JOURNAL OF THE EAST ASIAN OF DIETARY LIFE
Vol. 8, No. 4(1998)

감마선 조사한 잡곡류의 물리화학적, 미생물적 특성 변화

손 인 숙 · 김 미 라
경북대학교 식품영양학과

Changes of Physicochemical and Microbiological Properties of Gamma-Irradiated Miscellaneous Cereals

In-Sook Son and Mee-ra Kim
Department of Food and Nutrition, Kyungpook National University, Taegu

ABSTRACT

Physicochemical and microbiological properties of red beans, soybeans, barleys, and corns irradiated by gamma-ray at 1.2 kGy, 10.1 kGy, or 30.5 kGy were investigated. Moisture content and crude lipid content of the irradiated cereals showed no significant difference from the nonirradiated group. TBA values of corns irradiated at 30.5 kGy increased. Gamma irradiation reduced the numbers of mesophilic and psychrotrophic bacteria in the cereals. Yeasts and molds were reduced below detection levels even at 1.2 kGy dose-irradiation. There was no significant difference in reducing sugars between the irradiated cereals and the nonirradiated ones except corns. Stachyose, raffinose, and sucrose of soy beans and sucrose of barleys increased by 30.5 kGy dose-irradiation. Loss of riboflavin content of the irradiated samples was not observed except red beans irradiated at 30.5 kGy. In Hunter's color, b value of the red bean powder increased but L value of the soybean powder decreased by the irradiation. L, a, and b values of the barley powder slightly increased under 30.5 kGy dose-irradiation and b value of the corn powder decreased under 10.1 or 30.5 kGy-dose irradiation.

Key words: irradiation, physicochemical properties, microbiology, red bean, soybean, barley, corn.

I. 서 론

곡류는 저장성이 좋고 수송도 비교적 쉬워서 국제적인 식·사료로서 인구증가 추세와 더불어 더욱 중요성이 커지고 있다[1]. 보리는 쌀과 함께 그동안 우리의 기본식량으로 큰 몫을 차지하여 왔고[2] 최근에는 보리의 대표적인 식이섬유소인 (1→3),(1→4)-β-D-glucan이 체내 혈중 콜레스테롤을 저하시킨다고 알려져 있는 등[3~4] 영양학적 기능성이 매우 우수하여 건강식품 소재로서의 가치가 한층 높아지게 되었다. 그리고 옥수수는 세계 곡류 생산량 중 큰 비중을 차지하는 곡물로서 우리 나라에서도 식품 제조용과 사료용으로 수입량이 해마다 증가되고 있다[1,5,6]. 두

* 본 논문은 1996년도 한국학술진흥재단 학제간 연구비 지원으로 수행되었음.

류는 우리 나라에서 쌀, 보리 다음 가는 중요한 곡류로 이용되어 왔다[1]. 특히 대두와 팥은 오랜 재배 역사를 가지고 있어 각지의 식량문화와 깊이 연결되어 있다[5]. 대두는 약 40%의 단백질과 약 20%의 지방질을 함유하고 있어서 매우 효율적인 열량원일 뿐만 아니라 중요한 식용유지 자원이고[7], 간장, 된장의 원료로도 중요하다[1]. 대두의 수요는 사료용 및 가공용으로 용도가 다양화됨에 따라 매년 증가하고 있으나, 70년대 중반 이후 국제경쟁력 약화로 국내 생산은 점차 줄어들어 국내 자급율은 약 5%에 지나지 않고 상당한 물량을 수입에 의존하고 있다[5,8]. 팥은 대두와 달리 지질함량이 낮고 전분을 다량 함유하며 주된 용도는 고물용이고 그 외로는 식용, 제과 등에 사용되고 있다[1,5].

곡류와 두류는 종자로 저장되어 예비식량의 역할을 하지만 저장 중 많은 양이 수확과 저장, 유통과정 동안 해충의 감염으로 인해 손실되고 있다[9,10]. FAO의 발표에 의하면 세계적으로 수확된 식량의 약 25~40%는 해충, 미생물, 생리적 작용 등에 의하여 손실되고 있으며, 이런 손실을 줄이기 위한 연구개발이 식량의 수요증가에 대처하는 가장 현실적인 방안이라고 하였다[11]. 한편 장기적인 식량 수급대책은 국가적인 차원에서 매우 중요한 문제로 수확된 식량의 저장 중 손실을 감소시키려는 방안에 대한 연구들이 진행되고 있다. 이 중에서 새로운 식품가공, 저장 및 위생화 방법으로 알려진 방사선 조사는 식품의 저장기간 연장, 해충, 기생충, 병원성 세균, 곰팡이 및 효모의 박멸, 과일과 야채의 숙도 지연, 구근 수확물의 발아 억제 등의 효과를 가지고 있다[12~14]. 방사선 조사는 유해성분의 생성 및 잔류로 인한 발암성과 환경오염 때문에 사용이 금지 또는 규제되고 있는 보존제나 화학 훈증제(ethylene dibromide, ethylene oxide, methyl bromide, aluminum phosphide 등)의 대체방법으로 감자, 열대과일, 밀감류, 곡류, 향신료와 조미료에 사용되고 있다[15,16]. 방사선 조사는 처리 후 잔류성분이 남지 않으며, 강력한 투과력으로 연속처리 공정이 가능하고, 처리시 환경조건의 영향을 거의 받지 않는 장점을 가진다[11,13]. 방사선 조사는 국제기구(FAO/IAEA/WHO/FDA)와 선진 여러 나라에서 그 건전성과 경제성이 공인되어 현재 39개국의 보건당국이 40여 식품군(230여 품목)에 대해 방사선 조사를 허가하고 있다. 국내에서도 상업적 식품조사 시설이 마련되어 보건복지부의 식품위생법 시행규칙에 따라 일부 식품들의 감마선 처리가 허용되고 있다[13,17,18]. 그러나 아직까지 방사선 조사 식품에 대한 소비자 인식과 선호도가 높지 않고 건전성에 대한 우려가 많아 실용화의 문제점으로 나타나고 있어 이에 대한 보다 폭 넓은 연구가 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 우리 나라의 주요 잡곡인 보리, 옥수수, 콩, 팥 등에 방사선 조사처리를 하였을 때 조사선량에 따른 잡곡류의 이화학적 특성과 미생물적 특성의 변화를 조사하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 시료 및 방사선 조사

본 실험에 사용된 시료는 1996년 국내산으로 농협에서 구입하였다. 보리, 옥수수, 대두, 팥을 1kg씩 폴리에틸렌 백으로 포장하여 ^{60}Co로 감마선 조사를 하였고(그린피아 기술(주)), 조사처리 후 흡수선량을 분석하였다. 흡수선량의 확인은 Harwell Gamma Cr YR PMMA Dosimeter Batch 6, Harwell Amber Perspex Dosimeter Type 3042 Batch H, Harwell Red Perspex Dosimeter Type 4034 Batch CV로 하였으며, 흡수선량은 각각 1.2, 10.1, 30.5 kGy로 확인되었다.

2. 수분함량

잡곡류의 수분함량은 105℃ 상압가열 건조법을 이용하여 분석하였다[19].

3. 조지방

조지방 함량은 Soxhlet 추출법을 이용하여 분석하였다[19].

4. TBA가

Turner 등[21]의 방법을 수정하여 TBA가를 측정하였다. 시료를 마쇄한 뒤 2.5 g을 취하여 50 mL 원심분리관에 넣고 2 M의 phosphoric acid에 용해한

20% trichloroacetic acid와 0.01 M 2-thiobarbituric acid 10 mL를 가하여 100℃ 수조에서 흔들어 주면서 30분간 가열하였다. 얼음조에서 10분간 냉각시켜 고체 지방층을 제거하고 isoamyl alcohol-pyridin(2:1, v/v) 혼합용액 15 mL를 가하여 2분간 강하게 흔들어 주고 2,400 rpm으로 15분간 원심분리한 뒤 spectrophotometer(Beckman DU-650, USA)를 이용하여 538 nm에서 흡광도를 측정하였다.

5. 미생물 검사

시료 10 g을 멸균 plastic bag에 취하고 멸균된 0.1% peptone용액 90 mL을 가하여 Stomacher (Model 400, Seward, England)에서 3분간 균질화시킨 후[22] 0.1% peptone용액으로 계속 희석하여 미생물 분석에 이용하였다. Total plate count법[23]을 이용하여 plate count agar에 희석한 용액을 접종하고 중온성 균은 35℃에서 48시간 동안, 저온성 균은 4℃에서 7일간 배양한 뒤 colony수를 계수하여 CFU/g을 산출하였다. 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar에 멸균된 10% tartaric acid를 넣어 pH를 3.5로 맞춰 희석용액을 접종한 뒤 30℃에서 3일간 배양하여 colony수를 계수하였다.

6. 환원당의 정량

환원당은 Somogyi 변법[24]으로 정량하였다.

7. 유리당의 정량

유리당의 정량을 위해 시료 5 g에 ethyl ether를 가하여 Soxhlet 장치로 40℃에서 4시간 탈지한 후 70% ethanol을 가하여 80℃ 수조에서 환류 냉각시키면서 2시간 동안 추출하였다. 추출액을 여지(Toyo No. 2)로 여과한 후 여액을 감압농축하여 에탄올을 제거하고 초순수 용액을 사용하여 5 mL로 정용하였다. 색소 제거를 위해 활성탄 컬럼을 통과시킨 다음 Sep-Pak C18 Cartridge(Millipore, Waters Chromatography, USA)를 통과시키고 0.45 μm membrane filter(Waters Co., USA)로 여과한 후 HPLC(Model 600E, Waters Co., USA)로 분석하였다[25]. Column은 Sugar-Pak I (30 cm×3.9 mm i.d)을 사용하였으며, column의 온도는 90℃로 설정하였다. 용매는 50 mg Ca-EDTA/1 L d-H_2O을 사용하였고, 용매의 유속은 0.5 mL/min이었다. Injection volumn은 10 μl이었고, detector는 RI를 사용하였다.

8. Riboflavin의 분석

AOAC법에 의하여[26] 각 시료에 시료 무게의 10배 이상 되는 0.1 N HCl을 넣어준 후 autoclave로 121~123℃에서 30분간 처리하고 냉각시켰다. 이것을 0.1 N NaOH로 pH 6.0~6.5로 맞추고 더 이상 침전이 일어나지 않을 때까지 HCl을 넣었다. 이 용액을 여과시켜 여과층을 취해서 HCl 0.1 mL를 첨가하였다. 침전이 일어나지 않으면 0.1 N NaOH로 pH 6.8을 맞추어 다시 여과시켰다. 2개의 시험관에 각각 10 mL의 시료액을 넣고 다른 2개의 시험관에 각각 10 mL riboflavin 표준용액을 넣은 뒤 각각의 시험관에 0.02 N CH_3COOH를 1 mL 첨가하였다. 시료와 표준용액이 담긴 시험관 중 1개씩에 각각 20 mg $Na_2S_2O_4$를 첨가하여 Fluorescence Spectrophotometer(F-4500, Hitachi Ltd. Tokyo Japan)를 이용하여 형광도를 즉시 측정하였다. 여기파장은 440 nm, 측정파장은 565 nm로 하였다.

9. 색도 측정

시료의 색도는 Warning Blender로 분쇄한 가루와 분쇄하지 않은 날알 시료 자체를 색차계(Model whiteness checker RF-1, Nippon Denshoku Kogyo Co. Japan)를 이용하여 Hunter scale에 의한 L, a, b 및 ΔE값을 측정하였다. 이때 사용한 표준백판(standard plate)은 L값이 90.5, a값이 0.7, b값이 3.0이었다.

10. 통계처리

실험결과는 SAS(Statistical Analysis System)을 이용하여 분석하였으며, $P<0.05$ 수준에서 분산분석한 후 Duncan's multiple range test에 의해 각 실험군간의 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 결론 및 고찰

1. 수분함량 및 조지방 함량

감마선 조사군과 비조사군의 수분과 조지방 함량은 Table 1과 같다. 팥, 대두, 보리, 옥수수의 수분과 조지방 함량은 감마선 조사에 의해 유의적인 변화를 보이지 않은 것으로 나타났다.

2. TBA가

식품 중에 함유된 지방질, 특히 불포화지방산은 산패가 진행됨에 따라 과산화물이 carbonyl 화합물을 생성하는데, TBA가는 이 때 생성되는 malonaldehyde와 2-thiobarbituric acid(TBA)와의 적색 복합체 생성을 측정하는 방법으로 과산화물가의 지방질의 산패도를 알아보는 방법이다[27]. 감마선 조사군과 비조사군의 TBA가의 변화는 Table 1과 같이 팥과 대두에서는 조사선량에 의해 유의적으로 변하지 않았으나, 보리에서는 고선량(30.5 kGy)조사시, 옥수수에서는 중선량(10.1 kGy)과 고선량 조사시 증가하는 것으로 나타났다. 특히 보리와 옥수수에서는 고선량 조사시 TBA가가 비조사군에 비해 2~3배 증가하여 고선량 조사에 의해 지방의 산패가 일어났음을 확인할 수 있었다. 감마선 조사는 지방질 성분에 미치는 영향이 큰 것으로 보고되고 있는데 감마선 조사에 의해 생성된 유리기는 유지의 자동산화에 크게 관여하고 조사 전후의 산소의 존재는 지방질 산패를 촉진시키는 것으로 보고되고 있다[28]. 한편 대두는 다른 실험곡류에 비해 지방함량이 높은데도 불구하고 감마선 조사에 의해 TBA가가 유의적으로 증가하지 않았는데 이는 대두에 함유된 천연항산화물질이 지방의 산패를 억제하기 때문인 것으로 추측되었다.

3. 미생물 검사

감마선 조사의 조사선량에 따른 각 잡곡의 미생물수는 Table 2와 같다. 팥, 대두, 보리, 옥수수의 초기 미생물수는 저온성균이 2.1×10^3~3.4×10^4 CFU/g, 중온성균이 8.5×10^2~7.5×10^3 CFU/g 이었고 곰팡이의 수는 매우 낮은 것으로 나타났다. 감마선 조사선량에 따른 살균효과를 보면 팥에서는 저온성균보다 중온성균이 방사선 조사에 더 예민한 것으로 나타나 중선량과 고선량 조사시 중온성균수가 비조사군에 비해 2 log cycle 정도 감소되었다. 대두에서는 저온성균과 중온성균 모두가 방사선 조사에 영향을 받았으나 저온성균이 좀 더 예민하였으

Table 1. Some physiochemical properties of gamma-irradiated red beans, soybeans, barleys, and corns

	Variety	Dose (kGy)			
		0	1.2	10.1	30.5
Moisture(%)	Red beans	11.80±1.12	11.90±0.79	12.34±0.78	12.18±0.00
	Soybeans	9.73±0.66	8.60±0.56	8.00±0.69	8.73±1.18
	Barleys	11.84±0.59	10.90±0.56	11.82±0.65	11.59±0.82
	Corns	12.89±1.07	12.88±0.80	12.49±0.40	12.37±1.01
Crude lipid(%)	Red beans	0.34	0.24	0.37	0.27
	Soybeans	14.72	16.11	17.33	16.99
	Barleys	0.67	0.64	0.67	0.67
	Corns	3.10	3.05	3.11	3.17
TBA value (absorbance)	Red beans	0.188±0.00	0.148±0.03	0.278±0.00	0.263±0.07
	Soybeans	0.148±0.05	0.160±0.01	0.192±0.03	0.206±0.07
	Barleys	0.139 ± 0.01^{b}	0.119 ± 0.00^{b}	0.197 ± 0.10^{b}	0.352 ± 0.06^{a}
	Corns	0.125 ± 0.01^{bc}	0.042 ± 0.01^{c}	0.231 ± 0.03^{ab}	0.372 ± 0.11^{a}

Means±SEM

Means with different superscript are significantly different ($p<0.05$)

a-c : Duncan's multiple range test for treatment (row).

Table 2. Number of microorganisms in gamma-irradiated red beans, soybeans, barleys, and corns

(unit : CFU /g sample)

Variety	Microorganism	Dose (kGy)			
		0	1.2	10.1	30.5
Red beans	Psychrotrophic bacteria	2.2×10^3	8.75×10^1	2.3×10^3Est	1.7×10^3Est[1)]
	Mesophilic bacteria	3.4×10^3	3.4×10^3	4.5×10^1Est	3.5×10^1Est
	Yeasts and molds	5.0×10^1Est	$<1.0\times10^1$Est	$<1.0\times10^1$Est	$<1.0\times10^1$Est
Soybeans	Psychrotrophic bacteria	3.4×10^4	2.7×10^2	1.0×10^3Est	7.0×10^2Est
	Mesophilic bacteria	3.8×10^3	6.0×10^2Est	1.5×10^1Est	5.5×10^2Est
	Yeasts and molds	$<1.0\times10^1$Est	1.0×10^1Est	$<1.0\times10^1$Est	$<1.0\times10^1$Est
Barleys	Psychrotrophic bacteria	8.3×10^3	7.4×10^2	3.3×10^2	1.2×10^2Est
	Mesophilic bacteria	7.5×10^3	2.8×10^3	$<1.0\times10^1$Est	$<1.0\times10^1$Est
	Yeasts and molds	$<1.0\times10^1$Est	$<1.0\times10^1$Est	$<1.0\times10^1$Est	$<1.0\times10^1$Est
Corns	Psychrotrophic bacteria	2.1×10^3	1.2×10^3	2.0×10^1Est	1.0×10^1Est
	Mesophilic bacteria	8.5×10^2	1.2×10^3	5.8×10^2	1.5×10^1Est
	Yeasts and molds	7.5×10^1Est	3.5×10^2	$<1.0\times10^1$Est	$<1.0\times10^1$Est

[1)] Estimated Colony Count as CFU Est

며 방사선량에 관계없이 방사선 조사한 시료에서는 비슷한 세균수를 보여주었다. 보리의 경우는 미생물수가 방사선 조사선량에 크게 영향받은 것으로 나타났는데, 저온성균의 경우 조사군은 비조사군보다 1 log cycle 정도 균수가 감소하였고, 중온성균의 경우는 중선량과 고선량 조사시 비조사군에 비해 균수가 3 log cycle 정도 크게 감소하였다. 옥수수의 경우는 저온성균수가 방사선 조사량에 비례하여 감소하였고, 중온성균수는 고선량 조사시 급격히 감소하였다. 효모와 곰팡이수는 중선량과 고선량 조사시 감소하였으며 실험한 잡곡류는 효모 및 곰팡이의 초기 오염도가 낮아 대부분 1.2 kGy의 저선량조사로도 검출한계 이하로 사멸이 가능하였다.

4. 환원당 정량

감마선 조사가 잡곡류의 환원당에 미치는 영향을 살펴본 결과는 Table 3과 같다. 방사선 조사는 복합탄수화물의 depolymerization을 유도한다고 보고된 바도 있으나[29] 본 실험에서는 감마선 조사에 의한 팥, 대두, 보리의 환원당 변화는 95% 유의수준에서 유의하지 않은 것으로 나타났으며 옥수수에서는 오히려 중선량과 고선량 조사시 약간 감소하였다.

5. 유리당의 정량

비조사군과 조사군의 유리당을 HPLC로 분석한 chromatogram은 Fig. 1, Fig. 2와 같고, 그 함량은

Table 3. Reducing sugar content in gamma-irradiated red beans, soybeans, barleys, and corns (unit : %)

Variety	Dose(kGy)			
	0	1.2	10.1	30.5
Red beans	1.07±0.13	1.32±0.08	0.89±0.13	1.29±0.38
Soybeans	1.58±0.03	1.10±0.03	1.20±0.00	1.40±0.23
Barleys	1.00±0.03	1.09±0.10	1.09±0.00	1.20±0.05
Corns	1.45±0.05[a]	1.49±0.05[a]	1.25±0.08[b]	1.05±0.05[c]

Means±SEM

Means with different superscript are significantly different ($p<0.05$)

a-c : Duncan's multiple range test for treatment (row).

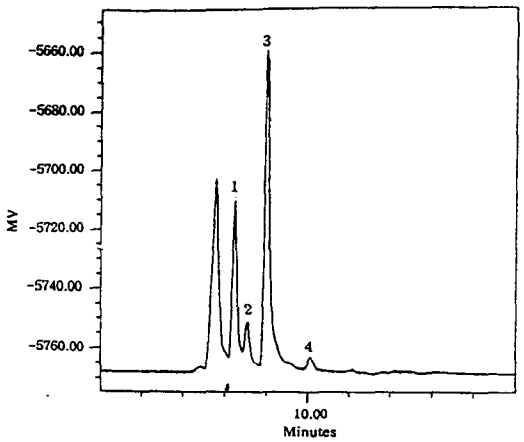

Fig. 1. HPLC chromatogram of nonirradiated soybeans.
(1. Stachyose, 2. Raffinose, 3. Sucrose, 4. Glucose)

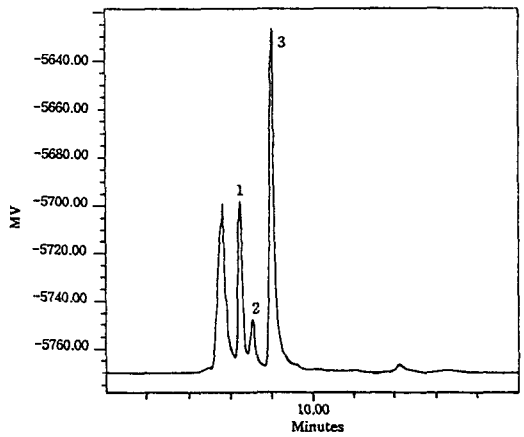

Fig. 2. HPLC chromatogram of 10.1 kGy irradiated soybeans.
(1. Stachyose, 2. Raffinose, 3. Sucrose)

Table 4와 같다. 대두에서는 stachyose, raffinose, sucrose량이 중선량과 고선량 조사시 크게 증가하였고, 보리에서는 sucrose의 양이 고선량 조사시 증가하였다.

6. Riboflavin 정량

팥, 대두, 보리, 옥수수의 비조사군과 조사군에서 riboflavin량 변화는 Table 5와 같다. 팥은 중선량과 고선량 감마선 조사처리에 의해 riboflavin 함량이 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 대두, 보리와 옥수수는 조사군과 비조사군 사이에 별 차이를 보이지 않았다. 이는 riboflavin이 방사선에 대한 민감도가 비교적 적은 것으로 발표한 다른 보고와[10, 30] 일치하는 결과이었다.

7. 색 도

감마선 조사선량에 따른 분말화한 잡곡과 곡류 날알 자체의 색도 측정결과는 Table 6과 같다. 감마선 조사군과 비조사군을 비교할 때 조사군 팥의 분말에서는 b값이 증가하였고, 팥 날알의 경우에는 L값은 감소하고 a값과 b값은 증가하였다. ΔE의 값은 분말보다 날알에서 큰 차이를 나타냄으로써 팥의 표면에 있는 anthocyan 색소들이 감마선 조사에 의해 변색되는 것으로 보였다. 대두 분말에서 조사군과 비조사군을 비교할 때 L값은 감소하였으며 a값은 증가

Table 4. Free sugar content in gamma-irradiation red beans, soybeans, barleys, and corns (unit : %)

Variety	Sugar	Dose (kGy)			
		0	1.2	10.1	30.5
Red beans	Stachyose	6.33	1.30	8.39	8.93
	Raffinose	–	–	–	–
	Sucrose	0.52	0.07	0.66	1.77
	Lactose	0.06	–	0.09	0.50
	Glucose	–	–	–	–
Soybeans	Stachyose	1.45	1.79	5.28	4.28
	Raffinose	0.26	0.32	1.61	1.30
	Sucrose	2.41	1.66	5.21	11.80
	Lactose	–	–	–	–
	Glucose	0.10	–	–	–
Barleys	Stachyose	–	–	–	0.62
	Raffinose	0.15	–	–	1.10
	Sucrose	0.47	0.06	0.20	0.88
	Lactose	–	–	–	–
	Glucose	–	–	–	–
Corns	Stachyose	–	–	–	–
	Raffinose	–	–	0.11	–
	Sucrose	0.73	2.31	2.61	0.62
	Lactose	–	–	–	–
	Glucose	–	–	–	–

Table 5. Riboflavin content of gamma-irradiated red beans, soybeans, barleys, and corns

(unit : mg riboflavin /g)

Variety	Dose (kGy)			
	0	1.2	10.1	30.5
Red beans	5.70×10^{-5}	6.17×10^{-5}	2.38×10^{-5}	1.30×10^{-5}
Soybeans	1.63×10^{-4}	1.59×10^{-4}	1.35×10^{-4}	1.39×10^{-4}
Barleys	5.07×10^{-5}	6.40×10^{-5}	5.57×10^{-5}	5.57×10^{-5}
Corns	9.27×10^{-5}	1.02×10^{-4}	9.13×10^{-5}	9.90×10^{-5}

하였다. 대두 날알의 색도 변화는 대두 분말의 색도 변화보다 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 대두의 주된 색소로 알려진 flavonoid는 감마선 조사에 의해 큰 영향을 받지 않은 것으로 사료되었다. 보리 분말은 고선량 조사시 L값, a값과 b값이 모두 비조사군에 비해 약간 증가하였고 옥수수 분말의 경우 중선량과 고선량 조사시 b값이 다소 감소하였으나 변화량은 크지 않았다.

Ⅳ. 요 약

보리, 옥수수, 대두, 팥 등에 1.2, 10.1, 30.5 kGy의 감마선 조사처리를 하였을 때 조사선량에 따른 잡곡류의 물리화학적, 미생물적 특성의 변화를 조사하였다. 시료의 수분함량과 조지방함량은 감마선 조사에 의해 유의적인 차이를 보이지 않았고, TBA가는 30.5 kGy로 조사한 보리와 옥수수에서 증가하였다. 미생물 검사에서 보리, 옥수수, 대두, 팥의 중온성균과 저온성균은 감마선 조사에 의해 그 수가 감소하였으며 초기오염도가 낮은 효모 및 곰팡이는

Table 6. Hunter's color value of gamma-irradiated red beans, soybeans, barleys, and corns

Variety		Hunter's color value	Dose(kGy)			
			0	1.2	10.1	30.5
Red beans	Powder	L	77.7	79.5	76.9	77.3
		a	5.7	5.2	5.5	5.3
		b	9.2	8.8	10.5	11.7
		ΔE	0.0	1.9	1.5	2.6
	Grain	L	30.3	23.3	21.0	18.7
		a	14.9	21.5	18.8	22.3
		b	2.6	4.4	3.3	3.7
		ΔE	0.0	9.8	10.1	13.8
Soy beans	Powder	L	83.8	77.2	78.1	77.1
		a	−0.4	−1.4	1.8	2.6
		b	23.4	24.3	23.2	22.5
		ΔE	0.0	6.7	6.1	7.4
	Grain	L	50.4	50.7	48.7	49.5
		a	4.9	4.5	3.9	4.8
		b	18.8	19.5	18.2	17.8
		ΔE	0.0	0.9	1.2	1.3
Barleys	Powder	L	84.2	84.2	84.1	85.6
		a	1.6	1.5	1.7	3.4
		b	7.4	7.6	7.5	8.8
		ΔE	0.0	0.2	0.2	2.7
	Grain	L	64.4	59.7	59.5	62.4
		a	4.6	4.0	3.5	5.4
		b	10.4	11.0	10.3	12.0
		ΔE	0.0	4.8	5.0	2.7
Corns	Powder	L	81.7	81.5	82.1	80.5
		a	2.7	2.8	2.7	3.2
		b	26.4	26.1	22.9	22.8
		ΔE	0.0	0.4	3.5	3.8
	Grain	L	52.0	54.8	49.9	48.4
		a	6.8	8.9	10.2	9.3
		b	21.5	24.2	18.3	21.1
		ΔE	0.0	4.4	5.1	4.4

1.2 kGy의 저선량 조사로도 검출한계 이하로 사멸이 가능하였다. 옥수수를 제외한 잡곡류의 환원당은 감마선 조사에 의해 유의적으로 변하지 않았고 대두의 stachyose, raffinose, sucrose와 보리의 sucrose함량은 30.5 kGy 조사시 증가하였다. Riboflavin은 30.5 kGy로 조사한 팥을 제외하고는 감마선 조사에 의해 감소하지 않았다. 색도에서는 감마선 조사에 의해 팥분말의 b값이 증가하였고, 대두분말의 L값은 감소하였다. 30.5 kGy로 조사한 보리분말의 L값, a값, b값은 약간 증가하였고, 옥수수 분말의 b값은 10.1 kGy와 30.5 kGy 조사시 감소하였다.

V. 참고문헌

1. 김동연, 권통주, 양희천, 윤형식 : 식품화학, 영지문화사, pp. 459-479, 1995.

2. 이영택, 석호문, 조미령, 김성수 : 제분방법에 따른 쌀보리가루의 이화학적 특성, Korean J. Food Sci. Technol., 28(6): 1078, 1996.
3. Newman, R. K., Lewis, S. E., Newman, C. W., Boik, R. J., and Ramage, R. I. : Hypocholesterolemic effects of barley foods on healthy men, Nutr. Rep. Inst., 34: 749, 1989.
4. Newman, R. K., Newman, C. W. and Graham, H. : The hypocholesterolemic function of barley beta-glucans, Cereal Foods World, 34: 883, 1989.
5. 종합식품안전사전 편집위원회 : 종합식품안전사전, 한국사전연구사, pp. 40-47, 1997.
6. Swinkles, J. J. M. : Sources of starch, its chemistry and physics, In Starch Conversion Technology, Van Beynum, G.M.A. and Roles, J.A.(ed.), Marcel Dekker, Inc., New York, p. 18, 1985.
7. 윤태헌, 임경자, 김동훈 : 한국산 콩의 품종별 지방질의 지방산 조성, Korean J. Food Sci. Technol., 16(4): 375, 1984.
8. 농림부 : 1997년도 농업동향에 관한 연차보고서, pp. 208-211, 1997.
9. Hanis, T., Mnukova, J., Jelen, P., Klir, P., Perez, B., and Pesek, M. : Effect of gamma irradiation on survival of natural microflora and nutrients in cereal meals, Cereal Chem., 65(5): 381, 1988.
10. Khattak Amal Badshah and Klopfenstein, C. F. : Effects of gamma irradiation on the nutritional quality of grain and legumes. I. Stability of niacin, thiamin, and riboflavin, Cereal Chem., 66(3): 169, 1989.
11. 권중호, 김광수 : 식품의 저장 및 품질개선을 위한 감마선 에너지의 이용과 실용화 전망, 식품산업과 영양, 1(2): 37, 1996.
12. WHO : Review of the safety and nutritional adequency of irradiated food, 1992.
13. 변명우 : 식품산업에서 방사선 조사기술의 이용과 전망, 식품과학과 산업, 30(1): 89, 1997.
14. 이무하 : 전자선을 이용한 신선근육식품의 저수준 방사선 조사, 식품과학과 산업, 28(2): 13, 1995.
15. 양재승 : 미생물학적 안전성을 위한 식품조사, 식품과학과 산업, 30(2): 131, 1997.
16. Paisan Loaharanu : Status and prospects of food irradiation, Food Tech., May, 1994.
17. 변명우, 육홍선, 권오진, 조성기, 이성희 : 오존처리와 감마선 조사가 스피루나와 다시마 분말의 품질특성에 미치는 영향, Korean. J. Food Sci. Technol., 29(4): 764, 1997.
18. 박선섭, 박명준, 박재원, 이보영, 이상락 : 위생관계법규, 지구문화사, 1996.
19. 조덕제, 채수규, 공중만, 김정숙 : 식품분석, 지구문화사, pp. 75-76, pp. 122-125, 1997.
20. Saio, K., Nikkuni, I., Ando,Y., Otsuru, M., Terauchi, Y., and Kito, M. : Soybean quality changes during model storage studies, Cereal Chem., 57(2): 77, 1980.
21. Turner, E. W., Paynter, W. D., Montie, E. J., Bessert, M. W., Struck, G. M., and Olsin, F. C. : Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frogen pork, J. Agric. Food Chem., 8:326, 1954.
22. 권중호, 변명우, 김정숙 : 감마선 조사 건멸치의 미생물학적 및 관능적 품질 안정성, J. Korean Soc. Food Nutr., 25(2): 283, 1996.
23. Speck, M. L. : Conpendium of methods for the microbiological examination of foods, 23rd ed. APHA, Washington, DC., 1992.
24. Kwan, J. H., Byun, M. W., and Cho, H. O. : Development of food irradiation technology consumer attitude toward irradiation food in Korea, Radioisotopes, 41: 654, 1992.
25. 최진호, 장진규, 박길동, 박명한, 오성기 : 고속액체 크로마토그래피에 의한 인삼 및 인삼제조중의 유리당의 정량, 한국식품과학회지, 13(2): 107, 1981.
26. AOAC : Official method of analysis of the association of official analytical chemists,

Chapter 45, pp. 9-10, 1995.
27. 김동훈 : 식품화학, 탐구당, pp. 583-586, 1997.
28. Diehl, J. F., Adam, S., Delincee, H., and Jakubick, C. : Radiolysis of carbohydrates and carbohydrate containing foodstuffs, J. Agric. Food Chem., 26: 15, 1978.
29. Wilkinson, V. M., Gould, G. W. : Food Irradiation-a reference guide, Reed Educational an Professional Publishing Ltd., p. 146, 1996.
30. Dennis G. Olson : Irradiation of food. Food Tech., 52(1): 56, 1998.