

김밥 제조공정에서의 미생물 오염도 평가 및 감마선 조사를 이용한 김밥의 보존안정성 향상

김동호 · 송현파 · 김재경 · 김정옥* · 이현자** · 변명우[†]

한국원자력연구소 방사선식품 · 생명공학연구팀

*세종대학교 생활과학과

**한경대학교 가정학과

Determination of Microbial Contamination in the Process of Rice Rolled in Dried Laver and Improvement of Shelf-life by Gamma Irradiation

Dong-Ho Kim, Hyun-Pa Song, Jae-Kyung Kim, Jung-Ok Kim*,
Hyun-Ja Lee** and Myung-Woo Byun[†]

Dept. of Radiation Food Science and Biotechnology,

Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-353, Korea

*Dept. of Human Life Sciences, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

**Dept. of Home Economics, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

Abstract

Determination of regional microbial contamination in the process of rice rolled in dried laver (*Kimbab*) and effects of gamma irradiation on the improvement of hygienic quality and shelf stability were investigated. Total aerobic bacterial distribution of raw materials of *Kimbab* were; $10^6 \sim 10^7$ CFU/g in dried laver, 10^3 CFU/g in cucumber and below 10 CFU/g in steamed rice, ham, fried egg, and salted radish. Total coliform bacteria were 10^3 CFU/g in dried laver and detected below detection limit (10 CFU/g) in other raw materials. And it was arithmetically calculated that the levels of total aerobic bacteria and coliform bacteria in *Kimbab* does not exceed 10^5 CFU/g and 10^1 CFU/g under the aseptic process, respectively. However, microbial contamination levels in just prepared *Kimbab* in a market were about 10^6 CFU/g of total aerobic and coliform bacteria. Therefore, it was considered that microbial contamination of *Kimbab* is mainly originated from environmental uptake during the preparation. The representative media for putrefying bacterial growth were steamed rice. Coliform bacteria were mainly increased in ham and fried egg during storage. The bacteria in dried laver were radio-resistant and survived at 3 kGy of gamma irradiation. Coliform bacteria on EMB agar plate were eliminated at the dose of 2 kGy. The sensory acceptability of 2 kGy irradiated *Kimbab* was stable and the *Kimbab* can be preserved for 24 hour at 15°C. Therefore, it was considered that optimal irradiation dose for radication of *Kimbab* was 2 kGy.

Key words: laver, *Kimbab*, gamma irradiation, hygienic quality, shelf life

서 론

김밥은 김으로 밥과 찬류(단무지, 계란, 햄, 어묵, 오이, 시금치 등)를 말아 놓은 즉석식품(ready to eat foods)으로 식품공전에서는 이를 도시락, 햄버거, 샌드위치 등과 더불어 복합조리식품으로 구분하고 있다. 김밥은 주로 도시락 용도로 사용되어 왔으나 최근에는 편의점의 발달이나 학교를 중심으로 한 집단급식의 확대와 더불어 외식산업 및 매장에서 상품화된 식품으로서의 유통이 급증하고 있는 추세이다(1). 그러나 김밥은 제조과정 중 미생물의 오염요인이 크며, 수분활성이 높고 미생물의 증식이 용이한 원료로 구성되어 있어 보존

이 어렵고, 식품위생상의 식성병해를 일으키기 쉬운 문제점이 있다(2). 실제로 2000년도의 국내 식중독 발생 통계에 따르면 김밥을 포함한 복합조리식품이 전체 식중독 발생요인의 24.0%를 차지하여 육류(27.9%), 어패류 및 그 가공품(26.0%) 다음으로 높은 비중을 차지하고 있다(3). 그러나 아직까지 김밥의 보존성 및 위생성 확보를 위한 기초연구 및 산업적 기술개발에 관한 연구는 미흡하다. 특히 김밥은 저온보존의 경우 쌀 전분의 경화(4)로 관능적 질감이 떨어지므로 cold chain system을 이용한 유통도 어려우며 가열살균, 보존료 처리 등의 기존 살균방법의 적용도 어려운 형편이다.

최근 Kang 등(3)은 시판 김밥의 위생조사에서 34.1%의 김

[†]Corresponding author. E mail: mwbyun@kaeri.re.kr
Phone: 82 42 868 8060, Fax: 82 42 868 8043

밥에서 황색포도상구균이 검출되었다고 보고하여 김밥의 위생상태에 대한 위험성을 제시한 바 있다. 또한 Lee 등(2)과 Kwak 등(1)은 각각 집단급식 시설 및 편의점 판매용 김밥의 생산과 유통에 HACCP 모델을 적용하여 조리과정에서의 기구 및 식자재에 의한 오염과 작업자의 개인 위생상태에 따른 환경요인이 김밥 미생물 오염의 주요 요인임을 확인하였다. 김밥의 원료 특성 또한 보존성의 제한 및 위생적 위험도를 가중시키는 요인이 되는 것으로 평가되고 있다. 밥은 일반적으로 100°C 이상의 고온에서 가열되나 전분이 주성분이고 수분활성이 높아 2차 오염된 미생물의 증식이 용이하며 내열성의 endospore를 생성하는 병원성의 *Bacillus cereus*(5)에 의한 잠재 위험성이 있다. 김밥에 사용되는 계란은 가열 후 지단의 형태로 첨가되므로 미생물의 오염도는 낮다. 그러나 난각에는 식중독의 주요 원인 미생물인 *Salmonella* 등이 분포하여 조리과정 중 교차오염의 위험도가 높고 가공 후에도 병원성미생물 등에 의한 오염 가능성이 크다(6,7). 햄과 계맛살 등은 일반적으로 포장과 살균처리를 거친 시판제품을 사용하므로 원료 자체의 미생물 오염도는 낮으나 증식의 위험성이 크므로 개봉 후 보존에 주의가 요구된다(8). 단무지는 제조공정에 따라 젖산균 등이 검출되나 낮은 pH 등으로 인하여 위생미생물은 거의 검출되지 않으며 최근에는 주로 발효가 아닌 조미액에서의 절임이나 살균공정을 도입하고 있어 미생물 오염의 위험성은 낮다(9). 김밥에 첨가되는 신선채소는 주로 시금치와 오이이다. 채소류는 영양성분이 적어 그 자체로는 미생물의 생장이 제한되지만 토양에서 유래한 미생물의 오염원으로 다른 식품에 교차오염을 유발할 위험성이 크다고 알려져 있다(10,11). 마른 김에는 해수, 공기, 제조과정 중의 2차 오염 등에 의하여 10^6 CFU/g 내외의 미생물이 분포하는데 이는 김을 굽는 과정에서도 잘 사멸되지 않으며 *Micrococcus* sp.는 방사선에 대한 저항성도 매우 큰 것으로 보고되고 있다(12). 그러나 김에 분포하는 미생물이 실제로 김밥의 부패나 위생적인 품질에 어떤 영향을 미치는지는 아직까지 보고된 바 없다.

한편, 식품의 방사선 조사는 국제기구(FAO/IAEA/WHO)와 선진 여러 나라에서 유용하고 안전한 식품 살균방법으로 공인되어 이미 곡류를 비롯한 여러 농산물과 육류, 분말형 식품 등에 이용되고 있다(13,14). 특히, 감마선 조사기술은 완전 포장 후 살균이 가능하고 잔류독성이 전혀 없으며 식품 고유의 풍미와 생화학적 품질을 유지하면서도 미생물에 대하여 강력한 살균효과를 나타내는 특성을 가지므로 위생미생물의 오염 가능성이 큰 즉석조리식품(ready to eat food)이나 최소가공식품(minimal processed food)의 보존성 및 위생성의 향상에도 좋은 효과를 보일 것으로 예상된다(15,16). 따라서 본 연구에서는 우리나라의 가장 대표적인 즉석식품인 김밥의 보존성과 위생성을 향상시키기 위한 기술개발의 방법으로, 김밥의 미생물 분포와 전이를 살펴보고 아울러 감마선을 조사한 다음 저장기간 중의 미생물 변화와 관능특성

을 평가하여 김밥에 대한 적정 감마선 조사선량을 설정하고자 하였다.

재료 및 방법

시료 및 시약

김밥원료 중 김, 햄, 단무지는 시판제품을 시중에서 구입하였으며 원료별 미생물검사를 위한 계란지단은 150°C의 팬에서 약 5 mm 두께로 3분간 양면 가열하여 제조하였고 오이는 껍질을 제거하여 시료로 사용하였다. 김밥은 대전의 김밥전문점에서 직접 제조하였으며 이 때 각 원료의 중량비(%)는 김 0.9%, 단무지 9.4%, 햄 5.4%, 계란 8.7%, 오이 5.9%, 밥 69.6% 내외였다. 제조된 김밥 1줄은 189±12 g이었고 절단 이후 김밥 1개는 23.4±2.8 g이었다. 김밥은 시판제품 형태로 일회용 스티로폼 도시락 용기에 약 370 g 분량으로 포장하여 실험에 사용하였다. 미생물 분리를 위한 배지는 Difco(Detroit, Michigan, USA) 제품을 사용하였다.

감마선 조사

감마선 조사를 위한 김밥 시료는 도시락 포장된 제품을 각 조사선량에 따라 2개씩 준비하였다. 시료의 감마선 조사는 한국원자력연구소의 선원 100,000 Ci, Co-60 감마선 조사시설(AECL, IR-79, Canada)을 이용하여 15°C의 실온에서 분당 70 Gy의 선량율로 각각 1, 2, 3 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter를 사용하였고 총 흡수선량의 오차는 ±5% 이내로 하였다. 감마선 조사된 시료는 비조사 대조군과 함께 15°C에서 36시간 동안 보존하면서 6시간 간격으로 분석하였다.

미생물 검사

미생물 검사는 김밥 제조과정의 2차 오염이 진행되지 않은 각 재료와 감마선 조사 전후 및 보존기간에 따른 김밥의 일반 호기성세균과 대장균군의 분포를 측정하였다. 아울러 제조된 김밥의 각 부위별 오염 미생물의 생장을 비교하기 위하여 김밥을 김, 밥, 햄, 계란, 단무지, 오이로 분리하여 미생물 검사를 실시하였다. 미생물 분석시료는 검체 10 g당 멸균수 90 mL의 비율로 혼합하여 mixer(Hanil, FM 680T, Korea)에 60초간 마쇄한 다음 이를 멸균된 flask에 옮겨 4°C에서 30분간 교반하여 제조하였다. 이 때 양끝 2 cm 길이의 김밥은 각 원료의 구성성분이 불균일하여 시험시료에서 제외하였다. 제조된 시험액을 연속 희석하여 한천배지에 1 mL씩 pour plating하고, 적정온도에서 2일간 배양하여 생성된 colony의 수를 colony counter(IPI Inc., Microcount 1008, USA) 또는 육안으로 계수하여 colony formation unit(CFU/g)으로 나타내었다. 이 때 대장균군은 EC agar(37°C)에서, 일반 호기성세균은 nutrient agar에서 검출된 colony를 계수하였다(17).

관능평가

김밥의 관능검사는 감마선 조사 직후 및 12시간 후에 0,

1, 2, 3 kGy의 조사선량으로 구분하여 실시하였다. 판능검사는 8명의 훈련된 panel을 대상으로 맛, 향기, 색상, 조직감에 대하여 5점 평점법(1 매우 싫다, 2 싫다, 3 보통이다, 4 좋다, 5 매우 좋다)으로 실시하였으며 결과는 ANOVA분석으로 처리한 후 Student-Newman-Keuls test(p<0.05)로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

김밥 원료 및 김밥의 미생물 오염도

김밥 제조 전 각 원료와 제조된 김밥의 미생물 분포를 Fig. 1에 나타내었다. 김밥 원료 중 미생물 오염도가 가장 큰 것은 김이었으며 생김의 일반호기성세균은 10⁶~10⁷ CFU/g, 대장균군은 10³ CFU/g의 분포를 보였다. 한편, 최근에는 판능향상 및 김의 미생물 오염도를 줄이기 위하여 구운 김의 사용이 늘어나고 있으나 구운 김에서도 일반호기성세균이 10⁶ CFU/g, 대장균군이 10² CFU/g의 분포를 나타내어 김을 굽는 과정이 생김의 미생물 제어에 큰 효과가 없음을 알 수 있었다. 단무지, 햄, 계란지단, 밥에서는 일반 호기성 세균만 10¹ CFU/g 이하로 검출되었을 뿐 대장균군은 검출되지 않아 원료상태에서는 이들 식품이 김밥의 미생물 오염원으로 작용하지 않음을 알 수 있었다. 오이는 외부의 미생물 유입이 제한된 상태에서의 박피 처리 이후에도 약 10³ CFU/g의 일반세균과 10¹ CFU/g의 대장균군이 검출되어 상당 부분 김밥의 위생미생물 오염원으로 작용할 수 있음을 보여주었다. 한편, 햄버거나 샌드위치 등에서도 채소류가 위생미생물 오염의 주요 요인이 될 수 있다고 보고되어(18,19) 김밥에서도 채소류의 전처리 과정이 위생품질 향상에 중요할 것으로 판단되었다. 김밥의 원료 구성비율(김 0.9%, 단무지 9.4%, 햄 5.4%, 계란 8.7%, 오이 5.9%, 밥 69.6%)에 근거하여 제조과정 중 외부의 미생물이 이염되지 않고 원료에서만 유입된다고 가정할 경우 일반세균은 약 10⁵ CFU/g, 대장균군은 약 10¹ CFU/g의

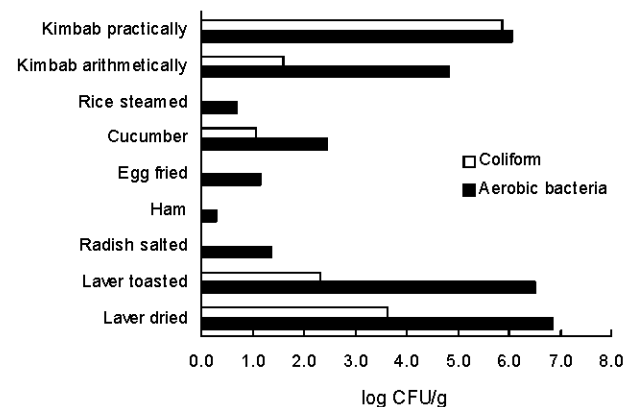


Fig. 1. Distribution of total aerobic and total coliform bacteria in raw materials of *Kimbab* and just prepared *Kimbab*. Hypothetical microbial density of *Kimbab* was total sum of CFU/g in each material proportionate to the *Kimbab* made.

분포를 나타내며 이 경우 미생물의 99% 이상은 김에서 유래하는 것으로 계산되었다. 그러나 실제 김밥 매장에서 즉시 제조된 김밥의 미생물은 일반세균과 대장균군 모두 약 10⁶ CFU/g의 분포를 보여 김밥에 분포하는 미생물의 대부분이 원료보다는 제조과정 중의 2차 오염에 의하여 환경으로부터 전이되는 것으로 판단되었다. 이는 HACCP 시스템에 준하여 김밥 제조과정에서의 미생물 오염을 살펴본 Kwak 등(1), Lee 등(2)의 연구결과와 일치하였다.

김밥 보존 중 부위별 미생물 분포

제조된 김밥을 15°C에 보존하면서 각 원료부위의 일반세균(Fig. 2)과 대장균군(Fig. 3)의 생장을 비교하였다. 일반세균(Fig. 2)의 경우 김은 초기의 수준을 유지하는 경향이었으나 밥과 계란에서는 원료상태에서 10¹ CFU/g 내외이던 것이(Fig. 1) 김밥제조 직후에는 10⁵ CFU/g으로, 그리고 보존 12시간 이후에는 10⁷ CFU/g 수준으로 증가하였다. 오이와 단무지는 보존기간 중 최대 10⁴ CFU/g의 생장을 나타내어 밥, 계란, 햄 등에 비하여 낮은 생장율을 나타내었다. 대장균군(Fig. 3)은 계란과 햄에서의 오염도가 가장 높았다. 계란과 햄은 원료상태에서는 대장균군이 검출되지 않았으나(Fig.

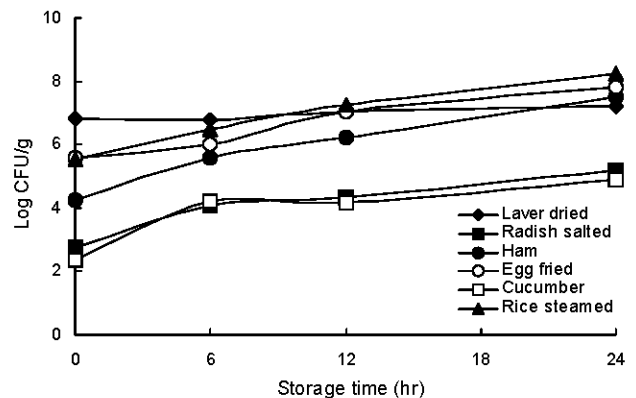


Fig. 2. Regional growth of total aerobic bacteria in *Kimbab* during storage at 15°C for 24 hrs.

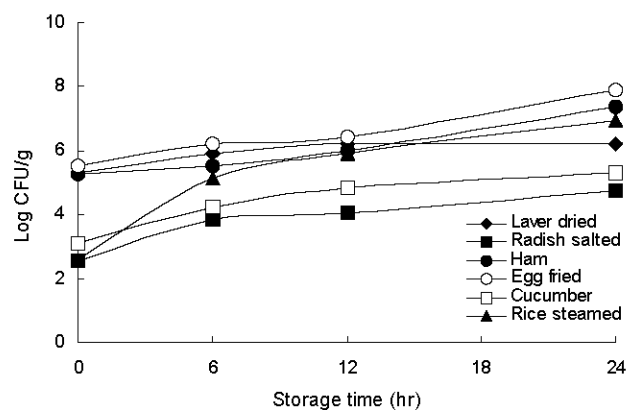


Fig. 3. Regional growth of coliform bacteria in *Kimbab* during storage at 15°C for 24 hrs.

1) 김밥제조 후 10^5 CFU/g의 밀도를 나타내었으며 보존 12 시간 후에는 10^6 CFU/g까지 성장하였다. 밥은 계란과 햄에 비하여 상대적으로 대장균군의 생장이 1~2 log cycle 정도 낮았고 단무지와 오이는 최대 10^4 CFU/g의 성장을 나타내었다. 이상과 같은 결과로 보아 김밥의 미생물 오염은 각 원료의 가공과 김밥제조과정에서 이미 10^5 CFU/g 내외로 진행됨을 알 수 있었으며 김밥 보존 중의 일반세균 생장은 밥과 계란에서, 그리고 대장균군의 생장은 동물성 식품인 계란과 햄에서 현저하게 진행됨을 확인하였다. 따라서 김밥의 보존성 및 위생성의 향상을 위해서는 김밥제조 이후 유통과정의 품질관리보다는 생산과정에서의 품질관리가 보다 중요하며 특히 동물성원료인 계란지단과 햄의 미생물 제어가 중요한 것으로 판단된다.

감마선 조사 김밥의 미생물 변화

감마선 조사에 의한 김밥의 일반세균과 대장균군의 살균 및 보존 중의 미생물 변화를 Fig. 4와 Fig. 5에 각각 표시하였다. 일반세균은 대조구에서 10^6 CFU/g의 밀도로 분포하였으며 1~3 kGy의 감마선 조사에 의하여 10^4 CFU/g 수준으로 감소하였다(Fig. 4). 그러나 각각 1, 2, 3 kGy를 조사한 김밥의 일반세균의 사멸율에는 차이가 나타나지 않았는데 이러한 결과는 김에 분포하는 방사선 저항성 미생물이 3 kGy 수준의 감마선 조사에 의해서 거의 영향을 받지 않기 때문인 것으로 생각되어진다. 즉, 김밥제조과정에서 외부로부터 유입된 일반세균은 1~3 kGy의 감마선 조사에 의하여 대부분 사멸되거나 원료 김에 분포하는 방사선저항성 세균은 이 선량에서 사멸되지 않기 때문이다. Ahn 등(12)은 김의 주 오염 미생물인 *Micrococcus roseus* sp.의 D 값이 11.27 kGy이며 10 kGy의 감마선 조사에 의해서도 1 log cycle 수준의 사멸율을 나타내고 5 kGy 이내의 선량에서는 거의 영향을 받지 않는다고 보고한 바 있다. 김밥의 보존 중 일반세균은 대조구에서는 보존 12시간 후 10^8 CFU/g 수준으로 증식하였으며 1 kGy 조사구는 12시간 이후에는 10^5 CFU/g 수준을, 24시간 이후에는 10^6 CFU/g 수준을 유지하였다. 한편 2~3 kGy 조사구는 감마선 조사 직후에는 1 kGy 조사구와 차이가 없었으나 보존 기간의 경과에 따라 점차 감소하여 24시간 이후에는 10^4 CFU/g 이하의 일반세균 분포를 보였다. 이는 방사선 조사된 미생물이 시간이 경과함에 따라 환경에 적응하지 못하여 점차 사멸되는 post irradiation effect(20,21)에 의한 것으로 해석된다. 대장균군은 대조구에서 $10^5 \sim 10^6$ CFU/g의 밀도로 분포하였으나 1 kGy의 감마선 조사에 의하여 10^3 CFU/g 수준으로, 2 kGy에서는 10^1 CFU/g 수준으로 감소하였으며 3 kGy 조사구에서는 검출되지 않았다(Fig. 5). 대장균군의 방사선 감수성은 이미 보고된 enterobacterial group 미생물의 감수성과 유사하였다(22,23). 김밥의 보존 중 대장균군은 대조구에서는 보존 12시간 후 10^7 CFU/g 수준으로 증식하였으며 1 kGy 조사구는 12시간 이후에는 24시간 이후에도 10^4 CFU/g 수준을 유지하였다. 한편 2~3 kGy 조사구는 보존 기간의 경과에

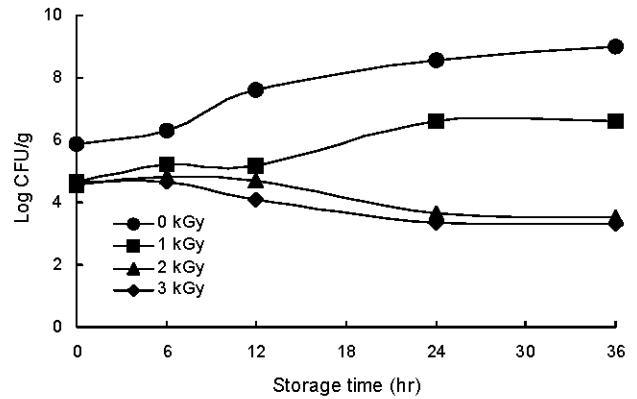


Fig. 4. Growth of total aerobic bacteria in gamma irradiated Kimbab during storage at 15°C for 36 hrs.

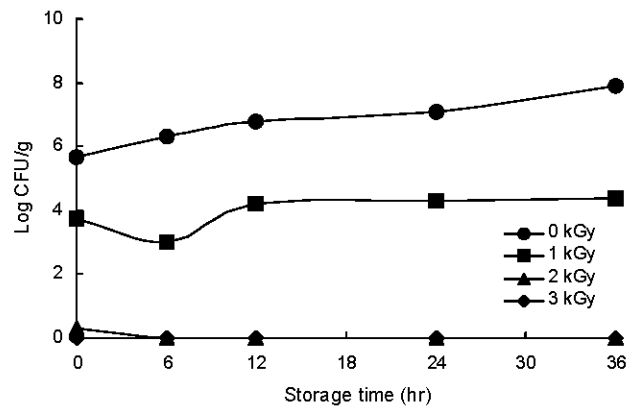


Fig. 5. Growth of coliform bacteria in gamma irradiated Kimbab during storage at 15°C for 24 hrs.

도 대장균군이 검출되지 않았다. 이상의 결과로 보아 2 kGy의 감마선 조사를 통하여 김밥의 보존 중 일반세균의 성장을 유의적으로 억제하고 대장균군은 완전사멸 수준으로 제어할 수 있어 김밥의 보존성과 위생성 향상에 유효할 것으로 판단되었다.

감마선 조사 김밥의 관능평가

감마선 조사 직후 및 보존 12시간째의 김밥에 대하여 색, 향, 맛, 조직감과 종합적 선호도를 조사하였다(Table 1). 감마선 조사 직후의 시료에서는 비조사구 및 1 kGy 감마선 조사구가 2, 3 kGy 조사구에 비하여 향과 맛에 대한 선호도가 유의적으로 높았다. 그러나 색과 조직감에서는 유의적인 차이가 없었다. 보존 12시간 경과 후의 김밥은 모든 평가항목에서 1 kGy 및 2 kGy 감마선 조사 시료의 평점이 높았으며 비조사구가 가장 낮았다. 한편, 2 kGy와 3 kGy 감마선 조사 시료는 보존 24시간 이후에도 비교적 안정적인 관능특성을 유지하였고(data not shown) 비조사구와 1 kGy 조사구는 부패소견을 보였다. 따라서 감마선 조사는 김밥의 미생물 관능의 보존성 및 위생성 향상뿐만 아니라 관능품질을 유지, 향상시키는 데도 유용한 방법이 될 것으로 보이며 관능적 품질유지는 15

Table 1. Sensory evaluation of Kimbab, just after gamma irradiation and after storage at 15°C for 12 hours

Sample	Sensory evaluations					Overall acceptance
	Color	Flavor	Taste	Texture		
After irradiation						
Radiation dose (kGy)	0	3.88	4.00 ^{al)}	4.13 ^a	4.00	4.13 ^a
	1	3.75	3.88 ^a	4.00 ^a	4.00	4.00 ^a
	2	3.88	3.38 ^b	3.50 ^b	3.88	3.50 ^b
	3	3.75	2.88 ^c	2.75 ^c	3.75	2.75 ^c
After storage for 12 hrs						
Radiation dose (kGy)	0	3.50 ^a	2.88 ^c	2.38 ^c	3.25 ^b	2.50 ^c
	1	3.63 ^a	3.50 ^b	3.63 ^a	3.50 ^{ab}	3.63 ^a
	2	3.50 ^a	3.88 ^a	3.75 ^a	3.88 ^a	3.88 ^a
	3	3.13 ^b	3.00 ^c	2.88 ^b	3.13 ^b	3.13 ^b

¹⁾Values within a column with different superscripts are significantly different at p<0.05.

°C의 조건에서 2 kGy 조사 후 24시간이 적정한 것으로 평가되었다.

요 약

김밥 원료 및 김밥 보존 중의 일반 호기성세균과 대장균군의 분포를 측정하고 감마선 조사에 의한 김밥의 위생성 및 보존성 개선 가능성을 살펴보았다. 김밥 원료 중 미생물 오염이 가장 큰 것은 김이었으며 비가열 채소인 오이의 오염가능성도 높았으나 실제로 김밥에 오염된 미생물의 대부분은 제조과정에서 환경으로부터 유입되었다. 김밥의 보존 중 일반세균의 생장은 밥과 계란에서 가장 높았으며 대장균군의 생장은 동물성 원료인 계란과 햄에서 현저하였다. 김밥의 감마선 조사에서 일반세균은 2 kGy 이상의 선량에서 2~4 log cycle 수준으로 감소하였으며 대장균군은 2 kGy 이상의 선량에서 대부분 사멸되었다. 감마선 조사선량에 따른 김밥의 관능평가 결과 3 kGy 조사구는 대조구에 비하여 관능적인 선호도가 현저히 낮았으며 2 kGy 조사구는 감마선 조사 직후 대조구에 비하여 다소 선호도가 낮았으나 15°C에서 24시간 보존 후에도 안정적인 관능특성을 나타내었다. 따라서 김밥의 위생성 및 보존성 개선을 위하여 2 kGy의 감마선 조사가 적정 수준인 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업에 의하여 수행되었으며 그 지원에 감사 드립니다.

문 헌

1. Kwak TK, Kim SH, Park SJ, Cho YS, Choi EH. 1996. The improvement of the sanitary production and distribution practices for packaged meals (Kimbab) marketed in conve-

nience stores using hazard analysis critical control point (HACCP) system. *J Fd Hyg Safety* 11: 177 187.

2. Lee HS, Ryu SY. 1998. The seasonal microbiological quality assessment of Kimbab (seaweed roll) production flow in food service facilities for Univ. students. *Korean J Soc Food Sci* 14: 367 374.

3. Kang YS, Yoon SK, Jwa SH, Lee DH, Woo GJ, Park YS, Kim CM. 2002. Prevalence of *Staphylococcus aureus* in Kimbab. *J Fd Hyg Safety* 17: 31 35.

4. Zhou Z, Robards K, Helliwell S, Blanchard C. 2003. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. *Food Research International* 36: 625 634.

5. Finlay WJJ, Logan NA, Sutherland AD. 2002. *Bacillus cereus* emetic toxin production in cooked rice. *Food Microbiology* 19: 431 439.

6. Jang KI, Park JH, Kim KY. 1999. Studies on *Salmonella enteritidis* contamination in chicken egg using confocal scanning laser microscopy. *Korean J Food Sci Technol* 31: 771 777.

7. Kim JW, Kim HC, Hur JW. 1998. Quality changes of egg products during storage. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1480 1483.

8. Lee YW, Kim JG. 1997. A study on the shelf life of hams and sausages in refrigerated storage. *J Fd Hyg Safety* 12: 26 38.

9. Kim BK, Hong KP, Park JY. 1998. Improvement in storage stability of *Danmooji* (salted radish) by high hydrostatic pressure and heat treatment. *Korean J Food Sci Technol* 30: 132 138.

10. Ray B. 2001. *Fundamental food microbiology*. 2nd ed. CRC Press, New York. p 35 53.

11. Nguyen C, Carlin F. 1994. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 34: 371 401.

12. Ahn HJ, Yook HS, Kim DH, Kim S, Byun MW. 2001. Identification of radiation resistant bacterium isolated from dried laver (*Porphyra tenera*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 193 195.

13. FAO/IAEA/WHO Study Group. 1999. High dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. In *WHO technical report series* 890. World Health Organization, Geneva. p 49 77.

14. Byun MW. 1997. Application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Science and Industry* 30: 89 100.

15. Grant IR, Patterson MF. 1992. Sensitivity of foodborne pathogens to irradiation in the components of a chilled ready meal. *Food Microbiology* 9: 95 103

16. Foley DM, Reher E, Caporaso F, Trimboli S, Musherraf Z, Prakash A. 2001. Elimination of *Listeria monocytogenes* and changes in physical and sensory qualities of a prepared meal following gamma irradiation. *Food Microbiology* 18: 193 204.

17. Difco Laboratories. 1984. *Difco manual*. 10th ed. Detroit, Michigan, USA.

18. Robertson LJ, Johannessen GS, Gjerde BK, Loncarevic S. 2002. Microbiological analysis of seed sprouts in Norway. *International Journal of Food Microbiology* 75: 119 126.

19. Fang TJ, Wei QK, Liao CW, Hung MJ, Wang TH. 2003. Microbiological quality of 18°C ready to eat food products sold in Taiwan. *International Journal of Food Microbiology* 80: 241 250

20. Ma K, Maxcy RB. 1981. Factors influencing radiation resistance of vegetative bacteria and spores associated with radappertization of meat. *J Food Sci* 46: 612 616.

21. Kim DH, Jo C, Yook HS, Park BJ, Byun MW. 2002. Enhancement of preservation characteristics of *Meju*, an intermediate material for Korean legume based fermented soy sauce, *Kanjang*, by irradiation. *Radiation Physics and Chemistry* 64: 317-322.
22. Niemira BA, Sommers CH, Boyd G. 2001. Irradiation inactivation of four *Salmonella* serotypes in orange juices with various turbidities. *Journal of Food Protection* 64: 614-617.
23. Thayer DW. 1995. Use of irradiation to kill enteric pathogens on meat and poultry. *J Food Safety* 15: 81-192.

(2003년 5월 17일 접수; 2003년 9월 4일 채택)