

저장 중 진공포장 설탕침지 찰옥수수의 미생물 및 이화학적 특성에 대한 감마선조사의 영향

최재호 · 오덕환[†]

강원대학교 바이오산업공학부

Effect of Gamma Irradiation on the Microbiological and Physicochemical Qualities of Vacuum-Packaged Sugar-Treated Waxy Corns During Storage

Jae-Ho Choi and Deog-Hwan Oh[†]

Division of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Abstract

Effect of gamma irradiation on the microbiological and physicochemical characteristics of vacuum-packaged sugar-treated corns was examined to improve taste and shelf-life during storage at room or low temperature. When the vacuum-packaged sugar-treated corns were stored at 25°C for 7 months, total counts and yeast and molds in the control increased approximately 2.4 and 3.5 log CFU/g, respectively but complete inactivation was observed for irradiated corns at 3 and 5 kGy. Similar results were observed at 15°C and 4°C storage. There were no significant differences in hardness between irradiated sugar-treated waxy corns and control group before storage, but the hardness in control significantly increased during the storage, compared to those of irradiated corns. Also, changes in sugar content were not significant between the irradiated sugar-treated waxy corns and control during storage. Sensory evaluation for steamed-waxy corns showed that total sensory scores were higher in irradiated corns than in control, which were increased with irradiation doses. It was considered that maintaining good quality and increasing shelf-life of irradiated vacuum-packaged sugar treated corns could be possible at 15°C storage for long-term period.

Key words: waxy corns, gamma irradiation, shelf-life, vacuum packaging

서 론

현재 전 세계에서 많이 소비되고 있는 옥수수는 쌀, 밀과 함께 세계 3대 식량작물의 하나로서 독특한 맛과 풍부한 비타민, 영양분을 함유하고 있고, 또한 그 용도가 매우 다양하여 식용 및 가공식품, 동물용 사료, 공업용 원료 등 옥수수를 원료로 한 제품의 소비가 매년 증가하고 있는 실정이다(1-3). 미국이나 유럽등지에서는 식용옥수수의 대부분이 통조림으로 가공되어 유통되고 있으며, 통조림용 옥수수의 품질확보를 위한 대부분의 연구가 보고되고 있다(4). 그러나 우리나라를 비롯한 대부분의 아시아에서는 식용옥수수를 수확하여 식용하는 경우가 많기 때문에 선도유지를 위한 저장기술 및 유통방법의 개선에 대한 많은 지식이 요구됨에도 지금까지 이에 대한 연구가 부족한 실정이다.

옥수수는 종실의 특성에 따라서 마치종(dent corn), 경립종(flint corn), 튀김옥수수(pop corn), 연립종(soft corn), 유부종(pod corn), 감미종(sweet corn), 찰옥수수(waxy corn)

등 여러 가지로 구분될 수 있다(3,5). 일반적으로 식용옥수수는 일반종실 가공용이나 팝콘용 옥수수, 사료용 옥수수와는 다르게 미성숙 단계에서 수확하며, 수확 후 많은 수분을 포함하고 있기 때문에 유통과정에서 호흡작용 및 증산작용 등의 생리작용으로 선도저하는 물론 이화학적인 변성으로 인한 품질저하를 초래하여 상품성과 식품으로서의 가치를 떨어뜨린다(5,6). 뿐만 아니라 이들 식용옥수수는 일시에 다량 출하되기 때문에 다량출하에 따른 가격폭락을 방지하고, 일시공급이 아닌 연중공급을 통한 가격안정과 이에 따른 옥수수의 품질 및 선도를 유지할 수 있는 장기저장 및 유통방법의 확립이 절실히 요구된다.

지금까지 옥수수의 수확 후 품질확보를 위하여 수확직후 예냉처리를 하여 품온을 떨어뜨리거나 CA 및 MA저장 또는 냉동저장에 대한 연구가 활발하게 보고되고 있다(6,7). 한편, 최근에는 식품자체의 맛과 향을 지니는 천연식품에 대한 관심이 높아짐에 따라 가열처리로 인한 품질손상 및 영양성분 파괴를 방지하기 위한 대체방법으로 비가열 살균방법으로

[†]Corresponding author. E-mail: deoghwa@kangwon.ac.kr
Phone: 82-33-250-6457. Fax: 82-33-250-6457

주목받고 있는 전기장 및 자기장의 이용, 초단파조사, 초고압처리, 감마선 조사기술 등이 이용되고 있다(8-10). 현재 상업적으로 판매하고 있는 식용찰옥수수의 경우 품질변화를 최소화하기 위하여 수확직후 냉동저장한 후 필요시 증자하여 진공포장한 다음 냉동저장하여 유통하고 있기 때문에 이는 저장비용이 너무나 많이 소요될 뿐 아니라 시장의 판로 개척에도 커다란 장애요인이 되고 있다. 또한, 냉동 찰옥수수의 경우 별다른 처리 없이 증자하고 진공포장한 후 냉동유통되는 경우에는 찰옥수수 자체의 낮은 감미로 인하여 기호성이 높지 않기 때문에 현대인의 입맛에 충족을 시키기가 어려운 점이 있다. 따라서 본 연구에서는 찰옥수수에 감미를 증진시키는 물론 저장기간을 연장하기 위하여 기존의 냉동방식을 대체하기 위한 저장기술개발의 일환으로 당침지 후 진공포장한 찰옥수수에 감마선 조사에 의한 이화학적 품질 및 미생물학적 특성변화를 조사하였다.

재료 및 방법

실험 재료

강원도 인제군 옥수수 시험장에서 8월과 9월에 수확한 찰옥수수(찰옥 1호)를 구입하여 전처리 전까지 -25°C 에서 냉동보관하여 시료로 사용하였으며, 일반 진공포장용 포장지는 PE 35/Nylon 15/L-LDPE 50 적층 포장재(광신산업, 경기도)를 정선군 여량농협으로부터 지원받아 사용하였다. 실험에 사용된 모든 시약은 Sigma사(USA) 제품을 사용하였고, 이외의 제품은 따로 명시하였다.

시료의 처리 및 감마선 조사

-25°C 에 보관된 시료를 꺼내어 표면에 묻은 이물질을 제거한 후 100°C 에서 30분간 증자한 후 15% 설탕용액에 30분 동안 침지시킨 다음 살균된 paper towel로 표면의 물기를 제거하고 PE 35/Nylon 15/L-LDPE 50 적층 포장재(광신산업, 경기도)로 진공포장하여 경기도 이천 소재 그린피아기술(주)에서 감마선 조사를 수행하였다. 포장된 시료의 방사선 조사는 10만 Ci, Co-60 감마선 조사시설을 이용하여 1, 3, 5, 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였고, polymethylmetacrylate dosimeter(Amber3042, Harwell dosimeters Ltd., Oxfordshire, England)를 이용한 흡수선량 확인에서 흡수선량 오차 범위는 $\pm 5\%$ 이내였다. 감마선 조사된 각각의 시료는 4°C , 15°C 및 25°C (상온)에서 7개월동안 저장하며 시험시료로 사용하였다.

미생물의 생육 변화

시료 10 g을 취하여 멸균된 stomacher bag에 넣은 다음 멸균된 0.1% 펩톤수로 10배 희석하여 stomacher로 2분간 균질화시켰다. 일반세균은 plate count agar(Difco, USA), 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar(difco, USA)를 사용하였으며 희석된 균질액을 0.1 mL씩 각각의 배지에 분주한

다음 도달하여 일반세균은 35°C 에서 48시간, 효모 및 곰팡이는 25°C 에서 72시간 배양하여 생성된 colony들을 계수하였으며, 3회 반복하여 실시하였다.

경도변화

감마선 조사량을 달리한 시료의 물성(경도, hardness) 측정은 rheometer(Compac-100, Sunscientific Co., Japan)를 이용하였으며, 10회 반복하여 그 평균값을 구하였다.

환원당 정량

시료 10 g에 증류수 약 100 mL를 가한 후 blender를 사용하여 1분간 마쇄하여 여과한 다음 여과액을 취하여 중성 초산납 포화용액 2 mL를 가하여 잘 교반한 후, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 분말을 첨가하여 중성 초산납을 석출하고, 다시 이 여과액을 시료액으로 사용하여 Somogyi법(11)으로 환원당 함량을 산출하였다.

수분함량 변화

수분함량은 끓는 물에서 30분간 증자한 후 냉각하여 paper towel로 시료표면의 물기를 제거한 증자옥수수를 105°C 건조기에 넣고 3~5시간 건조 후 데시케이터에 넣어 실온에 방치하여 냉각시킨 다음 꺼내어 측정하였다. 다시 1~2시간 건조하여 항량이 될 때까지 같은 조작을 반복하면서 수분함량을 계산하였다.

관능검사

4°C , 15°C 및 25°C 에서 5개월간 저장한 모든시료를 10분간 재가열한 후 색깔, 냄새, 맛, 조직감 및 종합적 기호도를 9점 평점제로 하여 평가하였으며 관능평가요원은 숙달된 대학원생 6명을 선발하여 5회 반복하여 실시하였으며 유의성 검증은 SAS system을 이용하여 ANOVA 분석 후 $\alpha=0.05$ 에서 Duncan's multiple ranges test를 사용하여 수행하였다.

결과 및 고찰

미생물의 생육 변화

냉동 찰옥수수의 경우 별다른 처리없이 증자하고 진공포장한 후 냉동유통되는 경우에는 찰옥수수 자체의 낮은 감미로 인하여 기호성은 그다지 높지 않았기 때문에 찰옥수수의 감미를 증진시키고 저장기간을 연장하기 위하여 5가지의 당을 적정농도로 첨가하여 만든 조미액에 증자한 찰옥수수를 30분동안 침지시킨 후 관능요원 6인을 대상으로 당도와 맛에 대한 관능평가를 실시하였다. 그 결과 설탕 15%, 소르비톨 20%, 글루코오스 25%, 과당 15%, 스테비오사이드 5%가 적당하였으며 이중 실제로 찰옥수수의 조미시에는 스테비오사이드가 다른 당류들에 비해 매우 높은 감미도를 나타내었으며, 조미시험 결과 15% 설탕과 0.5% 스테비오사이드를 사용하는 것이 가장 바람직한 것으로 나타났기 때문에 본 실험에서는 설탕침지 찰옥수수를 시료로 사용하였다(자료

미제시). 설탕칩지 찰옥수수를 진공포장하여 감마선 조사를 한 후 각각의 온도(4, 15, 25°C)에서 7개월동안 저장하였을 때의 미생물의 생육변화를 Table 1에 나타내었다. 총균수의 경우, 25°C에서 7개월동안 저장하는 동안 무처리구에서는 5.74 log CFU/g까지 생육하였으나 1 kGy 처리구에서는 4.88 log CFU/g, 3 kGy 처리구에서는 저장 7개월까지 미생물의 생육이 관찰되지 않았다. 이러한 경향은 15°C와 4°C 저장의 경우에도 유사한 경향을 나타내어 25°C에서 저장하였을 경우와 비교하여 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 한편, 곰팡이 및 효모의 경우도 총균수와 비슷한 경향을 나타내었다. 25°C에서 7개월 저장하는 동안 무처리구에서는 6.14 log CFU/g까지 생육하였으나 1 kGy 처리구에서는 6.14 log CFU/g을 나타내었고 3 kGy 처리구에서는 1.32 log CFU/g을 나타내어 총균수에 비하여 곰팡이 및 효모가 감마선에 대한 저항성이 강한 것으로 나타났다. 15°C와 4°C에 저장하였을 때에는 저장 7개월까지 3 kGy 조사구에서 곰팡이 및 효모는 생육이 완전히 저해되었으나 25°C에서와 비교하여 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. Choi 등(12)은 증자 찰옥수수를 진공포장 후 감마선 조사하여 저장할 경우 25°C에서 저장 7개월까지 미생물의 생육을 완전히 저해하여 선도기간을 연장할 수 있으며 4°C 냉장저장을 하지않아도 미생물이 생육을 하지않는 것으로 보고하였는데 이러한 결과는 당칩지 진공포장 찰옥수수의 경우와 거의 유사하게 나타나 관능

학적 측면을 고려할 때 당칩지를 사용하는것이 더 바람직하다고 사료된다.

Son 등(13)은 생육수수를 감마선 조사할 경우 1.2 kGy 조사시 약 0.3 log CFU/g, 10.1 kGy 조사시 약 0.7 log CFU/g 감소를 나타낸다는 보고와 비교할 때 생육수수를 감마선 조사하는 것보다는 증자를 함으로써 수분활성도를 증가시켜 감마선에 의한 민감도를 높이면 3 kGy 조사에서도 완전사멸을 나타내었기 때문에 감마선 조사에 의한 살균효과가 현저하게 높은 것으로 나타났다.

경도변화

설탕칩지 찰옥수수를 진공포장하여 감마선 조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월동안 저장하였을 때의 경도 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 일반적으로 저장전에는 무처리구에 비하여 조사선량의 증가에 의한 경도의 차이가 거의 없었으나 저장기간이 증가할수록 무처리구와 감마선 처리구와의 경도차이가 현저하게 증가하는 것으로 나타났다. 저장 3개월 후에 설탕칩지 찰옥수수의 경도가 무처리구와 처리구 모두 현저하게 증가하였으며 조사선량이 증가할수록 경도가 감소하였다. 특히 5 kGy이상 조사구에서는 다른 저선량구에 비하여 현저하게 낮은 경도를 나타내었다. 이는 쌀밥에 10 kGy의 감마선을 조사하였을 경우 경도가 유의적으로 감소한다는 Lee 등(14)의 결과와 유사하였으며, 증자 찰옥수수보

Table 1. Changes of microbial counts in irradiated and sugar treated waxy corns during storage at different temperatures for seven months (log CFU/g)

Storage time (month)	Irradiation (kGy)	25°C		15°C		4°C	
		Total counts	Yeast and molds	Total counts	Yeast and molds	Total counts	Yeast and molds
0	0	3.32	3.23	3.32	3.23	3.32	3.23
	1	2.74	2.57	2.74	2.57	2.74	2.57
	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1	0	3.92	3.39	3.81	4.39	3.11	3.89
	1	2.49	2.44	2.63	2.88	2.25	3.88
	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	0	4.27	5.74	4.56	5.76	3.68	4.93
	1	2.70	3.98	2.88	3.63	2.79	4.99
	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	0	4.36	5.87	5.41	5.92	4.66	5.23
	1	3.56	5.43	3.57	5.74	3.04	5.11
	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
7	0	5.74	6.74	6.55	5.99	6.69	5.88
	1	4.88	6.14	4.44	5.95	3.72	5.88
	3	ND	1.32	ND	ND	ND	ND
	5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND

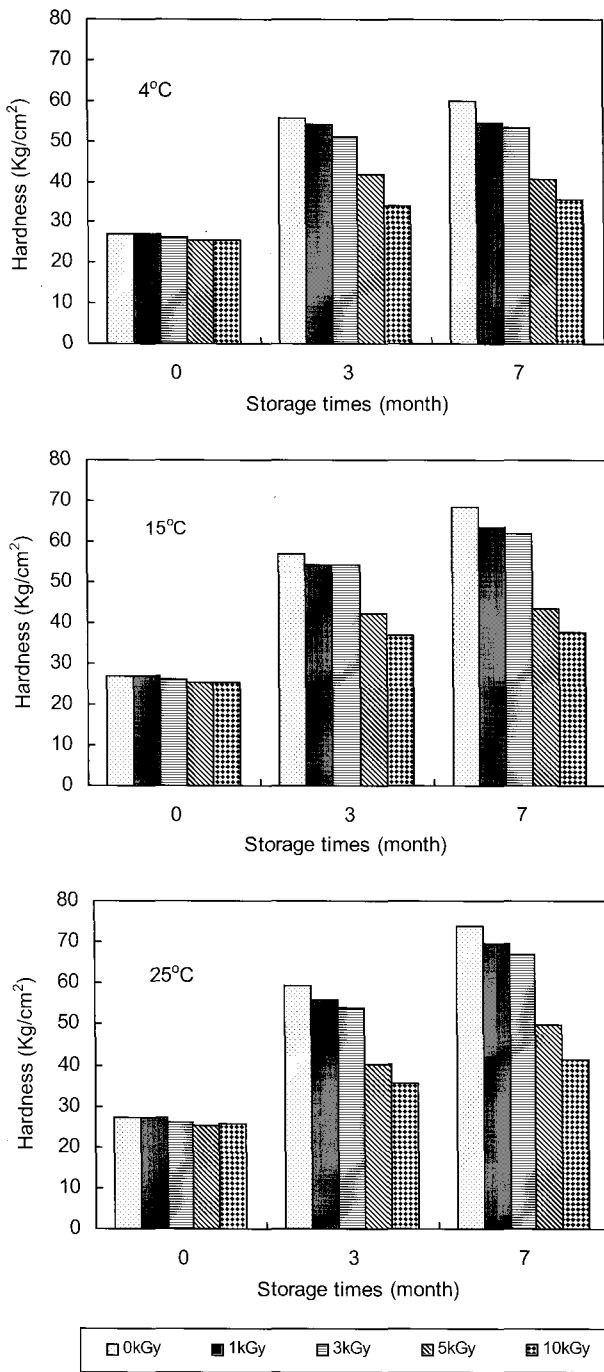


Fig. 1. Changes of hardness in irradiated and sugar treated waxy corns during storage at different temperatures for seven months.

다는 설당칩지 찰옥수수가 저장기간이 지남에 따라 무처리구와 처리구 모두에서 경도가 감소함을 나타내었으며 이러한 경향은 4°C나 15°C에서 저장하였을 때에도 비슷한 경향을 나타내었다(12).

환원당 정량 및 수분함량 변화

설당칩지 찰옥수수를 진공포장하여 감마선 조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월동안 저장하였을 때의 환원당 정량을

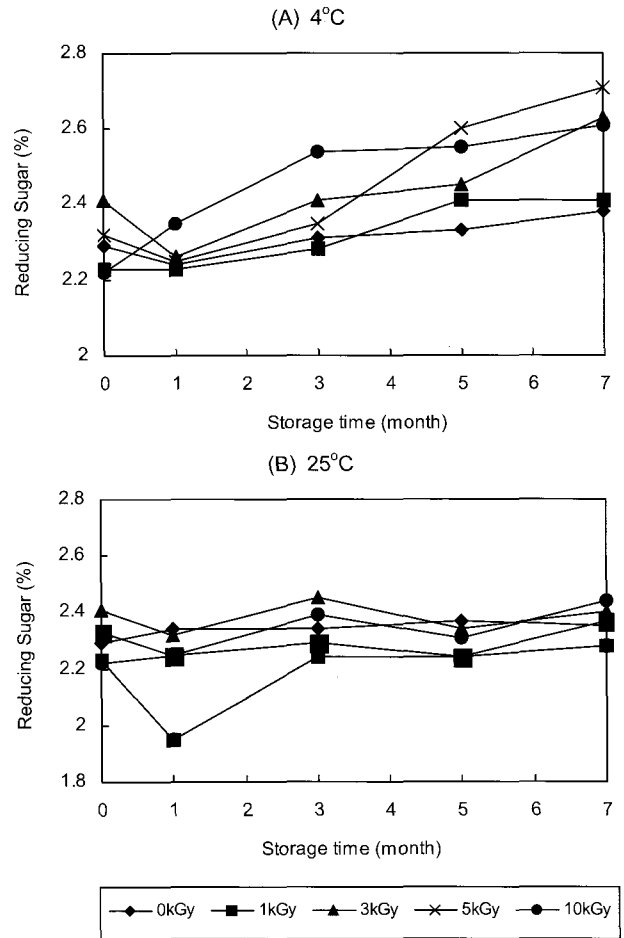


Fig. 2. Changes of free sugar content in irradiated and sugar treated waxy corn during storage at different temperatures for seven months.

Fig. 2에 나타내었다. 저장 전에는 감마선 처리구가 무처리구에 비하여 환원당 용출이 더 컸으며 조사선량이 클수록 환원당 용출이 큰 것으로 나타났다. 증자찰옥수수는 저장기간이 길어짐에 따라 무처리구가 감마선 처리구에 비하여 환원당 용출이 크게 나타났으나 설당칩지 찰옥수수는 감마선 처리구가 무처리구보다 환원당 용출이 높은 것으로 나타났다. 한편, 4°C에 저장한 경우 20°C에 비하여 저장기간이 길수록 환원당 용출이 큰 것으로 나타나 Zhu 등(15)이 온도가 낮을수록 환원당의 용출이 적다고 한 보고와 반대의 경향을 나타내었다. 한편, 설당칩지 찰옥수수를 진공포장하여 감마선 조사를 한 후 각각의 온도에서 7개월 동안 저장하였을 때의 수분함량 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 저장 2개월까지는 저장초기와 비교하여 수분함량의 차이가 거의 없었으나 저장 7개월 후에는 초기 수분함량 55~70%에서 약 30%로 현저하게 감소하였다. 저장 전 무처리구와 감마선 처리구간의 수분함량은 감마선 처리구가 무처리구에 비하여 약간 높았다. 한편, 4°C, -25°C에서 7개월간 저장하는 기간동안 무처리구와 감마선 처리구에서의 수분함량 차이는 거의 없었으며, 조사선량에 따른 수분함량의 유의적인 변화가 없었다.

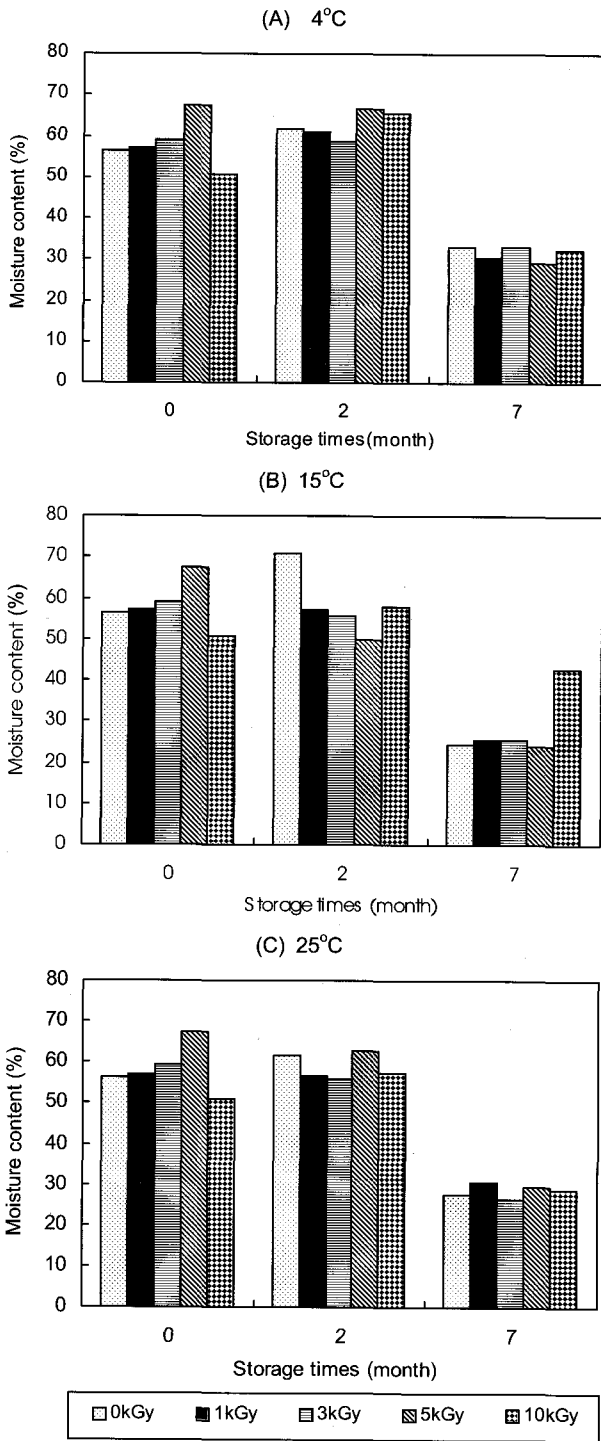


Fig. 3. Changes of water content in irradiated and sugar treated waxy corns during storage at different temperatures for seven months.

이러한 결과는 저장 중 현미의 수분함량이 감마선 조사선량의 영향을 받지 않았다고 보고한 Sabularse 등(16)과 비슷한 경향을 나타내었다.

관능검사

여러 가지 온도에서 5개월동안 저장한 설탕칩지 찰옥수수

Table 2. Sensory evaluation of irradiated and sugar treated waxy corns during storage at different temperatures for five months

Storage time (month)	Degree of irradiation (kGy)	Sensory evaluation ¹⁾		
		4°C	15°C	25°C
0	0	6.8 ²⁾	6.8 ^a	6.8 ^a
	1	7.0 ^a	7.0 ^a	7.0 ^a
	3	7.2 ^a	7.2 ^a	7.2 ^a
	5	6.5 ^a	6.5 ^a	6.5 ^a
	10	7.0 ^a	7.0 ^a	7.0 ^a
1	0	7.0 ^a	6.0 ^a	6.5 ^a
	1	7.0 ^a	6.5 ^b	6.7 ^a
	3	7.2 ^a	7.0 ^b	7.0 ^a
	5	7.0 ^a	6.8 ^b	7.5 ^b
	10	7.0 ^a	7.0 ^b	7.0 ^a
3	0	6.0 ^a	6.0 ^a	5.5 ^b
	1	6.0 ^a	6.2 ^a	5.5 ^b
	3	6.5 ^b	6.5 ^b	5.0 ^a
	5	6.5 ^b	6.5 ^b	5.0 ^a
	10	6.8 ^b	6.5 ^b	5.5 ^b
5	0	5.5 ^a	6.0 ^a	4.0 ^a
	1	6.5 ^b	6.0 ^a	4.0 ^a
	3	6.5 ^b	6.0 ^a	4.5 ^b
	5	6.5 ^b	6.5 ^b	4.0 ^a
	10	6.5 ^b	6.5 ^b	4.5 ^b

¹⁾Sensory point (9: excellent, 5: good, 1: very bad).

²⁾Means with different superscripts within the same column are significantly differences ($p < 0.05$).

의 종합적 관능검사 결과는 Table 2와 같다. 저장 전에는 맛, 색깔, 냄새 등 종합적 기호도가 증자 찰옥수수의 무처리구와 감마선 처리구에서 차이가 거의 없었으며 조사선량에 따른 유의적인 차이도 없었다. 그러나 저장기간이 지남에 따라 감마선 처리구가 무처리구에 비하여 종합적 기호도가 좋았으며 조사선량이 증가할수록 기호도가 향상되는 것으로 나타났다. 4°C에서 저장할 경우 저장초기에 비하여 약간 차이는 있었지만 저장 5개월까지 모든 감마선 처리구에서 관능적 특성이 좋은 것으로 나타났으며 15°C에서 비슷한 결과를 나타내었다. 그러나 25°C에 저장하였을 경우 저장 3개월부터 현저하게 관능적 기호도가 감소되어 설탕칩지 찰옥수수의 경우 진공포장하여 저장할 경우 증온에서 저장하는 것이 바람직한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 증자찰옥수수의 경우와 비슷한 결과를 나타냈다(12). 증자찰옥수수의 경우 단맛이 적어서인지 종합적 관능도면에서는 설탕칩지 찰옥수수보다 낮은 기호도를 나타냈지만 저장온도별로 종합적 관능기호도에서는 설탕칩지 찰옥수수와 비슷한 경향을 보였다. 이상의 모든 결과를 종합해 볼 때, 감마선 처리한 설탕칩지 진공포장 찰옥수수의 경우 25°C 이상의 온도에서 장기간 저장시 종합적 기호도가 현저히 저하되지만 15°C의 증온에 저장할 경우 찰옥수수의 품질을 손상하지 않고 관능적 특성을 그대로 유지하면서 장기간 보존이 가능한 것으로 사료된다.

요 약

찰옥수수의 기호성을 높이고 저장성을 향상시키기 위하여 설탕칩지하여 진공포장한 찰옥수수를 감마선 조사하여 여러 온도에서 저장하면서 미생물의 생육변화 및 이화학적 성질을 조사하였다. 설탕칩지 찰옥수수를 감마선 조사한 후 25°C에서 7개월간 저장하였을 때 총균수가 대조구에서는 약 2.4 log CFU/g 증가하였으나 3 kGy 조사구에서는 생육이 전혀 없었고 곰팡이 및 효모는 대조구에서 약 3.5 log CFU/g 증가한 반면, 5 kGy 조사구에서 전혀 생육을 나타내지 않았다. 이러한 결과는 15°C와 4°C에 저장하였을 경우에도 거의 비슷한 경향을 나타내었다. 저장 전에는 무처리구에 비하여 감마선 조사선량의 증가에 의한 정도의 차이가 거의 없었으나 저장기간이 증가할수록 무처리구와 감마선 처리구와의 정도 차이가 현저하게 증가하였다. 또한, 환원당 함량은 감마선 처리구는 용량에 따른 유의적 차이가 없었으며 무처리구에 비하여 조사선량에 따른 차이가 일정하지 않은 것으로 나타났다. 관능검사 결과 저장기간이 지남에 따라 감마선 처리구가 무처리구에 비하여 종합적 기호도가 좋았으며 15°C의 중온에 저장할 경우 찰옥수수의 품질을 손상하지 않고 관능적 특성을 그대로 유지하면서 장기간 보존이 가능한 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림부 농림기술개발사업 (ARPC)의 지원에 의한 연구결과물의 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

- Kim DH, Kwon TJ, Yang HC, Yoon HS. 1995. *Food Chemistry*. Young Ji Culture Co., Seoul. p 459-479.
- Newman RK, Lewis SE, Newman CW, Boik RJ, Ramage RI. 1989. Hypocholesterolemic effects of barley foods on healthy men. *Nutr Rep Inst* 34: 749-752.
- Kim SL, Moon HG, Ryu YH. 2002. Current status and prospect of quality evaluation in maize. *Korean J Crop Sci* 47: 107-123.
- Willy RC, Schales FD, Corey KA. 1989. Quality and preservation of vegetable (sweet corn). CRC press, Inc.
- Evensen KB, Boyer LD. 1986. Carbohydrate composition and sensory quality of fresh and stored sweet corn. *J Am Soc Hort Sci* 111: 734-735.
- Showalter RK. 1963. Shank and husk trimming effects on sweet corn storage life. *Proc Fla State Hort Sci* 76: 308-312.
- Martens B, Knorr D. 1992. Developments of nonthermal processes for food preservation. *Food Technol* 46: 124-127.
- Knorr D. 1993. Effects of high-hydrostatic pressure processes on food safety and quality. *Food Technol* 47: 156-159.
- Byun MW. 1997. Application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Sci Ind* 30: 89-100.
- Son YK, Son JR, Kim KJ, Kim SL. 1999. Postharvest biotechnology of vegetable corn in Korea. *Korea J Intl Agric* 11: 391-402.
- Somogyi M. 1952. Note on sugar determination. *J Biol Chem* 195: 19-21.
- Choi JH, Im JS, Oh DH. 2006. Effect of gamma irradiation on the microbiological and physicochemical qualities of steamed-waxy corns during storage. *Korean J Food Preserv* In Press.
- Son IS, Kim HC, Kim MR. 1999. Storage stability of corns irradiated by gamma-ray. *Korean J Soc Food Sci* 15: 178-184.
- Lee YS, Oh SH, Lee JW, Kim JH, Rhee CO, Lee HK, Byun MW. 2004. Effect of gamma irradiation on quality of cooked rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 582-586.
- Zhu S, Mount JR, Collins JL. 1992. Sugar and soluble solid changes in refrigerated sweet corn (*Zea mays* L.). *J Food Sci* 57: 454-457.
- Sabularse VC, Liuzzo JA, Rao RM, Grodner RM. 1992. Physicochemical characteristics of brown rice as influenced by gamma irradiation. *J Food Sci* 57: 143-145.

(2006년 4월 7일 접수; 2006년 6월 28일 채택)

1. Kim DH, Kwon TJ, Yang HC, Yoon HS. 1995. *Food*