

감마선 조사와 저장온도에 따른 복숭아의 품질특성 변화

윤혜정^{1,2} · 임상용¹ · 허정무¹ · 이보영¹ · 최영지¹ · 권중호² · 김동호^{1†}

¹한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소, ²경북대학교 식품공학과

Changes of Nutritional Compounds and Texture Characteristics of Peaches (*Prunus persica* L. Batsch) during Post-irradiation Storage at Different Temperature

Hye-Jeong Yun^{1,2}, Sang-Yong Lim¹, Jung-Mu Hur¹, Bo-Young Lee¹,
Young-Ji Choi¹, Joong-Ho Kwon² and Dongho Kim^{1†}

¹Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 580-185, Korea

²Department of Food Science and Technology,
Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

The gamma irradiation process was performed to prolong a shelf-life of peaches and the effects of a gamma irradiation on the nutritional, physiochemical and sensory characteristics of peaches were evaluated during a post-irradiation storage at 4°C and 25°C. Nutritional, physiochemical and sensory characteristics of peaches were stable at 1 kGy of an irradiation, a recommended dose for fruits and vegetables by CODEX, and the viable cell counts of contaminated microorganisms were reduced by 2 decimal reductions at this dose. After a 1-week storage at ambient condition, the microbiological quality of the 1 kGy irradiated peach was stable, while all the non-irradiated peaches were deteriorated. Furthermore, cold storage enhanced the shelf-life of the gamma irradiated peach and the nutritional and physiochemical characteristics of the peaches were comparatively stable up to 6 weeks. Right after gamma irradiation, the sensory evaluation results were not different in any of the samples, and the sensory quality of the irradiated peaches was adequate for a 4-week storage at 4°C. Our results suggested that gamma irradiation at 1 kGy can be used to enhance the shelf-life of peach without a significant loss in the quality attributes, especially upon cold storage after radiation treatment.

Key words : peach, gamma irradiation, functional, stability

서 론

복숭아 (*Prunus persica* L. Batsch)는 우리나라 5대 과일 중의 하나이며, 매년 재배면적과 생산량이 증가하고 있는 추세에 있다(1). 복숭아는 대부분 생과용과 통조림 등의 가공용으로 이용되고 있으나, 사과나 배 등에 비하여 상대적으로 과육이 연하고, 수확기인 여름철의 고온다습한 환경에서 쉽게 연화되며 특정시기에 대량으로 출하되는 등의 특성으로 인해 장기저장이 어려운 문제점이 있다(2,3). 수

확 후 과일의 품질변화는 과일 자체의 특성과 다양한 환경 요인 등을 포함한 매우 복잡한 요소들에 의하여 결정되나, 미생물학적인 부패와 과일 자체의 호흡작용에 의한 자연적인 품질열화가 가장 중요한 결정인자로 작용한다(4).

일반적으로 고온 다습한 환경에서 수확되는 복숭아는 성장과정, 수확과정 및 운반과정, 가공과정에서 초기 오염된 미생물의 증식이 증가하게 되고, 특히 효모의 내열성 포자는 수확, 운반과정 및 가공과정에서 생성된다. 특히 수확 후 항균제등을 처리하지 않을 경우 50% 이상에서 미생물 증식에 의한 부패현상이 나타난다. 복숭아의 미생물학적 부패는 과실 표면에 부착된 곰팡이와 세균이 과실의

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

상처부위를 통하여 과육의 부패를 유도하는 형태로 진행되며, 주로 *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea* 등의 곰팡이와 *Saccharomyces cerevisiae* 등의 효모, *Pseudomonas sp.* 등의 세균 등이 여기에 관여하는 것으로 알려져 있다(5-7). 과일의 보존 중 자연적 품질열화의 주요 요인인 과일의 호흡작용은 온도의 상승에 비례하여 증가하는 경향을 나타내므로 호흡작용의 억제가 필요한데 저온저장이 과일의 호흡억제를 위한 가장 일반적인 방법으로 사용되고 있다. 그러나 복숭아는 10°C 이하의 저온상태에서 장기간 보관할 경우 과즙의 감소 및 중량저하, 조직감의 열화, 과육의 갈변 등과 같은 저온장해 즉, woolliness 장애가 나타나므로(8,9) 복숭아의 실제적인 유통의 대부분은 실온에서 이루어지고 있다. 따라서 복숭아의 보존성 향상을 위해서는 저온장해의 감소와 더불어 실온의 조건에서 보존성을 증진시키기 위한 기술개발이 필요하다. 이와 관련된 연구결과로 포장, 가스치환, 감압처리 등이 보고되고 있으나(10-13) 산업적인 적용은 아직 활발하지 않은 실정이다. Fernandez-Trujillo 등(10)은 modified atmosphere 포장이 복숭아의 저온장해를 완화시킬 수 있다고 보고하였으며, 조절공기(CA) 저장 결과 0°C에서 9주 이상 저장기간이 연장된다는 결과, 감압저장에 따른 품질유지 효과 등이 보고되어 있다(11). 복숭아의 미생물학적 부패 방지를 위한 연구로는 이산화탄소 처리에 의한 곰팡이의 성장을 억제에 관한 연구보고가 있으며(12), Crisosto 등(13)은 이산화탄소 처리에 의하여 *Botrytis cinerea* 성장을 효과적으로 억제하였으나 과피의 변색이 증가하였다고 보고한 바 있다.

방사선 조사 기술은 국제기구(FAO/IAEA/WHO)와 선진 여러 나라에서 유용하고 안전한 식품 및 공중보건 제품의 살균방법으로 공인되어 이미 여러 분야에서 산업적으로 이용되고 있다(14). 특히, 감마선 조사기술은 투과력이 높아 제품을 완전 포장한 후 살균이 가능하여 살균 후 포장과정에서의 2차 오염을 방지할 수 있고, 대량으로 처리가 가능하며, 잔류성 및 품온 상승이 거의 없고, 제품 고유의 품질을 유지하면서도 미생물에 대하여 강력한 선택적 살균효과를 나타내는 장점이 있어(15) 식품의 보존성 향상 기술로서 매우 적합하다. 또한 적절한 선량의 방사선 조사는 식품의 물리적, 화학적 및 관능적 특성에 영향을 미치지 않으면서도 식품에서 유래하는 병원성 미생물을 제거할 수 있어 식품 위생화 방법으로 활용도가 커지고 있다(16). 최근에는 방사선 조사가 과일의 국제교역에서 주요 검역기술로 활용되고 있으며 과일이나 채소, ready to eat 식품 등의 신선식품에 대한 위생화 기술로도 활용도가 높아지고 있는 추세이다(17).

본 연구는 감마선 조사기술을 적용하여 복숭아의 저장 및 유통과정 중 관능적 품질유지와 미생물학적 안정성을 확보하기 위한 목적으로 실시되었으며, 복숭아에 Codex 권장선량인 1 kGy의 감마선을 조사한 후, 4°C와 25°C의 저장 조건에서의 영양학적 성분, 조직감, 관능 등의 품질변화를 측정하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 복숭아(*Prunus persica* L. Batsch)는 2007년 8월에 전북 정읍지역에서 수확된 제품으로, 수확 직후 외관이 건전하고 병반이 없으며 크기가 균일한 복숭아를 현지에서 구입하여 사용하였다.

감마선 조사

시료의 감마선 조사는 한국원자력연구소의 선원 300,000 Ci, ⁶⁰Co 감마선 조사시설(AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 20°C의 실온에서 분당 70 Gy의 선량율로 1 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 선량 1 kGy는 Codex 등에서 과실류의 국제적 검역에서의 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 시료는 감마선을 조사하지 않은 비조사 대조구와 함께 각각 4°C와 25°C의 온도조건에 저장하면서 이화학적 분석을 실시하였다. 시료는 복숭아 40개들이 30 × 20 cm box 3개씩을 시험구로 하여 각 시험구별로 10개의 복숭아를 random sampling하여 분석하였다.

미생물 검사

복숭아의 미생물 오염도를 측정하기 위하여 대조구 및 감마선 조사된 각 시료의 호기성 세균, 효모 및 곰팡이의 분포를 pour plating에 의한 plate count 방법으로 검사하였다(18). 미생물 분석을 위한 시료는 random sampling한 복숭아 10개를 무균 조건에서 과육 부분을 취하여 마쇄한 다음, 멸균 식염수(NaCl 0.85%)로 희석하고 이를 멸균된 500 mL 플라스크에 옮겨 4°C에서 30분 진탕 교반하여 제조하였다. 이 방법으로 채취된 검체 10 mL를 다시 1/10 씩 단계별로 희석한 다음 각 희석액 1 mL를 취하여 petri dish에 분주하고 분리하고자하는 미생물군의 선택배지 15 mL에 pour plating한 후 이를 배양하여 미생물을 분리하였다. 총 호기성 세균의 측정은 plate count agar(Difco Lab) plate를 사용하였으며, 효모 및 곰팡이의 측정은 tartaric acid를 사용하여 pH를 3.5로 조절된 potato dextrose agar(Difco Lab) plate를 사용하였다. 총 호기성 세균은 37°C에서, 효모와 곰팡이는 30°C에서 2~3일간 배양하여 생성된 colony의 수를 계수하여 복숭아 1g당의 colony formation unit(cfu/g)으로 나타내었다.

물리적 특성 측정

복숭아의 중량, 부패 및 위조 변화는 저장 초부터 복숭아 1 box를 정해진 포장용기에 넣고, 경시적으로 측정하여 백분율(%)로 나타내었다. 복숭아의 경도는 경도계 (Sun Co.,

CR-200D, Japan)를 이용하여 실시하였다. 사용한 plunger의 직경은 3 mm 이었으며, 시료는 20개의 복숭아를 취하여 껍질을 제거한 다음 5 × 5 cm 크기로 하여 각 시료구당 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. pH 측정은 과육 100 g을 마쇄하여 얻은 여과액을 pH meter (Orion, model 420A, USA)를 이용하여 3회 반복 측정하였다. 적정산도 측정은 여액 10 mL에 증류수 10 mL을 첨가한 후 0.1 N NaOH를 첨가하여 pH 8.1이 될 때까지 적정하여 소비된 알칼리용액의 양을 malic acid로 환산하여 백분율로 나타내었다.

총 당 함량 측정

시료의 총 당 함량은 phenol-sulfuric acid(19)법에 따라 측정하였다. 위에서 준비된 시료 1 mL에 5% 페놀 1 mL, 황산 5 mL을 첨가하여 5초간 교반한 다음 20분간 반응시켜 발색시킨 다음 spectrophotometer(UV 1601, Shimadzu, Japan)를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 당의 정량은 glucose를 이용하여 표준검량곡선을 작성하였다.

관능검사

관능검사는 9점 척도법(1=dislike extremely, 5=neither like nor dislike, 9=like extremely)에 따라 실시하였으며, 복숭아를 일정한 크기로 절단하여 10명의 검사원으로 하여 조직감(texture), 향기/냄새(odor), 감미도/단맛(sweetness), 전반적인 기호도(overall acceptability) 및 이취(off-flavor)에 대하여 실시하였다.

통계분석

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

부패도 및 미생물 성장

감마선 조사 복숭아의 저장 기간에 따른 미생물의 성장과 부패에 의한 외관적 병반 발생률을 Fig. 1A에 나타내었다. 25°C의 저장조건에서 방사선을 조사하지 않은 비조사 시료는 보존 5일째에 약 50%의 병반이 나타났으며, 1주 이후에는 거의 100%의 병반 발생률을 나타내어 상품으로서의 가치를 상실하였다. 4°C의 저장조건에서 비조사 시료는 보존 3주째에 약 10%의 병반이 관찰되었으며, 6주 이후에는 45%의 병반 발생률을 나타내었다. 이에 비하여 감마선 조사시료는 25°C의 저장조건에서도 1주일 이후 약 5%의 병반 발생률을 나타내어 비조사 시료에 비하여 외관상의 보존기간을 1주일가량 연장시킬 수 있는 것으로 나타났으

나 2주 이후에는 모든 시료에서 병반이 발생하였다. 한편, 1 kGy 감마선 조사시료는 4°C의 저장조건에서 6주 이후에도 5% 이하의 낮은 병반 발생률을 나타내었다. 감마선 조사 복숭아의 병반 발생률 감소는 복숭아 표면에 부착된 부패성 미생물의 살균에 기인한 것으로 사료된다. 즉, 시료로 사용된 복숭아의 초기 미생물 오염도는 일반 호기성세균과 효모가 약 10⁴ CFU/g, 곰팡이는 10² CFU/g 수준이었으나, 복숭아에 과실류의 방사선조사 Codex 권장 선량인 1 kGy의 감마선을 처리하였을 때 일반 호기성세균은 3 log, 효모는 2 log, 곰팡이는 1 log 단위의 감소율을 나타내었다.

보존기간과 보존 온도, 감마선 조사 여부에 따른 복숭아의 호기성세균(Fig. 1B), 효모(Fig. 1C), 곰팡이(Fig. 1D) 성장을 viable count 방법으로 비교하였다. 감마선을 조사하지 않은 대조구 시료의 호기성 세균은 25°C 저장조건에서 보존 초기 10³ CFU/g에서 저장 1주 후 10⁷ CFU/g 수준으로 증식하였다. 이에 비하여 4°C의 냉장 저장 조건의 대조구는 3주째까지 보존초기의 10³ CFU/g의 오염수준을 유지하였으며, 4주째부터는 점차 생장이 나타나 보존 5주째 10⁵ CFU/g 이상으로 증식하였다. 비조사 시료에서 효모와 곰팡이의 성장 또한 일반세균과 마찬가지로 25°C 온도조건에서는 저장 1주 후 10⁶~10⁷ CFU/g 수준으로 증식하였으며 4°C 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 일반 호기성세균 3 log, 효모 2 log, 곰팡이 1 log 단위의 감소율을 나타내어 감마선 조사에 의한 초기 미생물의 제어 효과가 확인되었으나, 해당 선량에서 저항성을 나타내는 미생물군이 10¹ CFU/g 내외로 잔존하였다. 감마선 조사 후 생존한 미생물은 25°C 저장조건에서 1주 이후까지는 생장이 억제되었으나 보존 2주 이후에는 일반세균과 효모는 10⁶ CFU/g 까지, 곰팡이는 10⁴ CFU/g 수준까지 성장하였다. 감마선을 조사한 후 4°C의 냉장조건에 보존한 복숭아는 보존 6주 이후까지도 미생물의 생장이 억제되었다. 이러한 결과로 볼 때, 1 kGy의 감마선 조사는 대조구에 비하여 상온에서는 1주 정도의 미생물학적 보존성 향상 효과가 기대되었으며 감마선 조사 후 냉장보존 조건에서는 6주 이상의 미생물학적 보존성 확보가 가능함을 확인할 수 있었다.

한편, 복숭아에는 환경에서 유래한 다양한 미생물군이 분포하고 있으며, 특히 *Botrytis allii*, *Penicillium hirsutum*, *Botrytis cinerea* 등은 저온의 환경에서도 생존이 가능하여 저온저장 복숭아의 부패를 유도한다고 보고되어 있다(20,21). 따라서 저온저장이 복숭아의 보존성 증진에 상당한 효과가 있다하더라도 이는 약 2주 내외의 기간으로 제한되는 바, 감마선 조사를 병행할 경우 복숭아의 미생물학적 보존기간을 6주 이상까지 연장할 수 있을 것으로 사료되었다. 그러나 복숭아의 보존성은 미생물학적 관점 뿐 아니라

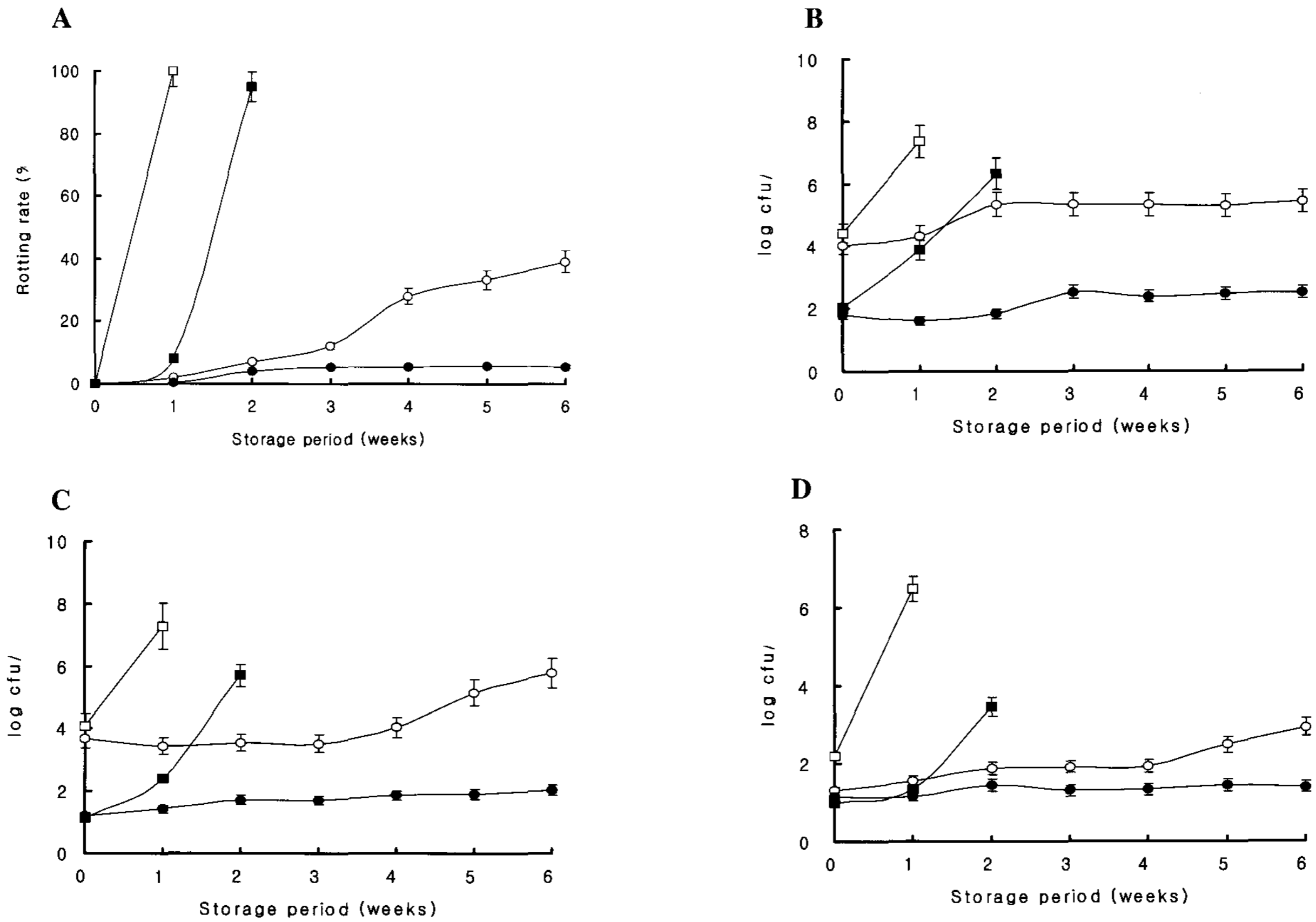


Fig. 1. Rotting rate (A) and the growth of total aerobic bacteria (B), yeast (C) and fungi (D) in peaches during a post-irradiation storage at 4°C and 25°C.

Symbols are: □: 0 kGy-25°C, ○: 0 kGy-4°C, ■: 1 kGy-25°C, ●: 1 kGy-4°C.

수분의 손실, 관능의 변화 등이 종합적으로 고려되어야 하므로 이에 대한 실험을 실시하였다.

중량, 외관 및 경도

복숭아는 전체중량의 85~90%가 수분으로 구성되어 있으며, 수분이 10% 이상 소실되면 상품가치가 저하되는 것으로 알려져 있다(22). 과일의 수분 감소는 외관적인 상품성 저하 뿐 아니라 조직감 저하, 신선도 저하, 중량 감소 등에 큰 영향을 미친다. 과일의 수분감소는 수확 후 호흡작용, 증산작용 등에 의해 발생되며 과일의 종류, 저장 및 유통 방법 등에 따라 서로 다른 양상을 나타낸다. 본 연구에서 수행한 감마선 조사 복숭아의 저장 중 중량감소와 외관적 품질 특성 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 25°C 저장조건에서 감마선 조사 시험구는 2주, 대조구는 1주 만에 병반발생이 관찰되어 이후의 분석을 진행하지 않았으나 1주까지의 중량 감소는 유의차가 없었다. 4°C 냉장 저장 조건에서 보존 2주까지는 감마선 조사 시료와 비조사 시료간의 중량 감소에 차이가 없었으나 보존 3주 이후부터는 감마선 조사 시료의 중량감소가 비조사 시료에 비하여 지연되는 효과가 관찰

되었다. 복숭아의 외관상 위축률 역시 냉장 저장 조건에서는 보존 2주까지는 대조구와 조사구간에 유의적 차이가 없었으나 3주 이후부터는 감마선 조사 시료의 위축률이 비조사 시료에 비하여 지연되었다. 감마선 조사는 사과, 복숭아, 배 등 과일의 저장 기간을 연장시키고, 저장 기간 동안 후숙을 조절하며 곰팡이 등의 미생물 생육을 억제한다. 그러나 고선량의 감마선 조사는 과실의 경도를 저하시킬 수 있는데, 이러한 현상은 과실의 조직과 수분 함량에 따라 다르게 나타난다. 따라서 적정 선량의 감마선 조사는 저장기간 동안 미생물의 생육을 억제하여 부패율을 저감화시키며, 보존기간을 연장시킬 수 있다. 복숭아의 조직감을 결정하는 요인 중 조직의 단단함 정도인 경도를 기계적으로 측정하여 Fig. 3에 나타내었다. 경도의 측정은 3주 이상의 보존이 가능한 것으로 판단되는 저온저장 시료만을 결과로 제시하였다. 감마선 조사 시료와 비조사 시료 모두 보존기간에 따라 경도가 낮아졌으나 감마선 조사 시료가 비조사 시료에 대하여 경도의 감소율이 다소 낮은 경과를 보여주었다. 한편, 복숭아의 수분이 10% 이상 소실되면 상품가치가 저하된다는 연구결과(22)를 기준으로 볼 때, 냉장보존의

조건에서 비조사 시료는 약 3주, 감마선 조사 시료는 약 4주의 외관적 보존성을 갖는 것으로 나타나 감마선 조사가 1주 내외의 보존성 증진효과가 있음을 알 수 있었으며, 복숭아의 조직감을 결정하는 조직의 단단함, 즉 경도의 감소 또한 감마선 조사 시료가 비조사 시료에 비하여 다소 지연될 수 있음을 알 수 있었다.

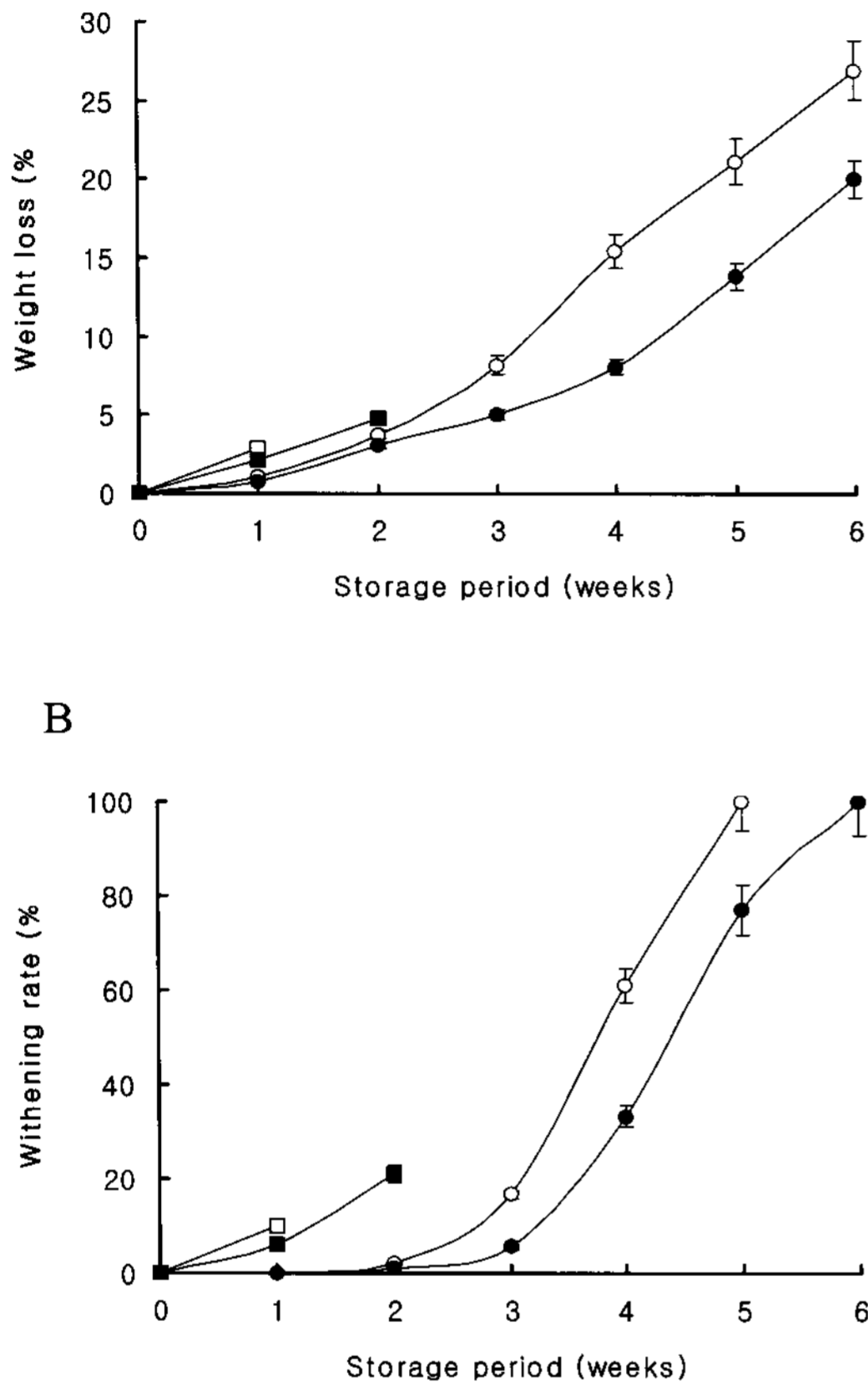


Fig. 2. Change of weight loss (A) and withering rate (B) in peaches during a post-irradiation storage at 4°C and 25°C.

Symbols are: □: 0 kGy-25°C, ○: 0 kGy-4°C, ■: 1 kGy-25°C, ●: 1 kGy-4°C.

pH 및 총 당 함량

감마선 조사 복숭아와 비조사 복숭아의 냉장저장 중 pH(Fig. 4A)와 적정산도(Fig. 4B)의 변화를 측정하였다. 복숭아의 초기 pH는 약 4.7 수준이었으며 보존 기간에 따라 조금씩 증가하여 보존 4~5주째에 pH 5.8 수준을 나타내었다. 한편, 감마선 조사 시료와 비조사 시료간의 pH 변화는 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 복숭아의 보존초기 적정산도는 0.24% 수준이었으며, 보존 기간 동안 다소 증가하였다가 다시 감소하는 경향을 보였으며, 전반적으로 감마선 조사 시료의 적정산도가 비조사 시료에 비하여 다소 높았다.

복숭아의 냉장저장 중 각 시료의 총 당 함량을 측정한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 4°C의 냉장 저장 조건에서 대조구와 감마선 조사구 모두 저장 2주째까지는 8%에서

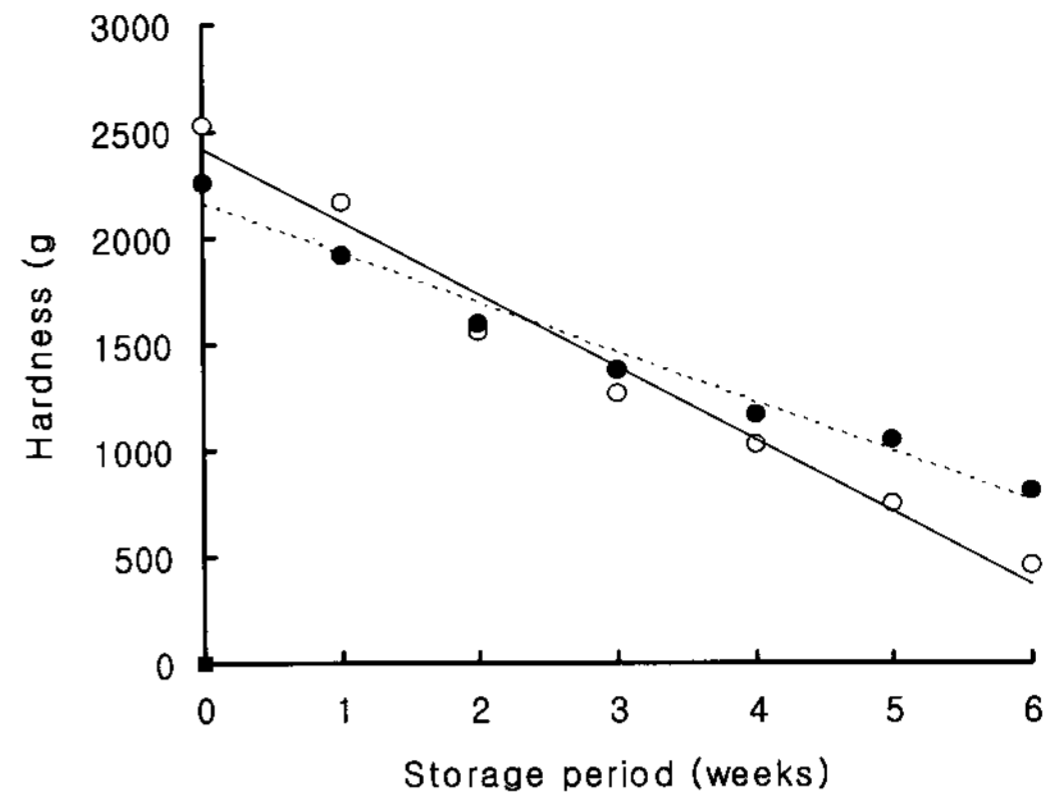


Fig. 3. Change of hardness in peaches during a post-irradiation storage at 4°C.

Symbols are: ○: 0 kGy-4°C (—), ●: 1 kGy-4°C (---).

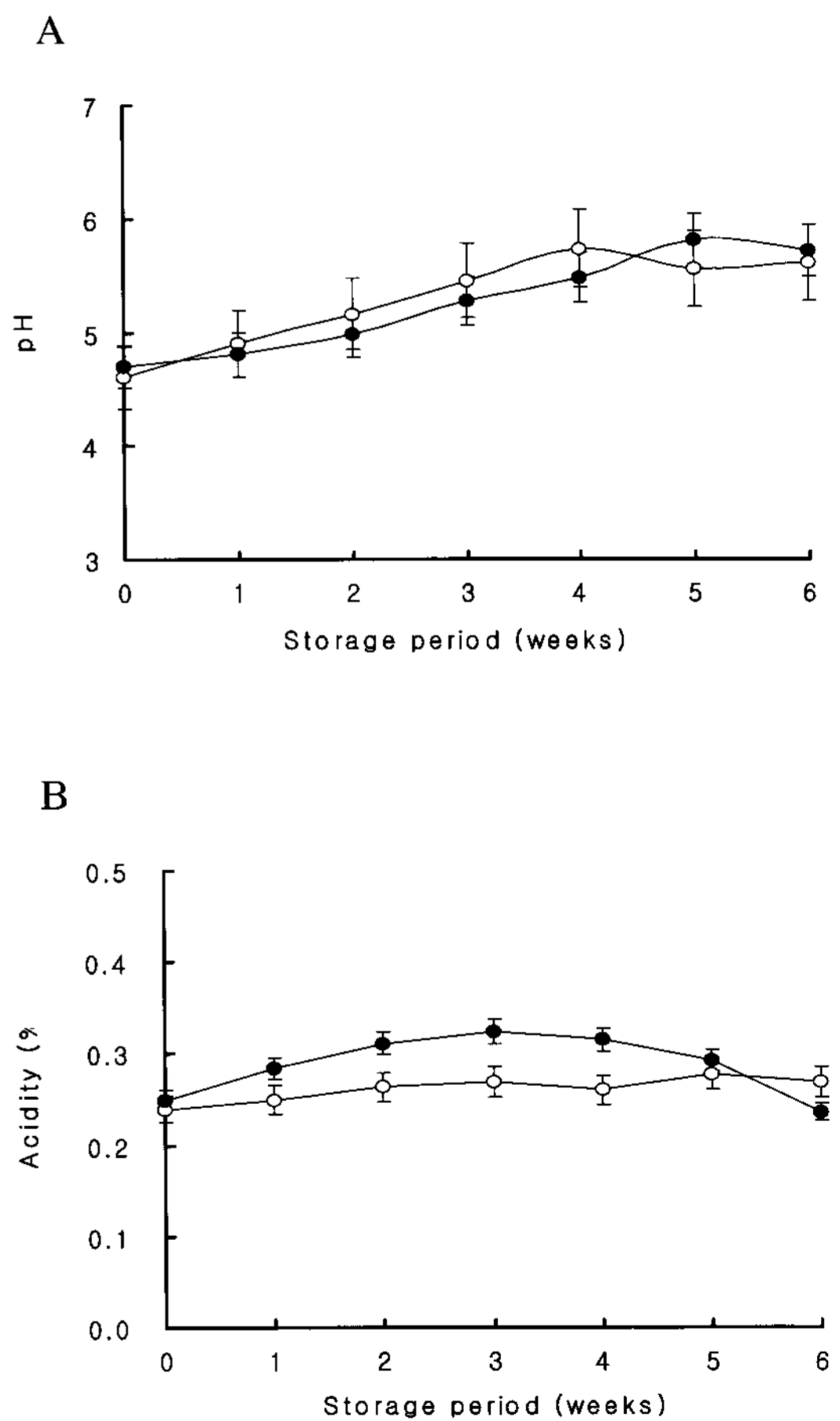


Fig. 4. Change of pH (A) and titratable acidity (B) in peaches during a post-irradiation storage at 4°C.

Symbols are: ○: 0 kGy-4°C, ●: 1 kGy-4°C.

10%까지 약간 증가하였으나 이후 다시 원래 수준으로 환원하는 경향을 나타내었으며 감마선 조사 시료와 비조사 시료간의 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 일반적으로 과일의 저장 중 당 함량은 수확 후 후숙 과정에 의해 고분자물질

의 분해로 저장 초기 증가한 다음 감소한다고 알려져 있으며(22) 복숭아의 당 함량 변화는 품종, 성숙도 및 저장방법 등의 여러 요인에 의해 증가, 감소, 유지된다는 보고가 있다 (17, 19). 따라서 본 실험에서도 복숭아의 당 함량변화는 선행연구와 유사한 경향을 나타내었음을 알 수 있었으며, 아울러 감마선 조사가 복숭아의 총 당 함량에 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다.

관능평가

1 kGy의 감마선 조사 후 저장온도에 따른 복숭아의 관능평가를 실시하였다(Table 1). 감마선 조사 직후의 관능평가

에서는 감마선 조사에 따른 기호도의 변화나 관능특성변화가 관찰되지 않았다. 온도 조건과 저장기간에 따른 복숭아의 관능평가 결과, 25°C 저장시료의 경우 비조사 대조시료는 보존 1주 이후, 감마선 조사 시료는 2주 이후 상품으로서의 가치를 상실하는 수준으로 관능선호도가 감소하였다. 4°C 저장조건에서 감마선 조사 시료와 비조사 시료는 보존 3주째까지는 대부분의 평가항목에서 유의차가 나타나지 않았으나, 보존 4주 이후부터는 감마선 조사 시료의 관능적 선호도가 유의적으로 높게 평가되었다.

이러한 결과는 미생물학적 품질변화 결과(Fig. 1)와 유사한 경향으로, 감마선 조사 후 4°C 저장 조건시 복숭아의

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

Storage (weeks)	Sensory parameters	Treatment ¹⁾			
		A	B	C	D
0	Texture	6.00±1.51 ^{b2)}	6.62±1.30 ^a	5.87±0.91 ^b	6.00±1.06 ^b
	Sweetness	5.75±1.18 ^b	6.75±1.66 ^a	6.00±1.06 ^b	5.50±0.92 ^b
	Sweet odor	5.50±1.77 ^b	6.12±0.99 ^a	5.12±1.35 ^b	5.25±1.48 ^b
	Overall acceptances	6.12±1.62 ^b	6.75±1.66 ^a	5.62±0.74 ^d	5.87±1.12 ^{bc}
1	Texture	2.75±0.70 ^b	6.50±1.41 ^a	6.25±1.03 ^a	6.75±1.66 ^a
	Sweetness	2.75±1.28 ^d	5.75±1.37 ^b	5.75±1.66 ^b	6.37±0.91 ^a
	Sweet odor	4.75±1.83 ^c	5.12±0.35 ^c	6.00±1.51 ^b	6.75±1.66 ^a
	Overall acceptances	3.25±0.70 ^b	5.75±1.03 ^a	5.75±0.70 ^a	6.25±1.28 ^a
2	Texture		4.25±1.98 ^b	6.37±0.91 ^a	6.25±2.20 ^a
	Sweetness		4.25±1.83 ^c	5.37±1.59 ^b	6.00±1.41 ^a
	Sweet odor		3.50±1.41 ^b	5.87±1.72 ^a	6.12±0.83 ^a
	Overall acceptances		4.00±1.51 ^c	5.50±1.77 ^b	6.37±0.74 ^a
3	Texture			5.25±1.66 ^a	5.75±1.12 ^a
	Sweetness			5.50±1.07 ^a	5.25±1.49 ^a
	Sweet odor			4.25±1.28 ^b	5.50±1.07 ^a
	Overall acceptances			5.50±1.56 ^a	5.75±1.12 ^a
4	Texture			4.00±1.51 ^b	5.87±0.99 ^a
	Sweetness			4.25±1.98 ^a	4.50±0.92 ^a
	Sweet odor			4.75±1.03 ^a	5.25±1.03 ^a
	Overall acceptances			4.00±1.51 ^b	5.00±0.00 ^a
5	Texture			3.50±2.32 ^b	5.00±1.06 ^a
	Sweetness			3.25±1.16 ^b	5.50±1.41 ^a
	Sweet odor			3.00±1.51 ^b	4.00±1.50 ^a
	Overall acceptances			3.75±1.58 ^b	4.75±0.88 ^a
6	Texture			3.50±2.00 ^b	4.00±1.56 ^a
	Sweetness			2.75±2.18 ^b	4.25±1.72 ^a
	Sweet odor			3.25±1.90 ^b	4.75±1.12 ^a
	Overall acceptances			2.25±1.48 ^b	4.25±1.59 ^a

¹⁾A: 0 kGy-25°C, B: 1 kGy-25°C, C: 0 kGy-4°C, D: 1 kGy-4°C.

²⁾Mean values of scores followed by different letters in same row are significantly different at P < 0.05. Score are evaluated from extremely dislike(1 point) to extremely like(9 point).

보존기한을 연장할 수 있음을 보여주는 것이었다. 반면, 60% 이산화탄소를 6시간 처리하여 저장 할 경우 6일까지 저장기간을 연장시킬 수 있었으며(23), zeolite를 이용한 기능성 필름으로 포장한 경우 대조군에 비해 8일까지 품질을 유지할 수 있었다(24).

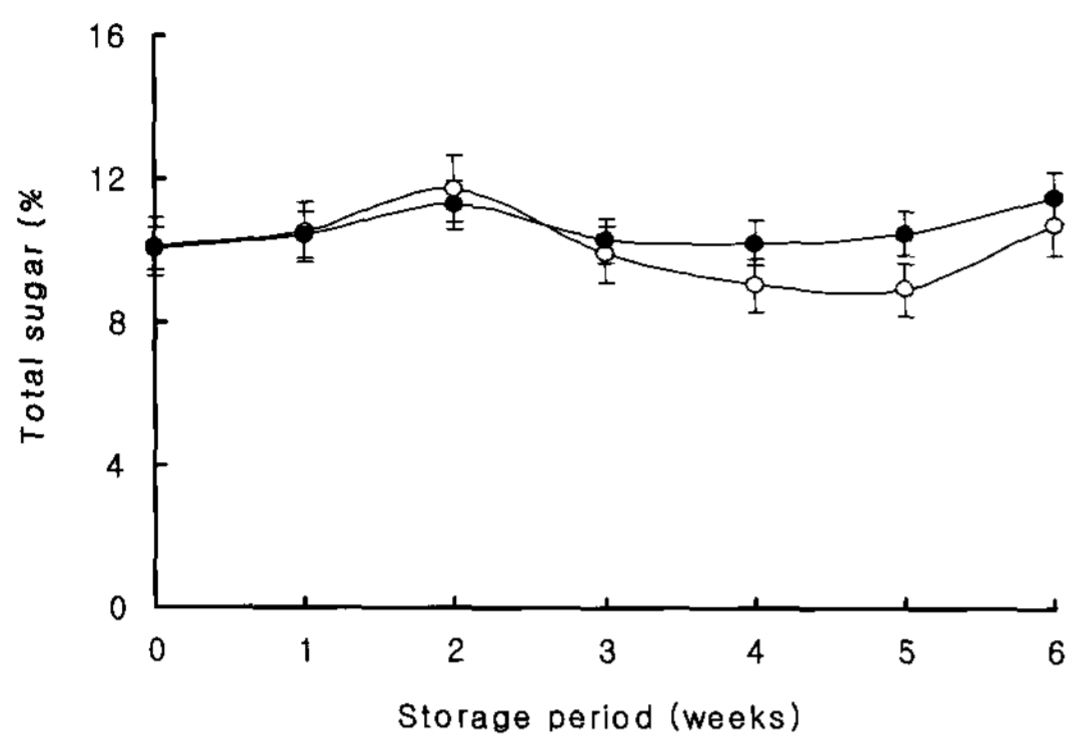


Fig. 5. Change of total sugar contents in peaches during a post-irradiation storage at 4°C.

Symbols are: ○: 0 kGy-4°C, ●: 1 kGy-4°C.

요 약

복숭아의 보존기한 연장을 위한 품질 향상을 위한 방법으로 적숙기의 복숭아에 1 kGy의 감마선 조사를 실시한 다음, 4°C와 25°C의 저장조건에서 복숭아의 일반적인 품질 특성 및 관능학적 품질 특성을 평가하였다. 연구 결과, 과실 류에 대한 Codex 권장선량인 1 kGy 선량의 감마선 조사에서 복숭아의 품질변화는 나타나지 않았으며 초기 오염미생물의 균수를 약 2 log 단위(10² CFU/g) 정도 감소시키는 제어 효과가 확인되었다. 감마선 조사 복숭아의 보존 실험에서, 감마선 조사된 복숭아는 25°C의 조건에서는 약 1주, 4°C의 조건에서 약 6주 이상의 미생물학적 품질 안전성을 나타내었으며 위축률, 수분감소, 경도 등의 이화학적 품질에서도 개선효과가 확인되었다. 감마선 조사 직후에는 감마선 조사 복숭아와 비조사 시료간의 관능특성 차이는 관찰되지 않았으나, 보존기간이 경과함에 따라 감마선 조사 시료의 선호도가 비조사 시료보다 더 증가함을 확인하였다. 따라서 감마선 조사와 냉장보존을 병용할 경우, 상온 1주 이하인 복숭아의 미생물학적 보존기한을 4주 이상으로 연장시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

참고문헌

1. Cho, J.W., Kim, I.S., Choi, C.D., Kim, I.D. and Jang, S.M. (2003) Effect of ozone treatment on the quality of peach after postharvest. Korean J. Food Preserv., 10,

454-458
 2. Whitelock, D.P., Brusewitz, G.H., Smith, M.W. and Zang, X.H. (1994) Humidity and airflow during storage affect peach quality. Am. Soc. Hort. Sci., 29, 798-801
 3. Mitchell, F.G., Mayer, G., Maxie, E.C. and Coates, W.W. (1974) Cold storage effects on fresh market peaches, nectarines and plums-using low temperatures to delay internal breakdown. Calif. Agr., 28, 12-14
 4. Seo, J.Y., Kim, E.J., Hong, S.I., Yu, S.H. and Kim, D. (2006) Effects of mild heat treatment on microorganism, respiratory characteristics and firmness of fuji apple. Korean J. Food Sci. Technol., 38, 47-51
 5. Karabulut, O.A. and Baykal, N. (2003) Biological control of postharvest disease of peaches and nectarines by yeast. J. Phytopathol., 151, 130-134
 6. Smilanick, J.L., Denis-Arrue, R., Bosch, J.R., Gonzalez, A.R., Henson, D. and Janisiewicz, W.J. (1993) Control of postharvest brown rot of nectarines and peaches by *Pseudomonas* species. Crop Protect., 12, 513-520
 7. Garza, S., Teixido, J.A., Sanchis, V., Vinas, I. and Condon, S. (1994) Heat resistance of *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated from spoiled peach puree. Int. J. Food Microbiol., 23, 209-213
 8. Choi, J.H. and Lee, S.G. (1999) Woolliness and metabolism of pectic substances of peach. Korean J. Hort. Sci. Technol., 40, 574-576
 9. Choi, H.H. and Lee, S.K. (2003) Effect of cold storage on quality Mibaekdo peach (*Prunus persica*) fruits during ripening. J. Kor. Soc. Hort. Sci., 44, 277-280
 10. Fernandez-Trujillo, J.P., Martinez, J.A. and Artrs, F. (1999) Modified atmosphere packing affects the incidence of cold storage disorders and keeps flat peach quality. Food Res. Int., 31, 571-579
 11. Robert, E.H., Alley, E.W. and Chien, Y.W. (1990) Peaches and nectarines. pp. 46-47. In: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks, 2nd ed., DA, USA
 12. Kader, A.A. (1997) Biological base of O₂ and CO₂ effects on postharvest life of horticultural perishables. Proceeding of the Seventh International Controlled Atmosphere Reash Conference, 4, 160-163
 13. Criososto, C.H., Garner, D. and Crisosto, G. (2002) Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from Botrytis but accelerate rachis browning of Redglobe table grapes. Postharvest Biol. Technol., 26, 181-189
 14. 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
15. 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
 16. 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
 17. FDA (1995) Ionizing radiation for the treatment of food. Section 179,26, pp. 389-390. In: Code of Federal Regulations: Food and Drugs, Title 21, US Gov., Printing Office, Washington D.C., USA
 18. Harrigan, W.F., Mccane, M.E. (1976) Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology. Academic Press, London, p. 25-146
 19. WHO (1999) High dose irradiation. pp. 9-37. In: Wholesomeness of Food Irradiated with Doses above 10 kGy. WHO Technical Report Series 890, World Health Organization, Geneva, Switzerland
 20. AOAC (1980) Official Methods of Analysis. 13th ed., pp.190-209 Association of official analytical chemists, Washington, D.C., USA
 21. Choi, J.H., Lim, J.H., Jeong, M.C. and Kim, D.M. (2005) Effect of high CO₂ pre-treatment on quality of Hikawa Hakuho peach fruits. *Korean J. Food Preserv.*, 12, 540-545
 22. Choi, J.H., Jeong, M.C. and Lim, J.H. (2004) Effect of short-term high CO₂ on growth of *Botrytis cinerea*. *Korean J. Food Preserv.*, 11, 246-249
 23. Choi, J.H., Lim, J.H., Jeong, M.C. and Kim, D.M. (2005) Effect of high CO₂ pre-treatment on quality of Hikawa Hakuho peach fruits. *Korean J. Food Preserv.*, 12, 540-545
 24. Park, J.D., Hong, S.I., Park, H.W. and Kim, D.M. (1999) Modified atmosphere packing of Peaches (*Prunus perrisica* L. Batsch) for distribution at ambient temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 31, 1227-1234

(접수 2008년 3월 9일, 채택 2008년 5월 9일)