

감마선과 Methyl Bromide 처리가 녹두의 살충 및 이화학적 특성에 미치는 영향

노미정·권중호[†]·권용정*·허은엽*·권용순**·변명우***

경북대학교 식품공학과, [†]경북대학교 농생물학과
^{**}국립식물검역소, ^{***}한국원자력연구소

Comparative Effects of Gamma Irradiation and Methyl Bromide Fumigation on Disinfestation and Physicochemical Properties of Mung Bean

Mijung Noh, Joong-Ho Kwon[†], Yong-Jung Kwon*, Eun-Yub Huh*,
Yong-Soon Kwon** and Myung-Woo Byun***

Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

^{*}Dept. of Agricultural Biology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

^{**}National Plant Quarantine Service

^{***}Korea Atomic Energy Research Institute, Taejeon 305-353, Korea

Abstract

Comparative effects of gamma irradiation and methyl bromide (MeBr) fumigation on disinfestation and physicochemical attributes of mung bean were investigated. Insects in domestic mung bean were identified to be *Callosobruchus chinensis* Linne. In a disinfestation test, MeBr showed 100% disinfestation effect on larva and adult at 5th day after treatments, while irradiation dose above 3 kGy was effective for disinfesting all larva and adult in mung bean following 10 to 15 days of irradiation. In physicochemical properties of treated samples, nitrogen solubility, TBA value, amino acid and fatty acid compositions were not different among the control, 2.5 kGy-irradiated and MeBr-fumigated samples. MeBr fumigation caused the decrease in lightness (Hunter's L value) and the increase in redness (a value) and yellowness (b value), thereby resulting in overall color difference (ΔE) in a noticeable level (NBS 2.61~2.94).

Key words: mung bean, disinfestation, methyl bromide, gamma irradiation, quality

서 론

녹두(綠豆, green gram, mung bean)는 콩과에 속하는 1년생 작물로 탄수화물(45~62%)과 단백질(20~28%) 함량이 높고 필수아미노산 중 leucine, lysine, valine은 풍부하나 동물성 재료에 주로 많이 들어있는 methionine, tryptophane, cystine은 적게 들어 있다(1).

녹두는 특히 향미가 좋아서 녹두빈대떡과 청포묵으로 애용되고 있으며, 이 밖에 떡고물, 녹두죽, 숙주나물 등으로 이용되고 있다(2). 녹두에 대해서는 그 동안 단백질과 아미노산에 관련된 연구(3)와 숙주나물(4) 및 녹두묵(5)에 대한 연구 등 다양한 연구가 수행되었다

국내 녹두 생산량은 매년 감소하는 추세이며, 수입량은 1998년 대비 1999년에는 168%의 증가율을 보이는 등 수요가 지속됨에 따라 교역량도 증가되고 있다(6). 농산물의 교역이 확대됨에 따라 교역국 간에 품질기준과 검역규제장벽

이 극복되어야 하며, 검역대상 병해충의 경우 수입 전제조건으로 제시된 미분포 특정 검역대상 병해충에 대하여 완전 박멸 방제기술(quarantine treatment)이 요구되고 있다(7,8).

현재 국내 식품방역법규에 의거한 검역대상 병해충으로는 금지 병해충 55종(해충 44종), 관리병해충 1,602종(해충 1,226종)이 관리되고 있다. 식물검역의 경우 수출식물은 약 93개국으로 32,322건이 이루어지고 있는데, 특히 두류 중 녹두 수출의 경우 총 39건(100,240 kg)이 검사되었다. 수입식물은 총 108개국으로부터 111,702건이 이루어지고 있으며, 녹두의 경우 총 221건(3,334,945 kg)을 검사하였는데 이 중에서 1건(54,108 kg)이 소독 처리되었고 1건(160,000 kg)이 폐기 처분되었다(9).

식물해충 검역처리방법으로써 ethylene dibromide의 사용이 금지된 이후(US EPA, 1984)(10), 훈증법(11), 저온처리(12), 환경기체조절(13), 열처리(14) 등 물리적 방법과 생물학적 방법이 부분적으로 대체 사용되고 있다. 그러나 효과가

[†]Corresponding author. E-mail: jhkwon@knu.ac.kr
Phone: 82-53-950-5775, Fax: 82-53-950-6772

불완전하고 처리시간이 많이 소요되는 등 많은 문제점이 지적되고 있어 연구개발이 요구된다.

현행 농산물의 교역시 검역대상해충의 주된 박멸기술인 methyl bromide(MeBr) 훈증법은 Montreal 의정서 협약에서 오존층 파괴물질로 판명되면서 주요 국가들에 의해 사용이 규제되고 있다(15) 우리 나라에서도 MeBr은 신선과채류 등 신선농산물에는 사용이 이미 금지된 바 있으며, 2005년에는 국제적으로 사용이 불가능하게 될 전망이다(8,16). 따라서 이에 대한 대체기술 개발이 시급히 요구되고 있으며, 대체기술은 비공해성이고 안전성과 기술적 타당성이 인정된 방안이 권장되고 있다(8,15).

현재 US FDA(1986)(17) 및 USDA(1989)(18)에서는 1 kGy 이하의 방사선 조사를 해충검역처리 및 속도지연 방법으로 승인하였으며, 미국, 캐나다, EU 등을 포함한 세계 40 여국에서 방사선 조사기술의 사용이 허가되어 실용화가 추진되고 있다(19,20).

따라서 본 연구에서는 이러한 국내·외적 상황에서 국제교역에 활용될 수 있는 새로운 검역처리방법을 연구할 목적으로, 현행 검역처리 방법인 MeBr 훈증법과 감마선 조사방법을 이용하여 녹두의 검역관련 해충의 사멸효과와 처리 시료의 이화학적 품질특성을 비교 검토하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험용 녹두는 경북 안동지역에서 수확된 것을 사용하였으며, 시료의 일반 성분을 분석(21)한 결과, 수분 10.17%, 조단백 23.59%, 조지방 0.70%, 조회분 3.42%, 탄수화물 62.12% 이었다.

살충처리 및 저장

녹두의 감마선 조사는 시료 수확 후 일주일 이내에 ⁶⁰Co 감마선 조사시설(KAERI)에서 0.5~5.0 kGy의 평균선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량은 ceric-cerous dosimeter에 의해 확인하였고 총 흡수선량 오차는 ±5%였다. 현행 검역처리 방법으로 사용되고 있는 MeBr 훈증 처리는 식물검역소 처리기준(T-301-1 두류)에 의거 처리조건을 환산하여 국립식물검역소 관할 방역회사(부산 소재)에서 MeBr 16 g/kg, 처리체적 0.9×1.4×0.2 m³, 온도 15~17°C에서 48시간 동안 상압조건에서 훈증 처리 후 탈기하였다(8,16). 이화학적 품질을 평가하기 위해서는 살충 처리된 시료를 60 mesh로 분쇄한 후 실온에 저장하면서 실험에 사용하였다.

해충의 살충시험

녹두에 대한 가해 해충의 분류 동정은 한국곤충명집과 분류기준(22)에 따라 행하였고, 분류 동정된 개체군의 사육 및 생육상태 관찰은 실온(18±5°C)에서 실시하였다. 감마선과 훈증처리에 따른 살충효과의 확인시험은 처리 후 5일부터

30일까지 각각 처리 시료(50개)를 절개하여 유충 및 성충의 생육상태를 조사하였다.

질소용해도 측정

살충처리에 요구되는 감마선과 MeBr 훈증이 녹두시료의 질소용해도에 미치는 영향을 조사하고자 시료 5 g에 증류수 200 mL를 가하여 30°C에서 120분간 stirring한 후 증류수를 가하여 전량을 250 mL로 하였다. 이 시험액을 원심분리(3,000 rpm, 10 min)하여 상층액을 얻고 semimicro-Kjeldahl법(21)으로 dispersible nitrogen을 정량하여 질소용해도(nitrogen solubility index)를 다음 식에 의하여 환산하였다.

$$NSI (\%) = \frac{\text{Dispersible N}}{\text{Total N}} \times 100$$

총페놀 함량 측정

추출성 페놀 함량(extractable phenol)은 시료 5 g에 80% ethanol 70 mL를 가하여 실온에서 3시간 진탕 추출한 후 여과하여 80% ethanol로 전량을 100 mL로 하였다. 이와 같이 추출된 polyphenol성 화합물의 함량은 Folin-Denis 시약을 이용한 비색법(23)으로 정량하여 시료 g 당 tannic acid 함량(mg)으로 나타내었다.

TBA가 측정

시료 중 지질성분의 산패 정도를 알아보기 위한 TBA가 측정은 Turner 등의 방법(24)에 따라 UV-visible spectrophotometer(UV-160 PC Shimadzu, Japan)를 사용하여 538 nm에서 흡광도를 측정하였다.

기계적색도 측정

분말시료(60 mesh)를 color & color difference meter(Minolta, model CR-200, Japan)에 의해 Hunter scale에 의한 L(명도), a(적색도), b(황색도) 및 ΔE(색차) 값을 측정하였다. 이 때 표준백판의 L, a, b 값은 각각 97.87, -0.40, 2.08 이었다.

아미노산 및 지방산 조성 분석

시료의 처리 조건에 따른 총아미노산 함량은 6 N 염산을 사용한 가수분해법(21)에 의해 아미노산 자동분석기(Pharmacia model biochem 20, England)로 분석하였다. 지방산 조성 분석은 Soxhlet 추출법에 의해 추출된 조지방질을 Metcalf 등의 방법(25)에 따라 검화한 후 BF₃를 가하여 methyl ester 화시킨 다음 gas chromatograph(Varian star 3400 CX, USA)에 의해 분석하였다.

결과 및 고찰

해충의 살충효과

본 실험에 사용된 녹두의 가해 해충을 동정해 본 결과, 팔바구미(*Callosobruchus chinensis* Linne)로 확인되었다. 녹두 해충에 대한 감마선과 MeBr 훈증 처리의 살충효과를 비교하고자 녹두 속에 들어있는 팔바구미의 유충 및 성충에

대하여 0~5 kGy의 감마선과 MeBr 훈증의 처리효과를 경시적으로 확인하였다. 유충의 경우 처리 5일째의 살충효과를 조사하였을 때, Fig. 1과 같이 3 kGy 이상의 조사구와 MeBr 훈증 처리구는 100% 수준의 살충효과를 보여주었으며, 2 kGy 이상의 조사구에서도 89%의 비교적 높은 살충효과를 보여주었다 그러나 1 kGy 이하 조사구에서는 20% 이하의 낮은 살충률을 나타내었다. 처리 15일째의 절개 검사에서는 대조구와 0.5 kGy 조사구는 약 88~89%, 1 kGy 이상 조사구와 MeBr 처리구는 100%의 누적사멸률을 보였다. 성충의 경우에는 처리 5일째의 절개 검사에서 1 kGy 조사구에서도 91.7%의 높은 살충효과를 보였으며, 처리 10일 후부터는 1 kGy 이상의 처리구에서 100%의 사멸률을 나타내었다(Fig. 2). 이상과 같이 성충은 유충에 비해 방사선 감수성이 큰 것으로 나타났으며, 일반적으로 해충은 충태 별로 감수성이 상이하다고 보고(26)되고 있으므로 팥바구미의 알(egg)에 대한 부화율 시험 등이 추가로 요구되고 있다

이상의 결과에서 볼 때 현행 검역해충 사멸방법으로 사용되고 있는 MeBr 훈증 처리는 살충효과가 분명한 것을 알 수 있었으며, 감마선 조사의 경우 유충이나 성충의 경우에는 1 kGy 범위의 선량에서도 처리 후 10~15일의 시일이 경과됨에 따라 살충효과를 나타냄을 알 수 있었다.

질소용해도, 페놀함량 및 TBA가 변화

녹두의 유충 및 성충에 대한 살충효과를 고려하여 1 및 2.5

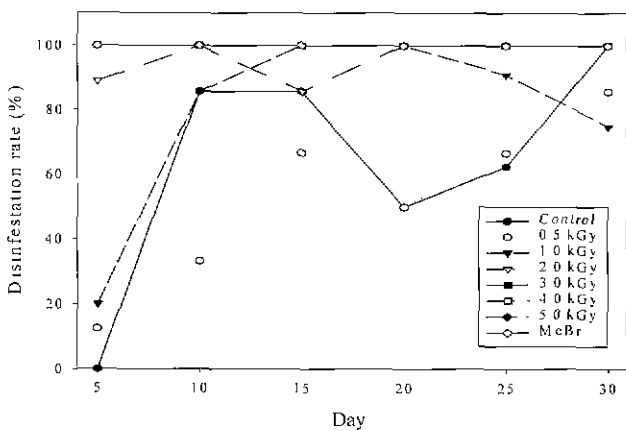


Fig. 1. Disinfestation of *C. chinensis* Linne (larva) in mung bean after treatments of gamma irradiation and methyl bromide (MeBr) fumigation.

Table 1. Comparative effects of gamma irradiation and methyl bromide (MeBr) fumigation on nitrogen solubility, extractable phenol and TBA value of mung bean

Component	Control	Irradiation dose (kGy)		MeBr
		1.0	2.5	
Nitrogen solubility (% d.b.)	83.79±1.20 ^{1a}	87.03±1.86 ^a	85.63±1.40 ^a	85.51±1.71 ^a
Extractable phenol (mg/g, d.b.)	1.51±0.16 ^{ab}	1.51±0.10 ^{ab}	1.49±0.18 ^a	1.81±0.17 ^b
TBA value ²⁾ (OD, 538 nm)	0.46±0.03 ^a	0.44±0.05 ^a	0.46±0.02 ^a	0.50 ^a ±0.06 ^a

¹⁾Data (mean of triplicates±S.D.) followed by different superscripts are significantly different (p<0.01).

²⁾2-Thiobarbituric acid value.

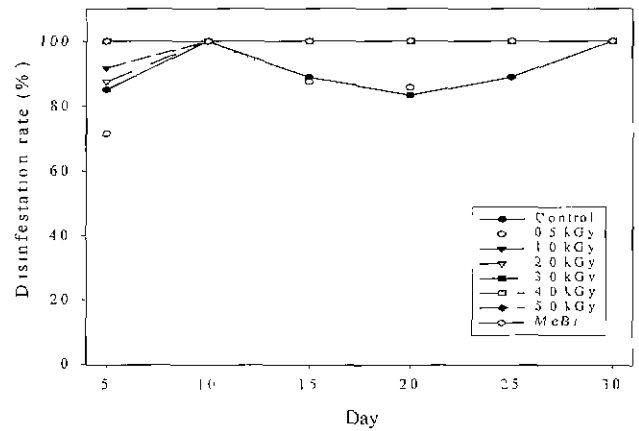


Fig. 2. Disinfestation of *C. chinensis* Linne (adult) in mung bean after treatments of gamma irradiation and methyl bromide (MeBr) fumigation.

kGy의 감마선과 MeBr 훈증 처리가 시료의 몇 가지 이화학적 특성에 미치는 영향을 조사해 보았다. 먼저 수용성 질소함량은 83.79~87.03%(d.b.) 범위로써(Table 1), 처리구 별로는 감마선 조사에 의해 약 4% 이내, 훈증처리에 의해 약 2%의 증가를 보이면서 대조구와 큰 차이를 나타내지 않았다. 이는 감마선 및 훈증처리시 환경조건에 따라 추출특성이 다소 영향(27)을 받을 수 있다고 사료되지만, Hafez 등(28)과 Nam (29)은 고선량의 전자기파 조사는 활성유리기에 의해 단백질 분자의 부분적 응고현상이 초래되어 용해도가 저하된다고 보고한 바 있다

두류의 hardening은 저장 초기 phytate의 상실과 저장 중 phenol metabolism과 관련이 있다고 알려져 있다(30). 감마선과 훈증 처리에 따른 extractable phenol 함량을 측정해 본 결과, Table 1과 같이 감마선 조사(1, 2.5 kGy)에 따른 영향은 없었으나 훈증 처리구는 대조구에 비해 다소 높은 함량을 나타내었다. 일반적으로 조리된 콩의 hardness는 extractable phenol 함량에 영향을 받으며, phenol 함량이 높으면 낮은 hardness를 보이거나 그 함량이 어느 한계점 이하부터는 hard-to-cook 현상이 일어난다고 알려져 있다(30).

녹두의 감마선 및 훈증 처리에 따른 TBA가의 변화는 Table 1과 같이 2.5 kGy까지의 조사선량에서는 대조구와 유사한 수준이었으나 훈증 처리구에서는 약 10% 증가된 수치를 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 전리방사선은 식품 중 저질 산화를 촉진하여 TBA가의 증가를 초래하지만(8.31), 5 kGy

미만의 선량에서는 인삼분말의 TBA가 유의적으로 변화되지 않았고 관능적으로도 차이가 없었다고 하여(31) 본 실험의 결과와 유사한 결과를 보여 주었고, Cho 등(32)은 ethylene oxide (EtO) 처리된 건조농산물에서는 TBA의 변화가 없었다고 보고(32)한 바 있다.

감마선 및 훈증 처리에 따른 시료의 색도 변화를 색차계를 이용하여 L, a, b 및 ΔE 값을 측정해 본 결과, Table 2와 같이 살충처리에 따라 색도의 변화가 어느 정도 일어났음을 알 수 있었다. 전반적으로 감마선 조사에 따라 명도(L) 및 황색도(b)의 감소가 NBS(National Bureau of Standards) 단위로써 조금(slight) 나타났으나(33), 훈증 처리구에서는 명도의 감소와 적색도 및 황색도의 증가 현상이 나타나 전반적인 색차(ΔE)는 2.94로 느끼는 정도(noticeable)의 색 변화를 가져왔다. 훈증처리(MeBr, EtO)에 따른 식품재료의 유의적인 색차의 변화를 도토리, 건조 농산물 등에서도 보고된 바 있다(32,34).

아미노산 및 지방산 조성

살충처리에 요구되는 감마선과 MeBr 훈증이 녹두시료의 아미노산 함량에 미치는 영향을 측정하고자 총아미노산 조성을 분석해 본 결과는 Table 3과 같다. 총 18종의 아미노산이 검출되었으며 glutamic acid가 3.581~3.551%로 가장 높았고 다음으로 aspartic acid, proline, histidine, leucine의 순으로 높은 함량을 나타내었다. 반면 함량아미노산인 methionine과 cystine은 가장 낮은 수준의 함량을 나타내었다(Table 3). 아미노산의 전체 함량을 비교해 보면 대조구 21.96%, 2.5 kGy 조사구 21.87%, MeBr 훈증처리구 21.85%로 처리구 간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 식품단백질에 대한 방사선 조사의 영향은 광범위하게 연구되어 고선량 조사시에는 불쾌취의 발생을 야기하면서 deamination, decarboxylation, denaturation 등의 일차적 반응과 이들로부터 생성된 유리기들의 재결합 반응이 복합적으로 일어난다고 알려져 있다(35). 그리고 아미노산 중 방사선 감수성이 큰 것으로 알려진 함황아미노산은 5 kGy의 감마선 조사에 의해 인삼분말에서 유의적으로 감소되었다고 보고(36)된 바 있다. 그러나 본 실험에서는 2.5 kGy 조사시료에서 함황아미노산의 함량이 처리구 간에 유의적인 변화를 보이지 않았다.

Table 2. Comparative effects of gamma irradiation and methylbromide (MeBr) fumigation on Hunter's color values of mung bean

Color parameter ¹⁾	Control	Irradiation dose (kGy)		MeBr
		10	25	
L	87.25	86.47	86.23	85.01
a	-3.59	-3.55	-3.51	-3.98
b	14.38	14.91	14.39	16.25
ΔE	0.00	0.94	1.02	2.94

¹⁾L: Degree of whiteness (white+100 ↔ 0 black).
 a: Degree of redness (red+100 ↔ 0 ↔ -80 green).
 b: Degree of yellowness (yellow+70 ↔ 0 ↔ -80 blue).
 ΔE Overall color difference ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$)

Table 3. Comparative effects of gamma irradiation and methyl bromide (MeBr) fumigation on total amino acid contents of mung bean (unit: g/100 g)

Amino acid	Control	2.5 kGy	MeBr
Aspartic acid	2.363	2.342	2.360
Threonine	0.639	0.630	0.649
Serine	0.934	0.930	0.940
Glutamic acid	3.581	3.565	3.578
Proline	2.356	2.627	2.179
Glycine	0.916	0.902	0.940
Alanine	0.962	0.953	0.986
Cystine	0.179	0.172	0.186
Valine	1.157	1.170	1.194
Methionine	0.269	0.262	0.259
Isoleucine	1.143	1.017	1.164
Leucine	1.775	1.740	1.754
Tyrosine	0.380	0.385	0.386
Phenylalanine	1.328	1.304	1.380
Lysine	0.560	0.571	0.601
Histidine	1.789	1.759	1.680
Ammonia	0.390	0.376	0.395
Arginine	1.239	1.169	1.214
Total ¹⁾	21.958 ^a	21.874 ^a	21.845 ^a

¹⁾Data followed by different superscripts are significantly different (p<0.01).

살충 처리된 녹두의 지방산 조성을 분석한 결과 palmitic acid를 비롯한 7종의 지방산이 확인되었다(Table 4). 지방산 조성은 포화지방산이 전체의 34~38%를 차지하였다. 불포화 지방산은 62~70%로 linoleic acid의 함량이 약 37%로 가장 많이 함유되어 있었다. 살충 처리에 따른 영향을 살펴보면 2.5 kGy의 감마선 조사구나 MeBr 훈증 처리구에서 대조구와 유의적인 변화를 보이지 않았다. 유지에 대한 방사선의 주된 영향은 과산화물 및 휘발성 카보닐화합물의 생성과 이에 따른 산패와 이취(off-flavor)의 발생이다(37,38) 그러나 식품 중 불포화지방질 함량의 변화나 지방산 조성의 변화를 가져오기 위해서는 60 kGy 이상의 고선량이 필요하다고 보고(39)된 바 있으며, 본 실험에서의 살충처리 선량은 매우 낮은 수준으로 시료의 지방질 성분에 비교적 안정한 수준임을 알 수 있었다.

Table 4. Comparative effects of gamma irradiation and methyl bromide (MeBr) fumigation on fatty acid composition of mung bean (unit: %)

Fatty acid	Control	2.5 kGy	MeBr
Palmitic acid (16:0)	24.57	23.73	24.66
Stearic acid (18:0)	6.93	6.86	5.97
Oleic acid (18:1)	4.31	4.46	3.98
Linoleic acid (18:2)	37.55	37.46	40.08
Linolenic acid (18:3)	21.59	22.08	21.24
Arachidic acid (20:0)	2.07	2.27	1.73
Behenic acid (22:0)	3.00	3.13	2.33
TSFA ¹⁾	36.57	35.99	34.69
TUSFA ²⁾	63.45	64.00	65.30

¹⁾TSFA: Total saturated fatty acid.
²⁾TUSFA: Total unsaturated fatty acid.

요 약

녹두의 가해해충 살충방법을 연구할 목적으로 현행 검역해충 살충방법인 methyl bromide(MeBr) 훈증처리와 감마선 조사에 의한 살충효과와 몇 가지 이화학적 특성에 미치는 영향을 비교하였다. 국내산 녹두의 가해해충은 팥바구미(*Callosobruchus chinensis* Linne)로 확인되었으며, 살충처리 후 5일째에 MeBr 처리는 완전한 살충효과를 보였다. 같은 시기에 3 kGy 이상의 감마선 조사는 유충에 대하여 완전한 살충효과를 보였고, 2 kGy 조사구에서도 약 90%의 살충률을 나타내었다. 그리고 녹두의 성충은 유충에 비해 방사선 감수성이 큰 것으로 나타나 처리 후 10~15일 경에 두충태 모두 1 kGy 조사구에서도 100%의 누적살충률을 보였다. 살충조건에서 녹두의 이화학적 품질특성을 비교해 본 결과, 질소용해도, TBA가, 총아미노산 및 지방산 조성과 함량은 25 kGy 조사구 및 MeBr 처리구에서 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 녹두의 기계적 색도는 MeBr 훈증처리에 의해 정도의 감소와 적색도 및 황색도의 증가로 전반적인 색차(ΔE)에서 느끼는 정도(NBS 2.61~2.94)의 색 변화를 가져왔다.

감사의 글

본 논문은 과학기술부에서 수행한 원자력연구기술개발사업의 일부이며 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Song, J.C. : *Food Material Science*. Kyomoon Publishing Co., Seoul, p 248-249 (1994)
- Yu, T.J. : *Food Carte*. Parkyoung Publishing Co., Seoul. p. 160-162 (1977)
- Kye, I.S., Jun, Y.S. and Cheigh, H.S. : Chemical properties of mungbean protein isolates. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **18**, 423-429 (1989)
- Cho, S.H. and Pyo, K.H. : Changes in SDS-PAGE pattern of mung bean grain proteins during germination. *J. Korean Agric Chem.* **32**, 209-215 (1989)
- Kweon, S.H., Kim, M.H. and Kim, S.K. : Rheological properties of mungbean starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* **22**, 38-43 (1990)
- AFMC : Korea agricultural trade information Agricultural and Fishery Marketing Corporation (1998,1999)
- Kwon, J.H., Chung, H.W. and Kwon, Y.J. : Infrastructure of quarantine procedures for promoting the trade of irradiated foods. Paper presented at Symposium of The Korean Society of Postharvest Science and Technology of Agricultural Products on Irradiation Technology for the Safety of Food and Public Health Industries and Quality Assurance, Daejeon. 13 October. p.209-254 (2000)
- Kwon, J.H., Noh, M.J., Chung, H.W., Lee, J.E., Park, N.Y., Kwon, Y.J., Seo, S.J., Chung, H.J. and Huh, E.Y. : Quarantine treatment of agricultural products for export and import by gamma irradiation *KAERI/CM-289/98*, p.174 (1999)
- NPQS : *Year Book of Plant Quarantine Statistics*. National Plant Quarantine Service, Anyang (1997-1999)
- United States Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs Ethylene dibromide. Amendment of notice to cancel registration of pesticide products containing ethylene dibromide. *Fed Regist.*, **49**, 14182-14185 (1984)
- Jessup, A.J. : Response of 'Lambert' and 'Ron's Seedling' sweet cherries to fumigation with methyl bromide plus cold storage. *Aust J Exp Agric.* **28**, 431-434 (1998)
- Gould, W.P. and Sharp, J.L. : Cold-storage quarantine treatment for carambolas infested with the caribbean fruit fly (*Diptera : Tephritidae*). *J. Econ. Entomol.* **83**, 458-460 (1990)
- Delate, K.M., Brecht, J.K. and Coffelt, J.A. : Controlled atmosphere treatments for control of sweet potato weevil (*Coleoptera : Curculionidae*) in stored tropical sweet potatoes. *J. Econ Entomol.* **83**, 461-465 (1990)
- Couey, M. : Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. *Hortscience*, **24**, 198-202 (1989)
- UNEP. : Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer 1994 Report of the Methyl bromide Technical Options Committee, p.294 (1995)
- NPQS. : *Plant quarantine information*. National Plant Quarantine Service, Vol. 91. March. p.17-19 (2000)
- Food and Drug Administration : Irradiation in the production, processing and handling of food Final rule. *Fed. Regist.* **51**, 13376-13399 (1986)
- United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service : Use of irradiation as a quarantine treatment for fresh fruits of papaya from Hawaii. *Fed. Regist.* **54**, 387-393 (1989)
- Byun, M.W. and Yook, H.S. : Domestic and foreign status of irradiation applications to food and public health industries. Paper presented at Symposium of The Korean Society of Postharvest Science and Technology of Agricultural Products on Irradiation Technology for the Safety of Food and Public Health Industries and Quality Assurance, Daejeon, 13 October, p.5-42 (2000)
- Kwon, J.H. and Chung, H.W. : Scientific background and research issues on food irradiation. *Food Science and Industry*, **31**, 31-49 (1998)
- The Korean Society of Food Science and Nutrition *Handbook of Experiments in Food Science and Nutrition*. Hyol Press. Seoul. p.143-145 (2000)
- ESKKSAE : *Check List of Insects from Korea* The Entomological Society of Korea and Korean Society of Applied Entomology, Kon-Kuk Univ Press, Seoul, p.744 (1994)
- Amerine, M.A. and Ough, C.S. : *Methods for Analysis of Musts and Wine*. Wiley & Sons, New York, p.176-180 (1980)
- Turner, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Bessert, M.W., Struck, G.M. and Olson, F.C. : Use of the 2-thioarbuturic acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *J. Agric. Food Chem.* **8**, 326-330 (1954)
- Metcalf, L.D., Schmitz, A.A. and Pelka, J.R. : Rapid preparation of fatty acid esters from lipid for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.* **38**, 514-519 (1966)
- Shipp, E. : Radiation entomology in food preservation. Proceedings of National Symposium on Ionizing Energy Treatment of Food, Sydney, 5-6 October (1982)
- Kim, Y.J., Kim, J.G., Cho, H.O., Byun, M.W. and Kwon, J.H. : Storeability and cooking property of dried oak mushroom treated with ethylene oxide and gamma irradiation. *Kor. J. Food Hygiene*, **2**, 29-34 (1987)
- Hafez, Y.S., Mohamed, A.I., Hewedy, F.M. and Singh, G. : Effects of microwave heating on solubility, digestibility and metabolism of soy protein. *J. Food Sci.* **50**, 415-417 (1985)
- Nam, S.M. : Application of gamma-irradiation for reduction of the soaking and cooking time of black soybeans. *M.S. Thesis*, Sejong University (1993)

- 30 Hincks, M J and Stanley, D W. Multiple mechanisms of bean hardening. *J. Food Technol*, **21**, 731-735 (1986)
31. 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)
- 32 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**, 133-141 (1986)
- 33 Han, O. : Numerical representative principles of food color. *Food Technology*, **4**, 41-46 (1991)
- 34 Kwon, J.H., Kim, S J., Chung, H.W., Kwon, Y J, Chung, H.S. and Byun, M.W . Comparative effects of gamma irradiation and methyl bromide fumigation on disinfestation and physiochemical quality of acorn. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, **5**, 199-206 (1998)
- 35 Elias, P S. and Cohen, A.J. *Radiation Chemistry of Major Food Components* Elsevier Scientific, New York (1977)
36. Kwon, J H., Belanger, J.M.R , Sigouin, M., Lanthier, J., Willemot, C. and Pare, J.R.J. . Chemical constituents of *Parax* ginseng exposed to γ -irradiation. *J. Agric Food Chem.*, **38**, 830-834 (1990)
- 37 Nawar, W.W. ' Radiolytic changes in fats. *Radiat. Res Rev.*, **3**, 327-334 (1972)
38. Merritt, C. Jr. . Qualitative and quantitative aspects of trace volatile components in irradiated foods and food substances. *Radiat. Res. Rev.*, **3**, 353-368 (1972)
39. Kavalam, J.P. and Nawar, W W. : Effects of ionizing radiation on some vegetable fats *J Amer. Chem Soc*, **46**, 387-390 (1969)

(2001년 2월 2일 접수)