

〈단보〉

## 건조 수산물의 미생물학적 안전성 확보를 위한 감마선 조사 기술의 이용

최종일·김현주·김재훈·안동현<sup>1</sup>·전병수<sup>1</sup>·이주운\*한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소, <sup>1</sup>부경대학교 식품생명공학부

### Application of Gamma Ray Irradiation to the Microbiological Safety of Dried Seafood Products

Jong-il Choi, Hyun-Joo Kim, Jae-Hun Kim, Dong-Hyun Ahn<sup>1</sup>,  
Byung-Soo Chun<sup>1</sup> and Ju-Woon Lee\*Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research  
Institute, Jeongeup 580-185, Korea<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Pukyong National University,  
Busan 608-737, Korea

This study evaluated the effects of gamma ray irradiation on the safety of dried seafood products. Dried salted squid, *Engraulis japonica*, *Hizikia fusiformis*, *Mytilus coruscus*, and *Porphyra tenera* were gamma-irradiated at doses of 0, 1, 3, and 5 kGy. The total bacterial populations were then enumerated on total plate count agar, and bacteria isolated from the samples were identified by 16S rDNA sequencing. In addition, the isolated strains were inoculated in the products to determine  $D_{10}$  values. The total bacterial populations in the dried seafood products ranged from 3.40 to 6.59 log CFU/g, and those of yeasts and molds ranged from 2.21 to 4.56 log CFU/g. The sequence analysis identified *Staphylococcus* sp. as the most common species in the dried seafood products, except for dried *P. tenera*. The  $D_{10}$  values of the contaminating bacteria were lower than 0.7 kGy, except for *Deinococcus* sp., which had a value of 1.39 kGy. This study demonstrated that gamma irradiation could be used to improve the safety of dried seafood products.

Key words: Dried seafood products, Gamma ray irradiation, Microbiological safety

### 서 론

우리나라는 일본과 더불어 세계적으로 1인당 수산물 소비량이 많은 국가이며, 근년들어 건강에 대한 관심이 고조됨에 따라 웰빙 식품의 하나인 수산물의 소비가 점차 증가하고 있는 추세이다. 식품수급표에 의하면 어패류 생산량은 2000년에 212만톤, 2003년에 200만톤, 2004년에는 195만톤으로 점점 감소하는 경향이거나, 수출량에 비하여 수입량의 증가로 식용공급량은 2000년에 229만톤, 2003년에 308만톤, 2004년에는 334만톤으로 증가하는 추세이다 (KREI, 2005). 그러나 최근 식품의약품안전청에서 발표한 우리나라 식중독 발생현황 통계에 따르면 2003년도 식중독 발생현황은 2002년도 대비 건수로는 73% 증가하였으며, 환자수로는 265% 증가하여 식중독 사고의 대형화 추세를 쉽게 확인할 수 있다 (KFDA, 2004).

수산물 중 특히 멸치, 오징어, 김 등의 건조 수산물은 중요한 위치를 차지하고 있으며, 이와 같은 현상은 우리나라 국민의 식성이 수산물 기초 경향으로 변화됨에 따라 그 공급도가 높아지고 있는 추세이다 (Lee et al., 1993). 그러나 최근 건조 수산물의 위생상태의 심각성이 보고되면서 효과적인 위생 및 저장기술이 필요한 실정이다 (Bae et al., 2003). 건조 수산물

의 재래적 저장법은 건조, 냉장, 냉동, 화학약품 처리 (식품보존제 및 훈증제) 및 열처리 등이 있으나 비위생적, 신선도저하, 저장에너지의 과다소비, 약제성분의 잔류 및 유해물질의 생성, 영양소 손실, 살균 및 살충의 불충분, 처리방법의 복잡 및 용량부족 등의 문제점이 있다 (Cho et al., 1986).

한편, 방사선 조사기술은 식품의 저장 중 영양 및 관능적인 품질의 저하 없이 병원성 및 부패성 미생물을 없애는 가장 효율적인 방법으로 알려져 있고 (Byun, 1994, 1997), 전 세계적으로 그 사용이 증가하고 있다. 또한 살균처리 후 재포장에 따른 2차 오염을 방지할 수 있으며 식품의 품온 상승에 따른 성분의 파괴를 최소화할 수 있고 유해성분의 생성이나 잔류성분이 남지 않으며 필요에 따라 대형화 할 수 있다는 등의 장점으로 인하여 식품의 보존성 향상을 목적으로 다양한 연구가 진행되고 있으며 이미 농산물과 분말식품 등의 보존에는 이 기술이 적용되고 있다 (WHO, 1981). 미국 식품의약품안전청은 1999년 12월 식품유래 위해 미생물의 사멸과 제품의 유통기한 연장을 위한 식육의 방사선 조사를 허용하고 있다. 우리나라도 1987, 1988, 1991 및 1995년에 4차례에 걸쳐 총 19개 품목의 식품조사가 허가되었으며 기존품목을 확대하여 복합조미식품류를 비롯한 7개 품목이 2004년 5월 추가로 허가되었다 (KFDA, 2004).

\*Corresponding author: sjwlee@kaeri.re.kr

따라서 본 연구에서는 건조 수산물의 위생화를 위하여 시판되고 있는 진미채, 건멸치, 건뽕, 건홍합 및 마른김의 오염 미생물을 평가하고 감마선 조사에 의한 미생물 사멸 효과를 알아보았다.

## 재료 및 방법

### 시료 준비

실험에 사용된 건조 수산물은 전라북도 정읍에서 시판되고 있는 진미채, 건멸치, 건뽕, 건홍합 및 마른김을 구입하여 실험에 사용하였다.

### 감마선 조사

감마선 조사는 한국원자력연구원 방사선과학연구소 (Jeongeup, Republic of Korea) 내 선원 11.1 PBq, Co-60 감마선 조사시설 (point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 시간당 10 kGy의 선량율로 각각 0, 1, 3 및 5 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 동정된 미생물의 감마선 감수성 평가를 위해서는 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5 및 5 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 흡수선량 확인은 alanine dosimeter (5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템은 국제원자력기구 (IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다.

### 미생물 오염도 평가

감마선 조사한 건조 수산물의 미생물 오염도를 측정하기 위하여 시료 10 g에 멸균된 식염수 (0.85% NaCl) 90 mL를 첨가한 다음 혼합하여 10진 희석법으로 희석한 희석 a를 total plate count agar 및 potato dextrose agar (Difco Laboratories, Sparks, MD, USA)에 도말하였다. 미생물의 증식은 표준화된 배양방법으로 각각 30°C에서 48 및 120 시간 배 도말 후 30-300 개의 집락을 형성한 배지만 계수하여 시료 1 g당 colony forming unit (CFU)로 나타내었다. 동정된 미생물의 오염도 평가도 같은 방법을 사용하였다.

### 오염 미생물 동정

각 건조 수산물 내 미생물의 분리를 위하여 total plate count agar 배지를 사용하였다. 각 시료를 멸균 식염수에 희석하여 접종한 다음 30°C에서 48시간 배양한 후 생성된 colony를 취하여 순수 분리하였다. 각 건조수산물에서 30개 이상의 순수 분리된 균주들을 수거하여 16S rDNA 분석을 이용한 균주 동정을 하였다. PCR에 사용될 template DNA는 Genomic DNA kit (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA)를 이용하여 추출하였다.

시료 내 오염 미생물의 유전자를 증폭하기 위해 2종의 PCR primer를 이용하여 실험하였다. 목적 염기서열로는 16S rDNA를 선정하였다. 16S rDNA PCR 분석은 Keyser 등의 논문에서 기술된 primer로 5' -CCC GCA TCT CTG CAG GAT TCT C-3' 과 5' -CTA ATA CCG CAT AAC GTC TAC G-3' 을 사용하였다. 증합효소연쇄반응 용액은 총 20  $\mu$ L이며 증류수 19.2  $\mu$ L, Template DNA 0.5  $\mu$ L (100 ng/ $\mu$ L)와 각각의 primer

는 0.3  $\mu$ L (20 pmol)를 취하여 premix (Bioneer, Daejeon, Republic of Korea)를 사용하여 PCR을 수행하였다. PCR 수행 조건은 PC-808 (ASTEC, Fukuoka, Japan)을 사용하여 denaturation은 94°C에서 30초, annealing은 50°C에서 30초, extension은 72°C에서 1분씩 총 30회를 반복 실시하고 마지막으로 72°C에서 3분간 last extension을 실시하였다. PCR 증폭산물의 확인을 위하여 1.2% (w/v) agarose gel을 이용하여 전기영동장치 (Advance, Tokyo, Japan)로 분석하였다. Agarose 1.2 g과 1× TBE (Tris-Boric acid-EDTA) 완충용액 100 mL을 섞어 1.2% gel을 만든 후 PCR 산물 2  $\mu$ L에 10× bromophenol blue (BPB) dye 0.5  $\mu$ L를 섞어서 gel에 loading하고 100 Volt에서 40분 전기영동 시켰다. Size marker로는 1000 bp DNA ladder (Takara, Shiga, Japan)를 사용하였다. 전기영동이 끝난 후 gel은 SYBR으로 염색하였으며 증폭된 DNA는 Gel image analyser (Bio-rad, Hercules, CA, USA)로 관찰하였다. 증폭된 PCR product는 PCR purification kit (Qiagen, Hilden, Germany)를 이용하여 정제하였으며, 증폭된 DNA는 SolGent사 (Daejeon, Republic of Korea)에 sequencing을 의뢰하였다.

확보된 염기서열은 National Center for Biotechnology Information (NCBI)의 Basic Local Alignment Search Tool (Blast)와 Ribosomal Database Project II tool (RDP)에 등록되어 있는 database를 사용하여 검색하였다.

### 방사선 감수성

건조수산물 유래 미생물의 방사선 감수성을 측정하기 위하여 각 시료를 멸균시킨 후 미생물을 접종하였다. 시료는 각각 10 g씩 PE nylon bag에 넣은 다음 합기 포장한 후 40 kGy 선량의 감마선을 조사하여 멸균하였다. 시험 균주로는 각각의 시료 내의 오염 미생물 동정 결과 각 시료에서 검출된 미생물을 대상으로 접종시험을 진행하였다. 각각의 미생물들은 이들이 접종된 tryptic soy agar (Difco Laboratories, Sparks, MD, USA)에서 1 백금이를 취해 같은 tryptic soy broth (Difco Laboratories) 10 mL에 접종하여 24시간 배양시킨 배양액 0.1 mL를 취해 새로운 배지 10 mL에 접종하여 18시간 동안 2차 배양한 후 그 배양액을 실험에 사용하였다. 균주 접종 시 배양 배지에서 오는 오차를 줄이기 위해 2차 배양액을 원심분리 (698.75 g, 15 min)한 후 상등액을 제거하여 0.85% 멸균식염수로 세척하였다. 세척은 2회 실시하였다. 실험에 사용된 균주의 초기농도는  $10^7$ - $10^8$  CFU/mL 수준이 되도록 하였으며 균주를 멸균된 시료에 2% (v/w)농도로 접종하였다.

### 통계 분석

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SPSS software (SPSS, 1997)에서 프로그램에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산분석을 한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 미생물 오염도 평가

시판되고 있는 건조 수산물의 미생물 오염도 평가 결과를

Table 1에 제시하였다. 진미채 (dried salted squid), 건멸치 (dried *Engraulis japonica*), 건뚝 (dried *Hizikia fusiformis*), 건홍합 (dried *Mytilus coruscus*) 및 김 (dried *Porphyra tenera*)의 일반호기성 미생물 측정 결과 각각 6.29, 4.31, 4.71, 3.40 및 6.59 Log CFU/g이 검출되었으며 감마선 조사에 의해 유의적으로 감소하였다. 그러나 5 kGy 조사처리 시 김의 경우 2.91 Log CFU/g이 검출된 반면 다른 시료는 검출한계 이하로 확인되었다. 효모 및 곰팡이의 경우 진미채, 멸치, 뚝, 홍합 및 김에서 각각 3.98, 2.57, 4.56, 2.21 및 4.12 Log CFU/g이 검출되었으며 조사에 의해 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며, 김을 제외한 모든 시료에서 3 kGy 처리 시 검출한계이하로 나타났다. 수산물에서 *Listeria* sp., *Salmonella* sp. 및 *rio parahae molyticus* 등의 병원성 미생물이 검출되어 위생적 품질확보의 중요성이 지적되고 있다 (Parihar et. al., 2008; Ponce et. al., 2008; Su and Liu, 2007). 또한, Lee 등(1993)의 연구결과에 따르면 건명태, 오징어채, 뱀어포, 건멸치 및 건대구의 일반호기성미생물을 측정한 결과 각각  $3.9 \times 10^3$ ,  $5.6 \times 10^5$ ,  $1.2 \times 10^5$ ,  $1.2 \times 10^4$ ,  $1.2 \times 10^4$  CFU/g이 검출되었으며, 7 kGy 감마선 조사처리 시 미생물이 제어되거나 1~3 log cycle이 감소되었다고 발표하였다. 따라서 건조 수산물 역시 위생적 측면에서 안심할 수 없으며, 효과적인 미생물 제어 방법이 도입되어야 한다고 사료된다.

Table 1. Microbial population of the dried seafood products treated by gamma irradiation

Sample	Irradiation dose (kGy)	Viable cell counts (Log CFU/g)	
		Total aerobic bacteria	Yeast and mold
Dried salted squid	0	6.29 <sup>a</sup> ±0.04	3.98 <sup>a</sup> ±0.09
	1	4.78 <sup>b</sup> ±0.12	2.12 <sup>b</sup> ±0.12
	3	2.84 <sup>c</sup> ±0.07	ND
	5	ND	ND
Dried <i>Engraulis japonica</i>	0	4.31 <sup>a</sup> ±0.07	2.57 <sup>a</sup> ±0.05
	1	3.18 <sup>b</sup> ±0.12	1.77 <sup>b</sup> ±0.15
	3	2.24 <sup>c</sup> ±0.09	ND
	5	ND <sup>1)</sup>	ND
Dried <i>Hizikia fusiformis</i>	0	4.71 <sup>a</sup> ±0.03	4.56 <sup>a</sup> ±0.06
	1	4.33 <sup>a</sup> ±0.03	3.87 <sup>b</sup> ±0.13
	3	3.65 <sup>b</sup> ±0.09	ND
	5	ND	ND
Dried <i>Mytilus coruscus</i>	0	3.40 <sup>a</sup> ±0.18	2.21 <sup>a</sup> ±0.05
	1	2.14 <sup>b</sup> ±0.03	1.77 <sup>b</sup> ±0.09
	3	1.86 <sup>c</sup> ±0.12	ND
	5	ND	ND
Dried <i>Porphyra tenera</i>	0	6.59 <sup>a</sup> ±0.03	4.12 <sup>a</sup> ±0.07
	1	5.79 <sup>b</sup> ±0.15	2.88 <sup>b</sup> ±0.05
	3	4.12 <sup>c</sup> ±0.07	1.77 <sup>c</sup> ±0.15
	5	2.91 <sup>d</sup> ±0.12	ND

<sup>1)</sup> Viable colony was not detected at detection limit < 10<sup>1</sup> CFU/g.

<sup>a-d</sup> Means with the same column in each sample are not significantly different ( $P < 0.05$ ).

## 오염 미생물 동정

각각의 건조 수산물 내의 미생물로부터 확보한 PCR product는 정제한 후 염기서열의 확인을 통해 세균 동정과 함께 건조 수산물 내 오염 미생물의 군집을 조사하였다. 이때 확인된 염기서열은 NCBI의 Blast search를 통하여 유사도가 높은 gene을 검색한 결과, 시료에 따라 서로 다른 오염 미생물이 동정되었다 (Table 2). 김을 제외한 모든 시료에서 병원성 미생물인 *Staphylococcus* sp.가 검출되었으며, 진미채가 다른 시료에 비해 많은 미생물이 검출되었다. 또한 김에서는 방사선에 대한 저항성이 강한 것으로 알려진 *Dienococcus* sp.가 검출되었음을 확인되어, 건조 수산물에 대한 위생화가 절실히 요구되었다. Feldhussen (2000)의 연구논문에서 의하면 수산물에서 *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Shigella* sp. 및 *Vibrio cholerae* 등의 많은 병원성 미생물이 검출되어 이를 제어하기 위한 연구가 시급히 필요하다고 발표하였다. 또한 Ham (2007)의 연구결과에 따르면 시판되고 있는 건해산물에서 *Enterococcus faecalis* 및 *E. faechum*이 검출되었다고 발표하였으며, 또한 이들을 사멸하는 데 있어서 방사선 조사 기술이 효과적이라는 연구 또한 보고되어 있다 (1993). 본 연구결과, 시판되고 있는 건조 수산물에서 다양한 미생물을 확인할 수 있었으며, 특히 *Staphylococcus* sp.가 대부분의 건조 수산물에서 검출되었다. *Staphylococcus* 속의 *Staphylococcus aureus*는 병원성 미생물로 알려져있다.

Table 2. Identification of microorganisms in dried seafood products using 16S rDNA sequencing

Sample	Microorganisms
Dried salted squid	<i>Phyllobacterium</i> sp.
	<i>Psychrobacter</i> sp.
	<i>Staphylococcus</i> sp.
	<i>Enterococcus</i> sp.
Dried <i>Engraulis japonica</i>	<i>Staphylococcus equorum</i>
	<i>Psychrobacter pulmonis</i>
Dried <i>Hizikia fusiformis</i>	<i>Enterobacter</i> sp.
	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>
Dried <i>Mytilus coruscus</i>	<i>Staphylococcus equorum</i>
	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>
Dried <i>Porphyra tenera</i>	<i>Deinococcus</i> sp.
	<i>Moraxella</i> sp.

## 감마선 감수성

앞선 오염 미생물 동정의 실험결과를 토대로 하여 시료에 오염된 미생물을 접종한 후 감마선 조사에 의한 방사선 감수성을 Table 3에 나타냈다. 그 결과 미생물의 종류 및 시료에 따라 방사선 감수성이 다른 것으로 나타났다. 전체적인 경향을 보았을 때, 진미채, 건뚝 및 건홍합이 다른 시료에 비해 감마선 저항성이 낮은 것으로 나타났다. 진미채에서 동정된 *Staphylococcus* sp.와 *Enterococcus* sp.는 각각 0.35 kGy와 0.34 kGy의 D<sub>10</sub>값을 가졌으며, 건뚝 유래 *Enterobacter* sp.와 *Staphylococcus saprophyticus*는 각각 0.38 kGy와 0.26 kGy의 D<sub>10</sub>값을 가졌다. 또한 건멸치와 건홍합에서 공통적으로 확인

된 *Staphylococcus equorum*는 접종된 건조 수산물에 따라 0.59 kGy와 0.30 kGy의 다른  $D_{10}$ 값이 확인되어졌다. 하지만, 김에서 검출된 *Deinococcus* sp.의 경우 감마선 감수성이 1.39 kGy로 다른 미생물에 비해 저항성이 강한 것으로 확인되었다. *D. radiodurans*는 적색소를 생산하고, 그람양성 절대호기성 세균으로 이온화 방사선, 자외선, 그리고 과산화수소 등 다양한 DNA 손상물질에 강한 저항성을 가지고 있는 polyextremoph이다 (Nishida and Narumi, 2002). 특히 이온화 방사선에 대한 저항성은 이 미생물의 대표적인 독특한 표현형이다. 전체 유전체 서열은 1999년에 밝혀졌으며 (White et al., 1999), 최근 이를 활용하여 발현체 분석연구가 진행되고 있다. 이러한 김에서 유래한 *D. radiodurans*의 높은 방사선 저항성으로 다른 건조 수산물에 비하여 김에서 감마선 조사에 의한 사멸 효과가 떨어지는 것으로 사료된다.

미생물의  $D_{10}$  value는 조사 시료의 밀도에 의해 그 차이가 발생할 수 있고 또한 시료에 존재하는 초기 미생물의 농도, 시료의 물리 화학적 상태, 매개체의 이화학적 성질, 조사 환경 및 조사 후 저장 조건 및 조사 선원 등에 따라 달라진다고 알려져 있다 (Lee et al., 1998). 특히 미생물의 방사선에 대한 감수성이나 저항성이 주변 환경, 특히 수분 활성도에 의해 크게 영향을 받는 것으로 보고되고 있다 (Ma and Maxcy, 1981). Song 등 (2009)의 연구결과에 따르면, 굴에 *L. monocytogenes*, *S. aureus* 및 *V. parahaemolyticus*를 접종한 후  $D_{10}$  value를 측정한 결과 각각 0.60, 0.71 및 0.29 kGy로 나타났다고 발표하였다. 이러한 결과들은 비교적 낮은 선량의 방사선 조사를 통하여 수산물건어물의 위생화가 확보되어질 수 있다는 보여주고 있다.

Table 3.  $D_{10}$  value (kGy) of the microorganisms isolated from dried seafood products by gamma ray irradiation

Sample	Microorganisms	$D_{10}$ value (kGy)
Dried salted squid	<i>Staphylococcus</i> sp.	0.35
	<i>Enterococcus</i> sp.	0.34
Dried <i>Engraulis japonica</i>	<i>Staphylococcus equorum</i>	0.59
	<i>Psychrobacter pulmonis</i>	0.42
Dried <i>Hizikia fusiformis</i>	<i>Enterobacter</i> sp.	0.38
	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	0.26
Dried <i>Mytilus coruscus</i>	<i>Staphylococcus equorum</i>	0.30
	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	0.35
Dried <i>Porphyra tenera</i>	<i>Deinococcus</i> sp.	1.39
	<i>Moraxella</i> sp.	0.68

## 사 사

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구기술개발사업과 한국원자력연구원 기본사업의 지원을 받아 수행하였으며 이에 감사드립니다..

## 참고문헌

Bae HJ, Lee JH and Oh SI. 2003. Effect of applying

pretreatment methods before cooking for decreasing the microbiological hazard of cooked dried fish in foodservice establishments. Korean J Soc Food Cookery Sci 19, 555-561.

Byun MW. 1994. Application of irradiation techniques to food industry. Radioisotope news 9, 32-37.

Byun MW. 1997. Application and aspect of irradiation technology in food industry. Food Sci Ind 30, 89-100.

Cho HO, Kwon JH, Byun MW, Kim, YJ and Yang JS. 1986. Effects of ethylene oxide fumigation and gamma irradiation on the quality of ground red and black peppers. Korean J Food Sci Technol 18, 294-300.

Feldhussen F. 2000. The role of seafood in bacterial foodborne disease. Microbes Infection 2, 1651-1660.

Ham HJ. 2007. *Enterococcus faecalis* and *E. faecium* isolated in dried marine products. J Food Hyg Safety 22, 294-299.

Keyser M, Withuhn RC, Ronquest LC and Britz T. 2003. Treatment of winery effluent with upflow anaerobi sludge blanket (UASB)-granular sludges enriched with *Enterobacter sakazakii*. Biotechnol Lett 25, 1893-1898.

Korea Food and Drug Administration. 2004.

KREI (Korea Rural Economic Insititute). 2005. Food Balance Sheet (2004), KERI, KOREA, 1-283.

Lee HJ, Kim JK, Lee SJ and Cho HO. 1993. Microbial growth in dried fishes during preservation. Kor J Food Hygiene 8, 135-140.

Lee MK, Lee MH and Kwon JH. 1998. Sterilizing effect of electron beam on ginseng powders. Korean J Food Sci Technol 30, 1362-1366.

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

Nishida H and Narumi I. 2002. Disruption analysis of DR1420 and/or DR1758 in the extremely radioresistant bacterium *Deinococcus radiodurans*. Microbiol 148, 2911- 2914.

Parihar VS, Barbuddhe SB, Danielsson-Tham TL and Tham W. 2008. Isolation and characterization of *Listeria* species from tropical seafoods. Food Control 19, 566-569.

Ponce E, Khan AA, Cheng CM, Summige-West C and Cerniglia CE. 2008. Prevalence and characterization of *Salmonella enterica* serovar Weltevreden from

- imported seafood. Food Microbiol 25, 29-35.
- Song HP, Kim B, Jung S, Choe JH, Yun H, Kim YJ and Jo C. 2009. Effect of gamma and electron beam irradiation on the survival of pathogens inoculated into salted, seasoned, and fermented oyster. LWT-Food Sci Technol 42, 1320-1324.
- SPSS. 1997. Statistical Package for the Social Sciences, Norman.
- Su YC and Liu C. 2007. *Vibrio parahaemolyticus*: A concern of seafood safety. Food Microbiol 24, 549-558.
- White O, Eisen JA, Heidelberg JF, Hickey EK, Peterson JD, Robert JD, Daniel HH, Michelle LG, William CN, Delwood LR, Kelly SM, Haiying Q, Lingxia J, Wanda P, Marie C, Mian S, Jessica JV, Peter L, Lisa M and Terry U. 1999. Genome sequence of the radioresistant bacterium *Deinococcus radiodurans* R1. Science 286, 1571-1577.
- WHO. 1981. Wholesomeness of irradiated food. Report of joint FAO/IAEA/WHO expert committee. Technical Report Series 659, p. 34.

---

2010년 1월 12일 접수

2010년 3월 30일 수정

2010년 4월 13일 수리