식물성 혼합조미료의 품질개선을 위한 감마에너지의 이용

권중호·변명우·차보숙·양재승·조한옥

한국에너지연구소

Improvement of Hygienic Quality of Vegetable Mixed Condiments Using Gamma-Irradiation

Joong-Ho Kwon, Myung-Woo Byun, Bo-Sook Cha, Jae-Seung Yang, and Han-Ok Cho

Korea Advanced Energy Research Institute, Seoul, 130-650, Korea

ABSTRACT—Vegetable mixed codiments, commercial products prepared using soybean-paste and natto, respectively as the ingredients, were used in a study to evaluate the efficacy of gamma irradiation as a means of decontamination and the emphasis was placed upon the determination of the effect of irradiation on the microbiological and some physicochemical properties of the samples. The number of microorganisms contaminated ranged from 10^6 to 10^7 cells per gram in mesophilic total bacteria, which were composed of thermophiles and acid tolerant bacteria by over 90%. They were reduced by 3 to 4 log cycles with irradiation at 10 kGy. Gamma irradiation at 5 kGy could eliminate the microbial populations of yeasts and molds (10^2 to 10^3 cells per gram) and coliforms (10^2 to 10^6 cells per gram of natto condiments). However, total destruction of microorganisms in soybean-paste and natto condiments was shown to be possible at a dose-range more than 10 kGy. Irradiation up to 10 kGy was not detrimental to the physicochemical properties of the sample, such as pH, amino nitrogen, rancidity and color, even though some change was brought about in the content of sulfur-containing amino acids.

Keywords□Gamma irradiation, Vegetable mixed condiments, Thermophiles, Acid tolerant bacteria, Coliforms.

Convenience food에 대한 수요가 크게 증가됨에 따라 이들 식품의 대량생산시 사용되는 가공 부원료의 일정한 품질과 위생적 상태는 곧 최종제품의 유통 및 저장과정에서의 품질안정성에 직접적인 영향을 미치는 것으로 생각된다. 이와같이 식품 소비패턴의 변화와 더불어 가공식품의 수요와 다양화가 요구되었고, 나아가 식품공업에서의 품질관리의 중요성이 새롭게 인식되고 있다. 가공식품 제조시 사용되는 여러가지 부원료들은 국내에서 생산되는 것 외에도 외국으로부터 수입되는 원료들이 많아 위생적인 측면에서 균일한 품질을 기대하기란 매우 어려우며, 따라서 가공원료로 사용되기 전이나 가공된 제품의 형태로서 살균, 살충, 감균 등의 위생화 처리과정을 거침으로써 제품의 품질향상과 유통 및 저장과정에서의 안정성을 높일 수 있다. 이상과 같은 품질관리 공정의 필요성은 국내외 식품공업에서 일찌기 인식되어 왔으며, 그 처리방법으로서는 가열, 자외선조사, microwave처리, 훈증제 등이 대부분 개발 이용되어 왔으나 살균효과, 고온에 의한 품질변화, 제품의 물리화학적 특성변화, 2차오염, 유독성, 경제성 등

Received for publication 19 October, 1988
Reprint request; Dr. J.H. Kwor at the above address

에 있어서 문제점이 지적되어 사용에 제한을 받아 왔으며[1-5], 특히 상업적으로 가장 많이 이용되어 오던 화학훈증제(ethylene oxide, ethylene dibromide 등)는 약제성분의 잔류와 유해성, 환경공해 등으로 선진국에서는 사용이 금지되었거나[6,7] 잔류량을 엄격히 규제하면서 효과적인 대체방안으로서 방사선 조사기술을 이용하고 있는 추세이다. 식품에 대한 방사선에너지의 이용 분야는 그 안전성에 가장 큰 비중을 두고 연구되어 왔으며, 국내외 보건당국에서도 방사선 조사식품의 허가와 국제적 무역 등에 있어서 신중한 자세와 소비자인 전 인류의 보건과 안전을 위한 정책을 수립해 나가고 있다. 국내에서는 동 분야에 대한 연구가 지난 60년대 중반부터 시작되었고, 최근에는 몇가지 식품에 대한 방사선 조사허가가 발표된 바 있다. 즉, 보건사회부에서는 1987년 10월 16일에 국내에서는 최초로 감자, 양파, 마늘, 밤, 생버섯 및 건조버섯에 대해 최고 1.0 kGy(1 Gy=1 joule/kg=100 rad)까지를, 이어서 금년 9월 1일에는 건조향신료(고추, 후추, 마늘, 양파, 파, 생강)의 위생화를 목적으로 10 kGy 이하의 감사선조사를 허가한 바 있다[8]. 따라서 이상의 허가식품에 대한 방사선 조사기술의 이용은 소비자나 식품가공업자, 식품수출업자 등이 제규정을 준수하면서 처리식품의 품질이나 경제성 등을 고려하여 선택할 수 있도록 발전되어 나가리라고 본다. 본 연구는 식품에 대한 방사선에너지의 이용분야 중 전세계적으로 이용이 가장 활발한 건조(가공)식품의 품질개선과 관련된 내용으로서, 수요가 날로 증가되고 있는 혼합조미료의 위생적 품질관리와 효과적인 살균법을 검토할 목적에서 감마선이 조사된 제품의 품질을 평가하였다.

재료 및 방법

시료—본 실험에 사용된 시료는 국내의 J사(시료 I)와 S사(시료 II)에서 생산된 식물성 혼합조미료 즉, 된장과 청국장을 원료한 혼합조미료를 각각 제조일에 구입하여 사용하였다.

살균처리—시판되고 있는 포장된 제품 그 자체를 방사선 조사시료로 하여 구입즉시 Co-60, 10,000 Ci 감마선 조사시설을 이용 시간당 400 Gy의 선량율로 3, 5, 7 및 10 kGy를 각각 조사시킨 후 비조사 대조시료와 함께 실험에 사용하였다.

미생물검사—중온성 호기성 전세균(mosophilic aerobic bacteria)은 APHA 표준방법[9]에 따라 TGY agar(Difco Lab.)를 사용하여 30℃에서 1-2일간 배양하였고, 중온호기성 포자균(mesophilic aerobic spores)은 시료현탁액 10 m*l*를 살균된 시험관에 옮겨 80℃ 항온조에서 10분간 가열처리하고 냉각수로 냉각시킨 뒤 TGY agar를 사용, 위와 동일한 방법으로 접종하여 30℃에서 2-3일간 배양한 후 계수하였으며, 산저항성세균(acid tolerant bacteria)은 tomato juice agar(Difco Lab.)를 사용하여 plate method로 측정하였다[10]. 효모 및 곰팡이(yeasts & molds)는 potato dextrose agar(Difco Lab.)를 사용하여 살균된 10%-tartaric acid로 pH를 3.5로 보정한 뒤 30℃에서 2-5일간 배양하였고, 대장균군(coliforms)은 desoxycholate agar(Difco Lab.)를 이용한 pour plate method로 37℃에서 1-2일간 배양하여 형성된 집락을 계수하였다[11].

일반성분—시료의 수분, 조단백질, 조지방, 조회분의 함량은 AOAC방법[12]에 따라 측정하였으며, 전당은 시료 일정량을 25% 염산용액으로 가수분해 시킨뒤 환원당과 함께 Somogyi변법[13]에 의해 정량하고 glucose의 양(%)으로 나타내었다.

pH측정—시료 5g에 탈이온수 20 m*l*를 가하여 잘 혼합한 뒤 원심분리하여 얻어진 상등액을 pH meter(corning pH meter, model 5)에 의해 실온에서 측정하였다.

아미노태 질소의 정량—혼합조미료의 아미노태 질소함량은 formol적정법[14]에 따라 측정하여 백분율로 나타내었다.

아미노산의 정량—식물성 혼합조미료 시료의 총아미노산 함량은 6N 염산에 의해 15 lbs, 121℃에서 3시간 동안 가수분해 시킨뒤 분해액을 membrane filter(0.45 μm)로서 여과하고, cartridge C_{18}을 이용하여 지방질, 색소 등을 제거한 다음 아미노산 분석기(Hitachi model 835)에 의해 분석하였다.

산패도 측정—시료의 살균처리에 따른 지방질 성분의 산패도를 알아보기 위해서 thiobarbituric acid 값을 Turner 등[15]의 방법에 준하여 538 nm

에서 흡광도를 측정하였다.

색도측정—혼합조미료의 방사선조사에 따른 색도의 변화는 color & color difference meter (Nippon Denshoku Kogyo, model ND-1001 DP)를 이용하여 조사 직후에 명도(L값), 적색도(a값), 황색도(b값) 및 색차(ΔE)를 각각 3반복으로 측정하였다.

결과 및 고찰

혼합조미료의 미생물분포—본 실험에 사용된 식물성 혼합조미료(2종 4가지)의 미생물 분포와 오염정도는 Table 1과 같다. 중온성 전세균의 농도는 4가지 시료 모두 10^6 cells/g 이상으로 높게 오염되어 있었으며, 전세균의 95% 이상이 내열성 세균으로 분포되어 있음은 매우 특이한 현상이었다. 이는 메주분말의 혼합으로 포자를 형성하는 *Bacillus*속 세균의 존재가 그 원인으로 생각되는데 이와같은 결과는 저자 등[16]이 보고한 고추장분말 시료의 미생물 분포에 대한 내용과 매우 유사하였다. 그리고 산저항성 세균 역시 10^6 cells/g 이상의 수준이었으며 곰팡이와 효모는 10^2 cells/g 정도였고, 대장균군은 청국장을 원료로 한 혼합조미료에서만 10^2-10^6 cells/g으로 상당히 높게 나타났다. 이상의 내용을 볼 때 시료로 사용된 혼합조미료는 발효된 된장과 청국장을 원료로 하고 있어 미생물 분포가 다양하고 오염도도 매우 높게 나타나 제품의 위생적인 측면이나 품질관리를 위하여 살균과정이 필요한 것으로 나타났다.

미생물의 방사선 살균효과—방사선에 의한 미생물의 살균작용은 미생물의 종류와 농도, 매개체의 화학적 조성 및 물리적상태, 방사선조사 전후의 환경조건 등에 따라 살균선량이 달라지며, 방사선의 일반적인 살균기작은 생명현상을 지배하는 DNA를 표적으로, DNA 분자에 미치는 손상기작은 불분명하지만 세포내 DNA의 공유결합이 절단되어 purine이나 pyrimidine 염기가 손실되어 치명적인 돌연변이가 일어나거나 DNA 사슬이 절단되어 다시 수복이 되지 못하면 사멸하게 된다는 것이다[17].

Fig. 1과 Fig. 2는 식물성 혼합조미료(4가지)의 방사선 살균효과를 나타낸 것이다. 된장 및 청국장을 원료로 한 조미료에 있어서 효모, 곰팡이 및 대장균군은 일반적으로 방사선감수성이 높아 5 kGy의 감마선 조사로서 완전 사멸되었으나 10^6-10^7 cell/g 범위의 중온성 세균과 내열성 및 내산성 세균은 10 kGy 조사로서 3-4 log cycles 정도 감소되었으며, 완전살균을 위해서는 15-20 kGy 정도의 높은 선량이 요구되었다. 또한 이들의 D_{10}값(미생물의 농도를 90% 사멸시키는데 필요한 방사선조사량)도 된장 조미료가 3.67-3.83 kGy, 청국장 조미료가 3.63-4.58 kGy로 높은 값을 나타내었다. 이와같은 결과는 저자 등[16]이 보고한 주요 농산가공품의 방사선 살균효과에서 고추장 분말시료의 D_{10}값(3.99 kGy)과 유사하였으나 느타리버섯 분말(3.19 kGy), 참깨(2.73 kGy) 및 당근 flake(1.87 kGy)보다는 상당히 높은 값이었다. Juri 등[18]은 향신료 및 분말식품의 오염미생물에 대한 방사선 살균시험에서 전세균은 5-15 kGy, 내열성 세균은 4-10 kGy 조사로서 10^3 cells/g 이하

Table 1. Distribution of microorganisms in vegetable mixed condiments[a]

Samples		Colony forming units/g sample				
		Mesophilic aerobic total bacteria	Mesophilic aerobic spores	Acid tolerant bacteria	yeasts & molds	Coliforms
Soybean-paste condiments	I	8.4×10^6	7.9×10^6	6.6×10^6	5.9×10^2	-
	II	8.3×10^6	6.8×10^6	5.5×10^6	3.7×10^2	-
Natto condiment	I	3.6×10^7	1.5×10^7	1.3×10^7	1.2×10^3	3.6×10^6
	II	4.1×10^6	3.6×10^6	3.0×10^6	1.0×10^3	2.3×10^2

[a]Microbial examinations were conducted immediately after irradiation by triplicate experiments

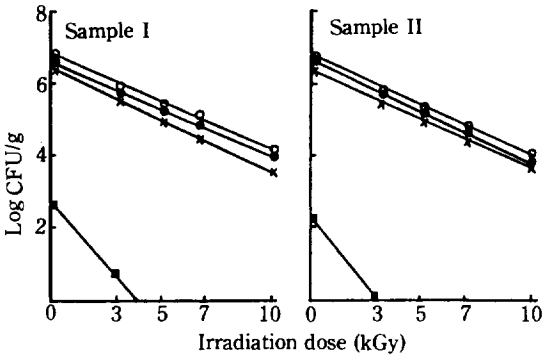

Fig. 1. Inactivation of microorganisms in soybean-paste condiment by gamma irradiation.
-○-, mesophilic aerobic total bacteria: -●-, mesophilic aerobic spores: -×-, acid tolerant bacteria: -■-, yeasts & molds.

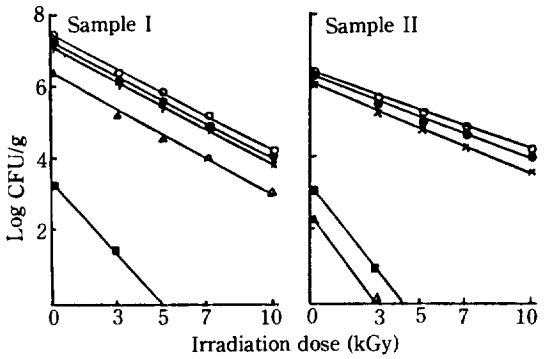

Fig. 2. Inactivation of microorganisms in natto condiment by gamma irradiation.
-○-, mesophilic aerobic total bacteria: -●-, mesophilic aerobic spores: -×-, acid tolerant bacteria: -■-, yeasts & molds: -△-, coliforms.

로 격감시킬 수 있었고 대장균은 4-10 kGy 조사로서 완전 사멸되었다고 하였으며, Farkas 등[19]도 혼합조미료에 1-4 kGy의 감마선조사로서 각종 미생물을 2-3 log cycles 정도 감소시켰으며 완전살균을 위해서는 15-20 kGy의 선량이 요구되었다고 하였다. 그런데 향신료 및 혼합조미료의 살균, 살충을 위한 화학약품의 처리가 건강장해 및 환경공해 때문에 국제적으로 그 사용이 점차 금지되고 있는 실정이며[6,7], 특히 살균, 살충의 불충분 등 많은 문제점을 감안해 볼 때 이미 국제기관(FDA, FAO/IAEA/WHO)에서 건전성과 경제성이 공인된 방사선조사 기술을 이용한다면 혼합조미료의 종류에 따라 다소의 차이는 있으나 FDA에서 허용된 선량(30 kGy)[20]의 1/2-1/3 정도인 7-15 kGy 선량 범위로서도 오염 미생물을 격감 및 살균시켜 제품의 위생적 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

Table 2. Effect of gamma irradiation on the physicochemical properties of soybean-paste condiment[a]

Sample	Irradiation (kGy)	Amino-N (%)	TBA값 (OD,538nm)	pH
Sample Ⅰ	0	1.50	0.222	5.35
	3	1.49	0.228	5.35
	5	1.51	0.257	5.33
	7	1.48	0.264	5.34
	10	1.50	0.274	5.33
Sample Ⅱ	0	1.25	0.329	5.08
	3	1.18	0.325	5.08
	5	1.19	0.354	5.07
	7	1.26	0.360	5.07
	10	1.23	0.362	5.08

[a]Samples were determined immediately after irradiation and each value is the mean of triplicate experiments.

Table 3. Effect of gamma irradiation on the physicochemical properties of natto condiment[a]

Sample	Irradiation (kGy)	Amino-N (%)	TBA값 (OD,538nm)	pH
Sample Ⅰ	0	0.33	0.178	5.14
	3	0.32	0.187	5.13
	5	0.33	0.224	5.13
	7	0.33	0.241	5.14
	10	0.34	0.251	5.13
Sample Ⅱ	0	1.05	1.251	5.84
	3	1.06	1.300	5.85
	5	1.04	1.303	5.84
	7	1.07	1.291	5.83
	10	1.07	1.321	5.83

[a]Samples were determined immediately after irradiation and each value is the mean of triplicate experiments.

이화학적 특성변화—본 실험에 사용된 2종(4가지)

Table 4. Effect of gamma irradiation on the color parameters of soybean-paste and natto condiments[a]

Irradiation dose (kGy)	Lightness (L)		Redness (a)		Yellowness (b)		Color difference (ΔE)	
	Soybean	Natto	Soybean	Natto	Soybean	Natto	Soybean	Natto
0	58.3	67.7	8.6	6.2	19.5	18.4	0.0	0.0
3	58.3	65.6	8.2	6.6	19.5	18.6	0.4	2.1
5	57.9	66.1	8.6	6.5	19.7	18.7	0.3	1.6
7	58.1	65.7	8.6	6.5	19.8	18.2	0.3	2.0
10	58.2	65.8	7.8	6.5	19.7	18.6	0.8	1.9

[a]Sample II used for color measurement immediately after irradiation and each value is the mean of triplicate experiments.

Table 5. Effect of gamma irradiation on the content of amino acid in soybean-paste and natto condiments[a]

Amino acids	Irradiation dose (kGy)					
	0		5		10	
	S[b]	N[c]	S	N	S	N
Aspartic acid	0.95	2.36	0.98	2.19	1.00	2.20
Threonine	0.35	0.82	0.36	0.76	0.34	0.75
Serine	0.53	1.29	0.52	1.18	0.51	1.20
Glutamic acid	18.61	8.24	18.33	7.87	18.08	7.69
Glycine	0.49	0.99	0.49	0.91	0.47	0.92
Alanine	0.45	0.92	0.43	0.85	0.43	0.81
Cysteine	0.34	0.29	-	0.30	-	-
Valine	0.46	0.83	0.67	0.80	0.45	0.99
Methionine	0.22	0.29	0.09	0.26	0.22	0.17
Isoleucine	0.43	0.74	0.41	0.70	0.41	0.73
Leucine	0.88	1.74	0.82	0.68	0.81	1.62
Tyrosine	0.65	0.04	0.65	0.03	0.68	-
Phenylalanine	0.10	1.43	0.09	1.29	0.07	1.31
Lysine	0.41	0.95	0.39	0.90	0.40	0.89
NH_2	0.19	0.26	0.17	0.26	0.18	0.25
Histidine	0.16	0.57	0.18	0.33	0.17	0.52
Arginine	0.47	1.18	0.48	0.99	0.44	1.05
Proline	0.26	1.20	0.23	1.02	0.22	0.98
Total	25.95	24.14	25.29	22.32	24.88	22.08

[a]Total amino acid content was analyzed immediately after irradiation and expressed as the percentage on the basis of dry weight.
[b]Soybean-paste condiment
[c]Natto condiment

의 식물성 혼합조미료는 수분 2.79-6.72%, 조단백질 21.37-25.84%, 조지방 5.33-10.33%, 조회분 18.08-38.92% 등의 성분조성을 나타내었으며, Table 2, 3 및 4는 시료의 아미노태 질소, TBA값, pH 및 색도의 변화를 나타낸 것이다.

먼저 Table 2와 3에서와 같이 아미노태 질소함량과 pH값은 본 실험에 사용한 조사선량에서 거의 변화되지 않았으나, 지방질성분의 산패도를 나타내는 TBA값은 malondialdehyde 함량으로 나타내지 않았지만 조사선량의 증가와 더불어 다소 증가됨을 알 수 있었다. 그러나 건조식품에 있어서의 이와같은 수준의 TBA값의 증가는 시료의 관능적 특성에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 확인되고 있다[16]. 한편 Table 4는 두가지 혼합조미시료의 색도에 대한 방사선 조사의 영향을 나타낸 것인데 두 시료 모두 큰 변화는 나타나지 않았으나 조사선량의 증가로 전반적인 색의 차이 즉, ΔE값이 다소 상승하였다. 이상과 같이 방사선 조사된 분말식품의 색도변화는 고추장분말, 버섯분말, 마늘 및 양파분말, 후추 및 고추가루 등에 대한 연구에서도 확인된 바 있으며[16,20,21], 이는 방사선조사가 현행 살균법인 화학훈증제나 열처리보다 시료의 외과적 품질에 미치는 영향이 매우 작다는 여러 보고내용으로 미루어 볼 때 관능적으로 별 문제시되지 않을 것으로 생각된다.

Table 5는 된장 및 청국장을 원료로 한 혼합조미료의 총 아미노산에 대한 감마선조사의 영향을 나타낸 것으로서 두 시료 모두 함황아미노산은 방사선에 대해 상당히 민감하였으나 그밖의 대부분의 아미노산은 4-8% 정도 감소됨을 알 수 있었다. 이와같은 현상은 방사선 살균시 확인되었던 몇가지 건조 농산가공품의 경우와 유사하였다[16].

이상의 결과를 종합해 볼 때 본 실험에 사용된 된장 및 청국장을 원료로 한 혼합조미료는 미생물의 혼입도가 매우 높았으며, 특히 오염미생물의 대부분이 내열성 또는 산저항 세균으로서 이는 식품위생적인 측면에서나 제품의 품질관리면에서 중요하게 고려되어야 할 것이다. 그리고 이들 제품에 대한 살균내지는 감균처리가 필수적으로 요구되고 있음을 감안하여 볼 때 제품의 품질을 열화시키지 않은 살균방법의 이용이 바람직하리라고 생각되며, 본 실험에서 이용된 10 kGy까지의 방사선 조사선량은 완전 살균은 불가능하였으나 미생물의 수를 3-4 log cycles 정도 격감시켰고, 특히 대장균의 농도가 높은 청국장 조미시료의 경우 5 kGy 미만의 감마선에 의해서도 완전사멸이 가능하여 이들 혼합조미식품의 품질개선에 감마선의 이용가능성을 확인하게 되었다.

국문요약

식물성 혼합조미료 즉, 된장과 청국장을 원료로 한 시판 혼합조미료(2종, 4가지)의 위생적 품질평가와 혼입미생물의 살균방법을 검토할 목적에서 시료에 3-10 kGy의 감마선을 조사한 후 주요 미생물의 검사와 품질에 관련된 몇가지 이화학적 특성을 조사하였다. 제품의 미생물 혼입도는 매우 높아 중온성 전세균이 10^6-10^7 cells/g이었으며, 이들의 대부분은 내열성 및 내산성 세균으로 나타났고 10 kGy 조사로서 매생물의 수를 3-4 log cycles 정도 격감시킬 수 있었다. 그러나 방사선 감수성이 낮은 이들 내열성 및 내산성 세균의 완전사멸을 위해서는 15-20 kGy의 감마선이 필요할 것으로 예상되었다. 청국장 원료의 혼합조미료에서는 대장균군이 10^2-10^6 cells/g으로 나타났는데, 효모 및 곰팡이와 마찬가지로 5 kGy의 감마선 조사로서 사멸이 가능하여 일반 세균류보다 방사선에 대한 저항성이 낮음을 알 수 있었다. 10 kGy까지의 감마선은 시료의 함황아미노산 함량에 다소 변화를 가져왔으나 pH, 지방질성분, 아미노태질소, 색도 등의 이화학적 특성에는 영향을 거의 미치지 않았다.

참고문헌

1. 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).
2. 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. Tech-*

nol., **19**, 107 (1987).
3. Rajendran, S. and Muthu, M.: Detection of acrylonitrile and ethylene oxide in air and fumigated foodstuffs. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, **27**, 426 (1981).
4. Rajelis, E.P., Fisher, B.S., Klimeck, B.A., and Johnson, C.: Isolation and determination of chlorohydrins in foods fumigated with ethylene oxide or with propylene oxide. *J.A.O.A.C.*, **51**, 709 (1968).
5. Wesley, F., Rourke, B., and Darbishire, O.: The formation of persistent toxic chlorohydrins in foodstuffs by fumigation with ethylene oxide and with propylene oxide. *J. Food. Sci.*, **30**, 1037 (1965).
6. International Atomic Energy Agency(IAEA): FAO/IAEA/WHO/ITCUNCTAD/GATT international conference on the acceptance, control of and trade in irradiated food. *Food Irradiation Newsletter*, **11**(2), 34 (1987).
7. Wetzel, K., Huebner, G., and Baer, M.: IAEA/FAO international symposium on food irradiation processing, Washington, D.C. U.S.A. 4-8 March (1985).
8. The Ministry of Health & Social Affairs: Shikpum Kongjeon (1987, 1988).
9. American Public Health Association(APHA): Standard Method for the Examination of Dairy Products, 14th ed., New York (1978).
10. Frazier, W.C. and Foster, E.M.: Laboratory Manual for Food Microbiology, 3rd ed., Burgess Publishing Co., U.S.A. (1961).
11. 서울특별시 보건연구소 : 병원미생물 검사요원 교재, p. 18(1976).
12. AOAC; Official Methods of Analysis, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. (1980).
13. 小林, 田淵 : 日本農藥化學會誌, **28**, 171(1954).
14. 小原哲二郎, 鈴木降雄, 岩尾裕之 : 食品分析핸드북, 第二編, 東京, 建帛社, p. 51(1977).
15. Turner, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Bessert, M.W., Struck, G.M., and Olson, F.C.: Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *Food Technol.*, **8**, 326 (1954).
16. Cho, H.O., Kwon, J.H., Byun, M.W., Yang, J.S., and Kim, Y.J.: Effects of ethylene oxide fumigation and gamma irradiation on the quality of dried agricultural products. *Kor. J. Food Hygiene*, **1**, 133 (1986).
17. Sangster, D.F.: Radiation Chemistry in Food Preservation. IAEA, Vienna, p.7 (1984).
18. Juri, M.L., Ito, H., Watanabe, H., and Tamura, N.: Distribution of microorganisms in spices and their decontamination by gamma-irradiation. *Agric. Biol. Chem.*, **50**, 347 (1986).
19. Farkas, J., Beczner, J., and Incze, K.: Feasibility of irradiation of spices with special reference to paprika. IAEA-SM-166/66, p.389 (1973).
20. Dept. of Health and Human Services: Irradiation in the production, processing, and handling of food, FDA 21 CFR part 179, Federal Register, 51(75), 18 April (1986).
21. Cho, H.O., Kwon, J.H., Byun, M.W., Kim, Y.J.: Effects of ethylene oxide fumigation and gamma irradiation on the quality of ground red and black peppers. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **18**, 294 (1986).