

감마선과 Phosphine 처리가 백삼의 지방질 관련 성분에 미치는 영향

권중호 · 이정은 · 정승원* · 최강주**

경북대학교 식품공학과, *한국식품개발연구원, **한국인삼연초연구원

Comparative Effects of Gamma Irradiation and Phosphine Fumigation on Lipid-Related Components of White Ginseng During Post-Treatment Period

Joong-Ho Kwon, Jungeun Lee, Seong-Weon Jeong* and Kang-Ju Choi**
Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University,
*Korea Food Research Institute, **Korea Ginseng & Tobacco Research Institute

Abstract

Lipid-related components were comparatively investigated for white ginseng when exposed to both phosphine fumigation and gamma irradiation at 5 kGy or less, which were found effective for improving its biological quality. Fumigation resulted in the increase in pH of the sample, and thereafter it showed a decreasing tendency in all samples during storage for 6 months at ambient (20°C/70% RH) and accelerated (40°C/90% RH) conditions. The severe conditions led to an apparent browning of the stored samples without significant differences among them, while the sample stored at ambient condition showed negligible changes in its color up to 6 months. The development of browning in the stored sample was in proportional to hydrogen donating ability of the corresponding sample extract. TBA value increased by gamma irradiation gradually decreased with storage time, showing similar values to that of other samples, whereas carbonyl value gradually increased in all samples. Both fumigation and gamma irradiation caused negligible changes in fatty acid composition; however, a partial increase in saturated fatty acid composition and some decrease in polyunsaturated ones were observed with the storage time.

Key words : white ginseng, gamma irradiation, phosphine fumigation, fatty components

서 론

식품의 안전성은 크게 미생물적 요인과 화학적 요인에 의해 위협받고 있다. 특히 가공식품의 경우에는 미생물학적 품질개선과 품질안정성 유지를 위하여 화학보존제나 훈증제가 대부분 사용되고 있다. 그러나 이들 방법은 약품의 잔류성과 환경공해에 대한 우려 때문에 세계적으로 사용이 금지되고 있는 추세이며, 이에 대한 대체방법의 개발이 시급히 요구되고 있다⁽¹⁾.

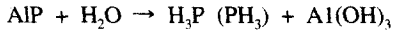
최근 식품에 대한 방사선 이용기술은 식품이나 농산물의 살균, 살충, 저장기간 연장, 병원성 미생물 사멸방법 등으로 각국 정부와 식품산업계로부터 관심이 높아지고 있다⁽²⁾. 주요 국가들은 40여 년간 세계적으로 수행된 방사선 조사식품의 건전성 시험결과를 바

탕으로 자국의 실정에 알맞은 기술개발을 추진하고 있다. 현재 식품에 대한 방사선 조사의 허가현황은 40여 개국에서 200여 식품(군)에 이르며, 이들 나라 중 30여 개국에서 상업적인 실용화가 본격화되고 있다⁽³⁾. 식품조사기술(food irradiation technology)은 식품산업에서 전통적으로 이용되어 온 식품저장·가공법의 문제점을 해결하거나 보완할 수 있는 방안으로 인정되면서 수확된 식량의 안전저장, 식품의 위생적 생산·유통, 식량교역시 검역해충관리 등에 기여할 수 있는 실용적인 기술로 기대되고 있다⁽⁴⁾.

본인 등은 감마선을 이용한 인삼제품의 품질개선 연구를 수행하면서, 현재 백삼의 저장관리를 위하여 사용되는 phosphine gas(hydrogen phosphide, MW 34.04, PH₃)에 대하여 살충·살균 효과⁽⁵⁾, 색도 및 관능적 품질 특성⁽⁶⁾ 등을 감마선 조사와 비교한 바 있다. PH₃는 aluminum phosphide(AIP)가 대기 중에 노출되었을 때 아래 식과 같이 수분과 반응하여 살충력을

Corresponding author : Joong-Ho Kwon, 702-701, Department of Food Sci. & Technol. Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

갖는 phosphine gas를 발생하게 되며, 따라서 백삼을 포함한 건조농산물의 총해판리 등에 사용되고 있다.



본 연구는 전삼의 저장해충 방제용 훈증제 처리의 효과적인 대체방안을 마련하기 위한 일련의 연구로서, 현행 phosphine gas와 적정선량의 감마선 처리가 저장 백삼의 성분 중 지방질 관련 성분에 미치는 영향을 비교 검토하였다.

재료 및 방법

시료

본 실험에 사용된 백삼시료는 P인삼협동조합에서 제조된 제품으로서 (4년근, 1등급, 25편 기준) 살균이나 살충 과정을 거치지 않고 비교적 외관이 양호한 것만을 선별하여 사용하였다. 시료 백삼은 시중에 유통되고 있는 제품과 동일하게 탈산소제(태풍겔(社))를 넣어서 비닐백(nylon 15 μm /polyethylene 75 μm 접합포장재)에 200 g 단위로 포장하였다. 이 때 사용된 포장재의 특성은 두께 0.094 mm, 산소투과도 68 cc/m²·24 hr였다. 시료의 일반성분은 수분 8.4%, 조단백질 11.6%, 조지방 1.1%, 조회분 3.3%, 환원당 2.6%, 전당 62.5% 등이었다.

시료 전처리 및 저장

저장용 백삼시료의 phosphine gas 처리는 aluminum phosphide(MW 57.96, 상품명 : Epifume)를 상법⁽¹⁾에 준하여 처리하였다. 즉, 포장을 개봉한 백삼을 에피흡정 규정량과 함께 대형 desiccator에 넣고, 72시간 동안 밀폐·방치한 뒤 뚜껑을 개봉하여 무균적으로 재포장하였다. 포장된 백삼시료의 감마선 조사는 한국원자력연구소에 소개하는 Co-60 감마선원을 이용하여 실온조건에서 살충 및 미생물학적 품질개선이 가능한 5 kGy 이하⁽⁵⁾의 총 흡수선량($\pm 4.5\%$)을 얻도록 하였다. 이때 흡수선량의 확인은 free radical dosimeter/ceric cerous dosimeter(Harwell, UK)를 사용하였다. 이상과 같이 처리된 시료는 무처리 대조시료와 함께 열악한 조건의 해외시장을 예상하여 가속조건(40°C/90% RH)과 비교 시험으로써 상온조건(20°C/70% RH)에 각각 6개월 간 저장하면서 실험에 사용하였다.

pH, 갈변도 및 수소공여능 측정

저장 중 백삼의 품질변화를 확인하기 위하여 pH 측

정은 분말시료 5 g에 탈이온수 50 mL를 가하여 30분 간 진탕하고 원심분리 (5,000 rpm, 20 min)하여 얻은 상층액을 사용하여 pH meter(Coring model 120)에 의해 3회 반복 측정하였다. 저장 백삼의 갈변현상을 측정하기 위하여, 분말로 조제된 백삼시료 2 g에 50% ethanol 120 mL를 가하고 실온에서 24시간 동안 추출하였다. 추출물을 원심분리(10,000 rpm, 20 min) 한 다음 상층액을 시험액으로 하여 440 nm에서 최대흡광치를 갈변도로 나타내었다^(7,8). 또한 시료 용액의 수소공여능은 α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazyl(DPPH)를 이용한 방법으로 측정하였다⁽⁹⁾. 즉, DPPH 약 10 mg을 100 mL ethanol에 용해한 후 증류수 100 mL를 가하고 50% ethanol 용액을 blank로 하여 517 nm에서 DPPH용액의 흡광도를 약 1.0 정도로 조정하였다. 이 용액 5 mL와 시료 용액 0.5 mL를 가하여 혼합한 후 30초 뒤에 흡광도를 측정하였다. 이 때 수소공여활성은 대조구와의 흡광도 차이가 0.01일 때를 1 unit로 하였다.

산패도 측정

백삼시료의 살균·살충 처리 및 저장조건에 따른 지방질 성분의 변화를 알아보기 위하여 thiobarbituric acid value(TBA)는 Turner 등⁽¹⁰⁾의 방법에 따라 분말화한 시료 중의 malonaldehyde 함량을 spectrophotometer (Baush & Lomb, spectronic 710)에 의해 538 nm에서 최대흡광치를 측정하였다. 또한 carbonyl 값은 동일 시료에 대하여 Henick 등⁽¹¹⁾의 방법에 따라 440 nm에서의 흡광도로써 나타내었다.

지방산 분석

Soxhlet 방법으로 diethyl ether로 추출된 조지방질을 Metcalf 등⁽¹²⁾의 방법으로 가수분해시킨 후 BF₃-methanol을 사용하여 methyl ester화시킨 다음 petroleum ether에 용해시켜 gas chromatograph(GC)로 분석하였다. 이 때 사용된 GC는 Varian Aerograph Model 3700, integrator는 Shimadzu C-RIA chromatopac, detector는 FID, column은 fused silicagel capillary coated with SP-2340(30 m x 0.32 mm i.d., 0.2 μm film thickness), column temp.는 150°C에서 5분 간 유지시킨 후 200°C(4°C/min)까지 상승시켰다. 또한 carrier gas는 nitrogen(flow rate: 1.0 mL/min, split ratio: 1:30), injection temp.는 240°C, detector temp.는 240°C였다.

이상의 지방질 관련 성분의 측정은 3회 반복으로 실시하고 평균값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

pH, 갈변도 및 수소공여능의 변화

생물학적 품질개선을 위한 phosphine 훈증제와 감마선 처리가 저장 백삼의 pH 변화에 미치는 영향을 조사해 보았다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 처리구 간에는 다소의 차이는 있었으나 뚜렷한 변화는 없었으며, 상온조건(20°C/70% RH)보다는 가혹조건(40°C/90% RH)에서 pH의 감소현상이 보다 크게 나타났다. 특히 백삼의 pH는 감마선 조사에 따른 영향보다는 훈증처리 시 pH가 염기성 쪽으로 다소 변화되었다가 저장 4개월 이후에는 처리구 간에 비슷한 값을 보여주었다.

백삼의 외관적 품질은 색상에 의해서 좌우되며 상품화된 백삼은 유통 조건에 따라 색상이 변화될 수 있다.^(6,13) 본 실험에서는 6개월간 가속시험을 수행하면서 백삼의 갈변물질을 50% ethanol 용액으로 추출하여 경

시적인 그 변화를 조사해 본 결과이다(Fig. 2). 처리 직후 감마선(5 kGy 이하)과 훈증제는 백삼의 색상에 영향을 미치지 않았으며, 저장기간의 경과에 따라 시료의 갈변도는 점차 증가되었고, 저장기간 보다는 저장온·습도의 영향이 큰 것으로 나타났다. 처리구 간의 비교에서는 상온조건에서는 유의적인 차이가 없었으나 가혹조건에서는 모든 처리구에서 유사한 경향으로 갈변현상이 현저하게 나타나 저장 온도의 영향이 지배적임을 시사하였다. 이같이 가혹조건 하에서는 백삼의 변색(갈변)이 심하였으며, 처리구 간에는 5 kGy 조사구는 저장 전반기에, 훈증처리구는 저장 4개월 이후부터 대조구에 비해 갈변현상이 다소 크게 나타나 관능적 기호도가 낮아졌다.⁽⁶⁾ 권 등⁽¹⁴⁾은 백삼분말의 살균 연구에서 10 kGy의 고선량 조사는 분말의 관능적 색상에 유의적인 변화를 가져오므로 살균선량의 선택에서 중요하게 고려되어야 한다고 지적한 바 있으며, 이는 본 실험의 결과와 더불어 적정 조사선량의 중요성을 말해주고 있다. 인삼의 갈변에 관한 연구는 김⁽¹⁵⁾의 홍삼 갈변에 관한 연구를 시작으로 홍삼엑기스의 색상변화⁽¹⁶⁾, 항산화 효과^(17,18), 갈변촉진 연구^(19,20), 갈변에서 아미노산과 당류의 변화⁽²¹⁾ 등이 이루어졌으며, 본 실험에서는 백삼의 갈변현상이 특히 저장온도에 가장 큰 영향을 받는 것으로 확인되어 도 등^(8,22)의 연구결과와 일치하였다. 따라서 인삼이나 인삼제품의 품질개선을 위한 살균·살충법의 선택은 처리효과 뿐 아니라 처리 후 저장·유통 중 품질변화에 대해서도 충분히 고려되어야 할 것이다.

식품이나 천연물에 존재하는 항산화성 물질의 가장 특징적인 역할은 oxidative free radical과의 반응⁽²³⁾이라 할 수 있다. 본 실험에서 처리구별 백삼의 갈변추출액

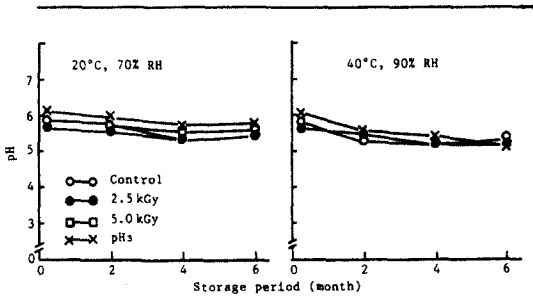


Fig. 1. Changes in pH of white ginseng packaged with NY/PE-laminated film during storage.

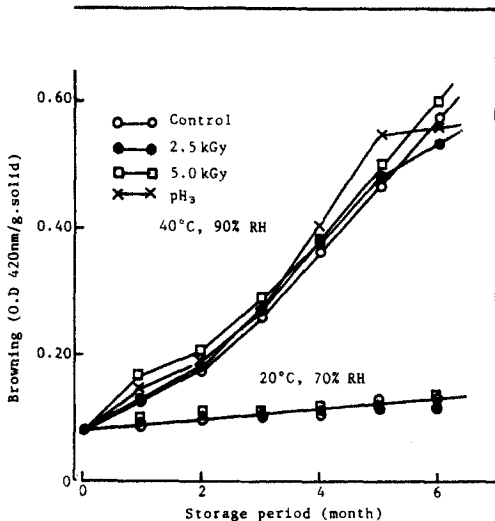


Fig. 2. Browning development of white ginseng packaged with NY/PE-laminated film during storage.

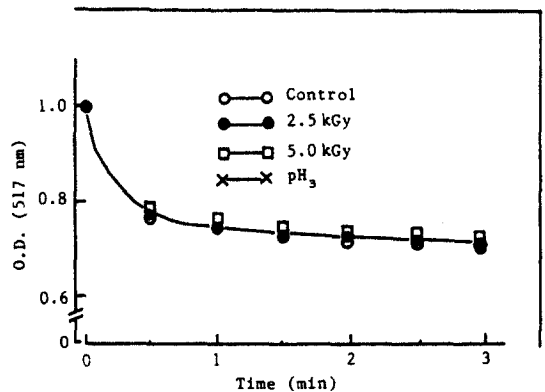


Fig. 3. Absorbance changes in α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazyl (DPPH) as affected by white ginseng treated by gamma irradiation and pH_3 fumigation.

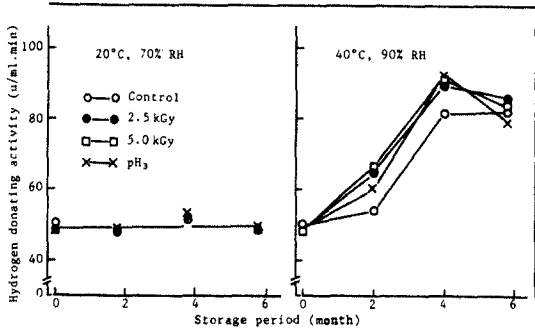


Fig. 4. Changes in hydrogen donating activity of white ginseng packaged with NY/PE-laminated film during storage.

에 대하여 환원성 물질의 분석시약인 DPPH를 사용하여 수소공여능을 조사하였다. 처리구 간에는 유의적인 차이가 없이 DPPH에 의한 흡광도의 감소현상이 반응 1분 범위 내에서 강하게 나타났다(Fig. 3). 이는 백삼 추출액의 강한 수소공여능을 보여 주는 결과이다. 그리하여 20°C/70% RH와 40°C/90%RH 조건에 각각 6개월간 저장된 백삼을 대상으로 갈변추출액의 항산화능을 경시적으로 측정해 보았다. 상온저장구에서는 저장 6개월까지 수소공여능의 변화가 거의 없었으나, 가혹조건에서는 저장기간의 경과와 더불어 수소공여능이 크게 증가되었고, 대조구에 비해 처리구의 수소공여능이 저장 4개월까지는 높게 나타났다(Fig. 4). 식품의 갈변물질은 항산화 작용과 관련이 있는 것으로 보고되고 있다⁽²⁴⁾. 또한 도 등⁽⁸⁾은 백삼추출물의 수소공여능은 갈변도의 증가와 비례한다고 밝힌 바 있어 본 실험의 결과는 이를 잘 뒷받침하였다. 이와 같은 결과는 볶음 처리된 식품^(25,26)과 Maillard 반응생성물⁽²⁷⁾에서도 보고되어 갈변 관련물질은 강한 항산화성을 나타내는 것으로 생각되었다.

지방질 성분의 변화

백삼시료의 조지방 함량은 약 1% 수준이지만 저장 조건에 따라 변화되기 쉬운 성분⁽²⁸⁾이므로 지방질의 산패도를 알아 보았다. 먼저 TBA가는 Fig. 5와 같이 처리 직후 혼중처리구는 대조구와 거의 차이가 없었고 감마선 조사구는 선량에 비례하여 TBA가가 증가되었다. 그러나 백삼의 관능적 평가에서는 처리구 간에 유의적인 차이가 없는 것으로 보고한 바 있다⁽⁶⁾. 그리고 저장기간의 경과에 따라 TBA가는 증감현상을 보이면서 전반적으로는 증가되는 경향을 나타내었으며, 저장 6개월에는 처리구 간에 차이가 거의 없었다. 한편 carbonyl가는 Fig. 6에 나타난 바와 같이 처리구 간에

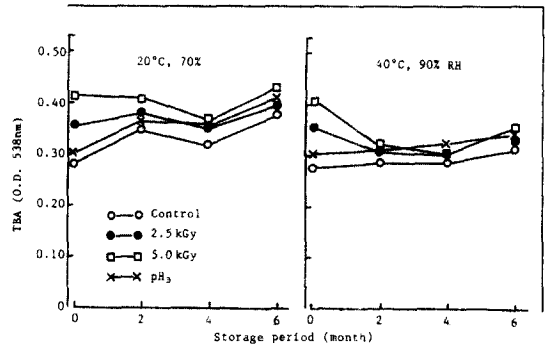


Fig. 5. Changes in thiobarbituric acid (TBA) value of white ginseng packaged with NY/PE-laminated film during storage.

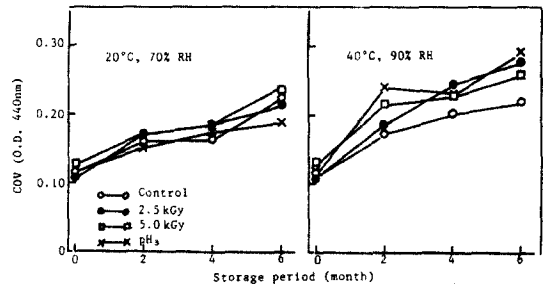


Fig. 6. Changes in carbonyl value of white ginseng packaged with NY/PE-laminated film during storage.

는 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 저장 기간의 경과에 따라 carbonyl가는 점차 증가되는 경향을 보이면서 대조구보다는 처리구에서 변화가 다소 심하였으며, 이같은 경향은 상온조건에 비해 가혹조건에서 현저하게 나타났다. 이상의 결과에서 볼 때 감마선 조사는 지방질의 산화를 촉진하는 인자⁽²⁹⁾로 재확인되었으며, phosphine gas의 경우에도 시료의 지방질에 다소나마 영향을 미치게 됨을 알 수 있었다. 이상과 같이 저장 백삼의 산패현상을 두 가지 저장조건에서 비교해 볼 때 상온조건에 비해 가혹조건에서의 산패는 그다지 크지 않음을 알 수 있었으며, 이는 가혹조건에서 생성된 갈변물질들이 항산화성을 나타내었기 때문으로 추정되었다^(8,24-27). 또한 백삼시료의 지방산 조성 분석에서 6개월 간 저장된 모든 시료(대조구, 5 kGy, PH₃)에는 17종의 구성지방산이 확인되었으며(Table 1), 전반적으로 동일한 지방산 패턴을 보여 주었다. 주요 지방산으로는 linoleic acid(18:2, 65.76%), palmitic acid(16:0, 17.88%), linolenic acid(18:3, 4.34%), oleic acid(18:1, 3.32%) 등의 순이었다. 모든 처리구에서 총 포화지방산(TSFA)은 저장 6개월 후에 증가된 반면, 총

Table 1. Changes in fatty acid composition of white ginseng during storage under the conditions of 20°C and 70% RH and NY/PE-laminated film packaging after gamma irradiation and PH₃ fumigation¹⁾

Fatty acid	Storage month			
	Control 0	Control 6	5 kGy 6	PH ₃ 6
Myristic (14 : 0)	0.25	0.51	0.29	0.32
Pentadecanoic (15 : 0)	0.58	0.78	0.69	0.79
Palmitic (16 : 0)	17.71	16.88	16.98	16.89
Palmitoleic (16 : 1)	1.62	1.61	1.57	1.79
Heptadecanoic (17 : 0)	0.44	0.48	0.48	0.58
Stearic (18 : 0)	0.97	1.60	1.50	1.42
Oleic (18 : 1)	3.45	3.62	3.54	3.75
Linoleic (18 : 2)	65.86	62.73	64.16	63.19
Arachidic (20 : 0)	0.52	0.62	0.51	0.62
Linolenic (18 : 3)	4.42	4.93	4.53	4.29
Gadoleic (20 : 1)	0.18	0.38	0.29	0.38
Henecosanoic (21 : 0)	1.03	1.48	1.39	1.78
Behenic (22 : 0)	0.53	0.88	0.68	0.78
Erucic (22 : 1)	0.64	0.87	0.81	0.88
Tricosanoic (23 : 0)	0.56	0.74	0.85	0.83
Lignoceric (24 : 0)	0.61	0.89	0.86	0.89
Nervonic (24 : 1)	0.63	0.91	0.87	0.82
TSFA ²⁾	23.20	24.86	24.23	24.90
TUFA ³⁾	76.80	75.14	75.77	75.10
PUFA ⁴⁾	70.28	67.66	68.69	67.48

¹⁾Percent composition of crude lipids extracted by Soxhlet method.

²⁾Total saturated fatty acids.

³⁾Total unsaturated fatty acids.

⁴⁾Polyunsaturated fatty acids(18 : 2+18 : 3).

불포화지방산(TUFA 및 PUFA)은 다같이 감소됨을 알 수 있었다. 특히 인삼 시료에 함유된 주요 지방산으로서 linoleic acid와 linolenic acid(PUFA : 약 70%)는 불포화도가 높아 산화가 상대적으로 용이하므로, 이들의 함량 변화는 지방질 성분의 안정성 평가에 중요한 척도⁽²⁸⁾가 될 것이다. 따라서 Table 1에서와 같이 다가 불포화지방산(PUFA)은 저장 6개월 후에 초기 함량의 3~4% 정도가 감소되었고, 처리구 간에는 5 kGy 조사구가 대조구나 PH₃ 처리구보다 다소 높은 함량을 유지하였으나 시료간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

이상의 결과에서 볼 때 백삼의 생물학적 품질개선을 위하여 처리된 감마선이나 phosphine gas는 지방산 성분에 거의 영향을 미치지 않았다. 이는 10 kGy 이하의 방사선은 대부분의 식품에서 기술적 타당성이 인정되고 있으며⁽³⁰⁾, phosphine의 경우에도 고춧가루, 건태, 백삼 등에 처리하였을 시 수분, 색도 등에 유의적인 변화를 일으키지 않았다는 보고⁽³¹⁾와 더불어 건조 식품의 품질에 거의 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 그러나 저장기간의 경과에 따라 불포화지방산 조

성의 감소와 포화지방산 조성의 증가현상이 나타났으며, 이 같은 현상은 저장 홍삼과 건멸치에 대한 품질 안정성 연구에서도 유사한 결과^(28,32)가 보고되었다.

요 약

백삼의 생물학적 품질개선이 가능한 phosphine gas와 감마선 처리(5 kGy 이하)가 저장시료의 지방질 관련 성분에 미치는 영향을 비교 검토하였다. 시료의 pH는 gas 처리에 따라 다소 염기성을 나타내었으며, 상온조건(20°C/70% RH) 및 가혹조건(40°C/90% RH)에 6개월 간 포장·저장 중 전반적으로 다소 감소되었다. 가혹조건에 저장된 시료는 저장초기부터 갈변현상이 심하게 발생되었으나 상온 저장된 시료에서는 거의 갈변되지 않았고 처리구 간에도 차이가 크지 않았다. 시료의 갈변현상의 발현은 저장 4개월 경까지 추출물의 수소공여능과 비례하였다. 시료 지방질 TBA는 감마선 조사시 다소 증가되었으나 저장기간의 경과로 점차 유사한 값을 보였으며, 카보닐가는 점차 증가되는 경향이었다. 시료의 지방산 조성은 가스나 5 kGy 감마선 처리에 의해 변화되지 않았으며, 저장 6개월 이후에는 불포화지방산조성의 감소와 포화지방산 조성의 증가현상이 부분적으로 확인되었다.

문 헌

1. Kwon, J.H., Cho, H.O., Byun, M.W., Kim, S.W. and Yang, J.S. Development of Irradiation Techniques for Quality Improvement of Ginseng Products. pp. 1-88. KAERI/RR-1018/90 (1990)
2. Kwon, J.H. Application of irradiation technology to preserving and improving qualities of agricultural products. J. Food Sci. Nutr. 3(3): 295-301 (1998)
3. IAEA. Clearance of item by country. Food and Environmental Protection Newsletter. Supplement 1(2): 1-17 (1998)
4. Loaharanu, P. Acceptance and trading on irradiated foods-International developments of food irradiation and consumer acceptance of irradiated food. Paper presented at the 4th CAFST Seminar, Korea Univ., Seoul Korea, 30 April (1998)
5. Kwon, J.H., Byun, M.W., Lee, S.J. and Chung, H.W. Biological quality and storage characteristics of gamma-irradiated white ginseng. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28(1): 40-46 (1999)
6. Kwon, J.H., Chung, H.W., Byun, M.W., Yang, J.S., Lee, S.J. and Kim, H.K. Comparative effect of gamma irradiation and phosphine fumigation on color and organoleptic quality of white ginseng. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28(1): 47-52 (1999)
7. Sung, H.S., Park, M.H., Lee, K.S. and Cho, H.O.

- Studies on the preservation of Korean ginseng by irradiation. Korean J. Food Sci. Technol. 14(2): 136-140 (1982)
8. Do, J.H., Kim, K.H., Jang, J.G., Yang, J.W. and Lee, K.S. Changes in color intensity and components during browning reaction of white ginseng water extract. Korean J. Food Sci. Technol. 21(4): 480-485 (1989)
 9. Blois, M.S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature. 181: 1199-1202 (1958)
 10. Turner, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Bessert, M.W., Struck, G.M. and Olson, F.C. Use of 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. J. Agric. Food Chem. 8: 326-330 (1954)
 11. Henick, A.S., Benca, M.F. and Michell Jr, J.H. Estimating carbonyl compounds in rancid fats and foods. J. Am. Oil. Chem. Soc. 31: 88-91 (1954)
 12. Metcalf, L.D., Schmitz, A.A., and Pelka, J.R. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Anal. Chem. 38: 514-515 (1966)
 13. Kwon, J.H., Byun, M.W., and Lee, S.J. Color characteristics of white ginseng powder as influenced by different conditions of sterilization and storage. Korean J. Ginseng Sci. 18(2): 128-133 (1994)
 14. Kwon, J.H., Belanger, J.M.R. and Pare, J.R.J. Effects of ionizing energy treatment on the quality of ginseng products. Radiat. Phys. Chem. 34: 963-967 (1989)
 15. Kim, D.Y. Studies on the browning of red ginseng. J. Korean Agri. Chem. Soc. 16: 60-77 (1973)
 16. Choi, J.H., Kim, W.J., Park, K.D. and Sung, H.S. Color evaluation of red ginseng extract and its changes during heat treatment. Korean J. Ginseng Sci. 4(2): 165-174 (1980)
 17. Kim, S.D., Do, J.H. and Oh, H.I. Antioxidant activity of panay ginseng browning products. J. Korean Agri. Chem. Soc. 24(3): 161-173 (1981)
 18. Choi, K.J. and Kim, D.H. The characteristics and antioxidant activity of non- enzymatic browning products from fresh ginseng extracts and those with arginine or glucose. Korean J. Ginseng Sci. 4(2): 8-23 (1981)
 19. Do, J.H., Kim, S.D., Oh, H.I. and Hong, S.K. Effects of sugars, amino acids and inorganic nitrogenous compounds on the acceleration of browning in ginseng. J. Korean Agri. Chem. Soc. 25(3): 161-165 (1982)
 20. Kim, S.D., Do, J.H. and Oh, H.I. Effects of pH, organic acids, ascorbic acid and ultraviolet irradiation on the acceleration of browning in ginseng. J. Korean Agri. Chem. Soc. 25(4): 206-210 (1982)
 21. Kim, M.W. and Park, R.J. Changes in free amino acids and sugars in water-soluble extracts of fresh ginseng during browning reaction. Korean J. Ginseng Sci. 5(2): 122-131 (1981)
 22. Do, J.H., Kim, S.D., Kim, K.H., Suk, Y.S. and Jang, J.G. Effects of drying conditions on the quality of white ginseng. Korean J. Ginseng Sci. 9(2): 248-255 (1985)
 23. Shahidi, F. and Naczk, M. : Food Phenolics. pp. 235-237. Technomic Pub. Co. Inc., Pennsylvania, USA (1995)
 24. Shahidi, F. and Naczk, M. Food Phenolics. Technomic Publishing Co., Inc., PA, U.S.A. (1995)
 25. Ryu, K.C., Chung, H.W., Kim, K.T. and Kwon, J.H. Optimization for high-quality *Polygonatum odoratum* tea. Korean J. Food Sci. Technol. 29(4): 776-783 (1997)
 26. Hong, M.J., Lee, K.D., Kim, H.K. and Kwon, J.H. Changes in functional and sensory properties of *chicory* roots induced by roasting processes. Korean J. Food Sci. Technol. 30(2): 413-418 (1998)
 27. Lee, K.D., Kwon, J.H. and Kim, J.S. Changes in functional characteristics of Maillard reaction products by ozonolysis. Korean J. Food Sci. Technol. 30(3): 480-486 (1998)
 28. Choi, K.J., Lee, K.S., Ko, S.R. and Kim, K.H. Quality stability of red ginseng stored for long periods. Kor. J. Pharmacogn. 19(3): 201-207 (1988)
 29. Fennema, O.R. Food Chemistry. 3rd ed. p. 276. Marcel Dekker, Inc. New York, USA (1996)
 30. Codex Alimentarius Commission. Codex general standard for irradiated foods and recommended international code of practice for the operation of radiation facilities used for the treatment of foods. CAC/VOL. XV, FAO, Rome (1984)
 31. Ha, J.H. Residue analysis of epifume (hydrogen phosphide) in dried products and its effect on food quality. Food Technology. 4(1): 30-34 (1991)
 32. Kwon, J.H., Byun, M.W. and Kim, Y.H. Physicochemical quality of boiled-dried anchovies during post-irradiation period. J. Korean Soc. Food Nutr. 25(3): 484-490 (1996)