

시금치 분말의 품질안정성에 대한 살균처리의 영향

권중호 · 변명우* · 조한옥* · 최종욱

경북대학교 식품공학과, *한국원자력연구소

Quality Stability of Spinach Powder As Influenced by Microbial Decontamination Treatment

Joong-Ho Kwon, Myung-Woo Byun*, Han-Ok Cho* and Jong-Uck Choi

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

*Korea Atomic Energy Research Institute

Abstract

With a view to improving microbiological quality of spinach powder which is currently used for convenience food production, comparative efficacy of ethylene oxide(EO) fumigation and gamma irradiation was investigated by determining microbial populations and physicochemical quality for treated samples. Spinach powder was contaminated with various microorganisms ranging from 10^2 /g to 10^4 /g, which composed of thermophiles, acid tolerant bacteria, fungi, coliforms, etc. Microorganisms contaminated were destroyed up to undetected levels by gamma irradiation at below 7 kGy, showing the radiosensitivity D_{10} 2.93 kGy on total aerobic bacteria. Ethylene oxide fumigation, however, was found unsatisfactory for physicochemical quality as well as microbial decontamination of the sample. It has been generally observed that influence of optimum-dose range of irradiation on the physicochemical qualities was insignificant, which was proved in the organoleptic evaluations on the stored sample.

Key words: spinach powder, microbiological quality, ethylene oxide, gamma irradiation, quality stability

서 론

농산 건조가공품은 원료의 수확, 건조, 수송, 가공, 저장 등의 과정에서 미생물, 해충 등에 쉽게 노출되므로 양적인 손실은 물론, 위생적 품질의 저하로 가공원료로 사용될 경우 미생물학적 품질관리에 어려움을 가중시키게 된다. 최근 편의식품과 건강식품에 대한 수요증가로 식물성 원료의 대량공급이 요구되고 있으나 위생적 품질의 원료를 안정적으로 확보하는 데는 많은 어려움이 따르고 있다¹⁾.

식품가공에 있어서 살균과정은 제품의 위생적 품질관리와 보존기간 연장을 위해 필수적으로 요구되고 있다. 액상식품의 경우에는 가열살균법이 효과적으로 제조공정에 활용되고 있으나, 고체식품(건조분말류, 동물성 식품류 등)의 경우에는 대부분의 살균방법이 살균효과, 품질열화현상, 안정성 등에 있어서 한계성이 지적되어 대체기술의 개발이 필요하다²⁾.

특히 농산물이나 그 가공품의 생물학적 품질개선을 위해서 화학혼증제가 주로 사용되고 있으나 인체에 대한

삼재적 유해성과 환경공해 등의 문제점이 확인되면서 세계적으로 금지되고 있는 추세이다^{3,4)}. 그러나 방사선을 이용한 식품의 저장 가공기술은 그 안전성과 실용성이 국제적으로 인정되어 25개국에서 실용화 되고 있다⁵⁾.

이에 본 실험에서는 편의식품 및 이유식 등의 부원료로 사용되고 있는 시금치 분말에 대하여 미생물학적 품질개선을 목적으로 화학혼증제(ethylene oxide, EO)와 감마선 에너지를 처리하고 살균효과 및 시료의 이화학적, 관능적 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 시금치 분말은 농산 건조가공품 제조업체인 Y식품(주)으로부터 구입한 것으로서 polyethylene film (0.1 mm)에 포장하여 실온에 저장하면서 실험재료로 하였다. 본 시료의 일반조성은 수분 7.90%, 조단백질 27.62%, 조지방 4.80%, 가용성 무질소물 34.47%, 조섬유 7.41% 및 조회분 17.80%로 각각 나타났다.

시료의 살균처리

시금치 분말의 살균처리는 전보⁶⁾와 같이 10 kGy 까지의 ⁶⁰Co 감마선 조사와 EO 혼증이 실시되었으며, 살

Corresponding author: Joong-Ho Kwon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-Dong, Puk-ku, Taegu 702-701.

균처리된 포장시료는 무처리 대조군과 함께 실온에서 3개월간 저장하면서 실험에 사용되었다.

미생물 검사

시금치 분말시료의 미생물 실험에서는 중온 호기성 전세균(mesophilic aerobic bacteria)⁽⁶⁾, 중온성 포자균(mesophilic aerobic spores)⁽⁷⁾, 내산성 세균(acid tolerant bacteria)⁽⁷⁾, 곰팡이류(fungi)⁽⁸⁾, 내삼투압성 곰팡이(osmophilic molds)⁽⁸⁾ 및 대장균군(coliforms)⁽⁹⁾을 3회 반복으로 검사하였다.

이화학적 특성시험

시료의 일반성분은 AOAC 법⁽¹⁰⁾, 전당 및 환원당은 Somogyi 변법⁽¹¹⁾, ascorbic acid는 2,4-DNP법⁽¹²⁾, chlorophyll과 pheophytin은 Vernon방법⁽¹³⁾으로 각각 측정하였으며, 시료의 pH는 분말 5g에 탈이온수 5배량을 가하여 추출물 상층액을 얻은 다음 pH meter를 사용하여 측정하였고, 무기질 함량은 습식분해법⁽¹⁴⁾에 따라 전처리하고 원자흡광분석기에 의해 분석되었다. 또한 시료의 색도는 색차계를 사용하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 및 전반적 색차(ΔE)를 측정하였다.

관능적 평가

시금치 분말의 관능시험에는 대조시료, EO 혼중시료,

5 kGy 및 10 kGy 조사시료를 대상으로 하여 순위시험(ranking difference analysis)⁽¹⁵⁾에 의해 시금치 분말의 전반적 기호성을 풍미 및 색택을 중심으로 평가하게 하였다. 검사방법은 3점시험법에 의해 선발된 8명의 검사요원에게 색택은 외관으로, 풍미는 sniffing방법에 의해 평가하도록 하였으며, 검사결과는 ANOVA test와 Duncan의 다범위 검정에 의해 유의성을 검토하였다.

결과 및 고찰

미생물 분포 및 살균효과 비교

본 실험에 사용된 시금치 분말의 미생물 분포와 오염도를 보면 Fig. 1과 같다. 전세균 2.5×10^4 cells/g, 내열성 포자균 4.5×10^3 cells/g, 내산성 세균 9.8×10^3 cells/g, 곰팡이류 1.0×10^2 cells/g, 내삼투압성 곰팡이 5.6×10^1 cells/g, 대장균군 6.8×10^2 cells/g이 각각 검출되어 오염농도는 크게 높지 않으나 다양한 미생물의 혼입과 특히 대장균군의 검출은 위생상 문제점으로 지적되었다.

가공식품에 사용되는 부원료의 미생물농도는 최종제품의 위생적 품질에 직접적인 영향을 미치는 것으로서, 만약 $10^6 \sim 10^7$ /g 이상 높게 오염된 분말가공품을 부원료로 사용할 경우 제품의 0.1~1.0% 정도만 사용되더라도 이들 단독으로 부터 오는 최종제품의 미생물오염은 $10^5 \sim 10^6$ /g이나 되며, 이러한 문제점 해결을 위한 과도한 열처리 등은 미생물적 안정성은 달성하나 영양적 특성이나 제품의 기호성을 저하시키게 될 것이다.

시금치 분말에 오염된 미생물의 살균시험에서(Fig. 1) 상업적 조건의 EO 혼중은 오염미생물의 농도를 1~3 log cycle정도 격감시켰으나 전세균의 살균이 불충분함을 보여주었다. 감마선 조사군의 경우에는 7 kGy 조사시료

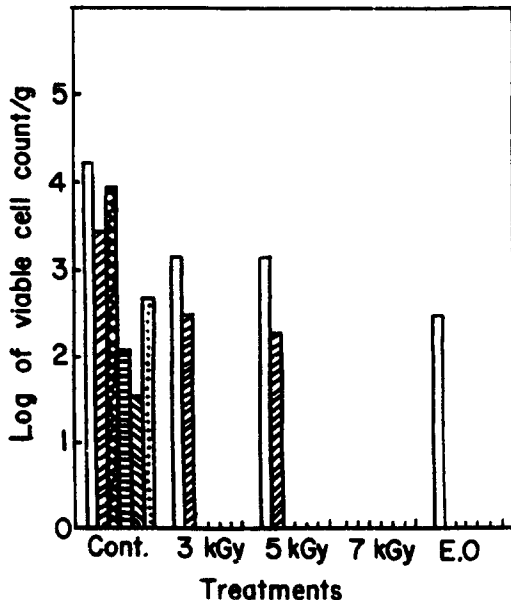


Fig. 1. Comparative effects of ethylene oxide (EO) and gamma irradiation on the microflora of spinach powder immediately after treatments

□; Mesophilic aerobic bacteria, ▨; Mesophilic aerobic apores, ▩; Acid tolerant bacteria, ▧; Fungi, ▦; Osmophilic molds, ▤; Coliforms

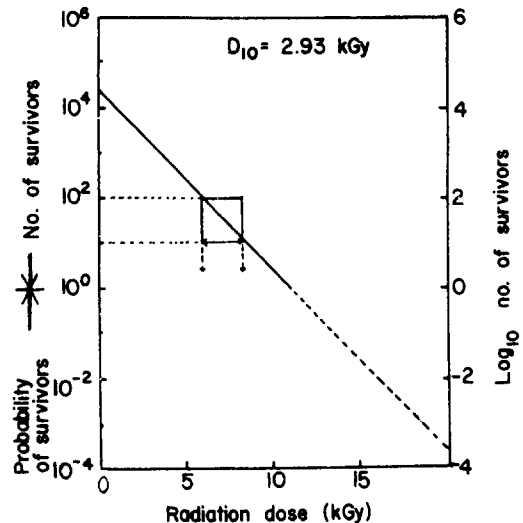


Fig. 2. Idealized dose/log survival curve for a population of microorganisms of spinach powder

에서 모든 미생물이 검출한계 이하로 감소됨을 알 수 있었으며, 특히 위생지표 미생물인 대장균군은 방사선 감수성이 커 3kGy 조사군에서도 음성으로 나타났다. 또한 본 시료에 오염된 미생물 중 전세균에 대한 방사선 감수성을 측정하여 본 결과 Fig. 2에서와 같이 D_{10} 값이 2.93 kGy로 확인되었다. 따라서 본 실험의 결과 시금치 분말의 미생물학적 품질개선에 필요한 최저 감마선 조사량은 시료의 초기오염도에 따라 다소 차이는 있겠으나 6~7kGy 범위로 나타났으며, 3개월 저장된 시료의 미생물 농도는 수치로 나타내지는 않았으나 저장초기와 거의 변화가 없었다.

이상의 결과는 주요 농수산가공품의 미생물 분포와 살균에 대한 연구보고^(16, 18)와 유사한 경향으로서, 대부분의 농산건조가공품은 건조, 가공, 저장기간 동안 세균, 곰팡이, 효모 등의 높은 오염으로 살균처리가 요구되며 살균방법으로는 훈증법에 비해 감마선 조사가 더 효과적인 것으로 밝혀지고 있다.

이화학적 품질특성

시금치 분말은 이유식이나 편의가공식품에 있어서 비타민과 무기질 공급원으로 주로 이용되고 있으나 대체적으로 미생물의 오염이 높아 제품의 위생적 생산을 위해서는 살균처리가 요구됨을 알 수 있었다. Table 1은 시료의 살균을 위한 감마선 조사와 EO 처리가 시금치

Table 1. Comparative effects of ethylene oxide(EO) and gamma irradiation on physicochemical quality of spinach powder during storage¹⁾

Treatments	Storage period (month)	Ascorbic acid (mg/100 g)	Reducing sugar(%)	pH
Control	0	21.73	8.34	6.89
	3	19.86	6.34	6.60
5 kGy	0	21.72	8.34	6.88
	3	19.92	6.34	6.65
10 kGy	0	21.32	8.47	6.87
	3	19.83	6.44	6.65
EO	0	16.28	7.80	6.98
	3	14.79	6.37	6.76

¹⁾The value is the mean of triplicate experiments and is expressed on the basis of dry weight

Table 2. Comparative effects of ethylene oxide(EO) and gamma irradiation on mineral content of spinach powder¹⁾

Treatments	Mineral content (mg/100 g, dry wt.)						
	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn
Control	167.2	4766	304.0	318.1	1.02	412.6	30.9
10 kGy	166.1	4768	302.6	319.2	1.02	410.0	30.5
EO	159.4	4758	305.1	314.9	0.98	411.6	29.8

¹⁾Minerals were analyzed with A.A. immediately after treatments and each value is the mean of triplicate experiments

분말의 ascorbic acid, 당, 및 pH 안정성에 미치는 영향을 나타낸 것으로서, 먼저 분말의 환원당 함량과 pH 값은 저장기간에 따라 다소 변화하였으나 처리군간에는 거의 차이가 없었다. 그러나 EO 처리된 시료의 ascorbic acid 함량은 대조군이나 감마선 조사군의 함량보다 약 25% 이상 감소됨을 알 수 있었는데 이는 EO 처리시 온습도, 압력 등의 영향이 클 것으로 보여진다⁽¹⁶⁾.

시료의 무기질 성분에서 칼륨이 대부분을 차지하였고 그 다음이 철분, 마그네슘, 칼슘 등이었는데 살균처리에 따른 함량의 변화는 유의적으로 나타나지 않았다(Table 2). 이 같은 결과는 권 등⁽¹⁸⁾의 감마선 조사된 인삼의 무기질 성분에 대한 연구 결과와 일치된 경향이였다.

시금치 분말은 제조시 소화성 향상과 위생적 측면 등을 고려하여 blanching 내지는 가열과정을 거치기 때문에 chlorophyll의 상당한 변화가 예상되므로 살균처리에 따

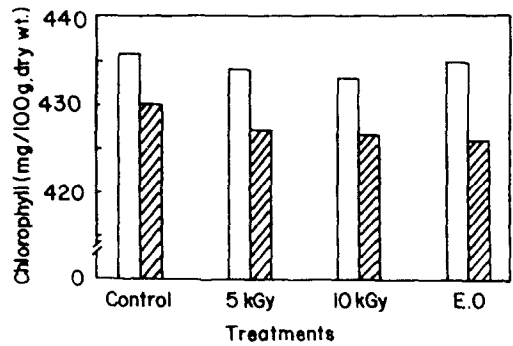


Fig. 3. Comparative effects of ethylene oxide (EO) and gamma irradiation on the chlorophyll content of spinach powder

□ : Immediately after treatments, ▨ : After 3 months of storage

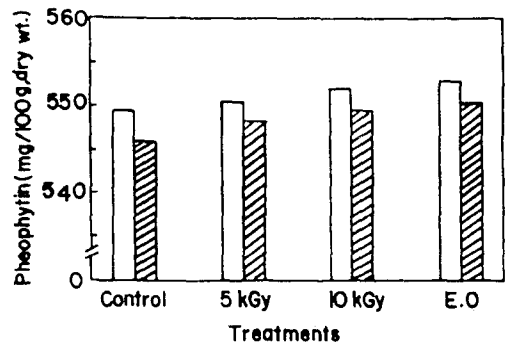


Fig. 4. Comparative effects of ethylene oxide (EO) and gamma irradiation on the pheophytin content of spinach powder

□ : Immediately after treatments, ▨ : After 3 months of storage

Table 3. Comparative effects of ethylene oxide(EO) and gamma irradiation on color of spinach powder

Treatment	Storage period(mon)	Lightness (L)	Redness (a)	Yellowness (b)	Color difference (ΔE)
Control	0	45.9	-6.9	17.1	0.0
	3	40.0	-5.5	16.0	6.2
5 kGy	0	45.9	-7.5	17.1	0.6
	3	40.9	-6.0	15.7	5.3
10 kGy	0	45.9	-6.9	16.7	0.3
	3	41.7	-5.9	15.8	4.5
EO	0	44.6	-7.0	17.3	1.3
	3	41.4	-6.5	16.2	4.6

른 chlorophyll의 함량변화와 조직의 부분적인 파괴시 유기산의 작용으로 생성되는 갈색의 pheophytin 함량을 아울러 측정해 보았다. Fig. 3 및 4에 나타난 바와 같이 chlorophyll의 함량에 비해 pheophytin의 양은 상당히 높게 나타났으며 살균을 위한 감마선 조사는 시금치 분말의 chlorophyll 함량변화와 pheophytin으로의 전환에 어느 정도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이와 같은 경향은 염장미역의 감마선 조사에 의한 chlorophyll retention에 관한 연구에서도 보고된 바 있다⁽²⁰⁾.

그러나 시료의 색도에 대한 기계적 측정에 있어서는 살균처리기간에 유의적인 차이가 없이 실온저장 3개월 후에 전반적으로 명도(L값)가 다소 감소되었음을 보여 주었다(Table 3). 이는 저장기간의 경과와 더불어 chlorophyll의 분해와 pheophytin으로의 전환이 부분적으로 일어났음을 시사해 주고 있다.

관능적 품질

농산 건조가공품은 시료 고유의 풍미와 색택을 지니고 있어 살균처리와 저장에 따른 이들 특성의 변화는 시료의 관능적 품질에 절대적인 영향을 미치게 된다. 본 실험에서는 시금치 분말을 살균처리와 밀봉포장한 다음 실온에서 3개월간 저장하였을 때의 관능적 품질을 평가해 보았다. 8명의 검사요원에 의한 무처리 대조군, EO 처리군, 5 kGy 및 10 kGy 조사군에 대한 평가 결과에서 전반적인 기호도의 순위는 5 kGy 조사군, 대조군, 10 kGy 조사군 및 EO 처리군으로 나타났다.

이상의 순위결과를 무작위 독립범수(1.03, 0.30, -0.03, -1.03)로 환산하여 분산분석을 실시한 결과에서는 5% 수준에서 유의성이 인정되었다. 따라서 다범위검정을 실시해 보았을 때 Table 4에 나타난 바와 같이 5 kGy 조사군 및 대조군은 각각 ethylene oxide 훈증처리된 시료와 전반적인 기호도에서 유의적 차이가 있음이 확인되었다($p < 0.05$). 이 같은 결과는 살균방법으로 사용된 적정선량의 감마선 조사는 시금치 분말의 색소성분에 다소 영향을 미쳤으나 ascorbic acid 및 환원당에 대해서는 EO처리보다 안전하였으며 특히 시료의 관능적 특성에 대해서는 유의적인 영향이 없는 것으로 나타나 변동⁽²¹⁾의 향신료에 대한 연구결과와 유사한 경향이였다.

Table 4. The results of sensory evaluation for overall acceptability of spinach powder treated by ethylene oxide(EO) and gamma irradiation¹⁾

Sample	F value ²⁾	Sample mean ³⁾			
		5 kGy	Control	10 kGy	EO
Spinach powder	4.04	0.51	0.24	-0.16	-0.59

¹⁾Sensory test was performed by the ranking difference analysis with a panel of eight members after three months of storage, putting emphasis on the Flavor and appearance of the products

²⁾F value must exceed 2.95 to be significant at the 5% level and it must exceed 4.57 to be significant at the 1% level

³⁾A common underline drawn in the horizontal row that no significant difference is recognized between the samples on the sensory quality from the Duncan's multiple range test

요 약

편의식품 제조용으로 사용되는 시금치 분말의 미생물학적 품질개선을 목적으로 ethylene oxide와 감마선 조사의 살균효과 비교와 품질 안정성에 미치는 영향을 조사하였다. 시금치 분말시료의 미생물 혼입도는 $10^2 \sim 10^4$ cells/g 수준으로 내열성포자균, 내산성세균, 곰팡이, 대장균 등이 확인되었다. 상법의 EO 훈증법은 오염미생물의 살균에 불충분하였다. 7 kGy 이하의 감마선은 검사된 미생물을 모두 사멸시켰고 호기성 전세균에 대한 방사선 감수성(D_{10})은 2.93 kGy로 나타났다. 시금치 분말의 ascorbic acid 및 환원당 함량은 EO 처리에 의해 유의적으로 감소되었으나 10 kGy 이하의 감마선 조사에 대하여 비교적 안정하였고, 살균선량으로 조사된 분말의 색소특성은 관능적 품질에 영향을 미치지 않았다.

문 헌

1. Kwon, J.H.: Advances in food irradiation technology in Korea and its potential roles in the food industry. Paper presented at the International Symposium on

- Safety and Wholesomeness of Irradiated Foods. Seoul, Korea, 24-25 November(1993)
2. Anon: Food safety. *Food Irradiation Newsletter*, 17, 4(1993)
 3. Ahmed, M.: Up-to-date status of food irradiation. Paper presented at the Final FAO/IAEA RCM of RPFII-Phase III, Taejon, Korea, 20-24 September(1993)
 4. Anon: Position paper. FAO/IAEA/WHO/ITC-UNCTAD/GATT International Conference on the Acceptance, Control of, and Trade in Irradiated Food. *Food Irradiation Newsletter*, 11, 34(1987)
 5. 권중호, 변명우, 최강주, 권대원, 조한옥: 살균처리가 인삼엽록차의 화학성분에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, 24, 65(1992)
 6. American Public Health Association: Standard Method for the Examination of Dairy Products. 14th ed., New York(1978)
 7. Frasier, W.C. and Foster, E.M.: Laboratory Manual for Food Microbiology. 3rd ed., Burgess Publishing Co., U.S.A.(1961)
 8. Ito, H., Watanabe, H., Bagiawati, S., Muhamad, L.J. and Tamura, N.: Distribution of microorganisms in spices and their decontamination by gamma-irradiation. *IAEA-SM-271*, 110(1985)
 9. Difco manual: Dehydrated Culture Media and Reagents for Microbiology. 10th ed., Difco Lab., U.S.A. p.274 (1984)
 10. AOAC: *Official Methods of Analysis*, The Association of Official Analytical Chemists. 15th ed., U.S.A.(1990)
 11. Kobayashi, T. and Tabuchi, T.: A method employing a tribasic sodium phosphate buffered reagent for estimating semimicro quantities of reducing sugars. *J. Agric. Chem. Soc., Japan.*, 28, 171(1954)
 12. 日本食品工業學會 食品分析法編輯委員會 編: 食品分析法. 光琳, 東京, p.464(1982)
 13. Vernon, L.P.: Spectrophotometric determination of chlorophylls and pheophytins in plant extracts. *Anal. Chem.*, 32, 1144(1960)
 14. Osbone, D.R. and Voogt, P.: The Analysis of Nutrients in Foods. Academic Press, London, p.166(1981)
 15. Larmond, E.: Methods for Sensory Evaluation of Food. Publication 1284, Canada Department of Agriculture, Ottawa(1973)
 16. 조한옥, 권중호, 변명우, 양재승, 김영재: Ethylene oxide 처리와 gamma선 조사가 건조농산물의 품질에 미치는 영향. *한국식품위생학회지*, 1, 354(1986)
 17. Kwon, J.H., Byun, M.W. and Cho H.O.: Quality evaluation of ground garlic and onions treated with chemical fumigants and ionizing radiation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 19, 464(1987)
 18. Vajdi, M. and Pereira, R.R.: Comparative effects of ethylene oxide, gamma irradiation and microwave treatments on selected spices. *J. Food Sci.*, 38, 893 (1973)
 19. Kwon, J.H., Belanger, J., Sigouin, M., Lanthier, J., Willemot, C. and Pare, J.: Chemical constituents of Panax ginseng exposed to γ -irradiation. *J. Agric. Food Chem.*, 38, 830(1990)
 20. 변명우, 권중호, 이수정, 남상명, 조한옥: 엄장미역의 감마선 조사에 따른 이화학적 특성 변화. *한국식품위생학회지*, 6, 165(1991)
 21. 변명우, 권중호, 이재원, 조한옥: Ethylene oxide 처리와 방사선 조사 살균 향신료의 관능적 품질 평가. *한국식품과학회지*, 18(6), 427(1986)

(1994년 1월 11일 접수)