

김밥의 미생물 오염원 예측 및 미생물학적 안전성 개선을 위한 감마선 조사 효과

이나영 · 조철훈 · 정헌중¹ · 강호진 · 김재경 · 김현주 · 변명우*

한국원자력연구소 방사선식품 · 생명공학연구팀
¹전국대학교 충주병원 소아과학교실

The Prediction of the Origin of Microbial Contamination in Kimbab and Improvement of Microbiological Safety by Gamma Irradiation

Na Young Lee, Cheorun Jo, Hun Jong Chung¹, Ho Jin Kang, Jae Kyung Kim, Hyun Ju Kim, and Myung Woo Byun*

Radiation Food Science and Biotechnology Team, Korea Atomic Energy Research Institute
¹Pediatrics, Konkuk University Hospital, Chungju, 380-704, Korea

Microbial contamination origin of *Kimbab* was determined using nine types of ready-to-use ingredients, three each from animal, seafood, and vegetable sources. Effect of radiation on microbiological safety was also investigated. Total aerobic bacteria were not detected in seasoned beef, ham, and seasoned burdock, whereas 3.50, 5.41, 8.83, and 5.07 log CFU/g were detected in surimi gel, seasoned and blanched spinach, dried laver, and cucumber, respectively. Total aerobic bacterial and mold numbers were 8.73 and 5.08 log CFU/g in prepared *Kimbab*. Gamma irradiation reduced level of contaminated aerobic bacteria and mold population in *Kimbab* and its ingredients. Salmonella mutagenicity assay (Ames test) showed *Kimbab* ingredients irradiated at 10 kGy did not show any mutagenicity. These results indicate ready-to-use *kimbab* ingredients were mostly responsible for total aerobic bacteria and mold population of *Kimbab*, and low dose irradiation and low temperature storage (10°C) effectively ensured microbiological safety of *Kimbab* and ready-to-use ingredients.

Key words: *Kimbab*, ready-to-eat, microbiological safety, irradiation, mutagenicity

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 복합조리 식품으로 분류되고 있다. 김밥은 주로 가정에서 도시락 용도로 많이 사용되어 왔으나 최근에는 편의점의 발달 및 프랜차이즈 사업의 확대와 더불어 외식산업 및 매장에서 상품화된 식품으로 유통 및 소비가 급증하고 있는 추세이다(1). 그러나 김밥 제조시 필요한 재료들은 수분활성이 높고 미생물의 증식이 용이한 원료로 구성되어 있어 보존이 어려운 문제점이 있으며, 김을 포함해 김밥에 들어가는 찬류에서 오는 미생물 오염 뿐만 아니라 작업환경, 작업자의 위생상태, 제조과정 및 포장 등으로 인한 2차 오염으로 인한 미생물학적 안전성, 보존성의 제한

및 위생적 위험도를 가중시키는 요인이 되는 것으로 평가되고 있다(2). 특히 김밥제조 시 필요한 재료 중 마른 김의 경우 해수, 공기 및 제조과정 중의 2차 오염 등에 의하여 10⁶ CFU/g 내외의 미생물이 분포하는데 이는 김을 굽는 과정에서도 사멸되지 않아 위생상 문제가 되고 있으며, 신선채소류 중 시금치 및 오이는 영양성분이 적어 그 자체로는 미생물의 생장이 제한되지만 토양에서 유래한 미생물의 오염원으로 다른 식품에 교차오염을 유발할 위험성이 큰 것으로 알려져 있다(3-5).

우리나라의 식중독 발생건수는 2002-2003년에 213건으로 발생 환자수는 10,889명에 이르며(6), 미국의 경우 연간 발생건수는 약 650-3,300만 명으로 이중 9,000여명이 사망하고 이에 따른 경제적 손실은 직접비용만도 29-67억 달러이며 부가적인 경제손실 비용은 197-349억 달러에 이른다고 알려져 있다(7). 실제로 2000년도 국내 식중독 발생 통계에 따르면 김밥을 포함한 복합조리식품이 전체 식중독 발생요인의 24.0%를 차지하여 육류(27.9%), 어패류 및 그 가공품(26.0%)이 다음으로 높은 비중을 차지하고 있다(8). Kang 등(9)은 김밥의 세균 오염에 대한 원인 규명을 위한 연구에서 김밥내 대장균군은 1.90×10⁵ CFU/g이 검출되었고 황색포도상구균의 검출율은 34.1%에 달하였으며, 평균 균수는 6.2×10² CFU/g이었다고 보고하였다. 또

*Corresponding author: Myung Woo Byun, Radiation Food Science and Biotechnology Team, Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-353, Korea
Tel: 82-42-868-8060
Fax: 82-42-868-8043
E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr

한, 김밥에서 세균수가 10^7 - 10^8 /g일 경우에는 이것이 원인이 되어 다른 식품과 복합적인 작용 혹은 면역기능이 약화된 상태에 있는 사람일 경우에는 비록 병원성이 없는 세균이라 할지라도 식중독을 일으킬 가능성은 얼마든지 있을 수 있다고 보고하였다(9).

방사선 조사기술은 현재 국제기구(FAO/IAEA/WHO)와 선진 여러 나라에서 그 건전성과 경제성이 공인되어 현재 52개국에서 230여종의 식품에 대하여 식품 방사선 조사를 허가하고 있다(10). 우리나라도 1987, 1988, 1991 및 1995년에 4차례에 걸쳐 총 18개 품목의 식품조사가 허가되었으며 기존품목을 확대하여 복합조식식품류를 비롯한 7개 품목이 2004년 5월 추가로 허가되었다(11). 또한, 적절한 선량의 방사선 조사는 식품의 물리, 화학적 및 관능적 특성에 큰 영향을 주지 않고 식품에서 유래하는 식품기인성 미생물로부터의 위험을 상당히 줄일 수 있는 유익한 식품 위생화 방법이다(12). 특히, 감마선 조사기술은 완전 포장 후 살균이 가능하고 잔류독성이 전혀 없으며 식품 고유의 풍미와 생화학적 품질을 유지하면서도 미생물에 대하여 강력한 살균효과를 나타내는 특성을 가지므로 미생물의 오염 가능성이 큰 즉석조리식품(ready-to-eat food)이나 최소가공식품(minimally processed food)의 미생물 안전성 및 위생성의 향상에도 좋은 효과를 보일 것으로 예상된다.

본 실험에서는 우리나라 즉석식품의 대표적인 김밥의 미생물학적 안전성, 보존성 및 위생성 향상을 위한 연구의 일환으로 김밥재료 중 수산식품(맛살, 어묵 및 김), 축산식품(복은 쇠고기, 달걀지단 및 햄) 및 농산식품(무친우유, 무친시금치 및 오이)군에 대한 김밥재료 및 제조된 김밥을 저장온도 및 저장기간에 따른 미생물검사를 통하여 김밥원료의 미생물 분포도를 검사하였으며 이를 통해 제조된 김밥의 미생물 오염원을 예측하였고, 감마선 조사를 통해 김밥원료 및 김밥의 미생물 및 유전독성학적 안전성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료 및 포장

김밥재료로 사용된 맛살, 어묵, 김, 복은 쇠고기, 계란지단, 햄, 무친 우유, 오이 무친 시금치 및 김밥은 시중에서 구입하여 실험에 사용하였다. 김밥재료로 사용된 9종 재료는 위생적인 상태에서 처리하였다. 오이는 구입한 후 흐르는 물에서 2회 수세하여 사용하였고, 계란지단은 150°C 의 팬에서 약 5 mm 두께로 3분간 양면 가열하여 제조하였으며, 같은 쇠고기는 150°C 의 팬에서 약 4분간 가열하였고, 무친 시금치는 시금치 200 g을 끓는 물에 1분정도 데친 후 간장 20 mL, 파 12 g, 마늘 5 g, 소금 1 g 및 참기름 0.5 mL을 소량 넣고 버무린 후 실험에 사용하였다. 맛살, 어묵, 김, 햄 및 무친 우유는 구입한 그대로 사용하였으며 김밥재료는 약 5×5 mm 두께로 절단하여 실험에 사용하였다. 김밥은 김밥전문점에서 즉석으로 제조된 김밥을 구입하여 실험에 사용하였으며 김밥안에 들어있는 재료로는 김을 포함해 맛살, 햄, 우유, 단무지, 계란지단, 오이의 구성으로 제조되었다. 미생물 분석을 위한 김밥 및 김밥재료는 각각 멸균된 polyethylene bag($2 \text{ mL O}_2/\text{m}^2/24 \text{ h at } 0^\circ\text{C}$; $20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$; Sunkyung Co. Ltd, Seoul, Korea)에 넣은 다음 포장한 후 감마선 조사를 실시하였다.

방사선 조사

방사선 조사는 한국원자력연구소(Daejeon, Korea) 내 선원 10

만 Ci, Co-60 감마선 조사시설(point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 실온($14 \pm 1^\circ\text{C}$)에서 시간당 10 kGy의 선량율로 각각 1, 2 및 3 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 유전독성학적 안전성 측정용 시료는 이보다 높은 선량인 10 kGy로 조사하여 시험하였다. 흡수선량의 확인은 alanine dosimeter(지름 5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다. 조사된 김밥 재료 및 김밥은 10, 20 및 30°C 에서 24시간동안 저장하면서 저장기간에 따른 미생물학적 안전성을 조사하였다.

미생물 분석

감마선 조사 후 저장온도 및 저장기간에 따른 김밥 재료 및 김밥의 미생물 검사는 총균수 및 곰팡이수를 측정하였다. 즉, 시료 10 g에 멸균된 식염수(0.85%, NaCl) 90 mL를 첨가하여 Bag mixer®(Model 400, Interscience, France)를 사용하여 120초 동안 혼합한 후 10진 희석법으로 희석한 희석액을 각각의 배지에 도말하였다. 미생물의 증식은 표준천배양방법으로 37°C 에서 세균은 48시간, 곰팡이는 72시간 배양한 후 계수하였다. 김밥재료 및 김밥의 미생물 분석을 위해 사용한 배지는 총균수의 경우 Total plate count agar(Difco Laboratories, Sparks, MD, USA)를 사용하였으며, 곰팡이 검출을 위한 배지는 멸균된 10% tartaric acid를 멸균된 potato dextrose agar(Difco Laboratories, Sparks, MD, USA)에 첨가하여 pH 3.6이 되도록 조절 한 후 실험에 사용하였다.

Salmonella typhimurium을 이용한 복귀 돌연변이 시험(Ames test)

시료의 제조: 시료 100 g과 에탄올 900 mL를 2 L 비이커에 넣고 4시간 실온에서 추출한 후 새로운 에탄올 900 mL를 가지고 이 추출 과정을 한 번 더 반복하였다. 준비된 에탄올 추출물은 vacuum evaporator(EYELA N-11, Tokyo Nikakikai Co., LTD, Japan)를 이용하여 남은 에탄올이 없을 때까지 증류시킨 후 동결건조하였다. 동결건조된 시료는 분쇄 후 -70°C 의 냉동고(SW-NF-300, Samwon Freezing Engineering Co., LTD, Korea)에서 보관하면서 시험에 사용하였다.

복귀 돌연변이 시험(Ames test): 복귀 돌연변이 시험은 Ames test(13,14)를 이용하여 측정하였다. 시험에 사용된 균주는 *Salmonella typhimurium* LT2를 친주로 하는 *S. typhimurium* TA98 및 TA100이었고, 이들 균주는 사용에 앞서 필요시 균주의 유전자형 확인을 위해 histidine 요구성 여부, UV에 대한 민감도 (*uvrB* 돌연변이), *rfa* 돌연변이의 유지여부 및 R-factor에 의한 ampicillin 또는 tetracycline 내성 등의 유전형질을 확인한 후 시험에 사용하였다.

본 실험에 사용된 균주는 Molecular Toxicology Inc.(Boone, NC, USA)에서 구입하여 형질을 확인한 후 한국화학연구소 안전성센터에서 계대 배양 중인 것을 시험에 사용하였다. 유전형질이 확인된 균주는 nutrient broth No. 2(Oxoid Ltd., Hampshire, England, UK)에 접종하여 37°C 에서 200 rpm으로 약 10시간 진탕배양(Vision Scientific Co., Korea)한 후 시험에 사용하였다.

간 균질액(S9 fraction)은 Maron 등(14)의 방법에 따라 조제한 것(단백질함량 22.5 mg/mL 함유, Oriental Yeast Co., Lot No. 00042101, Tokyo, Japan)을 사용하였다. 5% S9 mix는 상

기 S9 fraction과 시판 cofactor(Wako Co., Lot No. 999902, Tokyo, Japan)로 조제하였다. 처리농도는 0.5 mL/plate로 하였으며, S9 mix의 활성은 2-AA의 돌연변이 유발로 확인하였다.

양성 대조물질로 sodium azide(SA, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Inc., Steinheim, Germany)는 증류수에 용해하였으며, Sigma-Aldrich Chemie(Steinheim, Germany)사에서 구입 한 4-nitroquinoline-1-oxide(4-NQO) 및 2-aminoanthracene(2-AA)는 증류수 또는 dimethyl sulfoxide(DMSO, Aldrich Chemical Co., Milwaukee, USA)에 용해하여 각 시험균주의 특성에 맞추어 사용하였다.

복귀돌연변이 시험은 시험물질의 각 농도군 당 2개 plate를 사용하여 direct plate incorporation 방법으로 실시하였다. 즉, *S. typhimurium* 균주를 nutrient broth에 하룻밤 동안 배양하여 대수기(2×10^9 cells/mL) 상태에 이르도록 한 배양액 100 μ L, 시험물질의 멸균증류수 현탁액 100 μ L 및 S-9 mixture(또는 0.2 M Na-Phosphate buffer) 500 μ L를 혼합하여 histidine-biotin을 함유한 top agar 2.0 mL에 섞은 후 이를 minimal glucose agar 배지에 부어 고화시킨 다음 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 복귀돌연변이 집락수를 계수하였다. 음성대조군은 시험물질 대신 증류수 100 μ L를 첨가하였으며, 양성 대조군은 대사 활성계 미적용시 SA 및 4-NQO를, 대사활성계 적용시 2-AA를 각각 100 μ L씩 가하여 같은 방법으로 실시하였다. 시험결과는 각 농도군 당 각 plate로부터 얻은 colony수의 평균과 표준편차로 나타내었고 복귀돌연변이 colony수와 농도의존성을 보이면서 음성대조군의 2배 이상인 경우를 양성으로 하였다.

통계분석

실험결과의 통계처리는 SAS(statistical analysis system)통계 package(15)를 이용하여 평균 및 표준편차를 구하였다.

결과 및 고찰

김밥 재료별 미생물 분포 및 살균효과

김밥제조시 김을 포함하여 김밥에 들어가는 찬류를 수산식품, 축산식품 및 농산식품군으로 나누어 각 식품군별로 대표적

인 3종류의 재료를 선별해 총 9종류의 김밥재료에 대해 저장 온도 및 저장시간에 따른 총균수를 측정하였으며, 그 결과는 Table 1-7과 같다. 김밥 재료에 대한 총균수를 측정한 결과 볶은 쇠고기, 햄 및 무친 우영에서 세균은 검출되지 않았으며 저장 온도 및 저장기간에 따라서도 세균은 검출되지 않았다.

김밥재료 중 수산식품재료인 맛살, 어묵, 김의 총균수는 Table 1-3에 나타내었다. 맛살에서 세균은 검출되지 않았으나 20 및 30°C에서 24시간 저장했을 경우 각각 4 log정도 세균이 증식하였다. 그러나 1 kGy로 조사된 맛살은 20 및 30°C에서 24시간 저장하여도 세균은 검출되지 않았다(Table 1). 어묵에서 세균은 3.50 log CFU/g이 검출되었고, 20 및 30°C로 저장했을 경우 4-5 log정도 증식하였으나 2 kGy로 조사된 어묵에서 세균은 검출되지 않았다. Jo 등(16)은 시중에서 판매되는 맛살, 어묵 및 김에 *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium* 및 *Listeria ivanovii*를 집중하여 조사한 후 저장 온도 및 저장기간에 따른 미생물의 변화를 확인한 결과 2-3 kGy의 조

Table 2. Effect of gamma irradiation on microbial population in surimi gel during storage at different temperatures

Incubation temp. (°C)	Irradiation dose (kGy)	Viable cell counts (Log CFU/g)		
		0 hr	8 hr	24 hr
10	0	3.50 ± 0.14	5.57 ± 0.16	5.64 ± 0.07
	1	ND ¹⁾	ND	ND
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND
20	0	3.50 ± 0.14 ²⁾	5.15 ± 0.60	7.86 ± 0.71
	1	ND	ND	3.89 ± 0.81
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND
30	0	3.50 ± 0.14	5.42 ± 0.32	8.44 ± 0.11
	1	ND	ND	4.40 ± 0.12
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND

¹⁾Viable colony was not detected at detection limit <10² CFU/g.

²⁾Mean ± standard deviation (n=2).

Table 3. Effect of gamma irradiation on microbial population in dried laver during storage at different temperatures

Incubation temp. (°C)	Irradiation dose (kGy)	Viable cell counts (Log CFU/g)		
		0 hr	8 hr	24 hr
10	0	8.83 ± 0.10 ¹⁾	8.80 ± 0.06	8.83 ± 0.09
	1	7.60 ± 0.51	7.63 ± 0.48	7.60 ± 0.51
	2	7.48 ± 0.19	7.48 ± 0.19	7.98 ± 0.52
	3	7.14 ± 0.23	7.14 ± 0.23	7.14 ± 0.23
20	0	8.83 ± 0.10	8.66 ± 0.03	8.42 ± 0.62
	1	7.60 ± 0.51	7.85 ± 0.35	7.45 ± 0.71
	2	7.48 ± 0.19	7.77 ± 0.79	6.66 ± 0.08
	3	7.14 ± 0.23	7.26 ± 0.64	6.54 ± 0.09
30	0	8.83 ± 0.10	8.57 ± 0.10	8.49 ± 0.72
	1	7.60 ± 0.51	7.87 ± 0.38	8.21 ± 0.36
	2	7.48 ± 0.19	7.80 ± 0.83	7.81 ± 0.09
	3	7.14 ± 0.23	7.29 ± 0.60	6.73 ± 0.17

¹⁾Mean ± standard deviation (n=2).

Table 1. Effect of gamma irradiation on microbial population in imitation crab leg during storage at different temperatures

Incubation temp. (°C)	Irradiation dose (kGy)	Viable cell counts (Log CFU/g)		
		0 hr	8 hr	24 hr
10	0	ND ¹⁾	ND	ND
	1	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND
20	0	ND	ND	4.58 ± 0.14 ²⁾
	1	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND
30	0	ND	ND	4.67 ± 0.02
	1	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND

¹⁾Viable colony was not detected at detection limit <10² CFU/g.

²⁾Mean ± standard deviation (n=2).

Table 4. Effect of gamma irradiation on microbial population in fried egg during storage at different temperatures

Incubation temp. (°C)	Irradiation dose (kGy)	Viable cell counts (Log CFU/g)		
		0 hr	8 hr	24 hr
10	0	ND ¹⁾	ND	ND
	1	ND	ND	ND
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND
20	0	ND	ND	5.56 ± 0.17 ²⁾
	1	ND	ND	3.15 ± 0.11
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND
30	0	ND	ND	5.67 ± 0.13
	1	ND	ND	3.25 ± 0.03
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND

¹⁾Viable colony was not detected at detection limit <10² CFU/g.

²⁾Mean ± standard deviation (n=2).

사선량으로 조사했을 경우 병원균의 사멸을 확인하였으며 저장기간 및 저장온도에 따라 균의 증식이 확인되었다고 보고하였다. 김밥재료 중 미생물 오염이 가장 많을 거라고 예상했던 김의 경우 초기에는 8.83 log CFU/g이 검출되어 김밥재료 중 세균에 대한 오염도가 가장 높은 것으로 나타났다(Table 3). 김에 감마선 조사를 실시한 결과 세균은 1-2 log 감소되었으며 조사선량에 따른 유의할만한 차이는 없었다. Ahn 등(5)은 김의 주 오염 미생물인 *Micrococcus* spp.는 방사선 내성 균주로서 D 값이 11.27 kGy이며 10 kGy의 감마선 조사에 의해서도 1 log 수준의 사멸을 나타내었고 5 kGy 이내의 선량에서도 거의 영향을 받지 않는다고 보고하였다. 본 실험결과에서도 김에 조사선량을 증가시켜도 균수의 감소에는 큰 차이가 없었는데 이는 김에 존재하는 방사선 내성 균주에 의한 영향이라고 사료된다.

김밥원료 중 축산식품균인 붉은 쇠고기, 계란지단 및 햄 중에서 계란지단에서만 세균이 검출되었으며 그 결과는 Table 4와 같다. 계란지단의 경우는 계란지단 자체에서는 세균이 검출되지 않았으나 20 및 30°C에서 24시간 저장했을 경우 5 log 정도의 세균이 증식하는 것으로 나타났다. 계란지단을 1 kGy로 조사하여 20 및 30°C에서 24시간동안 저장했을 경우 3 log의 균 증식이 확인되었으며, 2 kGy로 조사된 계란지단에서 세균은 검출되지 않았다. Lee 등(17)은 진공 포장된 햄을 10°C에서 50일간 저장했을 경우 30 CFU/g을 넘지 않았으며 미생물학적으로 안전한 것으로 보고하였다. 또한, Jo 등(18)은 즉석식품제조를 위한 축산식품의 감마선 조사에 의한 식품매개 미생물 제어에 관한 연구에서 붉은 쇠고기, 계란지단 및 햄에 접종된 *S. aureus*, *E. coli*, *S. Typhimurium* 및 *L. ivanovii*는 3 kGy로 조사했을 경우 세균은 검출되지 않았고, 이들 균주에 대한 방사선 감수성은 0.24-0.48로 나타났다고 보고하였으며, Kim 등(19)은 계란말이의 초기 미생물 수는 1 log CFU/g 이하였으나 저장기간에 따라 균수가 증가하였다고 보고하였다.

김밥원료 중 농산식품균인 무친우영, 무친 시금치 및 오이 중에서 무친 시금치 및 오이에서만 세균이 검출되었다. 무친시금치의 경우 초기에 5.41 log CFU/g의 세균이 검출되었으며, 20 및 30°C에서 8시간 저장했을 경우 6-7 log CFU/g 수준으로 세균이 증식하였다. 그러나 2 kGy로 조사된 무친 시금치의 경우

Table 5. Effect of gamma irradiation on microbial population in seasoned and blanched spinach during storage at different temperatures

Incubation temp. (°C)	Irradiation dose (kGy)	Viable cell counts (Log CFU/g)		
		0 hr	8 hr	24 hr
10	0	5.41 ± 0.51	5.35 ± 0.44	5.43 ± 0.49
	1	ND ¹⁾	ND	ND
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND
20	0	5.41 ± 0.51 ²⁾	6.82 ± 0.19	8.71 ± 0.11
	1	ND	2.50 ± 0.71	6.72 ± 0.09
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND
30	0	5.41 ± 0.51	6.88 ± 0.28	8.75 ± 0.05
	1	ND	3.25 ± 0.36	7.21 ± 0.78
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND

¹⁾Viable colony was not detected at detection limit <10² CFU/g.

²⁾Mean ± standard deviation (n=2).

Table 6. Effect of gamma irradiation on microbial population in cucumber during storage at different temperatures

Incubation temp. (°C)	Irradiation dose (kGy)	Viable cell counts (Log CFU/g)		
		0 hr	8 hr	24 hr
10	0	5.07 ± 0.92	4.98 ± 0.80	5.10 ± 0.77
	1	ND ¹⁾	ND	ND
	2	ND	ND	ND
	3	ND	ND	ND
20	0	5.07 ± 0.92 ²⁾	4.82 ± 0.65	5.90 ± 0.03
	1	ND	ND	4.21 ± 0.24
	2	ND	ND	3.20 ± 0.17
	3	ND	ND	ND
30	0	5.07 ± 0.92	4.88 ± 0.57	5.95 ± 0.02
	1	ND	ND	4.54 ± 0.23
	2	ND	ND	3.48 ± 0.22
	3	ND	ND	RFND

¹⁾Viable colony was not detected at detection limit <10² CFU/g.

²⁾Mean ± standard deviation (n=2).

세균은 검출되지 않았다(Table 5). Kim 등(20)은 원료 시금치에는 2.2 × 10⁸ CFU/g의 세균이 분포한다고 보고하였으며 수세 후 데치기 등의 조리과정 후에도 초기 세균수가 급격히 줄어들지 않은 것으로 나타났다고 보고하였다. 오이의 경우 초기에 5.07 log CFU/g의 세균이 검출되었으며, 1 kGy로 조사된 오이를 20 및 30°C에서 24시간 동안 저장했을 경우 3-4 log정도 증식하였으나 3 kGy로 조사된 오이는 세균이 검출되지 않았다. 그러나 1 kGy로 조사된 오이를 10°C에서 저장했을 경우에 세균이 검출되지 않아 3 kGy로 조사된 오이와 같은 결과를 나타내었다. Shin 등(21)은 오이의 초기균수는 6 log CFU/g 정도를 나타내었다고 보고하였으며, Kwak 등(22)은 편의점 판매용 김밥 도시락의 유통기한 예측에서 저장 온도별 유통기한은 서로 상이했으며 이와 같은 결과는 원료의 생산 직후의 초기 품질상태 및 미생물학적 안전성에 따라 영향을 받는다고 보고하였다. 또한, Kang 등(9)은 김밥의 세균 오염의 원인 규명을 위한 연구

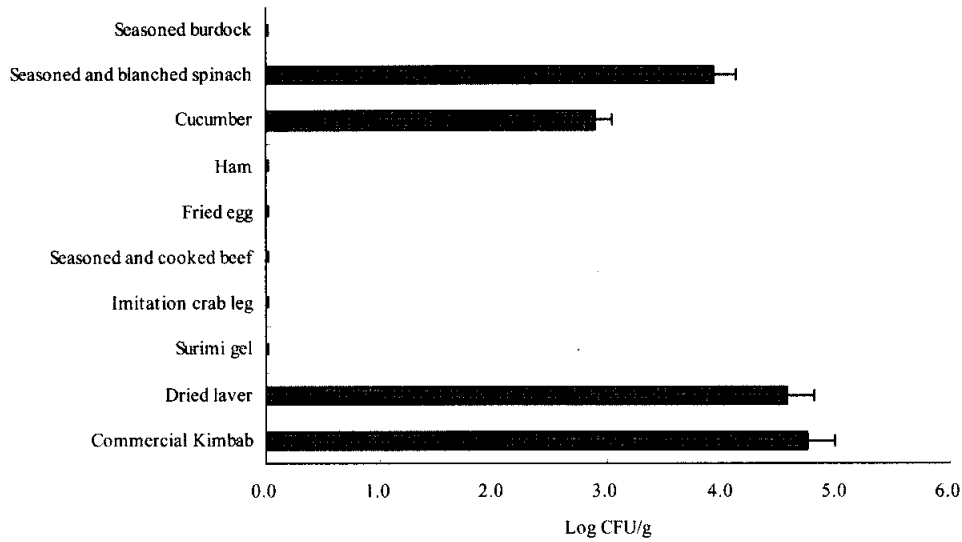


Fig. 1. Mold population in materials for Kimbab manufacturing and prepared Kimbab.

에서 김밥의 세균오염은 주로 김, 시금치 나물, 당근, 소시지 등에 의한 것이며 원료 김의 위생적인 제조와 더불어 야채나 물이나 소시지 등 부재료의 저온보관 등이 병행되어야 할 것이라고 보고하였다.

김밥제조시 필요한 재료 중 수산식품(맛살, 어묵 및 김), 축산식품(붉은 쇠고기, 달걀지단 및 햄) 및 농산식품(무친우엉, 무친시금치 및 오이)군 별로 총 9종류의 김밥재료에 대한 저장 온도 및 저장시간에 따른 곰팡이 분포를 확인한 결과는 Fig. 1 과 같다. 9종류의 김밥재료 중에서 무친 시금치, 오이, 김에서만 곰팡이가 검출되었으며 저장온도 및 저장기간에 따른 유의 할만한 차이는 없었다. 그러나 1 kGy로 조사했을 경우 무친 시금치, 오이 및 김에서 곰팡이는 검출되지 않았다.

위 결과를 종합해 볼 때 김밥재료 식품군중 축산식품군(붉은 쇠고기, 계란지단 및 햄)이 미생물학적으로 비교적 안전한 것으로 나타났으며 미생물 오염도가 높은 재료로는 농산식품군 중 시금치, 오이와 수산식품군 중 어묵과 김으로 나타났다.

김밥의 미생물 분포 및 살균특성

저장온도 및 저장기간에 따른 김밥의 총균수 및 곰팡이수를 측정 한 결과는 Table 7과 같다. 김밥의 초기 미생물 수는 8.73 log CFU/g으로 다량의 세균이 검출되었다. 김밥을 3 kGy로 조사했을 경우 5 log 정도의 세균수가 감소하였으며 김밥을 10°C에서 24시간 동안 저장하여도 세균의 증식은 확인되지 않았다. 그러나 3 kGy로 조사된 김밥을 30°C에서 24시간 저장했을 경우 조사선량에 관계없이 세균수가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 김밥내의 곰팡이 수는 5.08 log CFU/g이었으며 3 kGy로 조사했을 경우 2 log CFU/g정도 곰팡이가 감소하였다. 그러나 10°C에서 24시간 저장했을 경우 곰팡이수는 큰 변화를 나타내지 않은 반면 30°C에서 24시간 저장했을 경우 조사선량에 관계없이 곰팡이는 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같이 김밥 내 미생물은 저장온도 및 저장기간에 따라 그 수가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 김밥재료에 따른 미생물 변화와 비교해 볼 때 조리 및 제조과정 중 2차 교차오염이

Table 7. Effect of gamma irradiation on growth of total aerobic bacteria and total mold in Kimbab during storage at different temperatures

Storage temperature (°C)	Irradiation dose (kGy)	Total aerobic bacteria (Log CFU/g)			Total mold (Log CFU/g)		
		0 hr	8 hr	24 hr	0 hr	8 hr	24 hr
10	0	8.73 ± 0.05 ¹⁾	8.53 ± 0.05	8.37 ± 0.37	5.08 ± 0.25	5.43 ± 0.12	5.35 ± 0.07
	1	5.55 ± 0.11	5.50 ± 0.13	5.25 ± 0.58	4.27 ± 0.38	4.55 ± 0.32	4.09 ± 0.01
	2	4.33 ± 0.46	3.99 ± 0.08	4.58 ± 0.57	3.91 ± 0.02	3.21 ± 0.18	3.22 ± 0.23
	3	3.29 ± 0.59	3.21 ± 0.33	2.35 ± 0.07	3.20 ± 0.32	3.76 ± 0.07	3.33 ± 0.41
20	0	8.73 ± 0.05	8.86 ± 0.13	8.95 ± 0.17	5.08 ± 0.25	5.28 ± 0.09	5.17 ± 0.12
	1	5.55 ± 0.11	6.46 ± 0.21	7.04 ± 0.04	4.27 ± 0.38	4.07 ± 0.07	3.80 ± 0.46
	2	4.33 ± 0.46	5.41 ± 0.58	5.16 ± 0.36	3.91 ± 0.02	3.06 ± 0.51	3.68 ± 0.31
	3	3.29 ± 0.59	3.47 ± 0.30	3.54 ± 0.20	3.20 ± 0.32	3.53 ± 0.01	3.58 ± 0.12
30	0	8.73 ± 0.05	8.61 ± 0.30	8.46 ± 0.25	5.08 ± 0.25	5.19 ± 0.15	6.76 ± 0.22
	1	5.55 ± 0.11	6.01 ± 0.01	7.72 ± 0.06	4.27 ± 0.38	4.17 ± 0.11	6.49 ± 0.49
	2	4.33 ± 0.46	5.08 ± 0.20	7.41 ± 0.06	3.91 ± 0.02	3.61 ± 0.19	6.42 ± 0.06
	3	3.29 ± 0.59	3.90 ± 0.10	7.55 ± 0.53	3.20 ± 0.32	3.60 ± 0.20	6.51 ± 0.19

¹⁾Mean ± standard deviation (n=2).

Table 8. Ames test results of non-irradiated and irradiated materials for making Kimbab

Materials	Irradiation dose (kGy)	Concentration ($\mu\text{g}/\text{plate}$)	His+ revertant CFU/plate			
			TA98 (-S9)	TA98 (+S9)	TA100 (-S9)	TA100 (+S9)
Imitation crab leg	0	10,000	27 \pm 4.2 ¹⁾	28 \pm 10.6	186 \pm 1.4	205 \pm 4.9
		2,500	22 \pm 2.1	32 \pm 2.8	203 \pm 10.6	160 \pm 4.2
		625	21 \pm 5.7	29 \pm 2.1	168 \pm 8.5	186 \pm 14.8
	10	10,000	19 \pm 1.4	28 \pm 12.7	208 \pm 6.4	190 \pm 13.4
		2,500	18 \pm 1.4	28 \pm 1.4	173 \pm 0.7	184 \pm 12.7
		625	20 \pm 3.5	31 \pm 1.4	166 \pm 9.9	205 \pm 7.8
Surimi gel	0	10,000	24 \pm 4.2	29 \pm 0.7	268 \pm 8.5	261 \pm 8.5
		2,500	21 \pm 0.7	28 \pm 2.1	286 \pm 12.7	263 \pm 3.5
		625	28 \pm 7.8	31 \pm 7.1	263 \pm 17.7	255 \pm 12.0
	10	10,000	22 \pm 3.5	33 \pm 7.8	294 \pm 8.5	297 \pm 1.4
		2,500	18 \pm 8.5	31 \pm 8.5	248 \pm 14.8	284 \pm 2.1
		625	22 \pm 4.2	27 \pm 2.1	234 \pm 12.0	241 \pm 6.4
Dried laver	0	10,000	20 \pm 5.7	26 \pm 2.8	215 \pm 3.5	259 \pm 4.9
		2,500	17 \pm 3.5	26 \pm 5.7	223 \pm 1.4	248 \pm 7.8
		625	15 \pm 4.9	22 \pm 2.8	246 \pm 9.9	268 \pm 5.7
	10	10,000	21 \pm 0.1	30 \pm 3.5	209 \pm 8.5	275 \pm 9.9
		2,500	15 \pm 2.1	25 \pm 1.4	150 \pm 19.1	235 \pm 12.7
		625	15 \pm 2.8	27 \pm 1.4	174 \pm 10.6	267 \pm 18.4
Seasoned and cooked beef	0	10,000	25 \pm 3.5	38 \pm 2.8	285 \pm 7.1	233 \pm 14.1
		2,500	32 \pm 2.8	40 \pm 0.7	222 \pm 9.2	285 \pm 14.8
		625	20 \pm 7.1	34 \pm 2.1	205 \pm 12.7	231 \pm 7.1
	10	10,000	26 \pm 0.7	65 \pm 6.4	234 \pm 11.3	282 \pm 2.8
		2,500	25 \pm 1.4	43 \pm 6.4	208 \pm 0.7	258 \pm 11.3
		625	15 \pm 1.4	30 \pm 1.4	168 \pm 7.8	194 \pm 8.5
Fried egg	0	10,000	20 \pm 0.1	21 \pm 1.4	131 \pm 9.9	185 \pm 3.5
		2,500	22 \pm 1.4	28 \pm 1.4	152 \pm 6.4	191 \pm 2.1
		625	18 \pm 2.1	27 \pm 4.2	154 \pm 6.4	171 \pm 7.8
	10	10,000	24 \pm 1.4	29 \pm 1.4	138 \pm 2.1	180 \pm 5.7
		2,500	17 \pm 2.1	26 \pm 7.8	132 \pm 0.1	175 \pm 14.8
		625	18 \pm 7.8	17 \pm 0.1	186 \pm 14.1	181 \pm 3.5
H ₂ O			17 \pm 5.8	27 \pm 5.7	227 \pm 14.0	274 \pm 13.1
4-NQO			415 \pm 13.3			
2-AA			537 \pm 10.1			
SA			602 \pm 14.4			
2-AA			997 \pm 4.4			

¹⁾Mean \pm standard deviation (n=2).

Abbreviations: 4NQO, 4-nitroquinoline-1-oxide; 2AA, 2-aminoanthracens; SA, sodium azide.

있을 가능성이 많은 무친 시금치를 제외하고 어묵, 김 및 오이 등과 같이 김밥재료에서 상당한 미생물이 검출된 것으로 보아 김밥의 미생물 오염은 이러한 주요 김밥재료에 기인하는 것으로 사료된다. Kim(23)은 김밥과 김밥재료, 조리자의 손 및 조리기구에서는 대장균, 황색포도상구균 및 살모넬라 등은 검출되지 않았으며 조리실의 공중낙하균은 모두 양호한 수준이라고 보고하였으나 비가열된 재료, 조리기구, 조리자의 손에 의한 미생물 오염 및 조리중의 교차오염이 김밥 미생물의 주요 근원으로 보고하였다. Kim 등(24)은 김밥에 분포하는 미생물의 대부분이 원료보다는 제조과정 중의 2차 오염에 의하여 환경으로부터 전이된 것이며, 김밥제조 이후 유통과정의 품질관리보다는 생산과정에서의 품질관리가 보다 중요하다고 보고하였

다. 또한, Kwak 등(22)은 김밥의 현 생산체계에서 생산된 유통 가능기한에 대한 연구에서 유통기한이 10°C일 경우 27시간, 20°C일 경우는 3시간이며, 30°C일 경우는 2시간으로 저온보관일 경우 유통기한을 연장할 수 있었으며 이러한 유통기한 기준은 생산과정 중의 소요시간, 온도상태, 개인 및 기기의 위생상태에 따른 미생물학적 품질과 재료에 의해 결정된다고 보고하였다.

Salmonella Typhimurium 복귀돌연변이 검정

김밥재료 9 종류(맛살, 어묵, 김, 볶은 쇠고기, 달걀지단, 햄, 오이, 무친 시금치 및 무친 우엉)의 감마선 조사에 대한 유전 독성학적 안전성 시험 결과는 Table 8과 같다. 실험에 사용된

Table 8. Continued

Materials	Irradiation dose (kGy)	Con. (µg/plate)	His+ revertant CFU/plate			
			TA98 (-S9)	TA98 (+S9)	TA100 (-S9)	TA100 (+S9)
Ham	0	10,000	16 ± 4.91)	28 ± 3.5	239 ± 17.0	237 ± 4.2
		2,500	27 ± 4.9	28 ± 2.1	215 ± 15.6	206 ± 9.2
		625	25 ± 0.7	29 ± 5.7	192 ± 3.5	184 ± 17.0
	10	10,000	20 ± 7.8	28 ± 10.6	252 ± 11.3	200 ± 11.3
		2,500	19 ± 0.7	32 ± 7.1	172 ± 17.0	178 ± 10.6
		625	26 ± 2.1	22 ± 5.7	168 ± 2.8	194 ± 0.7
Cucumber	0	10,000	21 ± 0.7	29 ± 9.9	137 ± 14.1	189 ± 10.6
		2,500	26 ± 4.9	34 ± 10.6	151 ± 14.8	163 ± 12.7
		625	16 ± 4.9	25 ± 6.4	140 ± 10.6	161 ± 1.4
	10	10,000	13 ± 4.2	27 ± 5.7	137 ± 14.1	174 ± 17.7
		2,500	20 ± 2.8	27 ± 4.2	151 ± 14.8	187 ± 17.0
		625	15 ± 2.8	26 ± 0.1	140 ± 7.1	182 ± 0.1
Seasoned and cooked spinach	0	10,000	20 ± 2.1	27 ± 4.9	129 ± 4.9	202 ± 7.1
		2,500	22 ± 2.1	25 ± 1.4	126 ± 10.6	140 ± 10.6
		625	24 ± 2.1	21 ± 5.7	109 ± 5.7	119 ± 12.4
	10	10,000	17 ± 9.2	25 ± 5.7	169 ± 9.9	185 ± 7.8
		2,500	18 ± 0.7	32 ± 2.1	162 ± 15.6	148 ± 11.3
		625	13 ± 5.7	28 ± 4.2	135 ± 11.3	163 ± 14.8
Seasoned burdock	0	10,000	26 ± 0.7	28 ± 6.4	249 ± 12.7	239 ± 10.6
		2,500	11 ± 2.1	31 ± 4.2	196 ± 2.8	270 ± 14.1
		625	27 ± 2.8	28 ± 0.7	217 ± 9.9	250 ± 14.1
	10	10,000	17 ± 4.2	29 ± 7.8	170 ± 4.2	210 ± 4.2
		2,500	17 ± 1.4	29 ± 7.1	181 ± 10.6	229 ± 14.1
		625	22 ± 4.9	30 ± 3.5	156 ± 5.7	218 ± 12.0
H ₂ O		17 ± 5.8	27 ± 5.7	227 ± 14.0	274 ± 13.1	
4-NQO		415 ± 13.3				
2-AA		537 ± 10.1				
SA		602 ± 14.4				
2-AA		997 ± 4.4				

¹⁾Mean ± standard deviation (n=2).

Abbreviations: 4NQO, 4-nitroquinoline-1-oxide; 2AA, 2-aminoanthracenes; SA, sodium azide.

2 균주의 생균수는 1.0-1.8×10⁹/mL 수준이었다. 대사활성제가 첨가된 경우와 첨가되지 않은 경우 시험물질에 의한 *S. Typhimurium* TA98 및 TA100 균주를 이용한 복귀돌연변이 시험을 수행한 결과 농도 및 감마선 조사에 따른 복귀변이 집락수의 증가를 보이지 않았다. 일반적으로 돌연변이원성의 판정은 음성대조군 복귀변이 집락수의 2배 이상인 경우를 양성으로 하므로 본 실험의 감마선 조사된 시료 및 조사하지 않은 시료에 대하여 전 농도에서 복귀를 유발하지 않은 것으로 보아 감마선 조사에 대한 돌연변이 원성은 없는 것으로 판단된다. Kang 등(25)은 식육의 위생화를 위하여 감마선이 조사된 쇠고기의 유전독성 실험결과 돌연변이원성이 없는 것으로 보고하였으며, van Kooij 등(26)은 조사구와 비조사구의 야채에 대해 돌연변이가 증가하지 않았다고 보고하였다.

본 실험에서는 즉석식품의 하나인 김밥의 미생물학적 안전성, 보존성 및 위생성 향상을 위한 연구의 일환으로 김밥재료 및 김밥에 대해 저장온도 및 저장기간에 따른 미생물 변화를 관찰한 결과 김밥내의 미생물은 제조과정, 조리기구, 취급자 및 유통 등에 의해 영향을 받을 수도 있으나 대부분 주요 김밥재

료에 기인하는 것으로 사료되어 김밥재료에 대한 위생관리가 철저히 요구되며, 또한, 10 kGy로 조사된 김밥재료는 유전독성학적으로 안전한 것으로 나타났다. 그러므로 저선량의 감마선 조사와 더불어 저온저장(10°C)은 김밥재료의 위생관리에 좋은 영향을 미칠 것으로 사료된다. 또한, 김밥재료 중 미생물 오염도가 가장 많았던 김의 미생물 제어를 위해서는 방사선 조사와 더불어 여러 가지 병용처리를 통한 지속적인 연구가 더 필요한 것으로 사료된다.

요 약

즉석식품의 하나인 김밥의 미생물학적 안전성, 보존성 및 위생성 향상을 위한 연구의 일환으로 수산식품(맛살, 어묵 및 김), 축산식품(볶은 쇠고기, 달걀지단 및 햄) 및 농산식품(무친 우엉, 무친시금치 및 오이)군에 따른 김밥재료 및 김밥의 미생물 변화를 통하여 김밥의 미생물 오염원을 예측하였으며, 감마선 조사를 통해 김밥재료 및 김밥의 미생물 안전성을 조사하였다. 총 9종류의 김밥재료 중 햄, 볶은 쇠고기 및 무친 우엉

에서 세균은 검출되지 않았다. 맛살 및 계란지단에서 미생물은 검출되지 않았으나 20 및 30°C에서 24시간 저장할 경우 4-5 log CFU/g의 세균이 증식하였으며 1-2 kGy선량으로 조사했을 경우 세균은 검출되지 않았다. 어묵, 무친 시금치 및 오이에서 각각 3.50 5.41 및 5.07 log CFU/g의 세균이 검출되었다. 그러나 김에서는 8.83 log CFU/g의 세균이 검출되어 9 종의 김밥재료 중 미생물 오염도가 가장 높은 것으로 확인되었다. 김밥재료 중 곰팡이는 무친 시금치, 오이 및 김에서만 검출되었다. 김밥의 총균수 및 곰팡이수는 각각 8.73 및 5.08 log CFU/g이 검출되었으며, 30°C에서 24시간 저장했을 경우 총균수 및 곰팡이수가 급격히 증가하였으나 10°C로 저장했을 경우 미생물수는 변화를 나타내지 않았다. 또한, 9종의 김밥재료에 대한 비조사구와 조사구(10 kGy)로 나누어 유전독성학적 안전성을 평가한 결과 추출물의 농도에 따른 복귀돌연변이 집락수의 증가는 확인되지 않았다. 이와 같이 김밥재료 및 김밥의 미생물 변화를 관찰한 결과 김밥의 미생물 오염은 대부분이 오염된 주요 김밥재료에서 기인된 것으로 사료되어 김밥재료에 대한 위생관리가 철저히 요구되며, 10 kGy로 감마선 조사된 김밥재료는 유전독성학적으로 안전한 것으로 나타났다. 그러므로 감마선 조사 및 저온저장(10°C)은 김밥재료 뿐만 아니라 김밥의 미생물 제어에 효과적인 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학기술기획평가원의 2004년 원자력 중장기 연구개발사업과 부분적으로 한국식품개발연구원 및 IAEA CRP 연구사업의 지원으로 수행 되었습니다.

문 헌

- Kwak TK, Kim SH, Park SJ, Cho YS, Choi EH. The improvement of the sanitary production and distribution practices for packaged meals (*Kimbab*) marketed in convenience stores using hazard analysis critical control point (HACCP) system. *J. Food Hyg. Safety* 11: 177-187 (1996)
- Lee HS, Rye SY. The seasonal microbiological quality assessment of *Kimbab* (seaweed roll) production flow in food service facilities for Univ. students HACCP model. *Korean J. Soc. Food Sci.* 14: 367-374 (1998)
- Ray B. *Fundamental Food Microbiology*. 2nd ed. CRC Press, New York, NY, USA. pp. 35-53 (2001)
- Nguyen C, Carlin F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 34: 371-401 (1994)
- Ahn HJ, Yook HS, Kim DH, Kim S, Byun MW. Identification of radiation resistant bacterium isolated from dried laver (*Porphyra tenera*). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 193-195 (2001)
- Anonymous. Statistics of food-borne disease in Korea, Available from: <http://www.kfda.go.kr/main/service1.htm>. Accessed Jan. 2004.
- Buzby JC, Roberts T. ERS estimates U.S. food-borne disease costs. *Food Rev.* 24: 37-42 (2001)
- Kim DH, Song HP, Kim JK, Kim JO, Lee HJ, Byun MW. Determination of microbial contamination in the process of rice rolled in dried laver and improvement of shelf-life by gamma irradiation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 991-996 (2003)
- Kang YS, Yoon SK, Jwa SH, Lee DH, Woo GJ, Park YS, Kim CM. Prevalence of *Staphylococcus aureus* in *Kimbab*. *J. Food Hyg. Safety* 17: 31-35 (2002)
- FAO/IAEA/WHO Study group. High dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. pp. 1-9. In WHO Technical Report Series 890. World Health Organization, Geneva. (1999)
- Korea Food and Drug Administration. Food Code. KFDA. Munsyungsa, Seoul, Korea. (2004)
- Byun MW. Application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Sci. Ind.* 30: 89-100 (1997)
- Ames BN, McCann J, Yamasaki E. Methods for detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella/mammalian-microsome mutagenicity test*. *Mutat. Res.* 31: 347-364 (1975)
- Maron DM, Ames BN. Revised methods for *Salmonella* mutagenicity test. *Mutation Res.* 113: 1013-1030 (1983)
- SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1990)
- Jo C, Lee NY, Kang HJ, Hong SP, Kim YH, Kim JK, Byun MW. Inactivation of pathogens inoculated into prepared seafood products for manufacturing *Kimbab*, steamed rice rolled by laver, by gamma irradiation. *J. Food Prot.* 68: in press (2005)
- Lee YW, Kim JG. A study on the shelf-life of hams and sausages in refrigerated storage. *J. Food Hyg. Safety* 12: 26-38 (1997)
- Jo C, Lee NY, Kang HJ, Hong SP, Kim YH, Kim HJ, Byun MW. Radio-sensitivity of pathogens in inoculated prepared foods of animal origin. *Food Microbiol.* 22: 329-336 (2005)
- Kim JW, Kim HC, Hur JW. Quality changes of egg products during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 1480-1483 (1998)
- Kim HJ, Kim YH, Lee DS, Paik HD. Isolation and identification of pathogenic bacteria from spinach. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 97-102 (2003)
- Shin DH, An DS, Cho SH, Lee DS. Modified atmosphere packaging of fresh cucumber and zucchini by using antimicrobial plastic films. *Food Eng. Prog.* 3: 186-192 (1999)
- Kwak YK, Kim SH. The prediction of the shelf-life of packaged meals (*Kimbab*) marketed in convenience stores using simulation study. *J. Food Hyg. Safety* 11: 189-196 (1996)
- Kim JG. Microbiological quality assessment of *Kimbab* according to preparation and cooking condition and identification of critical control points in the processes. *J. Food Hyg. Safety* 19: 66-73 (2004)
- Kim DH, Song HP, Kim JK, Kim JO, Lee HJ, Byun MW. Determination of microbial contamination in the process of rice rolled in dried laver and improvement of shelf-life by gamma irradiation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 991-996 (2003)
- Kang IJ, Kwak HJ, Lee BH, Kim KH, Byun MW, Yook HS. Genotoxicological and acute toxicological safeties of gamma irradiated beef. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 775-780 (1998)
- van Kooij JG, Leveling HB, Schubert J. Application of the ames mutagenicity test to food processed by physical preservation methods. p. 63 In: *Food Preservation by Irradiation*, November 21-25, IAEA, Wageningen, Vienna (1978)

(2004년 12월 28일 접수; 2005년 2월 15일 채택)