

감마선 조사된 저염 오징어젓갈 발효의 미생물균총 특성

김동호 · 김재훈 · 육홍선 · 안현주 · 김정옥* · 손천배** · 변명우
한국원자력연구소 방사선식품생명공학연구팀, *세종대학교 가정학과, **충남대학교 식품영양학과

Microbiological Characteristics of Gamma Irradiated and Low-Salted Fermented Squid

Dong-Ho Kim, Jae-Hun Kim, Hong-Sun Yook, Hyun-Joo Ahn, Jung-Ok Kim*,
Cheon-Bae Sohn** and Myung-Woo Byun

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

*Department of Home Economics, King Sejong University,

**Department of Food Science and Nutrition, Chungnam National University

Abstract

Microbiological characteristics of gamma irradiated low salt squid *Jeot-gal* were examined. Following the fermentation periods, total bacterial cell, *Lactobacillus* spp., *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Pseudomonas* spp. and yeast cell number were counted on their selective media and some acid forming bacteria and *Pseudomonas* spp. were identified. As the gamma irradiation dose increased, the microbial density of early fermentation phase was reduced and the growth rate was delayed. The repression effects on microbiological growth by gamma irradiation were to be higher as salt concentration increased. Adequate conditions of salt concentration and gamma irradiation for low-salt squid *Jeot-gal* preparation were 10% and 10 kGy, respectively. *Lactobacillus* sp. 2, *Micrococcus varians* and *Streptococcus* sp. 1 were isolated from 5% salt containing squid *Jeot-gal*, and *Micrococcus morrhuae* was from 20% only while *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus brevis* were widespread. *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus halophilus* and *Pseudomonas diminuta* were sensitive and *Lactobacillus plantarum*, *Micrococcus morrhuae* and *Pseudomonas* sp. 3 were resistant to gamma irradiation. The diversity of microflora decreased as salt concentration decreased and gamma irradiation dose increased.

Key words : squid, *Jeot-gal*, low salt, fermentation, microflora, irradiation

서 론

우리나라의 전통 수산발효식품의 하나인 오징어젓갈은 연간 약 1,700톤 이상이 생산되는 제품으로 우리나라 젓갈 총생산량의 10% 정도를 차지하고 있다⁽¹⁾. 오징어 젓갈은 주로 조미용으로 사용되는 새우젓이나 멸치젓과는 달리 고유의 질감과 맛으로 양념과 함께 직접 섭취하는 식품으로 기호도가 높아 생산량 또한 계속적으로 증가하고 있다. 현재 우리나라에서 유통되고 있는 오징어젓갈은 20%이상의 고염에서 장기간 발효시킨 후 향신료와 조미료를 첨가하여 가공 포장한 재래식 제품과 오징어에 여러 가지 조미향신료를 첨가하여 단기간 숙성시킨 염도 8%수준의 개량제품으로

구분할 수 있다⁽²⁾. 재래식 제품은 약 20%의 고염에서 장기간 발효를 진행하므로 발효식품 고유의 풍미에서 높은 선호도를 보이나 염의 함량이 높아 소비의 제한 요소가 되고 있으며, 개량제품은 염 농도를 7~8% 수준으로 낮추어 염의 함량 면에서는 상당한 개선을 보였으나 저염화에 따른 발효공정의 안정을 위하여 과다한 조미재료, 당, 보존료 등을 처리하고 숙성기간도 한 달 정도로 제한되어 사실상 발효식품으로서의 풍미보다는 조미 어육제품의 수준에 그치는 아쉬움이 있다⁽³⁾. 따라서 젓갈 고유의 풍미를 유지하면서도 염의 식이제한을 위한 저염 오징어젓갈의 개발에 대한 필요성이 커지고 있다. 이러한 요구에 의하여 젓갈에 alcohol⁽⁴⁾, sorbitol과 monoglyceride⁽⁵⁾, maltitol⁽⁶⁾, lactic acid⁽⁷⁾, glycerin과 xylose⁽⁸⁾등의 첨가제를 이용하거나 저온숙성⁽⁹⁾, 수분활성 조절⁽¹⁰⁾ 등의 방법으로 저염 제품을 제조하려는 연구가 다양하게 시도되었다. 그러나 이러

Corresponding author : Myung-Woo Byun, Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute, P.O. Box 105 Yusong, Taejeon 305-600, Korea

한 방법의 대부분은 첨가물에 의한 젓갈 고유의 품미 저하가 문제로 지적되었으며 저온숙성이나 수분활성의 조절 등은 산업적인 현장 적용이 어렵고 공정비용의 상승요인이 크다는 것 등이 문제점으로 제시되었다.

최근 식품 위생화의 새로운 방법으로 대두되고 있는 방사선 조사는 제품을 완포장한 상태로 연속 살균 처리가 가능하고, 살균처리 후 재포장에 따른 2차 오염을 방지할 수 있으며 식품의 품온상승에 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 있고 이미 농산물과 분말식품 등의 보존에는 이 기술이 적용되고 있다⁽¹⁾. 한편, 방사선 조사는 미생물에 대한 냉온살균의 매우 효과적인 방법으로 미생물의 발효에 의하여 진행되는 발효식품의 제조 공정에 이를 적용할 경우 초기 미생물의 제어나 미생물의 선택적 배양을 통하여 제품의 품질과 발효속도 등을 조절할 수 있는 효과가 기대되거나 이에 관한 보고는 아직 찾아보기가 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 발효식품으로서의 향미특성이 우수하나 고농도의 염분이 식이제한 요소가 되는 재래식 오징어젓갈을 저염화하기 위한 방법으로 저염 오징어젓갈의 제조공정에 대한 방사선 조사 기술의 적용 가능성을 살펴보고자 하였으며 이 연구의 일환으로 방사선 조사시 발효식품의 품질과 발효속도의 지표가 되는 미생물 집단의 성장을 조사하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

오징어(Squid, *Todarodes pacificus*)는 1999년 4월 대전시 농수산물 도매시장에서 구입하였으며 소금은 한주산업(주)의 정제염을 사용하였다. 미생물 배양을 위한 배지는 Difco와 Merck 제품을, 미생물의 생리특성 시험을 위한 일반시약은 특급 제품을 사용하였다.

오징어젓갈의 제조

오징어의 내장과 연골부분을 제거하여 평균 5×70 mm의 크기로 세절한 후 3% 식염수로 깨끗이 세척하였다. 세척이 끝난 오징어는 수분을 제거하고 각각 5%, 10%, 20%의 식염농도가 되도록 식염을 혼합하여 4°C에서 12시간동안 침적하였으며, 침적시 유출된 수분을 제거하여 병입한 뒤 방사선을 조사하였다.

방사선 조사

방사선 조사는 한국원자력연구소의 선원 10만 Ci, Co-60 감마선 조사시설을 이용하여 실온에서 분당 70 Gy의 선량율로 각각 0, 2.5, 5, 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량 확인은 ceric cerous dosimeter를 사용하였고 총 흡수선량의 오차는 ±0.2 kGy였다. 감마선을 조사한 시료는 비조사 대조시료와 함께 15°C에서 발효 저장하였다.

미생물의 분리

젓갈의 발효 여액 1 mL를 멸균 식염수(NaCl, 5%)에 희석한 다음 5%의 식염을 함유한 선택배지에 pour plating 방법으로 접종하고 적정온도에서 3~5일간 배양하여 생성된 colony의 수를 colony counter(IPI Inc., U.S.A.)를 이용하여 계수하였다. 총세균은 nutrient agar(Difco)를, 효모는 lactic acid(2.5 mL/L)와 chloramphenicol(100 mg/L)을 첨가한 YM agar(Difco)를, *Pseudomonas*는 GSP agar(Merck)를, *Staphylococcus*는 Chapman agar(Merck)를, *Streptococcus*는 Azide dext-

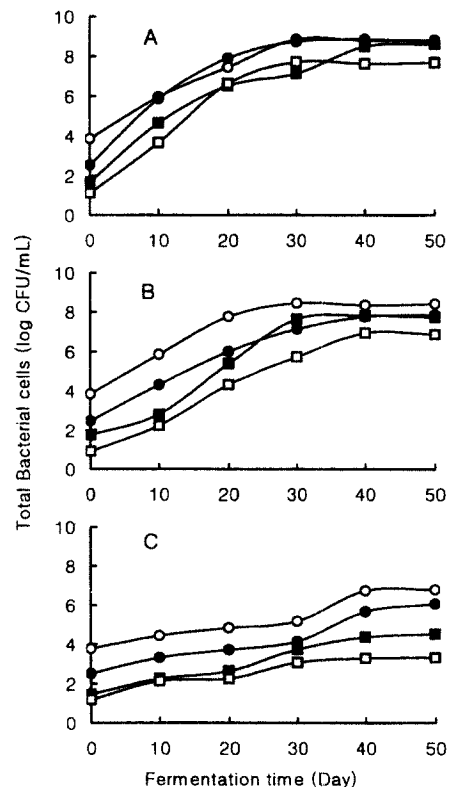


Fig. 1. Changes of total bacterial cell number in gamma irradiated and 5%(A), 10%(B) and 20%(C) salted squid during fermentation for 50 days at 15°C. Symbols: ○, no irradiation; ●, 2.5 kGy; ■, 5.0 kGy; □, 10.0 kGy

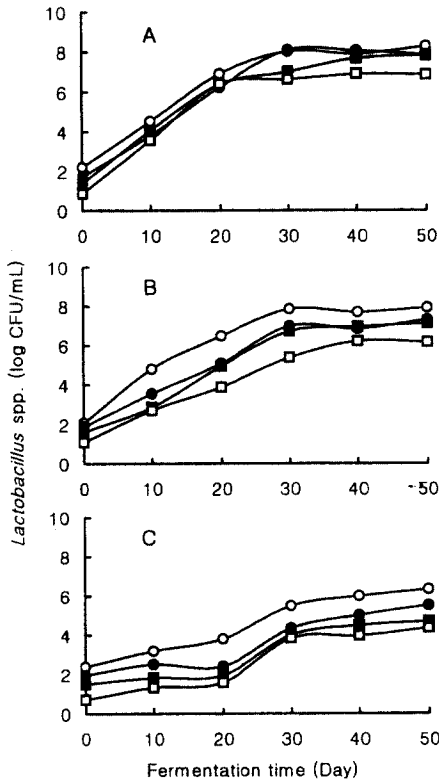


Fig. 2. Changes of *Lactobacillus* spp. in gamma irradiated and 5%(A), 10%(B) and 20%(C) salted squid during fermentation for 50 days at 15°C. Symbols: ○, no irradiation; ●, 2.5 kGy; ■, 5.0 kGy; □, 10.0 kGy

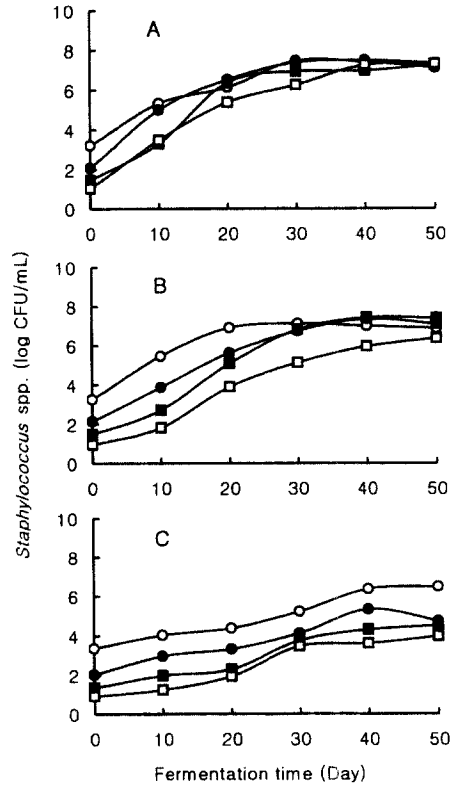


Fig. 3. Changes of *Staphylococcus* spp. in gamma irradiated and 5%(A), 10%(B) and 20%(C) salted squid during fermentation for 50 days at 15°C. Symbols: ○, no irradiation; ●, 2.5 kGy; ■, 5.0 kGy; □, 10.0 kGy

rose agar(Difco)를 선택배지로 사용하였다. *Lactobacillus* 는 0.002%의 bromophenol blue를 첨가한 MRS agar (Difco) 배지에서 colony 주변에 노란색의 환을 형성하고 catalase 시험에 음성반응을 나타내는 것을 분리하였다.

미생물 동정

발효 40일된 젓갈을 시료로 하여 *Lactobacillus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* 그리고 *Pseudomonas*속 균주의 선택배지에서 분리된 100개 내외의 colony를 순수 배양한 다음 속(genus) 단위의 분류를 실시하였으며 이 중, 잠정적으로 동정이 가능한 것은 그 종을 기재하였다. 분리균주의 특성을 형태 관찰, gram stain, catalase test, carbohydrate fermentation/oxidation test, API system(BioMerieux, France) 등을 통하여 조사하고 그 결과를 API system의 Index와 Bergey's Manual of Systematic Bacteriology⁽¹²⁾에 준하여 잠정 동정하였다.

결과 및 고찰

미생물의 변화

염 농도와 감마선 조사 선량을 달리한 각 실험구의 총세균, *Lactobacillus* spp., *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Pseudomonas* spp. 그리고 효모의 성장 변화를 Fig. 1~6에 나타내었다. 총균수(Fig. 1)는 감마선 조사를 하지 않은 경우 발효초기 10⁴CFU/mL에서 지속적으로 증가하여 발효 40일째에 염도 5%와 10%에서는 10⁸CFU/mL까지, 염도 20%에서는 10⁷CFU/mL까지 성장하였다. 감마선을 조사한 경우 초기의 총균수는 비조사구의 10⁴CFU/mL에서 유의적으로 감소하여 2.5 kGy에서는 10²CFU/mL, 5 kGy 및 10 kGy에서는 10¹CFU/mL의 분포를 보여주었다. 그러나 염도 5% 실험구에서의 총균수는 숙성완료 시점에 이르러 비조사구와 2.5 kGy, 5.0 kGy의 감마선 조사구가 거의 동일한 수준을 나타내었으며, 10 kGy의 감마선

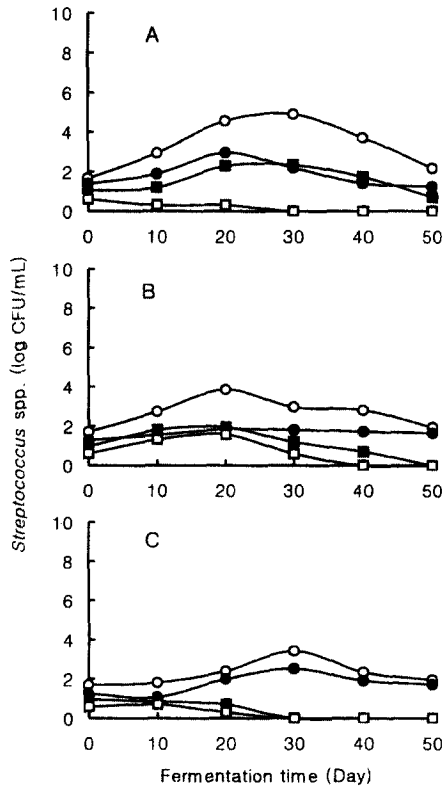


Fig. 4. Changes of *Streptococcus* spp. in gamma irradiated and 5%(A), 10%(B) and 20%(C) salted squid during fermentation for 50 days at 15°C. Symbols: ○, no irradiation; ●, 2.5 kGy; ■, 5.0 kGy; □, 10.0 kGy

조사구에서만 1 log cycle의 차이를 나타내었다. 이에 비하여 10%의 염도에서는 비조사구와 10 kGy 조사구 간에 2 log cycles의 차이가 관찰되었고 20%의 염도에서는 비조사구와 10 kGy 조사구간에 4 log cycles의 차이가 나타나 염도가 증가할수록 감마선의 조사가 미생물의 성장을 저해하는 효과가 커짐을 알 수 있었다. 이를 다시 각 실험구의 총미생물 성장율(growth rate, k)과 평균 세대시간(generation time, g)으로 살펴본 결과(Table 1) 감마선 조사에 의한 초기 미생물의 감소에도 불구하고 5%의 염도에서는 감마선 조사구의 미생물 성장율이 커져서 결국 발효후기에는 비조사구와 비슷한 미생물의 성장밀도를 보였으며, 염도10%-10 kGy, 염도 20%-2.5 kGy, 염도 20%-5.0 kGy의 감마선 조사구간은 비조사구와 비슷한 성장율을 보여 감마선 조사에 의한 미생물 감소효과가 발효 후기까지 유지되었고, 염도 20%-10 kGy에서는 감마선 조사가 초기 미생물의 살균 뿐 아니라 잔존 미생물의 성장율도 낮추는 것을 알 수 있었다. 따라서 오징어젓갈의 발효

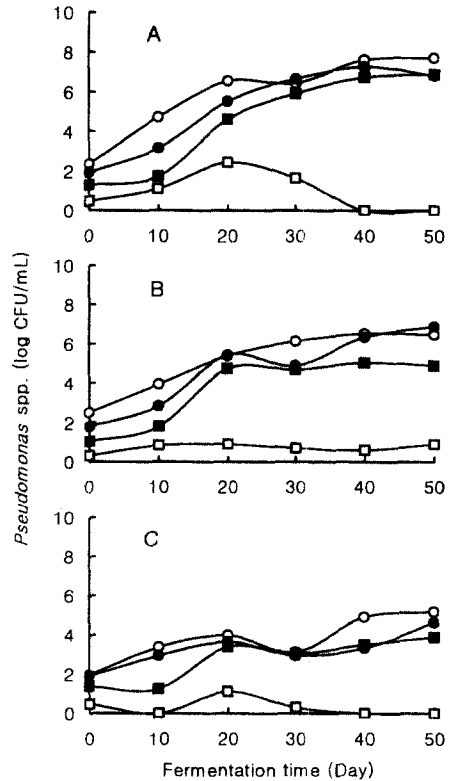


Fig. 5. Changes of *Pseudomonas* spp. in gamma irradiated and 5%(A), 10%(B) 20%(C) salted squid during fermentation for 50 days at 15°C. Symbols: ○, no irradiation; ●, 2.5 kGy; ■, 5.0 kGy; □, 10.0 kGy

에서 감마선 조사에 의한 발효미생물의 성장억제는 염도 10%-10 kGy, 염도 20%-2.5 kGy, 염도 20%-5.0 kGy의 감마선 조사구간에서 가능하며 저염화를 목적으로 할 경우 염도 10%-10 kGy의 조건이 적합할 것으로 해석되었다.

Lactobacillus spp.(Fig. 2)와 *Staphylococcus* spp.(Fig. 3)의 성장곡선도 총균수의 변화와 거의 비슷한 양상을 나타내었다. 그러나 *Lactobacillus* spp.는 감마선 조사에 의한 초기균수의 감소율이 1 log cycle로 다른 미생물군에 비하여 감마선에 대한 저항성이 상대적으로 큰 특성을 보였으며, *Staphylococcus* spp.는 초기균수의 감소율은 2-3 log cycle 정도였으나 염도 5%와 10% 실험구에서 발효후기의 비조사구와 감마선 조사구가 거의 동일한 성장밀도를 보여 감마선 조사에 의한 발효미생물의 성장억제 효과가 나타나지 않았다.

Streptococcus spp.(Fig. 4)는 전체적으로 발효중기까지 증식하다가 감소하는 경향을 보였는데 각 실험구 별로는, 비조사구는 최대 10⁶ CFU/mL 까지, 2.5 kGy

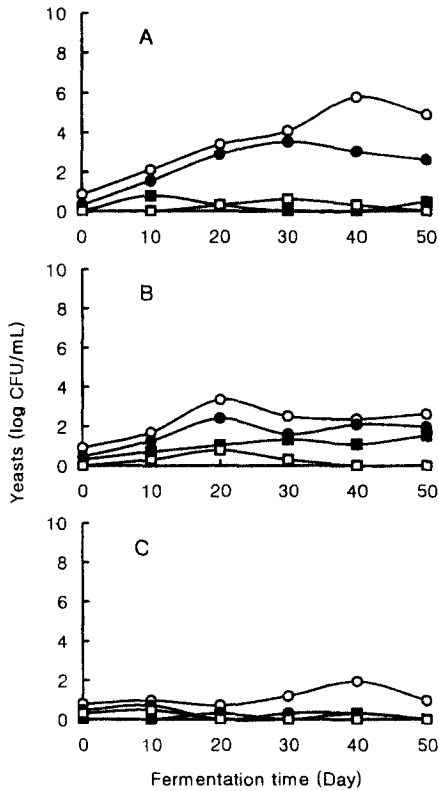


Fig. 6. Changes of yeast cell number in gamma irradiated and 5%(A), 10%(B) and 20%(C) salted squid during fermentation for 50 days at 15°C. Symbols: ○, no irradiation; ●, 2.5 kGy; ■, 5.0 kGy; □, 10.0 kGy

조사구는 10² CFU/mL 까지 성장하였고 10 kGy의 감마선 조사구에서는 생장이 크게 억제되었다. *Pseudomonas* spp.(Fig. 5)는 발효초기, 특히, 10일부터 20일까지의 성장율이 높았으며 *Streptococcus* spp.에서와 마찬가지로 10 kGy의 감마선 조사구에서 생장이 억제되었다. 효모(Fig. 6)는 염도 5%의 비조사구와 2.5 kGy 조사구, 그리고 염도 10%의 비조사구에서 10³~10⁴ CFU/mL의 밀도로 성장하였을 뿐 다른 실험구에서는 0~10² CFU/mL 단위의 낮은 성장을 보였다. 한편, 오징어젓갈 발효과정의 주요 미생물인 *Lactobacillus*, *Staphylococcus*, 그리고 총균수의 발효완료 시점(40~50 일)에서의 성장 정도는 염 20%인 비조사구와 염을 10%만 처리하고 10 kGy의 감마선을 조사한 실험구에서 가장 유사하여(Fig. 7) 염도를 10%로 낮추고 10 kGy의 감마선을 조사하는 조건이 감마선을 이용한 오징어젓갈의 저염화에 적합한 조건으로 평가되었다.

분리 미생물의 동정

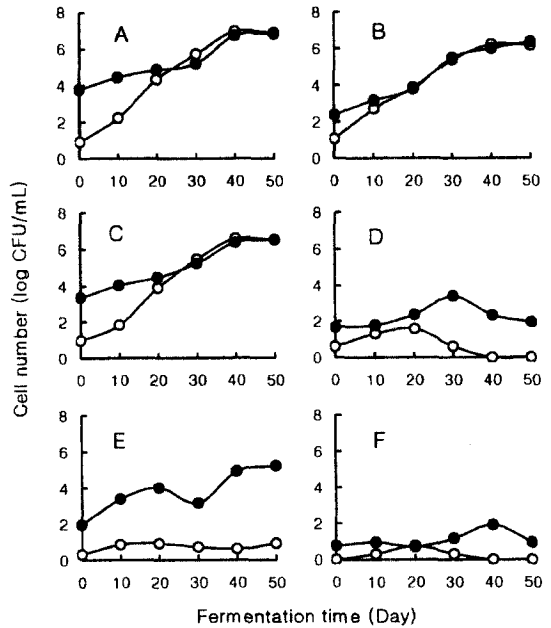


Fig. 7. Changes of total viable cells(A), *Lactobacillus*(B), *Staphylococcus*(C), *Streptococcus*(D), *Pseudomonas*(E) and yeast(F) in gamma irradiated squid Jeot-gal during fermentation for 50 days at 15°C. Symbols: ○, 10% salt and 10 kGy gamma irradiated; ●, 20% salt and no gamma irradiated (control)

오징어젓갈의 발효 미생물에 대한 속(genus) 단위의 동정 결과 발효 40일째의 시료에서 각각 *Lactobacillus* 속 5종, *Staphylococcus*속 2종, *Micrococcus*속 2종, *Streptococcus*속 2종, *Leuconostoc* 속 1종, *Pediococcus*속

Table 1. Growth rate constant (k) and generation time (g) of total bacterial cells in gamma irradiated and salted squid during fermentation for 50 days at 15°C

Salt (%)	γ-irradiation (kGy)	k ¹⁾ (Day ⁻¹)	g ²⁾ (Day)
5	0.0	0.285	2.432
	2.5	0.364	1.903
	5.0	0.393	1.765
	10.0	0.375	1.850
10	0.0	0.260	2.668
	2.5	0.305	2.269
	5.0	0.331	2.091
	10.0	0.290	2.390
20	0.0	0.170	4.066
	2.5	0.171	4.053
	5.0	0.168	4.135
	10.0	0.121	5.743

¹⁾Values of growth rate constant(k) is calculated from the equation, lnN₄₀-lnN₀=k(40-0), (N₄₀: total viable cell at D+40 day, N₀: total viable cell at D+0 day)

²⁾Values of generation time(g) is calculated from the equation, k=ln2/g

2종, *Pseudomonas*속 5종을 잠정 동정하였다. MRS 배지에서 분리된 균주 가운데 간균이며 그람 양성인 균주를 *Lactobacillus*속으로 구분하고 당 이용 시험을 통하여 *L. plantarum*과 *L. brevis*를 잠정 동정하였으며 Bergey's Manual of Systematic Bacteriology⁽¹²⁾에 일치하지 않은 균주는 *Lactobacillus* sp.로 구분하였다(Table 2). Chapman agar에서 분리되고 catalase 양성인 균주를 *Staphylococcus*속과 *Micrococcus*속으로 구분하고 이중, 혐기적 조건에서도 glucose를 기질로 산을 생성하는 균주를 *Staphylococcus*로, 호기적 조건에서만 산을 생성하는 균주를 *Micrococcus*속으로 구분하였다. 속단위로 구분된 *Staphylococcaceae* 균주는 API system과 Bergey's Manual of Systematic Bacteriology⁽¹²⁾에 준하여 *Staphylococcus xylosus*, *Micrococcus varians*, *Mic. morrhuae*로 잠정 동정하였으며 구분이 불명확한 균주는 속단위를 기재하였다(Table 3). 또한 Azide dextrose agar에서 분리되고 catalase 음성인 균주 중 glucose를 기질로 gas를 생성하지 않는 균주를 *Pediococcus*속으로 구분하였으며 gas를 생성하는 균주 가운데 arginine

Table 2. Morphological and biochemical characteristics of *Lactobacillus* strains isolated from gamma irradiated low-salt squid *Joet-gal*

Characteristics	Isolates				
	107	133	141	150	182
Shape	rod	rod	rod	rod	rod
Gram stain	+	+	+	+	+
Catalase	-	-	-	-	-
Motile	-	-	-	-	-
Carbohydrate reactions					
Amygdalin	+	+	-	-	-
Arabinose	-	-	±	-	+
Cellobiose	+	+	-	±	-
Glucose (gas)	-	-	+	-	+
Gluconate	-	+	+	-	+
Sucrose	-	+	+	±	±
Mannose	+	+	-	+	-
Raffinose	+	+	+	-	-
Ribose	-	+	±	-	+
Growth at					
15°C	-	+	-	-	+
45°C	+	+	+	+	-
Tentative Identification	sp.1	<i>plantarum</i>	sp.2	sp.3	<i>brevis</i>

+: positive, -: negative, ±: doubtful

Table 3. Differential characteristics of *Staphylococcaceae* isolated from gamma irradiated low-salt squid *Joet-gal*

Characteristics	Isolates					
	306	324	327	331	358	359
Shape	spherical	spherical	spherical	spherical	spherical	spherical
Gram stain	+	+	+	+	+	+
Oxidase	-	-	-	-	-	-
Catalase	+	+	+	+	+	+
Acid from glucose						
Aerobically	+	+	+	+	+	+
Anaerobically	-	+	-	-	+	-
Gas from glucose	+	-	+	+	-	+
API 20 STAPH assay						
Glucose	+	+	+	±	+	+
Fructose	+	+	+	-	+	-
Mannose	-	+	-	-	+	-
Maltose	-	±	-	-	+	-
Lactose	-	+	-	-	+	-
Trehalose	-	+	-	-	+	-
Mannitol	-	±	-	-	+	-
Xylitol	-	-	-	-	±	-
Melibiose	-	-	-	-	-	-
Nitrate reduction	+	-	-	+	+	-
Alkaline phosphatase	-	-	-	-	+	±
Voges-Proskauer	-	+	-	-	+	-
Raffinose	-	-	-	-	-	-
Xylose	-	-	-	-	±	-
Saccharose	-	+	±	-	+	-
α-methyl-D-glucoside	-	-	-	-	-	-
N-acetyl-glucosamine	-	+	-	-	+	-
Argine dihydrolase	-	+	-	-	±	-
Urea	-	-	-	-	+	-
Lysostaphin resistance	+	-	+	+	-	+
Tentative Identification	<i>Mic. varians</i>	<i>Staph. sp.1</i>	<i>Mic. sp.1</i>	<i>Mic. morrhuae</i>	<i>Staph. xylosus</i>	<i>Mic. sp.2</i>

+: positive, -: negative, ±: doubtful

Table 4. Differential characteristics *Streptococcaceae* isolated from gamma irradiated low-salt squid *Joet-gal*

Characteristics	Isolates				
	411	417	435	450	454
Shape	spherical	spherical	spherical	spherical	spherical
Gram stain	+	+	+	+	+
Oxidase	-	-	-	-	-
Catalase	-	-	-	-	-
Acid from glucose					
Aerobically	+	+	+	+	±
Anaerobically	+	+	+	+	+
Gas from glucose	+	+	+	-	-
API 20 STREP assay					
Voges-Proskauer	+	+	-	+	+
Hippurate	-	-	-	-	-
Esculine	+	-	-	+	-
Pyrrolidone arylamidase	-	-	-	-	-
α-Galactosidase	+	-	-	+	+
β-Glucuronidase	-	-	+	-	±
β-Galactosidase	+	±	-	+	-
Alkaline phosphatase	-	+	±	-	-
Leucine arylamidase	±	+	+	-	-
Arginine dihydrolase	-	+	+	+	+
Ribose	+	-	-	-	+
Arabinose	+	-	-	+	+
Mannitol	-	-	-	-	-
Sorbitol	-	-	-	-	-
Lactose	±	+	+	-	-
Trehalose	+	+	±	-	+
Inuline	-	±	-	-	-
Raffinose	-	+	-	-	±
Starch	-	+	+	-	-
Glycogen	-	-	-	-	-
β-hemolysis	-	-	-	-	-
Tentative Identification	<i>Leu. mesenteroides</i>	<i>Strep. sp.1</i>	<i>Strep. sp.2</i>	<i>Ped. halophilus</i>	<i>Ped. sp.1</i>

+: positive, -: negative, ±: doubtful

을 기질로 NH₃를 생산하는 균주를 *Streptococcus*속으로, NH₃를 생산하지 못하는 균주를 *Leuconostoc*속으로 구분하였다. 속단위로 구분된 *Streptococcaceae* 균주는 API system과 Bergey's Manual of Systematic Bacteriology⁽¹²⁾에 준하여 *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus halophilus*로 잠정 동정하였으며 구분이 불명확한 균주는 속단위를 기재하였다(Table 4). 한편, GSP agar에서 분리되고 그람 음성이며 발효를 하지 않는 균주를 *Pseudomonas*속으로 구분하고 당 이용 시험에서 glucose, sucrose, alanine, arginine을 모두 이용하지 못하는 균주를 *Pseudomonas diminuta*로, 위의 당을 모두 이용하고 gelatin을 가수분해하는 균주를 *Pseudomonas fluorescens*로 잠정 동정하였으며 구분이 불명확한 균은 *Pseudomonas sp.*로 기재하였다(Table 5).

각 미생물군의 생장과 분포는 저염 오징어젓갈⁽¹³⁾이나 일반젓갈류⁽¹⁴⁻¹⁶⁾와 비슷하였으나 염도 및 감마선 조사에 따라 몇 가지 구분되는 특성을 보였다(Table 6).

이 중, *L. plantarum*이 전 실험구에 걸쳐 공통적인 발효균으로 분리되었으며 *Lactobacillus sp. 2*, *Mic. varians*, *Streptococcus sp. 1*, *Ped. halophilus* 등은 염도 5%의 실험구에만 분포하였고 *Lactobacillus sp. 3*와 *Mic. morrhuae*, *Micrococcus sp. 3*는 20%의 염농도에 서만 분리되었다. 또한, *L. brevis*, *Micrococcus sp. 1*, *Ped. halophilus*, *Pse. diminuta*, *Pseudomonas sp. 1*, *Pseudomonas sp. 2* 등은 5 kGy 이상의 감마선 조사구에서는 거의 검출되지 않아 감마선에 대한 감수성이 큰 미생물로 판단되었으며 *L. plantarum*, *Lactobacillus sp. 2*, *Lactobacillus sp. 3*, *Mic. morrhuae*, *Micrococcus sp. 2*, *Pediococcus sp. 1*, *Pseudomonas sp. 3* 등은 10 kGy의 감마선 조사구에서도 검출되어 감마선 조사에 대한 저항성이 큰 것으로 평가되었다. 전체적으로 보아 전통적인 오징어젓갈의 발효조건인 염도 20%의 실험구에서 15종의 미생물이 분리되어 가장 다양한 분포를 보였으며 염도가 낮아질수록, 감마선 조

Table 5. Morphological and biochemical characteristics of *Pseudomonas* strains isolated from gamma irradiated low-salt squid *Jeot-gal*

Characteristics	Isolates				
	216	224	237	239	241
Shape	spherical	spherical	spherical	spherical	spherical
Gram stain	-	-	-	-	-
Oxidase	+	+	±	+	-
Catalase	+	+	+	+	±
Motile	+	+	+	+	+
Fluorescent	-	-	+	+	-
Growth factor	+	-	-	-	-
Fermentation	-	-	-	-	-
Carbon sources for growth					
Glucose	-	+	±	+	±
Sucrose	-	-	±	+	-
Alanine	-	-	+	+	-
Arginine	-	+	+	+	-
Hydrolysis of					
Starch	-	-	-	-	-
Gelatin	-	±	-	+	-
Poly-β-hydroxybutyrate	-	+	-	-	+
Tentative Identification	<i>diminuta</i>	sp. 1	sp. 2	<i>fluorescens</i>	sp. 3

+: positive, -: negative, ±: doubtful

Table 6. A distribution of acid forming microorganisms and *Pseudomonas* strains isolated from gamma irradiated low-salt squid *Jeot-gal*

Salt conc. (%) Irradiation (kGy)	5				10				20			
	0	2.5	5	10	0	2.5	5	10	0	2.5	5	10
<i>Lactobacillaceae</i>												
<i>L. plantarum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>L. brevis</i>	+		+		+	+			+	+		
<i>Lactobacillus</i> sp. 1					+	+		+	+	+	+	+
<i>Lactobacillus</i> sp. 2	+			+								
<i>Lactobacillus</i> sp. 3									+	+	+	+
<i>Staphylococcaceae</i>												
<i>Stap. xylosus</i>	+	+	+	+	+	+	+		+			
<i>Staphylococcus</i> sp. 1					+	+	+	+	+	+	+	
<i>Mic. varians</i>	+	+	+									
<i>Mic. morrhuae</i>									+	+	+	+
<i>Micrococcus</i> sp. 1		+			+	+	+		+	+	+	
<i>Micrococcus</i> sp. 2								+	+	+	+	+
<i>Streptococcaceae</i>												
<i>Streptococcus</i> sp. 1	+	+										
<i>Streptococcus</i> sp. 2				+	+				+	+	+	
<i>Leu. mesenteroides</i>				+		+			+	+	+	
<i>Ped. halophilus</i>	+	+	+									
<i>Pediococcus</i> sp. 1					+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudomonadaceae</i>												
<i>Pse. diminuta</i>	+	+	+		+	+						
<i>Pse. fluorescens</i>	+								+	+		
<i>Pseudomonas</i> sp. 1	+	+			+	+						
<i>Pseudomonas</i> sp. 2					+		+		+	+		
<i>Pseudomonas</i> sp. 3					+	+	+	+	+	+	+	+
No. of isolates	10	8	6	3	13	11	8	6	15	14	11	7

+: detected

사선량이 높아질수록 종의 다양성은 낮아지는 경향이 있었다. 따라서 감마선 조사에 의한 저염 발효젓갈의 제조공정에서는 microflora의 단순화에 의한 관능의 차이가 발생할 수 있을 것으로 보여졌으며, 이를 해결하기 위하여 각 발효조건에 적합한 starter의 사용에 대한 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

요 약

염 농도와 감마선 조사 선량을 달리한 오징어젓갈의 미생물 군총 변화를 살펴보았다. 총균, *Lactobacillus* spp., *Staphylococcus* spp.는 발효기간에 따라 지속적으로 성장하여 발효 40일째에 염도 5%와 10%에서는 10⁸ CFU/mL까지, 염도 20%에서는 10⁷ CFU/mL까지 성장하였으며 5 kGy 이상 감마선 조사구는 초기 균수 감소로 발효 후기의 미생물 밀도가 낮아졌다. 염도가 증가할수록 감마선 조사가 미생물 성장에 미치는 영향이 컸으며, 감마선 조사에 의한 오징어젓갈 관련 발효 미생물의 성장억제는 염도 10%에 10 kGy의 감마선 조사 조건이 적합하였다. 발효미생물의 동정 결과, *L. plantarum*이 전 실험구에 걸쳐 가장 일반적인 발효균으로 분리되었으며 *Lactobacillus* sp. 2, *Mic. varians*, *Streptococcus* sp. 1 등은 염도 5%의 실험구에만, *Mic. morrhuae* 등은 20%의 염농도에서만 분리되어 염도에 따른 microflora의 차이를 나타내었다. 또한, *L. brevis*, *Ped. halophilus*, *Pse. diminuta* 등은 방사선 감수성이 큰 미생물군이었으며, *L. plantarum*, *Mic. morrhuae*, *Pseudomonas* sp. 3 등은 방사선에 대한 저항성이 높았다. 전체적으로 보아 염도 20% 실험구에서의 분리 미생물이 15종으로 가장 다양한 분포를 보였으며 염도가 낮아질수록, 감마선 조사선량이 높아질수록 종의 다양성은 낮았다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Ministry of agriculture and forest. Statistical yearbook of agriculture, forestry and fisheries, Republic of Korea (1996)
2. Kim, Y.M. Processing technique and quality control of fermented seafood. Bulletin of Food Technology. 9: 65-86 (1996)
3. Kim, D.S., Kim, Y.M., Koo, J.G., Lee, Y.C. and Do,

- J.R. A study on shelf-life of seasoned and fermented squid. Bull. Korean Fish. Soc. 26: 13-20 (1993)
4. Uno, T., Hiroshi, T. and Kim, K.K. Studies on the fermented fishery products-I. Effect of alcohol on the flavor, taste, and shelf-life of "ika-shiokara". Monthly report of Hokkaido fisheries experimental station. 29: 23-27 (1972)
5. Uno, T. Studies on the fermental fishery product-II. Effect of carbohydrates and monoglycerides on the shelf-life of "ika-shiokara". Monthly report of Hokkaido fisheries experimental station. 30: 23-25 (1973)
6. Uno, T. Studies on the fermental fishery product-III. Effect of maltitol on the shelf-life of "ika-shiokara". Monthly report of Hokkaido fisheries experimental station. 31: 22-26 (1974)
7. Uno, T. Studies on the fermental fishery product-V. Effect of lactic acid on the quality of "ika-shiokara". Monthly report of Hokkaido fisheries experimental station. 31: 23-27 (1974)
8. Uno, T. Studies on the fermental fishery product-VII. Effect of glycerin and xylose on the shelf-life of "ika-shiokara". Monthly report of Hokkaido fisheries experimental station. 33: 19-25 (1976)
9. Kim, Y.M., Lee, W.J., Jeong, Y.M., Hur, S.H. and Chio, S.H. Processing conditions of low-salt fermented squid and its flavor components 2. Effects of temperature, salinity and pH on the growth of bacteria isolated from low salt fermented squid. J. Korean Soc. Food Nutr. 24: 631-636 (1995)
10. Jo, J.H., Oh, S.W., Kim, Y.M. and Chung, D.H. Conditions of water activity of raw material and adding level of papain and glucose for processing fermented squid with low salt concentrations. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 62-68 (1998)
11. WHO. Wholesomeness of irradiated food. Report of joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Technical Report Series. 659: 34 (1981)
12. Sneath, P.H.A., Mair, N.S., Sharpe, M.E. and Holt, J.G. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Williams & Wilkins press (1986)
13. Jo, J.H., Oh, S.W., Kim, Y.M., Chung, D.H. and Kim, J.I. Changes in lactic acid bacteria of squid with low salt during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 1208-1212 (1997)
14. Itoh, H., Hadioetomo, R.R., Nkkuni, S. and Okada, N. Studies on lactic acid bacteria in fish sauces (part 1). Chemical composition and microflora of fish sauces. Rept. Natl. Food Res. Inst. 47: 23-30 (1985)
15. Itoh, H., Hadioetomo, R.R., Nkkuni, S. and Okada, N. Studies on lactic acid bacteria in fish sauces (part 2). Identification of salt-tolerance and acid producing bacteria from fish sauces. Rept. Natl. Food Res. Inst. 47: 31-37 (1985)
16. Mheen, T.I. Microbiology of salt-fermented fishery products in Korea. In: Fish fermentation technology. pp. 231-247. United Nations Univ. Press, NY, USA (1993)