

감마선 조사 양념 창란(*Theragra chalcogramma*)젓갈의 품질특성

남기호[✉] · 오재영 · 윤현정

국립수산물과학원(연구소)

Quality Characteristics of Gamma Irradiated Seasoned Low-salted Pollack (*Theragra chalcogramma*) Intestine

Ki-Ho NAM[✉] · Jae-Young OH · Hyun Jung YUN

National Institute of Fisheries Science(researcher)

Abstract

Seasoned low-salted pollack *Theragra chalcogramma* intestine (Changran Jetgal, CJ), a traditional Korean salt-fermented seafood was prepared using a commercially available method and irradiated using gamma rays (0-10.0kGy) to investigate the effect of gamma irradiation (GI) on food quality. The pH decreased with GI, while the acidity increased. TBA, VBN and $\text{NH}_2\text{-N}$ also showed a tendency to gradually increase with increasing GI. After 2.5kGy GI, the number of viable cells in CJ was reduced by one log compared to that observed in non-irradiated CJ, and no living cells were detected after 7.5kGy GI. In case of instrumental color parameters, as the GI increased, the L and a value increased, while a and ΔE values decreased. Though up to 2.5kGy GI had no effect on color quality, over 7.5kGy GI resulted in significantly poor quality CJ surface color. Saturated fatty acid contents increased in irradiated CJ, while those of polyenes and monoenes decreased slightly as the GI dose increased. Exposure of CJ of GI had no effect on the free amino acid and mineral composition. Those results demonstrated that the appropriate GI dose for CJ ranged from 2.5 to 5.0kGy, which may be recommended for industrial application.

Key words : Gamma irradiation, Seasoned low-salted pollack intestine, *Changran Jetgal*

I. 서론

수산물공식품의 저장 안정성 향상을 위해서 원료의 안정공급, 위생적 제품생산, 효율적인 제조 공정, 안전한 저장·유통기술 등이 확보되어야 하는데 지금까지 이용되어온 가열처리, 냉장·냉동, 화학약품처리 등은 처리효과, 처리비용, 건전성, 환경공해 등 많은 문제점이 지적되면서 세계적으로 사용이 점차 제한을 받고 있다. 특히 식품의 안전성에 대한 국민적 관심이 높아짐에 따라 식

품에서 기인되는 질병의 예방과 위생적인 식품의 생산기반 확립을 위해 문제점을 해결하거나 개선할 수 있는 새로운 식품저장·가공기술 개발의 필요성이 시급히 요구되고 있다(Lee, 2005). 방사선(γ-ray)은 방사성 동위원소로부터 방출되는 α, β 및 γ선 외에도 기계적으로 발생되는 X선, 전자 가속기에서 나오는 전자선(Electronics) 등이 있다. 이들 방사선 가운데 식품 산업에서 직접 활용되고 있는 방사선은 감마선(γ-ray)과 전자선(β-ray)이며, 그 사용 비율은 감

[✉] Corresponding author : 051-720-2753 dennis011@korea.kr

* 이 논문은 2025년도 국립수산물과학원 수산시험연구사업(R2025056)의 지원으로 수행된 연구입니다.

마선이 80%, 전자선이 20% 정도를 차지하고 있다. 감마선은 투과력이 강하여 포장한 상태의 제품을 연속적으로 처리가 가능하며, 살균처리 후 재포장에 따른 2차 오염을 방지할 수 있고 냉장·냉동상태에서도 살균이 가능하다. 식품에 대한 방사선 조사기술은 지난 반세기 동안 선진국을 중심으로 다양한 연구가 진행되어 왔으며, 지금까지 어떤 위생화 처리방법보다도 효과적이고 안전성이 확보된 기술로 평가되고 있다.

현재 식품의 방사선 조사는 평균 10kGy까지 방사선 조사된 어떠한 식품도 독성학적 장애를 일으키지 않는다는 전제하에 다양한 식품에 대하여 방사선 조사가 이루어지고 있다(Byun, 1997; WHO, 1981). 우리나라에서는 1987년 농수산물 유통공사의 지원하에 상업적 방사선 조사시설이 가동되기 시작하여 감자, 마늘, 양파 등에 대한 생장 및 숙도 조절을 위해 1kGy 이하의 감마선 조사를 허가하였으며, 건조식품류에 대해서는 살균, 살충 등의 위생을 목적으로 10kGy 이하의 감마선 조사가 허용되고 있다. 방사선 조사는 식품의 성분변화에 미치는 영향 및 방사선 조사 식품의 저장성 향상 등에 관한 다양한 연구가 국내외에서 수행되고 있으나 수분 및 고도불포화 지방산의 함량이 많은 수산식품의 경우 낮은 선량에서도 품질변화를 쉽게 일으킬 수 있는 우려로 농축산 식품에 비해 한정되어왔다. 지금까지 수산식품에 대한 방사선 조사 연구로는 감마선 조사가 조미오징어 저장 중 품질특성에 미치는 영향(Noh et al., 2004), 감마선 조사 건멸치의 미생물학적 및 관능적 품질 안정성(Kwon et al., 1996), 콩치과메기의 위생적 품질개선 및 저장기간 연장을 위한 감마선 조사(Cho et al., 2000), 반건조 오징어의 저장성 연장을 위한 감마선 조사기술의 이용(Lee et al., 2002) 등이 있으며, 젓갈 및 액젓에 대한 방사선 조사 연구로는 감마선 조사 저염 명란젓갈의 품질특성(Nam et al., 2022), 새우젓 제조를 위한 최적 숙성직전의 감마선 조사시 화학적 품질변화(Lee et al., 2000), 감마선 조사 저

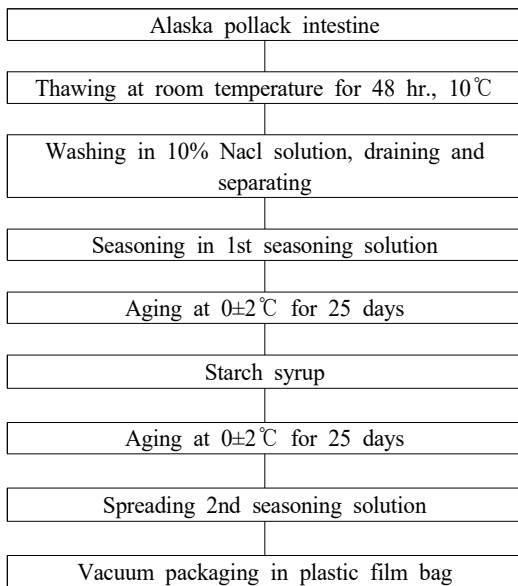
염 오징어젓갈 제조시 정미성분의 변화(Lee et al., 1999), 감마선 조사기술을 이용하여 제조된 양념 창란젓갈의 이화학적 품질특성(Lee et al., 2003), 멸치액젓의 위생적 품질향상을 위한 감마선 조사기술 이용(Kim et al., 2000) 등이 있다. 한편, 젓갈은 어패류, 알 및 내장 등에 식염을 첨가한 후 일정기간 발효·숙성시켜 제조하는데, 각 원료의 구성이나 발효 방법 등에 따라 독특한 풍미를 나타낸다. 우리나라에서 제조되고 있는 젓갈류는 약 160여종으로 알려져 있는데, 이중 양념젓갈류는 반찬으로 사용되고 있기 때문에 일반 젓갈과는 달리 가공율이 상대적으로 높고 부가가치도 커서 연간 생산량이 20,000 M/T에 이르고 있다. 그러나 젓갈산업은 단기간 대규모 성장에도 불구하고 제조, 유통 및 발효숙성 기간이 길며 규격생산이 어렵고, 상품의 shelf-life가 짧으며, 위생적 품질관리 및 수송, 취급이 용이하지 않아 다른 가공식품에 비해 발달하지 못하고 있다. 양념젓갈은 유통 시 짧은 shelf-life로 이를 연장하려는 연구가 다양하게 이루어지고 있으나 지금까지 뚜렷한 방안이 마련되어 있지 않고 있다(Kim, 1996; Kim and Lee, 1997). 양념젓갈의 shelf-life에 큰 영향을 미치는 요소는 미생물로서 양념젓갈에 존재하는 단백질 분해균은 원료어 및 고춧가루와 같은 부원료에서 유래되며, 당질을 분해하여 산을 생성하는 세균은 고춧가루, 생강 및 마늘 등에서, 곰팡이는 주로 고춧가루에서 유래하는 등 대부분의 미생물이 고춧가루에서 혼입되는 것으로 조사되고 있다(Lee et al., 2000). 따라서 양념젓갈의 상품성 및 저장안정성 향상을 위해서는 부원료의 살균이 매우 중요한 과제이나, 지금까지의 처리 방식으로는 효과적인 살균이 어려워 방사선 조사를 통하여 미생물을 감소시키는 것이 바람직할 것으로 보인다. 본 논문에서는 양념 창란젓갈에 감마선을 조사하여 유통 중 발생하는 여러 문제점을 해결하기 위한 방안의 하나로 급격히 증가하는 미생물을 효과적으로 제어하고, 최적 품질 수준을 유지시키기 위하여 적정 감마

선 조사선량을 구명하고자 하였으며, 감마선 조사가 양념 창란젓갈 품질 특성에 미치는 영향을 살펴보았다.

II. 연구 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 양념 창란젓갈은 구룡포 H 식품(주)(Pohang, Korea)에서 출하 직전의 제품을 구입하여 실험에 사용하였다. 제조사에서 제공한 양념 창란젓갈의 가공공정도 및 제품 제조시 사용된 첨가물의 조성비는 [Fig. 1] 및 <Table 1>과 같다.



[Fig. 1] Sampling Flow diagram for seasoned low-salted pollack (*Theragra chalcogramma*) intestine processing.

2. 방법

가. 감마선 조사

시료 양념 창란젓갈을 250g씩 투명한 플라스틱 필름주머니(PE/PP)로 합기포장한 후 정읍 방사선 과학연구소 내 선원 100,000 Ci의 Co-60 감마선

조사시설(Point source AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 $12\pm 1^\circ\text{C}$ 의 실온에서 시간당 1kGy의 선량율로 각각 1.0kGy, 2.5kGy, 5.0kGy, 7.5kGy, 10.0kGy의 총 흡수선량을 얻도록 감마선 조사를 실시하였다. 흡수선량의 확인은 Alanine dosimeter (5mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였고, dosimetry 시스템은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였다. 이때 감마선 조사시 총 흡수선량의 오차는 2% 이내로 확인되었다. 한편, 감마선 비조사구(0kGy, 대조구)는 조사 시료와 같은 환경온도에 노출시키기 위하여 감마선을 조사하는 동안 조사실 외부에 보관하였다. 감마선 조사 후 시료들은 최대한 신속하게 저온상태를 유지하면서 $4\pm 1^\circ\text{C}$ 의 실험실 냉장고에 옮긴 후 15일 간격으로 60일 동안 저장하면서 방사선 조사 양념 창란젓갈의 이화학적 품질변화에 대하여 실험하였다.

<Table 1> Recipes of 1st and 2nd seasoning solution for pollack (*Theragra chalcogramma*) intestine processing

Material	Composition ¹	
1 st seasoning solution ²	D-sorbitol	3.0
	Monosodium glutamate	5.0
	Total	8.0
	Red pepper	4.2
2 nd seasoning solution ²	D-sorbitol	5.0
	Monosodium glutamate	3.2
	Sugar	0.5
	Garlic powder	3.3
	Radish	0.5
	Total	16.7

¹Percentage (wt%) to the raw pollack intestine.

²Refer to the comment in [Fig. 1].

나. 일반성분 및 염도

일반성분의 함량은 상법(KSFSN, 2000a)에 따라

수분은 상압가열건조법, 조단백질은 semi-micro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 건식회화법으로 측정하였고, 탄수화물의 함량은 100에서 수분, 조단백질, 조지방 및 회분 함량을 뺀 값으로 나타내었다. 염도는 염도계(Salt meter ES-421; Atago Co., Saitama, Japan)로 측정하였다.

다. 수분활성도, pH 및 산도

자유수와 결합수의 존재 비율을 알기 위해 측정한 수분활성도(water activity, A_w)는 수분활성도 측정기(Novasina Ms Set-aW; Novasina Co., Zürich, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. pH는 시료에 10배량의 증류수를 가하여 균질화한 후 pH meter (Fisher basic; Fisher Sci. Co., Pittsburgh, PA, USA)로 측정하였고, 산도(酸度, acidity)는 pH를 측정할 시료액 100mL에 중성 포르말린으로 중화한 0.1N NaOH 용액을 가하여 pH가 8.3이 될 때까지 소요된 용액의 mL수로 나타내었다(JSSRI 1958).

라. 휘발성염기질소, TBA(Thiobarbituric acid value) 값 및 아미노산질소

휘발성염기질소는 Conway unit를 사용하는 미량확산법(KSFSN, 2000b)으로 측정하였으며, TBA 값은 시료 5g을 정평한 후 Tarladgis(1960)의 수증기증류법으로 측정하였다. 아미노산질소($\text{NH}_2\text{-N}$) 함량은 Formol 적정법(Ohara, 1982a)에 따라 시료를 순수로써 10배 희석한 다음 0.1N NaOH 용액으로 pH 8.4로 조정한 후 중성 포르말린 30mL를 가하고, 다시 0.1N NaOH 용액으로 pH 8.4가 될 때까지 적정하여 측정하였다.

마. 생균수 및 헨터 색도

생균수는 APHA(1970)의 표준한천평판배양법에 따라 $37\pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서 48 ± 3 시간 배양하여 나타난 집락수를 계측하였고, 배지는 표준한천평판배지를 사용하였다. 헨터 색도는 직시색차계(Color difference meter ZE-2000; Nippon Denshoku Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 시료의 표면 색도에 대한 L 값(명도), a 값(적색도), b 값(황색도) 및 ΔE 값(색차)을 측정하였다. 이때 표준백판(standard

plate)의 L 값, a 값 및 b 값은 각각 99.98, 0.01 및 0.01이었다.

바. 지방산 조성의 측정

Bligh and Dyer(1959)의 방법에 따라 시료의 총 지방질(TL)을 추출하였고, AOCS official method (AOCS, 1990)에 따라 검화 및 methylester화시킨 다음, iso-octane을 가해 지방산을 분리하여 capillary column (Supelcowax-2560; 100m $\times$ 0.25mm; Supelco Japan Ltd., Tokyo, Japan)이 장착된 GC (gas chromatography; Shimadzu, JP/GC-2010; Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 분석하였다. 이때 GC의 분석조건은 전보(Kim et al., 1994)와 같고, 각 구성지방산의 동정은 표준품과의 머무름시간 (tR) 비교 및 Equivalent chain length법(1989)에 의해 동정하였다.

사. 유리아미노산 및 무기질

유리아미노산 및 무기질 분석용 엑스성분은 시료에 3배량의 70% ethanol 용액을 가하여 균질기(Ultra Turrax T25; IKA Janke and Kunkel GmbH Co., Staufen, Germany)로 균질화시킨 후 8,000rpm에서 15분간 원심분리하였다. 이 상층액과 이 조작을 2회 더 반복하여 얻은 상층액을 모아 감압농축한 후 증류수로 일정량 정용하였고, 여기에 제단백을 위해 5'-sulfosalicylic acid를 10% 첨가하여 10시간 방치한 다음 여과하여 추출하였다. 유리아미노산 시료 엑스성분을 일정량 취하여 감압건조한 다음 lithium buffer (pH 2.20, 0.20M)로 정용한 후 아미노산 자동분석기(Biochrom 30; Biochrom. Ltd., Camborne, England)로 분석하였다. 무기질은 시료 엑스성분에 진한 HNO_3 용액을 가해 습식분해(Ohara, 1982b)시킨 후 ashless filter paper (Toyo 5B; Toyo Co., Nagano, Japan)로 여과하여 일정량으로 정용한 다음, inductively coupled plasma (ICP) atomic emission spectrometer (Atomscan 25; TJA Co., Santa Clara, CA, USA)로 Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, P, S 및 Se의 함량을 분석하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 감마선 조사 양념 창란젓갈의 성분조성

비조사구의 양념 창란젓갈의 일반성분 및 염도를 측정된 결과는 <Table 2>와 같다. 시료 양념 창란젓갈의 일반성분 조성은 수분 57.2%, 조단백질 32.9%, 조회분은 8.1%이었고, 염도는 10.5%이었다.

비조사구 및 1.0-10.0kGy의 조사선량에 따른 조사구의 수분, Aw, 염도, pH, 산도, TBA, VBN 및 아미노산질소의 함량을 측정된 결과는 <Table 3>과 같다. 비조사구 및 조사구의 수분 함량은 56.7-57.2%로 감마선 조사선량에 따른 유의적인 차이는 없었다. Aw 역시 감마선 조사선량에 따라 0.86-0.88의 범위로 보여 수분과 같이 조사선량에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 이는 감마선 조사로 인하여 수분의 유출이나 젓갈 내 수분의 형태에 미치는 영향이 거의 없음을 확인할 수 있었다. 염도는 10.4-10.6으로 조사선량에 따른 시료간의 유의적인 차이는 보이지 않았으며, 조사선량에 따른 양념 창란젓갈의 pH는 비조사구에서 6.22인데 비하여 조사선량이 증가할수록 pH는 점차 낮아지는 경향을 나타내었다. 산도는 pH와 반대로 조사선량이 증가할수록 점차 증가하는 경향을 보였으나 유의적인 차이는 없었다. pH가 약산성을 보이는 것은 미생물에 의한 유기산 및 젖산의 생성이 주요 원인으로 알려져 있으며(Fujii, et al., 1992), Oh(1995)는 멸치 액젓의 품질 비교 및 품질 지표성분에 관한 연구에서 pH의 저하는 acetic acid, butyric acid, lactic acid, citric acid 및 succinic acid 등의 유기산이 증가하

기 때문인 것으로 보고하였다. 감마선 조사선량에 따른 양념 창란젓갈의 지방질 산화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 TBA 값을 측정한 결과, 조사선량에 따라 양념 창란젓갈의 TBA 값도 점차 증가하여 지방질의 산화가 진행되고 있음을 확인하였으며 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Noh(2004)의 감마선 조사 조미오징어에 비조사구와 1kGy 조사구에서는 차이가 없었으나 3kGy 이상에서는 증가하였으며 저장 3개월 후 7kGy에서 조사된 조미오징어가 가장 높게 나타났다고 하였다. 감마선 조사는 지방함량이 높은 식품에는 산패를 촉진하는 것으로 보고 (Thayer, 1994)하고 있으나 본 연구에서는 감마선 조사에 의한 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 수산물의 선도 판도 측정에 사용되는 VBN 함량은 비조사구가 12.2mg/100g, 감마선 조사선량에 따라 12.3-13.8mg/100g으로 유의적인 차이가 없었다. Nam(2022)의 감마선 조사선량에 따라 저염 명란젓의 연구에서는 비조사구가 28.9mg/100g, 1.0-10.0kGy 조사구는 29.3-30.7mg/100g으로 젓갈의 종류에 따라 차이를 보였으나 감마선 조사에 따른 어취 및 비린내의 추가 생성은 거의 나타나지 않았다. Yoon et al.(2003)의 연구에서도 창란젓갈의 숙성기간 동안 모두 증가하는 경향을 보였으며 30일 비조사구에서는 22.8mg/100g, 조사구 23.2mg/100g로 함량의 차이는 있었으나 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다. 아미노산질소 함량은 비조사구 39.2mg/100g을 보였으며, 1.0-10.0kGy 조사구에서는 39.8-43.7mg/100g으로 조사선량이 증가함에 따라 점차 증가하였는데 이는 감마선 조사에 의해 육질이 조금씩 분해에 따

<Table 2> Proximate composition and salinity of seasoned low-salted pollack (*Theragra chalcogramma*) intestine

	Proximate composition (g/100g)					Salinity (g/100g)
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash	Carbohydrate	
Content	57.1±0.1	33.0±0.4	0.4±0.1	8.1±0.3	1.4±0.2	10.5±0.1

른 결과로 알 수 있었다. Lee et al.(2000)에서 최적 숙정기의 저염 새우젓에 감마선 조사한 후 아미노태 질소의 함량은 발효기간 모든 시험구에서 증가하였으며 식염농도와 감마선 조사선량이 낮을수록 아미노태 질소의 함량은 급격히 증가하였다. 이는 미생물 생육 저해 및 아미노태 질소의 증가 속도 조절이 가능할 것으로 보고 있으며, Ahn et al.(2000) 역시 최적 숙성직전의 저염 새우젓에 감마선 조사하여 숙성 중에 나타나는 부패 미생물을 효과적으로 제어함으로써 관능적으로 우수한 저염 새우젓을 제조할 수 있다고 보고하고 있다. Lee et al.(1999)에 의하면 저염 오징어젓 같은 발효기간 중 아미노태질소 함량은 모든 시험구에서 증가하여 식염농도와 감마선 조사선량이 낮고 저장 온도가 높을수록 증가 속도는 빠르

게 나타났는데, 이는 식염함량이 미생물의 생육에 가장 큰 영향을 미치지만, 식염함량이 같은 경우 감마선 조사에 의해 미생물의 생장이 저해되어 아미노태질소의 증가 속도가 낮아지는 것으로 보고 하였다. 따라서 감마선 조사기술을 이용하여 양념젓갈의 유통 중 발생하는 변질을 방지하고 유통기한을 연장하는 효과가 있을 것으로 판단된다.

2. 감마선 조사 양념 창란젓갈의 품질특성

비조사구 및 1.0-10.0kGy의 조사선량 증가에 따른 양념 창란젓갈의 생균수의 변화를 측정한 결과는 <Table 4>와 같다.

<Table 3> Changes in moisture content, Aw, salinity, pH, acidity, TBA value, volatile basic nitrogen (VBN) and NH₂-N content of seasoned low-salted pollack (*Theragra chalcogramma*) intestine at different gamma-irradiation doses

	Irradiation dose (kGy)					
	0	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0
Moisture (g/100g)	57.1 ±0.2 ^{NS}	57.2 ±0.1	56.7 ±0.2	57.0 ±0.1	56.9 ±0.2	56.5 ±0.1
Aw	0.88±0.01 ^{NS}	0.86±0.01	0.87±0.01	0.87±0.01	0.88±0.02	0.88±0.01
Salinity (g/100g)	10.5±0.1 ^{NS}	10.4±0.3	10.6±0.2	10.5±0.1	10.6±0.2	10.4±0.2
pH	6.22 ±0.09 ^{NS}	6.19 ±0.10	6.17 ±0.10	6.14 ±0.11	6.13 ±0.12	6.13 ±0.10
Acidity (mL)	3.0±0.6 ^{NS}	3.0±0.4	3.1±0.8	3.3±0.4	3.3±0.4	3.4±0.6
TBA value (O.D.)	0.014±0.004 ^d	0.019±0.006 ^{cd}	0.025±0.005 ^{bc}	0.029±0.003 ^{ab}	0.034±0.004 ^a	0.037±0.003 ^a
VBN (mg/100g)	12.2±0.3 ^{NS}	12.5±1.1	12.3±0.7	13.4±1.0	13.4±1.5	13.8±1.2
NH ₂ -N (mg/100g)	39.2±0.8 ^b	39.8±1.1 ^b	41.2±1.5 ^{ab}	41.4±2.0 ^{ab}	43.5±1.6 ^a	43.7±1.3 ^a

NS, no significant differences within the same row. The data represent mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters in a same row (a-d) are significantly different (P<0.05) by Duncan's multiple range test. Aw, Water activity; TBA, Thiobarbituric acid; VBN, Volatile basic nitrogen; NH₂-N, amino nitrogen.

<Table 4> Changes in viable cell counts of seasoned low-salted pollack (*Theragra chalcogramma*) intestine at different gamma-irradiation doses

(CFU/g)

	Irradiation dose (kGy)					
	0	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0
Viable cells	(2.8-4.6) $\times 10^3$	(1.6-2.0) $\times 10^3$	(2.5-3.2) $\times 10^2$	(1.4-1.9) $\times 10^2$	<30	<30

비조사구의 생균수는 $(2.8-4.6) \times 10^3$ CFU/g, 1.0kGy 조사구의 생균수는 $(1.6-2.0) \times 10^3$ CFU/g, 2.5kGy 및 5.0kGy 조사구의 생균수는 각각 $(2.5-3.2) \times 10^2$ CFU/g, $(1.4-1.9) \times 10^2$ CFU/g으로 나타나 유의적으로 감소하였으며, 7.5kGy 이상의 조사선량에서는 잔존균이 모두 사멸되는 것으로 나타났다. Cho(2000)의 의하면 감마선 조사선량이 증가할수록 콩치과메기의 총균수는 감소하였으며, 10kGy에서는 검출되지 않았다. Noh(2004)의 연구에서도 감마선 조사된 조미오징어의 비조사구에서는 1.6×10^5 CFU/g을 보인 반면, 3kGy 조사구 이상에서는 크게 감소되어 검출되지 않거나 20개 이하의 colony를 확인할 수 있었으며 본 연구결과와 비교해 볼 때 젓갈의 종류 및 조사선량에 따른 차이는 있었으나 유사한 경향을 보였다. 젓갈은 수산발효식품으로 저장기간이 경과함에 따라 내부 수분의 유출로 인해 표면에 수분 함량이 높아

지고, 효모의 발육으로 pH가 저하되며, 균수가 급증하는 등 보존성이 낮은 제품으로 알려져 있다(Lee, 2001; Kim et al., 1993). 식품 내에 잔존하는 초기 미생물을 제어하는 것은 식품의 안전성 및 품질 변화의 억제측면에서 중요한데, 본 실험에서와 같이 감마선 조사를 통하여 양념 창란젓갈의 잔존 미생물 수를 감소시켜 유통기간 중 변질에 대한 문제점을 해결할 수 있으며, 다른 젓갈류의 품질개선 및 shelf-life 향상에도 효과적일 것으로 사료된다. 감마선 조사선량에 따른 양념 창란젓갈의 표면 색도 변화를 측정한 결과는 <Table 5>와 같다. 비조사구 및 1.0-10.0kGy 조사구의 표면 색도는 L 값이 20.7, a 값 19.4, b 값 10.5, ΔE 값은 71.3으로 감마선 조사선량이 증가함에 따라 L 값과 b 값은 증가하였으며, a 값과 ΔE 값은 반대로 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 방사선 조사선량에 따른 저염

<Table 5> Changes in color values of seasoned low-salted pollack (*Theragra chalcogramma*) intestine at different gamma-irradiation doses

Color value	Irradiation dose (kGy)					
	0	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0
L	20.7 $\pm$ 0.4 ^d	21.7 $\pm$ 0.5 ^c	22.7 $\pm$ 0.4 ^b	23.0 $\pm$ 0.7 ^b	23.4 $\pm$ 0.8 ^b	29.4 $\pm$ 0.2 ^a
a	19.4 $\pm$ 0.4 ^a	16.3 $\pm$ 1.0 ^{cd}	15.9 $\pm$ 0.4 ^d	16.3 $\pm$ 0.4 ^{cd}	18.4 $\pm$ 0.8 ^{ab}	17.4 $\pm$ 0.9 ^{bc}
b	10.5 $\pm$ 0.2 ^d	10.6 $\pm$ 0.5 ^d	10.7 $\pm$ 0.1 ^{cd}	11.2 $\pm$ 0.4 ^{bc}	11.6 $\pm$ 0.3 ^{ab}	12.0 $\pm$ 0.2 ^a
ΔE	71.3 $\pm$ 0.2 ^a	62.7 $\pm$ 1.1 ^c	61.4 $\pm$ 0.7 ^d	62.4 $\pm$ 0.5 ^{cd}	63.9 $\pm$ 0.6 ^b	61.8 $\pm$ 0.5 ^{cd}

^{a-d}Means within each row followed by the same letter are not statistically different ($P>0.05$). L, Lightness; a, Redness; b, Yellowness; ΔE , Color difference. The data represent mean $\pm$ standard deviations of triplicate determination. Different letters in a same row (a-d) are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

명란젓갈 연구(Nam et al., 2022)에서와 같이 조사 선량에 따른 명란젓갈의 표면 색도의 변화와 비슷한 결과를 보였고, 이러한 결과는 관능적 품질을 결정하는 중요한 인자가 될 것으로 판단되며, 감마선 조사 후 저장온도, 적정선량 및 포장조건에 따라 시료의 색택변화를 줄일 수 있을 것으로 판단된다. Kwon et al.(1996)에 의하면 감마선 조사 후 저장 온도에 따른 건멸치의 색도는 저장 초기보다 12개월 후 많은 변화가 일어났으며, 상온저장이 저온저장보다 심하였으며 처리군에

따라서 L, a 및 b 값이 증가하였으나 비조사군과 조사군간에는 유의적인 차이는 보이지 않았고, 조사 후 저장온도 및 시료 종류에 따라 색도의 차이는 보였다.

3. 감마선 조사 양념 창란젓갈의 지방산 조성

비조사구 및 1.0-10.0kGy의 조사구에서 추출한 총지방의 구성지방산의 조성을 분석한 결과는 <Table 6>과 같다. 비조사구의 주요 지방산은

<Table 6> Changes in fatty acids composition of seasoned low-salted pollack (*Theragra chalcogramma*) intestine at different gamma-irradiation doses

(Area%)

Fatty acids	Irradiation dose (kGy)					
	0	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0
14:0	1.8	1.7	1.7	1.1	1.9	2.0
16:0	14.1	15.0	15.6	16.0	16.7	16.2
16:1n-9	2.1	2.2	3.3	2.9	2.5	2.1
17:0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
17:1n-8	0.4	0.4	0.6	0.5	0.7	0.4
16:4n-3	0.5	0.3	0.4	0.2	0.3	0.2
18:0	2.4	2.6	2.6	2.5	2.7	3.4
18:1n-9	11.2	11.1	10.9	10.6	10.7	10.2
18:1n-7	3.0	2.9	3.2	3.8	3.1	3.6
18:2n-6	44.7	45.0	45.4	45.6	45.8	46.8
18:3n-3	2.8	3.0	3.4	2.8	2.8	3.1
18:4n-3	0.3	0.4	0.6	0.4	0.3	0.3
20:0	0.6	0.6	0.7	0.2	0.5	0.2
20:1n-4	0.7	0.7	0.5	0.7	0.6	1.2
20:2n-6	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
20:4n-6	0.9	1.0	1.4	1.2	0.9	0.8
20:4n-3	0.3	0.5	0.6	0.2	0.4	0.4
20:5n-3	5.5	5.3	5.2	5.4	4.2	4.0
22:1n-9	0.2	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2
22:0	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2
22:4n-6	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1
22:5n-3	0.3	0.4	0.3	0.7	0.5	0.4
22:6n-3	5.6	5.6	4.4	4.6	4.8	4.5
24:1n-9	0.2	0.4	0.5	0.4	0.2	0.3
RRPF1	0.79	0.73	0.62	0.63	0.54	0.52

1) Remaining ratio of polyunsaturated fatty acid, (20:5n-3+22:6n-3)/16:0.

16:0, 18:1n-9, 18:2n-6, 20:5n-3 및 22:6n-3으로 고도불포화지방산의 조성비가 높게 나타났다. 감마선으로 조사된 양념 창란젓갈의 고도불포화지방산의 잔존율(Takiguchi, 1987)을 살펴본 결과 (20:5n-3+22:6n-3/16:0) 비조사구에서는 0.79을 보였으며 조사선량이 증가할수록 10kGy에서는 0.52로 점차 감소되었는데, 이는 감마선 조사 시 고도불포화지방산이 산화분해됨을 알 수 있었다. 수산물에는 일반적으로 16:0, 16:1n-9, 20:5n-3 및 22:6n-3 지방산이 많이 함유되어 있으며 이들 지방산에 감마선을 조사하면 중성지방의 carbonyl group의 α 와 β 탄소위치에서 결합이 끊어져 모지방산 보다 탄소수가 적은 새로운 이중결합을 지닌 hydrocarbon류가 생기거나 모지방산과 동일한 탄소수를 가지면서 C₂ 위치에 alkyl기를 가진 2-alkylcyclobutanone류가 생성되는 것으로 알려져 있다(Nawar, 1986; Letellierb and Nawar, 1972). (Kwon et al., 1996)는 감마선 조사된 건멸치의 지

방산의 변화를 살펴본 결과, 폴리엔산은 감소한 반면 포화지방산의 증가는 부분적으로 나타났으며, 저장기간 및 온도에 따라 모노엔산은 증가, 폴리엔산은 감소되었으나 전체적인 지방산 함량은 다소 증감되었는데 이는 환경조건에 영향을 받기 쉬운 고도불포화지방산이 산화 등 분해반응에 의해 저급의 지방산을 생성하기 때문인 것으로 보고 있으며 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다.

4. 감마선 조사 양념 창란젓갈의 정미성분

비조사구, 5.0kGy 및 10.0kGy 조사구에서 추출한 엑스성분의 유리아미노산 조성을 분석한 결과는 <Table 7>과 같다. 수산물의 가장 중요한 정미 발현성분으로 알려져 있는 유리아미노산의 총함량은 비조사구가 1,815.9mg/100g, 5.0kGy 및 10.0kGy 감마선 조사구에서는 각각 2,629.1mg/100g

<Table 7> Changes in free amino acid composition of seasoned low-salted pollack (*Theragra chalcogramma*) intestine at different gamma-irradiation doses

(mg/100g)

Amino acid	Irradiation dose (kGy)					
	0		5.0		10.0	
Phosphoserine	122.4	(6.7)	129.2	(4.9)	191.6	(5.8)
Taurine	21.5	(1.2)	18.3	(0.7)	18.9	(0.6)
Phosphoethanolamine	0.7	(0.0)	0.9	(0.0)	17.2	(0.5)
Aspartic acid	0	(0.0)	64.7	(2.5)	60.5	(1.8)
Threonine	33.7	(1.9)	34.5	(1.3)	63.8	(1.9)
Serine	47.9	(2.6)	53.6	(2.0)	94	(2.8)
Glutamic Acid	803.1	(44.2)	1334.8	(50.8)	1266	(38.2)
α -aminoadipic acid	1.7	(0.1)	2.4	(0.1)	2.8	(0.1)
Proline	44.3	(2.4)	43.1	(1.6)	51.1	(1.5)
Glycine	30.8	(1.7)	34.8	(1.3)	159.3	(4.8)
Alanine	51.5	(2.8)	50.5	(1.9)	130.3	(3.9)
α -aminobutyric acid	0.5	(0.0)	1.5	(0.1)	14.8	(0.4)
Valine	46.5	(2.6)	51.5	(2.0)	73.5	(2.2)
Cystine	1.6	(0.1)	4.3	(0.2)	4.5	(0.1)

감마선 조사 양념 창란(*Theragra chalcogramma*)젓갈의 품질특성

Methionine	17.8	(1.0)	21.6	(0.8)	31	(0.9)
Isoleucine	28.2	(1.6)	32.1	(1.2)	44.4	(1.3)
Leucine	54.3	(3.0)	62.2	(2.4)	120.1	(3.6)
Tyrosine	37.4	(2.1)	39.4	(1.5)	61.3	(1.9)
Phenylalanine	37	(2.0)	45.5	(1.7)	56.7	(1.7)
β -Alanine	1.7	(0.1)	20.2	(0.8)	42.5	(1.3)
Tryptophan	201.3	(11.1)	121.4	(4.6)	103.4	(3.1)
Histidine	12.9	(0.7)	13.5	(0.5)	30.6	(0.9)
Ornithine	63.9	(3.5)	266.1	(10.1)	302.6	(9.1)
Lysine	49.2	(2.7)	70.1	(2.7)	137.7	(4.2)
Ethanolamine	19.9	(1.1)	26.3	(1.0)	122.4	(3.7)
Arginine	86.1	(4.7)	86.6	(3.3)	111	(3.4)
Total	1,815.9	(100.0)	2,629.1	(100.0)	3,312	(100.0)

및 3312.0mg/100g으로 조사선량이 증가할수록 육단백질이 분해되어 유리아미노산의 총함량은 증가하는 경향을 보였다. 비조사구의 주요 유리아미노산은 glutamic acid가 803.1mg/100g으로 가장 높게 나타났으며 다음으로 tryptophan, phosphoserine, arginine, ornithine, leucine, alanine, lysine 순으로 나타났다. 5.0kGy 및 10.0kGy 조사구의 유리아미노산 조성 역시 비슷하게 나타났고, 감마선 조사선량이 증가함에 따라 아미노산 함량이 증가하는 현상을 보였다. 주요 정미성 아미노산은 glutamic acid, glycine 및 alanine 등으로 나타났다(Kim et al., 2001). Nam(2012)에 의하면 멸치액젓의 유리아미노산은 저장기간에 따라 감칠맛계(aspartic acid, glutamic acid), 단맛계(threonine, serine, glutamine, proline, glycine) 그리고 쓴맛계(valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, histidine, arginine) 아미노산의 조성의 변화가 생겼으며 이는 멸치액젓에 독특한 풍미의 영향을 미칠 것으로 보였다. 젓갈 역시 수산발효식품의 하나로 감마선 조사선량의 증가에 따라 유리아미노산의 조성이 변화되었으며 양념 창란젓갈의 풍미에도 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. Yoon et al.(2003)은 양념 창란젓갈의 숙성기간에 따라 쓴맛을 나타내는 valin과

arginine이 초기함량에 비해 2배이상 증가하였으며 이는 젓갈의 풍미를 깊게 하고 독특한 맛을 내는 것에 기여하는 것으로 보고하고 있다(Park et al., 1998). 비조사구, 5.0kGy 및 10.0kGy 조사구에서 추출한 엑스성분의 무기질 조성을 분석한 결과는 <Table 8>과 같다. 비조사구의 주요 무기질은 Na가 279.7mg/100 g으로 타 무기질에 비해 많은 함량을 차지하고 있었으며, S, Fe, K 및 Ca 순이었다. 5.0kGy 및 10.0kGy 조사구의 무기질 함량 및 조성 역시 비조사구와 거의 비슷하여 감마선 조사에 의한 무기질의 변화는 거의 없는 것으로 확인되었다.

IV. 결 론

저염 양념젓갈의 유통 중 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 양념 창란젓갈에 0-10kGy 감마선 조사를 실시하여 젓갈의 품질에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다. 비조사구 및 조사구의 수분, Aw 및 염도는 감마선 조사선량에 따라 유의적인 차이는 보이지 않았다. 조사선량에 따른 양념 창란젓갈의 pH는 조사선량이 증가할수록 점차 낮아지는 경향을 나타내었으며 산도는 pH와

<Table 8> Changes in mineral contents of seasoned low-salted pollack (*Theragra chalcogramma*) intestine at different gamma-irradiation doses

(mg/100g)

Mineral	Irradiation dose (kGy)		
	0	5.0	10.0
K	26.2±1.0 ^c	29.0±0.7 ^b	30.9±1.1 ^a
Ca	12.0±0.2 ^c	13.8±0.2 ^b	16.5±0.1 ^a
Mg	3.1±0.1 ^b	4.20±0.1 ^a	4.1±0.1 ^a
Na	279.7±1.1 ^c	343.5±2.7 ^a	331.5±1.6 ^b
Fe	41.3±0.4 ^b	47.8±0.4 ^a	37.3±0.2 ^c
Zn	0.2±0.1 ^c	0.4±0.0 ^b	0.6±0.0 ^a
Cu	1.8±0.1 ^{NS}	1.9±0.1	1.7±0.1
P	4.0±0.1 ^c	4.3±0.1 ^b	5.7±0.1 ^a
S	103.0±7.3 ^a	77.1±9.3 ^b	89.9±3.0 ^{ab}
Se	0.8±0.1 ^{NS}	0.8±0.1	0.8±0.1

NS, no significant differences within the same row. The data represent mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters in a same row (a-c) are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

반대로 점차 증가하였다. TBA 값도 조사선량에 따라 점차 증가하여 지방질의 산화가 진행되고 있음을 확인하였으며, VBN 함량은 비조사구가 12.2mg/100g, 감마선 조사선량에 따라 12.3-13.8mg/100g으로 유의적인 차이는 없었다. 아미노산질소 함량은 비조사구가 39.2mg/100g, 1.0-10.0kGy 조사구에서는 39.8-43.7mg/100g로 조사선량이 증가함에 따라 점차 증가하였다. 비조사구의 생균수는 $(2.8-4.6) \times 10^3$ CFU/g, 1.0kGy 조사구의 생균수는 $(1.6-2.0) \times 10^3$ CFU/g, 2.5kGy 및 5.0kGy 조사구의 생균수는 각각 $(2.5-3.2) \times 10^2$ CFU/g, $(1.4-1.9) \times 10^2$ CFU/g으로 나타났으며 7.5kGy 이상의 조사선량에서는 잔존균이 모두 사멸되는 것으로 나타났다. 양념 창란젓갈의 표면 색도에서는 감마선 조사선량이 증가함에 따라 L 값과 b 값은 증가, a 값과 ΔE 값은 반대로 점차 감소하였다. 지방산은 16:0, 18:1n-9, 18:2n-6, 20:5n-3 및 22:6n-3으로 고도불포화지방산의 조성비가 높게 나타났으며 고도불포화지방산의 잔존율(20:5n-3+ 22:6n-3/16:0)은 조사선량이 증가할수록 점차 감소되었다. 유리아미노산은 비조사구가 1,815.9mg/100g, 5.0kGy 및 10.0kGy

감마선 조사구에서는 각각 2,629.1mg/100g 및 3312.0mg/100g으로 조사선량이 증가할수록 총함량은 증가하였으며 주요 아미노산은 glutamic acid, Tryptophan, Phosphoserine, Arginine, Ornithine, Leucine, Alanine, Lysine 순이었으며 조사선량이 증가함에 따라 유리아미노산 함량도 증가하였다. 주요 무기질은 Na가 279.7mg/100g으로 타 무기질에 비해 많은 함량을 차지하고 있었으며, S, Fe, K 및 Ca 순이었으며 감마선 조사에 의한 무기질의 변화는 거의 없는 것으로 확인되었다.

References

- Ackman RG(1989). *Capillary gas-liquid chromatography*. Elsevier Applied Pub. Co. Inco, New york, 137~149.
- Ahn HJ, Lee CH, Lee KH, Kim JH, Cha BS and Byun MW(2000). Processing of low salted and fermented shrimp using gamma irradiation before optimum fermentation. Korea J. Food Sci. Tech, 32, 1107~1113.
- AOCS (American Oil Chemists' Society; 1990). AOCs

- official method Ce 1b-89. In: Official 4. Methods and Recommended Practice of the AOCS, 4th ed. AOCS, Champaign, IL, U.S.A.
- APHA (American Public Health Association; 1970). Recommended procedures for the Bacteriological Examination of Sea Water and Shellfish. 3rd ed. Am Pub Health Assoc Inc., New York, NY, U.S.A., 17~24.
- Bligh EG and Dyer WJ(1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. Can J Biochem Physiol 37, 911~917.
<https://doi.org/10.1139/o55-099>.
- Byun MW(1997). Application and aspect of irradiation technology in food industry. Food Sci Ind, 30, 89~100.
- Cho KH, Lee JW, Kim JH, Ryu GH, Yook HS and Byun MW(2000). Improvement of the hygienic quality and shelf-life of *Kwamegi* from *Cololabis seira* by gamma irradiation. Korean J. Food Sci. Tech, 32(5), 1102~1106.
- Fujii T, T Sasaki and M Okuzumi(1992). Chemical composition and microbial flora of *Saba-narezushi* (fermented mackerel with rice). Nippon Suisan Gakkaishi, 58, 891~894.
- JSSRI (Japaneses Soy Sauce Research Institute; 1985). Analysis method of soy sauce. In:Acidity. Sanyushain Ins Co., Tokyo, Japan.
- Kim DH, Kim JO, Cha BS, Lee JY and Byun MW(2001). Effects of the gamma irradiation on composition of free amino acid, fatty acid and organic acid of soybean-based fermentation food. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr, 30, 777~781.
- Kim DS, Koizumi C, Chung BY and Cho KS(1994). Studies on the lipid contents and fatty acid composition of anchovy sauce prepared by heating fermentation. Korea J. Fish Aquat Sci, 27, 469~475.
- Kim DS, Kim YM, Koo JG, Lee YC and Do JR(1993). A study on shelf-life of seasoned and fermented squid. Bull Korean Fish Soc, 26, 13~20.
- Kim, JH(2001). Recent development of jeotgal (traditional Korean fermented seafood) and its future. Food Ind. Nutr, 6, 23~27.
- Kim JH, Ahn HJ, Kim JO, Ryu KH, Yook HS, Lee YN and Byun MW(2000). Sanitation and quality improvement of salted and fermented anchovy sauce by gamma irradiation. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr, 29(6), 1035~1041.
- Kim SM and Lee KT(1997). The shelf-life extension of low-salted *Myungran-jeot*. J. Korean Fish Soc, 30, 459~465.
- Kim SM(1996). The effects of sulfite salts on the shelf-life of low-salted *Myungran-jeot* (soused roe of Alaska pollack). Korean J. Food Sci. Tech, 28(5), 940~946.
- KSFSN (Korean Society of Food Science and Nutrition; 2000a). Handbook of experimental in food science and nutrition. In:Chapter 2. Analysis of Food Proximate Composition. Hyoil Pub Co., Seoul, Korea.
- KSFSN (Korean Society of Food Science and Nutrition; 2000b). Chapter9.5. Measurement of food freshness. In:Handbook Experimental in Food Science and Nutrition. Hyoil Pub Co., Seoul, Korea.
- Kwon JH, Byun MW and Kim YH(1996). Physicochemical quality of boiled-dried anchovies during post-irradiation period. J. Korean Soc. Food Nutr, 25(3), 484~490.
- Lee BW(2005). Use of radiation technology in the food industry and safety management. Food and Machinery, 3(1), 20~44.
- Lee HS, Lee WD, Koh BH, Lee MS(2000). Preparation of squid-jeotkal with pasteurized red pepper powder by ohmic heating. J. Food Hyg. Safety, 15, 13~17.
- Lee JW, Cha BS, Kim MC and Byun MW(2002). Application of gamma irradiation for prolonging shelf-life of semi-dried squid (*Todarodes pacificus*). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr, 31(3), 469~474.
<https://doi.org/10.3746/jkfn.2002.31.3.469>
- Lee KH, Ahn LH and Lee CH(2000). Changs of chemical properties in processing of low salted and fermented shrimp using gamma irradiation immediately before optimum fermentation. Korean J. Food Sci. Tech, 32(5), 1051~1057.
- Lee KH, Kim JH, Lee JW, Lee EM, Kim YJ and Byun MW(1999). Effects of gamma irradiation on taste compounds in processing of low salted and fermented squid. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr, 28(5), 1051~1057.
- Lee NY, Jo CR, Lee WD, Kim JH and Byun MW(2003). Physicochemical characteristics of gamma irradiated *Changran Jeotkal* storage at 1

- 0°C. Korean J. Food Sci. Tech, 35(6), 1129~1134.
 - Letellier PR and Nawar WW(1972). 2-Alkylcyclobutanones from the radiolysis of triglycerides. Lipids, 7, 75~76.
<https://doi.org/10.1007/bf02531273>
 - Nam KH, Lee HJ, Park NH, Kim DH, Song MG, Kim JI, Oh KS(2022). Effects of gamma irradiation on quality characteristics of low-salt fermented pollack *Theragra chalcogramma* roe. Korea J. Fish Aquat Sci, 55(3), 302~309.
<https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0302>.
 - Nam KH, Jang MS and Park HY(2012). Component changes in commercial salt-fermented anchovy sauce by long fermentation. J. Agric & Life Sci, 46(5), 99~107.
 - Nawar WW(1986). Volatiles from food irradiation. Food Rev. Int, 2, 45~78.
<https://doi.org/10.1080/87559128609540788>
 - Noh JE, Kim BK, Kim HK and Kwon JH(2004). Effects of γ -irradiation on the quality of seasoned cuttle during storage. Korean J. Food Culture, 19(5), 516~523.
 - Ohara T(1982a). Chapter II. 2.D.4. Formol titration method. In: Food Analysis Handbook. Kenpakusha, Tokyo, Japan.
 - Ohara T(1982b). Chapter II. 5.B. Quantitative analysis of minerals. In: Food Analysis Handbook. Kenpakusha, Tokyo, Japan.
 - Oh KS(1995). The comparison and index components on quality of salt-fermented anchovy sauces. Korea J. Food Sci. Technol, 20, 883~884.
 - Park SM, Park CK, Lee KT and Kim SM(1998). Changes in taste compound of low salt fermented pollack tripe during controlled freezing point aging. Kor J. Food Sci. Technol, 30, 49~53.
<https://doi.org/10.5657/kfas.2003.36.4.327>
 - Tarladgis ZG, Watts BM, Younathan MT and Jr LD(1960). A distillation method for quantitative determination of malonaldehyde in rancid food. J. Am Oils Chem. Soc, 37, 44~48.
<https://doi.org/10.1007/BF02630824>.
 - Thayer DW(1994). Wholesomeness of irradiated foods. Food Tech, 48, 58~67.
 - WHO(1981). Wholesomeness of irradiation food. In report of a joint FAO/IAEA/WHO expert committee. Technical Report Series, 659. Geneva, Switzerland.
 - Yoon JH, Kang JH, Park MJ, Kim YJ and Lee MS(2003). Shortening of fermentation period of *Changran-Jeotgal* using microorganism. J. Kor. Fish Soc, 36(4), 327~332.
-
- Received : 24 February, 2025
 - Revised : 07 April, 2025
 - Accepted : 11 April, 2025