

감마선 조사에 의한 건고추의 위생화와 장기 안전저장

변명우 · 육홍선* · 권중호** · 김정옥***

한국원자력연구소, 충남대학교 식품영양학과*
경북대학교 식품공학과**, 세종대학교 가정학과***

Improvement of Hygienic Quality and Long-term Storage of Dried Red Pepper by Gamma Irradiation

Myung-Woo Byun, Hong-Sun Yook*, Joong-Ho Kwon** and Jung-Ok Kim***

Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute

**Department of Food and Nutrition, Chungnam National University*

***Department Food Science and Technology, Kyungpook National University*

****Department of Home Economics, King Sejong University*

Abstract

Dried-red pepper, whole and powdered types, was subjected to a storage-study by investigating the effects of packaging methods (polycloth & polyethylene/polycloth, whole dried-red pepper; nylon/polyethylene-laminated film, red pepper powder), temperature (ambient, 5-10°C) and gamma irradiation doses (0-10 kGy). After 6 months storage in polycloth sack at ambient temperature, all whole dried-red pepper showed quality deterioration, such as weight change, insect infestation, discoloration and chemical changes. After 2 years storage in combined packaging with polyethylene/polycloth sack of 5-7.5 kGy irradiated whole dried-red pepper at ambient temperature, however, quality deterioration was not observed. Gamma-irradiated red pepper powder was more effective for a long-term preservation. Namely, pre-packaged red pepper powder by gamma irradiation (7.5-10 kGy) showed a good quality in hygienic, physicochemical and organoleptic evaluation after 2 years of storage at ambient temperature.

Key words: gamma irradiation, dried red pepper, hygienic quality

서 론

지금까지 고추의 건조방법은 주로 일광 노천건조에 의존하였으나 최근 생산농가에서는 화력을 이용한 건조가 많이 이용되고 있어 건고추의 품질이나 위생적인 측면에서 볼 때 많은 문제점을 내포하고 있다. 또한 현재 이용되고 있는 건고추의 일반적인 저장방법은 충분히 건조된 것을 polycloth 마대에 담아 저장하는데, 저장중 대기 환경조건에 의한 흡습 및 탈습, 해충 및 곰팡이류의 발생 등으로 품질의 열화와 미생물화를 초래하며, 특히 미생물의 오염은 식품가공의 부원료로서 사용시 최종제품의 미생물적 안전성에 영향을 줄 수 있다. 고추의 미생물 오염은 생산지에서 수

확, 건조, 저장, 가공, 유통 도중에 주로 오염되며 산지에 따라서 많은 차이가 있다".

한편, 식생활의 다변화와 주거의 아파트화에 따른 가공식품의 비중이 날로 증가됨에 따라 식품산업에서는 대량생산, 가공 및 유통에 필요한 공정과 품질관리 기술이 요구되고 있다. 특히, 식품의 안전성에 대한 관심이 높아짐에 따라 보건당국과 식품업계에서는 위생적 식품생산에 큰 역점을 두고 있으며, 현재 국내외적으로 사용이 금지되고 있는 화학혼중제나 보존제 등을 대체할 수 있는 효과적인 살균, 살충 기술의 개발은 국내외 식품산업에 있어서 가장 시급한 당면과제가 되고 있다. 지금까지 식품공업에 주로 사용되어 온 식품저장, 가공 방법은 오랜 역사와 더불어 개선되고 과학화되어 왔으나 나름대로의 한계성이 지적되면서 문제점을 해결하거나 보완할 수 있는 새로운 기술의 필요성이 증대되고 있다. 식품에 대한 방사선 조사

즉, 식품조사(食品照射, food irradiation)는 식품의 가열이나 냉동에 비유될 수 있는 물리적인 처리방법으로서, 현재 식품공업에 이용되고 있는 어떠한 저장, 가공방법 보다도 50여년 동안 장기간 체계적으로 연구되었다⁽²⁾. 그 결과 식품조사 기술은 1980년대에 접어들면서 안전성에 대한 과학적 뒷받침과 세계적인 필요성의 새로운 인식으로 국제기구(FAO/IAEA/WHO)와 선진국 보건 당국(FDA 등)의 주도에 의해 실용화 기반을 마련하였다⁽³⁾. 이와 같이 국내외적으로 식품에 대한 방사선 조사기술의 이용이 확대되고 있으며 이는 농산물의 수입대체 및 절감을 위한 에너지 절약형 기술개발로 인지되고 있다. 특히, 비축 농산물 중 하나인 건고추의 위생적 장기 안전저장법을 개발함으로써 건고추의 품질개선 및 가격안정화에 기여할 수 있으며, 가공 공정개선과 식품의 위생화 및 안전성 확보로 국민보건 향상의 효과도 가져올 수 있다.

본 연구에서는 건고추의 위생화와 장기 안전저장법 개발을 위한 감마선 조사기술의 이용 가능성을 검토하기 위하여 건고추를 통고추와 분말고추로 구분한 후 포장재별 및 저장온도별 품질 안전성 시험을 수행하였으며, 이를 건고추의 장기 안전저장법의 기초자료로 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

시료

본 실험에 사용된 시료는 경북 영양산(개량종 영양초) 건고추로서 서울 경동시장에서 구입하였으며, 통고추는 그대로, 고추가루는 상법에 따라 꼭지를 완전히 제거한 후 고추씨가 약 30% 포함되도록 하여 현장에서 분쇄 제조하였다.

시료의 포장, 감마선 조사 및 저장

통고추의 포장은 polycloth (PC) 마대 단독포장 시험군과 polyethylene (PE)으로 내부포장 후 외부를 PC마대로 재포장한 시험군으로 구분하였으며, 포장단위는 각 시험군당 10 kg 및 20 kg으로 포장하였다. 고추가루의 포장은 집합포장재(Nylon, NY 15 μm /PE 100 μm ; 투습도, 4.7 $\text{g}/\text{m}^2/24\text{hrs}$; 산소투과도, 22.5 $\text{cc}/\text{m}^2/24\text{hrs}$)를 이용하여 0.5 kg, 2 kg 및 5 kg 단위로 합기포장한 후 감마선을 조사하였다. 포장된 통고추 및 고추가루의 감마선 조사는 선원 60만 Ci의 ^{60}Co 상업용, 다목적 조사시설을 이용, 시간당 1 kGy의 선량률로 2.5, 5, 7.5 및 10 kGy의 흡수선량을 얻도록 하였다. 비조사 및 감마선 조사된 통고추는 실온(3-30°C, RH

50-95%)에, 고추가루는 실온(3-30°C, RH 50-95%) 및 저온(5-10°C) 조건에 각각 저장하며 실험에 사용하였다. 통고추는 피와 씨를 분리하였으며, 고추가루는 그 자체를 분석용 시료로 사용하였다.

미생물 생육시험

미생물 검사는 각 시료에 일정량의 멸균된 0.1% peptone수를 가한 시험액을 사용하여 3회 반복 실시하였다. 먼저 호기성 전세균은 APHA 표준방법⁽⁴⁾에 따라 plate count agar (Difco, Lab.)를 사용하여 30°C에서 1-2일간 배양한 후 집락을 계수하였으며, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar (Difco, Lab.)를 사용하여 살균된 10% tartaric acid로 pH를 3.5로 조절한 후 평판법으로 25°C에서 5-6일간 배양한 후 계수하였다⁽⁵⁾. 대장균군(coliforms)은 desoxycholate agar (Difco, Lab.)를 이용한 pour plate method로 37°C에서 1-2일간 배양한 후 생성된 적색의 집락을 계수하였다.

이화학적 특성시험

고추의 매운맛 성분인 capsaicin의 감마선에 대한 안정성을 확인하기 위하여 표준시약(Fluka Chemical)을 공기 및 질소환경 조건하에서 감마선 조사한 다음 Trejo-Gonzalez와 Wild-Altamirano⁽⁶⁾의 분석조건에 따라 HPLC로 분석하였다. 고추의 고유색택을 내는 capsanthin의 분석은 Chen의 방법⁽⁷⁾에 따라 분석하였고, 고추의 저장중 갈변도 측정은 Hendl 등의 방법⁽⁸⁾에 의하였으며, 고추의 외관적 색택은 Color/color difference meter에 의한 현타값을 측정하였다.

관능적 평가

건조 통고추 및 고추가루에 대한 관능시험에서는 감마선 조사 직후와 포장/저장조건 및 기간에 따라 색깔, 매운맛 및 전반적 기호성을 평가하였다. 시험방법은 고추가루로 콩나물 무침을 조리하여 수행하였고, 6점 채점시험(scoring difference test)을 실시하였다⁽⁹⁾. 관능검사의 결과는 분산분석과 Duncan의 다범위 검정을 통하여 각 시료들 간의 유의적인 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

미생물 오염과 감마선 살균효과

고추의 미생물 오염은 생산지에서 수확, 건조, 저장, 가공 유통 도중에 주로 오염되며 산지에 따라서 많은 차이가 있다⁽¹⁾. 본 실험에 사용된 시료의 미생물 오염

Table 1. Effect of gamma irradiation on the growth of microorganisms in whole red pepper and red pepper powder during storage¹⁾ (colony forming unit/g)

Sample	Storage period (month)	Total aerobic bacteria				Yeast & molds			Coliforms	
		0 kGy	2.5 kGy	5 kGy	7.5 kGy	0 kGy	2.5 kGy	5 kGy	0 kGy	5 kGy
Whole red pepper	0	1.2×10^5	3.4×10^3	2.7×10^1	-	1.3×10^2	-	-	1.2×10^2	-
	6	1.4×10^5	3.4×10^3	2.0×10^1	-	1.7×10^2	-	-	1.1×10^2	-
	12	1.5×10^5	3.5×10^3	1.8×10^1	-	1.5×10^2	-	-	1.0×10^2	-
	18	1.5×10^5	3.6×10^3	1.9×10^1	-	5.7×10^2	-	-	1.1×10^2	-
	24	1.7×10^5	3.0×10^3	1.5×10^1	-	2.0×10^3	-	-	1.2×10^2	-
Red pepper powder (Ambient storage)	0	1.0×10^6	3.6×10^4	1.4×10^3	-	2.8×10^2	1.7×10^1	-	1.5×10^2	-
	6	1.2×10^6	3.7×10^4	1.5×10^3	-	1.8×10^2	1.5×10^1	-	1.0×10^2	-
	12	1.2×10^6	3.6×10^4	1.5×10^3	-	1.8×10^2	1.0×10^1	-	1.0×10^2	-
	18	1.1×10^6	4.0×10^4	1.2×10^3	-	1.9×10^2	-	-	1.0×10^2	-
	24	9.5×10^5	3.5×10^4	1.0×10^3	-	1.7×10^2	-	-	1.1×10^2	-
Red pepper powder (5-10°C storage)	0	1.0×10^6	3.6×10^4	1.4×10^3	-	2.8×10^2	1.7×10^1	-	1.5×10^2	-
	6	8.3×10^5	2.7×10^4	1.2×10^3	-	1.7×10^2	-	-	1.0×10^2	-
	12	8.6×10^5	2.5×10^4	1.1×10^3	-	1.7×10^2	-	-	1.1×10^2	-
	18	8.5×10^5	2.0×10^4	9.8×10^2	-	1.5×10^2	-	-	1.1×10^2	-
	24	8.3×10^5	2.1×10^4	8.0×10^2	-	1.6×10^2	-	-	1.0×10^2	-

¹⁾Whole red pepper was packaged in PE (0.1 mm) + polycloth sack

Red pepper powder was packaged in a laminated film (NY 15 μ m/PE 100 μ m)

도는 Table 1과 같다. 먼저 건조 통고추의 경우 호기성 전세균이 1.2×10^5 CFU/g, 곰팡이가 1.3×10^2 CFU/g 오염되어 있었고, 식품 위생지표 세균인 대장균군도 1.2×10^2 CFU/g 정도 오염되어 위생적인 가공처리가 요구된다. 한편 고추가루에서는 호기성 전세균이 1.0×10^6 CFU/g, 곰팡이가 2.8×10^2 CFU/g, 대장균군이 1.5×10^2 CFU/g으로 상기의 건조 통고추에 비하여 호기성 전세균은 1 log cycle 이상, 곰팡이는 2배 정도, 대장균군도 더 높은 오염도를 나타내었는데 이는 건조 고추의 분말화를 위한 꼭지 및 씨분리 등의 수작업과 기계적 분쇄과정 중의 오염이 그 원인으로 생각된다. 오염 미생물의 방사선 살균효과와 저장기간에 따른 미생물의 생육상태를 보면, 먼저 건조 통고추의 경우 호기성 전세균은 2.5 kGy와 5 kGy 조사로서 2-4 log cycles 정도 격감되었고 7.5 kGy 조사로는 완전히 살균되었다. 곰팡이 및 대장균군은 2.5 kGy 조사로서 검출한계 이하로 나타났다. 실온에서 2년 저장동안 미생물의 증식을 보면, 비조사군에 있어서는 호기성 전세균과 대장균군의 증식은 매우 낮았으나 곰팡이는 1 log cycle 정도 증식되었으며, 감마선 조사된 시료에서는 모든 미생물의 증식이나 검출이 없었다. 이는 본 실험에 사용된 건조고추의 포장방법이 PE로 내부를 완포장한 후, 산업적으로 대량 감마선 조사 및 저장시 미끄럼 방지 등 취급을 용이하게 하기 위하여 외부를 PC 마대로 재포장함으로써 흡습 등 대기환경 조건에 대한 영향을 거의 받지 않았음이 그 원인으로 생각된다.

고추가루의 방사선 살균효과는 감마선 조사 직후에 호기성 전세균이 2.5 kGy 와 5 kGy 조사로서 2-3 log cycles 정도 격감되었고 7.5 kGy 조사로는 완전 사멸되었으며, 곰팡이는 5 kGy, 대장균군은 2.5 kGy 선량 조사로서 검출되지 않았다. NY/PE 접합 필름으로 포장된 시료의 감마선 조사 후 저장조건과 기간에 따른 미생물의 생육변화는, 먼저 실온저장시 모든 시험군에서 미생물이 저장초기와 거의 동일한 수준으로 유의적인 증감이 없었고, 5-10°C 저온 저장군에서는 저장초기에 비해 다소 감소하는 경향을 보였다. 저장동안 미생물 증식의 억제는 고추가루 자체의 낮은 수분활성도(a_w 0.5 내외)와 본 실험에 사용된 포장법 즉, 수분 차단성이 상대적으로 우수한 포장재의 사용이 그 원인이라 생각된다. 이상의 결과를 보면, 건조 통고추 및 고추가루의 살균을 위해서 5-7.5 kGy 선량 정도의 감마선 조사는 특히 저장 안정성 및 식품위생에 문제시 되는 곰팡이와 대장균을 완전 사멸시켰으며, 또한 호기성 전세균에 있어서도 초기 오염도를 격감 또는 검출한계 이하로 살균시킬 수 있었다. 또한 확실한 포장방법만 사용되면 장기저장 후에도 미생물적 품질 안정성을 가져올 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 결과는 권 등⁽¹²⁾과 조 등⁽¹³⁾의 고추가루 살균을 위해 요구된 감마선 조사선량보다 다소 낮은 값을 보였는데, 이는 시료의 초기 미생물 오염농도에 기인한 것으로 생각된다. 일반적으로 미생물에 대한 방사선의 살균작용은 미생물의 종류와 농도, 매개체의 화학적 조성 및

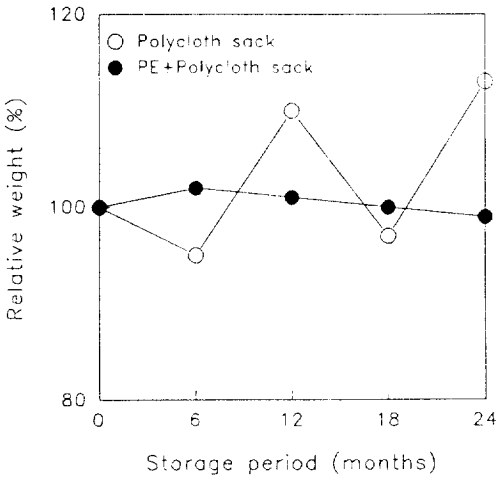


Fig. 1. Effect of packaging method on weight changes of whole red pepper during storage at ambient condition

물리적 상태, 조사후 저장조건 등에 영향을 받게 되어 살균에 필요한 선량이 달라진다⁽¹⁴⁾.

중량변화

포장방법에 따른 건고추의 저장중 중량변화를 살펴보면, 감마선 조사군이나 비조사군 모두 PE/PC마대에 포장된 통고추의 경우에는 저장중 중량변화가 일어나지 않았다. 그러나 기존방법인 PC마대 단독으로 포장된 통고추의 경우에는 동절기의 탈습현상과 하절기의 흡습현상이 발생되었으며(Fig. 1), 이로 인한 건고추의 품질변화와 해충의 외부침입 등이 쉽게 확인되었다. 또한 본 보에서는 결과를 제시하지 않았으나 저장중 건고추의 수분활성도를 측정된 결과는 PC마대 단독으로 포장된 통고추를 제외하고는 모든 시료가 저장중 비교적 안정된 범위의 수분함량과 수분활성도(a_w 0.53-0.58)를 유지하는 것으로 나타났다.

Capsaicin의 안정성

저장중 고추의 배운맛 성분의 함량변화는 저장기간의 경과로 점차 감소되는 경향이며, 저장온도 및 조사선량에 따라 영향을 받을 것으로 예상된다. 따라서 살균선량의 감마선 조사시 이들 성분의 변화를 정확히 알아보기 위하여 표준시약으로 사용된 capsaicin과 dihydrocapsaicin을 공기 및 질소환경 하에서 10 kGy 까지 감마선을 조사하였을 경우 그 함량변화를 측정하였다. Table 2에 나타난 바와 같이 capsaicin은 dihydrocapsaicin보다 안정하였으며, 10 kGy의 조사선량에서도 변화된 양은 3% 미만으로 이들 성분은 감마선

Table 2. Effect of gamma irradiation on capsaicin and dihydrocapsaicin under air and nitrogen atmospheres

Atmosphere conditions	Components	Relative contents(%)				
		0 kGy	2.5 kGy	5 kGy	7.5 kGy	10 kGy
Air	Capsaicin	100	98.79	99.44	101.08	100.16
	Dihydro-cap.	100	98.35	97.41	100.07	100.12
N ₂	Capsaicin	100	98.82	99.69	98.93	97.29
	Dihydro-cap.	100	98.50	99.66	97.76	99.40

조사에 대하여 안정한 것으로 나타났고, 이들 함량에 대한 감마선 조사시 포장내 기체조성은 영향을 미치지 않았다.

Capsanthin의 함량

건고추의 품질평가중 하나로 꼽는 외관색도는 적색소의 함량, 즉 capsanthin의 함량과 상관관계를 가지며 이것을 품질평가의 기준으로 사용하고 있다⁽¹⁵⁾. Table 3은 감마선 조사가 건고추의 저장 중 capsanthin의 함량에 미치는 영향을 살펴본 것이다. Capsanthin의 함량은 먼저 통고추의 경우 감마선 조사 직후 비조사군과 조사군의 선량간에 유의적인 차이가 없었으며, 저장 1년까지는 모든 시료에서 저장초기와 동일한 함량을 보였으나 저장 1년 이후부터는 감소하는 경향을 나타내었다. 한편, 분말고추 상태로 저장한 경우의 상온 및 저온에서의 capsanthin 함량에 미치는 감마선 조사의 영향은 저장기간이 경과하면서 분말고추의 capsanthin 함량이 모든 시료에서 약간씩 감소하는 경향을 보여 2년간 저장으로 약 20% 정도 감소하였고, 실온저장이 저온에서 보다 좀 더 감소하는 경향을 보였으나 감소율의 차이는 크지 않았다. 또한 건조 통고추의 경우와 같이 비조사군 및 감마선 조사군의 선량간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. Capsicum species의 색소에 대한 감마선 조사의 영향에서 Chen 등⁽¹⁶⁾은 고추가루에 10 kGy의 감마선을 조사하였을 때 capsanthin의 함량은 유의적으로 변화되지 않았으며, Farkas 등⁽¹⁸⁾은 ground paprika의 carotenoid계 색소는 시료의 살균선량에서는 거의 변화되지 않았다고 각각 보고한 바 있어 본 실험의 결과와 유사한 경향이였다. 건고추의 변색요인을 수분활성, 광선, 산소 및 온도의 경우로 나누어 살펴볼 때 capsanthin에 미치는 상온에서의 한계 수분활성도는 0.75로 분말고추의 저장온도 아주 건조한 상태보다 저건조상태가 변색방지에 효과가 크다고 Chen 등⁽¹⁷⁾은 보고하고 있으며, capsanthin의 감소는 적외선, 백열등 하에서보다 자외선에서 더욱 심했으며, 질소가스 내에서는 거의 감소가 없고 공기내

Table 3. Changes in capsanthin contents of gamma-irradiated whole red pepper and red pepper powder during storage¹⁾
(unit: O.D. at 460 nm)

Sample	Storage period (months)	Irradiation dose (kGy)				
		0	2.5	5	7.5	10
Whole red pepper	0	0.364	0.370	0.386	0.378	0.370
	6	0.359	0.369	0.382	0.369	0.358
	12	0.357	0.367	0.373	0.360	0.355
	18	0.331	0.330	0.339	0.340	0.337
	24	0.317	0.319	0.320	0.321	0.319
Red pepper powder (Ambient storage)	0	0.292	0.290	0.286	0.282	0.281
	6	0.269	0.261	0.261	0.268	0.260
	12	0.250	0.247	0.243	0.245	0.243
	18	0.239	0.238	0.237	0.240	0.235
	24	0.227	0.229	0.223	0.227	0.224
Red pepper powder (5-10°C storage)	0	0.292	0.290	0.286	0.282	0.281
	6	0.277	0.272	0.270	0.267	0.257
	12	0.259	0.254	0.257	0.252	0.249
	18	0.253	0.251	0.250	0.249	0.247
	24	0.243	0.245	0.243	0.246	0.243

¹⁾Whole red pepper was packaged in PE (0.1 mm) + polycloth sack

Red pepper powder was packaged in a laminated film (NY 15 µm/PE 100 µm)

에서 심한 산화가 일어난다고 김 등⁽¹⁹⁾은 보고하고 있다. Capsanthin의 산화는 전형적인 자연산화 유형이 아니고, 산화물로서 capsanthone, 3-keto-kryptocapsone 및 3-keto-β-apo-8'-carotenal과 같은 여러가지의 keto-carotenoid가 생성되며, capsanthin은 1차적으로 hydroxy group의 산화가 일어나고 carbon bond 끼리의 chain이 끊어져 in-chain carbonyl group의 짧은 chain 화합물이 최종적으로 생성된다⁽²⁰⁾. 한편 분말고추의 색택 보존성은 0.01 mm 적층 필름으로 포장하는 것이 우수하며 고추가루의 탈색은 광과장이 짧을수록 촉진되므로 적색 색소의 보존에는 투습성과 투기성이 없는 적색포장 재료가 바람직하다고 보고되어 있다⁽²¹⁾. 이상의 고추가루 색소에 대한 본 실험의 결과와 색소 보존과 관련된 타 연구내용을 고려해 볼 때 capsanthin은 고추가루의 살균목적의 감마선 조사에 안정하였으므로 저장중 외적조건에 의한 색소의 손실을 효과적으로 방지할 수 있는 방법의 개선이 중요하다고 본다.

갈변도

일반적으로 건고추의 품질평가는 주로 외관의 색택에 의해서 평가되고 있기 때문에 고추의 저장중 색택의 변화는 소비자의 기호나 상품가치 면에서 큰 중요성을 갖는다. 특히 박 등⁽¹⁵⁾의 연구결과에 의하면 건고추의 상품성 판단의 지표는 고추의 고유성분인 capsanthin 및 capsaicin 함량과의 관계보다도 갈변도의 시

험항목이 관능적 기호도에 의한 상품성 평가와 더 높은 유의성을 보였다고 한다. 본 실험에서 감마선 조사와 저장조건 및 기간, 포장방법에 따른 갈변도의 변화를 보면 먼저 Table 4에서 실온에 저장된 건조 통고추의 경우 감마선 조사 직후에는 비조사군과 조사군의 선량간에 유의적인 차이가 없었다. 한편, 저장기간이 경과함에 따라 모든 시료에서 그 값이 크게 증가하여 저장 2년에는 저장초기에 비하여 약 5배 정도의 높은 값을 보여 갈변화 혹은 흑변화 현상을 나타내었다. 고추가루의 경우에도 비조사군과 감마선 조사군 간에는 차이가 없었으며, 저장조건에 따른 변화에서는 실온 저장 시험군이 5-10°C 저온저장 시험군보다 더 높은 갈변도를 보였다. 또한 저장기간에 따른 변화를 보면 앞의 건조 통고추와 같이 저장기간이 경과함에 따라 계속 증가하여 초기에 비해, 2년 저장후 실온저장군은 약 5배, 저온저장군은 약 4배 정도 높은 값을 보였고 앞의 건조 통고추의 갈변도와 비교하면 갈변이 늦었다. 이러한 결과는 박 등⁽¹⁵⁾의 건조 고추의 적정 저장조건 시험에서 저장기간의 경과와 저장온도의 상승은 갈변도를 촉진시켰고, 고추가루에 비하여 건조 통고추가 갈변의 정도가 더 컸었다는 보고와 일치하며, 또한 김 등⁽²²⁾은 고추씨의 혼입율에 따른 색택 보존성 시험에서 씨의 함량이 적을수록 초기 색택은 우수하였으나, 저장기간이 경과함에 따라 씨함량이 많을수록 색택 보존성이 우수하다고 하였다. 따라서 건조 고추의 갈변도는 감마선 조사에 의한 영향보다도 저장기

Table 4. Changes in browning of gamma-irradiated whole red pepper and red pepper powder during storage¹⁾
(unit : O.D. at 420 nm)

Sample	Storage period	Irradiation dose (kGy)				
		0	2.5	5	7.5	10
Whole red pepper	0	0.128	0.132	0.141	0.146	0.136
	6	0.433	0.434	0.430	0.403	0.402
	12	0.599	0.612	0.570	0.584	0.591
	18	0.623	0.624	0.607	0.613	0.620
	24	0.715	0.693	0.687	0.681	0.698
Red pepper powder (Ambient storage)	0	0.684	0.084	0.086	0.085	0.087
	6	0.197	0.199	0.188	0.195	0.173
	12	0.264	0.291	0.283	0.254	0.226
	18	0.304	0.319	0.311	0.307	0.297
	24	0.415	0.410	0.396	0.389	0.404
Red pepper powder (5-10°C storage)	0	0.184	0.084	0.086	0.085	0.087
	6	0.189	0.195	0.179	0.188	0.184
	12	0.234	0.226	0.218	0.200	0.212
	18	0.277	0.270	0.273	0.263	0.269
	24	0.317	0.314	0.315	0.309	0.320

¹⁾Whole red pepper was packaged in PE (0.1 mm) + polycloth sack
Red pepper powder was packaged in a laminated film (NY 15 µm/PE 100 µm)

Table 5. Hunter's color parameters of gamma-irradiated whole red pepper and red pepper powder during storage¹⁾

Sample	Storage period (months)	Hunter's color value ²⁾														
		L					a					b				
		0 kGy	2.5 kGy	5 kGy	7.5 kGy	10 kGy	0 kGy	2.5 kGy	5 kGy	7.5 kGy	10 kGy	0 kGy	2.5 kGy	5 kGy	7.5 kGy	10 kGy
Whole red pepper	0	32.1	31.4	31.4	31.9	33.3	27.7	28.4	27.6	27.1	28.3	15.4	15.3	15.3	15.8	16.5
	6	30.4	30.4	30.4	30.4	30.6	23.0	23.0	24.7	24.7	24.5	12.9	13.6	13.6	13.6	13.8
	12	27.8	28.4	28.4	28.1	27.8	21.8	22.3	20.4	20.6	20.8	13.0	12.8	12.1	11.9	11.6
	18	27.3	27.9	27.7	27.5	27.4	21.6	21.7	21.4	21.3	21.1	12.8	12.7	12.0	12.0	11.7
	24	25.9	26.1	26.3	26.3	26.0	20.2	20.7	20.5	20.3	20.0	11.2	12.0	11.5	11.4	11.2
Red pepper powder (Ambient storage)	0	31.9	31.9	31.9	31.9	31.9	29.3	29.3	29.3	29.3	29.6	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3
	6	31.9	32.2	32.4	31.7	32.2	29.8	30.4	31.0	28.4	25.3	17.0	16.6	17.4	16.1	16.6
	12	31.5	31.9	31.7	31.7	30.7	27.2	27.7	27.0	26.4	23.0	16.4	16.3	16.7	16.0	15.2
	18	30.9	31.2	31.0	31.3	30.6	23.5	23.2	23.7	26.2	22.1	15.5	15.0	15.3	14.9	15.1
	24	29.8	29.0	29.3	29.0	29.2	21.5	22.0	22.1	22.0		14.7	14.0	14.2	13.3	13.5
Red pepper powder (5-10°C storage)	0	34.4	34.6	34.8	35.1	34.8	30.9	31.3	31.1	31.6	30.3	18.4	18.7	18.9	18.6	18.4
	6	32.2	31.9	31.9	31.9	31.9	30.4	30.6	29.8	29.8	29.8	16.6	16.4	16.4	16.4	16.4
	12	31.9	32.2	32.2	32.4	31.9	29.3	29.1	29.9	28.9	29.3	16.3	16.5	16.6	16.7	16.3
	18	32.0	32.1	31.9	32.3	32.3	29.3	29.5	29.5	29.4	29.0	16.8	16.7	16.9	16.9	16.6
	24	31.9	32.0	31.9	32.1	31.9	29.3	29.0	29.7	29.5	28.9	15.8	16.0	16.6	16.5	15.9

¹⁾Whole red pepper was packaged in PE (0.1 mm) + polycloth sack
Red pepper powder was packaged in a laminated film (NY 15 µm/PE 100 µm)

²⁾L: Degree of lightness (white+100 → 0 black)
a: Degree of redness (red+100 → 0 → -80 green)
b: Degree of yellowness (yellow+70 → 0 → -80 blue)

간과 저장온도의 영향이 더 큰 것으로 나타났다.

헌터 값

감마선 조사와 저장기간에 따른 건고추의 헌터 값을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 먼저 건조 통고추 색도

는 명도(L값)가 31.9-33.3, 적색도(a값)가 27.1-28.4, 황색도(b값)가 15.3-15.8 범위였다. 저장기간에 따른 색도변화는 모든 시험군이 명도, 적색도, 황색도가 저장 초기에 비해 다소 낮은 수치를 보였으나 비조사군과 감마선 조사군 사이에는 유의적인 차이가 없었다.

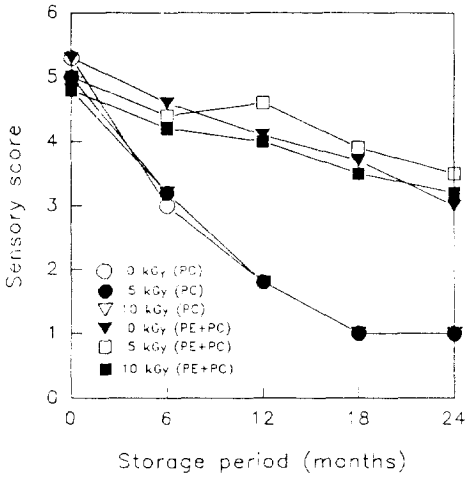


Fig. 2. Changes in organoleptic qualities on overall palatability of whole red pepper during storage as influenced by packaging methods and irradiation dose PS: Polycloth sack, PE+PC: Polyethylene film+polycloth sack

고추가루에 있어서는 통고추에 비해 저장기간의 경과와 더불어 색도의 변화가 적었으며, 특히 저온저장(5-10°C) 시험군에서는 저장 초기와 거의 동일한 수준의 색택을 보였고, 조사 직후나 2년저장 후에도 감마선 조사에 따른 영향은 인지되지 않았다. 이는 Peleg 등⁽²³⁾의 보고와 같이 감마선 조사에 의한 영향보다 저장 조건에 따라 색택의 변화가 컸었다는 결과와 유사하였다. 이상의 결과로 볼 때 건고추 및 고추가루의 감마선 조사에 의한 색도 변화는 5-7.5 kGy 정도의 살균 선량에서 비조사군과 유의적인 차이가 없었다. 저장 기간이 경과함에 따라 모든 시험군에서 다소 갈변현상이 인지되었으며, 5-10°C의 저온저장이 실온저장에 비해 색택의 유지에 효과적이었다. 이러한 결과는 앞의 갈변도 및 capsanthin 함량 시험 결과와도 일치하였으며, 이 등⁽²⁴⁾은 고추가루에 10 kGy의 감마선 조사는 capsanthin 함량에 거의 영향을 주지 않는다고 하였으며, 권 등⁽¹²⁾, 조 등⁽¹³⁾도 이와 유사한 결과를 발표한 바 있다.

관능적 품질평가

감마선 조사 직후 건고추의 관능시험 결과는 Fig. 2, 3과 같다. 색택, 매운맛, 전반적 기호성에서 비조사군이나 조사군의 선량간에 유의적인 차이가 없었다. 포장방법 및 감마선 조사 후 저장기간에 따른 관능검사 결과에서 포장방법에 따른 변화는 PE/PC 마대로 포장한 시험군이 PC 마대 단독으로 포장한 시험군에 비해

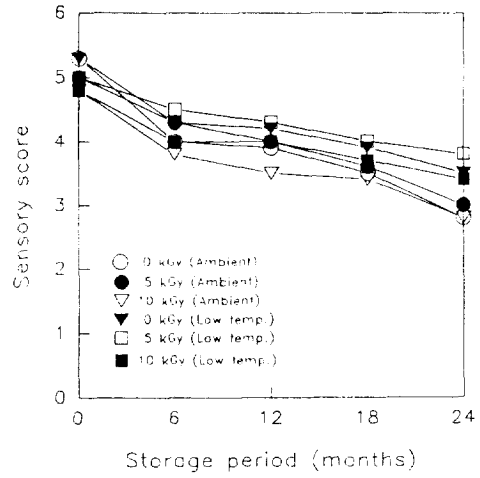


Fig. 3. Changes in organoleptic qualities on overall palatability of red pepper powder during storage as influenced by temperature and irradiation dose

색택, 매운맛 및 전반적 기호성이 높았고 비조사군과 조사군의 선량간에는 차이가 없었다. 특히 PC 마대 단독 포장 시험군의 경우 조사군이나 비조사군 모두 저장 6개월 이후 즉 하절기를 지난 직후부터 외부 환경조건에 의한 흡습 및 해충발생으로 가식 한계선인 평점 2.5 이하로 떨어져 상품적 가치를 완전히 상실하였다(Fig. 2). 고추가루를 NY/PE 집합포장지로 포장, 조사한 후 실온 및 5-10°C의 저온에서 2년간 저장한 시료의 관능적 품질특성은 저온저장군이 다소 높은 평점을 보였으나 유의성은 없었고, 또한 비조사군 및 감마선 조사군간에도 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Fig. 3). 고추가루에서의 이러한 결과는 본 실험에서 사용된 포장재(NY/PE 집합포장재)가 투습도, 산소투과도 등에서 우수한 특성을 지닌 것이어서 대기 환경조건의 변화에 큰 영향을 받지 않았음이 그 원인으로 생각된다. 따라서 건고추에 2.5-7.5 kGy 범위의 감마선 조사는 실온에서 2년간 저장중 고추 고유의 색택, 매운맛 등 관능적 품질에 아무런 영향을 주지 않으며, 포장방법의 개선과 감마선 에너지의 이용으로 장기간 동안 위생적 품질의 건고추를 저장할 수 있을 것으로 기대된다.

건고추(통고추)는 상온조건에서 6개월 저장후 기준의 PC 마대로 단독포장한 경우에 중량변화, 해충발생, 변색, 성분변화 등의 품질열화로 상품가치를 완전 상실하였으나, 5-7.5 kGy 범위의 감마선 조사후 PE/PC 병용포장으로 다소의 갈변은 인지되었으나 2년간 장기 안전저장이 가능하였다. 건고추는 식용전 분말화하여 위생처리 하게 됨을 고려하여, 분말상태에서 감

마선 조사후 2년간 저장후에도 양호한 위생적, 이화학적, 관능적 품질을 유지하였다. 따라서 국내에서 고추가루의 위생화에 지금까지 사용된 ethylene oxide 훈증처리가 금지됨에 따라 대체방법으로서 감마선 조사가 크게 이용될 것으로 사료된다.

요 약

건고추를 통고추와 분말고추로 구분하고 감마선 조사기법을 이용, 포장재별(통고추; PC 마대 및 PE/PC 마대, 분말고추; NY/PE- laminated film) 및 저장온도별 품질 안전성 시험을 수행하여 위생화와 장기 안전저장성을 검토하였다. 건고추(통고추)는 실온조건에서 6개월 저장후 기존의 PC 마대로 단독포장한 경우에 중량변화, 해충발생, 변색, 성분변화 등의 품질열화로 상품가치를 완전 상실하였으나, PE/PC 병용포장후 5-7.5 kGy 범위의 감마선 조사는 실온에서 2년간 장기 안전저장이 가능하였다. 7.5-10 kGy 조사된 분말고추에서도 실온 및 저온(5-10°C)에서 2년간 저장동안 양호한 위생적, 이화학적, 관능적 품질을 유지하였다.

문 헌

1. 변명우 : 향신료의 방사선조사 살균. 한국식품과학회지, **17**, 311 (1985)
2. WHO : *Wholesomeness of Irradiated Food* (Report of A Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee), Technical Report Series-659, 7 (1981)
3. FAO/WHO : *Codex General Standard for Irradiated Foods*, Codex Alimentarius Commission, Vol. 15, Rome, Italy (1984)
4. Loaharanu, P.: International trade in irradiated foods; Regional status and outlook. *Food Technol.*, **43**, 77 (1989)
5. IAEA : FAO/IAEA/WHO/ITC-UNCTAD/GATT, International Conference on the Acceptance, Control of and Trade in Irradiated Food, *Food Irradiation Newsletter*, **11**, 34 (1987)
6. APHA : *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, M. Speck (Ed.), American Public Health Association, Washington, D.C. (1976)
7. Harrigan, W.F. and McCance, M.E.: *Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology*, Academic

- Press, London (1976)
8. Trejo-Gonzalez, A. and Wild-Altamirano, C.: A new method for the determination of capsaicin in capsicum fruits. *J. Food Sci.*, **38**, 342 (1973)
9. Chen, S.L. and Gutmanis, F.: Auto-oxidation of extractable color pigments in chili pepper with special reference to ethoxyquin treatment. *J. Food Sci.*, **33**, 274 (1968)
10. Hendel, C.E. Silveira, V.G. and Harrington, W.O.: Rates of non enzymatic browning of potato during dehydration. *Food Technol.*, **9**, 433 (1955)
11. Larmond, E.: *Methods for Sensory Evaluation of Food*, Canada Department of agriculture, Publication 1284 (1970)
12. 권중호, 변명우, 조한욱 : 고추가루의 살균을 위한 감마선 조사 효과. 한국영양식량학회지, **13**, 188 (1984)
13. 조한욱, 권중호, 변명우, 김영재, 양재승 : Ethylene oxide 처리와 감마선 조사가 고추 및 후추가루의 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **18**, 294 (1986)
14. Technical Reports Series No.114 : *Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques*. Second ed. IAEA, Vienna, p.43 (1986)
15. 박무현, 김현구, 박노현, 조길석, 김병삼, 박형우, 권동진, 이동선 : 양념류 장기저장 방법 및 제품개발 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서, I 1006-0130, p.95 (1990)
16. 전재근, 박상기 : 고추가루의 색도 측정과 품질과의 관계. 한국농화학회지, **22**, 18 (1979)
17. Chen, S. L. and Gutmanis, F.: Auto-oxidation of extractable colorpigments in chili pepper with special reference to ethoxyquin treatment. *J. Food Sci.*, **33**, 274 (1968)
18. Farkas, J., Beczner, J. and Incze, K.: *Radiation Preservation of Food*, IAEA-SM-166/66, p.389 (1973)
19. 김동연, 이종욱 : 건조고추 저장중의 변색에 관한 연구. 한국식품과학회지, **12**, 53 (1980)
20. Philip, T. and Francis, F.J.: Oxidation of capsanthin. *J. Food Sci.*, **36**, 96 (1971)
21. 전재근, 서정식 : 일광노출이 고추가루의 탈색에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **12**, 82 (1980)
22. 김현구, 조길석, 박무현, 장영삼, 신재익 : 고추씨 혼합비율에 따른 고추가루의 흡습 특성 비교. 한국식품과학회지, **22**, 817 (1990)
23. Peleg, Y., Mannheim, C.H. and Berk, Z.: Changes in quality of dehydrated kibbled onions during storage. *J. Food Sci.*, **35**, 513 (1970)
24. 이정혜, 최연호, 김형수, 이서래 : 고추가루의 저장성과 방사선 처리효과. 한국식품과학회지, **9**, 199 (1977)

(1996년 1월 22일 접수)