

## γ-선 및 훈증제 처리가 당근분말의 품질에 미치는 영향

권중호·변명우<sup>1</sup>·조한욱<sup>1</sup>·김정숙<sup>2</sup>·최선택<sup>3</sup>·이기동·최종욱

경북대학교 식품공학과·<sup>1</sup>한국원자력연구소·<sup>2</sup>계명전문대학·<sup>3</sup>안동전문대학

### Comparative Effects of γ-irradiation and Ethylene Oxide Fumigation on the Quality of Carrot Powder

Joong-Ho Kwon, Myung-Woo Byun<sup>1</sup>, Han-Ok Cho<sup>1</sup>, Jeong-Sook Kim<sup>2</sup>,  
Sun-Taek Choi<sup>3</sup> and Gee-Dong Lee and Jong-Uck Choi

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

<sup>1</sup>Korea Atomic Energy Research Institute, <sup>2</sup>Keimyung Junior College,

<sup>3</sup>Andong Junior College

#### Abstract

For the purpose of improving microbiological quality of carrot powder, which is being used as minor ingredients of convenience foods, comparative influence of γ-irradiation and ethylene oxide(E.O) fumigation was investigated with emphasis on sterilizing effect and physicochemical properties. Carrot powder sample was contaminated with thermophiles  $4.0 \times 10^3/g$ , acid tolerant bacteria  $3.7 \times 10^3/g$  and coliforms  $1.6 \times 10^2/g$ , respectively. And thus sanitation process was required. E.O fumigation in commercial practice was not enough to destroy thermophilic bacteria, while γ-irradiation at below 5 kGy could reduce all microorganisms up to undetected levels. Radiosensitivity( $D_{10}$ ) of thermophiles was shown to be 2.25 kGy. The applicable dose of irradiation to the improvement of microbiological quality showed insignificant influences on the physicochemical quality of the sample.

Keywords : carrot powder, microbiological and physicochemical qualities, γ-irradiation, E.O fumigation

#### 서 론

가공식품에 대한 수요가 다양해짐에 따라 위생적 품질의 가공원료 확보는 무엇보다 중요한 과제가 되고 있다. 특히 가공식품 제조시 사용되는 여러가지 부원료들은 국내에서 생산되는 것 외에도 수입되는 종류와 양이 매년 증가되고 있어 균일한 품질의 원료 확보는 매우 어렵다 하겠다<sup>(1)</sup>.

농산물 생산의 계절성은 연중 안정공급을 위한 생체저장이나 건조된 상태로의 1차가공을 필요로 하게 되며, 건조 농산물은 대부분 박편(flake)이나 분말형태로 가공되고 있다. 이와 같은 건조 가공품은 비교적

수분함량이 낮지만 수확, 가공 및 저장 과정에서 미생물의 오염가능성이 높아 가공원료로 사용되기전 살균·살충 등 위생화 처리가 요구된다<sup>(2)</sup>. 특히 이들이 편의식품이나 이유식 등에 사용되기 위해서는 위생적 품질관리가 필요하다 하겠다.

본 연구에서는 분말상태의 식품에 대한 살균효과 불충분과 안전성 측면에서 문제점이 지적되어 금지추세에 있으나<sup>(3)</sup> 아직 여러나라에서 사용되고 있는 에틸렌 옥시드 훈증법과 투과성 및 안전성이 확인된 감마선 에너지와의 살균효과를 비교하고, 아울러 이들이 당근분말의 이화학적 품질에 미치는 영향을 검토하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 당근분말은 Y식품(주)에서 구입한 분말원료를 80mesh 이하로 전처리 한 다음 AOAC 방법<sup>(4)</sup>에 따라 일반성분을 분석해 본 결과, 수분 6.40%, 조단백질 14.56%, 조지방 2.79%, 조섬유 9.62%, 조회분 9.41% 및 가용성무질소물 57.22%였다.

### 살균처리

당근분말의 감마선 조사를 위하여 시료를 PE/NY 접합필름에 일정량씩 포장한 뒤 <sup>60</sup>Co  $\gamma$ -선 선원(한국원자력연구소 저준위 시설)을 이용하여 시간당 400Gy의 선량율로 3, 5 및 10kGy를 실온에서 각각 조사하였다. 또한 에틸렌 옥시드(ethylene oxide, E.O)훈증은 전문 처리업체(T Gas화학)에 의뢰하여 처리하였다. 즉, 훈증용 시료는 포장의 상단을 개봉하였으며 이 때 가스조성(E.O : CO<sub>2</sub>)은 30:70(w/w%), 처리온도 50~55°C, 상대습도 30~50%, 압력 0.6~1.0Kg/cm<sup>2</sup>G, 가스 밀도 1.77Kg/m<sup>3</sup> 등의 조건하에서 8시간 동안 훈증처리하고 수회 탈기한 뒤 재포장하여 감마선조사 시료와 함께 실온에 3개월간 저장하면서 실험에 사용하였다.

### 미생물 검사

중온 호기성 전세균(mesophilic aerobic bacteria)은 APHA표준방법<sup>(5)</sup>에 따라 TGY agar(Difco Lab.)를 사용하여 30°C에서 1~2일간 배양하였고, 중온 호기성 포자균(mesophilic aerobic spores)은 시료현탁액 10ml를 살균된 시험관에 옮겨 80°C 항온조에서 10분간 가열처리하고 냉각수로 냉각시킨 뒤 TGY agar를 사용, 위와 동일한 방법으로 접종하여 30°C에서 2~3일간 배양한 후 계수하였다. 산저항성 세균(acid tolerant bacteria)은 tomato juice agar(Difco Lab.)를 사용하여 plate method로 측정하였다<sup>(6)</sup>. 곰팡이류(fungi)는 MGY-chloramphenicol agar를 사용하여 30°C에서 3~5일간 배양한 후 계수하였다<sup>(7)</sup>. 대장균군(coliforms)은 desoxycholate agar(Difco Lab.)를 이용한 pour plate method로 37°C에서 1~2일간 배양하여 형성된 집락을 계수하였다<sup>(8)</sup>.

### Ascorbic acid 정량

당근분말의 ascorbic acid 함량은 2,4-dinitrophenylhydrazine(DNP)법<sup>(9)</sup>에 의하여 total ascorbic acid의 함량을 측정하고 mg/100g으로 나타내었다.

### 환원당 정량

시료의 환원당 함량은 Somogyi변법<sup>(10)</sup>에 따라 정량하여 glucose함량(%)으로 나타내었다.

### pH 측정

시료 5g에 탈이온수 20ml를 가하여 잘 혼합한 뒤 원심분리하여 얻어진 상층액에 대하여 pH meter(Corning pH meter, Model 5)를 이용하여 실온에서 3회 반복 측정하였다.

### 무기질 정량

시료 일정량을 습식분해법<sup>(11)</sup>에 따라 전처리한 뒤 원자흡광분석기(atomic absorption spectrophotometer)를 사용하여 Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn을 각각 분석하였다.

### Carotenoid 정량

당근분말의 carotenoid 색소함량은 Yamamoto등<sup>(12)</sup>의 방법에 따라 methanol 색소추출액 50ml에 KOH 7.5g을 가하고 magnetic stirrer상에서 20분간 검화시켰다. 여기에 50ml의 diethyl ether와 동량의 10% NaCl용액을 가하여 색소를 ether층으로 옮겼다. 동량의 물로서 5회 반복 수세하고 무수 황산나트륨으로 탈수시킨 뒤 농축하였으며, 농축액은 acetone으로 5배 희석하여 450nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 색도측정

각 시료의 색도는 살균처리 직후와 실온에서 3개월 저장후에 분말자체를 시료로 하여 color and color difference meter(Model ND-1001 DP)에 의해 명도(L값), 적색도(a값), 황색도(b값) 및 색차( $\Delta E$ 값)를 각각 측정하였다. 이때 사용된 표준백판(standard plate)은 L값 90.6, a값 0.4 및 b값 3.3이었다.

결과 및 고찰

미생물 분포

본 실험에 사용된 당근분말의 미생물 분포와 오염 정도는 Table 1과 같다. 중온성 전세균의 농도는  $4.92 \times 10^8$  cells/g으로 비교적 낮게 오염되어 있었으며, 전세균의 대부분이 내열성 포자균으로 나타나 분말 제조중 열처리 과정을 거쳤음이 확인되었다. 그리고 산저항성 세균은  $3.71 \times 10^8$  cells/g 수준이었고, 곰팡이류(fungi)는 음성이었으나 대장균군의 농도가  $1.64 \times 10^2$  cells/g으로 나타나 가공부원료로 사용될시 제품의 위생적 품질관리를 위하여 살균처리가 필요한 것으로 나타났다.

Table 1. Distribution of microorganisms in carrot powder

Number of viable cells/g				
Mesophilic total count	Mesophilic aerobic spores	Acid tolerant bacteria	Fungi	Coliforms
$4.92 \times 10^8$	$4.02 \times 10^8$	$3.7 \times 10^8$	—	$1.64 \times 10^2$

살균효과 비교

미생물의 살균에 있어서는 일반적으로 미생물의 종류와 농도, 배지 조성 및 물리적 상태, 환경조건 등에 따라 살균방법에 대한 감수성이 달라진다. Fig. 1은 당근분말 시료에 오염된 미생물에 대하여 감마선 조사와 에틸렌 옥시드의 살균효과를 비교하여 나타내었다. 당근분말에 오염된 미생물은 감마선에 대한 감수성이 높아 모든 미생물이 5kGy 조사선량에서 검출한계 이하로 사멸되었다. 그러나 상업적 조건의 에틸렌 옥시드 훈증처리 시료에서는 살균효과가 불충분하여 전세균과 내열성 포자균이  $10^6$  cells/g 이상 잔존함을 알 수 있었다. 미생물의 방사선 감수성은  $D_{10}$ 값 (decimal reduction dose: 초기에 오염된 미생물의 농도를 90% 사멸시키는 데 필요한 방사선 조사선량)으로 나타내는데 본 시료에 오염된 내열성균의  $D_{10}$ 값은 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 2.25kGy였으며, 오염된 대장균군의 사멸과 총세균의 오염도를 분말 식품의 일반 허용기준치인  $10^6$  cells/g 이하로 격감시키기 위해서는 최저 3kGy의 감마선 조사선량이 요구되었다. Farkas

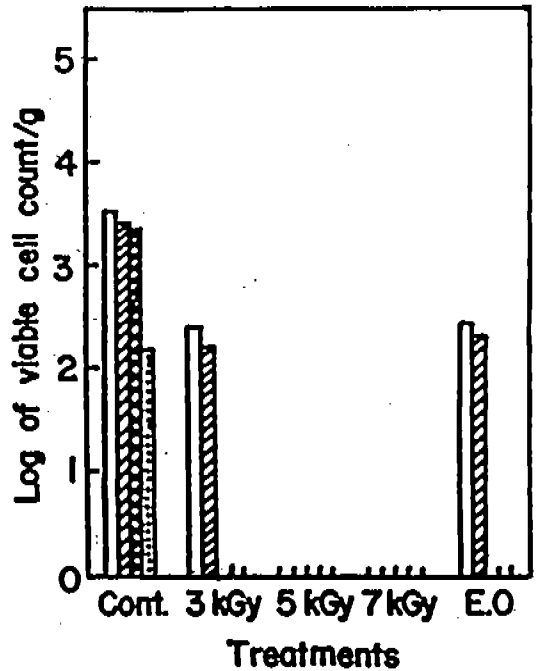


Fig. 1. Comparative effects of γ-irradiation and ethylene oxide(E.O) fumigation on microbial decontamination of carrot powder.

- : Mesophilic total count
- ▨ : Mesophilic aerobic spores
- ▩ : Acid tolerant bacteria
- ▧ : Coliforms

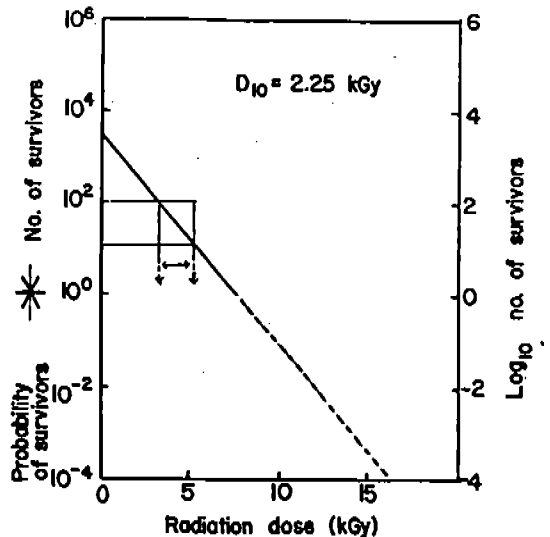
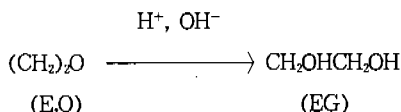
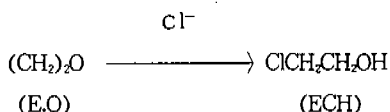


Fig. 2. Idealized dose/log survival curve for a population of microorganisms of carrot powder.

등<sup>(13)</sup>은 향신료 등의 방사선 살균시험에서 3-4kGy의 감마선 조사는 각종 미생물을 2-3log cycle 정도 감소시킬 수 있으며, 완전 살균에는 10kGy 이상의 높은 선량이 요구된다고 보고하였다. 또한 Vajdi 등<sup>(14)</sup>, 조 등<sup>(15)</sup>은 여러 종류의 분말식품 및 향신료에 대하여 감마선 조사 및 에틸렌 옥시드의 살균효과 비교실험을 시도한 결과, 적정선량 범위의 감마선 조사는 혼증치리에 비해 살균효과 뿐만 아니라 식품의 이화학적 품질에 미치는 영향에 있어서도 보다 안전한 살균방법임을 보고한 바 있다.

특히 권 등<sup>(16)</sup>은 인삼엽록차의 살균을 위해 에틸렌 옥시드를 처리하였을때 E.O 자체의 잔류성은 물론 식품중의 성분과 아래와 같이 반응하여 발암성으로 밝혀진 ethylene chlorohydrin(ECH)과 ethylene glycol(EG)이 상당량 생성됨을 보고한 바 있다.



이상과 같은 연구결과에서 에틸렌 옥시드의 문제점이 점차 제기됨에 따라 국내의적으로 E.O의 사용이 제한되고 있으며<sup>(3)</sup> 이를 대체할 수 있는 효과적인 대체방안 마련이 시급한 실정이다.

**이화학적 특성변화**

당근분말은 이유식이나 편의식품 제조시 비타민과 섬유질 급원으로 사용되고 있으나 건조, 가공, 유통 중 여러가지 미생물에 의해 쉽게 오염됨에 따라 위생적인 가공원료의 확보가 요망되고 있다. Table 2는 당

근분말의 살균처리가 ascorbic acid 함량, 환원당 함량 및 pH에 미치는 영향을 살균처리 직후와 실온에서 3개월 저장후에 각각 측정된 결과를 나타내었다. 먼저 ascorbic acid 함량은 조사선량의 증가와 E.O처리로서 감소되었고 환원당 함량과 pH의 변화는 거의 나타나지 않았다. 그러나 시료의 저장기간은 성분의 함량과 pH의 변화에 유의적인 영향을 가져왔다. 본 결과에서 살균처리에 따라 변화가 인정된 ascorbic acid의 함량은 살균선량 범위인 5kGy에서는 유의적인 차이가 없었으나 E.O 처리군에서는 대조군에 비하여 10%이상 감소됨을 알 수 있었다.

Table 3은 살균처리에 따른 당근분말의 무기질 성분의 변화를 나타낸 것으로서 K, Mg 등이 높은 함량을 차지하였으며 비교적 고선량인 10kGy 조사와 E.O 처리에 따른 영향은 유의적으로 나타나지 않았다. 이 같은 결과는 권 등<sup>(17)</sup>의 감마선 조사 인삼에 대한 보고에서 무기질 성분은 10kGy까지의 감마선에 의해 매우 안정하였다는 내용과 일치하였다.

당근분말의 carotenoid 색소는 감마선 조사선량의 증가에 따라 점차 감소되었고 E.O 처리군에서도 상당한 영향을 받았으며, 특히 실온에서 3개월 저장후에는 그 함량이 크게 감소되었다(Fig 3). 이와 같은 색소의 감소는 외관적으로 뿐만 아니라 기계적 측정에서도 나타났는데 무엇보다도 고선량 조사시 적색도의 감소가 두드러지게 나타났다(Table 4). 당근분말의 기계적 색도를 살균직후와 실온저장 3개월후에 각각 측정하여 본 결과 시료의 명도(L값)는 저장기간에 따라 다소 감소되었으나 감마선이나 E.O처리의 영향은 거의 나타나지 않았다. 그러나 적색도(a값)와 황색도(b값)는 특히 고선량의 감마선에 의해 감소되었는데 NBS기준에 의하면 3kGy 조사군은 약간(slight), 5kGy 조사선군은 감지할수 있게(noticeable), 그리고 10kGy 조사군에서는 많이(much) 감소됨을 확인하였다.

Table 2. Comparative effects of γ-irradiation and ethylene oxide(E.O) on the physicochemical quality of carrot powder during storage\*

Treatments	Storage period (month)	Ascorbic acid (mg/100g)	Reducing sugar (%)	pH
Control	0	18.86	18.60	6.94
	3	16.55	16.98	6.64
5kGy	0	18.49	18.81	6.82
	3	16.58	16.78	6.65
10kGy	0	17.44	18.60	6.81
	3	15.83	16.78	6.55
E.O	0	16.72	18.21	6.81
	3	14.91	16.98	6.58

\* The value is the mean of triplicate experiments and is expressed on the basis of dry weight

Table 3. Comparative effects of γ-irradiation and ethylene oxide fumigation(E.O) on the mineral content of carrot powder\*

Treatments	Mineral content(mg/100g, dry wt.)						
	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn
Control	256.4	846.2	220.1	726.5	1.10	363.2	206.6
10kGy	257.3	846.7	218.9	725.1	1.06	364.0	204.9
E.O	255.3	845.8	215.7	725.8	0.99	362.8	204.4

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

Table 4. Comparative effects of γ-irradiation and ethylene oxide(E.O) fumigation on the color of carrot powder

Treatments	Lightness(L)	Redness(a)	Yellowness(b)	Overall difference(ΔE)
Control	76.9(75.3)*	12.6(5.8)	25.4(21.6)	0.0(0.0)
3kGy	77.0(75.4)	12.0(5.6)	24.9(20.9)	0.8(0.7)
5kGy	77.8(75.8)	10.1(4.9)	23.5(19.9)	3.8(2.0)
10kGy	77.5(75.5)	5.8(4.3)	19.9(18.1)	9.6(3.8)
E.O	77.1(74.7)	11.8(6.8)	25.1(22.6)	1.3(1.5)

\* Number in parenthesis designates the value of stored sample at RT for three months

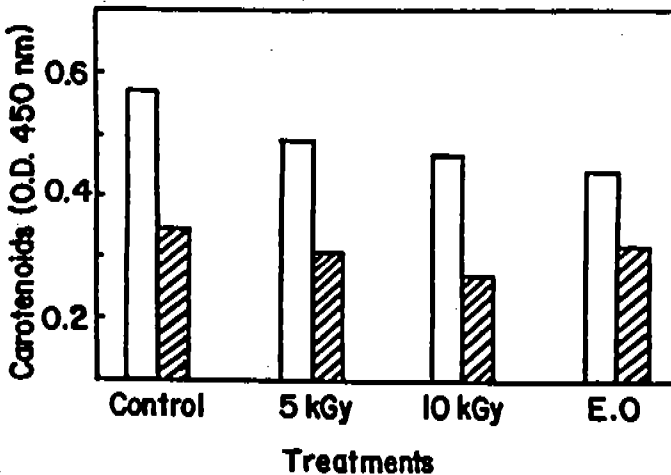


Fig. 3. Comparative effects of γ-irradiation and ethylene oxide(E.O) on carotenoid content of carrot powder

: Immediately after treatments

: After 3 months of storage

식물성 carotenoid 색소에 대한 방사선 조사의 영향은 몇가지 과채류에 대하여 다양하게 연구되었는데<sup>14)</sup>, 그 결과는 대부분 고선량의 방사선 조사는 carotenoid의 함량을 상당히 감소시키지만 방사선 조사시 시료의 물리적 상태나 특히 포장방법의 개선(질소포장 또는 진공포장 등) 등은 색소의 보존에 효과적이었고, 실온에서의 저장은 색소의 손실을 크게 초래한다고 하여 본 실험의 연구결과와 유사한 경향을 보였다.

본 실험의 결과에서 당근분말의 살균을 위해 사용된 E.O 혼중계는 이화학적 품질에 미치는 영향은 크지 않았으나 살균효과의 불충분이 문제점으로 나타났다. 그러나 감마선 조사의 경우는 살균효과가 확실할 뿐만 아니라 미생물학적 품질개선에 필요한 조사선량은 시료의 이화학적 특성에 유의적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 새로운 살균법으로 기대되어진다.

## 요 약

편의식품의 부원료로 사용되고 있는 당근분말의 미생물학적 품질개선을 목적으로, 감마선 조사와 에틸렌옥시드(E.O) 혼중처리시 살균효과와 이화학적 특성에 미치는 영향을 비교 검토하였다. 본 실험에 사용된 당근분말 시료에는 내열성 세균( $4.0 \times 10^3/g$ ), 산저항성 세균( $3.7 \times 10^3/g$ ) 및 대장균군( $1.6 \times 10^2/g$ )이 각각 검출되어 살균처리가 요구되었다. 상업적 조건의 E.O 혼중은 내열성 세균의 사멸에 불충분하였으나 5kGy 이하의 감마선은 모든 미생물을 검출한계 이하로 감소시켰고, 내열성 세균에 대한 방사선 감수성은 2.25kGy로 나타났다. 미생물학적 품질개선이 가능한 감마선 조사선량은 당근분말의 ascorbic acid, 환원당, carotenoid, 무기질 등의 이화학적 특성에 유의적인 영향을 미치지 않았다.

## 참 고 문 헌

1. Kwon, J. H. (1993) Application of ionizing radiation to preservation of agricultural products. Presented at the International Seminar on Post-harvest Technology of Agricultural Products. July 2~3, Taegu, Korea
2. 조한옥, 권중호, 변명우, 양재승, 김영재(1986) Ethylene oxide와 gamma선 조사가 건조 농산물의 품질에 미치는 영향. 한국식품위생학회지, 1, 133~141
3. Kwon, J. H.(1993) Advances in food irradiation technology in Korea and its potential roles in the food industry. Presented at the International Symposium on Safety and Wholesomeness of Irradiated foods. November 24~25, Seoul, Korea
4. AOAC(1990) Official Methods of Analysis. AOAC, 15th ed., Washington, D.C.
5. American Public Health Association(1978) Standard Method for the Examination of Dairy Products. 14th ed., New York
6. Frazier, W. C. and Foster, E. M.(1961) Laboratory Manual for Food Microbiology, 3rd ed., Burgess Publishing Co., U.S.A.
7. Ito, H., Watanabe, H., Bagiawati, S., Muhamad, L. J. and Tamura, N.(1985) Distribution of microorganisms in spices and their decontamination by gamma-irradiation. IAEA-SM-271. Pp. 110~123
8. Difco manual(1984) Dehydrated culture media and reagents for microbiology. 10th ed., Difco Lab., U.S.A. Pp.274~275
9. 日本食品工業學會 食品分析法編集委員會編(1991) 食品分析法. 光琳, 日本, 東京, Pp.464~476
10. Kobayashi. T. and Tabuchi. T.(1954) : A method employing a tribasic sodium phosphate buffered reagent for estimating semimicro quantities of reducing sugars. J. Agri. Chem. Soc., Japan., 28, 171~174
11. Osborne, D. R. and Voogt, P. (1981) The Analysis of Nutrients in Foods. Academic Press, London, Pp.166~182
12. Yamamoto, H. Y., Chichester, C. O. and Nakayama, T. O.(1962) Xanthophylls and the hill reaction. Photochem. and Photobiol., 1, 53~57
13. Farkas, J., Beczner, J. and Incze, K. (1973) Feasibility of irradiation of spices with special reference to paprika. IAEA-SM-166/66, Pp.10~389
14. Vajdi, M. and Pereira, R. R.(1973) Comparative effects of ethylene oxide, gamma irradiation and micro-

- wave treatments on selected spices. J. Food Sci., 38, 893~895
15. 조한옥, 변명우, 권중호, 이재원, 양재승(1989) 향신료의 ethylene oxide 처리와 감마선 조사와의 살균효과 비교. 한국식품과학회지, 18(4), 283~287
16. 권중호, 조한옥, 변명우, 김석원, 양재승(1989) 식품에 대한 방사선의 이용연구. KAERI/RR-852/89, Pp.32~51
17. Kwon, J. H., Belanger, J., Sigouin, M., Lanthier, J., Willemot, C. and Pare, J. (1990) Chemical constituents of panax ginseng exposed to γ-irradiation. J. Agri. food Chem., 38, 830~833
18. Snauwaert, F., Tobback. P. P., Anthonissen, A. and Maes, E.(1973) Influence of gamma irradiation on the provitamin A( $\beta$ -carotene) in solution. IAEA-SM-166/2, Pp. 29~46
19. Elias, P. S. and Cohen, A. J.(1977) Radiation Chemistry of Major Food Components. Elsevier Sci. Pub. Co., Pp. 187~195