

감마선 조사된 청국장의 미생물 및 일반품질 특성 변화

김동호 · 육홍선 · 연구춘* · 차보숙** · 김정옥*** · 변명우
한국원자력연구소 방사선식품·생명공학연구팀, *충주대학교 식품공학과,
수원여자대학 식품과학부, *세종대학교 가정학과

Changes of Microbiological and General Quality Characteristics of Gamma Irradiated *Chungkukjang*

Dong-Ho Kim, Hong-Sun Yook, Kyu-Chun Youn*, Bo-Sook Cha**,
Jung-Ok Kim***, and Myung-Woo Byun

Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute,

*Department of Food Technology, Chungju University,

**Department of Food Science, Suwon Woman's College,

***Department of Home Economics, Sejong University

Abstract

The effect of gamma-irradiation on the microbiological and general quality changes of the *Chungkukjang* was studied. *Chungkukjang* was prepared, irradiated at 0, 5, 10 and 20 kGy, and then stored at 25°C for six weeks. The results showed that the vegetative *Bacillus* cell was decreased by 5 log cycles with dose of 10 kGy with 1.78 kGy of D_{10} value. Also, *Bacillus* was nearly eliminated by 20 kGy and that survived 10 kGy gamma irradiation was decreased significantly with the duration of storage period. The formation of NH_2 -nitrogen and NH_3 -nitrogen, acidification and browning were repressed by gamma irradiation. Therefore, it was considered that the *Chungkukjang* treated with gamma irradiation maintained better quality than that of the control with storage.

Key words : *Chungkukjang*, gamma irradiation

서 론

청국장은 증자 대두에 주로 *Bacillus* 계열의 미생물을 이용하여 40°C 정도에서 2~3일간 발효시킨 우리나라의 전통 장류 발효식품이다⁽¹⁾. 청국장은 관능적으로도 우리 국민들이 선호하는 식품이고 영양도 풍부하며 최근에는 혈전용해능⁽²⁾, 면역기능 강화⁽³⁾, 항산화효과⁽⁴⁾ 등에 관한 장류의 기능성이 알려짐에 따라 그 소비량이 점차 증가하는 추세에 있다. 전통적인 청국장의 제조방법은 콩을 삶아 벗겨낸 콩알과 이불 등을 덮어 따뜻한 곳에서 띄우는 형태로 이루어지며 이 때 벗겨낸 콩알에서 유래한 *B. subtilis* 등의 미생물이 서식하여 청국장 특유의 성상과 맛, 영양성분 등을 구성하게 된

다. 청국장은 원래 가정에서 소량씩 단기간에 제조하여 바로 사용하여 왔으나 자가제조 기피현상에 따라 소비량의 50% 정도가 공장에서 제조한 제품으로 대체되고 있다⁽⁵⁾. 공장의 대량생산 제품에서는 산업적 표준화의 편이성과 청국장 특유의 냄새를 감소시킬 목적으로 일본의 Natto 발효 균주인 *B. natto*를 starter로 사용하는 경우도 많으며⁽⁶⁾ 보존이나 관능향상의 목적으로 소량의 소금, 마늘, 고춧가루, 주정, 보존료 등을 첨가하기도 한다. 그러나 청국장에는 제품의 특성상 3~5% 이상의 소금을 첨가하기 힘들고 수분도 50% 내외로 높아 다른 장류제품과는 달리 상품으로서의 보존·유통이 어려운 문제점이 있어 품질열화에 따른 소비자들의 만족도를 저하시키는 요인이 되고 있다. 최 등⁽⁵⁾의 조사에 의하면 시중에서 유통되는 청국장의 사용경험이 있는 소비자의 약 50%가 제품에 대한 불만족을 나타내었으며 불만족의 요인으로 불쾌취(52.3%)와 보존 중의 품질저하(30.7%)를 지적하였다. 한편, 청국장의 불쾌취는 *Bacillus*에 의하여 생성되는 pyrazine

Corresponding author : Myung-Woo Byun, Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute, P.O. Box 105 Yusung, Taejeon, 305-600, Korea.
Tel : 82-42-868-8060
Fax : 82-42-868-8043
E-mail: mwbyun@nanum.kaeri.re.kr

류나 합sulfide 화합물에서 유래하는 것으로 알려져 있으므로⁽¹⁾ 실제로 청국장장의 품질열화는 대부분 제품의 보존에 따른 문제임을 알 수 있다. 더구나 청국장장의 주 발효균주인 *Bacillus*는 내열성, 내약품성이 높은 균주로 기존의 방법으로는 살균이 어려운 문제점이 있다. 따라서 청국장장을 산업화된 대량생산 제품으로 개발하기 위해서는 청국장장 유통중의 안정적 품질유지에 관한 새로운 기술개발이 필요하다. 그러나 청국장장의 제조, 품질특성, 성분 등에 관한 연구⁽⁷⁻¹⁰⁾는 여러 방면에서 진행되고 있으나 청국장장의 보존기술에 관한 연구는 아직까지 찾아보기 어렵다.

한편, 식품의 방사선 조사는 거의 모든 식품에 대하여 미생물의 살균에 의한 부패방지, 제품의 안전성 및 보존성 향상의 긍정적인 효과가 보고되어 제약, 의료 및 화장품과 같은 공중보건 산물뿐만 아니라 여러 농산물과 육류, 분말형 식품 등에서 유용하게 이용되고 있다^(11,12). 특히, 방사선 조사기술은 잔류독성이 전혀 없고 식품 고유의 풍미와 생화학적 품질을 유지하면서도 미생물에 대하여 선택적인 살균효과를 나타내므로^(13,14) 보존기간 중 계속적으로 미생물의 작용을 받는 우리 나라의 전통발효식품에 이 기술을 적용할 경우 상당한 효과가 기대되며 이미 김치⁽¹⁵⁾, 젓갈⁽¹⁶⁾, 그리고 고추장⁽¹⁷⁾, 쌈장⁽¹⁸⁾, 메주⁽¹⁹⁾ 등의 장류제품 보존에 대한 감마선 조사의 긍정적 효과가 보고된 바 있다. 따라서 본 연구에서는 청국장장의 보존성을 향상시키기 위한 기술개발의 방법으로서, 일차적으로 청국장장에 감마선을 조사하여 *Bacillus* 균주의 살균효과와 보존기간에 따른 청국장장의 아미노태질소, 암모니아태질소, 효소활성, pH, 갈색도 등의 일반품질 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

원료 및 시약

원료 대두는 1999년에 수확된 강원도산 백태를 시중에서 구입하였다. 청국장 발효균주는 M사의 보관균주인 *Bacillus natto* M-1002를 사용하였으며 일반시약은 특급 제품을 사용하였다.

청국장장의 제조 및 감마선 조사

대두는 이물과 협잡물을 제거한 다음 20°C의 물에 10시간 동안 침지하여 전저낸 후 증기압 1.2 kg/cm²의 NK증자기(Myoungga Food Co., NK-II, Korea)에서 20분간 증자하였다. 청국장장은 통기성이 좋은 천을 댄 40×60×10 cm의 다공상 플라스틱 용기에 10 kg의 증자 대두를 투입하고 Nutrient broth에서 휴지기까지 배양

한 *B. natto* 종국을 대두량의 0.05%(w/w)되게 접종하여 제조하였다. 청국장 발효 중 발효실의 온도는 38±1°C, 습도는 포화습도로 조절하였으며 청국장장의 발효 시간은 45시간으로 하였다. 제조된 청국장장을 균일하게 혼합한 다음 10°C까지 냉각하여 poly ethylene 재질의 포장지에 200 g씩 밀봉 포장하여 감마선을 조사하였다. 시료의 감마선 조사는 한국원자력연구소의 선원 100,000 Ci, Co-60 감마선 조사시설(AECL, IR-79, Canada)을 이용하여 실온에서 분당 70 Gy의 선량율로 각각 5, 10, 20 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 감마선을 조사한 시료는 비조사 대조시료, ethanol(2%) 첨가시료, sorbic acid(0.1%) 첨가시료와 함께 25°C에서 6주간 저장하면서 1주 간격으로 분석하였다.

미생물 검사

청국장장의 미생물 검사는 청국장장의 주 발효균주이면서 물리·화학적 저항성이 큰 *Bacillus*를 대상으로 하였다. 미생물 검사를 위한 시료는 청국장 10 g에 멸균 식염수(NaCl, 3%) 90 ml를 가하여 mixer(Hanil, FM 680T, Korea)에 60초간 마쇄하고 4°C에서 30분간 교반하여 제조하였다. 제조된 시험액을 연속 희석하여 *Bacillus*의 선택배지(dextrose tryptone agar, Difco)에 1 ml씩 pour plating하고, 50°C에서 3일간 배양하여 생성된 colony의 수를 colony counter(IPI Inc., Microcount 1008, U.S.A.)를 사용하여 계수하였다.

일반분석

일반분석을 위한 시료는 미생물 검사용으로 제조한 시료를 여과(Whatman Paper No. 2)하여 그 여과액을 사용하였다. 청국장 보존 중의 일반성분은 A.O.A.C. 법⁽²⁰⁾에 준하여 아미노태질소는 Formol 적정법으로, 암모니아태질소는 Folin법으로 정량하였으며 여과액의 흡광도(O.D. at 500 nm)를 측정하여 청국장장의 갈변 정도를 비교하였다. 중성단백질 분해효소의 활성은 0.5% casein을 기질로 하여 생성된 tyrosine을 Folin's법으로 측정하였다. 중성단백질 분해효소의 활성 측정에 있어 기질용액의 제조, 효소반응조건 등은 김 등⁽²¹⁾의 방법에 준하였으며 효소의 1 unit은 1분당 1 μmole의 tyrosine을 유리시키는 효소의 양으로 하였다.

결과 및 고찰

미생물의 변화

청국장 발효기간 중 *Bacillus*의 생장변화를 조사하였다(Fig. 1). 청국장장의 발효 초기에 starter로 접종한 *B.*

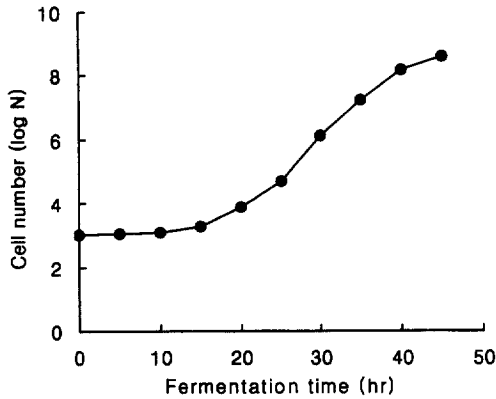


Fig. 1. Growth of the *Bacillus* cells in *Chungkukjang* processing during fermentation at 38°C for 45 hr

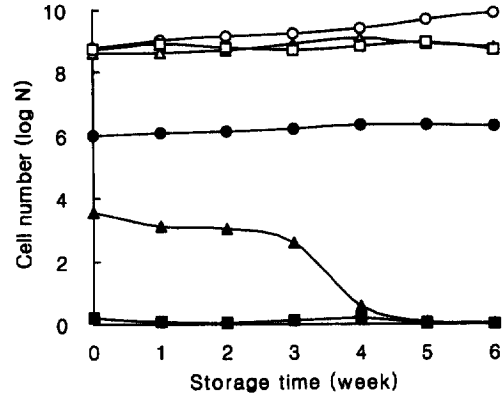


Fig. 3. Changes of the *Bacillus* cells in gamma irradiated-*Chungkukjang* during storage at 25°C for 6 weeks. ○ : non irradiation, △ : 2% ethanol treated, □ : 0.1% sorbic acid treated, ● : 5 kGy, ▲ : 10 kGy, ■ : 20 kGy

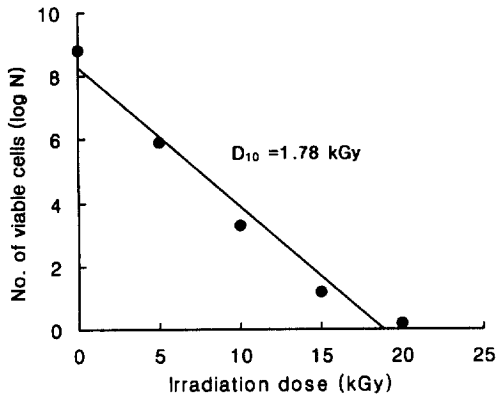


Fig. 2. Effect of gamma irradiation on viability of a *Bacillus* cells in *Chungkukjang*

natto는 10^3 cells/g의 수준이었으며 발효개시 약 20시간 전후로 대수기의 증식이 시작되었고 발효완료 시점인 45시간에는 10^8 cells/g 내외까지 성장하였는데 이는 미생물 성장곡선에서 후기 대수기와 휴지기의 중간에 해당되었다. 발효가 완료된 청국장의 *Bacillus*는 비조사구에서 10^8 cells/g이었던 것이 5 kGy의 감마선 조사시에는 10^6 cells/g까지, 10 kGy에서는 10^3 cells/g까지 감소하였으며 20 kGy 감마선 조사시에는 10^0 cells/g 까지 감소되어 거의 완전 사멸에 가까운 결과를 보여주었고 D_{10} 값과 12D값은 각각 1.78 kGy와 23.25 kGy로 계산되었다(Fig. 2). 이러한 결과는 메주에 분포하는 *Bacillus*의 D_{10} 값인 2.28 kGy나⁽¹⁹⁾ 일반적인 *Bacillus* 포자의 D_{10} 값으로 알려진 2.40 kGy⁽²²⁾에 비하여 유의적으로 낮은 것으로 이는 청국장의 *Bacillus*가 감마선에 대한 저항성이 현저히 낮아진 것을 의미한다. 일반적으로 감마선 조사에 대한 미생물의 저항성

은 영양세포보다는 포자에서 높아지는 것으로 알려져 있는데⁽²²⁾ 본 연구의 경우에는 청국장 발효 후 *Bacillus*의 대부분이 후기 대수기의 성장단계에서(Fig. 1) 영양세포의 상태로 존재하기 때문에 포자에 비하여 감마선에 대한 저항성이 감소된 것으로 해석되었다. 한편, 이온화 방사선의 미생물에 대한 효과는 상당부분 라디칼에 의한 간접작용에 의하여 나타나므로 미생물이 서식하고 있는 주변환경이 미생물에 대한 효과적인 조사선량을 결정하는데 중요한 역할을 하며 수분활성이 낮을수록, 서식환경의 화학적 조성이 복잡할수록 방사선에 의하여 세포내부에서 생성되는 라디칼과의 경쟁이 커지게 되고 결과적으로 미생물의 보호와 같은 현상을 나타내는 것으로 알려져 있다.^(23,24) 청국장에는 염이 첨가되지 않거나 첨가되더라도 3% 내외의 낮은 농도로 첨가되므로 10~20%의 염이 첨가되는 다른 장류에 비하여 수분활성도가 상대적으로 높다. 또한 다른 장류는 곰팡이, 효모, *Bacillus*, 산생성세균 등의 다양한 미생물군에 의하여 수개월의 장기 발효로 제조되므로 *Bacillus*에 의한 단기간의 발효로 제조되는 청국장에 비하여 당, 아미노산, 유기산 등이 다양하게 생성되며 그 함량도 훨씬 높다. 이런 관점에서 본다면 청국장 *Bacillus*의 D_{10} 값이 낮아진 것은 세포의 포자형성 여부 이외에도 다른 장류에 비하여 수분활성이 높고 서식환경의 화학적 조성이 상대적으로 단순하다는 청국장의 특성과도 상당한 상관관계가 있는 것으로도 해석할 수 있다.

감마선을 조사한 청국장의 보존 중 *Bacillus*의 성장 변화도 조사선량에 따라 유의적인 차이를 나타내었다(Fig. 3). 청국장 보존기간 중의 *Bacillus*의 성장변화를

Table 1. Changes of amino nitrogen (NH₂-N) and ammonia nitrogen (NH₃-N) in gamma irradiated-*Chungkukjang* during storage at 25°C

Sample	Storage period (week)							
	0	1	2	3	4	5	6	
NH ₂ -N (mg%)								
0	392	485	601	721	886	942	965	
Radiation dose (kGy)								
5	383	407	544	626	702	713	766	
10	377	406	415	457	453	495	532	
20	385	390	394	421	459	454	475	
Ethanol 2%	364	386	417	443	468	501	506	
Sorbic acid 0.1%	379	395	428	476	495	514	527	
NH ₃ -N (%)								
0	0.241	0.315	0.362	0.372	0.407	0.443	0.450	
Radiation dose (kGy)								
5	0.233	0.285	0.304	0.314	0.367	0.368	0.372	
10	0.216	0.232	0.254	0.288	0.305	0.312	0.324	
20	0.228	0.229	0.244	0.242	0.263	0.283	0.285	
Ethanol 2%	0.247	0.242	0.271	0.264	0.287	0.303	0.309	
Sorbic acid 0.1%	0.226	0.235	0.256	0.271	0.312	0.319	0.325	

Table 2. Changes of pH, protease activity and browning pigments in gamma irradiated-*Chungkukjang* during storage at 25°C

Sample	Storage period (week)							
	0	1	2	3	4	5	6	
Protease (IU/g)								
0	0.96	0.99	1.14	1.17	1.19	1.22	1.21	
Radiation dose (kGy)								
5	0.94	0.95	0.93	0.90	0.88	0.86	0.86	
10	0.98	0.95	0.94	0.93	0.85	0.85	0.81	
20	0.96	0.97	0.93	0.92	0.92	0.84	0.82	
Ethanol 2%	0.78	0.79	0.78	0.74	0.71	0.72	0.67	
Sorbic acid 0.1%	0.96	0.96	0.92	0.93	0.91	0.88	0.86	
pH								
0	7.80	7.81	7.71	7.53	7.24	6.92	6.89	
Radiation dose (kGy)								
5	7.80	7.76	7.78	7.64	7.45	7.13	7.02	
10	7.77	7.81	7.80	7.52	7.50	7.24	7.01	
20	7.78	7.78	7.79	7.55	7.47	7.31	7.04	
Ethanol 2%	7.79	7.82	7.76	7.50	7.44	7.15	7.02	
Sorbic acid 0.1%	7.56	7.50	7.31	7.25	7.24	7.02	6.95	
Browning (O.D. at 450 nm)								
0	0.88	1.06	1.28	1.36	1.40	1.47	1.55	
Radiation dose (kGy)								
5	0.87	0.89	0.97	1.10	1.22	1.33	1.38	
10	0.90	0.94	1.01	1.03	1.18	1.29	1.33	
20	0.90	0.95	0.94	1.05	1.14	1.26	1.27	
Ethanol 2%	0.87	0.92	1.06	1.09	1.22	1.30	1.37	
Sorbic acid 0.1%	0.91	0.93	0.98	1.11	1.15	1.20	1.20	

살펴본 결과, 비조사구에서는 보존 초기 10⁸ cells/g이었던 것이 6주 후 10⁹ cells/g 까지 증식하였고 5 kGy 감마선 조사구에서는 보존 초기 10⁶ cells/g의 *Bacillus*가 보존 6주 후까지 일정 수준으로 유지되었다. 또한, 10 kGy 감마선 조사구는 보존초기 10⁴ cells/g이었던 *Bacillus*의 세포수가 점차 감소하여 보존 6주 후에는 10⁰ cells/g 의 수준으로 검출되었고 20 kGy 감마선 조사구에서는 보존 초기부터 6주까지 10⁰ cells/g의 수준을 유지하였다. 10 kGy의 감마선 조사구에서 보존 중

에 *Bacillus*가 점차 사멸한 것은 싹장⁽¹⁸⁾과 메주⁽¹⁹⁾의 감마선 조사에서도 확인된 결과로 감마선 조사에 의해 손상을 받은 생존세포가 보존기간이 경과함에 따라 주변 환경에 적응하지 못하고 점차 사멸되는 post-irradiation effect⁽²⁵⁾에 의한 것으로 판단되었다. 한편, 각각 ethanol과 sorbic acid를 첨가한 시료에서는 *Bacillus*의 생장이나 사멸은 관찰되지 않고 보존 초기의 균수를 그대로 유지하였다. 따라서 ethanol과 sorbic acid는 *Bacillus*를 사멸시키지는 못하나 세포의 활성을 잠정적

으로 억제하는 보존료로서의 효능을 가지는 것을 알 수 있었다.

아미노태질소 및 암모니아태질소의 변화

장류제품의 숙성정도 및 보존기간중의 품질평가 지표가 되는 아미노태질소와 암모니아태질소의 변화를 측정하였다(Table 1). 청국장 보존 초기의 아미노태질소 함량은 모든 시험구에서 364~392 mg%의 범위였으나 보존 6주 후, 비조사구는 965 mg%로 증가하였고 감마선 조사구는 조사선량이 높을수록 아미노태질소량의 상승이 억제되어 10 kGy에서는 532 mg%, 20 kGy에서는 475 mg%의 함량을 나타내었다. 암모니아태질소의 함량도 아미노태질소와 마찬가지로 보존초기 0.21~0.24%이었던 것이 보존 6개월 후, 비조사구는 0.45%로 증가하였고 감마선 조사구는 조사선량이 높을수록 암모니아태질소의 상승이 억제되어 10 kGy에서는 0.32%, 20 kGy에서는 0.21%의 함량을 보여주었다. 이러한 결과는 암모니아태질소 생성의 주요 요인인 *Bacillus*가 감마선 조사에 의하여 사멸되거나 생리적 활성이 감소되기 때문으로 판단된다. 한편, ethanol과 sorbic acid를 첨가한 시료에서도 10 kGy~20 kGy의 감마선 조사구와 비슷한 정도의 아미노태질소 및 암모니아태질소의 상승억제 효과를 나타내었다.

효소활성과 pH 변화

감마선 조사에 의한 발효식품의 보존에 관한 연구 결과⁽¹⁶⁻¹⁹⁾를 보면 감마선 조사에 의하여 미생물이 사멸된 후에도 발효과정 중 미생물에 의하여 생산된 효소와 이차 대사산물이 복합적으로 작용하여 보존성에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 장류의 경우에는 특히 단백질 분해효소의 작용에 의한 아미노산이나 peptide의 함량 및 조성이 품질을 결정하는 주요 요소가 되므로 본 연구에서도 청국장 보존 중의 단백질 분해효소 활성을 측정하였다(Table 2). 효소활성의 측정 결과, 비조사구와 감마선 조사구 모두 보존초기에는 0.94~0.98 unit/g의 활성을 보여 감마선 조사에 의한 효소활성의 감소는 관찰되지 않았다. 보존기간에 따른 효소활성의 변화는 비조사구의 경우 *Bacillus*의 성장과 함께 점차 증가하여 6주 후에는 1.21 unit/g의 활성을 나타내었고 감마선 조사구에서는 약간 감소하여 보존 6주 후에는 초기 효소활성의 10% 정도가 감소한 0.81~0.86 unit/g의 범위를 보였다. 한편, sorbic acid를 첨가한 시료는 감마선 조사구와 비슷한 효소활성 감소가 있었으나 ethanol을 첨가한 시료는 ethanol 처리 직후

에는 20%, 보존 6주 후에는 30% 정도의 효소활성 감소가 관찰되었다.

청국장의 pH는 비조사구와 감마선 조사구 모두 보존초기에는 7.76~7.80의 범위를 나타내어 감마선 조사에 의한 직접적인 pH의 변화는 없었으나 보존기간의 경과에 따라 비조사구의 pH 저하가 빨라져 보존 6주 후 비조사구의 pH는 6.89로 낮아졌고 감마선 조사구는 7.01~7.04의 pH를 유지하였다. Ethanol 첨가 시료의 pH 변화는 감마선 조사구와 비슷한 양상이었으나 sorbic acid 첨가시료는 감마선 비조사구보다 낮은 pH를 보였다(Table 2).

갈색도 변화

청국장은 보존기간에 따라 갈색도가 증가하여 제품의 외관에 영향을 미친다. 비조사구와 감마선 조사구의 갈색도를 조사한 결과 보존초기 흡광도(450 nm)가 0.87~0.91이었던 것이 보존 6주 후, 비조사구는 1.55로 증가하였고 감마선 조사구는 조사선량이 높을수록 갈색화가 억제되어 10 kGy에서는 1.33, 20 kGy에서는 1.27의 흡광도를 보였으며 ethanol 첨가구는 1.37, sorbic acid 첨가구는 1.20의 흡광도를 보였다(Table 2). 한편, 장류의 갈색화는 Maillard 반응, 산화 등과 같은 화학적인 작용뿐 아니라 melanin을 생성하는 *Bacillus*에 의해서도 유도되는 것으로 알려져 있으므로⁽²⁶⁾ 감마선 조사구와 보존료 첨가구의 갈색화 억제의 상당 부분은 *Bacillus*가 감마선 조사에 의하여 사멸되거나 갈색화와 관련된 생리적 활성이 감소한 때문으로 판단된다.

요 약

청국장의 보존성 향상을 목적으로 청국장에 0, 5, 10, 20 kGy의 선량으로 감마선을 조사하고 25°C에 6주간 보존하면서 청국장의 품질변화를 조사하였다. 청국장의 *Bacillus*는 감마선 조사에 대하여 1.78 kGy의 D_{10} 값을 보였으며, 10 kGy 조사구는 보존 4주 후, 20 kGy 조사구는 조사 직후에 완전 사멸에 가까운 미생물 사멸효과를 보였다. 청국장 보존 중의 품질열화 요소인 암모니아태질소 함량과 갈색화도의 증가는 감마선 조사에 의하여 유의적으로 억제되었으며 protease의 활성과 pH도 감마선 조사구에서 안정적인 품질을 유지하였다. 따라서 감마선 조사는 청국장의 보존, 유통 중 품질을 유지하는데 유용한 방법이 될 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

문헌

1. Lee, H.C. Fermentation food. pp. 105-117 Sinkwang Press Co., Seoul, Korea (1999)
2. Kim, W.K., Choi, K.H., Kim, Y.T., Park, H.H., Choi, J.Y., Lee, Y.S., Oh, H.I., Kwon, I.B. and Lee, S.Y. Purification and characterization of fibrinolytic enzyme produced from *Bacillus* sp. strains CK 11-4 screened from *Chungkookjang*. Appl. Environ. Microbiol. 62: 2482-2488 (1996)
3. Lee, B.K. Immunomodulation materials of fermented soybean products. Lecture 3, 2nd Symposium for Soybean Fermentation Foods, The Research Institute of Soybean Fermentation Foods, Yeungnam Univ. Korea (1999)
4. Cheigh, H.S., Lee, J.S. and Lee, C.Y. Antioxidative characteristics of melanoidin related products fractionated from fermented soybean sauce. J. Korean Soc. Food Nutr. 22: 570-575 (1993)
5. Choe, J.S., Kim, J.S., Yoo, S.M., Park, H.J., Kim, T.Y., Chang, C.M. and Shin, S.Y. Survey on preparation method and consumer response of *Chungkukjang*. Kor. J. Soybean Research 13(2): 29-43 (1996)
6. Suh, J.S., Lee, S.G. and Ryu, M.K. Effect of *Bacillus* strains on the *Chungkookjang* processing. Korean J. Food Sci. Technol. 14: 309-314 (1982)
7. Lee, B.Y., Kim, D.M. and Kim, K.H. Physico-chemical properties of viscous substance extracted from *Chungkookjang*. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 599-604 (1991)
8. Choi, S.H. and Ji, Y.A. Changes in flavor of *Chungkookjang* during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 21: 229-234 (1989)
9. Rhee, S.H., Kim, S.K. and Cheigh, H.S. Studies on the lipids on the Korean soybean fermentation foods: I. Changes of lipids composition during *Chungkookjang* fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 15: 399-403 (1983)
10. Joo, H.K. Studies on the manufacturing of *Chungkookjang*. Korean J. Food Sci. Technol. 1: 64-67 (1971)
11. Thayer, D.W. Wholesomeness of irradiated foods. Food Technol. 48(5): 58-67 (1994)
12. Byun, M.W. Application and aspect of irradiation technology in food industry. Food Sci. Ind. 30(1): 89-100 (1997)
13. Thayer, D.W. Food irradiation: Benefits and concerns. J. Food Quality 13: 147-169 (1990)
14. Ingram, M. and Farkas, J. Microbiology of foods pasteurised by ionising radiation. Acta Alimentaria 6: 123-185 (1977)
15. Cha, B.S., Kim, W.J., Byun, M.W., Kwon, J.H. and Cho, H.O. Evaluation of gamma irradiation for extending the shelf life of *Kimchi*. Korean J. Food Sci. Technol. 21: 109-119 (1989)
16. Kim, D.H., Kim, J.H., Yook, H.S., Ahn, H.J., Kim, J.O., Sohn, C.B. and Byun, M.W. Microbiological characteristics of gamma irradiated and low-salted fermented squid. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 1619-1627 (1999)
17. Kim, M.S., Oh, J.A., Kim, I.W., Shin, D.H. and Han, M.S. Fermentation properties of irradiated *Kochujang*. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 934-940 (1998)
18. Kim, D.H., Ahn, H.J., Yook, H.S., Kim, M.J., Sohn, C.B. and Byun, M.W. Quality properties of gamma irradiated *Samjang*, seasoned soybean paste during storage. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 396-401 (2000)
19. Kim, D.H., Lee, K.H., Yook, H.S., Kim, J.H., Shin, M.G. and Byun, M.W. Quality characteristics of gamma irradiated grain shape improved *Meju*. Korean J. Food Sci. Technol. 32: (2000)
20. A.O.A.C. Official method of analysis. 15th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1990)
21. Kim, D.H., Lim, D.W., Bai, S. and Chun, S.B. Fermentation characteristics of whole soybean *Meju* model system inoculated with 4 *Bacillus* strains. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 1006-1015 (1997)
22. Briggs, A. The resistance of spores of the genus *Bacillus* to phenol, heat and radiation. J. Appl. Bacteriol. 29: 490-504 (1966)
23. Farkas, J. and Roberts, T.A. The effect of sodium chloride, gamma irradiation and/or heating on germination and development of spores of *Bacillus cereus* in single germinant and complex media. Acta Alimentaria 5: 289-302 (1976)
24. Haurnulv, B.G. and Snygg, B.G. Radiation resistance of spores of *Bacillus subtilis* and *B. stearothermophilus* at various water activities. J. Appl. Bacteriol. 36: 677-682 (1973)
25. Ma, K. and Maxcy, R.B. Factors influencing radiation resistance of vegetative bacteria and spores associated with radappertization of meat. J. Food Sci. 46: 612-616 (1981)
26. Choi, U.K., Ji, W.D., Chung, H.C., Choi, D.H. and Chung, Y.G. Optimization for pigment production and antioxidative activity of the products by *Bacillus subtilis* DC-2. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 1039-1043 (1997)

(2000년 7월 6일 접수)