

감마선 조사 포도의 저장온도에 따른 품질특성 변화

윤혜정 · 조민호 · 권중호¹ · 임병락² · 김동호[†]

한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소, ¹경북대학교식품공학과, ²H&BT Korea

Quality Characteristics of Grapes during Post-irradiation Storage at Different Temperatures

Hye-Jeong Yun, Min-Ho Joe, Joong-Ho Kwon¹, Byung-Lak Lim² and Dong-Ho Kim[†]

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

¹Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²H&BT Korea Co., Ltd., Iksan, 570-982, Korea

Abstract

A gamma irradiation process was applied to prolong the shelf-life of grapes and changes in microbiological, physicochemical, nutritional, and sensory characteristics were investigated during 6 weeks of post-irradiation storage at 4°C and 25°C. Physicochemical characteristics of grapes such as total sugar content, pH, titratable acidity, and anthocyanine content, were stable after 1 kGy of irradiation, a dose recommended by CODEX for fruits and vegetables. The viable cell counts of contaminating microorganisms were reduced 1-2 logs by this radiation dose. After 6 weeks of storage at 4°C the microbiological quality of irradiated grapes was stable, but all non-irradiated grapes had deteriorated. Whether or not grapes were irradiated, weight loss rapidly increased after 2 weeks of storage at 25°C, whereas weight loss was delayed by storage at 4°C. Immediately after gamma irradiation, the sensory evaluation results did not differ between samples, and the sensory quality of the irradiated grapes remained acceptable for over 6 weeks of storage at 4°C. The results suggest that 1 kGy of gamma irradiation does not detrimentally affect the nutritional or physical characteristics of grapes, especially when cold storage follows radiation treatment. In conclusion, a combination of gamma irradiation and cold storage prolonged the shelf-life of grapes by 6 weeks.

Key words : grape, gamma irradiation, shelf-life

서 론

포도는 수확 후 저장 및 유통 과정에서 내외부적인 여러 요인에 의하여 복합적인 품질변화가 수반된다. 포도의 품질변화는 외부 환경요인과 내적요인이 모두 작용하는데 외부적 요인에 의한 품질변화로는 수분 감소에 의한 외관 변화, 사상균류 및 효모 등 미생물에 의한 부패, 이층형성에 의한 탈립과 발생 등을 들 수 있으며, 내적요인에 의한 품질 변화는 수확 후 과실의 호흡 및 효소활성의 증가, 엽록소 등 색소의 분해, 과육의 연화, 휘발성 물질의 생성, 당 함량

및 조성의 변화 등을 들 수 있다(1). 특히 포도의 품질변화에서 가장 중요한 요소인 수분감소에 의한 과실의 위축은 주로 환경요인인 온도와 상대습도(relative humidity, RH)에 직접적인 영향을 받는데 사과, 배 등에서도 보고된 바와 같이 과실의 지나친 수분감소는 정상적인 숙성의 지연, 호흡 및 에틸렌 가스 발생량의 증가(2-5), 과실과 병원균의 상호작용에 의한 부패 촉진 등의 원인이 된다(6,7). 과실류의 미생물 제어와 보존성 향상을 위한 저장방법으로는 저온 저장, 예냉처리, controlled atmosphere(CA) 저장, 감압저장, 에틸렌 발생제 처리, plastic 포장, 밀봉 포장 및 modified atmosphere packaging(MAP)저장 등의 방법이 이용되고 있다(8-11). 그러나 상기의 저장법들은 각기 장단점을 가지고 있으며 과실의 종류와 생리적 특성에 따라 적용가능한 방법

[†]Corresponding author. E-mail : fungikim@kaeri.re.kr,
Phone : 82-63-570-3140, Fax : 82-63-570-3149

이 다르다. 비교적 장기간 신선도를 유지할 수 있는 것으로 알려진 CA 저장방법은 시설유지 비용이 높고 명확한 저장 효과가 나타나지 않아 아직 보편화 되지는 못하고 있으며 (12), plastic film을 이용한 MAP 저장방법은 간편하고 소요 경비가 적게 들며, 저장 중 수분손실 방지 효과가 크나 부패와 발생, 에틸렌 축적에 의한 탈립과 발생 등의 단점이 있다. MA 저장의 경우 아황산가스를 지속적으로 발생시키는 SO₂ releasing pad를 이용하는 방법이 있으나 고농도 사용시 탈색의 우려가 있고, sulfate 잔여물이 남아있는 단점이 있다 (13,14). 식품 가공 공정시 많이 사용되는 염소는 세포내 효소를 파괴하고 hypochlorous acid(HClO)의 산화력으로 균체막을 파괴하여 미생물 살균효과를 나타내지만 유기물과의 반응시 발암물질을 생성하여(15,16) 산업적 이용에는 제약이 따르고 있다. 한편, 곡물 및 과실류의 국제교역에 사용되었던 ethylene oxide(EO)와 methyl bromide(MeBr)은 잔류독성, 오존층 파괴 등의 문제로 국제적으로 사용이 금지되고 있는 추세이다(17).

식품의 방사선 조사는 1990년대 들어 FAO, IAEA, WHO 등의 국제기구에서 유용하고 안전한 식품 및 공중보건 제품의 살균방법으로 공인되어 현재 세계 60여 국가에서 산업적으로 이용되고 있다(18). 과채류에 있어서 미국은 과일 및 채소류에 대해 살충의 목적으로 1 kGy의 감마선 조사를 허용하고 있으며 러시아에서는 채소류의 살균 및 저장 연장을 위해 4 kGy 선량을 허용하고 있다. 감마선은 제품을 완전 포장한 후 살균이 가능하여 살균 후 포장과정에서의 2차 오염을 방지할 수 있고, 대량으로 처리가 가능하며, 잔류성 및 품은 상승이 거의 없고, 제품 고유의 품질을 유지하면서도 미생물에 대하여 강력한 선택적 살균효과를 나타내며 식품의 영양학적·관능학적 변화를 최소화할 수 있는 장점이 있어(19-21) 과채류의 위생화와 보존성 증진에 유효한 효과가 기대된다. 본 연구에서는 포도의 저장성 향상을 목적으로, 과채류에 대한 CODEX 방사선조사 권장 선량인 1 kGy의 감마선 조사를 포도에 적용하여 냉장 및 상온 조건에서 저장하면서 포도의 미생물, 생리화학적 품질, 경도 등의 물리적 특성변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 포도(Campbell early)는 2007년 8월에 전북 정읍지역에서 수확된 제품으로, 수확 직후 외관이 건전하고 병반이 없으며 크기가 균일한 포도를 현지에서 구입하여 사용하였다. 시료의 감마선 조사는 한국원자력연구원의 선원 300,000 Ci, ⁶⁰Co 감마선 조사시설(AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 20℃의 실온에서 분당 70 Gy의 선량율로 1 kGy의

총 흡수선량을 얻도록 하였다. 선량 1 kGy는 CODEX 등에서 제시하는 과실류의 국제검역 권장 선량으로, 본 실험에서는 향후 산업적 적용을 목적으로 이 선량을 직접 적용하였다. 흡수선량의 확인은 ceric/cerous dosimeter를 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 ±5.4% 이내로 하였다. 감마선 조사 시료와 감마선을 조사하지 않은 비조사 대조구를 출하용 carton box (400 × 300 × 130 mm)에 적재한 다음 각각 4℃와 25℃의 온도조건에 저장하면서 저장기간에 따라 각 시험구별로 5 송이의 포도를 random sampling하여 분석하였다.

일반품질 특성 측정

포도의 중량 변화는 각 시험구별로 포도 30 송이를 정해진 포장용기에 넣은 다음 1주 간격으로 무게를 측정하여 그 변화율을 백분율(%)로 나타내었다. 포도의 경도는 경도계(CR-200D, Sun Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. Plunger는 직경 3 mm의 것을 사용하였으며, sample size 및 계산은 random sampling한 20개의 포도 알맹이를 각 시료구당 3회 반복 측정하여 평균값을 계산하였다.

미생물 검사

포도 과실의 미생물 검사는 대조구 및 감마선 조사된 각 시료의 호기성 세균, 효모 및 곰팡이의 분포를 pour plating에 의한 plate count 방법으로 검사하였다(22). 미생물 분석을 위한 시료는 포도 껍질 10 g을 취하여 mass flask에 담은 다음 멸균 식염수(NaCl 0.85%)를 100 mL로 fill up 하고 이를 멸균된 500 mL 플라스크에 옮겨 4℃에서 30분 진탕 교반하여 제조하였다. 이 방법으로 채취된 검체 10 mL를 1/10 씩 단계별로 희석한 다음 각 희석액 1 mL를 취하여 petri dish에 분주하고 분리하고자하는 미생물군의 선택배지 15 mL에 pour plating하고 이를 배양하여 미생물을 분리하였다. 미생물 분리를 위한 배지로는 총 호기성 세균은 plate count agar(Difco Lab) plate를, 효모 및 곰팡이는 tartaric acid를 사용하여 pH를 3.5로 조절된 potato dextrose agar(Difco Lab) plate를 사용하였다. 시료를 접종한 각 plate를 총 호기성 세균은 37℃, 효모와 곰팡이는 30℃의 배양기에서 2~3일간 배양한 다음 생성된 colony의 수를 계수하여 포도 1 g 당의 colony formation unit(cfu/g)으로 나타내었다. 포도의 외관적 부패도는 초기부터 포도 30 송이를 정해진 포장용기에 넣고, 1주 간격으로 관찰하여 이를 백분율(%)로 나타내었다. 부패 여부의 판정은 포도송이 중 최소 1개 이상의 포도과실에 곰팡이가 발생한 것으로 하였다.

pH, 적정산도, 총 당 및 안토시아닌 함량 측정

pH 측정은 과육 100 g을 마쇄하여 얻은 여과액을 pH meter(Orion, model 420A, USA)를 이용하여 3회 반복 측정

하였다. 적정산도 측정은 여액 10 mL에 증류수 10 mL을 첨가한 후 0.1N NaOH로 적정하여 pH 8.1이 될 때까지 소비된 알칼리용액의 양을 malic acid로 환산하여 백분율로 나타내었다. 시료의 총 당 함량은 phenol-sulfuric acid(23)법에 따라 측정하였다. 시료액 1 mL에 5% 페놀 1 mL, 황산 5 mL를 첨가하여 20분간 반응시켜 발색시킨 다음 spectrophotometer (UV 1601, Shimadzu, Japan)를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하고 다음 glucose를 이용한 표준검량곡선과 비교하여 총 당 함량을 계산하였다. 시료의 anthocyanin 함량은 Chang(24)의 방법에 따라 포도 과피 1 g에 추출용매 (ethanol : distilled water : HCl = 85 : 13 : 2) 50 mL를 가하여 실온 암소에서 3시간 동안 색소를 추출한 후 여과지(Whatman No. 2)로 여과하였으며, 잔사는 포도 과피의 색소가 완전히 제거될 때까지 동일한 용매를 사용하여 반복 추출하였다. 얻어진 색소 추출액은 200 mL로 정용한 후 실온 암소에서 1시간 동안 정치시킨 다음 spectrophotometer (UV 1601, Shimadzu, Japan)를 이용하여 535 nm에서 흡광도를 측정하여 총 anthocyanin 함량을 계산하였다.

$$\text{total anthocyanin (mg\%)} = \text{O.D.} \times \frac{200}{W} \times 100 \times \frac{1}{65.1}$$

O.D.; 흡광도, W; 시료량(g), 200; 적용량, 65.1; 흡광계수

관능검사

관능검사는 9점 척도법(1=dislike extremely, 5=neither like nor dislike, 9=like extremely)에 따라 실시하였으며, 10명의 검사원으로 하여 조직감(texture), 향기/냄새(odor), 감미도/단맛(sweetness), 전반적인 기호도(overall acceptability)에 대하여 평가하였다. 관능검사 결과의 통계처리는 SPSS를 이용하여 One-way ANOVA를 실시하여 군간의 유의차를 검정하였고, 사후검정으로는 Duncan's multiple range test(p < 0.05)로서 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

중량 및 경도변화

중량 변화는 과일 품질평가의 중요한 척도이며 일반적으로 포도는 호흡 및 수분 손실에 의한 중량 감소율이 7% 이상일 경우 과실의 위축, 관능의 저하 등으로 상품가치를 잃게 되는 것으로 알려져 있다 (25). 감마선 조사와 보존온도에 따른 포도의 중량 감소율 변화를 Fig. 1(A)에 나타내었다. 방사선을 조사하지 않은 대조군 시료의 경우 보존온도에 관계없이 저장 1, 2주 째에는 각각 1%, 3% 수준의 비슷한 중량감소 추세를 보였다. 그러나 2주 이후에는 보존온도에 따라 중량 감소율의 차이가 나타났으며 포도의 상품으로서

의 품질유지 한계인 6~7% 수준의 중량감소 도달 시점은, 25°C 저장조건에서는 보존 3주째, 4°C 저장 조건에서는 보존 4주째로 나타났다. 따라서 4°C 냉장저장이 25°C 상온저장에 비하여 약 1주일의 보존성 연장효과가 있는 것으로 확인되었다. 저장 2주째의 비조사 시료는 3% 내외의 중량 감소가 나타남에 비하여 감마선 조사 시료는 저장 2주째에 저장온도에 상관없이 1% 이하의 중량 감소율을 보여 보존 초기 감마선 조사에 의한 중량감소 지연효과가 있음을 알 수 있었다. 그러나 감마선 조사 시료 또한 비조사 시료와 마찬가지로 보존 3주째부터는 저장온도에 따라 중량 감소율의 차이가 나타나 4°C에서와 25°C의 중량 감소율은 각각 2%와 5% 수준을 나타내었다. 한편, 감마선 조사 시료의 중량 감소율은 4°C와 25°C 저장조건 모두 비조사구에 비하여 1~2주의 지연효과가 나타났으며 특히 감마선 조사 후 4°C에 저장한 포도는 보존 5주째에도 6% 내외의 중량 감소율을 보여 실온 저장 시험구에 비해 2주 이상 상품가치를 유지할 수 있을 것으로 해석되었다. 과실의 중량감소는 경도의 감소 및 위축 현상을 수반하며 과실 고유의 조직감에

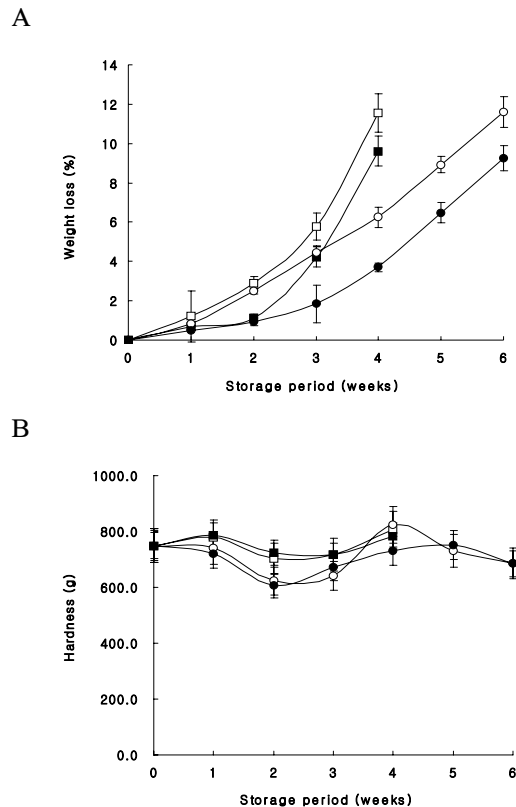


Fig. 1. Change of weight loss (A) and hardness (B) in grapes during a post-irradiation storage at 4°C and 25°C.

□: non-irradiated at 25°C, ○: non-irradiated at 4°C, ■: 1 kGy-irradiated at 25°C, ●: 1 kGy-irradiated at 4°C.

도 변화를 준다. 감마선 조사와 보존온도에 따른 포도의 기계적 경도 변화를 측정하여 이를 Fig. 1(B)에 나타내었다.

감마선 조사 직후 포도의 경도 측정에서 포도의 경도는 감마선 조사에 따른 영향을 나타내지는 않고 저장온도에 따른 변화를 나타내었으며 일반적으로 저장 초기 경도가 감소하였다가 수분의 감소와 더불어 일시적으로 경도가 증가하는 양상을 나타내었다. 한편, 과실의 저장 기간 중 중량 및 경도의 변화는 온도, 상대습도 등의 환경적 요인뿐만 아니라 과실의 효소작용, 후숙 등과 같은 생리적인 요인에도 영향을 받는다(1). 일반적으로 과채류의 방사선 조사에 의한 중량, 경도, 위축도 등의 보존성 증진은 호흡률이나 효소활성의 저하와 같은 생리적 요인에 따른 결과로 해석되어지고 있는데(26) 본 연구에서 나타난 포도의 중량 및 경도 변화 또한 방사선의 세포생리활성 변화에 기인한 것으로 사료된다.

미생물학적 측정

포도에 서식하는 미생물들은 포도의 저장시 부패를 유발하여 상품성을 저하시키는데 특히 포도는 당 함량이 높아 주로 곰팡이와 효모가 부패에 관여한다(27). 감마선 조사는 부패 미생물의 살균 및 성장 억제에 의한 보존성 향상과 병원성 미생물 제어에 따른 위생화를 동시에 달성할 수 있는 효율적인 살균방법이다. 감마선 조사에 의한 포도의 미생물 감소와 보존조건에 따른 성장변화, 그리고 외관상의 부패도를 측정하여 이를 Fig. 2에 나타내었다. 감마선을 조사하지 않은 대조구 시료의 호기성 세균은 25℃ 저장조건에서 보존 초기 10² CFU/g에서 저장 1주 후 10⁶ CFU/g 수준으로 증식하였으며 4℃의 냉장 저장 조건의 대조구는 보존 3주째에 10⁴ CFU/g, 5주째에 약 10⁵ CFU/g 수준으로 증식하였다. 비조사 시료에서 효모와 곰팡이의 성장 또한 일반세균과 마찬가지로 25℃ 온도조건에서는 저장 1주 후 10⁵ CFU/g 수준으로 증식하였으며 4℃ 냉장보존의 경우에는 상온에 비하여 미생물의 생장이 억제되어 보존 3주 이후 효모는 10⁵ CFU/g 수준, 곰팡이는 10² CFU/g 이하의 수준을 유지하였다. 1 kGy 감마선 조사시료는 조사 직후 비조사 시료에 비하여 일반호기성세균 1 log, 효모 1.5 log, 곰팡이 1 log 단위의 감소율을 나타내어 감마선 조사에 의한 초기 미생물의 제어효과가 확인되었으나, 해당 선량에서 저항성을 나타내는 미생물군이 10¹ CFU/g 내외로 생존하였다. 감마선 조사 후 생존한 미생물은 25℃ 저장조건에서 1주 이후까지는 생장이 지연되었으나 일반세균은 보존 3주째 10⁴ CFU/g 까지, 효모와 곰팡이는 보존 2주째 각각 10⁵ CFU/g와 10⁴ CFU/g 수준까지 성장하였다. 감마선을 조사한 후 4℃의 냉장조건에 보존한 포도는 보존 6주 이후까지도 미생물의 생장이 억제되거나 1 log 단위의 성장에 머물렀다. 이러한 결과로 볼 때, 1 kGy의 감마선 조사는 대조구에 비하여 상온에서는 1~2주 정도의 미생물학적 보존성 향상 효과가 기대되었으며 감마선 조사 후 냉장보존 조건에서는 6주 이상의 미생물학적 보존성 확보가 가능함을 확인할 수 있었다. 과실의 품질평가가 척도의 하나인 외관상의

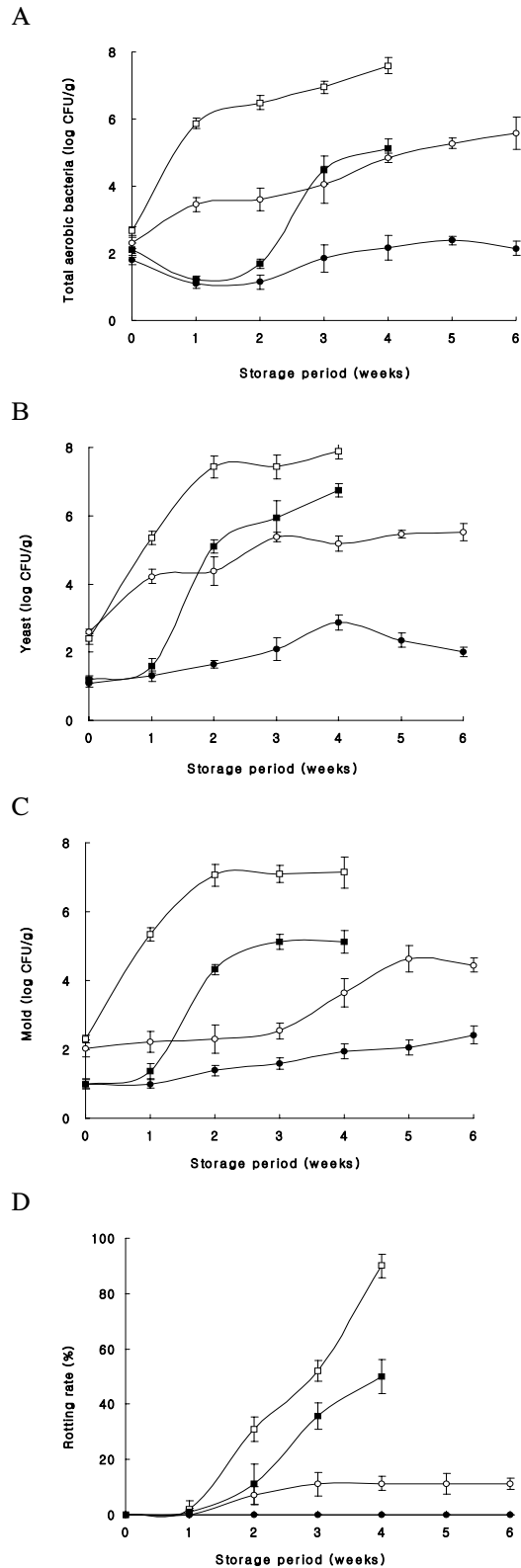


Fig. 2. The growth of aerobic bacteria (A), yeast (B), mold (C) and rotting rates (D) in grapes during a post-irradiation storage at 4℃ and 25℃.

□: non-irradiated at 25℃, ○: non-irradiated at 4℃, ■: 1 kGy-irradiated at 25℃, ●: 1 kGy-irradiated at 4℃.

부패율 측정 결과를 Fig. 2(D)에 제시하였다. 25°C의 저장조건에서 방사선을 조사하지 않은 비조사 시료는 보존 3주째에 약 60%의 부패가 나타났으며, 4주 이후에는 거의 100%의 부패과가 발생되었다. 4°C의 저장조건에서 비조사 시료는 보존 3주째에 약 10%의 부패과가 관찰되었으며, 6주 이후에는 20% 수준의 부패과 발생률을 나타내었다. 이에 비하여 감마선 조사시료는 25°C의 저장조건에서도 2주일 이후 약 10%의 부패과 발생률을 나타내어 동일 온도 조건의 비조사 시료에 비하여 외관상의 보존기간을 1주일가량 연장시킬 수 있는 것으로 나타났으나 방사선 조사에도 불구하고 4주 이후에는 50% 수준의 부패과 발생률을 나타내었다. 한편, 1 kGy 감마선 조사시료는 4°C의 저장조건에서 6주 이후에도 거의 부패과의 발생이 관찰되지 않았다. 이러한 결과로 볼 때, 1 kGy의 감마선 조사는 대조구에 비하여 상온에서는 1~2주 정도의 미생물학적 보존성 향상 효과가 기대되었으며 감마선 조사 후 냉장보존 조건에서는 6주 이상의 미생물학적 보존성 확보가 가능함을 재확인할 수 있었다.

pH 및 적정산도

일반적으로 포도의 저장 기간 중 과육의 pH는 상승하고 적정산도는 감소하는 경향을 나타내는데, 이는 포도 유기산의 주성분인 tartaric acid 함량의 감소에 기인하는 것으로 알려져 있다(28). 특히 과실의 적정산도 감소는 수확 후 대사의 과도한 억제에 따른 비정상적인 대사의 작용과 연관성이 있어 억제 또는 촉진되기도 하는데 Chang 등(24)은 포도의 Nylon/PE/L-LDPE 필름 포장시 산도의 감소를 보고한 바 있다. 감마선 조사 포도의 저장기간 중 각 시료의 pH와 적정산도 측정 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 본 실험에서 시료로 사용한 포도의 초기 pH는 3.6 수준이었으며 보존기간이 경과함에 따라 점차 상승하는 경향을 나타내어 25°C 저장조건에서는 3주째 3.8이상으로 상승하였고 4°C저장조건에서는 3.8 수준에 도달하였다. 한편 포도의 pH 상승률은 25°C 저장조건이 4°C에 비하여 유의적으로(p<0.05) 높았으며, 4°C의 저장조건에서는 감마선조사 시료와 비조사 시료간의 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 25°C 저장조건에서는 감마선 조사 시료의 pH가 비조사 시료에 비하여 다소 높은 경향을 나타내었다. 본 실험에서 저장 기간 중의 적정산도는 25°C 저장조건에서는 Chang 등(24)의 보고와 유사하게 점차 감소하는 경향을 나타내었으나, 4°C의 냉장 저장 시료는 보존 3주째까지는 감소하였다가 이후 다소 증가하는 경향을 나타내었다.

총 당 함량

감마선 조사 포도의 저장기간 중 각 시료의 총 당 함량

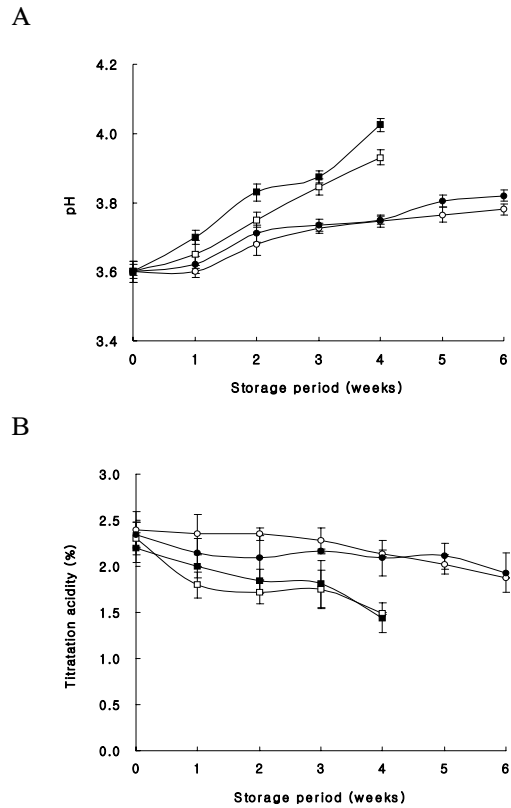


Fig. 3. Change of pH (A) and titration acidity (B) in grapes during a post-irradiation storage at 4°C and 25°C.

□: non-irradiated at 25°C, ○: non-irradiated at 4°C, ■: 1 kGy-irradiated at 25°C, ●: 1 kGy-irradiated at 4°C.

측정 결과를 Fig. 4에 제시하였다. 포도의 당 함량은 관능뿐만 아니라 저장수명에도 영향을 끼치는 인자이다. 일반적으로 포도의 당 함량은 성숙과정이나 저장기간 동안 가수분해에 의해 증가되기도 하고, 호흡기질로 사용되어 감소하기도 한다(29). 25°C의 저장 조건에서 대조구와 감마선 조사구 모두 보존 초기 10%에서 저장 3주째 11% 수준까지 약간 증가하였으나 이후 다시 감소하는 경향을 나타내었으며 감마선 조사 시료와 비조사 시료간의 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 4°C의 저장 조건에서는 대조구와 감마선 조사구 모두 보존 초기 10%에서 저장 2주째 11% 수준까지 약간 증가하였다가 이후 다시 감소 또는 초기의 당 함량 수준을 유지하는 경향을 나타내었으며 4주 이후에는 감마선 조사 시료의 당 함량이 비조사 시료보다 1~2% 정도 높은 수준을 나타내었다(p<0.05). 이러한 결과는 포도의 chlorine dioxide gas 훈증처리에 의한 저장방법에 관한 연구(24)와 유사한 경향이였다. 한편, Fomey와 Austin(30)은 당 함량이 높을수록 저장기간이 길어지며, 당 함량과 보존 기간은 저장 온도에 따라 유의적인 차이를 나타낸다고 보고한 바 있는데 본 실험에서도 25°C 저장조건보다 4°C 저장조건에서 상대적으로 높은 당 함량이 유지됨을 확인할 수 있었다.

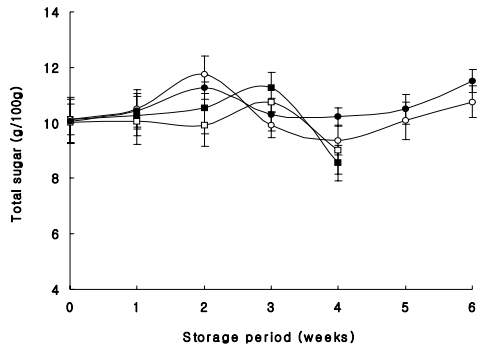


Fig. 4. Change of total sugar contents in grapes during a post-irradiation storage at 4°C and 25°C.

□: non-irradiated at 25°C, ○: non-irradiated at 4°C, ■: 1 kGy-irradiated at 25°C, ●: 1 kGy-irradiated at 4°C.

안토시아닌 함량

과실의 안토시아닌은 oxonium 화합물로 가공공정이나 저장 과정에서 변색, 퇴색, 색소 파괴 현상이 수반된다. 안토시아닌 색소에 영향을 미치는 요인으로는 pH, 온도, 당, 유기산, 광, 금속이온, ascorbic acid, 효소 등이 알려져 있다 (31). 일반적으로 안토시아닌은 polyphenol oxidase (PPO)에 의해 산화되어 갈색의 색소 중합체를 형성하며 이때 pH가 영향을 미치는데 특히 건조 조건에서 pH를 증가시켜 PPO 활성을 촉진하여 안토시아닌 색소를 파괴시킨다고 알려져 있다(32). 본 실험에서 포도의 감마선 조사에 따른 안토시아닌 함량 측정 결과를 Fig. 5에 제시하였다. 본 실험에 사용한 포도 과피의 안토시아닌 함량은 270 mg% 수준이었으나, 보존기간이 경과함에 따라 점차 증가하여 보존 3주째 350 mg% 수준까지 증가하였다가 이후 감소하는 양상을 나타내었다. 보존 3주 이후의 안토시아닌 함량 감소는 25°C 저장조건에서 보다 현저하여 보존 4주째에 250 mg%까지 떨어졌으나 4°C 저장조건에서는 보존 6주 이후에도 300 mg% 이상의 수준을 유지하였다. 한편 감마선 조사 시료의 안토시아닌 함량은 비조사 시료와 유의성 있는 차이를 보이

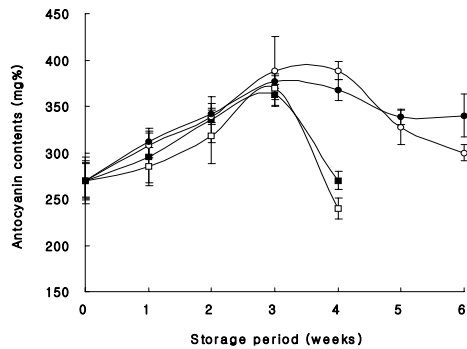


Fig. 5. Change of antocyanin contents in grapes during a post-irradiation storage at 4°C and 25°C.

□: non-irradiated at 25°C, ○: non-irradiated at 4°C, ■: 1 kGy-irradiated at 25°C, ●: 1 kGy-irradiated at 4°C.

지 않아 감마선 조사는 포도의 안토시아닌 함량에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

Table 1. Sensory evaluation of overall acceptances from apple treated with irradiation during storage for 6 weeks

Storage (weeks)	Sensory parameters	Treatment (Irradiation dose-Storage Temp.)				SEM ¹⁾
		0 kGy-25°C	1 kGy-25°C	0 kGy-4°C	1 kGy-4°C	
0	Texture	6.12±0.641 ^a	6.00±1.195 ^a	6.25±1.389 ^a	6.25±1.832 ^a	0.667
	Sweetness	5.50±1.690 ^a	5.50±1.690 ^a	5.12±0.744 ^a	5.25±1.885 ^a	0.783
	Flavor	5.87±0.991 ^a	5.75±1.581 ^a	5.38±1.126 ^a	5.50±1.309 ^a	0.635
	Overall acceptances	5.62±1.408 ^a	6.00±1.069 ^a	5.25±1.581 ^a	6.00±1.070 ^a	0.783
1	Texture	6.50±1.414 ^a	6.25±1.753 ^a	5.50±1.414 ^a	6.38±1.446 ^a	0.903
	Sweetness	6.38±0.916 ^a	6.13±1.808 ^a	6.25±1.753 ^a	6.00±1.773 ^a	0.803
	Flavor	5.13±0.354 ^a	4.63±1.061 ^a	5.00±1.512 ^a	5.00±0.926 ^a	0.523
	Overall acceptances	5.75±1.035 ^a	5.63±1.032 ^a	6.00±1.069 ^a	5.50±1.512 ^a	0.622
2	Texture	6.13±1.246 ^a	4.50±1.309 ^b	6.13±1.126 ^a	5.63±1.506 ^a	0.652
	Sweetness	4.00±1.773 ^b	5.50±1.604 ^{ab}	6.00±0.926 ^a	6.50±1.169 ^a	0.767
	Flavor	5.00±1.414 ^{ab}	4.63±1.506 ^b	5.63±1.061 ^a	6.13±1.246 ^a	0.658
	Overall acceptances	5.88±0.991 ^a	4.50±1.309 ^b	5.50±0.886 ^a	5.75±2.188 ^a	0.718
3	Texture	3.25±0.252 ^b	4.50±1.070 ^{ab}	4.00±1.069 ^{ab}	5.25±1.982 ^a	0.949
	Sweetness	4.25±1.035 ^{ab}	2.75±0.712 ^b	4.25±1.035 ^{ab}	6.00±1.619 ^a	1.011
	Flavor	4.25±0.045 ^a	2.25±0.832 ^b	4.75±1.035 ^a	5.00±1.852 ^a	0.747
	Overall acceptances	3.25±0.707 ^b	2.25±0.832 ^b	4.00±1.852 ^{ab}	5.50±1.070 ^a	0.850
4	Texture			5.50±1.414 ^a	5.00±0.152 ^a	0.500
	Sweetness			5.75±1.488 ^a	5.50±1.690 ^a	0.796
	Flavor			4.75±0.707 ^a	5.25±1.282 ^a	0.517
	Overall acceptances			5.25±1.282 ^a	5.38±1.026 ^a	0.580
5	Texture			5.25±1.982 ^a	5.00±1.069 ^a	0.796
	Sweetness			4.25±1.832 ^a	5.50±1.414 ^a	0.818
	Flavor			3.50±1.414 ^a	3.00±1.512 ^a	0.731
	Overall acceptances			4.00±1.512 ^a	5.00±1.069 ^a	0.654
6	Texture			5.25±1.982 ^a	5.00±1.069 ^a	0.796
	Sweetness			4.25±1.832 ^b	5.50±1.414 ^a	0.818
	Flavor			3.50±1.414 ^a	3.00±1.512 ^a	0.731
	Overall acceptances			4.00±1.512 ^a	5.00±1.069 ^a	0.654

¹⁾SEM: standard error of the mean (n=40).

Mean values of scores followed by different letters in same row are significantly different at P<0.05. Scores are evaluated from extremely dislike(1 point) to extremely like(9 point).

관능평가

감마선 조사 후 저장 조건을 달리한 포도의 관능평가 결과를 Table 1에 나타내었다. 감마선 조사 직후의 관능평가에서는 감마선 조사구와 비조사구간의 유의적인 관능특성 변화는 나타나지 않았다($P<0.05$). 온도조건과 저장기간에 따른 포도의 관능평가 결과, 25°C 저장시료의 경우 비조사 대조시료와 감마선 조사 시료 모두 보존 3주 이후 상품으로서의 가치를 상실하는 수준으로 관능선호도가 감소하였다. 4°C 저장조건에서 감마선 조사 시료와 비조사 시료는 보존 4주째까지는 대부분의 평가항목에서 유의차가 나타나지 않았으나($P<0.05$), 보존 5주 이후부터는 감마선 조사 시료의 관능적 선호도가 유의적으로 높게 평가되었다. 이러한 결과는 미생물학적 품질변화 결과(Fig. 2)와 유사한 경향으로, 감마선 조사 후 4°C 저장조건시 포도의 보존기한을 연장할 수 있음을 보여주는 것이었다.

요 약

포도의 보존기한 연장 및 미생물학적 품질 향상을 위한 방법으로 적숙기의 포도에 1 kGy의 감마선 조사를 실시한 다음, 4°C와 25°C의 저장조건에서 6주간 저장하면서 포도의 일반적인 품질특성 및 관능 품질특성을 평가하였다. 연구 결과, 포도에 대한 1 kGy 선량의 감마선 조사에 의한 총당, pH, 적정산도, 안토시아닌 함량 등의 일반 품질 특성변화는 나타나지 않았으며, 미생물분석 결과 포도의 초기 오염미생물을 약 1~2 log 단위($10 \sim 10^2$ CFU/g) 감소시키는 미생물 제어 효과가 확인되었다. 감마선 조사 포도의 보존 실험에서, 감마선 조사된 포도는 25°C의 조건에서는 약 2주, 4°C의 조건에서 약 6주 이상의 미생물학적 품질 안전성을 나타내었으며 수분감소, 경도 등의 이화학적 품질에서도 개선효과가 확인되었다. 감마선 조사 직후에는 감마선 조사 포도와 비조사 시료간의 관능특성 차이는 관찰되지 않았으나, 보존기간이 경과함에 따라 감마선 조사 시료의 선호도가 비조사 시료보다 더 높아짐을 확인하였다. 따라서 감마선 조사와 냉장보존을 병용할 경우, 상온 2주 이하인 포도의 보존기한을 최소 6주 이상으로 연장시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

참고문헌

1. Yang, Y.J., Hwang, Y.S. and Park, Y.M. (2007) Modified atmosphere packaging extends freshness of grapes Cambell Early and Kyoho. Kor. J. Hort. Sci. Technol., 25, 138-144
2. Broughton, W.J. and Guat, T. (1979) Storage conditions

and ripening of the custard apple *Annona squamosa* L. Sci. Hort., 10, 83-83

3. Littmann, M.D. (1972) Dffect of water loss on the ripening of climacteric fruits. Queensl. J. Agr. Anim. Sci., 29, 103-113
4. Kesta, S. and Pangkool, S. (1994) The effect of humidity on ripening durians. Postharvest. Biol. Technol., 4, 159-165
5. Littmann, M.D. (1972) Effect of water stress on ethylene production by production by preclimacteric banana fruit. Queensl. J. Agr. Anim. Sci., 29, 131-136
6. Cook, R.J. and Papendick, R.I. (1978) Role of water potential in microbial growth and development of plant disease, with special reference to postharvest pathology. HortScience, 13, 559-564
7. Sharkey, P.J. and Pegg, I.D. (1984) Effect of high-humidity storage on quality, decay and storage life of cherry, lemon and peach fruits. Sci. Hort., 23, 181-190
8. Ben-Yehoshua, S., Shapito, B. and Kobiler, I. (1982) New method of degreening lemons by a combined treatment of ethylene-releasing agents and seal-packing in high-density polyethylene film. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 107, 365-368
9. Geeson, J.D., Browne, K.M., Mddison, K., Shepherd, J. and Guarald, I.F. (1985) Modofied atmosphere packing to extend the shelf life of tomatos. J. Food Technol., 20, 339-349
10. Smith, S., Geeson, J. and Stow, J. (1987) Production of modified atmosphere in deciduous fruit by the use films and coating. Hort. Sci., 22, 772-776
11. Jung, J.G., Lee, G.J., Ryu, J., Na, J.S. and Ju, I.O. (1995) Effect of packaging methods on the shelf-life of tomato. Korean J. Postharvest Sci. Technol., 2, 147-154
12. Yun, S.D., Lee, S.K. and Ko, K.C. (1995) Effects of cultivars and various treatments on storability of grapes. J. Kor. Soc. Hort. Sci., 36, 224-230
13. Yun, S.D. and Lee, S.K. (1996) Effect of ethylene removal and sulfur dioxide fumigation on grape quality during in MA storage. J. Kor. Soc. Hort. Sci., 37, 696-699
14. Yun, S.D. and Lee, S.K. (1996) A partical methods for ethylene removal and dioxide treatment in MA package. J. Kor. Soc. Hort. Sci., 37, 345-348
15. Kraybill, H.F. (1978) Origin, classification and distribution of chemicals in drinking water an assessment of their carcinogenic potential. In: Water Chlorination. Jolly R.L (ed). Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI, USA. 1, 211-228

16. Moore, G.S., Calabrese, E.J., Dinardi, S.R. and Tuthill, R.W. (1978) Potential health effect of chlorine dioxide as a disinfectant in potable water supplies. *Med. Hypotheses*, 4, 481-496
17. Kang, H.J., Chung, H.S., Jo, D.J., Byun, M.W., Choi, S.J., Choi, J.U. and Kwon, J.H. (2003) Effects of gamma radiation and methyl bromide fumigation on physiological and chemical quality of apples. *Korean J. Food Preserv.*, 10, 381-387
18. Byun, M.W. and Yook, H.S. (2003) Internal and external situation of irradiation technology utilization in the food and public health industry. *Korean J. Food Preserv.*, 10, 106-123
19. Niemira, B.A., Sommers, C.H. and Boyd, G. (2001) Irradiation inactivation of four *Salmonella* serotypes in orange juices with various turbidities. *J. Food Prot.*, 64, 614-617
20. Sawai, T., Yamazaki, M., Shimokawa, T., Sekiguchi, M. and Sawai, T. (1990) Improvement of sedimentation and dewatering of municipal sludge by radiation. *Radiat. Phys. Chem.*, 35, 465-468
21. Byun, M.W. (1997) Application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Sci. Ind.*, 30, 89-100
22. Harrigan, W.F., Mccane, M.E. (1976) *Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology*. Academic press, London, p.25-146
23. A.O.A.C. (1980) *Official methods of analysis*. 13th ed., Association of official analytical chemists, Washington, D.C., p.190-209
24. Chang, E.H., Chung, D.S. and Choi, J.U. (2007) Effects of chlorine dioxide (ClO₂) gas treatment on postharvest quality of grapes. *Korean J. Food Preserv.*, 14, 1-7
25. Nam, S.Y., Kim, K.M., Kang, H.C., Hwang, J.T. and Kim, T.S. (1998) Effects of packing materials on the quality of grape for long-term market circulation. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, 5, 315-319
26. Kim, B.S., Lee, H.J., Park, H.W. and Cha, H.S. (2003) Effect of respiration and transpiration rates on the weight loss of various fruits(peach, apple, pear, persimon, mandarin). *Korean J. Food Preserv.*, 10, 142-146
27. Seo, J.Y., Kim, E.J., Hong, S.I., Yu, S.H. and Kim, D. (2006) Effects of mild heat treatment on microorganisms, respiratory characteristics and firmness of *Fuji* apple. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 38, 47-51
28. Valero, D., Ververde, J.M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S. and Serrano, M. (1996) The combination of modified atmosphere packing with eugenol or thymol to maintain quality, safety and functional properties of table grapes. *Postharvest Biol. Technol.*, 41, 317-327
29. Ackeman, J., Ficher, M. and Amado, R. (1992) Changes in sugars, amino acids during ripening and storage of apples. *J. Agric. Food Chem.*, 40, 1131-1132
30. Forney, C.F. and Austin, R.K. (1998) Times of day at harvest influences carbohydrate concentration in crisphead lettuce and its sensitivity to high CO₂ levels after harvest. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 113, 581-583
31. Lee, L.S., Rhim, J.W., Kim, S.J. and Chung, B.C. (1996) Study on the stability of anthocyanin pigment extracted from purple sweet potato. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28, 352-359
32. Jiang, Y.M., Zauberman, G. and Fuchs, Y. (1997) Partial purification and some properties of polyphenol oxidase extracted from litchi fruit pericarp. *Postharvest Biol. Technol.*, 10, 221-228

(접수 2008년 8월 4일, 채택 2008년 9월 19일)