감마선 조사를 이용한 시판 분말원료의 위생화

최수정 · 한인준 · 윤영민 · 김종헌 · 김재훈 · 김재경 · 박종흠
이주운 · 홍성길[1] · 육홍선[2] · 송범석*

한국원자력연구원 첨단방사선연구소
[1](주)이롬 생명과학연구원, [2]충남대학교 식품영양학과

Sanitization of Commercial Powdered Products Using Gamma Irradiation

Soo-Jeong Choi, In-Jun Han, Young-Min Yoon, Jong-Heon Kim, Jae-Hun Kim, Jae-Kyung Kim, Jong-Heum Park, Ju-Woon Lee, Seong-Gil Hong[1], Hong-Sun Yook[2] and Beom-Seok Song*

Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 580-185, Korea
[1]*Erom R&D Center, Gangwon 200-944, Korea*
[2]*Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea*

Abstract - Microbiological populations and the sterility of commercial powdered products treated with gamma irradiation at 0～10 kGy were investigated before using them as ingredients for a non-cooked *Saengsik* product. We evaluated a total of 14 powdered products: 8 powdered cereals, 3 powdered tubers, and 3 powdered leafy vegetables. The total numbers of bacterial populations in non-irradiated powdered cereals, tubers, and leafy vegetables were 2.7～6.9, 5.6～6.0, and 5.3～6.8 log CFU · g^{-1}, respectively. Moreover, coliform bacteria were not indicated in adlay, millet, germinated brown rice, soybean, and mulberry leaves powder within detection limit (2.0 log CFU · g^{-1}). The number of *Bacillus cereus* exceeded 3.0 log CFU · g^{-1} (the maximum limit for *Saengsik* products) in all samples, excluding perilla seeds, buckwheat, barley, oat, potato, and Jerusalem artichoke powder. However, a dose of 6 kGy of gamma irradiation reduced the microbiological populations in all samples, and all the powdered products met the microbial requirements for *Saengsik* products. Futhermore, it was confirmed that all microorganisms in the 9 powdered products, except fermented brown rice, sweet potatoes, and 3 leafy vegetables, were sterilized by 10 kGy of gamma irradiation.

Key words : Powder, Gamma irradiation, *Saengsik*, Microbiological population, Sterilization

* Corresponding author: Beom-Seok Song, Tel. +82-63-570-3211, Fax. +63-570-3207, E-mail. sbs0110@kaeri.re.kr

서 론

국민 소득증가와 평균수명이 증가함에 따라 삶의 질이 향상되었으며, 이에 따른 건강에 대한 관심도가 높아져 안전하면서 건강에 도움이 되는 건강 요구형 식품의 관심이 증가하고 있다(Chang *et al.* 2004). 그에 따라 건강기능성 식품의 수요가 급증하고 있는데, 그 중에서도 생식 제품이 주목을 받고 있다.

생식은 동·식물성 원료를 주원료로 건조 등 가공 처리하여 분말, 과립, 바, 페이스트, 겔, 액상 등으로 제조한 것으로 이를 그대로 또는 물 등과 혼합하여 섭취할 수 있도록 편리성을 지니게 한 것을 말한다(KFDA 2012). 생식의 국내시장규모는 2000년 900억원에서 2002년 2,000억원, 2005년에는 약 5,000억원 수준으로 증가하였으며, 특히 1998년 이후부터 미국, 중국 및 일본 등 총 10여개 국가에 대한 수출액이 약 1,500만달러로 성장하였다(Lee 2004).

생식 제품의 원료들로는 곡류, 채소류, 버섯류, 해조류 및 과일류 등이 사용되고 있으며 생식의 주요한 원료인 채소류, 버섯류 및 해조류에는 3대 영양소, 미량 영양소, 식이섬유소 등을 포함한 다양한 기능성 물질들을 다량 함유하고 있다(Lee *et al.* 2003; Lee *et al.* 2003; Park *et al.* 2003). 이러한 기능성 물질들은 콜레스테롤 저하 및 변비 억제 등의 전통적 생리활성을 벗어나서 최근에는 항암작용 및 항균작용 등 다양한 생물활성을 나타내는 것으로 보고되고 있다(Cho *et al.* 2008).

분말 원료는 대부분 신선한 채소, 과일 및 곡류를 사용하기 때문에 수확 후 세척, 정선 또는 탈피, 건조 과정을 거쳐 제조된다(Lee 2002; Kim *et al.* 2004). 따라서 이러한 비가열 공정으로 인해 원료 내에 존재하는 미생물 또한 그대로 제품에 존재하거나 증식하는 문제점을 내포하고 있다(Chang *et al.* 2004). Chang *et al.* (2004)은 일부 시판 생식 제품에서 식중독균인 *Bacillus cereus*와 대장균군이 검출되어 이들에 대한 미생물학적 안전성에 대한 문제를 제기한 바 있다. 미생물 오염은 원료의 품질 저하뿐만 아니라 섭취 시에도 조리를 하지 않고 단순 음용하는 과정에서 위생학적 문제를 야기 시킬 수 있으므로, 이를 개선시키기 위한 위생화 공정이 필요하다(Kim *et al.* 2002).

한편 방사선 조사 기술은 대표적인 비가열 살균 기술로서 식품 고유의 풍미와 생화학적 품질, 그리고 기능성을 유지하면서도 제품을 포장한 상태에서 조사처리가 가능해 2차 오염을 방지할 수 있다(Thayer 1990; Byun and Lee 2003; Lee *et al.* 2003). 이러한 방사선 조사 기술은 살균 또는 멸균이 필요한 건조식품, 냉동식품 및 분말 식품 등에 응용이 가능하여 우주식품, 전투식량 및 환자식으로도 활용되고 있다(김 등 2009). 이와 같은 특성을 가지는 방사선 조사기술로 생식과 같이 가열살균이 어렵고 기능성을 유지해야하는 제품의 살균이 가능하다(Kim *et al.* 2002).

따라서 본 연구에서는 생식 제품의 원료로 사용 가능한 시판 분말 제품들의 미생물 오염 수준을 확인하고, 이들을 살균 또는 멸균할 목적으로 방사선 조사 기술을 적용한 후 미생물 사멸 정도와 멸균선량을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용된 분말 원료는 곡류(율무, 들깨, 기장, 메밀, 발아현미, 보리, 백태, 귀리), 서류(감자, 돼지감자, 고구마), 엽채류(샐러리, 케일, 뽕잎)분말로 인터넷을 통해 구매하였으며, 미생물 오염도를 조사하기 위해 Difco Laboratories (Detroit, Michigan, USA), Oxoid (Hampshire, England), 3M (St. Paul, MN, USA)에서 배지를 구입하여 사용하였다.

2. 감마선 조사

시판 분말 제품의 감마선 조사는 선원 11.1 PBq, ^{60}Co 감마선 조사시설(IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Canada)을 이용하였다. 샘플 50 g을 각각 LDPE (low density polyethylene)에 포장한 후 각각 0, 2, 4, 6, 8 및 10 kGy의 흡수선량(선량률 10 kGy · h^{-1})이 되도록 조사하였다. 조사 후 총 흡수선량 확인은 alanine dosimeter (Ceric cerous dosimeter, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템(Kishor *et al.* 1995)은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다.

3. 미생물 검사

시료의 일반호기성미생물, 진균류, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* 및 대장균군의 미생물 생육정도를 확인하였다. 즉, 시료 10 g에 멸균된 peptone수 90 g을 가하여 1분간 stomacher (Mark II Lab Blender, Tekmar Teledyne Technologies Inc., Sacramento, CA, USA)를 이용하여 균질화한 후 10진 희석법으로 희석한 희석액을 실험에 사용하였다. 일반호기성미생물은 plate count agar (PCA,

Difco Co. Detroit, MI, USA), 곰팡이는 potato dextrose agar (PDA, Difco Co. Detroit, MI, USA), *B. cereus*는 mannitol egg yolk polymyxin agar (MYP, Difco Co. Detroit, MI, USA), *Cl. perfringens*는 tryptose sulfite cycloserine agar (TSC, Oxoid, Hampshire, England)의 plate에 각각 도말하였고, 대장균군은 3M 건조필름 배지 (3M Petrifilm, St. Paul, MN, USA)에 접종하였다. 도말된 PCA, MYP 배지는 35°C에서 2일간, TSC는 anaerobic jar (Oxoid, Hampshire, England)를 이용하여 혐기적 조건에서 35°C에서 2일간, PDA 배지는 25°C에서 3～5일간 각각 배양하여 30～300개의 집락을 형성한 배지만을 계수하였다. 접종한 건조필름 배지는 35°C에서 1일간 배양하여 생성된 붉은 집락중 주위에 기포를 형성한 집락수를 계산하였다.

4. 세균발육시험

시료의 멸균 여부를 확인하기 위해 식품공전의 세균발육시험법 (KFDA 2012)을 이용하였다. 즉, 시료를 무균적으로 취한 후 멸균 PBS buffer solution 45 ml를 가하고, 20초간 vortexing 하였다. 이 용액의 1.0 ml에 멸균된 thioglycollate medium (Sigma-Aldrich co., St. Louis, MO, USA)을 가하고, 35°C의 incubator (MIR-262, Sanyo, Tokyo, Japan)에서 48시간 동안 배양시켜 yellow 계통으로 변색되지 않는 것을 멸균된 것으로 확정하였다.

결과 및 논의

1. 시판 분말 제품 중 곡류 분말의 미생물 평가

시판 분말 제품 중 곡류 분말 8종 (율무, 들깨, 기장, 메밀, 발아현미, 보리, 백태 및 귀리)의 미생물 오염 수준과 방사선 조사에 따른 미생물 변화 및 멸균 여부 확인 결과를 Table 1에 나타내었다. 율무, 들깨, 기장, 메밀, 발아현미, 보리, 백태 및 귀리의 일반호기성미생물은 비조사구에서 2.7～6.9 log CFU · g^{-1}으로 나타났으며, 특히 율무, 들깨 및 발아현미 분말은 5.0 log CFU · g^{-1} 이상으로 높게 나타났다. 이는 Kim *et al.* (2012)의 현미와 보리 분말에서 일반호기성미생물의 초기 생육도가 3.0～5.0 log CFU · g^{-1}으로 나타났다는 결과와 유사하였다. 또한 비조사구의 진균류는 2.4～3.5 log CFU · g^{-1}이였고 대장균군의 경우 음성 반응으로 검출되지 않은 들깨를 제외한 7종의 곡류 분말에서 양성 반응으로 나타났고, *Cl. perfringens*는 곡류 분말 8종 모두에서 검출되지 않았다. 그러나 *B. cereus*의 경우 검출되지 않은 들깨와 귀리 및 3.0 log CFU · g^{-1} 이하로 나타난 메밀, 보리를 제외한 나머지 분말 원료들에서는 3.0 log CFU · g^{-1} 이상으로 나타나 식품공전에서 제시하고 있는 생식제품에 대한 미생물 기준 (Table 4)에 부적합한 것으로 판단되므로 들깨, 메밀, 보리, 귀리 분말을 제외한 나머지 4종의 곡류 분말은 생식 제품 원료로 사용이 불가능 할 것으로 사료되었다.

감마선 조사 처리에 의하여 모든 미생물 수는 감소하였으며, 곡류 분말 8종 모두 6 kGy 이하의 선량으로 감마선 조사 했을 때 식품 공전의 생식 제품 미생물 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 세균발육시험을 통한 감마선 조사된 곡류 생식 분말의 멸균 확인 실험결과에서 들깨, 기장, 보리 및 귀리는 4 kGy, 메밀은 6 kGy, 율무 및 백태는 8 kGy에서 음성 반응이 나타내어 분말 제품 각각의 멸균선량을 확인할 수 있었다. 그러나 발아현미의 경우는 초기 균수가 6.3 log CFU · g^{-1}으로 매우 높아 10 kGy에서도 멸균되지 않은 것으로 나타났다.

2. 시판 분말 제품 중 서류 분말의 미생물 평가

시판 분말 제품 중 서류 분말 3종 (감자, 돼지감자 및 고구마)의 미생물 오염 수준과 감마선 조사 처리된 시료의 일반호기성미생물, 진균류, *B. cereus*, 대장균군 및 *Cl. perfringens*의 생육 정도 및 멸균여부 확인 결과는 Table 2에 나타내었다. 감자, 돼지감자 및 고구마의 일반호기성미생물은 비조사구에서 각각 5.8, 5.6 및 6.0 log CFU · g^{-1}으로 나타났다. 이는 감자의 초기 일반호기성세균이 5.0 log CFU · g^{-1}의 수준으로 나타났다는 Kim *et al.* (2012)과 Koh and Kim (2010)의 결과와 유사하였다. 비조사구의 진균류는 감자, 돼지감자 및 고구마 각각 2.3, 2.8 및 2.7 log CFU · g^{-1}으로 서로 유사한 수준을 보였고 대장균군은 각각 2.5, 1.9 및 2.8 log CFU · g^{-1}으로 검출되었으며, *Cl. perfringens*는 서류 분말 3종 모두에서 검출되지 않았다 (검출한계 10 CFU · g^{-1}). *B. cereus*의 경우 고구마 분말에서 5.4 log CFU · g^{-1}으로 생식 제품 미생물 기준 (3.0 log CFU · g^{-1})을 초과하여 분말 자체를 이용한 생식제품으로의 제조는 불가능한 것으로 판단되었다.

서류 분말 3종의 경우 모두 4 kGy 이하의 선량으로 감마선 조사 했을 때 생식 제품의 미생물 기준 (식품공전 2012)을 충족하였다. 감마선 조사된 서류 생식 분말의 멸균 확인 실험결과에서 감자 8 kGy 및 돼지감자 10 kGy에서 멸균이 확인되었으나 고구마는 10 kGy에서도 멸균되지 않은 것으로 나타났다. 이것은 서류작물은 토양에서 자라는 덩이뿌리 식물로서 토양미생물인 *B. cereus*외에도 다른 다양한 미생물군이 제조 공정에서 충분히 제

어가 되지 않을 경우 많은 수의 세균들이 최종 분말 제품에 존재할 가능성이 매우 높으므로(Cho *et al.* 2008), 높은 초기 오염도로 인하여 멸균 선량이 상승한 것으로 사료되었다.

Table 1. Effect of gamma irradiation on bacterial populations in powdered cereals and bacterial growth after incubation 35°C for 48 h

Samples	Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU · g^{-1})					
		Total aerobic bacteria	Molds	*Bacillus cereus*	*Clostridium perfringens*	Coliform bacteria	Bacterial growth
Adlay	0	5.3±0.03	3.3±0.05	5.4±0.01	ND	TNTC[2)]	+[3)]
	2	3.8±0.16	2.3±0.28	3.5±0.06	ND	ND	+
	4	3.1±0.35	ND	2.5±0.07	ND	ND	+
	6	0.7±1.15	ND	1.3±1.15	ND	ND	+
	8	ND[1)]	ND	ND	ND	ND	−
	10	ND	ND	ND	ND	ND	−
Perilla seeds	0	5.0±0.18	2.7±0.13	ND	ND	ND	+
	2	2.3±0.35	ND	ND	ND	ND	+
	4	ND	ND	ND	ND	ND	−
	6	ND	ND	ND	ND	ND	−
	8	ND	ND	ND	ND	ND	−
	10	ND	ND	ND	ND	ND	−
Millet	0	4.7±0.09	3.4±0.08	3.5±0.03	ND	TNTC	+
	2	3.0±0.30	2.7±0.10	2.6±0.30	ND	ND	+
	4	ND	ND	ND	ND	ND	−
	6	ND	ND	ND	ND	ND	−
	8	ND	ND	ND	ND	ND	−
	10	ND	ND	ND	ND	ND	−
Buckwheat	0	3.9±0.03	3.4±0.11	2.9±0.29	ND	2.5±0.23	+
	2	2.4±0.36	2.5±0.24	ND	ND	ND	+
	4	1.4±1.25	0.7±1.15	ND	ND	ND	+
	6	ND	ND	ND	ND	ND	−
	8	ND	ND	ND	ND	ND	−
	10	ND	ND	ND	ND	ND	−
Germinated brown rice	0	6.9±0.08	3.5±0.05	5.4±0.01	ND	TNTC	+
	2	5.3±0.05	2.8±0.11	4.0±0.03	ND	ND	+
	4	4.5±0.06	2.2±0.28	3.0±0.17	ND	ND	+
	6	3.8±0.04	ND[1)]	2.1±0.17	ND	ND	+
	8	3.2±0.21	ND	0.8±1.33	ND	ND	+
	10	2.3±0.24	ND	0.7±1.15	ND	ND	+
Barley	0	2.7±0.14	3.2±0.10	2.0±0.01	ND	1.3±0.24	+
	2	ND	ND	ND	ND	ND	+
	4	ND	ND	ND	ND	ND	−
	6	ND	ND	ND	ND	ND	−
	8	ND	ND	ND	ND	ND	−
	10	ND	ND	ND	ND	ND	−
Soybean	0	4.5±0.03	3.0±0.19	3.4±0.03	ND	TNTC	+
	2	2.8±0.32	2.6±0.28	2.4±0.10	ND	ND	+
	4	2.1±0.17	1.4±1.25	ND	ND	ND	+
	6	ND	ND	ND	ND	ND	+
	8	ND	ND	ND	ND	ND	−
	10	ND	ND	ND	ND	ND	−
Oat	0	2.8±0.16	2.4±0.43	ND[1)]	ND	0.8±0.68	+
	2	2.0±0.01	1.4±1.25	ND	ND	ND	+
	4	ND	ND	ND	ND	ND	−
	6	ND	ND	ND	ND	ND	−
	8	ND	ND	ND	ND	ND	−
	10	ND	ND	ND	ND	ND	−

Values are mean±standard deviation (n=5).

[1)]Not detected within the detection limit < 10^2 CFU · g^{-1}.

[2)]TNTC: too numberous to count.

[3)]Bacterial growth was detected after incubating 35°C for 48 h in a thioglycollate medium (positive) or not (negative).

Table 2. Effect of gamma irradiation on bacterial populations in powdered tubers and bacterial growth after incubation 35°C for 48 h

Samples	Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU · g^{-1})					
		Total aerobic bacteria	Molds	*Bacillus cereus*	*Clostridium perfringens*	Coliform bacteria	Bacterial growth
Potato	0	5.8±0.03	2.3±0.24	3.0±0.07	ND	2.5±0.04	+[2)]
	2	3.0±0.07	ND	0.7±1.15	ND	ND	+
	4	1.3±1.15	ND	ND	ND	ND	+
	6	ND[1)]	ND	ND	ND	ND	+
	8	ND	ND	ND	ND	ND	−
	10	ND	ND	ND	ND	ND	−
Jerusalem artichoke	0	5.6±0.05	2.8±0.44	2.4±0.35	ND	1.9±0.33	+
	2	3.4±0.07	2.6±0.19	0.7±1.15	ND	ND	+
	4	3.0±0.07	2.6±0.24	0.7±1.15	ND	ND	+
	6	2.3±0.30	1.5±1.31	0.7±1.15	ND	ND	+
	8	0.7±1.15	ND	ND	ND	ND	+
	10	ND	ND	ND	ND	ND	−
Sweet potato	0	6.0±0.16	2.7±0.09	5.4±0.01	ND	2.8±0.10	+
	2	5.0±0.07	1.3±1.15	3.7±0.05	ND	ND	+
	4	4.6±0.19	ND	2.5±0.15	ND	ND	+
	6	4.4±0.03	ND	2.5±0.28	ND	ND	+
	8	4.3±0.14	ND	2.1±0.17	ND	ND	+
	10	4.2±0.06	ND	2.0±0.01	ND	ND	+

Values are mean±standard deviation (n=5).
[1)]Not detected within the detection limit < 10^2 CFU · g^{-1}.
[2)]Bacterial growth was detected after incubating 35°C for 48 h in a thioglycollate medium (positive) or not (negative).

3. 시판 분말 제품 중 엽채류 분말의 미생물 평가

시판 분말 제품 중 엽채류 생식 분말 3종(샐러리, 케일 및 뽕잎)의 미생물 오염 수준과 감마선 조사 처리된 시료의 일반호기성미생물, 진균류, *B. cereus*, 대장균군 및 *Cl. perfringens*의 생육 정도 및 멸균여부 확인 결과는 Table 3에 나타내었다. 조사처리 되지 않은 샐러리, 케일 및 뽕잎 분말에서 일반호기성미생물은 각각 5.9, 5.3 및 6.8 log CFU · g^{-1}으로 나타났다. Kim *et al.* (2012)은 케일의 초기 일반호기성미생물이 4.0 log CFU · g^{-1} 수준을 나타냈으며 Koh and Kim (2010)은 6.0 log CFU · g^{-1}이었다고 보고한 바 있다. 비조사구의 진균류는 샐러리, 케일 및 뽕잎 분말에서 각각 0.7, 2.9 및 2.8 log CFU · g^{-1}으로 확인되었으며, 대장균군의 경우 샐러리와 케일은 검출한계 내에서 (2.0 log CFU · g^{-1}) 검출되지 않았으나, 뽕잎 분말에서는 높은 오염도를 확인 할 수 있었다. *Cl. perfringens*는 엽채류 분말 3종 모두에서 검출되지 않았다 (검출한계 2.0 log CFU · g^{-1}). *B. cereus*의 경우 샐러리, 케일 및 뽕잎 모두 5.4 log CFU · g^{-1}으로 검출되었는데, 이는 생식 제품의 미생물 기준인 3.0 log CFU · g^{-1} 이상으로 생식제품의 기준에 부적합한 것으로 확인되었다.

엽채류 분말 3종 모두 4 kGy 이하의 선량으로 감마선 조사 했을 때 식품 공전의 생식 제품의 기준에는 충족되었다. 그러나 감마선 조사된 엽채류 생식 분말의 멸균 확인 실험결과, 3종 모두 10 kGy에서 멸균이 되지 않은 것으로 확인되었다. 엽채류와 같은 샐러리, 케일 및 뽕잎은 엽육 조직이 얇고 연약해 조직 파괴, 병균 침입, 시듦 등과 같이 외부환경에 쉽게 반응하게 되므로 신속하지 않은 제조공정은 제품의 초기 오염도도 높이고 (Jeong *et al.* 1996), 이로 인해 10 kGy의 조사선량으로도 멸균되지 않은 것으로 판단되었다.

결론적으로 생식 원료로 사용 가능한 분말 원료 14종 중 들깨, 메밀, 보리, 귀리, 감자, 돼지감자 분말을 제외한 나머지 8종의 분말 제품들은 식품공전의 생식 제품 미생물 기준을 만족시키지 못하여 분말 원료 각각을 생식으로 제조할 수는 없었다. 다만 시판되는 생식 제품들은 다양한 분말 원료를 혼합하기 때문에 이들의 균수가 희석되어 그 제품의 미생물 기준을 충족시킬 수는 있을 것으로 판단된다. 그러나 각각의 분말 원료의 대장균군의 수가 높아 음성이 기준인 대장균의 검출 위험이 높으므로 이에 대한 위생화 방법이 필수적으로 고려되어야 할 것이다. 이에 발아현미, 고구마 및 엽채류 3종을 제외한 나머지 분말 원료들은 10 kGy 조사선량에서 멸균이 가능했으며, 6 kGy의 선량으로도 식품공전의 미생물 기준을 만족하는 생식 제품 제조를 위한 위생화가 가능하였다. 따라서 본 연구 결과를 통해 가열 살균이 어려운 분말

Table 3. Effect of gamma irradiation on bacterial populations in powdered leafy vegetables and bacterial growth after incubation 35°C for 48 h

Samples	Irradiation dose (kGy)	Microbes (log CFU · g^{-1})					
		Total aerobic bacteria	Molds	*Bacillus cereus*	*Clostridium perfringens*	Coliform bacteria	Bacterial growth
Celery	0	5.9±0.11	0.7±1.15	5.4±0.01	ND	ND	+[3]
	2	4.1±0.03	ND	2.9±0.36	ND	ND	+
	4	3.3±0.14	ND	2.6±0.51	ND	ND	+
	6	3.1±0.08	ND	2.6±0.24	ND	ND	+
	8	1.4±1.25	ND	ND	ND	ND	+
	10	ND[1]	ND	ND	ND	ND	+
Kale	0	5.3±0.02	2.9±0.03	5.4±0.01	ND	ND	+
	2	4.3±0.09	2.5±0.21	3.7±0.06	ND	ND	+
	4	3.5±0.07	1.6±1.38	2.9±0.14	ND	ND	+
	6	2.7±0.34	0.7±1.15	2.3±0.30	ND	ND	+
	8	2.5±0.45	ND	ND	ND	ND	+
	10	2.4±0.10	ND	ND	ND	ND	+
Mulberry leaves	0	6.8±0.11	2.8±0.14	5.4±0.01	ND	TNTC[2]	+
	2	5.2±0.06	0.8±1.33	3.7±0.11	ND	ND	+
	4	4.6±0.16	ND	2.2±0.17	ND	ND	+
	6	4.3±0.04	ND	1.3±1.15	ND	ND	+
	8	3.8±0.11	ND	ND	ND	ND	+
	10	2.7±0.20	ND	ND	ND	ND	+

Values are mean±standard deviation (n=5).
[1]Not detected within the detection limit < 10^2 CFU · g^{-1}.
[2]TNTC: too numberous to count.
[3]Bacterial growth was detected after incubating 35°C for 48 h in a thioglycollate medium (positive) or not (negative).

Table 4. Microbiological specifications for Saeng-Sik (uncooked foods) products in the Korean Food Code

Microbes	Specification
Bacillus cereus	Not more than 1,000 CFU in 1 g of sample
Clostridium perfringens	Not more than 100 CFU in 1 g of sample
Esherichia coli	Negative

제품과 가열을 통한 살균 공정이 없는 생식 제품의 위생화를 위한 공정으로 방사선 기술이 활용 가능한 것으로 사료되었다.

결 론

본 연구는 시판 분말 제품들을 이용하여 멸균 생식 제품을 개발하기 위해 분말 제품 각각의 미생물 오염 수준을 확인한 후 위생화를 위하여 1～10 kGy로 감마선 조사하여 멸균 효과를 조사하였다. 실험에 사용된 분말은 총 14종으로 곡류 8종, 서류 3종 및 엽채류 3종이었다. 비조사구에서 곡류, 서류 및 엽채류 분말의 총균수는 각각 2.7～6.9, 5.6～6.0 및 5.3～6.8 log CFU · g^{-1}의 수준으로 나타났으며, 대장균군은 율무, 기장, 발아현미, 백태 및 뽕잎 분말에서 높은 오염도를 보였다. 들깨, 메밀, 보리, 귀리, 감자 및 돼지감자를 제외한 모든 제품에서 *Bacillus cereus*가 생식 제품의 기준인 3.0 log CFU · g^{-1}을 초과하였으나, 6 kGy의 선량으로 감마선 조사 처리 시 곡류, 서류 및 엽채류 분말 모두 생식 제품의 미생물 기준을 만족하였다. 또한, 실험에 사용된 14종의 분말 제품 중 발아현미, 고구마 및 엽채류 3종을 제외한 분말들은 10 kGy 이하의 선량으로 멸균이 가능한 것으로 확인되었다.

사 사

본 연구는 2013년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원 및 농림축산식품부 고부가가치식품기술개발사업을 통해 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

김왕근, 정일윤, 이주운, 변명우. 2009. 방사선 식품생명공학. 133-144pp. 1st ed. 도서출판 생각나눔, 고양.

Byun MW and Lee JW. 2003. Application of irradiation technology for food safety and security. *Food Sci. Ind.* **36**:25-

41.

Chang TE, Moon SY, Lee KW, Park JM, Han JS, Song OJ and Shin IS. 2004. Microflora of manufacturing process and final products of saengshik. *Korean J. Food Sci. Technol*. **36**:501-506.

Cho JI, Park YC, Ko SI, Cheung CY, Lee SM, Cho SY, Lee KH, Lim CJ and Kim OH. 2008. Investigation of pathogenic microorganism from saengsik-classes. *J. Fd. Hyg. Safety* **23**:257-263.

Jeong JW, Kim BS, Kim OW, Bae N and Lee SH. 1996. Changes in quality of carrot during storage by hydrocooling. *Korean J. Food Sci. Technol*. **28**:841-849.

KFDA. 2012. Food Code. *Munyoungsa*, Seoul, Korea.

Kim DH, Song HP, Yook HS, Chun YJ, Kin YJ and Byun MW. 2002. Distribution of Microflora in powdered raw grains and vegetables and improvement of hygienic quality by gamma irradiation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*. **34**:589-593.

Kim DJ, Ha SD, Ryu K and Park KH. 2004. Hazard analysis and determination of CCPs for powdered raw grains and vegetables, saengshik. *Korean J. Food Sci. Technol*. **36**:1032-1040.

Kim GH, Park BG, Kim HN, Park JH, Park MS, Park JY, Song KB and Oh DH. 2012. Effect of Microbial inhibition and change of chromaticity on the raw materials of saengsik treated with slightly acidic electrolyzed water during storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*. **41**:1830-1841.

Kishor M and Feinhard G. 1995. Reference dosimeter system of the IAEA. *Radiat. Phys. Chem*. **46**:247-250.

Koh SM and Kim JM. 2010. Effect of hypochlorous acid to reduce microbial populations in dipping procedure of fresh produce as Saengshik raw materials. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*. **39**:637-642.

Lee E, Kim WJ, Lee YJ, Lee MK, Kim PF, Park YJ and Kim SK. 2003. Effects of natural complex food on specific enzymes of serum and liver microstructure of rats fed a high fat diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*. **32**:256-262.

Lee SY. 2002. Manufacture processing of uncooked food on the market. *Food Ind. Nutr*. **7**:11-15.

Lee SY. 2004. The current state and prospect of Saengsik industry. *Korean J. Food Nutr*. **17**:94-99.

Lee YJ, Lee HM and Park TS. 2003. Effects of uncooked powdered food on antioxidative system and serum mineral concentrations in rats fed unbalanced diet. *Korean J. Nutr*. **36**: 898-907.

Lee YS, Oh SH, Lee JW, Kim JH, Kim DS and Byun MW. 2003. Effects of gamma irradiation on physicochemical and textural properties of starches. *Food Sci Biotechnol*. **12**:508-512.

Park JY, Yang MZ, Jun HS, Lee JH, Bae HK and Park TS. 2003. Effect of raw Brown rice and Job's Tear supplemented diet on serum and hepatic lipid concentrations, antioxidative system and immune function of rates. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*. **32**:197-206.

Thayer DW. 1990. Food irradiation, benefits, and concerns. *J. Food Qual*. **13**:147-169.

Manuscript Received: May 24, 2013
Revised: June 24, 2013
Revision Accepted: August 1, 2013