy 조사시 4.3 mg/100 g으로 약 50% 가량 감소하였다고 보고하였다. 1 kGy 미만으로 조사하였을 경우, 비타민 C 변화에 대한 영향은 더 적으며, Ladaniya *et al*(2003)은 만다린에 감마선 조사시 저장 초기 비조사구의 24.20 mg/100 mL에 대해 21.40(0.25 kGy) 및 17.90 mg/100 mL(0.50 kGy)로 조사구에서 비타민 C 함량이 감소하였으며, 저장 기간 전반에 걸쳐 비조사구에 비해 낮은 함량을 나타내었다. 반면 라임의 경우는 0.25 kGy 조사구의 경우, 비타민 C 함량이 비조사구에 비해 오히려 높게 나타났으며, 0.5 kGy 이상의 선량에서도 비타민 C 함량의 감소폭이 만다린에 비해 적게 나타났다. 이온화 에너지 조사에 따른 비타민 C 함량 변화는 0.5 kGy 이하의 저선량 조사에서는 조사에 따른 비타민 C 감소가 크지 않으며, 과일이 본래 함유한 비타민 C 함량에 따라 차이를 나타내는 것으로 여겨진다. 참다래의 경우, 저선량의 감마선 조사는 참다래의 비타민 C 함량의 감소를 나타내지 않으며, 1 kGy 이상의 조사에서부터 비타민 C 함량 감소가 나타나고, 저선량 전자선 조사에 의한 비타민 C 함량 역시 조사에 의해 감소되지 않고 오히려 증가한 것으로 확인되었다(data not shown). 저선량 조사에 대한 비타민 C 함량 변화에 대해서는 다른 여러가지 비타민 C 함량 실험을 통한 좀 더 다양한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

2. 수소공여능 변화

DPPH 법에 의한 수소공여능의 측정에 있어서 항산화 물질은 oxidation free radical과 반응하는데, 본 실험에서 사용

한 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능 시험은 천연물 특히 식물체에 존재하는 성분의 라디칼 소거능을 확인하는 데 광범위하게 사용되고 있다(Kim *et al* 2005). 감마선 조사한 참다래의 수소공여능 측정 결과는 Fig. 2에서 보여준다. 저장 초기 및 저장 기간 동안 참다래의 감마선 처리구 및 비처리구 모두에서 93% 이상의 높은 수소공여능을 나타내었다. 또한, 참다래의 수소공여능은 감마선 조사에 의해 감소되지 않았으며, 감마선 조사구 및 비조사구 모두 저장 기간 동안 감소하는 경향을 나타내었다. 참다래는 높은 비타민 C 함량을 가지고 있으며, 과일 중에서도 특이하게 비타민 E를 함유하고 있는 과일이다. 앞의 실험 결과, 감마선 조사에 의해 비타민 C 함량 감소가 나타나지 않았고, 또한 이 실험에서는 측정하여 나타나지 않았지만 참다래가 가지고 있는 비타민 E로 인해 참다래가 높은 수소 공여능을 나타내었고, 또한 감마선 조사에 의해 수소공여능 감소가 나타나지 않은 것으로 사료된다. Son *et al*(2001)은 녹차 추출물의 수소 공여능 실험에서 감마선 조사가 free radical 소거능에 유의적으로 영향을 미치지 않았다고 보고하였다.

3. 총 당 및 환원당 함량 변화

저장 기간 동안 참다래의 당 함량은 총 당과 환원당 함량으로 조사하였다. Arpaia *et al*(1986)과 Fuke & Matsuoka(1984)는 상온에서 후숙이 진행됨에 따라 참다래의 호흡량이 일시적으로 상승하여 내생 호르몬인 에틸렌이 생성되고 그 양이 증가함에 따라 효소의 활성이 활발하게 되어 전분이 당으로 변화되어 과실 내 당 함량이 증가하게 되는 것이라고 보고하였고, 일반적으로 참다래에는 대략 glucose가 2.1~2.8%, fructose 2.4~3.4%, sucrose 0.5~0.9% 정도 함유되어 있다고 한다(Kim & Ko 1997). 먼저 참다래의 총 당 함량 변화는 Fig. 3

에서 보여준다. 저장 초기 참다래의 총 당 함량은 14.55~14.98% 사이로 감마선 조사에 의한 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 감마선 조사구 및 비조사구 모두 저장 기간 동안 총 당 함량이 증가하는 경향을 나타내었으며, 비조사구 및 0.1 kGy 조사구는 저장 기간 동안 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$). Park & Kim(1995)과 Na *et al*(1996)은 연구 논문에서 키위는 후숙이 되면서 당 함량이 증가하는 경향을 보인다고 하였다. 따라서 참다래의 총 당 함량은 저장 기간이 증가할수록 증가하고 조사선량에 대한 유의적인 차이는 나타내지 않았다.

다음으로 참다래의 환원당 함량 변화는 Fig. 4에 나타내었다. 저장 초기 참다래의 환원당 함량은 비조사구에 비해 조사구에서 높게 나타났으며, 조사선량에 따른 유의차는 보이

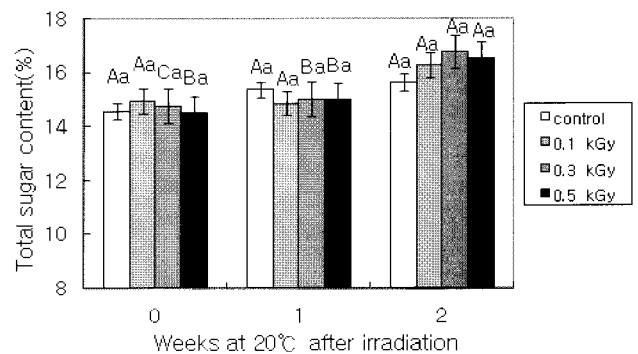


Fig. 3. Changes in total sugars contents of kiwifruit stored for 2 weeks at 20°C after gamma irradiation.

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

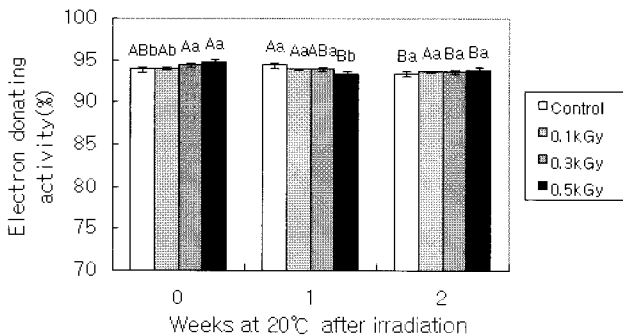


Fig. 2. Changes in hydrogen donating activity of kiwifruit stored for 2 weeks at 20°C after gamma irradiation.

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

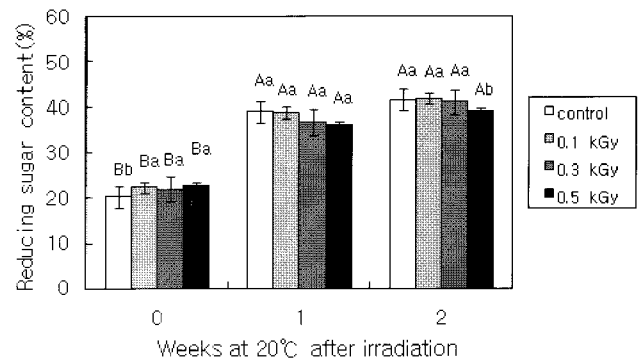


Fig. 4. Changes in reducing sugars contents of kiwifruit stored for 2 weeks at 20°C after gamma irradiation.

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

지 않았다. 감마선 조사구 및 비조사구 모두 저장 기간 동안 환원당 함량이 증가하는 경향을 나타내었으며, 비조사구의 경우 저장 1주차에 환원당 함량이 큰 폭으로 증가하였으며, 조사구보다 높은 값을 나타내었다. 한편, 저장 2주차의 0.5 kGy 조사구는 비조사구에 대해 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. Park & Kim(1995) 및 Na *et al*(1996)은 후숙이 되면서 당 함량이 증가하는 경향을 보인다고 하였고 Manolopoulou & Papadopoulou(1998)는 저장 기간이 길어짐에 따라 환원당이 증가하였다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하는 결과를 나타내었다. Castell-Perez *et al*(2004)은 전자선 조사된 cantaloupe(멜론의 일종)의 당 함량이 조사에 의해 유의적인 영향을 받지 않았다고 하였으며, Kang *et al*(2003)도 감마선 처리가 저장 기간 동안 사과의 환원당 함량에 유의적인 영향을 미치지 않은 것으로 보고하였다.

4. 유기산 함량 변화

참다래의 유기산 함량 변화는 Fig. 5에 나타내었다. 저장 초기 비조사구의 8.59%에 대해 조사구에서는 0.3 kGy의 8.62%를 제외하고 비조사구에 비해 낮은 유기산 함량을 나타내었다. 조사구의 유기산 함량은 저장 1주까지 감소폭이 적다가 저장 2주차에 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며, 저장 2주차에는 비조사구에 비해 조사구에서 대체적으로 낮은 유기산 함량을 나타내었다. 저장 기간 동안 조사구 및 비조사구 모두 저장 기간이 증가할수록 유기산 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. Park & Kim(1995)과 Hong *et al*(1994)은 상온 저장에서 참다래의 유기산 함량은 저장 기간에 따라 차츰 감소한다고 하였으며, Youn & Choi(1998)의 보고에 따르면 참다래에 들어있는 유기산은 대부분이 citric acid, quinic acid, malic acid로서 수확 시기에 따라 유기산 함량의 변화

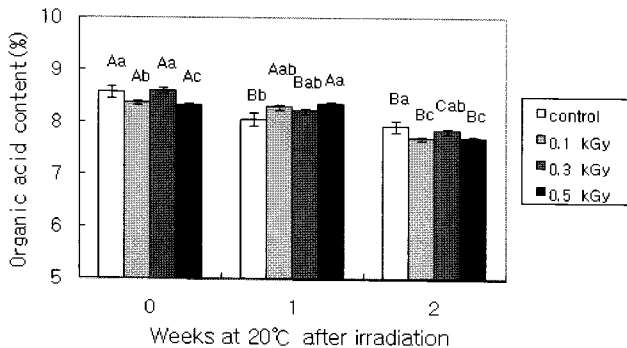


Fig. 5. Changes in organic acid contents of kiwifruit stored for 2 weeks at 20°C after gamma irradiation.

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

가 있으며, 숙성이 진행됨에 따라 malic acid와 citric acid의 경우 그 함량이 다소 감소한다고 하였는데, 본 실험에서도 이와 같은 결과로 저장 기간에 따라 유기산 함량이 감소되었다고 사료된다. Miller & McDonald(1996)는 포도에 0.3 또는 0.6 kGy로 감마선 조사하였을 경우 유기산 함량에 대해 영향을 미치지 않았으며, Boylston *et al*(2002)도 세 가지 종류의 하와이산 과일에 X-선 조사를 하였을 경우 유기산에 대한 유의적인 변화는 없었다고 하였다. 참다래에 대한 감마선 조사는 저장 1주째를 제외하고 저장 기간 동안 유기산 함량을 감소시키는 경향을 나타내었다.

5. 경도 변화

참다래는 수확 후 저장 중 연화가 진행되는데, 이것은 세포벽 중층의 구성 성분인 펙틴질이 분해하여 저분자인 polyuronide를 유리시키는 polygalacturonase의 활성은 증가시키는데, 이 효소는 경도 감소 및 수용성 펙틴 함량의 급격한 증가와 일치하여 연화가 진행되면서 불용성 펙틴이 수용성 펙틴으로 분해되어 감소되었기 때문이다(Koh *et al* 1998). 감마선 조사된 참다래의 저장에 따른 경도 변화는 Fig. 6에서 보여준다. 참다래의 경도는 감마선 조사에 의해 저장 초기 및 저장 기간 동안 조사선량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내어 감마선 조사에 의해 참다래의 경도가 감소함을 확인할 수 있었다. 이는 Drake *et al*(1999)이 검역처리를 위해 사과와 배에 0.3~0.9 kGy를 조사하였을 때 사과의 firmness가 감소하였다는 보고와 일치하는 결과이다. 한편, 참다래 비조사구의 경도는 0주일 때 약 2,621 g, 1주에는 약 1,632 g, 2주에는 약 535 g으로서 0주에서 1주가 되면서는 약 37%, 1주에서 2주가 될 때에는 약 67%의 현저한 감소를 보여 저장 기간의 증가에 따라 경도가 감소하는 경향을

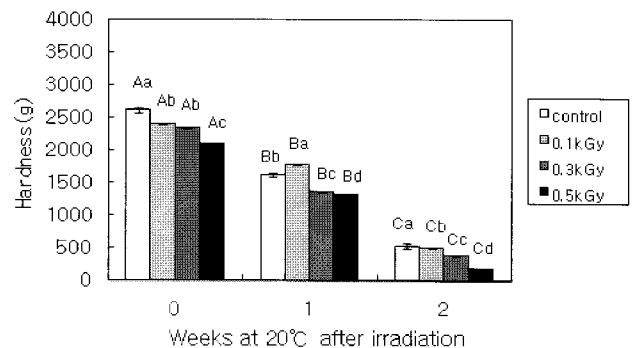


Fig. 6. Changes in texture of kiwifruit stored for 2 weeks at 20°C after gamma irradiation.

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

보였다. 참다래에 있어 과실 경도는 저장 한계와 시장성을 결정하는 주요인으로 알려져 있는데, Macrae & Redgwell (1992)은 저장 중 경도의 감소는 전분 분해와 수용성 pectin의 증가, galactose의 소실, 세포벽의 팽창, 세포벽의 변화로 인해 발생하며, 이러한 현상으로 hardness의 감소가 크다고 하였다. 참다래는 수확 직후 과육이 단단하고 거칠어 바로 식용할 수 없는 후숙 과실로서 감마선 조사에 의한 참다래의 경도 감소는 관능검사 결과와 같이 놓고 볼 때 조직감에 대한 관능적 기호도를 증진시키는 효과를 나타내는 것으로 여겨지나 경도면에서의 저장성은 저하시키는 것으로 여겨지며, 경도면에서 볼 때 감마선 조사에 의한 저장성 증진 효과는 상온 저장에서는 기대할 수 없는 것으로 사료된다.

6. 색도 변화

참다래의 색도 변화는 Table 1과 같다. 먼저 L^* 값인 명도는 감마선 조사구 및 비조사구 모두 저장 기간이 늘어남에

Table 1. Changes in Hunter color values of kiwifruit stored for 2 weeks at 20°C after gamma irradiation

Irradiation dose(kGy)	Color value			$\Delta E^5)$
	$L^{*2)}$	$a^{*3)}$	$b^{*4)}$	
0 week				
0	51.51±1.04 ¹⁾	-4.89±1.56	17.45±0.54	0
0.1	51.24±0.77	-4.79±0.85	16.34±1.95	1.51
0.3	53.86±1.89	-4.59±0.68	18.43±1.10	7.03
0.5	54.18±2.05	-4.59±0.68	16.74±1.21	3.18
1 week				
0	51.43±1.01	-3.33±0.45	15.06±0.86	0
0.1	50.52±0.85	-4.40±0.61	16.23±1.07	3.51
0.3	47.50±0.81	-3.13±0.44	14.16±0.77	8.92
0.5	48.20±0.84	-4.18±0.59	14.15±0.74	1.80
2 week				
0	48.66±1.12	-3.68±0.52	14.05±0.78	0
0.1	49.56±1.94	-3.53±0.48	15.36±0.74	2.64
0.3	48.61±0.49	-3.68±0.52	13.27±1.76	5.34
0.5	48.40±1.63	-3.00±0.43	13.48±0.58	0.72

¹⁾ Average of 5 replicates(mean± standard deviation).

²⁾ L^* : Degree of lightness.

³⁾ a^* : Degree of redness to greenness.

⁴⁾ b^* : Degree of yellowness to blueness.

⁵⁾ $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$.

따라서 감소하는 경향을 보였다. 명도가 감소한다는 것은 색이 진해진다는 것을 말하므로 저장 기간 동안 후숙이 되면서 참다래의 색은 진해진다고 보여진다. 감마선 조사에 따른 영향을 살펴보면 저장 초기에는 조사선량이 커짐에 따라 증가하는 경향을 나타내었으나, 저장 기간이 늘어남에 따라 조사선량 증가에 대해 감소하는 경향을 나타내었으며, 유의적인 차이를 나타내지는 않았다. 참다래는 과실색이 녹색을 가지므로 a^* 값이 -를 나타내는데 저장 초기 비조사구에 비해 조사구에서 높은 a^* 값을 나타내었으나, 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 저장 기간 동안 비조사구 및 0.3 kGy 조사구는 a^* 값이 증가 후 감소하였고, 0.1 및 0.3 kGy 조사구는 증가하는 경향을 나타내었다. b^* 값인 황색도는 조사구 및 비조사구 모두 저장 기간 동안 감소하는 경향을 나타내었으며, 조사에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 이는 Boylston *et al* (2002)의 0~0.75 kGy X선 조사된 람부탄과 오렌지의 경우, 색도가 조사에 의해 유의적인 영향을 받았다고 보고와 Al-Bachir(1999)의 0.5~1.5 kGy로 감마선 조사된 사과에서 감마선 조사가 황색도를 증가시키고 녹색도는 감소시켰다는 결과와는 차이가 있으며, 참다래의 경우 후숙이 진행되면서 색이 진해지지만, 0.5 kGy 이하의 감마선 조사에 의해서는 큰 영향을 받지 않는다고 사료된다.

7. 관능검사 결과

참다래의 관능검사 결과는 Table 2에 나타내었다. 저장 초기 참다래의 관능에 대한 평가를 살펴보면, 색에 대한 선호도에 있어 비조사구에 비해 감마선 조사구에서 낮은 선호도를 나타내어 유의차를 보였으나, 그 외의 평가 항목에서는 조사에 의한 유의차를 보이지 않았다. 색도와 관련하여 보면 후숙으로 참다래의 색이 진해질수록 더 좋다고 평가된 것을 알 수 있다. 저장 기간 동안 조사구 및 비조사구 모두 저장 기간이 늘어날수록 모든 평가 항목에서 선호도가 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 저장 기간의 증가에 따라 참다래가 후숙이 되어 선호도가 증가했고, 식미성도 더 좋다고 나타난 것으로 사료된다. 참다래의 향은 0주와 1주에는 약간의 증가는 있으나 유의적인 차이가 없었고, 2주 때에는 조사선량이 높아짐에 따라 향이 더 좋다고 평가되었다. 신맛에 대한 기호도는 저장 초기 및 저장 기간 동안 감마선 조사에 의한 차이를 보이지 않았으며, 0.1 kGy 조사구만 제외하고 조사구 및 비조사구 모두 1주 및 2주에 신맛에 대한 높은 선호도를 나타내었다. 단맛에 대한 기호도 역시 감마선 조사에 의한 유의차는 보이지 않았고, 저장 1주 및 2주에 높은 선호도를 나타내었으며, 특히 조사구에서는 2주에 높은 선호도를 나타내었고, 조사선량의 증가에 따라 선호도가 증가하였다. 전체적인 맛에 대한 평가에서 저장 초기 및 저장 기간 동안 감

Table 2. Changes in a sensory test of kiwifruit stored for 2 weeks at 20°C after gamma irradiation

Irradiation dose (kGy)	Color	Smell	Sour-Ness	Sweet-ness	Overall taste	Texture	overall acceptability
0 week							
0	3.5 ^{a2)}	2.3 ^a	2.5 ^a	1.6 ^a	2.4 ^a	2.1 ^a	2.5 ^a
0.1	2.3 ^b	2.6 ^a	2.5 ^a	2.0 ^a	2.1 ^a	2.5 ^a	2.2 ^a
0.3	3.0 ^{ab}	2.5 ^a	2.4 ^a	1.9 ^a	2.5 ^a	2.0 ^a	2.4 ^a
0.5	2.3 ^b	2.7 ^a	2.4 ^a	1.6 ^a	1.8 ^a	2.3 ^a	2.0 ^a
SEM ¹⁾	0.19	0.16	0.21	0.15	0.17	0.19	0.16
1 week							
0	3.8 ^a	3.2 ^a	3.5 ^a	3.4 ^a	3.3 ^a	3.2 ^a	3.6 ^a
0.1	3.4 ^a	3.2 ^a	2.7 ^a	3.3 ^a	3.2 ^a	3.3 ^a	3.2 ^a
0.3	3.3 ^a	3.3 ^a	3.2 ^a	3.6 ^a	3.3 ^a	3.6 ^a	3.5 ^a
0.5	3.2 ^a	3.5 ^a	3.4 ^a	3.7 ^a	3.7 ^a	3.9 ^a	3.7 ^a
SEM	0.18	0.18	0.18	0.19	0.16	0.18	0.16
2 week							
0	4.0 ^a	2.8 ^b	3.2 ^{ab}	3.4 ^a	3.0 ^a	3.6 ^{ab}	3.6 ^a
0.1	4.0 ^a	3.3 ^{ab}	2.5 ^b	3.8 ^a	3.4 ^a	3.4 ^b	3.6 ^a
0.3	4.0 ^a	3.5 ^{ab}	3.4 ^{ab}	3.9 ^a	3.8 ^a	4.3 ^{ab}	4.0 ^a
0.5	4.0 ^a	4.0 ^a	3.9 ^a	4.1 ^a	4.1 ^a	4.5 ^a	4.3 ^a
SEM	0.16	0.19	0.21	0.19	0.20	0.18	0.17

¹⁾ Standard error of the means ($n=10$).

²⁾ ^{a-b} Means with the same letter in each sample are not significantly different ($p<0.05$).

마선 조사에 의한 유의차는 보이지 않았으나, 저장 초기 0.5 kGy 조사구에서 맛에 대한 낮은 선호도를 나타내었다. 신맛 및 단맛의 평가에서와 마찬가지로 비조사구 및 조사구 모두 저장 1주 및 2주차에 높은 선호도를 나타내었으며, 조사구의 경우 저장 2주차에 높은 선호도를 나타내었고, 조사선량에 비례하여 선호도가 증가하였다. 한편, 전체적인 맛에 대한 평가는 단맛만의 선호도가 높을 때보다 신맛과 함께 선호도가 높을 때 전체적인 맛에 대한 평가에서 더 높은 점수를 나타내었다. 참다래의 조직감은 저장 1주차까지 조사에 따른 유의차는 보이지 않았다. 저장 2주차에서 비조사구 및 0.1 kGy 조사구에 비해 0.3 및 0.5 kGy 조사구에서 높은 선호도를 나타내었고, 조사구 및 비조사구 모두 저장 초기에 비해 저장 기간이 증가함에 따라 조직감에 대한 선호도가 증가하였는데, 이는 참다래의 후숙이 진행됨에 따라 경도가 감소하

면서 물성이 식미에 적합한 상태로 진행되었기 때문인 것으로 사료된다. 참다래의 전체적인 기호도는 저장 초기의 경우, 조사구에 비해 비조사구의 선호도가 더 높았으나 저장 기간 동안에는 대체적으로 조사구가 비조사구에 비해 높은 선호도를 나타내었다. 전체적인 만족도 역시 저장 기간 동안 조사에 따른 유의차는 보이지 않았다. 관능검사 결과 0.5 kGy 조사구가 전반적으로 높은 선호도를 나타내어 조사로 인해 기대되는 미생물 저감 효과뿐 아니라 관능면에서도 적합한 선량인 것으로 사료되었다. Moreno *et al*(2006)은 멜론에 대한 1.5 kGy까지의 전자선 조사는 과실의 관능적 품질에 영향을 미치지 않았다고 보고하였다.

요 약

참다래의 후숙 조절 및 해충 제거, 부패 지연 등의 유통 중 품질을 보존하기 위한 수단으로 감마선을 조사하여 실온에서 2주간 저장하면서 비타민 C, 수소공여능, 당, 유기산, 물성, 색도, 관능의 변화를 각각 조사하였다. 비타민 C와 수소공여능은 후숙이 진행되면서 감소하였고, 감마선 조사에 따른 감소는 보이지 않았다. 총 당 및 환원당 함량은 저장 기간 동안 증가하였으며, 감마선 조사에 따른 유의차를 나타내지 않았다. 유기산 함량은 저장 초기 감마선 조사에 의해 유의적으로 감소하였으며, 저장 기간 동안 모든 처리구에서 감소하는 경향을 나타내었다. 경도는 감마선 조사선량의 증가 및 저장 기간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 색도 변화에 있어서는 저장 초기 감마선 조사에 의해 명도 및 적색도가 증가하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이를 보이지 않았다. 관능검사에서는 저장 초기 전반적으로 비조사구가 조사구에 비해 높은 평가를 나타내었으나, 저장 기간 동안 조사구에서 색을 제외한 향, 맛, 질감, 그리고 전체적인 만족도에서 더 좋다는 평가를 받았다. 이러한 결과로 볼 때 참다래에 대한 저선량 감마선 조사 처리는 참다래의 이화학적, 관능적 품질 변화 없이 유통 중 품질 보존에 이용할 수 있을 것이라 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국 학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2006-331-C00319).

문 헌

윤종윤 (2002) 참다래의 후숙 처리에 의한 식용 적기 판정에 관한 연구. 실업분과 현장교육연구 2차 보고서.

- Al-Bachir (1999) Effect of gamma irradiation on storability of apples. *Plant Food for Human Nutrition* 54: 1-11.
- Arpaia ML, Mitchell FG, Kader AA, Mayer G (1986) Ethylene and temperature effects on softening and white core inclusions of kiwifruit stored in air or controlled atmospheres. *J Amer Soc Hort Sci* 111: 149-153.
- Boylston TD, Reitmeier 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, Jo SK, Cho HO, Youk HS, Kim SA, Choi KJ (1994) Application of gamma irradiation for quality improvement of red ginseng. *J Fd Hyg Safety* 9: 151-161.
- 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.
- Chung YJ, Youk HS (2003) Effects of gamma irradiation and cooking methods on the content of thiamin in chicken breast and vitamin C in strawberry and mandarin orange. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 864-869.
- Drake SR, Sanderson PG, Neven LG (1999) Response of apple and winter pear fruit quality to irradiation as a quarantine treatment. *J Food Process Preserv* 23: 203-216.
- FAO/WHO (1984) Codex general standard for irradiated foods. Codex Alimentarius Commission. Rome, Italy.
- Fuke Y, Matsuoka H (1984) Changes in contents of pectic substances, ascorbic acid and polyphenols and activity of pectinesterase in kiwifruit during growth and ripening after harvest. *J Jap Soc Food Sci Technol* 31 : 31-37.
- Hong SS, Lee CH, Kim SB (1994) Effects of polyethylene film and low temperature on the quality of kiwifruit during storage. *J Kor Soc Hort Sci* 35: 165-171.
- IAEA (2003) International atomic energy agency homepage. Available from www.iaea.org/icgfi.
- Jo DJ, Kwon JH (2005) Detection of radiation-induced markers from parts of irradiated kiwifruits. *Food Control* 17: 617-621.
- Jun JY, Kwak BM, Ahn JH, Kong UY (2005) Quantifying uncertainty of vitamin C determination in infant formula by indophenol titration method. *Korean J Food Sci Technol* 37: 352-359.
- Kang HJ, Chung HS, Jo DJ, Byun MW, Choi SJ, Choi 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.
- Kim HJ, Jo CH, Lee NY, Son JH, An BJ, Yook HS, Byun MW (2005) Effect of gamma irradiation on physiological activity of citrus essential oil. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 797-804.
- Kim JM, Ko YS (1997) Changes in chemical components of Korean kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) by storage temperature. *Korean J Food Sci Technol* 29: 618-622.
- Koh JH, Lee CH, Kim SB (1998) Changes in cell wall components and enzyme activities of kiwifruit during ripening. *Kor J Hort Sci Technol* 16: 153.
- Ladaniya MS, Singh S, Wadhawan AK (2003) Response of 'Nagpur' mandarin, 'Mosambi' sweet orange and 'Kagzi' acid lime to gamma radiation. *Radiat Phys Chem* 67: 665-675.
- Lee CH, Choi YA, Lee GP, Kim SB, Lee SY (1997) Biocontrol of postharvest disease of kiwifruit during storage. *J Kor Soc Hort Sci* 15: 289-290.
- Lee JW, Kim IW, Lee KW (2003) Effects of pasteurization and storage temperatures on the physicochemical characteristics of kiwi juice. *Korean J Food Sci Technol* 35: 628-634.
- Macrae E, Redgwell R (1992) Softening in kiwifruit. *Postharvest News and Information of Newzealand* 3(3): 49-52.
- Manolopoulou H, Papadopoulou P (1998) A study of respiratory and physicochemical 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. *Postharv Biol Technol* 7: 253-260.
- Moreno MA, Castell-Perez ME, Gomes C, Da Silva P, Moreira RG (2006) Effects of electron beam irradiation on physical, textural, and microstructural properties of "Tommy Atkins" mangoes (*Mangifera indica* L.). *J Food Sci* 71: 80-86.
- Na YK, Lim KH, Lim HK, Jo HS, Kim IJ, Kim SH, Jung UC, Park YS (1996) Investigation of soluble solids of kiwifruit for determining harvest date of kiwifruit in major cultivation regions. *J Kor Soc Hort Sci* 14: 202-203.
- Park YS, Kim BW (1995) Changes in firmness, fruit composition, respiration and ethylene production of kiwifruit during storage. *J Kor Soc Hort Sci* 36: 67-73.
- Son JH, Kim MK, 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.
- Wen HW, Chung HP, Chou FI, Lin IH, Hsieh PC (2006)

- Effect of gamma irradiation on microbial decontamination, and chemical and sensory characteristic of lycium fruit. *Radiat Phys Chem* 75: 596-603.
- WHO (1994). Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food. World Health Organization, Geneva.
- Yahia EM (2006) Effects of insect quarantine treatments on the quality of horticultural crops. *Stewart Postharvest Review* 1:6.
- Youn KS, Choi YH (1998) The quality characteristics of dried kiwifruit using different drying methods. *Food Engineering Progress* 2: 49-54.
- (2007년 10월 29일 접수, 2008년 1월 30일 채택)