J. Fd Hyg. Safety 22(1), 15–22 (2007)

건강기능식품 중 주요 식물성 원료에 대한 미생물학적 위해 분석과 알로에 제품에 대한 방사선 조사 가능성 검지

성동은 · 이지혜 · 오상석*
이화여자대학교 식품공학과

Microbiological Hazard Analysis of Botanical Raw Materials used for Functional Health Foods and Preliminary Screening for Irradiation of Aloe Powder Products

Dong Eun Sung, Jee Hye Lee, and Sangsuk Oh*
Depart of Food Science and Technology, Ewha Womans University
(Received December 2, 2007/Accepted December 20, 2007)

ABSTRACTS – Health functional foods refer to food which manufactured in the form of a tablet, capsule, granule or pill, using materials and ingredients with useful function for a human body in Korea. It needs to be confirmed as safe. Microbiological analyses on 37 samples of botanical raw materials used in the health functional food were performed. Microbiological analyses and probability of irradiation using PSL on 4 samples of aloe powder products were studied. In health functional food ingredients APC was 10^3-10^6 CFU/g and coliform counts were 10^2-10^5 CFU/g. Among 37 samples *B. cereus* were found in 12 samples. Four samples of aloe powder products were tested for possible irradiation using preliminary PSL, Two samples of aloe powder products showed positive on preliminary PSL test for irradiation.

Key words: health functional food, irradiation, microbiological analysis, hazard, PSL

건강기능식품 시장은 99년 8,700억원에서 2004년 1조 8,000억원으로 성장세가 지속되고 있으며, 우리나라 건강기능식품법의 적용은 국내 건강기능식품 시장에 큰 영향을 미칠 것으로 보고 있다.[1] 그러나 건강기능식품에 관한 법률이 아직은 시작 단계이며, 소비자의 피해나 섭취 후 부작용에 대한 문제도 많이 발생하고 있다. 현재 인삼 및 홍삼제품을 제외하고는 세균 수에 대한 정량적 기준이 언급되지 않고 있으며, 대장균 군 및 대장균에 대해서는 '음성이어야 한다'로 정하고 있다. 외국의 경우, ICMSF(The International Commision on Microbiological Specification for Foods), 영국, 호주, 뉴질랜드 등에서는 식품 별로 세균 수 및 대장균군수에 대한 정량적 규격 및 식중독 균에 관한 정량적 가이드라인을 적용하고 있다. 우수건강기능식품의 생산을 위해 GMP(Good Manufacruting Practice)의 적용으로 식품의 미생물학적 위해 뿐만 아니라 작업장에서 오염가능성이 있는 미생물학적 위해도 줄어들 수 있을 것이다. 그러나 아직 원료의 구입부터 완제품의 생산까지 미생물학적 위해에 관한 규정이 없으며, 현재의 규격도 정량적이 아닌 정성적 규격으로 미생물에 대한 관리가 힘들어 어려움을 겪고 있다.

현재 건강기능식품법의 경우 Co^{60}의 감마선을 방사선 선원 및 선종으로 하며 건강기능식품의 발아억제, 살충, 살균 및 숙도 조절의 목적에 한하여, 건강기능식품 중 효모제품, 효소제품, 알로에분말, 인삼제품, 홍삼제품, 클로렐라제품스피루리나 제품에 대하여 허용대상 및 흡수선량을 정하고 있다.[2] Yuk 등[3]은 한방약재의 오염 미생물 살균, 추출율 및 생리효능에 대해 감마선 조사의 영향을 연구한 논문에서는 5-10 KGy 범위의 감마선 조사는 한방약재에 오염된 유기체를 완전사멸 시켜 저장 중 미생물학적 안전성을 높이고 유효성분 추출 증대를 보이며, 생리적 활성에도 영향을 미치지 않는 것으로 보고하였다.

방사선 조사식품의 규정에 따라 생산된 제품은 미생물학적 안전성을 확보할 수 있으나 소비자들은 방사선이 조사된 식품과 조사되지 않은 식품을 구별하여 자유롭게 선택할 수

†Correspondence to: Sangsuk Oh, Depart of Food Science and Technology, Ewha Womans University, 11-1 Daehyun-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-750, Korea
Tel: 82-2-3277-2751, Fax: 82-2-3277-2862
E-mail: ssoh71@ewha.ac.kr

있기를 바랄 것이며, 이를 위해서는 조사식품의 표시에 대한 확인이 필요하다. 또한 식품조사기술에 관련된 기준의 준수를 유도하기 위해서 피조사체 식품 자체를 분석하여 조사 여부를 확인/검지(identification/detection)하는 것이 필요하다.[3] 주요검출기술은 식품군마다 다소 차이가 있으며, 물리적인 방법에는 열발광법(TL, Thermoluminescence), 광여기발광법(혹은 광자극발광기, Photostimulated luminescene, PSL), 전자스핀공명법(ESR, Electron Spin Resonance), 점도계, 전기저하법(임피던스), 시차열량분석법(DSC) 등이 있는데[5] 그 중 PSL은 열에 의해 생기는 유기물의 발광을 피함으로써 시료의 전처리가 필요하지 않고 비파괴 검사로써 시료를 단시간 내에 수차례 검사할 수 있으며 장치도 비교적 저렴하다는 장점이 있다.[6]

본 연구에서는 시중 유통 중인 일부 건강기능성식품의 식물성 원료 및 알로에분말 제품을 대상으로 미생물 분석을 하고 알로에 분말 제품의 경우 PSL을 이용하여 방사선 조사 가능성 여부를 확인하고자 한다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 14종 37개 품목의 식물성 원료는 경동약령시장(서울)에서 구입하였으며, 건강기능식품 중 알로에 분말 제품 4개 품목은 대리점에서 구입하였으며, 시약은 1급 시약을 사용하였다.

방법

식물성 원료에 대한 미생물 검사는 세균수, 대장균군수를 측정하였고, 대장균(*Escherichia coli*: *E.coli*), 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*: *Staph. aureus*), 살모넬라(*Salmonella spp.*)와 바실러스 세레우스균(*Bacillus cereus*: *B. cereus*)의 정성분석은 식품공전의 방법을 이용하였으며 API kit(Biomerieux, Korea)를 사용하여 생화학적 분석을 하였다. 건강기능식품 완제품의 미생물 분석은 세균수, 대장균군수를 측정하였고, *E. coli*, *Staph. aureus*, *Salmonella spp.*와 *B. cereus*의 정성분석은 정량 분석을 할 수 있는 BAM(Bacteriological Analysis Manual)의 방법을 이용하였으며, API kit(Biomerieux, Korea)를 사용하여 생화학적 분석을 하였다. 또한 완제품의 방사선 조사 예비 Screening에는 Pulsed PSL System(SURRC, UK)을 사용하였다.

대상품목의 선정

식이섬유제품, 가시오가피 제품 등 식물성 원료를 주원료로 하는 제품의 부작용 발생빈도가 상대적으로 높은 제품의 사용 가능한 식물성 주부원료를 선택하였다.[7] '건강기능식품에 관한 법률'에서 방사선 조사를 허용하고 있어, 미생물학적 위해가 적을 것으로 사료되는 알로에 분말제품을 시료로 선정하였다.[2]

조사대상으로 선정된 미생물은 세균수 및 대장균군수의 정량 분석과 현재 건강기능식품에 관한 법률 제 14조 제 1항에 의거한 건강기능식품의 기준 및 규격에 제2. 건강기능식품의 공통기준 및 규격 3. 제조기준 10)에 준하여[2] 음성이어야 하는 살모넬라(*Salmonella spp.*), 황색포도상구균(*Staph. aureus*), 대장균(*E. coli*), 바실러스 세레우스(*B. cereus*)의 식중독균을 정성, 정량분석 하였다.

결과 및 고찰

식물성 원료의 미생물학적 위해요소 정량 및 정성분석

식물성 원료의 세균수 및 대장균군수 – 식물성 원료 총 14종 37개 품목을 대상으로 세균수와 대장균군수를 두 번 측정하여 평균을 낸 결과(Table 1), 세균수는 37개 품목에서 3-6 $\log_{10}$ CFU/g으로 검출되었으며, 대장균군수는 검출한계(<10 CFU/g)에서 불검출된 6개 품목을 제외한, 나머지 31개 품목에서는 2-5 $\log_{10}$ CFU/g으로 검출되었다. 미생물의 검출한계 수준인 1 $\log_{10}$ CFU/g 이하에서 정성분석을 통한 해당 균의 존재 유무를 확인하지 않고 정량적으로 분석을 한 것이기에 불검출이라도 균이 존재하지 않는 음성을 뜻하는 것이 아니고 1 $\log_{10}$ CFU/g 이하로 존재가 가능하나 확인이 불가능한 것을 뜻한다. 국내산 원료의 세균수는 3.48-6.60 $\log_{10}$ CFU/g 검출되었으며, 구기자, 맥문동, 애엽(쑥), 알로에, 인삼이 6.27-6.60 $\log_{10}$ CFU/g으로 비교적 많은 양의 균이 검출되었다. 백출, 영지, 오가피, 오미자, 표고, 황기는 3.48-3.64 $\log_{10}$ CFU/g정도로 비교적 적은 양의 균이 검출되었다. 국내산 원료 중에는 인삼이 6.60 $\log_{10}$ CFU/g으로 가장 균이 많았으며, 오가피, 오미자, 운지, 영지가 3.48 $\log_{10}$ CFU/g으로 균이 적게 검출되었다. 중국산 원료 14개 품목의 세균수는 3.48 $\log_{10}$-5.06 $\log_{10}$ CFU/g이었으며 5.06 $\log_{10}$ CFU/g 검출된 운지를 제외하고, 나머지는 3 $\log_{10}$-4 $\log_{10}$ CFU/g정도의 세균수를 보였다. 원산지별 미생물의 세균수 측정 결과를 비교해보면, 영지, 운지, 황기를 제외하고는 검출된 세균수가 중국산 원료 보다 국내산 원료에서 많은 것을 확인하였다.

대장균군수는 국내산 원료의 경우 검출한계에서 불검출 된 오가피를 제외하고 2.48-5.71 $\log_{10}$ CFU/g의 분포를 보였다. 국내산 원료 중 대장균군이 가장 많이 검출된 시료는 5.71 $\log_{10}$ CFU/g으로 알로에였으며, 산수유와 영지는 2.48 $\log_{10}$ CFU/g으로 가장 적게 검출되었다.

Table 1. Microbiological analysis of botanical raw materials

No.	material	origin	APC(CFU/g)	Coliforms count (CFU/g)
1	*Lycii fructus*(구기자) A	domestic	1.9×10^6	3.6×10^3
2	*Lycii fructus*(구기자) B	imported	2.4×10^4	1.8×10^4
3	*Lycii fructus*(구기자) C	imported	6.2×10^4	2.9×10^3
4	*Liriope platyphyllla*(맥문동) A	domestic	2.1×10^6	3.0×10^5
5	*Liriope platyphyllla*(맥문동) B	imported	7.0×10^3	ND[1)]
6	*Liriope platyphyllla*(맥문동) C	imported	3.1×10^3	1.7×10^3
7	*atractylodes macrocephala*(백출) A	domestic	3.5×10^3	$<3.0\times10^3$
8	*atractylodes macrocephala*(백출) B	imported	$<3.0\times10^3$	$<3.0\times10^2$
9	*Corni fructus*(산수유) A	domestic	1.4×10^4	$<3.0\times10^2$
10	*Corni fructus*(산수유) B	imported	3.0×10^3	ND
11	*Artemisiae herba*(애엽) A	domestic	2.8×10^4	2.3×10^4
12	*Artemisiae herba* (애엽) B	domestic	3.2×10^6	2.9×10^4
13	*Artemisiae herba*(애엽) C	imported	1.7×10^4	3.5×10^4
14	*Ganoderma Lucidum*(영지) A	domestic	$<3.0\times10^3$	$<3.0\times10^2$
15	*Ganoderma Lucidum*(영지) B	domestic	$<3.0\times10^3$	$<3.0\times10^2$
16	*Ganoderma Lucidum*(영지) C	imported	2.0×10^4	9.7×10^3
17	*Acanthopanacis cortex*(오가피) A	domestic	$<3.0\times10^3$	$<3.0\times10^3$
18	*Acanthopanacis cortex*(오가피) B	domestic	$<3.0\times10^3$	ND
19	*Acanthopanacis cortex* (오가피) C	imported	$<3.0\times10^3$	ND
20	*Schisandra chinensis Baillon*(오미자) A	domestic	$<3.0\times10^3$	1.8×10^3
21	*Schisandra chinensis Baillon*(오미자) B	domestic	$<3.0\times10^3$	2.4×10^3
22	*Schisandra chinensis Baillon*(오미자) C	imported	$<3.0\times10^3$	ND
23	*Coriolus versicolor*(운지) A	domestic	7.1×10^4	$<3.0\times10^2$
24	*Coriolus versicolor*(운지) B	imported	1.2×10^5	4.1×10^3
25	*Cnidium Officinale*(천궁) A	domestic	1.7×10^4	1.3×10^4
26	*Cnidium Officinale*(천궁) B	imported	5.2×10^3	ND
27	*Lentinus Edodes*(표고) A	domestic	3.6×10^3	6.0×10^2
28	*Lentinus Edodes*(표고) B	imported	$<3.0\times10^3$	5.0×10^2
29	*Astragali Radix*(황기) A	domestic	3.9×10^3	3.0×10^3
30	*Astragali Radix*(황기) B	imported	1.5×10^4	$<3.0\times10^2$
31	*Aloe*(알로에) A	domestic	3.8×10^5	7.3×10^4
32	*Aloe*(알로에) B	domestic	4.0×10^6	5.2×10^5
33	*Aloe*(알로에) C	domestic	7.5×10^5	5.0×10^4
34	*Ginseng*(인삼) A	domestic	3.0×10^6	4.1×10^5
35	*Ginseng*(인삼) B	domestic	3.1×10^5	4.1×10^4
36	*Ginseng*(인삼) C	domestic	4.0×10^5	4.3×10^4
37	*Ginseng*(인삼) D	domestic	4.4×10^5	8.5×10^3

ND: Not Detected (limit: 〈10 CFU/g)

대장균군의 분석에서 중국산 원료의 경우 검출한계에서 불검출된 시료가 14개 품목 중 5개였으며, 나머지는 2.48-4.26 $\log_{10}$ CFU/g의 대장균군이 검출되었다. 국내산 원료는 구기자와 영지, 운지를 제외하고는 모든 시료에서 중국산 원료보다 0.5 $\log_{10}$ CFU/g에서 4.1 $\log_{10}$ CFU/g까지 많이 검출되었다.

세균수의 경우 국내산 원료에서 6 $\log_{10}$ CFU/g이상인 시료가 6개 품목으로 3 $\log_{10}$-4 $\log_{10}$ CFU/g정도 검출된 중국산 원료에 비하여 10^2-10^3배 많이 검출되었다. 중국산원료와 같이 수입되는 원료 및 식품의 경우 수입시에 식약청에 신고 처리 절차를 거치는데, 이 때 정밀검사 또는 무작위 표본검사시에 물리적 검사와 미생물 검사 등을 실시한다. 우리나라 식품위생법에서는 이러한 검사 시에 1) 인체의 건강을 위해할 우려가 있는 것, 2) 유독유해물질에 노출되거나, 의심이 있는 것, 3) 병원미생물에 오염되어 인체안전성 문제가 있는 것, 4) 위생상의 불결, 다른 물질의 혼입 또는 첨가되

어 인체 안전성 우려가 있는 것의 판매를 금지하고 있으므로, 중국산 원료의 경우 수출시에 미생물의 저감화를 위한 조치를 했을 가능성이 있다.

식물성원료의 식중독균 정성 분석 - 총 14종 37개 품목의 식물성 원료의 식중독균 2회 정성 분석하여 평균한 결과 *E. coli*와 *Salmonella spp., Staph. aureus*는 검출되지 않았으며, 구기자, 백출, 산수유, 운지, 천궁, 황기, 알로에, 인삼의 8종 12개 품목에서 *B. cereus*가 검출되었다(Table 2). API kit (Biomerieux, Korea)를 이용한 미생물 동정 결과, *Serratia ficaria, Enterobacter cloacae, Enterobacter sakazakii, Enterobacter amnigenus, Enterobacter vulneris, K. pneum. ozaenae, Pantoea spp., Citrobacter*의 대장균군 *Staphylococcus xylosus, Micrococcus spp. Staphylococcus sciuri, Staphylococcus cohnii, Bacillus cereus, Bacillus pumilus, Bacillus subtilis*

Table 2. Qualitative analysis of food poisoning bacteria in domestic raw material

No.	material	origin	*E. coli*	*Salmonella spp.*	*Staph. aureus*	*B. cereus*	others
1	*Lycii fructus*(구기자) A	domestic	ND[1)]	ND	ND	ND	*Serratia ficaria, Enterobacter cloacae, Staph. xylosus*
2	*Lycii fructus*(구기자) B	imported	ND	ND	ND	Detected	*Enterobacter cloacae*
3	*Lycii fructus*(구기자) C	imported	ND	ND	ND	ND	*Enterobacter cloacae*
4	*Liriope platyphyllla*(맥문동) A	domestic	ND	ND	ND	ND	*Enterobacter sakazakii, Micrococcus spp. Bacillus subtilis, Serratia ficaria, Enterobacter cloacae*
5	*Liriope platyphyllla*(맥문동) B	imported	ND	ND	ND	ND	*Enterobacter cloacae, Staph. cohnii*
6	*Liriope platyphyllla*(맥문동) C	imported	ND	ND	ND	ND	*Enterobacter cloacae*
7	*Atractylodes macrocephala* (백출) A	domestic	ND	ND	ND	Detected	*Pantoea spp.*
8	*Atractylodes macrocephala* (백출) B	imported	ND	ND	ND	ND	*Enterobacter cloacae*
9	*Corni fructus*(산수유) A	domestic	ND	ND	ND	Detected	*Enterobacter cloacae, Staph. xylosus*
10	*Corni fructus*(산수유) B	imported	ND	ND	ND	ND	ND
11	*Artemisiae herba*(애엽) A	domestic	ND	ND	ND	ND	*Enterobacter amnigenus, Enterobacter cloacae, Enterobacter sakazakii, Staph. sciuri*
12	*Artemisiae herba*(애엽) B	domestic	ND	ND	ND	ND	*Enterobacter cloacae, Enterobacter sakazakii*
13	*Artemisiae herba*(애엽) C	imported	ND	ND	ND	ND	*Enterobacter cloacae*
14	*Ganoderma Lucidum*(영지) A	domestic	ND	ND	ND	ND	ND
15	*Ganoderma Lucidum*(영지) B	domestic	ND	ND	ND	ND	ND
16	*Ganoderma Lucidum*(영지) C	imported	ND	ND	ND	ND	*Enterobacter sakazakii, Enterobacter cloacae, Pantoea spp.*
17	*Acanthopanacis cortex* (오가피) A	domestic	ND	ND	ND	ND	*Enterobacter cloacae, K. pneum. ozaenae, Pantoea* spp.
18	*Acanthopanacis cortex* (오가피) B	domestic	ND	ND	ND	ND	*Enterobacter cloacae*
19	*Acanthopanacis cortex* (오가피) C	imported	ND	ND	ND	ND	*Citrobacter*
20	*Schisandra chinensis Baillon*(오미자) A	domestic	ND	ND	ND	ND	*Enterobacter cloacae*

Table 2. Continued

No.	material	origin	*E. coli*	*Salmonella spp.*	*Staph. aureus*	*B. cereus*	others
21	*Schisandra chinensis Baillon*(오미자) B	domestic	ND	ND	ND	ND	ND
22	*Schisandra chinensis Baillon*(오미자) C	imported	ND	ND	ND	ND	ND
23	*Coriolus versicolor*(운지) A	domestic	ND	ND	ND	Detected	*Enterobacter sakazakii, Enterobacter vulneris, Bacillus pumilus, Enterobacter cloacae*
24	*Coriolus versicolor*(운지) B	imported	ND	ND	ND	Detected	*Enterobacter cloacae, Staph. xylosus*
25	*Cnidium Officinale*(천궁) A	domestic	ND	ND	ND	Detected	*Enterobacter cloacae*
26	*Cnidium Officinale*(천궁) B	imported	ND	ND	ND	ND	*Pantoea spp., Staph. xylosus*
27	*Lentinus Edodes*(표고) A	domestic	ND	ND	ND	ND	ND
28	*Lentinus Edodes*(표고) B	imported	ND	ND	ND	ND	ND
29	*Astragali Radix*(황기) A	domestic	ND	ND	ND	Detected	*Enterobacter asburiae, Staph. xylosus, Bacillus subtilis, Enterobacter cloacae, Serratia ficaria, Micrococcus spp.*
30	*Astragali Radix*(황기) B	imported	ND	ND	ND	ND	ND
31	*Aloe*(알로에) A	domestic	ND	ND	ND	Detected	*Bacillus subtilis, Enterobacter cloacae Micrococcus* spp.
32	*Aloe*(알로에) B	domestic	ND	ND	ND	ND	*Staph. xylosus, Enterobacter cloacae*
33	*Aloe*(알로에) C	domestic	ND	ND	ND	Detected	*Bacillus subtilis, Enterobacter cloacae*
34	*Ginseng*(인삼) A	domestic	ND	ND	ND	Detected	*Enterobacter asburiae, Enterobacter cloacae, Micrococcus spp.*
35	*Ginseng*(인삼) B	domestic	ND	ND	ND	ND	*Staph. xylosus*
36	*Ginseng*(인삼) C	domestic	ND	ND	ND	Detected	*Enterobacter cloacae, Staph. sciuri*
37	*Ginseng*(인삼) D	domestic	ND	ND	ND	Detected	*Enterobacter cloacae*

[1)]ND: Not Detected (limit:<10 CFU/g)

의 균을 동정하였다.

원산지별로는 국내산 원료 중 백출, 산수유, 운지, 천궁, 황기, 알로에, 인삼의 7종 10개 품목에서 식중독균인 *B. cereus*가 검출되었으며, 중국산 원료는 구기자와 운지 2개 품목에서 *B. cereus*가 검출되었다. 균이 자라지 않은 시료는 국내산, 영지 2개, 오미자 1개, 표고 1개 품목으로 총 4품목이었으며, 중국산은 산수유, 오미자, 표고, 황기 모두 4개 품목이었다. Ueda[8)]에 의하면 *B. cereus*는 자연계에 포자로서 널리 분포하며, 곡류, 야채 등에서 많이 검출되며, 식품일반에 있어 보통 1-3 $\log_{10}$ CFU/g범위가 검출된다고 보고하였으며, *Bacillus*속 박테리아는 토양, 물, 대기 중에 널리 퍼져있기 때문에 식물성 원료를 대상으로 한 실험에서 검출되었다.[9)10)]

이 밖에 동정된 균은 *Serratia ficaria, Enterobacter cloacae, Enterobacter sakazakii, Enterobacter amnigenus, Enterobacter vulneris, K. pneum. ozaenae, Pantoea spp., Citrobacter* 등의 대장균군이었다. *Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter*는 대장균군과 같은 통성 혐기성 그람음성 간균이지만, 배양온도가 44°C로 높은 열저항성 대장균군이며, 이러한 균들은 산업폐수 혹은 부패한 식물 찌꺼기나 유기물이 풍부한 토양의 물에서 기원한다. 이러한 균들은 시료를 건조처리하는 공정에서 작업장의 폐수 혹은 작업장의 청소 불량 등으로 작업장에 남아있던 원료들의 부패 등으로 인해 오염되었을 가능성이 있다고 사료된다.[11-15)] *Staphylococcus*나 *Micrococcus spp.*는 주로 포유동물 피부에 서식을 하는 특성상, 작업자의 개인위생에 문제가 있을 것으로 생각되므로 작업자 개인위생의 관리가 철저히 되어야 할 것으로 판단된다.[11)]

결과적으로, 시료는 *E. coli*와 *Salmonella spp.*, *Staph. aureus*의 식중독균에는 오염되지 않았지만, 알로에와 인삼 등 8종 12품목의 시료에서 *B. cereus* 검출되었다. 건강기능식품의 식물성 원료를 사용하는 경우에는 추출의 공정들이 포함

되기는 하지만, *B. cereus*의 경우 포자를 형성하므로 미생물학적 위해 가능성이 상존한다. 식중독균 외에 동정된 균으로 미루어 원료 생산에 GAP(Good Agriculture Practice)의 적용이 요구되며 작업장 및 작업자의 위생상태가 불량할 것으로 판단되며, 작업장의 청결 및 작업자의 개인위생에 대한 대비책이 마련되어야 할 것으로 판단된다. 그러나 이 실험에서는 한정된 시료를 대상으로 하였으므로 품목에 따라 식중독균의 분포의 차이가 있을 수 있으며, 실험 자체가 정성 분석으로서, 선택배지에 자란 모든 균을 동정한 것이 아니므로, *E. coli, Salmonella spp*., *Staph. aureus*의 식중독균으로부터 완전히 안전하다는 것을 의미하는 것은 아니다. 또한 *B. cereus*도 분석 결과에는 검출되지 않았다고 하였으나, 검출되지 않은 시료가 *B. cereus* 음성이라고 단정할 수는 없을 것으로 판단된다.

알로에 분말제품의 미생물학적 위해요소 및 방사선 조사 가능성 여부검지

알로에 분말제품의 미생물학적 위해요소 – 알로에 분말제품 4종의 시료를 대상으로 세균수와 대장균군수, 식중독균수를 2회 측정한 결과, 알로에 A의 세균수는 10^4 CFU/g이었으며, 대장균군수는 10^3 CFU/g이었다(Table 3). 시료 중 알로에 A품목을 제외하고는 2회 반복 측정에서 세균수와 대장균군수 모두 검출한계에서 불검출되었으며, *E. coli* 등 식중독균은 4개 제품 모두 선택적인 배지에서 균이 자라지 않았다(Table 4). 알로에 분말제품의 특성상, 작업장의 분진 등에 의한 미생물 오염이 가능해 보이나, Table 3와 Table 4에서와 같이 알로에 B, 알로에 C, 알로에 D와 같이 모든 균이 검출한계에서 불검출로 나온 이유는 알로에 분말제품의 경우 '건강기능식품에관한법률'에서 7 KGy까지 방사선 조사를 허용하고 있기 때문에 방사선 조사의 가능성이 있을 수 있다. 단, 알로에 A에서 균이 검출된 이유는 분말에 알로에베라겔 분말 외에 식용미생물을 접종한 현미배아효소, 유포자 유산균이 포함되기 때문이라고 판단된다.

Table 3. APC and Coliform counts of aloe powder products

sample	APC (CFU/g)	Coliform counts (CFU/g)
Aloe powder A	6.1×10^4	6.6×10^3
Aloe powder B	ND[1)]	ND
Aloe powder C	ND	ND
Aloe powder D	ND	ND

[1)]ND: Not Detected (limit:<10 CFU/g)

알로에 분말제품의 방사선 조사가능성 검지 결과 – PSL은 스위스에서 건조 상태의 수입품에 대하여 방사선 조사여부를 예비 모니터링하는 방법으로 사용되고 있으며, 700 Photon counts 이하는 비조사, 700-5000 Photon counts 이면, 방사선 조사 가능성을 의심할 수 있으며, 5000 Photon counts 이상이면 방사선 조사 가능성이 높은 것으로 판단하고 있다. PSL을 이용하여 알로에 분말제품의 방사선조사 가능성을 monitoring한 결과, 3회 반복 측정시 알로에 A시료에서는 488-827 Photon counts로 negative였다. 알로에 B시료는 17362-65220 Photon counts로 결과는 positive였으며 알로에 C시료는 3762-4417로 결과는 intermediate라고 기록하였다. 알로에 D시료 역시 24155-35821 Photon counts로 positive였다(Table 5). 알로에 분말제품의 세균수 및 대장균군수, 식중독균수에 대한 Table 3와 Table 4, Table 5의 방사선 조사 가능성 여부에 대한 결과를 종합해보면, Table 3와 Table 4에서 알 수 있듯이 알로에 B, D시료에서는 검출한계에서 어떠한 균도 검출되지 않았으며, 또한 동일한 시료를 배양한 배지에서 어떠한 균도 자라지 않았고, PSL에 의한 Photon counts도 방사선 조사 가능성이 positive으로 나타난 것으로 미루어 방사선처리에 의해 미생물학적 위해가 줄어들 수 있었다고 사료되었다. Intermediate의 결과가 나온 알로에 C의 경우 더 정확한 검사를 위해 TL이나 ESR 등을 이용하여 정밀한 검사가 필요하다. Photon counts는 저장기간의 영향을 받는다. Hwang 등[6]에 의하면 조사선량과 시료의 특성에 따라 차이는 있으나, 방사선 조사 직후의 PSL로 측정한 Photon counts는 조사 후 15일의 Photon counts보다 높다고 나타났다. 시료의 유통기한을 알아본 결과 알로에 A가 2005년 이었으며, 나머지 시료들은 모두 2006년이었으며 시료 중 유통기한에 가장 가까운 알로에 A의 경우 원료로 사용되는 알로에베라겔 분말과 배아효소모두 방사선 조사가 허용된 식품인 점을 고려할 때, 방사선 조사의 가능

Table 4. A number of food poisoning bacteria in aloe powder products

시료	*E. coli* (CFU/g)	*Salmonella spp.* (CFU/g)	*Staph. aureus* (CFU/g)	*B. cereus* (CFU/g)
Aloe powder A	ND[1)]	ND	ND	ND
Aloe powder B	ND	ND	ND	ND
Aloe powder C	ND	ND	ND	ND
Aloe powder D	ND	ND	ND	ND

[1)]ND: Not Detected (limit:<10 CFU/g)

Table 5. Possibility of irradiation to aloe powder products

sample	Photon counts	result
Aloe powder A	626	(-)
Aloe powder B	23235	(+)
Aloe powder C	4094	(±)
Aloe powder D	29432	(+)

성이 있다고 사료되지만, Table 5에서 negative의 결과가 나오는 것은 저장기간의 영향도 있을 것이라고 사료된다. Table 5에서 보여지듯이 측정값의 편차가 매우 크고, 조사 후 시간이 경과함에 따라 Photon counts가 변화하며, 빛이나 저장장소 주변물질에 의한 cross-contamination에 의한 측정치 변화도 가능하므로 이 방법만을 가지고는 방사선 조사 여부라던가, 방사선 조사선량을 예측하기는 어려우며, 이 방법은 현재 주로 신속한 결과로 1차적인 screening 역할에 이용되고 있으며 TL이나 ESR 등에 의한 정밀한 2차적 검지가 필요하다고 사료된다.[16)]

결 론

본 실험에서는 건강기능식품의 원료로 사용 가능한 식물성 원료에 대한 미생물의 정성적 분석 및 알로에 분말제품을 대상으로 하여 미생물의 정량적 분석과 알로에 분말제품의 PSL을 이용한 방사선 조사가능성 여부를 검지하였다. 식물성 원료에서 *B. cereus*가 동정되었다는 결과만을 가지고서는 식중독을 일으킬 가능성이 있는지 여부는 판단할 수 없다. 미 FDA에서는 *B. cereus* 균수가 10^6 CFU/g이상 되는 식품을 섭취하였을 때 식중독에 걸릴 수 있다고 보고하고 있으며, USDA/FSIS Microbiology Laboratory Guidebook에서는 10^5 CFU/g이상을 발병의 기준으로 하고 있다. 또한 영국에서는 Fresh vegetable과 Dried vegetable의 미생물 규격 중 *Staph. aureus* 20-100 CFU/g, *B. cereus*에 대해 10^3-10^4 CFU/g까지 검출되는 것을 인정하고 있다. 이러한 기준을 토대로 우리나라의 미생물 규격도 정성적으로 미생물의 유무를 판단하는 것이 아닌, 정량적으로 안전한 범위 내에서 미생물의 오염을 판단의 기준이 마련되어야 할 것으로 사료된다. 또한 최근 방사선 조사식품의 실용화에 있어서 엄격한 조사관리와 조사마크에 관련한 요구사항이 논란의 소지가 있다.[4)] 본 연구에서 PSL을 이용하여 제품의 방사선 조사가능성 여부를 검지한 결과 positive(양성), intermediate, negative(음성)의 결과로 기록하였지만, 현재 PSL은 시료의 전처리가 간단하고 신속한 결과를 얻을 수 있는 장점이 있지만, 시료의 보관상태와 저장기간, 시료의 종류에 따라 측정치가 많이 달라지며, 측정시의 편차가 크게 나타나며 조사선량은 예측하기 어려우므로 정확한 검지 방법이라고는 말할 수 없다. Hwang 등[6)]은 시료별, 선량별, 조사 후 경과시간 등에 따른 PSL반응을 계속 검토하여 신속한 결과를 요하는 수입 농산물 통관 관리 현장에서 방사선 조사 여부를 일차적으로 검지하는데 활용하는 방안을 제시하고 있다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부의 건강기능 식품의 안전성 평가 기술개발 및 고 위험군 원료에 대한 적용 연구 과제(A030083)에 의하여 수행되어 그 지원과 (주) 농심 및 두뇌한국 21(Brain Korea 21)의 도움으로 이루어 이에 깊이 감사드립니다.

국문요약

건강기능식품은 인체에 유용한 기능성을 가진 원료나 성분을 사용하여 정제, 캅셀, 분말, 과립, 액상, 환등의 형태로 제조·가공한 식품을 말한다. 2004년 '건강기능식품에 관한 법률'이 제정되었지만 아직은 시작단계이며 소비자의 피해나 섭취 후 부작용에 대한 문제도 많이 발생하고 있다. 건강기능식품 중 비교적 높은 부작용 발생 빈도를 보이는 건강기능식품의 주원료인 식물성 원료 14종 37개 품목과 알로에분말 제품 4개 품목을 대상으로 미생물 분석을 하였으며, PSL을 이용하여 알로에분말 제품의 방사선조사 가능성 여부를 알아보았다. 식물성 원료 총 14종 37개 품목에서 세균수는 10^3 - 10^6 CFU/g 검출되었으며, 대장균군은 검출한계(<10 CFU/g)에서 31개 품목에서 10^2-10^5 CFU/g 검출되었다. 식중독균은 *E. coli*와 *Salmonella spp.*, *Staph. aureus*는 검출되지 않았으며, *B. cereus*는 8종 12개 품목에서 검출되었다. 알로에 분말제품 4개 품목 중 1개 품목에서만 세균수 10^4 CFU/g, 대장균군수는 10^3 CFU/g 검출되었고, 식중독균은 검출되지 않았다. PSL을 이용하여 알로에 분말제품의 방사선조사 가능성을 monitoring한 결과, 알로에 분말제품은 4개 품목 중 positive 2개 품목, negative 1개 품목, intermediate 1개 품목이었다.

참고문헌

1. 식품유통연감, 식품저널, pp. 254-268 (2006).
2. 식품의약품안전청, 건강기능식품 공전 (http://www.hfoodi.net/index.asp).
3. 육홍선, 차보숙, 조성기, 변명우, 한방약재의 오염미생물 살균, 추출율 및 생리효능에 대한 감마선 조사의 영향, 한국식품과학회지, **30**(3), 581-589 (1998).
4. 권기성, 박건상, 한상배, 강길진, 이동호, 임무혁, 정형욱, 박성규, 장귀현, 안지승, 김창민, 김명철: 방사선 조사식품의 검지방법 확립에 관한 조사 연구(I), 식품의약품안전청 연구보고서, **7**, 83-86 (2003).
5. 양재승: 방사선 조사식품의 검출기법, J. Fd Hyg. Safety, **12**(2), 160-174 (1997).
6. 황금택, 엄태붕, Wagner, U., Schreiber, G. A.: 광자극 발광기의 방사선 조사 식품 검지에의 활용, 한국식품과학회지, **30**(3), 498-501 (1998).
7. 식품의약품안전청, 건강기능식품 위해 성분 모니터링, pp. 1-134 (2002) (http://www.kfda.go/.kr).
8. Ueda S. Occurrenced and control of *Bacillus cereus* in dairy products and cooked rice. *Bokin Bobai.* **30**, 321-327 (2002).
9. Notarmans S., Batt A. A risk assessment approach for food bone *Bacillus cereus* and its toxins. *J. Appl. Micobiol. Symp.* Suppl. **84**, 51-61 (1998).
10. Ueda S. Ecology of *Bacillus cereus* as food-borne pathogen. *Bokin Bobai*. **21**, 89-97 (1993).
11. 유태종, 홍재훈, 김영배, 이호, 김영애, 황한준, 소명환, 이효구: 최신 식품미생물학, 문운당, 서울, pp. 65-72 (2000).
12. 이훈구, 김기상, 이복권, 정태화, 이형환: *Klebsiella pneumoniae* 분리 균의 생화학적 특성과 항생물질 내성유형 연구, 대한미생물학회지, **22**(4), 427-433 (1987).
13. Singh B. R., Singh, Y., Tiwari, A. K.: Characterisation of virulence factors of *Serratia* strains isolated from foods, *Int. J. Food Microbiol*., **34**, 259-266 (1997).
14. Stock, L., Wiedemann, B.: Natural antibiotic susceptibility of *Klebsiella pneumoniae, K. oxytoca, K. planticola, K. ornithinolytica* and *K. terrigena strains, J. Med. Microbiol*., 50, 396-406 (2001).
15. Stock, I., Burak, S., Sherwood, K. J., Grüger, T., Wiedemann, B.: Natural antimicrobial susceptibilities of strains of 'unusual' *Serratia* species : *S. ficaria, S. fonticola, S. odorifera, S. plymuthica* and *S. rubidaea,* Journal of antimicrobial chemotherapy, **51**, 865-885 (2003).
16. 정형욱, Delincee, H., 권중호 : 방사선 조사 백삼 분말의 PSL - TL 다중 검지법, 한국식품과학회지, **32**(2), 265-270 (2000).