Journal of Radiation Industry 11(4) : 235~240(2017)

감마선 조사가 발아현미새싹의 오염미생물 감균 및 유용 성분에 미치는 영향

김 미 정[1,*]

[1]안양대학교 식품영양학과

Affects of Gamma Irradiation on Reduction of Contaminated Microorganisms and Useful Compounds in Germinated Brown Rice Sprout

Mi-Jung Kim[1,*]

[1]*Department of Food Science and Nutrition, Anyang University, Gyeonggi-do 14028, Republic of Korea*

Abstract - This study was conducted to evaluate the growth inhibition effect of harmful microorganisms contaminated and changes of γ-aminobutyric acid (GABA) and β-sitosterol in germinated brown rice by gamma irradiation. Germinated brown rice sprouts with 3 mm length were separated and gamma-irradiated within the absorbed dose of 1, 2, 3, 4 or 5 kGy. Non-irradiated one was used as control. Gamma irradiation could reduce the numbers of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococus aureus* and *Bacillus cereus*. Data from D_{10} values of microflora also indicated that gamma irradiation of 5 kGy could inhibit the growth of the harmful microorganisms. GABA was not affected by gamma irradiation, but β-sitosterol was affected and the content decreased. The results appeared that gamma irradiation can apply to eliminate the harmful microorganisms contaminated in germinated brown rice sprout for use as the ready-to-eat fresh cut vegetables.

Key words : Germinated brown rice sprout, Ready-to-eat fresh cut, Microorganisms, GABA and β-sitosterol, Gamma irradiation

서 론

발아현미는 현미의 식감을 개선하고 소화흡수를 높이기 위한 목적으로 개발되어 이용되어지고 있다. 발아현미는 발아되는 과정에서 조직이 연화되어 식감이 개선되고, 찰기와 식미가 향상되어 섭취가 용이해질 뿐 아니라, γ-aminobutyric acid (GABA), β-sitosterol, 식이섬유, ferulic acid, tocotrienols, 마그네슘, 아연 및 γ-oryzanol 등 각종 생리활성을 갖는 기능성 성분들이 증가되는 것으로 알려져 있다(Kim *et al*. 1998; Kim *et al*. 2001; Oh 2002). 특히, 발아 중 GABA 함량이 급격히 증가하는데(Choi *et al*. 2004; Jung *et al*. 2008), 이 물질은 당뇨병, 고혈압, 고지혈증 및 비만 등 성인병 예방, 성장기 어린이의 성장발육을 촉진하고, 기억력과 학습효과를 증대시키고, 소화촉진 및 혈액순환 기능을 강화하는 효능을 가지고 있고, 신진대사 작용을 도와주는 효능이 있는 것으로 보고되어 있다(Oh 2007; Lee *et al*. 2009; Lim and Kim 2009). β-Sitosterol은 고등식물에 풍부

* Corresponding author: Mi-Jung Kim, Tel. +82-31-467-0964, Fax. +82-31-467-0909, E-mail. mjkim@anyang.ac.kr

하게 존재하는 phytosterol로 대장암 억제, 항염증 효과. 면역증강 효능이 있는 것으로 알려져 있다(Gupta *et al*. 1980; Kahn *et al*. 1991). 발아현미를 건조하여 분말화한 후 다양한 가공식품의 원료로 사용하거나(Kang *et al*. 2003), 발아현미 자체를 세척 후 포장하여 즉석섭취 가능한 ready-to-eat fresh-cut-vegetable (즉석섭취 편이식품)인 새싹채소로 즉석섭취하기도 한다(Soriano *et al*. 2000).

현미새싹은 높은 영양학적 가치를 갖고 있음에도 불구하고 미생물의 오염으로 인해 심각한 식중독을 일으키는 원인이 될 수 있다(Bae *et al*. 2011). 현미새싹과 같은 새싹채소의 식중독 미생물을 제거하는 방법으로 발아 후 새싹을 에탄올, 차염소산나트륨, 유기산 용액 등에 침지를 하거나(Cho and Park 2012), 열풍 건조하여 오염된 미생물을 감균시키거나, 현미 종자에 직접 처리하여 미생물을 제거하려는 연구가 수행되었다(Kim *et al*. 2016). 그러나, 비가열 살균법인 방사선 조사기술을 적용한 연구는 몇 가지 신선편이 식품에 대한 연구만 있을 뿐 현미새싹에 대해서는 시도되지 않았다(Byun *et al*. 2010). 또한, GABA나 β-sitosterol 등과 같은 생리활성 효과를 갖는 기능성 물질들에 대한 방사선 조사의 영향이 연구되지 않아 이에 대한 과학적 자료마련이 필요하다.

한편, 실용화 측면에서도 국제식품규격위원회(CODEX)는 새싹채소 등 신선 편이식품에 8 kGy의 최대 허용선량을 허가하여 식중독 예방법을 마련하고 있으나(FAO/WHO 2003), 국내에서는 아직 허용되고 있지 않은 실정이다. 이에 따라 국내 허가 규정 마련을 위한 폭 넓은 연구가 절실한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 생리활성 효과가 우수한 현미새싹에 대한 감마선 조사의 이용 가능성을 평가하여 국내 법규 마련을 위한 기초자료를 제공하고 실용화를 위한 과학적 근거를 준비하기 위해 실시하였다. 이를 위해 현미새싹에 오염되어 있는 부패 및 식중독을 일으킬 수 있는 세균과 주요한 식중독 세균인 *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococus aureus*, *Bacillus cereus* 등에 대한 감마선 조사에 의한 감균 효과를 평가하였다. 또한, 오염 미생물 감균 선량에서 현미새싹의 대표적 기능성 성분인 GABA과 β-sitosterol의 함량에 미치는 영향을 시험하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 시약의 준비

현미새싹은 발아현미 가공 전문업체인 ㈜미실란에서 30°C, 24시간 동안 발아시킨 후 싹의 길이가 2 mm인 것을 선별하여 시료로 활용하였다. 표준 GABA와 β-sitosterol은 Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 기타 미생물용 배지 및 분석시약 등은 특급을 사용하였다.

2. 감마선 조사

시료의 감마선 조사는 1, 2, 3, 4 및 5 kGy의 흡수선량을 얻도록 상온에서 조사하였다. 한국원자력연구원 첨단방사선연구소의 Cobalt-60 irradiator (Point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)에서 실시하였으며 흡수선량의 확인은 ceric/cerous dosimeter (Harwell, UK)를 사용하였다.

3. 오염 미생물의 정량적 분석

시료의 일반 미생물의 정량적 분석은 식품공전법(KFDA, 2009)을 바탕으로 Bae *et al*. (2011)의 방법을 준용하여 실시하였다. 시료 25 g을 정량한 후 buffered pepton water (Difco Laboratories, Detroit, MI, USA) 225 ml가 담긴 멸균 stomacher bag에 넣어 10배 희석한 후 stomacher (BagMixer®400, Interscience, Bretèche, France)를 이용하여 2분간 균질화하였다. 균질화된 시료는 9 ml의 buffered peptone water (Difco)를 이용하여 10배씩 연속 희석하였다. 총균수의 측정을 위해서 각각의 희석된 시료 1 ml을 petrifilm aerobic count plate (3 M, Seoul, Korea)위에 분주하여 30°C에서 24~48시간 배양하였으며, 배양 후 petrifilm 위에 형성된 균체(colony)를 계수하여 colony forming unit (CFU)·g^{-1}으로 나타내었다. 또한 대장균군 및 대장균의 정량적 분석을 위해서는 petrifilm E. coli/coliform count plate (3 M)에 위에서 준비한 시료 1 ml을 분주하여 37°C에서 24~48시간 배양하였다. 배양 후 기포를 가진 파란색 균체를 대장균양성으로, 기포를 가진 붉은색 균체와 기포를 가진 파란색 균체를 대장균군 양성으로 간주하여 계수하였다. 효모 및 곰팡이의 정량적 분석을 위해서는 petrifilm yeast/molds count plate (3 M)에 위에서 준비한 시료 1 ml을 분주하여 37°C에서 24~48시간 배양하였다. 배양 후 녹색의 균체를 효모 및 곰팡이의 양성으로 간주하여 계수하였다.

4. 유해세균 오염도 분석 및 동정

감마선 조사선량 당 현미새싹 5개의 시료를 준비하여 각각의 시료들에 오염되어 있는 병원성 미생물은 총 5종(*E. coli* O157:H7, *S. typhimurium*, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *B. cereus*)에 대하여 조사하였으며, 병원성 미생물을 분리하는 방법은 *E. coli* O157:H7의 경우 식품공전법(KFDA, 2009)을 이용하였고, 나머지 균들은 미국 FDA Bacterial

Analytical Manual (US FDA 2009)을 이용하여 검사하였다. 동정은 각각의 선택배지에 전형적인 균체를 선택하여 API kit (BioMérieux, Marcy I'toile, France)를 사용하여 동정하였다. 각각의 병원성 세균의 선택배지는 호기성 환경에서 배양하였다.

5. GABA 함량 분석

GABA 분석은 Oh *et al*. (2014)의 방법을 이용하여 아미노산 자동분석기 (Biochrom 30, Pharmacia Co. USA)를 이용하였다. 즉, 분쇄한 시료 200 mg을 정확히 칭량하여 증류수 2 ml을 첨가하고 상온에서 24시간 추출 후, 원심분리하여 상등액만을 취하여 0.45 μm membrane filter (Merck Milipore, Germany)로 여과하였다. 시료 200 μl와 Lithium citrate loading buffer 800 μl를 혼합하여 분석시료로 사용하였다. 분석을 위한 칼럼은 Lithium column (25 cm × 0.46 cm I.D., 5 μm particle size, Sigma Aldrich, USA)을 이용하여 용매 Lithium citrate buffer를 사용하여 gradient condition (Table 1)으로 분석하였고 분석조건은 용매 유속 25.0 ml·hr^{-1}이며 검출을 위한 발색시약은 ninhydrin 용액을 사용하여 570 nm 및 440 nm에서 흡광도를 측정하였다.

6. β-Sitosterol 함량 분석

감마선 조사에 의한 β-sitosterol 함량의 변화는 Park *et al*. (2010)의 방법을 준용하여 gas chromatography 분석법으로 측정하였다. 시료 1.0 g을 칭량하여 33% KOH 1.0 ml, Etanol 9.0 ml, ISTD 1.0 ml을 가한 후 80°C waterbath에서 1시간 가온한 후 실온에서 방냉하고 증류수 5 ml, Haxane 10 ml을 가해 혼합한 후 정치, 분리시켰다. 상층을 탈수하여 0.45 μm membrane fillter로 여과하여 시험용액으로 사용하였다.

Table 1. Gradient condition of Lithium citrate buffer into high liquid performance chromatography for analysis of γ-aminobutyric acid (unit: %)

Time (min)	0	5	10	15	20	25
A (0.01 M, pH 2.0)	100	70	50	0	0	0
B (0.02 M, pH 2.0)	0	30	50	0	0	0
C (0.02 M, pH 3.5)	0	0	0	50	30	0
D (0.04 M, pH 3.5)	0	0	0	50	70	100

7. 통계처리

관찰된 실험결과는 SAS통계프로그램 (version 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA)의 ANOVA procedure을 이용하여 분석되었다. 각각의 처리군이 통계적인 유의차를 나타내는 경우에 ($p \leq 0.05$) 각각의 5반복 실험에 의한 평균값은 Duncan's multiple range test를 이용하여 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 오염 미생물 감균효과

현미새싹에 오염되어 있는 미생물에 대한 감마선조사의 감균 효과는 Table 2에 나타냈다. Total aerobic bacteria는 6.54 log CFU·g^{-1}, Coliform bacteria는 3.43 log CFU·g^{-1}, *E. coli*는 0.98 log CFU·g^{-1}, Yeast/Mold는 1.47 log CFU·g^{-1} 수준으로 각각 검출되었다. 현미새싹에 오염된 미생물은 하기에서 기술한 연구들에서 발표한 결과와 유사한 오염 양상을 보여주고 있다. Choi *et al*. (2005)의 신선 채소류의 호기성 세균의 조사 연구에서 상추는 평균 7.01~7.10 log CFU·g^{-1}, 깻잎은 평균 6.44~6.69 log CFU·g^{-1}로 확인되었다. 또한 Kim *et al*. (2004)의 채소샐러드의 미생물 오염조사에서는 즉석 섭취용 샐러드 제품에서 60.8%의 대장균군이 검출되었으며, *E. coli*가 17건, *S. aureus*가 3건, *Salmonella* spp.가 1건 검출되었다. Kim and Shin (2008)의 연구에서는 전처리 채소 8종에서 대하여 대장균군의 오염도를 조사한 결과, 3.4에서 6.9 log CFU·g^{-1}으로 오염되어 있는 것이 확인되었다. 반면 Cho *et al*. (2004)의 유통 중인 양배추의 미생물 수준을 분석한 결과에서는 총균수가 9.21 log CFU·g^{-1}, 대장균군이 6.60 log CFU·g^{-1} 수준으로 분포되어 있는 것을 확인하였다. 유기농 채소의 미생물 오염도를 조사한 연구결과에서는 당근, 감자, 상추, 오이 등의 유기농 채소에서 총 호기성세균수는 4~6 log CFU·g^{-1} 수준을 보였으며 대장균은 82.1%의 검

Table 2. Averages (Log CFU·g^{-1})[a] of microorganisms isolated from gamma-irradiated brown rice sprouts

Microorganism	Irradiation dose (kGy)						D_{10} value
	0	1	2	3	4	5	
Total aerobic bacteria	6.54 ± 0.92^{c}	6.32 ± 0.88^{c}	5.78 ± 1.03^{cd}	5.16 ± 0.69^{d}	4.24 ± 0.87^{de}	3.34 ± 1.05^{e}	0.65
Coliform bacteria	3.43 ± 1.52^{c}	3.09 ± 0.67^{c}	2.17 ± 1.03^{cd}	1.24 ± 0.74^{d}	NG	NG	0.75
Escherichia coli	0.98 ± 0.76	NG[b]	NG	NG	NG	NG	0.98
Yeast/Molds	1.98 ± 0.83^{c}	1.36 ± 1.02^{c}	0.34 ± 0.42^{cd}	NG	NG	NG	0.82

[a]Data represent means ± standard deviations of five measurements.
[b]NG: Non growth on plate
[c-e]Means with the different letter within a row are significant differences ($p > 0.05$).

출률을 보였다. Solberg *et al*. (1990)은 급식업소에서 음식의 미생물적 안전기준치를 총균수 5.0 log CFU·g^{-1} 이하, 대장균수 3.0 log CFU·g^{-1} 이하로 제시하고 있으며, 몇몇 신선채소는 본 기준을 초과하는 것으로 나타났다.

감마선 조사에 의해 현미새싹의 총균수와 대장균군, 대장균, 효모 및 곰팡이수는 감소하였다. 그중 대장균이 감마선 조사에 가장 민감하여 0.98의 D_{10} 값을 나타냈고, Yeast와 Mold는 0.82, 대장균군은 0.75로 나타났고, 호기성 총세균은 0.65의 D_{10} 값을 보였다. 이 결과는 감마선 조사에 의한 미생물 감균에 대한 여러 보고와 유사한 결과를 보이고 있다(Byun *et al*. 2010; Song *et al*. 2013; Park *et al*. 2014).

2. 유해세균 오염도 분석 및 동정 결과

Table 3은 현미새싹에서 분리한 병원성미생물에 대한 API kit법을 이용한 동정 결과를 보여주고 있다. 감마선을 조사하지 않고 무작위로 준비한 처리구 5개의 시료에서 총 5종의 병원성 미생물 중 *L. monocytogenes*는 처리구 5개 모두에서 생육이 발견되었다. *S. aureus*와 *B. cereus*는 3개의 처리구, *E. coli* O157:H7과 *S. typhimurium*은 1개의 시료에서 발견되었다. 이전 연구보고에 의한 신선 채소에 오염된 병원성 세균을 조사한 결과를 보면, Kim and Shin (2008)의 연구에서 채소에서 *B. cereus*가 검출되었고, *B. cereus* 오염도는 당근 3.6 log CFU·g^{-1}, 무 2.9 log CFU·g^{-1}, 부추 2.5 log CFU·g^{-1} 수준으로 조사되었다. 비가열 채소류의 병원성 오염도를 관찰한 다른 연구의 경우 치커리에서 *S. aureus*와 *B. cereus*가 22%로 가장 많이 검출되었으며, *B. cereus*는 쑥갓에서도 많이 검출되었다(Jung *et al*. 2006). 또한 Kim *et al*. (2004)의 즉석 섭취 채소 샐러드의 미생물 오염 조사 연구에서는 *S. aureus*가 채소 샐러드 4건 검출되었으며, *S. ariazona*가 1건의 채소에서 검출되었다. 신선 농식품은 일반적으로 가열하지 않고 직접 신선한 상태로 섭취하기 때문에 병원성 미생물에 오염되어 있을 경우 식중독을 일으킬 수 있다(Bae *et al*. 2011). 병원성미생물 중 *E. coli* O157:H7는 1 kGy의 감마선 조사에서도 불검출 된 반면, *B. cereus*는 5 kGy의 감마선 조사된 1개의 처리구에서도 생육이 관찰되어 완전 제거를 위해서는 더 높은 선량이 요구됨을 알 수 있었다. *S. typhimurium*은 2 kGy, *L. monocytogenes*와 *S. aureus*는 3 kGy의 흡수선량에서 생육이 관찰되지 않았다.

Table 3. Numbers of positive samples for pathogenic contamination of each five brown rice sprout sample gamma-irradiated with the same absorbed dose

Microorganism	Irradiation dose (kGy)					
	0	1	2	3	4	5
Escherichia coli O157:H7	1	ND[a]	ND	ND	ND	ND
Salmonella typhimurium	1	1	ND	ND	ND	ND
Listeria monocytogenes	5	4	4	2	ND	ND
Staphylococus aureus	3	3	2	1	ND	ND
Bacillus cereus	3	3	3	3	2	1

[a]Not detected.

3. GABA 함량 변화

Fig. 1은 감마선 조사가 현미새싹에 함유된 GABA의 함량에 미치는 영향을 시험한 결과이다. 현미새싹에 함유된 GABA는 5 kGy 이하의 감마선 조사에서는 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 현미새싹의 GABA 함량은 0.581 μg·g^{-1}의 농도로 이전 보고(Ko *et al*. 2011; Oh *et al*. 2014)와 유사한 함량을 나타냈다. 현재까지 GABA에 대한 감마선 조사영향에 대한 연구는 보고되지 않아 흡수선량의 폭과 범위에 대한 기본적인 자료가 없는 실정이다. 따라서,

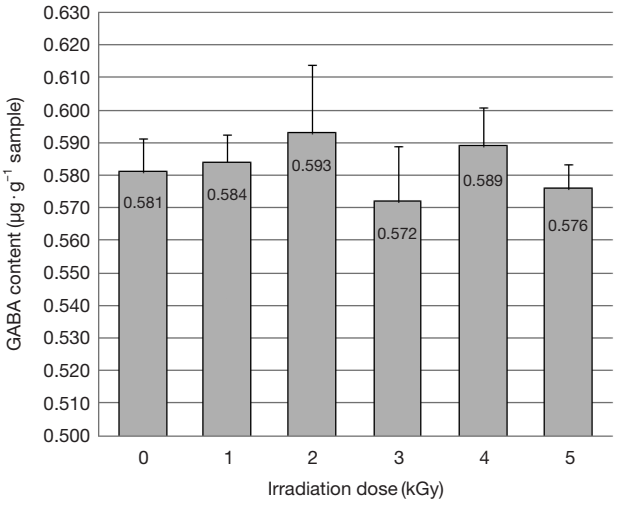

Fig. 1. GABA contents of gamma-irradiated brown rice sprout.

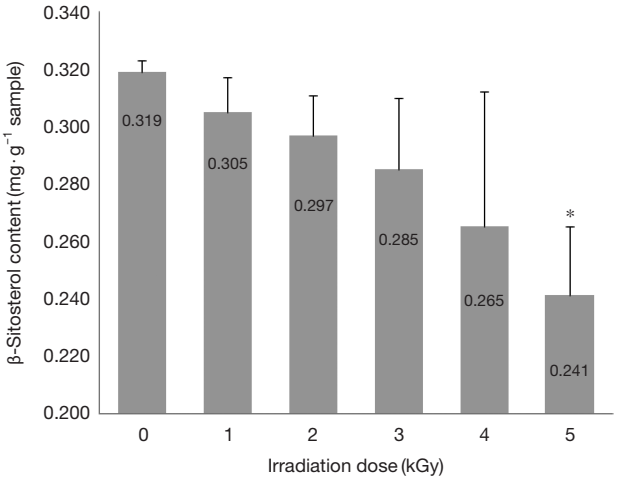

Fig. 2. β-Sitosterol contents of gamma-irradiated brown rice sprout. Data with star (*) means the statistical differences ($p<0.05$).

10 kGy까지의 위생화 선량과 20~45 kGy 범위의 멸균 선량에서의 GABA의 영향이 시험되어야 할 것으로 사료된다. 이 결과를 통해 5 kGy 이하의 감마선 조사는 현미새싹의 GABA 함량에 어떠한 영향도 끼치지 않는다는 것을 알 수 있었다. 따라서 발아현미(현미새싹)의 미생물적 안전성 확보를 위한 감마선 조사는 GABA의 함량에 영향을 끼치지 않을 것으로 사료된다.

4. β-Sitosterol 함량 변화

β-Sitosterol은 감마선 조사에 영향을 받는 것으로 나타났다(Fig. 2). 감마선 조사선량이 증가할수록 β-sitosterol의 함량이 흡수선량에 의존적으로 감소되어 5 kGy 감마선 조사에서는 통계적인 유의성이 관찰되었다. 이온화 에너지에 의한 지방산 변화는 많은 연구들에서 보고되어 왔다(IAEA, 2006). 그러나, β-sitosterol에 관한 연구결과는 보고되지 않고 있다. 5 kGy의 조사선량에서 β-sitosterol의 함량이 감소된다면 10 kGy 이상의 고선량 조사에서는 더욱 감소할 것으로 사료되어 현미새싹과 같은 신선편이 즉석식품에 대한 감마선 조사 적용 시 고려해야 할 것으로 사료된다.

결 론

본 연구는 신선편의 즉석식품으로 수요가 증가하고 있는 현미새싹(발아현미)의 식중독 예방을 위한 감마선 조사기술을 적용하기 위해 실시하였다. 현미를 발아시켜 3 mm 정도의 길이를 갖는 새싹을 분류한 후 1, 2, 3, 4, 5 kGy의 흡수선량을 갖도록 감마선을 조사하였다. 총 호기성 세균, 대장균군, 대장균, 효모와 곰팡이의 감균 효과를 시험하였고, *E. coli* O157:H7, *S. typhimurium*, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *B. cereus*의 사멸 선량을 측정하였다. 또한 현미새싹의 영양성분인 GABA와 β-sitosterol의 함량변화를 측정하여 감마선 조사의 적용성을 평가하였다. 감마선 조사에 의해 현미새싹에 오염되어 있는 모든 미생물의 생육이 억제되었다. 감마선 조사에 의한 사멸선량(D_{10} 값)을 측정한 결과 대장균은 0.98, Yeast와 Mold는 0.82, 대장균군은 0.75, 호기성 총세균은 0.65를 나타냈다. GABA는 5 kGy의 감마선 조사에서는 영향을 받지 않았으나, β-sitosterol은 감마선 조사에 영향을 받는 것으로 나타났다. 이 결과는 국내에서는 아직 허가되지 않은 신선편의 즉석식품 중 새싹채소류의 방사선 조사 사용을 위한 기초자료를 제공한다.

참 고 문 헌

Bae YM, Hong YJ, Kang DH, Heu S and Lee SY. 2011. Microbial and pathogenic contamination of ready-to-eat fresh vegetables in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* **43**:161-168.

Byun MW, Shin MG and Lee JW. 2010. Utilization of radiation technology in the R&D field of special food. *J. Radiation Ind.* **4**:95-105.

Cho JI, Kim KS, Bahk GJ and Ha SD. 2004. Microbial assessment of wild cabbage and its control. *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**:162-167.

Cho SK and Park JH. 2012. Bacterial biocontrol of sprouts through ethanol and organic acids. *Korean J. Food Nutr.* **25**:149-155.

Choi HD, Park YK, Kim YS, Chung CH and Park YD. 2004. Effect of pretreatment conditions on γ-amino butyric acid content of brown rice and germinated brown rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**:761-764.

Choi JW, Park SY, Yeon JH, Lee MJ, Chung DH, Lee KH, Kim MG, Lee DH, Kim KS and Ha SD. 2005. Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. *J. Fd. Hyg. Safety* **20**:43-47.

FAO/WHO. 2003. General CODEX methods for the detection of irradiated foods. CODEX STAN 231-2001, Rev.1.

Gupta MB, Nath R, Srivastava N, Shanker K, Kishor K, Bhargava KP. 1980. Anti-inflammatory and antipyretic activities of β-sitosterol. *Planta Med.* **39**: 157-162.

IAEA. 2006. Database on approvals for irradiation food (supplement). *Food Environ. Protect. Newslett.* **9**:21-59.

Jung HY, Lee DH, Baek HY and Lee YS. 2008. Pre- and post germination changes in pharmaceutical compounds of germinated brown rice. *Korean J. Crop Sci.* **53**:37-43.

Jung SH, Hur MJ, Ju JH, Kim KA, Oh SS, Go JM, Kim YH and Im JS. 2006. Microbiological evaluation of raw vegetables. *J. Fd. Hyg. Safety* **21**:250-257.

Kahn MMAA, Jain DC, Bhakuni RS, Mohd Z and Thakur RS. 1991. Occurrence of some antiviral sterols in *Artemisia annua*. *Plant Sci.* **75**:161-165.

Kang MY, Lee YR and Nam SH. 2003. Characterization of the germinated rices to examine an application potentials as functional rice processed foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* **35**:696-701.

Kim JS, Bang OK and Chang HC. 2004. Examination of microbiological contamination of ready-to-eat vegetable salad. *J. Fd. Hyg. Safety* **19**:60-65.

Kim MH and Shin WS. 2008. Microbiological quality of raw and cooked foods in middle and high school food service establishments. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **37**:1343-1356.

Kim SL, Son YK, Son, JR and Hur HS. 2001. Effect of germination condition and drying methods on physicochemical properties of sprouted brown rice. *Korean J. Crop Sci.* **46**:221-228.

Kim SS, Kim YK and Lee WJ. 1998. Microwave vacuum drying of germinated brown rice as a potential raw material for enzyme food. *Korean J. Food Sci. Technol.* **30**:1107-1113.

Kim WI, Kim SY, Kim IS, Han S, Kim SR, Yun B, Ryu JG and Kim HJ. 2016. Effects of sample preparation methods for the isolation of foodborne pathogens from sprout seeds. *J. Food Hyg. Saf.* **31**:465-470.

Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Jeong HS and Woo KS. 2011. Changes in chemical components of Foxtail millet, Proso Millet, and Sorghum with germination. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**:1128-1135.

Korea Food and Drug Administration. 2009. Food code. Available from: http://www.kfda.go.kr

Lee JH, Oh SK, Cho KM, Seo WD and Choung MG. 2009. Variations in physicochemical properties of brown rice (*Oryza sativa* L.) during storage. *Food Sci. Biotech.* **18**:1398-1403.

Lim SD and Kim KS. 2009. Effects and utilization of GABA. *Korean J. Dairy Sci. Technol.* **27**:45-51.

Oh SH. 2007. Effects and application of germinated brown rice with enhanced levels of GABA. *Food Sci. Ind.* **40**:41-46.

Oh SK, Lee JH, Won YJ, Lee DH and Kim CK. 2014. Changes of physicochemical properties according to the shoot length in germinated brown rice. *Korean J. Crop Sci.* **59**:223-229.

Oh YS. 2003. Study on nutritional properties of sprouting brown rice. Kongju Nation Univ. MS dissertation, Kongju, Korea.

Park JN, Jung K, Yoon YM, Choi SJ, Kim JH, Lee JW and Song BS. 2014. Comparison of the effects of gamma ray, electron beam, and X-ray irradiation to improve safety of black pepper powder. *Korean J. Food Preserv.* **21**:315-320.

Park YH, Lim SH, Ham HJ, Kim HY, Jeong HN, Kim KH and Kim S. 2010. Isolation of anti-inflammatory active substance β-sitosterol from seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) stem. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **39**:980-985.

Solberg M, Bucklew JJ, Chen CM, Schaffner DW, O'eil K, McDowell J, Post LS and Boderck M. 1990. Microbiological safety assurance system for food service facilities. *Food Technol.* **44**:68-73.

Song BS, Kim JH, Kim JK, Park JH, Byun EB and Lee JW. 2013. Sanitization of space foods using irradiation technology. *Safe Food* **8**:3-11.

Soriano JM, Rico HM, Molto JC and Manes J. 2000. Assessment of the microbiological quality and wash treatments of lettuce served in university restaurants. *Int J Food Microbiol.* **58**:123-128.

US Food and Drug Administration. 2009. Bacteriological analytical manual. Available from: http://www.fda.gov

Received: 12 October 2017
Revised: 20 November 2017
Revision accepted: 24 November 2017