

## 전자선 조사 양념 오징어 젓갈 및 부재료의 미생물학적 및 관능적 특성

김빛나<sup>1</sup> · 정사무엘<sup>1</sup> · 최준호<sup>1</sup> · 류현덕<sup>1</sup> · 조철훈<sup>1\*</sup>

## Microbiological and Sensory Characteristics of Electron Beam Irradiated Squid *Jeotkal* and Its Ingredients

Binna Kim<sup>1</sup> · Samooel Jung<sup>1</sup> · Jun Ho Choe<sup>1</sup> · Xian De Liu<sup>1</sup> · Cheorun Jo<sup>1\*</sup>

### ABSTRACT

A seasoned squid *Jeotkal*, Korean traditional fermented seafood, and its ingredients for manufacturing, including red hot pepper powder, ground garlic, sesame seeds, were irradiated with 0, 0.5, 1, 2, and 5 kGy by electron beam and stored at 4°C for 4 weeks to determine the changes in microbiological and sensory characteristics. The initial contamination of squid *Jeotkal* such as total aerobic bacteria, yeast & mold, and coliform bacteria were at the levels of 2.88, 3.04, and 4.20 log CFU/g, respectively. However, electron beam irradiation with does at 5 kGy reduced the total aerobic bacteria to about 1 log CFU/g. Yeast & mold and coliform bacteria were reduced to 1-2 log CFU/g after 2 kGy of irradiation and reached to undetected level when the sample was irradiated at 5 kGy and following storage at 4°C for 4 weeks. Sensory characteristics showed that electron beam irradiation of up to 5 kGy did not adversely affect overall acceptability of squid *Jeotkal* and its ingredients during cold storage. Therefore, electron beam irradiation is one of the possible means to improve storage stability of seasoned squid *jeotkal*, which has limited alternative sterilization methods due to the temperature characteristics of the products.

**Key words:** squid *jeotkal*, electron beam irradiation, microbiological, sensory

---

2008년 2월 4일 접수; 2008년 7월 14일 채택

<sup>1</sup> 충남대학교 동물자원생명과학 전공(Animal Science and Biotechnology Major, Chungnam National University)

\* 교신저자: 조철훈(E-mail: cheorun@cnu.ac.kr, Tel: 042-821-5774)

## 1. 서 론

우리나라에는 전통적으로 장류, 김치류 등을 비롯해 젓갈류까지 다양한 발효식품이 전해지고 있으며, 이 중 젓갈류는 어패류의 근육, 내장 또는 생식소 등을 원료로 하여 다량의 식염을 첨가한 후 발효 및 숙성시켜 제조하고 있다(Kim et al., 1995; Cha et al., 2001). 젓갈의 원료로 이용되는 어패류 등은 바다에서 손쉽게 얻을 수 있고 영양적으로 우수하여 식품으로 널리 이용되기도 하지만 매우 부패되기 쉬워서 저장성이 약하다는 단점을 가지고 있다(Ha and Kim, 2005). 따라서 이러한 원료의 특성상 저장성을 연장시키기 위해 젓갈 제조시 원료에 대하여 25% 정도의 식염을 첨가하게 되고 이에 따라 짠맛이 강해지며 sodium의 함량이 높아져 고혈압, 심장마비 등의 성인병을 유발하는 원인으로 의심 받는 등의 건강상 문제를 일으킬 수 있다(Kim et al., 1995; Ha and Kim, 2005). 그러나 최근 건강지향적인 식품의 소비가 증가하면서 식염의 함량을 낮춘 양념젓갈의 형태로 유통되고 있다. 그러나 저염 양념 젓갈류는 저장성을 연장하기 위해 첨가하였던 식염의 함량을 25%에서 8-10%이하 또는 5%까지의 수준으로 낮추었기 때문에 품질 유지가 어렵고 품질 저하를 식별하기도 용이하지 않다(Kim et al., 1995). 또한 유통과정에서 고염도 젓갈과 동일한 조건으로 유통되는 경우가 많아 유통상 혼란이 초래되기도 하며 저장 중 변질로 인해 반쯤, 폐기되는 경우가 많고 이로 인하여 식량자원의 낭비와 제품의 생산경비 증가 등 많은 문제점이 야기되고 있다(Han et al., 2005; Kim et al., 1993). 이를 대처하는 방법으로서 소르빈산 칼륨을 염도 8% 이하 저염 젓갈에서 kg당 1g 이

하로 첨가하도록 하였으나 인공 보존료 첨가에 의한 유통기한 연장은 한계가 있다. 현재까지 식염 함량이 적은 양념 젓갈에 대하여 유통기한을 연장시키고자 양념 명란 젓갈에 sodium lactate 및 sodium citrate 등의 보존료를 첨가하거나, pH를 조정하여 유통기한을 연장하고(Kim and Lee, 1997), 양념 창란 젓갈에 감마선 조사를 실시하여 미생물학적 품질에 관한 연구가 진행되었다(Jo et al., 2003). 이 밖에도 기능성 포장재 이용, 수분활성도 조정, 고춧가루 살균 또는 오염저감 대책 등의 연구가 많이 이루어져 왔다(Lee, 2001). 이 중 감마선 조사는 식품에 존재할 수 있는 병원성 미생물 및 식중독 유발균에 대하여 에너지를 가함으로써 살균효과를 얻을 수 있는 방사선 조사 중 하나로 Co-60 또는 Cs-137을 에너지원으로 사용하는데 이러한 살균방법은 온도, 습도 및 압력의 영향을 받지 않고 연속처리가 가능하다는 장점을 가지고 있다(Kim and Lee, 1997; Kwon, 1994; Kim et al., 1998).

감마선 조사와 함께 방사선 조사 방법 중의 하나인 전자선 조사는 고전압 전자가속기의 발생회로를 이용하여 얻을 수 있는 전자빔을 이용하는 방법이다. 이는 방사성 동위원소를 이용하는 감마선조사와는 달리 방사성동위원소를 운반, 설치할 필요가 없으면서 전기로 on/off 하는 시설이므로 소비자 수용성이 높고, 처리 시간이 몇 초 정도로 매우 짧아 처리 후 식품의 온도 변화가 거의 없고, 처리 효과가 높은 매우 환경 친화적인 수단이라는 이점을 가지고 있다(Whang, 2003). 비록 감마선에 비해 투과력이 약해 적용 범위가 제한되기는 하나 식품성분 변화를 최소화하고 설비비용이 감마선 조사시설보다 저렴하여 감마선을 대신할 수 있는 방사선원이라 할

수 있다(Kim et al., 1998). 그러나, 국내 식품 방사선 조사 적용연구는 시설의 미비로 인하여 주로 감마선 조사를 위주로 진행되어 왔으며, 전자선 조사 적용연구는 매우 제한적이었다.

따라서 본 연구는 전자선 조사의 산업적 적용을 위하여 오징어 양념 젓갈을 살균할 때 저장기간 동안의 미생물학적 및 관능적 수준에 미치는 영향을 알아보았다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

본 실험의 주재료인 오징어 젓갈과 고춧가루, 마늘, 참깨 등의 부재료는 국내 젓갈 제조회사(H사)에서 실제로 제품 생산에 쓰이는 것들을 중심으로 직접제공 받아 사용하였으며, 이 때 고춧가루, 마늘, 참깨는 국산재료이며, 복합시즈닝 믹스는 감초분말을 주원료로 간장분말, 마늘분말 및 텍스트린이 혼합된 형태였다.

오징어 젓갈은 냉동 상태의 원료가 입고된 후  $-18^{\circ}\text{C}$  이하에서 보관되었다가 해동하여 부재료와 배합하고  $0\pm 2^{\circ}\text{C}$ 에서 20-25일간 숙성시킨 다음 세척과 선별과정을 거쳐 다시  $0\pm 2^{\circ}\text{C}$ 에서 5-7일간 숙성 시킨 후 다시 부재료를 배합하여 2차 조미하여 제조되었다.

### 2. 전자선 조사

전자선 조사는 이비테크(주)(Deajeon, Korea)의 ELV 8 type 전자가속기를 이용하였다. 사용된 전자가속기는 2.5 MeV, 1 mA 조건이었으며 시료대(sample tray, 80×80 cm) 위에 polyethylene bag(14×20 cm)에 포장된 시료를 1.5 cm 이하의 두께로 얇게 펼쳐 컨베이어 시스템을 이용하

여 조사하였다. 이 때 각 시료의 총 흡수선량은 0, 0.5, 1, 2 및 5 kGy를 얻도록 하였다. 전자선 조사 후 시료는 아이스박스에 넣어 실험실로 이동하여  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 0, 1, 2 및 4 주간 냉장 저장하면서 저장기간에 따른 미생물학적 및 관능적 품질을 관찰하였다.

### 3. 수분활성도 측정

오징어 젓갈과 부재료의 수분활성도는 수분활성도 측정기(Thermoconstanter, Novasina FA/KA, Switzerland)를 이용하여 조사하였는데, 시료 20 g을 시료 컵에 넣고 수치의 변화가 30분 이상 일어나지 않은 시점을 최종 수분활성도로 하여 시료 당 3회 반복 시험하여 평균값을 제시하였다.

### 4. 미생물학적 품질 분석

전자선 조사 후 저장기간에 따른 오징어 젓갈과 부재료의 미생물 검사는 일반 호기성 미생물, 효모 및 곰팡이, 그리고 대장균군수를 측정하였다. 시료 10 g에 멸균된 식염수(0.85% NaCl) 90 mL를 첨가하여 Bag mixer<sup>®</sup>(Model 400, Interscience, France)를 사용하여 120초 동안 혼합한 후 10진 희석법으로 희석한 희석액을 각각의 배지에 도말하였다. 젓갈제품 및 부재료의 미생물 분석을 위해 사용한 배지는 일반 호기성 미생물의 경우 Total Plate Count agar(TPC, Difco Laboratories, Sparks, MD, USA)를 사용하였으며, 효모 및 곰팡이 검출을 위한 배지는 멸균된 Yeast & Mold agar(YM agar, Difco Laboratories)에 10% tartaric acid(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 pH 4가 되도록 첨가 후 실험에 사용하였다. 대장균군의 경우 eosin methylene blue agar(EMB, Difco Laboratories)를 사용하였다. 미생물의 증식은 표준한천배양방법으로  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 일

반 호기성 미생물과 대장균군은 48시간, 효모 및 곰팡이는 25°C에서 5일 동안 배양하여 생성된 colony의 수를 계수하여 1 g 당 colony forming unit(CFU/g) 으로 나타내었다.

## 5. 관능검사

전자선 조사 후 젓갈과 부재료에 발생하는 관능의 변화를 소비자 기호도를 기준으로 조사하였다. 식품가공, 분석 및 관능검사에 경험이 있는 관능검사요원 11명을 선발하여 실시하였으며, 9점 척도법을 이용하여 색, 향, 맛, 이취, 조직감, 그리고 종합적 기호도를 조사하였다. 점수는 1점이 매우 좋지 않음, 9점이 매우 좋음으로 하였으며, 이취의 경우 1점이 전혀 이취가 없음, 9점이 매우 심한 이취로 검사하였다. 젓갈제품 제조 시 사용되는 부재료의 전자선 조사에 의한 관능변화도 함께 측정하였으며, 이 때에는 색과 향, 그리고 종합적 기호도만을 조사하였다. 각 관능검사 시 시료는 종이컵에 담아 독립적으로 관능검사요원에게 제시하였다.

## 6. pH

젓갈 및 부재료 1 g 에 9 mL 의 증류수를 가하여 균질(1133×g, 30초)한 후 상층액을 회수하여 filter paper로 여과한 후 pH meter(Orion 520A, Boston, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

## 7. 지방산패도

젓갈 5 g에 15 mL의 증류수를 첨가한 후 산화 방지를 위해 50 µL의 7.2% BHA를 첨가하였다. 혼합액을 1,133×g에서 약 30초간 균질한 후 균질액 1 mL에 미리 제조해 둔 TBA/TCA 용액(20 mM TBA in 15% TCA) 2 mL을 첨가

하고 vortexing 하여 90°C의 물에서 15분간 반응시켰다. 반응시킨 시료를 차가운 물에 10분간 냉각시켜 혼합한 후 원심 분리하여(2,090×g, 15분) 상층액을 취하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 지방산패도는 malondialdehyde/kg sample로 표시하였다.

## 8. 통계분석

모든 실험은 2회 반복 실시하였고, 얻어진 결과들은 SAS software(ver. 9.1, SAS Institute Inc.)에서 프로그램 된 general linear model procedure을 수행하고 유의적인 차이가 보일 때 평균값 간 차이를 Duncan의 다중 검정법을 사용하여 평가하였다 ( $p < 0.05$ ).

## III. 결과 및 고찰

### 1. 미생물학적 품질

전자선 조사한 오징어 젓갈과 부재료의 수분 함량도는 오징어 젓갈의 경우  $0.89 \pm 0.012$ 로 측정되었고, 고춧가루는  $0.56 \pm 0.004$ , 분쇄 마늘은  $0.99 \pm 0.005$ , 참깨는  $0.53 \pm 0.005$ 로 각각 측정되었다.

전자선 조사에 따른 저장기간별 미생물수 변화에 대한 결과를 Table 1에 나타내었다. 오징어 젓갈의 경우 총균수의 초기 오염도는 2.88 log CFU/g 이었는데, 5 kGy의 전자선 조사 직후 1.76 log CFU/g으로 1 log cycle 정도 감소한 것을 볼 수 있다. 효모 및 곰팡이와 대장균군의 경우 초기 오염도가 3.04와 4.20 log CFU/g으로 나타났으나, 2 kGy의 전자선 조사 후 각각 2.44와 2.25 log CFU/g으로 1-2 log cycle 정도 그 수가 감소하였음을 볼 수 있다. 저장 기간별로 살펴보면 2주차 총균수의 경우 5

kGy 조사구에서 검출한계치( $<10^1$ )이하로 나타났고, 4주차에서는 대조구에서 3.70 log CFU/g 이 검출되었으나 5 kGy의 조사구는 1.50 log CFU/g으로 2 log cycle 이상 미생물 수가 감소하였다. 효모 및 곰팡이, 대장균군의 경우 4주차의 대조구는 각각 4.14와 4.09 log CFU/g으로 총균수에 비해 약간 높게 측정되었으나 5 kGy 조사구에서 검출한계치 이하로 나타났음을 볼 수 있다. 전자선을 5 kGy로 조사한 시료에서 저장기간이 증가함에 따라 미생물 수준이 낮아지거나 또는 검출한계치 이하로 나타나는 것은 감마선 조사 후 효과(post-irradiation effect) 때문이라 볼 수 있는데, 이러한 유형의 결과는 다른 연구에서도 일반적으로 보고되는 현상이다 (Kim et al., 2008). 바지락 젓갈의 전자선 조사 효과에 관한 선행연구에서도 5 kGy의 선량의 전자선 조사 직후 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군이 검출한계치 이하로 나타났으며, 저장기

간 동안에도 5 kGy 선량의 전자선은 미생물 저감에 효과가 있는 것으로 나타났다(data not shown). 또한 Song 등(2009a)은 오징어 젓갈에 *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* 및 *Vibrio parahaemolyticus*를 접종한 후 감마선 조사효과를 관찰하였는데 D값이 각각 0.85, 0.83 및 0.25 kGy였으며, 초기 접종균수가  $10^7$  CFU/g 정도이더라도 5 kGy의 선량에서 모두 사멸되었다고 보고하였다. Louise 등(1997)의 보고에 따르면, 전자선 조사에 의해 미생물 세포 내 에너지가 증가함으로써 세포의 항상성 불균형이 발생하여 DNA에 damage를 줌으로써 미생물이 사멸하게 된다고 설명하고 있다. 우육의 미생물 생육에 미치는 효과에 대한 전자선 조사를 연구한 Kim 등(1998)은 3 kGy의 전자선 조사가 5°C에서 저장 8일까지 일반적인 식육의 부패기준인 7 log CFU/g수준에 미치지 않았다고 하였다. Whang(2003)의 연구에 의하면 전자선 조사

Table 1. Effect of electron beam irradiation on the growth of microorganisms (log CFU/g) of Squid Jeotkal during storage at 4°C.

Micro-organism	Storage (wk)	Irradiation dose (kGy)				
		0	0.5	1.0	2.0	5.0
Total aerobic bacteria	0	2.88 <sup>y</sup> ±0.61	2.53±1.74	2.60±0.53	2.17±0.79	1.76±0.55
	1	3.76 <sup>ax</sup> ±0.24	3.19 <sup>b</sup> ±0.27	2.91 <sup>bc</sup> ±0.25	2.67 <sup>c</sup> ±0.51	2.18 <sup>d</sup> ±0.19
	2	3.64 <sup>ax</sup> ±0.44	3.52 <sup>a</sup> ±0.32	1.48 <sup>b</sup> ±1.72	1.43±0.96	ND <sup>1)</sup>
	4	3.70 <sup>ax</sup> ±0.48	3.65 <sup>a</sup> ±0.47	3.35 <sup>ab</sup> ±1.04	2.42 <sup>bc</sup> ±0.33	1.50 <sup>c</sup> ±1.01
Yeast & Mold	0	3.04 <sup>a</sup> ±0.31	2.87 <sup>a</sup> ±0.31	2.37 <sup>a</sup> ±0.32	2.44 <sup>a</sup> ±0.33	1.27 <sup>bxy</sup> ±0.88
	1	4.02 <sup>a</sup> ±0.69	2.37 <sup>bc</sup> ±1.62	3.36 <sup>ab</sup> ±0.79	2.72 <sup>abc</sup> ±0.39	1.38 <sup>cxy</sup> ±0.94
	2	4.33 <sup>a</sup> ±1.22	4.05 <sup>ab</sup> ±1.02	3.20 <sup>abc</sup> ±0.66	2.67 <sup>bc</sup> ±0.87	2.24 <sup>cx</sup> ±0.70
	4	4.14 <sup>a</sup> ±0.96	4.12 <sup>a</sup> ±0.37	3.64 <sup>a</sup> ±0.77	2.14 <sup>b</sup> ±1.45	ND <sup>y</sup>
Coliform	0	4.20 <sup>ax</sup> ±0.25	2.79 <sup>b</sup> ±0.89	2.32 <sup>bc</sup> ±0.17	2.25 <sup>bc</sup> ±0.37	1.34 <sup>cxy</sup> ±1.11
	1	3.25 <sup>ay</sup> ±0.27	2.46 <sup>a</sup> ±1.65	2.96 <sup>a</sup> ±0.82	2.41 <sup>a</sup> ±0.14	2.59 <sup>ax</sup> ±0.37
	2	3.72 <sup>axy</sup> ±0.50	3.90 <sup>a</sup> ±0.45	3.76 <sup>a</sup> ±0.50	2.71 <sup>ab</sup> ±0.40	2.11 <sup>bxy</sup> ±1.48
	4	4.09 <sup>ax</sup> ±0.10	2.53 <sup>a</sup> ±1.77	2.49 <sup>a</sup> ±1.67	2.21 <sup>a</sup> ±1.62	ND <sup>by</sup>

<sup>1)</sup> ND : Viable cell was not detected at a detection limit at  $<10^1$ .

<sup>a-d</sup> Different letters within the same row differ significantly ( $p < 0.05$ ).

(3 kGy 및 5 kGy)에 의해 냉장 돈육의 미생물 증식을 억제하는 확실하고 뚜렷한 살균효과가 있는 것으로 보고하였다. 그러나 Song 등(2009b)에 따르면 같은 수준의 병원성 미생물을 접종하고 같은 흡수선량을 같도록 처리하더라도 전자선과 감마선의 효과가 다르게 나올 수 있어 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 보고한 바 있다.

오징어 젓갈 제조시 주로 사용되는 부재료의 미생물 증식 변화에 대한 결과는 Table 2-3에 나타내었다. 고춧가루의 초기 미생물 수는 총균수가 4.07 log CFU/g, 효모 및 곰팡이가 3.91 log CFU/g, 대장균군이 4.34 log CFU/g의 수준이었다(Table 2). 본 실험에서 고춧가루의 수분 활성도는 0.56으로 미생물이 성장하기에 어려움 환경조건임에도 불구하고, 유통과정 중 오염되는 미생물 수준이 높아 품질관리에 큰 어려움이 있을 수 있는 부재료로 생각된다(Song et al., 2008). 그러나 고춧가루를 0.5 kGy의 전자선 조사로도 총균수가 1 log 정도 감소함을 볼 수 있었고, 2 kGy로 조사 하였을 때는 2-3 log 정도의 감균 효과를 보였으며, 5 kGy 조사 직후에는 검출한계치 이하로 나타났다. 살균 초기뿐만 아니라 오징어 젓갈 저장 기간 중에도 비슷한 결과를 보였는데, 저장 2주차 결과에서 비조사구의 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군의 수가 각각 3.71, 3.66 및 3.51 log CFU/g이었고, 5 kGy 조사구에서 1 log 이상 감소하는 경향을 나타내었다. 분쇄 마늘의 경우 초기 미생물 수에서 총균수와 효모 및 곰팡이, 대장균군이 각각 4.41, 4.48 및 4.32 log CFU/g으로 다른 부재료들과 비슷하였으며, 전자선 조사 직후 미생물 수의 변화에서도 5 kGy 조사한 경우 검출한계치 이하로 검출되었다(Table 3). 한편 저장 기간 중 미생물 수 변화를 살펴보면, 비조사구에

서도 2-3 log 정도가 감소하는 것으로 나타났다(Table 3). 이는 마늘이 원래 가지고 있는 항균 효과 때문인 것으로 생각된다. Sheo(1999)는 마늘즙의 농도를 0.5-2.5%로 하여 *Vibrio parahaemolyticus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*에 대한 증식억제율을 연구하였는데, 각각 36.7-100%, 75.1-88.0%, 57.1-71.9%가 억제되었다고 보고하고 있다. 김 등(2007)의 연구에서 마늘대추추출액(GSJ)의 *Listeria monocytogenes*에 대한 항균실험을 한 결과 증류수에 2.5%의 GSJ를 첨가한 처리군에서 대조구와 비교했을 때 약 2-3 log CFU/mL 정도의 강력한 성장 억제 효과를 보였다고 하였고, 5% 첨가한 처리군에서는 2.5% 보다 더욱 강력한 억제효과를 보였다고 하였다. 본 연구의 결과에서 나타난 비조사구 마늘에서의 미생물 감소도 이러한 마늘의 항균효과 때문인 것으로 사료된다. 참깨의 경우 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군 수의 결과가 모두 검출한계치 이하로 검출되었으며(data not shown), 4 주 저장기간 동안 효모 및 곰팡이가  $10^2$  CFU/g정도 검출되었다. 참깨의 수분활성도는  $0.53 \pm 0.005$ 으로 미생물의 성장, 번식이 가능한 0.80 정도의 수치에는 훨씬 못 미치는 수준이다. 따라서 총균수와 대장균군은 생존할 수 없는 환경으로 그 수가 관찰되지 않은 것으로 보이며, 효모 및 곰팡이에서는 0.65 전후의 수분활성도에서 성장 가능한 일부 내건성 곰팡이와 0.60 정도의 낮은 수분활성도에서 성장할 수 있는 내삼투압성 효모의 작용 때문에 관찰된 것으로 판단된다.

## 2. pH 및 지방산패도

오징어 젓갈의 pH는 Table 4에 나타내었다. 전자선 조사 직후 pH는 5.76-5.77로 나타났으며,

Table 2. Effect of electron beam irradiation on the growth of microorganisms (log CFU/g) of red hot pepper powder during storage at 4°C

Micro-organism	Storage (wk)	Irradiation dose (kGy)				
		0	0.5	1.0	2.0	5.0
Total aerobic bacteria	0	4.07 <sup>a</sup> ±0.93	3.10 <sup>ab</sup> ±0.29	2.75 <sup>bc</sup> ±0.58	1.91 <sup>cdy</sup> ±0.57	ND <sup>(d1)</sup>
	1	4.88 <sup>a</sup> ±1.12	3.52 <sup>b</sup> ±0.75	3.00 <sup>b</sup> ±0.46	3.00 <sup>bx</sup> ±0.64	2.34 <sup>b</sup> ±1.23
	2	3.71 <sup>a</sup> ±0.33	3.15 <sup>b</sup> ±0.25	3.00 <sup>b</sup> ±0.31	3.15 <sup>bx</sup> ±0.25	2.40 <sup>c</sup> ±0.33
	4	3.47 <sup>a</sup> ±0.30	2.21 <sup>ab</sup> ±1.50	3.12 <sup>ab</sup> ±0.18	2.30 <sup>abxy</sup> ±1.74	1.23 <sup>b</sup> ±1.44
Yeast & Mold	0	3.91 <sup>a</sup> ±0.74	2.74 <sup>aby</sup> ±0.45	2.15 <sup>b</sup> ±0.43	1.86 <sup>b</sup> ±1.24	ND <sup>c</sup>
	1	4.13 <sup>a</sup> ±1.17	3.15 <sup>abx</sup> ±0.13	2.89 <sup>b</sup> ±0.21	2.27 <sup>b</sup> ±0.14	ND <sup>c</sup>
	2	3.66 <sup>a</sup> ±0.22	3.24 <sup>abx</sup> ±0.17	2.83 <sup>b</sup> ±0.30	2.78 <sup>b</sup> ±0.44	ND <sup>c</sup>
	4	3.49 <sup>a</sup> ±0.53	3.04 <sup>ax</sup> ±0.31	2.83 <sup>a</sup> ±0.40	2.87 <sup>a</sup> ±0.93	ND <sup>b</sup>
Coliform bacteria	0	4.34 <sup>ax</sup> ±0.27	2.95 <sup>bxy</sup> ±0.12	2.46 <sup>bc</sup> ±0.39	2.44 <sup>bc</sup> ±0.47	2.11 <sup>c</sup> ±0.67
	1	3.77 <sup>axy</sup> ±0.33	2.43 <sup>aby</sup> ±1.68	2.65 <sup>ab</sup> ±0.28	2.66 <sup>ab</sup> ±0.36	1.19 <sup>b</sup> ±1.02
	2	2.97 <sup>ay</sup> ±0.21	3.51 <sup>ax</sup> ±0.53	2.86 <sup>a</sup> ±0.47	2.62 <sup>a</sup> ±0.34	1.27 <sup>b</sup> ±0.95
	4	3.44 <sup>xy</sup> ±0.58	2.08 <sup>z</sup> ±1.41	2.33±1.58	2.18±1.56	1.69±1.15

<sup>1)</sup>ND : Viable cells was not detected at a detection limit at  $<10^1$ .

<sup>a-d</sup>Different letters within the same row differ significantly (P<0.05).

Table 3. Effect of electron beam irradiation on the growth of microorganisms (log CFU/g) of ground garlic during storage at 4°C

Micro-organism	Storage (wk)	Irradiation dose (kGy)				
		0	0.5	1.0	2.0	5.0
Total aerobic bacteria	0	4.41 <sup>ax</sup> ±0.06	3.33 <sup>bx</sup> ±0.12	1.65 <sup>cx</sup> ±0.25	ND <sup>d</sup>	ND <sup>(d1)</sup>
	1	2.38 <sup>y</sup> ±1.60	2.08 <sup>xy</sup> ±1.09	2.31 <sup>x</sup> ±0.89	1.74±2.05	ND
	2	2.66 <sup>ayz</sup> ±0.59	ND <sup>by</sup>	ND <sup>by</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>
	4	1.19 <sup>az</sup> ±0.96	ND <sup>by</sup>	ND <sup>by</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>
Yeast & Mold	0	4.48 <sup>ax</sup> ±0.07	3.72 <sup>bx</sup> ±0.44	1.95 <sup>cx</sup> ±0.09	1.32 <sup>dx</sup> ±0.34	ND <sup>e</sup>
	1	4.61 <sup>ax</sup> ±0.40	3.48 <sup>ax</sup> ±2.33	1.19 <sup>bxy</sup> ±0.85	1.24 <sup>bxy</sup> ±0.86	ND <sup>b</sup>
	2	2.39 <sup>ay</sup> ±1.68	1.07 <sup>aby</sup> ±0.15	ND <sup>aby</sup>	ND <sup>aby</sup>	ND <sup>b</sup>
	4	2.44 <sup>ay</sup> ±1.86	2.37 <sup>axy</sup> ±1.61	1.46 <sup>abx</sup> ±0.98	ND <sup>aby</sup>	ND <sup>b</sup>
Coliform bacteria	0	4.32 <sup>ax</sup> ±0.29	3.29 <sup>ax</sup> ±0.27	1.55 <sup>b</sup> ±1.10	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>
	1	2.68 <sup>axy</sup> ±1.86	1.22 <sup>aby</sup> ±0.87	1.22 <sup>ab</sup> ±0.87	ND <sup>ab</sup>	ND <sup>b</sup>
	2	2.39 <sup>axy</sup> ±1.65	1.07 <sup>by</sup> ±0.83	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>
	4	1.75 <sup>ay</sup> ±1.26	1.82 <sup>axy</sup> ±1.36	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>ND : Viable cells was not detected at a detection limit at  $<10^1$ .

<sup>a-e</sup>Different letters within the same row differ significantly (P<0.05).

Table 4. Effect of electron beam irradiation on the pH of *Squid Jeotkal* during storage at 4°C

Storage (wk)	Irradiation dose (kGy)				
	0	0.5	1.0	2.0	5.0
0	5.76 <sup>abx</sup> ±0.005	5.76 <sup>bx</sup> ±0.005	5.76 <sup>abx</sup> ±0.005	5.77 <sup>ax</sup> ±0.005	5.76 <sup>abx</sup> ±0.005
1	5.69 <sup>cy</sup> ±0.000	5.68 <sup>cy</sup> ±0.005	5.71 <sup>by</sup> ±0.005	5.71 <sup>by</sup> ±0.005	5.72 <sup>ay</sup> ±0.005
2	5.66 <sup>bz</sup> ±0.005	5.67 <sup>aby</sup> ±0.005	5.66 <sup>bz</sup> ±0.005	5.68 <sup>az</sup> ±0.005	5.63 <sup>cz</sup> ±0.005
4	5.65 <sup>cz</sup> ±0.005	5.67 <sup>by</sup> ±0.000	5.64 <sup>cz</sup> ±0.005	5.68 <sup>az</sup> ±0.005	5.64 <sup>cz</sup> ±0.011

<sup>a-c</sup>Different letters within the same raw differ significantly ( $p<0.05$ ).

Table 5. Sensory scores of electron beam-irradiated *Squid Jeotkal* during storage at 4°C.

Storage (wk)	Sensory parameter <sup>1)</sup>	Irradiation dose (kGy)				
		0	0.5	1.0	2.0	5.0
0	Color	5.33±0.98 <sup>2)</sup>	5.25±0.87	5.33±0.98	5.33±0.98	5.33±0.98
	Odor	5.33±0.78	5.33±0.78	5.33±0.78	5.33±0.89	5.33±0.78
	Taste	5.58±0.90	5.25±1.22	5.16±1.27	5.00±1.41	5.08±1.38
	Off-flavor	4.41±2.19	4.41±2.19	4.33±2.19	4.33±2.19	4.41±2.19
	Texture	5.16±1.19	5.00±1.35	4.91±1.38	5.00±1.71	5.16±1.34
	Acceptability	5.41±0.79	5.16±1.11	4.91±1.08	5.16±1.11	5.25±1.06
1	Color	5.50±0.85	5.30±0.67	5.30±0.95	5.50±0.85	5.50±0.85
	Odor	5.30±1.06	5.10±0.88	5.40±0.97	5.30±1.06	5.30±1.06
	Taste	5.40±1.17	5.30±0.95	5.00±1.33	4.80±1.40	4.80±1.23
	Off-flavor	5.10±1.20	5.10±1.12	5.30±1.25	5.30±1.34	5.30±1.06
	Texture	5.60±1.07	5.30±1.25	5.40±1.17	4.90±1.10	4.60±1.58
	Acceptability	5.50±1.08	5.50±1.08	5.20±1.40	5.00±1.15	4.70±1.25
2	Color	5.50±1.18	5.40±0.52	5.70±1.06	5.70±1.06	5.70±1.06
	Odor	4.90±1.29	5.10±1.10	4.90±0.99	5.10±1.10	5.20±1.14
	Taste	5.00±1.49	4.80±1.69	5.30±1.42	5.40±1.17	5.20±1.23
	Off-flavor	5.10±0.99	5.40±1.58	5.40±1.35	5.50±1.43	5.30±1.34
	Texture	5.20±1.32	4.90±1.85	4.90±1.91	5.00±1.76	5.00±1.33
	Acceptability	5.40±1.17	5.00±1.70	5.20±1.62	5.10±1.45	5.10±1.37
4	Color	5.42±0.79	5.57±0.79	5.28±1.25	5.14±1.35	5.28±1.25
	Odor	5.42±0.53	5.57±0.79	5.71±0.76	5.85±0.69	5.57±0.79
	Taste	5.28±1.11	6.00±1.15	5.71±0.76	5.28±1.60	5.42±1.40
	Off-flavor	5.71±1.38	5.85±1.21	5.85±1.21	5.28±0.95	5.28±0.95
	Texture	5.57±0.79	5.42±1.27	5.85±0.90	5.28±0.95	5.42±1.27
	Acceptability	5.14±0.90	5.85±0.90	5.42±0.98	5.14±1.07	5.14±1.07

<sup>1)</sup>Sensory analysis was performed using 9 point hedonic scale (1: strongly unacceptable, 9: strongly acceptable) with 11 sensory panelists. For off-flavor score was used as 1, no off-flavor, 9, very strong off-flavor.

<sup>2)</sup>Mean±standard deviation.



저장 기간 중 pH의 변화를 살펴보면 5.64-5.72의 범위에서 유의적으로 낮아지는 것으로 나타났다. 일반적으로 젓갈의 pH는 5.5-6.5의 범위를 갖는 것으로 알려져 있으며(Ahn et al., 2000), 김 등(2000)의 멸치액젓의 위생적 품질향상을 위한 감마선 조사기술 이용에 관한 연구에서 감마선 조사는 멸치액젓의 pH에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다고 기술하였다. 본 연구에서는 전자선 조사에 의한 pH 변화가 일관성이 없게 나타났으나, 2 kGy 선량에서 높게 유지되는 것으로 보여 전자선에 의한 살균효과로 pH 변화가 적어진 것으로 판단된다.

TBARS값은 방사선 조사선량에 의해 증가할 수 있으며, 식품의 저장기간 동안에도 증가하는 것이 일반적이다. 본 실험에서 오징어 젓갈의 TBARS값은 저장기간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나 선량증가에 따른 값의 증가와는 일치하지 않았다(data not shown). 일반적으로 전자선에 에너지 형태로 식품에 투입될 경우 산화반응을 촉진시키고, 전자선 조사를 하면 과산화물이나 많은 자유라디칼(free radical)들을 생산해 낼 수 있다고 보고된 바 있다(Du et al., 2001; Nam et al., 2001). 그러나 젓갈과 같이 많은 부재료가 첨가되고 복잡한 시스템에서는 지방 산패가 다른 여러 가지 요인들에 의해 영향을 받을 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 관능적 품질

관능적 품질은 소비자가 제품을 소비함에 있어 가장 큰 영향을 미치는 부분이라 할 수 있다. 오징어 젓갈과 그 부재료의 관능적 품질을 4주간 냉장 저장하면서 관찰한 결과를 Table 5에 나타내었다. 0주차의 결과에서 전자선 조사 선량에 따른 결과는 유의적인 차이가 없었으며,

저장 기간 1주 이후 off-flavor의 경우 다른 항목의 점수에 비해 1점 정도 높게 측정되었는데, 이는 저장 중 발생하는 오징어 젓갈 특유의 비린 냄새 때문인 것으로 판단된다. 저장기간에 따른 품질변화를 살펴보면 전자선 조사에 의한 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 부재료에 대한 관능학적 품질의 결과도 젓갈과 마찬가지로 전자선 조사선량에 따른 유의적인 차이는 없었으나, 저장기간에 따른 결과에서는 양과외의 경우 4주차에서 색깔에 대한 점수가 낮게 측정되었는데, 갈아놓은 양과의 갈변현상으로 색깔이 변했기 때문인 것으로 생각된다(data not shown).

Min 등(1999)의 연구에서는 신선 돈육과 조리육에 대하여 2 kGy까지 저선량의 전자선 조사는 향기, 불쾌취, 육색 그리고 기호성에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한 Ko 등(2005)의 연구에서도 2, 4 kGy의 저선량 및 8, 12, 16 kGy의 고선량의 전자선을 건조된 오징어에 조사한 후 관능적 품질에 대한 검사를 실시한 결과 조사된 시료와 대조구 사이에 있어서 색, 냄새, 맛 및 종합적 기호도 측면에서 유의적 차이가 없는 것으로 나타나 본 연구의 결과를 잘 뒷받침 해주고 있다.

현재 식품의 비가열 살균 방법으로 이용되고 있는 훈증제 처리 등의 방법은 식품 고유의 색이나 냄새 성분을 변화시키거나 제거한다고 알려져 있다(Lee et al., 2004). 이러한 식품의 살균온도가 제한을 받을 때 가장 좋은 대체 처리 방법으로 감마선 조사가 활발히 연구되었으며, 본 연구 결과 전자선 조사 또한 식품의 관능적 품질의 변화 없이 미생물을 효과적으로 제어할 수 있는 살균방법이라 판단된다. 추후 각 식품 특성과 경제성에 맞는 방사선의 종류를 사용한

다면 우리 전통식품의 세계화에 필수적인 유통 안정성을 개선할 수 있을 것으로 생각된다.

#### 4. 요약

본 연구는 전자선 조사기술을 이용하여 우리나라 전통 발효 식품인 젓갈류 중 오징어젓갈의 유통 안정성을 확보하고자 실시되었다. 저장성 감소에 가장 문제가 될 수 있는 총균수, 효모 및 곰팡이, 대장균군 등의 미생물에 대해 5 kGy 선량까지의 전자선 조사는 1-2 log cycle 정도의 감균효과를 나타내었고, 5 kGy 전자선 조사를 통해 검출한계치 이하로 측정되었다. 관능적 품질에 대한 결과에서도 모든 처리군에 대하여 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났으며, 이는 젓갈뿐만 아니라 젓갈 제조시 사용되는 부재료에서도 유사한 경향을 나타내었다. pH 측정 결과 젓갈의 pH가 전자선 조사시 대조구에 비해 오래 유지되는 것을 볼 수 있었다. 따라서 전자선 조사는 젓갈의 미생물을 효과적으로 제어하고, 이취 및 이미 등의 발생이 없이 우수한 관능적 품질을 유지하므로 저염 오징어 젓갈의 유통 안정성을 확보할 수 있는 살균 방법이라 사료된다.

#### 참고문헌

- Ahn, H.J., Lee, C.H., Lee, K.H., Kim, J.H., Cha, B.S., and Byun, M.W. 2000. Processing of low salted and fermented shrimp using gamma irradiation before optimum fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32:1107-1113.
- Cha, S.K., Ahn, J.S., and Ahn, B.H. 2001. Searching and preservation of microbial resources from traditional fermented foods. *Food Ind. Nutr.* 6:60-66.
- Du, M., Nam, K.C., and Ahn, D.U. 2001. Cholesterol and lipid oxidation products in cooked meat as affected by raw-meat packaging and irradiation and by cooked-meat packaging and storage time. *J. Food Sci.* 66:1396-1401.
- Ha, S.D. and Kim, A.J. 2005. Technological trends in safety of *Jeotgal*. *Food Sci. Ind.* 38:46-64.
- Han, J.S., Cho, H.R., and Cho, H.S. 2005. Study for the establishment of the quality index of low-salted *Myungran-jeot*. *Korean J. Food Cookery Sci.* 21:440-446.
- Jo, C., Kim, D.H., Lee, W.D., Lee, J.W., and Byun, M.W. 2003. Application of gamma irradiation on manufacturing *Changranjeotgal* (aged and seasoned intestine of Alaska pollack) microbiological and sensory characteristics. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32:673-678.
- Kim, B., Jang, A., Song, H.P., Kim, Y.J., Ko, B.H., and Jo, C. 2008. Microbiological quality of Myungran Jeotkal and its ingredients and improvement of shelf-stability by gamma irradiation. *Korean J. Food Preserv.* 15:606-611.
- Kim, D.S., Kim, Y.M., Koo, J.G., Lee, Y.C., and Do, J.R. 1993. A study of shelf-life of seasoned and fermented squid. *Bull. Korean Fish. Soc.* 26:13-20.
- Kim, J.E., Choi, N.H., and Kang, S.C. 2007. Anti-listerial properties of garlic shoot juice at growth and morphology of *Listeria monocytogenes*. *Food Control* 18:1198-1203.
- Kim, J.H., Ahn, H.J., Kim, J.O., Ryu, G.H., Yook, H.S., Lee, Y.N., and Byun, M.W. 2000. Sanitation and quality improvement of salted and fermented anchovy sauce by gamma irradiation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*

- 29:1035-1041.
11. Kim, S.M. and Lee, K.T. 1997. The shelf-life extension of low-salted *Myungran-jeot* 1. The effects of pH control on the shelf-life of low-salted *Myungran-jeot*. J. Korean Fish. Soc. 30:459-465.
  12. Kim, W.S., Chung, M.S., and Ko, Y.T. 1998. Effects of low dose gamma ray and electron beam irradiation on growth of microorganism in beef during the refrigerated storage. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 18:232-239.
  13. Kim, Y.M., Kang, M.C., and Hong, J.H. 1995. Quality evaluation of low-salt fermented seafoods. J. Korean Fish. Soc. 28:301-308.
  14. Ko, J.K., Ma, Y.H., and Song, K.B. 2005. Effect of electron beam irradiation on the microbial safety and qualities of sliced dried squid. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34:433-437.
  15. Kwon, J.H. 1994. Advances in food irradiation and it's potential roles in Korea. J. Food Hyg. Safe. 9:S35-S49.
  16. Lee, J.H., Sung, T.H., Lee, K.T., and Kim, M.R. 2004. Effect of gamma-irradiation on color, pungency, and volatiles of Korean red pepper powder. J. Food Sci. 69:C585-C592.
  17. Lee, W.D. 2001. Recent development of *Jeotgal* (Traditional Korean fermented seafood) and its future. Food Ind. Nutr. 6:23-27.
  18. Louise, M.F., Paul, E.C., and Alistair, S.G. 1997. The effect of electron beam irradiation, combined with acetic acid, on the survival and recovery of *Escherichia coli* and *Lactobacillus curvatus*. Int. J. Food Microbiol. 35:259-265.
  19. Min, J.S., Kim, I.S., and Lee, M. 1999. Effects of electron beam radiation on the microflora and sensory characteristics of pork loin. Korean J. Food Sci. Technol. 31:746-750.
  20. Nam, K.C., Ahn, D.U., Du, M., and Jo, C. 2001. Lipid oxidation, color, volatiles, and sensory characteristics of aerobically packaged and irradiated pork with different ultimate pH. J. Food Sci. 66:1225-1229.
  21. Sheo, H.J. 1999. The antibacterial action of garlic, onion, ginger and red pepper juice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28:94-99.
  22. Song, B.S., Park, J.N., Kim, J.H., Shin, M.H., Byun, M.W., Kwon, J.H., and Lee, J.W. 2008. Quality changes of *Kongnamul Muchim* (Cooked Soybean Spouts) stored with gamma-irradiated red pepper powder. Korean J. Food Preserv. 15:642-647.
  23. Song, H.P., Kim, B., Kim, Y.J., Lee, K.H., Kwon, J.H., and Jo, C. 2009a. Radiation sensitivity of 3-strain cocktail pathogens inoculated into seasoned and fermented squid and enhancement of microbial safety by irradiation. J. Food Safety (In Press).
  24. Song, H.P., Kim, B., Yun, H., Kim, D.H., Kim, Y.J., and Jo, C. 2009b. Inactivation of 3-strain cocktail pathogens inoculated into *Bajirak Jeotkal*, salted, seasoned, and fermented short-necked clam (*Tapes pilppinarum*) by gamma and electron beam irradiation. Food Control 20:580-584.
  25. Whang, K. 2003. Effect of different conveyer speed of electron beam irradiation on the oxidative and microbiological stability of ground pork during refrigeration. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 23:50-55.