

감마선을 조사한 간장의 미생물 및 일반품질 특성

송태호 · 김동호* · 박병준* · 신명곤 · 변명우*

우송대학교 식품생명공학부, *한국원자력연구소 방사선식품 · 생명공학연구팀

Changes in Microbiological and General Quality Characteristics of Gamma Irradiated *Kanjang* and *Shoyu*

Tae-Ho Song, Dong-Ho Kim*, Byoung-Jun Park*, Myung-Gon Shin and Myung-Woo Byun*

School of Food Technology, Woosong University

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

The effect of gamma-irradiation on the microbiological and general qualities of *Kanjang* (fermented soy sauce, Korean type) and *Shoyu* (fermented soy sauce, Japanese type) was studied. Samples were prepared, irradiated at 5, 10 and 20 kGy, and then stored at 25°C for 18 weeks. The results showed that the *Bacillus* spp. was inactivated by 3 log cycles with the irradiation dose of 10 kGy and the number of *Bacillus* cells that survived from 10 to 20 kGy of gamma irradiation was decreased gradually during storage. Yeasts and *Lactobacillus* were nearly eliminated at 5 to 10 kGy of irradiation. The D_{10} values of *Bacillus*, yeast and *Lactobacillus* in *Shoyu* were 2.67 kGy, 0.81 kGy and 1.30 kGy, in *Kanjang* were 2.75 kGy, 0.99 kGy and 1.47 kGy, respectively. The general quality of gamma irradiated *Shoyu* and *Kanjang*, such as total nitrogen, amino nitrogen, protease activity and pH were more stable than that of control during storage periods. Decolorization was observed just after irradiation, but the color was recovered during storage. The sensory evaluations showed that irradiated samples were more acceptable. Therefore, it was considered that gamma irradiation was effective for maintaining better quality of *Shoyu* and *Kanjang* during storage.

Key words : *Kanjang*, *Shoyu*, gamma irradiation

서 론

간장은 대두와 전분질의 곡류를 주원료로 하여 제조되는 액상의 발효조미식품으로 지역적으로는 한국, 일본, 중국을 비롯한 동아시아에서 주로 사용되어 왔으나 아시아권 식품의 세계화와 더불어 그 사용범위도 점차 넓어지고 있다⁽¹⁾. 우리 나라의 식품공전에서는 간장을 “단백질 및 탄수화물이 함유된 원료로 제거나 메주를 주원료로 하여 식염수 등을 섞어 발효한 것과 효소분해 또는 산분해법 등으로 가수분해하여 얻은 여액을 가공한 것”으로 정의하고 있으며 원료와 제조방법에 따라 이를 다시 양조간장, 산분해간장, 혼합간장, 한식간장 등으로 구분하고 있다⁽²⁾. 본래 우리 나라의 전통간장인 한식간장은 메주를 염수에 발효시킨 후 그 여액을 간장으로 쓰는 것이 일반적이었으며 용도에 따라 조리용의

진간장과 국이나 나물의 간을 맞추기 위한 국간장으로 구분하여 사용되어왔다. 그러나 최근에는 한식간장의 진간장으로의 용도는 양조간장과 산분해간장, 그리고 이를 혼합한 혼합간장으로 거의 대체되었고 한식간장은 국간장으로의 용도로만 사용하는 것이 정형화되는 추세이다. 또한, 이미 산업화가 이루어진 양조간장이나 산분해간장 뿐만 아니라 한식간장도 점차 공장에서 대량생산한 제품으로 공급되어지고 있다⁽¹⁾.

한편, 간장을 상품으로 유통하는 데에는 장기적인 보존성의 확보가 필수적이다. 그러나 시중에서 유통되고 있는 간장 제품들은 총질소성분(TN; Total nitrogen)의 함량이 0.7~1.2% 정도에 이르고 있어 특히 미생물 수준에서의 보존성 확보가 문제시되고 있다⁽¹⁻³⁾. 일반적인 간장의 살균에는 가열살균 방법이 주로 사용되고 있으며 최근에는 환외여과법도 일부 실용화되고 있으나 양자 모두 내열성 미생물의 잔존, 포장시의 2차 오염 등에 의하여 유효한 보존효과를 얻기가 어려우므로 대부분 안식향산(0.6 g/L 이하)과 파라옥시안식향산(0.25 g/L 이하) 계통의 화학보존료 사용을 병행하고 있는 형편이다⁽²⁾. 또한 열살균 방식은 한식간장을 비롯한 대두발효식품의 유용한 기능성으로 알려진 항산화효과⁽⁴⁾, 면역증진효과⁽⁵⁾, 혈전용해효과⁽⁶⁾ 등을 감소시킬 수도 있다. 따라서 간장의 기

Corresponding author : Myung-Woo Byun, Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, P.O. Box 105 Yusong, Taejeon, 305-600, Korea
Tel: 82-42-868-8060
Fax: 82-42-868-8043
E-mail: mwbyun@nanum.kaeri.re.kr

능성을 낮추는 가열살균 방식이나 소비자들의 기피요인이 되는 화학보존료를 사용하지 않고도 간장을 장기적으로 안전하게 보존할 수 있는 기술의 개발이 필요하나 아직까지 이에 관한 연구 결과는 그리 많지 않다.

한편, 식품에 대한 감마선 조사는 일반적으로 식품 고유의 풍미와 생화학적 품질에 영향을 미치지 않으면서도 미생물에 대하여 선택적인 살균효과를 나타내며, 잔류독성이 없고 제품의 포장 후 살균이 가능하여 2차 오염을 방지할 수 있는 특성이 있다^(7,8). 따라서 보존기간 중에도 계속적으로 미생물의 작용을 받는 장류제품에 이 기술을 적용할 경우 상당한 효과가 기대되며 이미 된장⁽⁹⁾, 고추장^(10,11), 쌈장⁽¹²⁾, 메주⁽¹³⁾, 청국장⁽¹⁴⁾ 등의 보존에 대한 감마선 조사의 긍정적 효과가 보고된 바 있다. 본 연구에서는 가열살균 및 보존료 첨가를 배제한 간장의 장기보존 기술개발의 한 단계로서 양조간장과 한식간장의 model system에 감마선을 조사하여 미생물의 살균효과와 함께 보존기간에 따른 간장의 일반품질 및 관능의 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

시료채취 및 감마선 조사

시료인 양조간장과 한식간장은 숙성 완료 후 압착여과 과정을 거친 반제품을 명가식품(주)에서 구입하여 사용하였으며 각 시료의 일반성분 규격은 Table 1과 같다. 준비된 시료는 polyethylene(PE) 재질의 screw cap tube에 100 mL씩 포장하여 감마선을 조사하였다. 시료의 감마선 조사는 한국원자력연구소의 선원 100 kCi, Co-60 감마선 조사시설(AECL, IR-79, Canada)에서 실시하였으며 조사조건은 실온에서 분당 70 Gy의 선량율로 각각 5, 10, 20 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 감마선 조사 시료는 가열살균(90°C, 60 min)한 비조사 대조시료와 함께 25°C에서 18주간 저장하면서 3주간격으로 분석하였다.

미생물 검사

간장 1 mL를 멸균 식염수(NaCl, 1.0%)로 1/10씩 연속 희석하여 *Bacillus*, 젖산균, 효모의 선택배지에 pour plating method로 접종·배양하여 미생물 검사를 실시하였다. 이때, *Bacillus*⁽¹⁵⁾는 dextrose tryptone agar(Difco)에 시료를 접종한 다음 50°C에서 3일간 배양하여 생성된 colony의 수를 계수하였으며, 젖산균⁽¹⁶⁾은 MRS 배지(Difco)에, 효모⁽¹⁷⁾는 10%

Table 1. Specifications of the Shoyu (fermented soy sauce, Japanese type) and Kanjang (fermented soy sauce, Korean type) used in this study

| | Shoyu | Kanjang |
|--------------------------------|-------|---------|
| Salt (%) | 13.4 | 19.2 |
| pH | 5.38 | 5.71 |
| Total nitrogen (%) | 1.20 | 0.90 |
| Amino nitrogen (mg%) | 822 | 658 |
| Water content (%) | 73.2 | 69.4 |
| Pure extract (%) ¹⁾ | 11.2 | 8.4 |

¹⁾The value was calculated by subtracting the salt content from the weight of dried Shoyu and Kanjang.

tartaric acid를 첨가하여 pH를 3.5로 조정된 potato dextrose agar(Difco) 배지에 시료를 접종한 다음 25°C에서 3일간 배양하여 생성된 colony를 colony counter(IPI Inc., Microcount 1008, USA)로 계수하였다.

분석방법

시료는 간장 1 mL에 멸균수 9 mL를 가하여 균질화한 다음 상압에서 여과(Whatman Paper No. 2)한 여과액을 사용하였으며 pH는 pH meter(Orion 520A, USA)로, 총질소량(total nitrogen, TN)은 micro-kjeldahl법⁽¹⁸⁾으로, 아미노산성질소는 sorenson formal titration법⁽¹⁸⁾으로 측정하였다. 단백질 분해효소의 활성은 김 등⁽¹⁹⁾의 방법에 따라 0.5% casein(dissolved in 50 mM acetate buffer, pH 5.5)을 기질로 하여 생성된 tyrosine 양을 측정하였으며 효소의 1 unit은 1분당 1 μmole의 tyrosine을 유리시키는 효소의 양으로 하였다. 보존기간 중 간장의 갈변도는 박 등⁽²⁰⁾의 방법에 준하여 여과액의 흡광도(O.D. at 500 nm)로 비교하였다.

관능평가

제조된 시제품의 관능검사는 최 등⁽²¹⁾의 방법에 따라 12인의 panel을 대상으로 맛, 향기, 색상에 대하여 5점 평점법(1 매우 싫다, 2 싫다, 3 보통이다, 4 좋다, 5 매우 좋다)으로 실시하였으며 결과는 ANOVA분석으로 처리한 후 Duncan's multiple range test(p<0.05)로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

미생물의 변화

양조간장과 한식간장의 주요 미생물 분포를 보면 *Bacillus*는 각각 10⁴ cells/mL와 10⁵ cells/mL로, 효모는 각각 10⁴ cells/mL와 10³ cells/mL로, 젖산균은 각각 10⁵ cells/mL와 10⁴ cells/mL로 조사되어 *Bacillus*는 한식간장에서, 효모와 젖산균은 양조간장에서 상대적으로 1 log cycle 정도 높은 밀도를 나타내었다. 감마선을 조사한 양조간장과 한식간장의 *Bacillus* (Fig. 1), 효모(Fig. 2), 젖산균(Fig. 3)의 생존율과 보존기간 동안의 성장변화를 측정하였다. *Bacillus*는 양조간장의 경우(Fig. 1A), 비조사구에서 10⁴ cells/mL이었던 것이 5 kGy 감마선 조사에 의하여 10² cells/mL까지, 10 kGy 감마선 조사에 의하

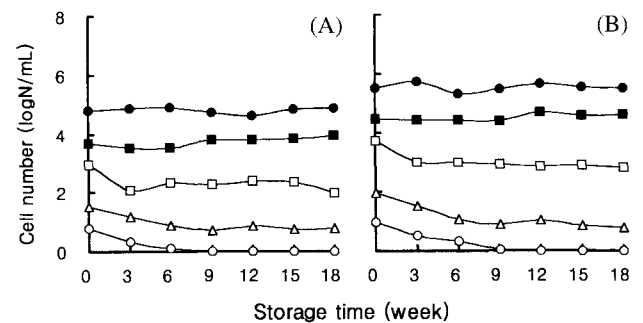


Fig. 1. Changes of *Bacillus* cells in gamma irradiated Shoyu (A) and Kanjang (B) during storage at 25°C for 18 weeks
 ● : non irradiation, ■ : heating at 90°C for 1 h, □ : 5 kGy, △ : 10 kGy, ○ : 20 kGy

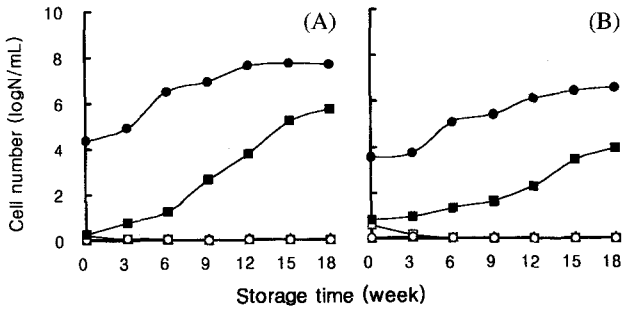


Fig. 2. Changes of yeast cells in gamma irradiated Shoyu (A) and Kanjang (B) during storage at 25°C for 18 weeks
 ● : non irradiation, ■ : heating at 90°C for 1 h, □ : 5 kGy, △ : 10 kGy, ○ : 20 kGy

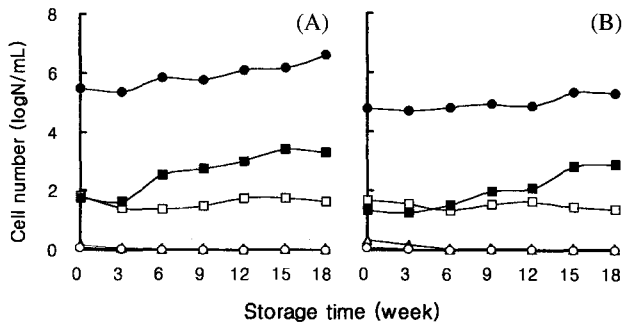


Fig. 3. Changes of Lactobacillus cells in gamma irradiated Shoyu (A) and Kanjang (B) during storage at 25°C for 18 weeks
 ● : non irradiation, ■ : heating at 90°C for 1 h, □ : 5 kGy, △ : 10 kGy, ○ : 20 kGy

여 10^1 cells/mL까지 감소되었고 한식간장에서는(Fig. 1B) 비조사구에서 10^5 cells/mL이었던 것이 5 kGy 감마선 조사에 의하여 10^3 cells/mL까지, 10 kGy 감마선 조사에 의하여 10^1 cells/mL까지 감소되었다. 양조간장의 효모는(Fig. 2A) 비조사구에서 10^4 cells/mL이었던 것이 5 kGy 감마선 조사에 의하여 사멸되었으며 한식간장에서도(Fig. 2B) 비조사구에서 10^3 cells/mL이었던 것이 5 kGy 감마선 조사에서 대부분 사멸되었다. 또한 젖산균은 양조간장에서는(Fig. 3A) 10^5 cells/mL, 한식간장에서는 10^4 cells/mL이었던 것이 5 kGy 감마선 조사에 의하여 10^2 cells/mL까지, 10 kGy 감마선 조사에 의하여 10^0 cells/mL까지 감소되었다. 감마선 조사에 대한 각 미생물군의 방사선감수성을 나타내는 D_{10} 값은 양조간장의 *Bacillus*, 효모, 젖산균은 각각 2.67, 0.81, 1.30 kGy로(Fig. 4A), 한식간장의 *Bacillus*, 효모, 젖산균은 각각 2.75, 0.98, 1.47 kGy로(Fig. 4B) 계산되어 한식간장에 분포하는 미생물의 감마선 저항성이 약간 높았다. 간장 *Bacillus*의 D_{10} 값인 2.67~2.75 kGy는 일반적인 *Bacillus* 내생포자의 D_{10} 값으로 알려진 2.4 kGy 내외⁽²²⁾나 장류의 선행 연구결과인 메주의 2.28 kGy⁽¹³⁾보다는 높아 감마선 저항성이 약간 높은 수준이었으나 된장(D_{10} =5.26 kGy)⁽⁹⁾이나 고추장(D_{10} =3.94 kGy)⁽¹⁰⁾에 비해서는 감마선 저항성이 낮았다. 일반적으로 방사선의 미생물에 대한 살균효과는 미생물이 서식하고 있는 주변환경에 크게 영향을 받으며 식품의 수분활성이 높을수록 free radical의 영향을 많이 받아 방사선 감수성이 증가하는 것으로 알려져 있다^(23,24). 따라서 간장 *Bacillus*의 D_{10} 값이 된장이나 고추장보다

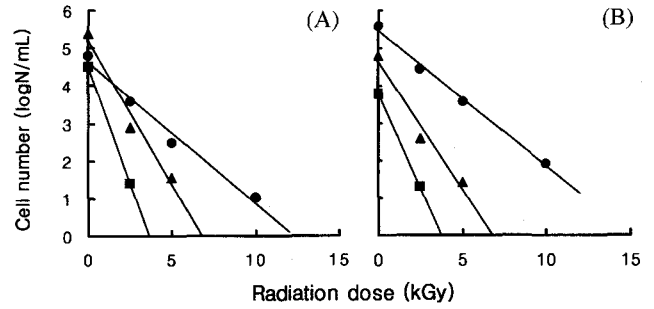


Fig. 4. Effects of gamma irradiation on the viability of *Bacillus* (●), yeast (■) and *Lactobacillus* (▲) cells in Shoyu (A) and Kanjang (B)
 D_{10} value is the expression of the dose of irradiation needed to reduce the number of microorganisms by 10 folds and was calculated with the equation of survival plot. The D_{10} values of *Bacillus*, yeast and *Lactobacillus* in Shoyu were 2.67 kGy, 0.81 kGy and 1.30 kGy, in Kanjang were 2.75 kGy, 0.99 kGy and 1.47 kGy, respectively.

낮은 것은 이들 장류제품에 비하여 간장의 수분활성이 높기 때문으로 해석된다. 또한 간장 효모의 D_{10} 값이 0.81~0.98 kGy로 완충용액에서의 *Candida*(0.32 kGy)나 *Saccharomyces*(0.36 kGy)의 D_{10} 값⁽²⁵⁾보다 높은 것 역시 간장의 수분활성이 완충용액에 비하여 낮은 것이 주요요인인 것으로 해석된다. 그러나 간장에는 여러 종의 미생물이 성장하고 있으므로 보다 명확한 감마선 감수성의 평가를 위해서는 각 미생물을 분리한 후 이들 미생물에 대한 상세한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

보존기간 중의 *Bacillus*(Fig. 1) 성장변화를 살펴본 결과 비조사구와 열살균 시료는 보존기간 중 유의할만한 미생물의 성장변화가 관찰되지 않았으나 감마선 조사구에서는 보존기간의 경과에 따라 약 1 log cycle 정도의 균체수 감소가 관찰되었다. 이러한 결과는 다른 장류에 대한 선행연구⁽⁹⁻¹⁴⁾에서도 확인된 것으로 감마선 조사에 의해 손상을 받은 생존세포가 보존기간이 경과함에 따라 주변 환경에 적응하지 못하고 점차 사멸되는 post-irradiation 효과⁽²⁶⁾에 의한 것으로 해석된다. 효모는 비조사구의 경우 보존 6주 후에 가스의 생성과 함께 2 log cycle 이상의 증식이 관찰되었으며 열살균 시료는 초기 효모의 밀도는 낮았으나 보존 후기에 이르러 양조간장은 10^5 cells/mL까지 한식간장은 10^4 cells/mL까지 증식하였다. 감마선 조사구의 효모는 조사 직후 5 kGy 조사구에서 약간의 생존 균체가 관찰되었을 뿐 전 보존 기간을 통하여 거의 검출되지 않았다. 젖산균은 비조사구의 경우 보존 후기에 1 log cycle의 증식이 있었으며 열살균 시료도 초기의 밀도는 낮았으나 보존 후기에 이르러 1~2 log cycle 이상 증식하였다. 감마선 조사구는, 5 kGy 조사구의 경우 보존 기간 동안 10^2 cells/mL의 수준을 유지하였으며 10 kGy와 20 kGy 조사구에서는 보존 기간을 통하여 젖산균이 거의 검출되지 않았다. 한편, 간장 제품의 변패는 주로 효모와 젖산균 등에 의한 가스의 생성과 관능의 저하 등이 주요 요인이므로^(27,28) 10 kGy 이내의 감마선 조사를 통하여 간장의 효모와 젖산균을 완전 살균함으로써 장류의 보존성을 향상시키고 조미식품 및 식품첨가물로서의 활용 범위를 넓힐 수 있을 것으로 기대된다. 아울러 대부분 포자상태로 존재하는 *Bacillus*는 장류제품 자체에는 큰 영향을 주지 않으나 조미식품으로 첨가

Table 2. Changes of total nitrogen contents in gamma irradiated *Shoyu* and *Kanjang* during storage at 25°C for 18 weeks (unit: %)

| Sample | | Storage time (week) | | | | | | |
|-----------------------|----|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 |
| <i>Shoyu</i> | | | | | | | | |
| | 0 | 1.20 | 1.21 | 1.18 | 1.16 | 1.12 | 1.13 | 1.12 |
| Radiation dose(kGy) | 5 | 1.17 | 1.19 | 1.18 | 1.17 | 1.19 | 1.15 | 1.17 |
| | 10 | 1.21 | 1.18 | 1.19 | 1.20 | 1.18 | 1.18 | 1.19 |
| | 20 | 1.19 | 1.20 | 1.20 | 1.18 | 1.19 | 1.17 | 1.18 |
| Heating | | 1.23 | 1.20 | 1.17 | 1.18 | 1.15 | 1.15 | 1.14 |
| <i>Kanjang</i> | | | | | | | | |
| | 0 | 0.90 | 0.91 | 0.88 | 0.89 | 0.89 | 0.88 | 0.87 |
| Radiation dose(kGy) | 5 | 0.91 | 0.90 | 0.89 | 0.90 | 0.88 | 0.89 | 0.88 |
| | 10 | 0.89 | 0.87 | 0.89 | 0.89 | 0.90 | 0.88 | 0.89 |
| | 20 | 0.90 | 0.88 | 0.90 | 0.91 | 0.89 | 0.87 | 0.90 |
| Heating ¹⁾ | | 0.87 | 0.87 | 0.86 | 0.88 | 0.86 | 0.85 | 0.85 |

¹⁾The samples were heated at 90°C for 1 h.

Table 3. Changes of amino nitrogen contents in gamma irradiated *Shoyu* and *Kanjang* during storage at 25°C for 18 weeks (unit: mg%)

| Sample | | Storage time (week) | | | | | | |
|---------------------|----|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 |
| <i>Shoyu</i> | | | | | | | | |
| | 0 | 728 | 725 | 742 | 764 | 793 | 814 | 816 |
| Radiation dose(kGy) | 5 | 719 | 722 | 724 | 739 | 755 | 766 | 764 |
| | 10 | 733 | 728 | 736 | 741 | 760 | 765 | 772 |
| | 20 | 725 | 731 | 735 | 747 | 754 | 769 | 770 |
| Heating | | 717 | 723 | 718 | 726 | 730 | 721 | 729 |
| <i>Kanjang</i> | | | | | | | | |
| | 0 | 572 | 566 | 581 | 595 | 633 | 674 | 681 |
| Radiation dose(kGy) | 5 | 548 | 553 | 553 | 574 | 597 | 609 | 610 |
| | 10 | 559 | 562 | 560 | 572 | 588 | 616 | 622 |
| | 20 | 563 | 560 | 569 | 577 | 581 | 605 | 625 |
| Heating | | 550 | 547 | 553 | 562 | 560 | 568 | 569 |

되었을 경우에는 포자의 발아와 미생물 성장에 의한 2차 오염을 유발할 수 있으므로 열살균 등과 병행한 *Bacillus*의 효율적인 살균기술 개발이 필요할 것으로 사료된다.

질소 성분의 변화

간장의 숙성정도 및 보존기간중의 품질평가 지표가 되는 총질소(Table 2)와 아미노산성질소(Table 3)의 변화를 측정하였다. 양조간장 보존 초기의 총질소 함량은 1.17~1.23의 범위였으며 보존 18주 후, 비조사구와 열살균구에서 약간의 감소가 관찰되었을 뿐 감마선 조사구는 보존 초기의 수준을 계속 유지하였다. 한식간장의 총질소 함량은 0.87~0.91의 범위로 양조간장에 비하여 낮았으며 보존기간에 따른 각 시험구의 차이는 관찰되지 않았다. 아미노산성질소 함량은 양조간장이 717~733 mg%, 한식간장이 548~572 mg%의 범위로 감마선 조사 직후의 품질변화는 없었다. 그러나 보존 18주 후에는 양조간장과 한식간장 모두 비조사구에서는 100 mg% 내외, 감마선 조사구에서는 50 mg% 내외의 증가를 보였으며 열처리구에서는 큰 변화가 나타나지 않았다. 이러한 결과는

감마선 조사에 의하여 아미노산성질소의 상승이 유의적으로 억제된다고 보고된 찜장⁽¹²⁾이나 개량메주⁽¹³⁾와는 다르며, 감마선 조사 후에도 아미노산성 질소의 함량이 증가한다고 보고된 된장⁽⁹⁾과는 비슷한 경향이였다. 따라서 간장도 된장과 마찬가지로 보존 기간 중의 아미노산성질소의 상승이 미생물의 작용보다는 잔존 단백분해효소의 활성화에 의존하며, 열처리구에서 아미노산성 질소의 상승이 억제된 것은 열에 의한 단백분해효소의 불활성화 때문인 것으로 해석된다.

단백질분해효소활성, pH, 갈색도의 변화

보존초기의 단백질분해효소 활성은 비조사구의 양조간장은 0.31 unit/g, 한식간장은 0.27 unit/g이었으며 감마선 조사에 의한 효소활성의 변화는 없었으나 열처리구에서는 효소활성이 95% 이상 감소하였다(Table 4). 보존기간 중의 효소활성은 비조사구에서 약간의 증가가, 감마선 조사구에서는 약간의 감소가 나타났다.

간장의 pH는 보존초기, 비조사구의 양조간장은 5.48, 한식간장은 5.71이었으며 감마선 조사에 의한 pH의 변화는 없었

Table 4. Changes of protease activity in gamma irradiated *Shoyu* and *Kanjang* during storage at 25°C for 18 weeks (unit: IU/g)

| Sample | | Storage time (week) | | | | | | |
|---------------------|----|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 |
| <i>Shoyu</i> | | | | | | | | |
| | 0 | 0.31 | 0.30 | 0.32 | 0.37 | 0.36 | 0.38 | 0.38 |
| Radiation dose(kGy) | 5 | 0.30 | 0.29 | 0.31 | 0.32 | 0.28 | 0.27 | 0.28 |
| | 10 | 0.32 | 0.32 | 0.30 | 0.27 | 0.25 | 0.26 | 0.25 |
| | 20 | 0.29 | 0.30 | 0.28 | 0.28 | 0.25 | 0.24 | 0.23 |
| Heating | | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.05 | 0.04 |
| <i>Kanjang</i> | | | | | | | | |
| | 0 | 0.27 | 0.26 | 0.29 | 0.28 | 0.33 | 0.34 | 0.35 |
| Radiation dose(kGy) | 5 | 0.26 | 0.27 | 0.25 | 0.25 | 0.24 | 0.25 | 0.22 |
| | 10 | 0.25 | 0.22 | 0.23 | 0.22 | 0.24 | 0.24 | 0.23 |
| | 20 | 0.27 | 0.27 | 0.28 | 0.24 | 0.23 | 0.21 | 0.21 |
| Heating | | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.03 |

Table 5. Changes of pH in gamma irradiated *Shoyu* and *Kanjang* during storage at 25°C for 18 weeks

| Sample | | Storage time (week) | | | | | | |
|---------------------|----|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 |
| <i>Shoyu</i> | | | | | | | | |
| | 0 | 5.48 | 5.43 | 5.41 | 5.36 | 5.20 | 5.03 | 5.01 |
| Radiation dose(kGy) | 5 | 5.46 | 5.45 | 5.42 | 5.42 | 4.40 | 5.38 | 5.36 |
| | 10 | 5.48 | 5.47 | 5.44 | 5.41 | 5.42 | 5.39 | 5.40 |
| | 20 | 5.49 | 5.47 | 5.48 | 5.45 | 5.45 | 5.44 | 5.42 |
| Heating | | 5.50 | 5.46 | 5.47 | 5.42 | 5.38 | 5.36 | 5.31 |
| <i>Kanjang</i> | | | | | | | | |
| | 0 | 5.71 | 5.64 | 5.62 | 5.57 | 5.46 | 5.39 | 5.32 |
| Radiation dose(kGy) | 5 | 5.71 | 5.71 | 5.68 | 5.64 | 5.66 | 5.62 | 5.60 |
| | 10 | 5.70 | 5.69 | 5.69 | 5.68 | 5.69 | 5.67 | 5.64 |
| | 20 | 5.73 | 5.71 | 5.70 | 5.69 | 5.68 | 5.67 | 5.65 |
| Heating | | 5.73 | 5.73 | 5.70 | 5.66 | 5.65 | 5.61 | 5.55 |

다(Table 5). 보존기간에 따른 pH의 변화는 전체적으로 모든 시험구에서 점차 낮아지는 경향이었으나, 감마선 조사구나 열처리구에 비하여 비조사구의 pH 저하가 현저하였다.

간장의 갈색도는 보존초기, 비조사구의 양조간장은 1.35, 한식간장은 0.94의 흡광도를 보였으며 열처리에 의해서는 흡광도가 증가하였고 감마선 조사에 의해서는 흡광도가 낮아지는 양상을 보였으며 흡광도의 저하는 양조간장에서 보다 현저하게 나타났다(Fig. 5). 즉, 양조간장의 경우 비조사구에서 1.35의 흡광도를 보이던 것이 5 kGy 조사구에서는 1.22로, 10 kGy 조사구에서는 0.92로 흡광도가 낮아졌으며 한식간장도 비조사구의 0.94에서 5 kGy 조사구에서는 0.87로, 10 kGy 조사구에서는 0.76으로 흡광도가 낮아졌다. 보존기간에 따른 갈색도의 변화는 시간의 경과에 따라 점차 흡광도가 증가하였으며 특히 감마선 조사 직후 색이 옅어졌던 시료들도 보존 6주 이후에는 비조사구와 비슷한 수준으로 환원되었다. 이러한 결과는 감마선 조사에 의하여 제품의 갈색도가 낮아졌다가 보존기간의 경과에 따라 다시 색이 환원되었다고 보고된 별치액젓⁽²⁹⁾의 연구결과와 같은 것이었다. 한편, 간장의 갈변은 주로 maillard 반응 산물에 의하여 발현된다고 알려져 있으므로⁽³⁰⁾, 감마선 조사에 의한 간장의 탈색은

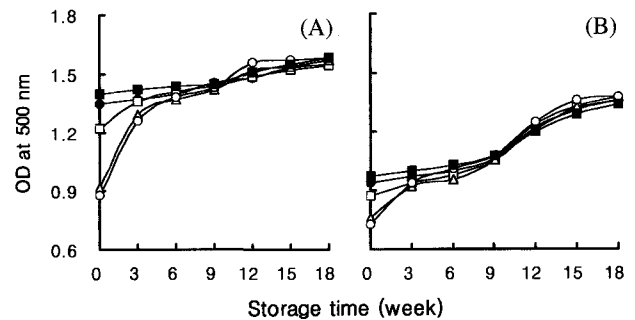


Fig. 5. Changes of browning in gamma irradiated *Shoyu* (A) and *Kanjang* (B) during storage at 25°C for 18 weeks
 Samples were diluted with 10-fold of water, filtered, and measured for absorbance at wavelength of 500 nm. ● : non irradiation, ■ : heating at 90°C for 1 h, □ : 5 kGy, △ : 10 kGy, ○ : 20 kGy

maillard 반응 산물의 물리화학적 분해에 기인하고 보존기간의 경과에 따른 색의 환원은 분해된 당이나 아미노산의 재결합에 의한 결과로 해석되나 보다 상세한 기작을 알기 위해 *in vitro*의 model system에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

Table 6. Sensory evaluation of *Shoyu* and *Kanjang*, just after irradiation and after storage at 25°C for 18 weeks

| Sample | | Taste | Flavor | Color | Overall acceptability | |
|----------------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| <i>Shoyu</i> | After irradiation | | | | | |
| | | 0 | 3.83 | 3.67 | 3.33 ^b | 3.75 |
| | Radiation dose (kGy) | 5 | 3.92 | 3.75 | 3.92 ^a | 3.83 |
| | | 10 | 3.83 | 3.83 | 4.08 ^a | 3.92 |
| | | 20 | 3.75 | 3.75 | 4.00 ^a | 3.75 |
| | Heating | | 3.92 | 3.83 | 3.25 ^b | 3.75 |
| | After storage for 18 week | | | | | |
| | | 0 | 2.58 ^b | 2.25 ^c | 3.50 | 2.33 ^c |
| | Radiation dose (kGy) | 5 | 3.50 ^a | 3.50 ^{ab} | 3.75 | 3.75 ^a |
| | | 10 | 3.67 ^a | 3.75 ^a | 3.75 | 3.83 ^a |
| | 20 | 3.58 ^a | 3.58 ^{ab} | 3.67 | 3.67 ^{ab} | |
| Heating | | 2.92 ^b | 2.92 ^b | 3.58 | 2.83 ^b | |
| <i>Kanjang</i> | After irradiation | | | | | |
| | | 0 | 4.00 | 3.67 | 3.58 ^b | 3.75 |
| | Radiation dose (kGy) | 5 | 4.08 | 3.75 | 3.92 ^a | 3.83 |
| | | 10 | 4.17 | 3.83 | 4.08 ^a | 3.92 |
| | | 20 | 4.00 | 3.75 | 4.00 ^a | 3.75 |
| | Heating | | 4.17 | 3.83 | 3.67 ^b | 3.75 |
| | After storage for 18 week | | | | | |
| | | 0 | 1.92 ^c | 2.17 ^c | 3.42 | 2.08 ^c |
| | Radiation dose (kGy) | 5 | 3.42 ^{ab} | 3.67 ^a | 3.67 | 3.75 ^a |
| | | 10 | 3.92 ^a | 3.83 ^a | 3.83 | 3.83 ^a |
| | 20 | 3.58 ^{ab} | 3.50 ^a | 3.83 | 3.58 ^{ab} | |
| Heating | | 2.75 ^b | 2.92 ^b | 3.75 | 2.67 ^b | |

^{a,b,c}Superscript letters indicate significant at p<0.05 by Duncan's multiple comparison.

관능평가

감마선 조사 직후의 보존 초기 및 보존 18주째의 제품에 대하여 맛, 향, 색상의 선호도를 조사하였다(Table 6). 전체적으로 보존 초기의 시료에서는 감마선 조사구의 색상에 대한 선호도가 유의적으로 높았으나 맛과 향에서는 유의적인 차이가 없었다. 보존 18주 후에는 10 kGy의 감마선을 조사한 양조간장의 선호도가 유의적으로 높았고 열살균, 비조사구의 순으로 선호도가 낮아졌다. 따라서 감마선 조사는 간장의 미생물 및 이화학적 관점의 보존성 향상뿐만 아니라 관능품질을 유지, 향상시키는데도 유용한 방법이 될 것으로 보인다.

요 약

간장의 미생물 관점에서의 보존성 향상 및 살균을 목적으로 양조간장과 한식간장에 5, 10, 20 kGy의 선량으로 감마선을 조사하고 상온에 18주간 보존하면서 간장의 미생물 및 일반품질 변화를 조사하였다. 간장의 *Bacillus*는 10 kGy의 감마선 조사에 의하여 5 log cycle 이상 제거되었으며 효모와 젖산균은 5 kGy의 선량에서도 완전 사멸에 가까운 살균효과를 보였다. 간장 보존 중의 일반품질 평가 요소인 총질소, 아미노산성질소, 중성단백분해효소 활성, pH 등은 감마선 조사에 의하여 영향을 받지 않았고 보존기간 중에도 안정적인 품질 수준을 유지하였다. 간장의 갈색도는 감마선 조사 직후에 낮아졌으나 보존 2주 이후부터는 비조사구의 수준으로 환원되

었다. 감마선을 조사한 간장은 관능적으로도 안정된 품질 수준을 유지하였다. 따라서 감마선 조사는 간장의 보존, 유통 및 가공에서 위생화 및 미생물적, 이화학적, 관능적 품질을 유지하는데 유용한 방법이 될 수 있을 것으로 평가되었다.

문 헌

1. Joo, H.K. Current trends and problems of fermented soybean products. Lecture 1, 1st Symposium and Expo for Soybean Fermentation Foods, The Research Institute of Soybean Fermentation Foods, Yeungnam Univ. Korea (1998)
2. Lee, H.C. Fermentation food. Sinkwang Press Co., Seoul, Korea pp. 28-65 (1999)
3. Lee, C.J. and Koh, H.S. Standardization of Korean soy sauce. Korean J. Food Sci. Technol. 8: 247-252 (1976)
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. 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)
6. 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)
7. Thayer, D.W. Food irradiation: Benefits and concerns. J. Food Quality 13: 147-169 (1990)

8. Byun, M.W. Application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Sci. Ind.* 30(1): 89-100 (1997)
9. Byun, M.W., Kim, D.H., Yook, H.S., Kim, J.O. and Cha, B.S. Changes of microbiological and general quality characteristics of gamma irradiated *Doenjang* (fermented soybean paste). *Food Sci. and Biotechnol.* 10: in press (2001)
10. Kim, D.H., Yook, H.S., Youn, K.C., Sohn, C.B. and Byun, M.W., Changes of microbiological and general quality characteristics of gamma irradiated *Kochujang* (fermented hot pepper paste). *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: in press (2001)
11. 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)
12. 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)
13. 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: 640-645 (2000)
14. Kim, D.H., Yook, H.S., Youn, K.C., Cha, B.S., Kim, J. O. and Byun, M.W. Changes of microbiological and general quality characteristics of gamma irradiated *Chungkookjang*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 896-901 (2000)
15. Collins, C.H., Lyne, P.M. and Grange, J.M. *Microbiological methods*, 6th ed., pp. 330-334. Butterworths, London, Great Britain (1989)
16. Difco Laboratories. *Difco Manual* 10th ed., Detroit Michigan 48232 U.S.A. p. 492 (1984)
17. Difco Laboratories. *Difco Manual* 10th ed., Detroit Michigan 48232 U.S.A. p. 689 (1984)
18. Chae, S.K. *Methods of food analysis*, 1st ed., pp. 299-301. Jigu Publishing Co., Seoul, Korea (1998)
19. 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)
20. Park, C.K., Nam, J.H., Song, H.I. and Park, H.Y. Studies on the shelf-life of the grain shape improved *Meju*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 876-883 (1989)
21. Choi, K.S., Choi, J.D., Chung, H.C., Kwon, K.I., Im, M.H., Kim, Y.H. and Kim, W.S. Effects of mashing proportion of soybean to salt brine on *Kanjang* (soy sauce) quality. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 174-180 (2000)
22. Briggs, A. The resistance of spores of the genus *Bacillus* to phenol, heat and radiation. *J. Appl. Bacteriol.* 29: 490-504 (1966)
23. Haurmulv, 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)
24. 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)
25. Ito, H., Iizuka, H. and Sato, T. A new radio-resistant yeast *Trichosporon oryzae* nov. sp. isolated from rice. *Agricultural and Biological Chemistry* 38: 1597-1602 (1974)
26. 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)
27. Lee, N.S. and Oh, N.S. Distribution and gas producing characteristics of yeasts in fermentation process of *Doenjang*. *Korean J. Agricul. Chem. and Biotechnol.* 39: 255-259 (1996)
28. Chu, Y.H., Yu, T.J. and Yu, J.H. Studies on the film forming yeasts isolated from commercial soy sauce. *Korean J. Food Sci. Technol.* 7: 61-68 (1976)
29. Kim, J.H., Ahn, H.J., Kim, J.o., Ryu, K.H., Yook, H.S., Lee, Y.N. and Byun, M.W. Sanitation and quality improvement of salted and fermented anchovy sauce by gamma irradiation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 1035-1041 (2000)
30. Kwon, D.J., Kim, Y.J., Kim, H.J., Hong, S.S. and Kim, H.K. Changes of color in *Doenjang* by different browning factor. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 1000-1005 (1998)

(2001년 2월 27일 접수)