

수침 및 감마선 처리가 밤의 저장특성에 미치는 영향

권중호 · 이정은 · 이새봄 · 정현식* · 최종욱
경북대학교 식품공학과, *경북대학교 농산물가공저장유통기술연구소

Effects of Water Soaking and Gamma Irradiation on Storage Quality of Chestnuts

Joong-Ho Kwon, Jungeun Lee, Sae-Bom Lee, Hun-Sik Chung* and Jong-Uck Choi
Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea
*Postharvest Technology Research Institute, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

Abstract

The effects of water soaking and gamma irradiation on the storage quality of chestnuts (*Castanea crenata*) were investigated. Chestnuts were soaked in water for 48 hrs at room temperature, irradiated at 0, 0.15, 0.25 and 0.35 kGy of ⁶⁰Co gamma ray, and then stored at 0°C and 95±2% RH for 9 months. Sprouting was observed at the end of storage only in chestnuts that were soaked and irradiated at below 0.25 kGy. Rotting was found from the early stage of storage in all pre-treatment conditions, but the rotting rate of soaked chestnuts was higher twice than unsoaked ones after 9 months of storage. Weight loss was lower in soaked than unsoaked samples regardless of irradiation dose. Loss of flesh firmness was appreciably retarded as irradiation dose increased. Total sugar content decreased slowly in irradiated samples at the later periods of storage. Gamma irradiation resulted in the decrease of vitamin C content immediately after treatment, but retarded its loss rate during storage. Soluble tannin content was not affected by gamma irradiation at sprout inhibition doses.

Key words : chestnuts, storage quality, water soaking, gamma irradiation

서 론

밤은 전분과 비타민 C 등이 풍부하여 일반 과실류와는 다른 식품학적 가치를 지니고 있으며, 주로 생과, 가공품 및 가공원료의 형태로 소비되고 있다 (1). 그러나 생체식품이기 때문에 수확 후 생리현상

과 외적 요인에 의한 발아(근), 성분변화, 부패 등의 품질손실이 발생되고 해충에 의한 식해가 극심하여 장기간 저장에 어려움이 따른다(2). 이러한 피해를 줄이기 위하여 현재 국내의 밤 가공업계에서는 경험적으로 습득한 기술인 수침처리에 의해 해충을 질식사시킨 후 저온에서 저장하는 방법을 사용하고 있다. 그러나 저장기간이 길어질 경우 품질유지 측면에서 문제점이 발생되므로 수침에 기인된 품질저하 현상을 규명하고, 이를 억제할 수 있는 방법의 개발이 필요한 실정이다.

Corresponding author : Joong-Ho Kwon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea
E-mail : jhkwon@knu.ac.kr

생밤의 저장성 향상을 위한 연구로는 감마선 조사 선량에 따른 상온저장 시 이화학적 특성 변화(3), 상온저장 전 저산소 상태에서 감마선 조사의 효과(4), 성숙도에 따른 저온 및 움 저장의 효과(5), 폴리에틸렌 필름 포장 또는 감마선 조사 후 저온저장 및 움저장의 효과 비교(6), 감마선 조사 후 움저장의 효과(7), 감마선 조사선량과 저장온도의 영향(8), 폴리에틸렌 필름 포장 시 필름 두께에 따른 저장효과(9), 그리고 저장온도와 습도의 영향(10) 등이 보고되었다. 이상의 결과에서 저장 전 감마선 조사는 밤의 발아(근) 억제에 유의적인 효과를 보임에 따라, 현재 국내에서 0.25 kGy 이하의 감마선 조사가 허가되어 있다(11,12). 그러나 밤의 수침처리와 감마선 조사에 따른 저온저장 중 품질특성 변화에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 밤을 수침처리 하고 국내 허가선량 전후로 감마선을 조사한 후, 저온 저장 중 이화학적 품질특성의 변화를 측정하여 저장특성을 검토하였다.

재료 및 방법

재 료

실험용 밤은 1995년 10월 초 충남 부여지역에서 수확된 은기 품종을 구입하여 외관이 건전하고 중량이 20~30 g인 것만 선별하여 사용하였다.

수침 및 감마선 처리

밤의 수침처리는 수돗물(냉수)에서 48시간 동안 행하였다. 수침 또는 무처리 밤의 감마선 조사는 PVC 마대에 일정량 씩 포장하여 한국원자력연구소의 ^{60}Co 조사시설에서 시간당 일정한 선량율로 국내 최대허용선량인 0.25 kGy와 0.15 kGy 및 0.35 kGy를 실온에서 각각 조사하였고, 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter를 사용하였다($\pm 15\%$).

저장조건

수침처리와 무처리, 감마선조사와 비조사 밤을 8 구간으로 나누어 플라스틱 상자에 담고 송풍에 의한 중량변화를 방지하기 위하여 흑색의 폴리에틸렌 필름(0.1 mm)으로 덧씌우기를 하여 0°C의 저장온도와 $95\pm 2\%$ 의 상대습도가 유지되는 저장고에서 9개월 동안 저장하였다.

발아율 및 부패율 측정

저장 중 밤의 발아(근)율은 전처리 조건별로 시료를 취하여 싹의 길이가 1 mm 이상 자란 것을 발아로 판정하여 조사한 시료 수(n=100)에 대한 백분율로 나타내었다. 부패율은 시료를 육안으로 검사하여 약간의 부패된 부분이 있을 경우도 부패과로 취급하여 전체 시료 수(n=100)에 대한 백분율로 나타내었다.

중량감소율 측정

저장 중 밤의 중량감소율은 저장 전처리 조건별로 시료를 취한 후 칭량하여 초기 중량에 대한 측정시의 감량율로 나타내었다.

과육경도 측정

저장 중 밤의 과육경도 측정은 저장 전처리 조건별로 시료를 취한 후 과피를 제거하고 과실경도계(KM Co., Japan)를 사용하여 과육에 수직 방향으로 압축하여 반복 측정하였다.

화학성분 분석

저장 중 밤의 화학성분은 저장 전처리 조건별로 시료를 취하여 과피를 제거한 후 육질 부분만으로 다음과 같은 방법으로 분석하였다. 환원당 함량은 Somogyi변법(13)으로, 전당함량은 25% 염산으로 가수분해시킨 후 Somogyi변법으로 정량하였다. 비타민 C 함량은 2,4-dinitrophenylhydrazine 비색법(14), 그리고 수용성 탄닌 함량은 Folin-Denis법(15)으로 각각 분석하였다. 이상의 모든 분석은 3회 이상 반복으로 실시하여 평균값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

발아(근) 및 부패 발생률

밤을 냉수에서 48시간 수침처리 또는 무처리 후 0~0.35 kGy의 선량으로 감마선을 조사한 다음 0℃와 95±2%의 상대습도가 유지되는 저장고에서 9개월 동안 저장하면서 발아(근) 및 부패 현상의 발생정도를 조사한 결과는 Table 1과 같다.

밤의 발아 현상은 저장 6개월까지는 수침처리 여부 및 감마선 조사선량에 따른 차이 없이 모든 저장 전처리 조건에서 발생되지 않았다. 그러나 저장 9개월 후에는 수침처리 하지 않고 저장된 밤은 발아 현상을 나타내지 않았으나, 수침처리 후 저장된 밤은 감마선 조사선량에 따라 차이를 보이면서 발아 현상을 나타내었다. 즉, 수침처리 후 감마선 조사선량이 0.25 kGy 이상인 경우는 3% 이하의 발아율을 보였으나 0.15 kGy인 경우는 18%, 비조사인 경우는 7%의 발아율을 각각 보였다. 이로써 감마선 조사 전 수침처리는 저장 중 밤의 발아를 촉진시키는 것으로 생각되었고, 수침 처리된 밤을 감마선 조사할 경우는 0.25 kGy 이상의 선량이 필요한 것으로 나타났다.

Table 1. Sprouting and rotting rates of gamma-irradiated chestnuts stored at 0℃ and 95±2% RH with or without soaking treatment

Soaking treatment ¹⁾	Irradiation dose ²⁾ (kGy)	Sprouting rate (%)		Rotting rate (%)	
		Storage period (month)			
		6	9	6	9
-	0	0	0	0	6
-	0.15	0	0	2	6
-	0.25	0	0	1	21
-	0.35	0	0	4	26
+	0	0	7	1	41
+	0.15	0	18	9	54
+	0.25	0	3	6	37
+	0.35	0	0	1	46

¹⁾ Chestnuts were soaked in cold water for 48 hrs before gamma irradiation.

²⁾ Chestnuts were irradiated with gamma-rays at room temperature before storage.

저장 중 밤의 부패는 저장 초반기부터 약간씩 발생되기 시작하였으며 경시적으로 부패율이 증가하였

다. 전반적으로 부패율은 수침처리 여부에 따라 유의적인 차이를 보여 저장 6개월과 9개월 후 수침처리 되지 않은 밤의 경우는 각각 4% 이하와 16~26% 이었다. 그리고 수침 처리된 밤은 저장 6개월 후 6~11%, 9개월 후 37~54%로 높은 부패율을 나타내었다. 수침처리 되지 않은 밤의 경우 감마선 조사선량에 따른 부패현상에서 Uchiyama(3)와 박 등(4)은 고선량의 감마선 조사 후 상온저장은 부패를 증가시킨다고 보고한 반면, Hayashi 등(8)은 저온저장에서는 부패가 억제되었다고 보고한 바 있다. 그러나 0.25 kGy 이상의 선량이 0.15 kGy 및 비조사구 보다 부패율이 높게 나타난 것을 고려할 때, 저온저장에서도 방사선 조사에 기인된 부패현상은 발생될 수 있음이 확인되었다. 한편 수침 처리된 밤의 부패율은 대조구나 조사구에서 유의적인 차이가 없이 저장 6개월에 6~11%, 9개월에 37~54%의 높은 값을 나타내었다. 따라서 수확 후 밤의 수침처리는 저장 중 부패를 촉진시키므로 저온 조건의 경우 6개월 이상의 저장은 품질유지에 효과적이지 않은 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 볼 때 밤의 충해를 방지하기 위해 사용되는 수침처리는 오히려 발아 및 부패현상을 촉진하고, 발아현상은 국내에서 허용된 감마선 조사선량으로도 억제 효과가 미약한 것으로 나타났으므로 수침처리 없이 충해 및 발아와 부패를 방지할 수 있는 방안이 필요하다고 생각된다.

중량 및 과육경도 변화

밤을 48시간 수침처리 또는 무처리 후 각기 다른 선량으로 감마선을 조사한 다음 0℃와 95±2%의 상대습도가 유지되는 저장고에서 저장하면서 중량감소율을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 밤의 중량감소율은 저장기간이 경과됨에 따라 증가하는 경향으로, 저장 3개월까지는 모든 저장 전처리 조건에서 5% 이하를 보였으나 저장 9개월 후에는 4~14% 수준이었다. 중량감소율은 전반적으로 수침 처리된 밤이 무처리 밤보다 낮은 값을 보였다. 이는 수침처리 시 외부에서 과피나 육질 속으로 침투된 수분에 기인된 결과로 생각된다. 한편 감마선 조사선량에 따른 중량감소율의 차이는 뚜렷하게 나타내지 않았다.

Table 2. Weight loss of gamma-irradiated chestnuts stored at 0°C and 95±2% RH with or without soaking treatment
(unit : % weight loss)

Soaking treatment ¹⁾	Irradiation dose ²⁾ (kGy)	Storage period (month)			
		After irradiation	3	6	9
-	0	0	1.69	5.13	14.17
-	0.15	0	0.91	3.79	11.29
-	0.25	0	0.75	2.42	10.09
-	0.35	0	4.81	7.11	12.36
+	0	0	1.45	4.85	9.43
+	0.15	0	0.55	2.23	8.00
+	0.25	0	1.08	4.09	5.45
+	0.35	0	3.82	5.77	4.35

¹⁾ Chestnuts were soaked in cold water for 48 hrs before gamma irradiation.

²⁾ Chestnuts were irradiated with ⁶⁰Co gamma-rays at room temperature before storage.

밤을 수침처리 또는 무처리 후 감마선을 조사한 다음 0°C의 저장온도에서 95±2%의 상대습도를 유지하면서 저장기간에 따른 과육경도의 변화를 측정하였다. 그러나 수침 처리된 밤의 경우 저장 초반기부터 부패율이 비교적 높아 과육경도 측정의 의미를 상실하였다고 판단되었다. 따라서 수침처리 되지 않은 밤을 대상으로 과육경도를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 과육경도는 저장 전인 감마선 조사 직후에는 처리구 간에 변화가 없었으나, 저장 중에는 조사선량에 따라 유의적인 차이를 보이며 감소하는 경향이였다. 즉, 저장 3개월까지는 감마선 조사 밤이 조사하지 않은 밤보다 높은 경도를 유지하였고, 저장 6개월 후에는 고선량 일수록 경도 감소가 억제되어 0.35 kGy를 조사한 밤이 가장 높은 경도를 유지하였다. 또한 저장 9개월 후에도 이와 유사한 경향을 나타내었다. 이와 같은 감마선 조사에 의한 경도감소 억제효과는 0.35 kGy 이하의 감마선이 과육경도 저하를 일으키는 일련의 생리적 대사현상에 영향을 미친 것으로 사료되나(3,8), 0.45 kGy 이상의 감마선 조사는 밤(4), 인삼(16)의 조직을 연화시켜 과육경도가 감소되었다는 보고가 있어 서로 상반된 결과임을 확인하였다.

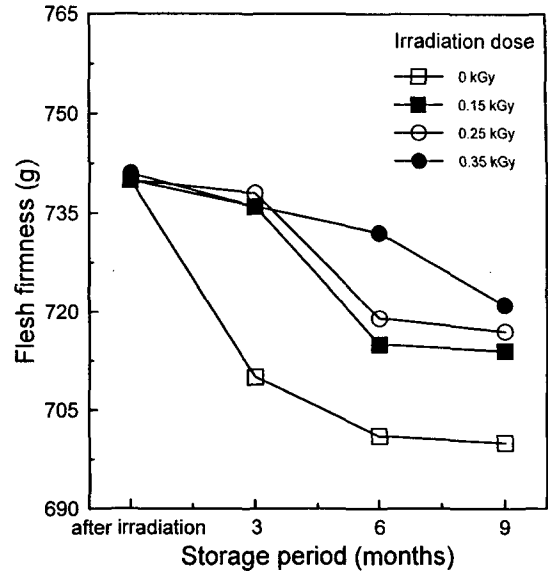


Fig. 1. Flesh firmness of gamma-irradiated chestnuts stored at 0°C and 95±2% RH.

Chestnuts were irradiated with ⁶⁰Co gamma-rays at room temperature before storage.

전당, 비타민 C 및 가용성 탄닌 함량변화

밤을 냉수에서 48시간 수침처리 한 후 여러 선량으로 감마선을 조사하여 0°C와 상대습도 95±2% RH에서 9개월 동안 저장하면서 화학성분으로서 전당, 비타민 C 및 가용성 탄닌 함량의 변화를 측정하고자 하였으나 수침된 밤의 경우는 저장 초반기부터 부패 발생이 심하여 분석에서 제외하였다. 따라서 밤을 수침 처리하지 않고 0~0.35 kGy의 감마선을 조사한 후 저장하면서 전당 함량의 변화를 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 전당 함량은 감마선 조사 직후에는 조사선량에 따른 차이 없이 약 28.2%를 나타내었다. 저장 중 함량은 6개월경까지는 조사 여부 및 선량에 따른 뚜렷한 차이 없이 큰 변화를 보이지 않았으나 6개월 후부터는 전반적으로 감소되는 경향을 보이기 시작하였으며, 9개월 후에는 조사된 밤이 비조사 밤보다 높은 함량을 나타내었다. 이처럼 저장 중 전당함량이 감소된 결과는 신 등(6)과 조 등(7)의 보고와 유사하였으며, 밤의 생리작용에 저장 당류가 사용된 것이 주원인으로 여겨진다(17). 한편 조사된 밤에서 전당의 감소가 적은 것은 감마선이 호흡량의 감소를 초래하여 상대적으로 소모가 적었기 때문으로 생각된다

(8,17). 따라서 밤의 저장 전 0.15~0.35 kGy 범위의 감마선 조사는 장기간 저장 시 전당을 포함한 영양 성분의 유지에 효과가 있는 것으로 여겨진다.

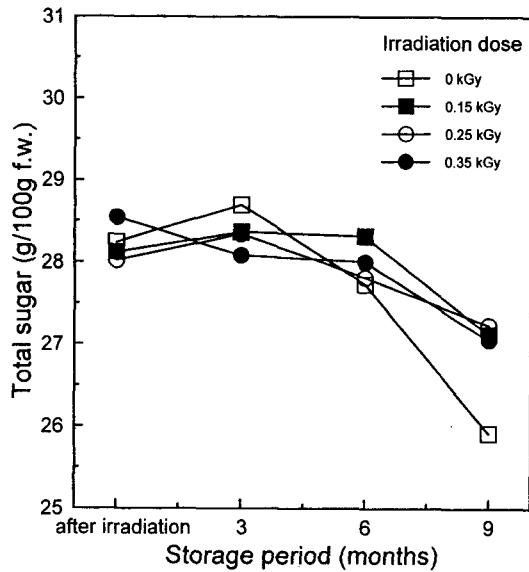


Fig. 2. Total sugar content of gamma-irradiated chestnuts stored at 0°C and 95±2%RH. Chestnuts were irradiated with ⁶⁰Co gamma-rays at room temperature before storage.

밤을 수침처리하지 않고 감마선을 조사한 후 0°C에서 저장하면서 비타민 C의 함량변화를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 감마선 조사 직후의 비타민 C 함량은 감마선 조사되지 않은 밤은 19.0 mg%를, 조사된 밤은 약 14.4 mg%를 각각 나타내었다. 이처럼 감마선 조사에 의해 비타민 C 함량이 낮아진 결과는 Uchiyama(3)와 박 등(4)의 보고와 일치하였으며, 감마선이 비타민 C를 일부 파괴한 결과로 여겨진다. 저장 중 비타민 C 함량의 변화는 전반적으로 감소하는 경향이었으나, 조사되지 않은 밤의 경우가 조사된 밤보다 빠른 속도로 감소하여 저장초기 높은 함량에도 불구하고 저장 6개월 후부터는 조사된 밤과 거의 같은 수준을 나타내었다. 그리고 감마선 조사선량에 따른 비타민 C 함량의 감소양상은 큰 차이를 보이지 않았으며, 감마선 조사에 비타민 C 함량 변화의 감소는 전당의 경우와 유사하게 밤의 생활작용을 억제하였기 때문으로 해석된다(17).

이러한 결과로 볼 때 밤에 대한 감마선 조사는 직

접적으로 비타민 C의 손실을 야기하지만 저장기간의 경과와 더불어 보다 안정된 함량을 유지할 수 있으므로 저장용 밤의 경우에는 감마선 조사가 유리한 것으로 판단된다.

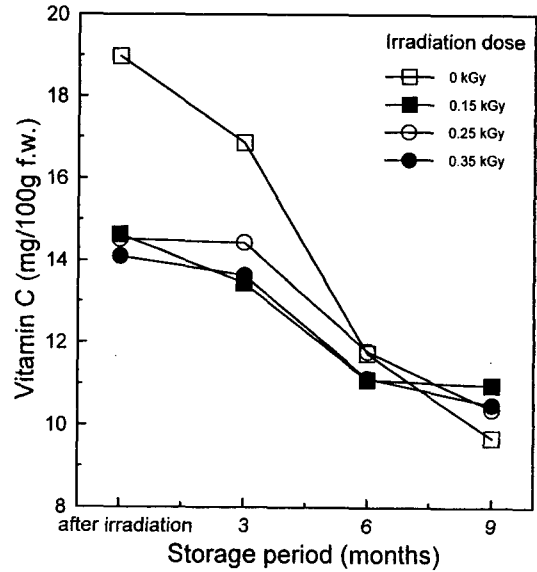


Fig. 3. Vitamin C content of gamma-irradiated chestnuts stored at 0°C and 95±2% RH. Chestnuts were irradiated with ⁶⁰Co gamma-rays at room temperature before storage.

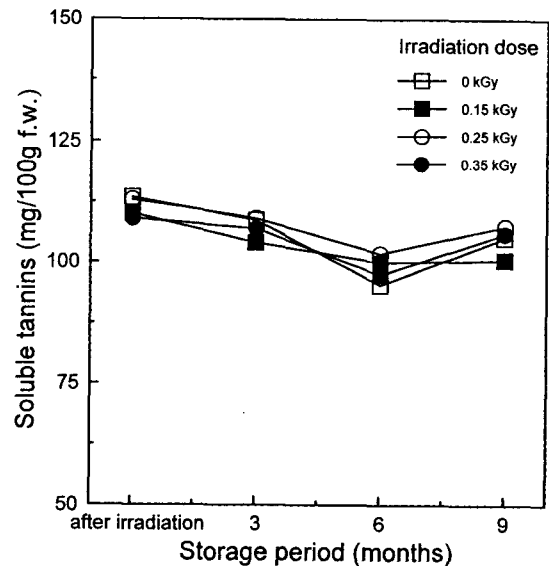


Fig. 4. Soluble tannin content of gamma irradiated chestnuts stored at 0°C and 95±2% RH. Chestnuts were irradiated with ⁶⁰Co gamma-rays at room temperature before storage.

밤을 수침처리하지 않고 감마선을 조사한 후 0℃에서 저장하면서 가용성 탄닌의 함량변화를 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. 감마선 조사 직후의 가용성 탄닌 함량은 조사선량에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 저장 중에도 유사하게 다소 감소되는 경향을 보여 발아억제를 위한 감마선 조사는 밤의 탄닌 성분에는 영향을 미치지 않는 것으로 생각되었다.

요 약

밤(*Castanea crenata*, 은기)의 저장특성에 대하여 수침처리와 감마선 조사의 영향을 검토하기 위하여, 수확된 밤을 48시간 동안 수침 처리한 후 0, 0.15, 0.25 및 0.35 kGy의 감마선을 조사하고 0℃와 95±2%의 상대습도에서 9개월 동안 저장하면서 품질변화를 측정하였다. 발아현상은 수침 처리된 밤에서만 저장말기에 나타났으며, 감마선을 0.35 kGy 조사한 밤에서는 발아되지 않았다. 수침처리 밤에서는 조사선량에 무관하게 저장 초반기부터 부패가 발생되어 수침처리 되지 않은 경우보다 저장 9개월 후 약 2배의 부패율을 보였다. 중량감소는 수침 처리된 밤이 무처리 밤보다 적었으며, 조사선량의 영향은 없었다. 과육경도는 수침처리를 하지 않은 경우 감마선 조사에 의해 감소가 억제되었으며, 고선량 일수록 높게 유지되는 경향이 있었다. 전당함량은 감마선이 조사된 밤이 조사되지 않은 밤보다 저장말기에 높게 유지되었으며 선량에 따른 차이는 없었다. 비타민 C 함량은 감마선 조사 직후 다소 감소되었으나 저장 중 변화는 감마선 조사된 밤에서 완만하게 감소되었다. 가용성 탄닌의 함량은 발아억제 선량 범위의 감마선 조사에 영향을 받지 않았다.

감사의 글

본 연구는 농림기술개발사업의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 조재선 (1999) 식품재료학. 문운당, p.195-198
2. Hardenburg, R.E, Watada, A.E. and Wang, C.Y. (1986) The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. U.S. Department of Agriculture, p.74-75
3. Uchiyama, Y. (1966) Effect of gamma irradiation on sprout inhibition and its physiological mechanism of chestnuts. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 35, 86-94
4. 박노풍, 김년진, 김성기, 이종욱 (1977) 방사선 조사에 의한 밤저장 연구. 제1보 저산소 상태에서 방사선조사 효과. *한국식품과학회지*, 9, 36-40
5. 임 호, 김정옥, 신동화, 서기봉 (1980) 밤 저장에 관한 연구. *한국식품과학회지*, 12, 170-175
6. 신두호, 배정설, 배국웅 (1982) 한국산 밤의 저장에 관한 연구. *한국영양식품과학회지*, 11, 41-46
7. 조한옥, 양호숙, 변명우, 권중호, 김종군 (1983) 방사선조사와 자연저온에 의한 발아식품의 batch scale 저장에 관한 연구. 제4보: 밤의 저장. *한국식품과학회지*, 15, 231-237
8. Hayashi, T., Ohta, H., Hayakawa, A. and Kawashima, K. (1983) Effect of gamma-irradiation and cold-storage on the sucrose content of chestnuts. *J. Japanese Soc. Food Sci. Technol.*, 30, 557-561
9. 이병영, 윤인화, 김영배, 한판주, 이정명 (1985) 밤의 polyethylene film 밀봉 저장 효과. *한국식품과학회지*, 17(5) 331-335
10. 권중호, 최종욱, 변명우 (1998) 밤의 품질안정성에 대한 저장 온·습도 조건의 영향. *농산물저장유통학회지*, 5, 7-12
11. 식품의약품안전청 (2000) 식품의 방사선 조사 기준. *식품공전*, p.116
12. 권중호, 정형욱, 권용정 (2000) 방사선 조사식품의 교역증진을 위한 검역관리 인프라 구축. *한국농산물저장유통학회 추계 학술심포지움 논문집*, p.209-254

13. Kobayashi, T. and Tabuchi, T. (1954) A method employing a tribasic sodium phosphate buffered reagent for estimating semimicro quantities of reducing sugars. *J. Agric. Chem. Soc., Japan.*, **28**, 171-174
 14. 주현규, 조광연, 박충균, 조규성, 채수규, 마상조 (1994) 식품분석법. 유림문화사, 서울, p.356-359.
 15. Schanderl, S.H. (1970) Tannins and related phenolics, In *Methods in Food analysis*, 2nd ed., AP, New York, p.701-711.
 16. 조한옥, 변명우, 권중호, 이재원 (1986) 방사선 조사에 의한 수세된 수삼의 저장. *한국농화학회지*, **29**, 288-293
 17. Yoon, H.S. and Kwon, J.H. (1990) Monitoring of respiration and soluble carbohydrate changes in mushrooms following γ -irradiation. *Agric. Res. Bull. Kyungpook Natl. Univ.*, **8**, 89-94
-
- (접수 2000년 11월 28일)