

감마선 조사에 따른 건포류의 이화학적 품질 및 발광 특성

박은주 · 장한나 · 조덕조 · 김귀란 · 권중호*
경북대학교 식품공학부

Physicochemical Quality and Luminescence Characteristics of Gamma-irradiated Dried Fish Products

Eun-Joo Park, Han-Na Jang, Deokjo Jo, Gui-Ran Kim, and Joong-Ho Kwon*
School of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University

Abstract Dried fish products, such as seasoned cuttlefish, anchovy, and filefish, were analyzed to investigate the physicochemical quality and luminescence properties following gamma-irradiation. The overall color difference slightly increased in all irradiated samples, showing significant changes in Hunter's L, a, and b color values. Cuttlefish and filefish showed higher values in hydrophilic browning, whereas anchovy showed a higher value in lipophilic browning. The brown color intensity of filefish showed a dose-dependent increase. The thiobarbituric acid (TBA) value significantly increased in irradiated samples of cuttlefish and anchovy, which have relatively high lipid contents. Irradiated samples, except anchovy, were not suitable for screening using photostimulated luminescence (PSL) because only negative or intermediate values were observed. Thermoluminescence (TL) measurements were suitable for all fish samples, i.e., irradiation-specific glow curves were obtained, signal intensity increased, and the TL ratio fulfilled the criterion. There was no significant difference among the irradiated samples with regard to the sensory properties.

Keywords: cuttlefish, filefish, anchovy, gamma irradiation, luminescence

서 론

건포류는 어패류 등의 수산물을 건조한 것이나 이를 조미 등으로 가공한 것으로 건어포류, 조미건어포류, 기타건포류(1) 등으로 구분되고, 간식, 술안주, 밑반찬 등으로 많이 선호되고 있다. 최근 간편하게 섭취할 수 있는 건포류의 소비가 증가하면서(2) 국내 수산가공품의 생산량 또한 지난 10년간 꾸준히 증가하였고(3), 최근 가격이 저렴한 동남아 수입품 또한 우리나라에서 많이 유통되고 있다(4). 이러한 제품들은 제조과정이 복잡하고 원료에서 최종 제품까지 대부분 수작업으로 이루어지고 있어, 위생관리 및 미생물에 대한 안전성이 요구된다(5). 식품공전에 따르면 조미건어포류의 대장균은 음성이어야 하는데, 식약청에서 제공한 검사부적합 자료에 의하면 2012년 한 해 이들의 대장균 관련 부적합 건수는 오징어의 경우 11건, 쥐포의 경우 1건 등이었고, 이들 중 일부는 회수 및 판매중지 되었다. 또한 관련 제품의 장기 보관에 따른 미생물 증식으로 인한 식중독 발생도 보고되고 있어(6,7), 건포류 제품의 안전성에 대한 문제가 제기되고 있다.

식품 위생화 방법의 하나인 방사선 조사는 식품의 영양적 측면과 관능적 특성의 변화 없이 병원성 미생물과 부패 미생물을

제거하는 가장 좋은 방법으로 알려져 있고(8), 조미오징어(9), 멸치(10) 및 북어(11)와 같은 건포류에서도 저장 6개월까지 감마선 조사에 의한 검출한계 이하의 감균 효과가 보고되고 있다. 또한, 제품의 포장 후 살균이 가능하여 2차 오염을 방지할 수 있고, 잔류 독성이 없는 등 여러 가지 긍정적인 특징을 지닌다(8,12). 세계식량농업기구(FAO), 국제원자력기구(IAEA) 및 세계보건기구(WHO) 합동 회의에서 평균 10 kGy 이하로 방사선 조사된 모든 식품은 어떠한 독성학적 위해와 영양학적, 미생물학적 문제를 일으키지 않는다고 결론지음으로써(13,14), 방사선 조사식품의 안전성이 관련 국제기구에 의해 인정되었다. 이에 따라 이미 농산물과 분말식품 등의 보존에는 이 기술이 적용되고 있고, 그 이용이 세계적으로 확대되고 있다(13). 그러나 국내에서는 어패류 분말에 대해서만 미생물 생육 억제를 목적으로 최고 7kGy의 감마선 조사를 허용하고 있어 다양한 건조수산물에 대한 한계점이 지적되고 있다.

한편 방사선 조사식품의 소비자 수용성을 높이기 위한 여러 요건 중, 조사식품의 표시제도(labeling)와 이를 뒷받침할 수 있는 조사식품의 확인 방법(identification method)에 관한 연구가 필요한 것으로 평가된다(15,16). 방사선 조사식품의 확인방법의 확보는 국제교역에서의 검역관리 뿐 아니라 관련 국내 산업의 보호를 위해서도 필요하다. 이에 따라 우리나라에서는 방사선 조사 허가식품 26종에 대하여 확인시험법으로서 광자극발광 분석법(photostimulated luminescence, PSL), 열발광 분석법(thermoluminescence, TL), 전자스핀공명 분석법(electron spin resonance, ESR), hydrocarbon 분석법(GC-MS) 등을 고시한 바 있다(17).

따라서 본 연구에서는 건포류 중 비교적 소비량이 높은 오징어, 쥐포, 멸치에 대해 감마선 조사에 따른 이화학적 품질 특

*Corresponding author: Joong-Ho Kwon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea
Tel: 82-53-950-5775
Fax: 82-53-950-6772
E-mail: jhkwon@knu.ac.kr
Received January 29, 2013; revised February 21, 2013; accepted February 25, 2013

성 분석과 발광분석(PSL, TL) 확인법의 적용가능성을 확인함으로써, 감마선 조사에 의한 품질안정성 확보와 조사여부 확인관리에 필요한 기술 자료를 마련하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 포장

본 실험에서는 국내에서의 소비량이 높으면서 미생물학적 품질에 문제가 될 수 있는 건포류 중 오징어채(중국산), 쥐포(베트남산), 멸치(국내산)를 마트에서 구입하여 사용하였다. 시료는 식품포장용 polypropylene film (7 mm)을 사용하여 시중에서 유통되고 있는 형태로 다시 소단위 포장(400 g) 후 감마선 조사용 시료로 사용하였다.

감마선 조사

시료의 감마선 조사는 한국원자력연구원 첨단방사선연구소에 있는 Co-60 감마선 조사 시설(100 kCi point source AECL IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, Canada)을 이용하여 시간당 일정한 선량률로 조사하였고(0, 1, 3 및 5 kGy), 이때 흡수선량의 확인에는 alanine dosimeter (Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 이용하여 ESR spectrometer (JES-TE300 Jeol, Tokyo, Japan)에서 조사 후 생성되는 free radical을 측정하여 확인하였다. 열발광 분석에서 재조사(re-irradiation)는 동일한 조사 시설을 이용하여 1 kGy의 흡수선량을 얻도록 하였다.

수분함량, pH 및 기계적색도 측정

건포류의 수분함량 측정을 위해 분쇄시료 약 1 g에 대해 Infrared Moisture Determination Balance (Kett, FD-240, Tokyo, Japan)를 이용하였다. pH 측정은 분쇄시료 5 g에 탈이온수 50 mL를 가하여 원심분리(1,006×g, 20 min)한 후 상층액을 취하여 pH meter (ORION 3 STAR, THERMO electron corporation, San Jose, CA, USA)로 측정하였다(18). 기계적색도 측정에는 color & color difference meter (Minolta, CR-200, Osaka, Japan)를 사용하였다. Hunter scale에 의한 L(명도), a(적색도), b(황색도), ΔE(전반적 색차) 값을 분쇄시료에 대해 5회 반복 측정하였고, 이 때 표준백판의 L, a, b 값은 각각 97.79, -0.38, 2.05이었다.

갈색도 측정

시료의 갈색도는 지질산화에 의한 갈변 및 비효소적 Maillard 반응에 의한 수용성 갈변으로 구분하여 측정하였다. 지질 산화에 의한 갈색도는 Han 등(19)에 의한 방법에 따라 chloroform-methanol (2:1, v/v) 용매를, Maillard 반응에 의한 갈색도는 Chung과 Toyomizu (20)의 방법에 따라 H₂O-methanol (1:1, v/v) 용매를 각각 사용하였다. 분쇄시료 10 g과 각 용매 25 mL를 혼합하고 120 분간 방치한 후 원심분리(1,006×g, 10 min) 및 여과하여 spectrophotometer (UV-160 PC Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Thiobarbituric acid (TBA) 값 및 volatile basic nitrogen (VBN) 함량 측정

방사선 조사선량에 따른 시료의 지질산패 정도를 알아보기 위해 Turner 등(21)의 방법에 준하여 지방질의 산화 시 생성되는 malondialdehyde와 2-thiobarbituric acid의 정색반응으로 TBA 값을 정량하였다. 즉, 분쇄시료 1 g에 2 N phosphoric acid에 용해한 20% TCA (trichloroacetic acid) 용액 5 mL와 0.01 N TBA (2-

thiobarbituric acid) 용액 10 mL를 가하여 열탕조에서 30분간 가열하였다. 그 후 isoamyl alcohol-pyridine (2:1, v/v) 용액 15 mL를 가한 뒤 원심 분리하여 상층액에 대한 흡광도를 538 nm에서 측정하였다. 건포류의 선도를 알아보기 위한 휘발성염기질소 측정은 Conway unit를 사용하는 미량확산법(22)으로 측정하였다. 시료의 물 추출액 1 mL를 Conway 수기 외실에, 0.01 N K₂CO₃ 1 mL를 내실에 넣고, K₂CO₃ 1 mL를 외실에 주입 및 밀폐한 후 25°C에서 60분간 정치하였다. 정치가 끝난 수기를 0.01 N의 NaOH 용액으로 적정하여 함량을 측정하였다.

광자극발광(Photostimulated luminescence, PSL) 분석

광자극발광(PSL) 분석은 CEN 방법(23)에 준하였다. 세절한 건포류 5 g을 각각 petridish에 담아 시료 chamber에 넣고 PSL photon count를 3회 반복 측정하였다. 기기의 cycle time은 1 sec, cycle 횟수는 60, dark count 28±1.5, light count 25±1.8이었다. 측정결과의 판정에서 lower threshold value (T₁)는 1,000 photon count/min, upper threshold value (T₂)는 5,000 photon count/min이었으며, T₁ 이하의 값은 비 조사시료(negative control)로, T₂ 이상이면 조사시료(positive control)로 판별하였다.

열발광(Thermoluminescence, TL) 분석

CEN 방법(24)에 준하여 건포류 200-300 g에 대해 제품에 혼입되어 있는 이물질 형태의 무기질을 채취하였다. 제품에 증류수를 가하여 ultrasonic agitator 처리한 후 125 μm sieve를 통과시켜 침전물을 취하였다. 여기에 sodium polytungstate solution (2.0 g/mL)을 가하여 유기물을 제거하고, 1 N HCl 및 1 N NH₄OH 처리한 후 몇 차례 세척 건조하여 aluminium disc (φ 6 mm)에 옮겨 담아 50°C incubator에서 하루밤 정도 예열한 후 측정하였다. 준비된 무기질의 TL spectra 측정은 TLD system (Harshaw TLD-4500, Germany)을 이용하여 고 순도 N₂ gas (99.999%)를 흘려보내면서 초기온도 50°C, 가온률 5°C/s, 최종온도 350°C 조건으로 측정하였다(25-27).

관능검사

시료의 조사 여부에 따른 관능적 품질평가를 위하여 맛, 색, 이취, 질감 및 종합적 기호도에 대하여 식별능력을 갖춘 20명의 검사원에 의해 5점채점법(5: 아주 좋다, 4: 좋다, 3: 보통이다, 2: 좋지 않다, 1: 매우 좋지 않다)으로 실시하였다(25).

통계처리

모든 시험은 3회 반복하였고, 처리에 따른 결과의 유의성은 SAS (statistical analysis system) (26)에 의한 분산분석과 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

결과 및 고찰

수분 함량, pH 및 기계적색도 변화

감마선 조사에 따른 건포류의 수분함량, pH 및 기계적 색도의 변화는 Table 1과 같다. 수분함량의 경우 오징어채는 29.56-33.96%, 쥐포는 6.68-7.49%, 멸치는 21.51-28.10% 범위로 확인되어 전체적인 수분함량은 오징어채, 멸치, 쥐포 순이었다. 쥐포의 경우 조사시료에서 수분함량이 다소 감소하였으나, 오징어채와 멸치는 일정한 경향을 나타내지 않았다(p<0.05). 건포류의 pH는 오징어채(6.71-6.95), 멸치(6.49-6.60), 쥐포(6.16-6.20) 순으로 확인되었고, 멸치의 경우 조사시료에서 그 값이 다소 증가하였다(p<0.05). 건

Table 1. Changes in moisture content, pH, and Hunter's color value of dried fishery products by irradiation

Sample	Irradiation dose (kGy)	Moisture content (%)	pH	Hunter's color ¹⁾			
				L	a	b	ΔE
Cuttlefish	0	32.61±0.60 ^{2b}	6.82±0.00 ^b	72.14±2.33 ^a	-2.22±0.22 ^a	8.11±1.40 ^b	0 ^c
	1	33.96±0.70 ^a	6.82±0.00 ^b	70.25±1.72 ^a	-2.25±0.22 ^a	8.99±0.49 ^b	2.27±1.48 ^b
	3	29.56±0.35 ^c	6.71±0.00 ^c	66.46±0.82 ^b	-1.98±0.25 ^a	8.51±0.85 ^b	5.75±0.79 ^a
	5	33.90±0.27 ^a	6.95±0.00 ^a	67.58±0.78 ^b	-2.02±0.21 ^a	10.63±0.68 ^a	5.28±0.40 ^a
Filefish	0	7.49±0.12 ^a	6.20±0.01 ^b	64.75±3.88 ^a	0.53±0.49 ^a	10.14±1.89 ^a	0 ^b
	1	6.68±0.18 ^b	6.26±0.02 ^a	62.80±1.89 ^a	0.81±1.06 ^a	11.34±2.04 ^a	3.35±1.00 ^a
	3	6.68±0.18 ^b	6.16±0.02 ^c	61.97±2.43 ^a	0.58±0.24 ^a	12.18±1.99 ^a	3.80±2.57 ^a
	5	6.77±0.03 ^b	6.19±0.02 ^{bc}	65.00±2.94 ^a	0.68±0.35 ^a	9.58±2.43 ^a	3.05±1.89 ^a
Anchovy	0	26.27±0.20 ^b	6.49±0.01 ^c	54.86±3.20 ^a	-0.65±0.74 ^{ab}	7.25±1.00 ^a	0 ^b
	1	21.51±0.36 ^d	6.53±0.02 ^b	61.05±5.15 ^a	-2.05±0.96 ^b	6.43±2.16 ^a	7.36±3.81 ^a
	3	24.33±0.24 ^c	6.60±0.01 ^a	61.45±7.85 ^a	-0.53±1.54 ^{ab}	8.20±3.02 ^a	7.49±2.22 ^a
	5	28.10±0.04 ^a	6.57±0.01 ^a	62.24±7.59 ^a	-0.54±1.57 ^a	8.56±2.84 ^a	9.83±7.08 ^a

¹⁾L: Degree of lightness (white +100↔0 black)

a: Degree of redness (red +100↔ -80 green)

b: Degree of yellowness (yellow +70↔ -80 blue)

ΔE: Overall color difference ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$)

²⁾Mean±SD (n=3)

^{a-c}Means followed by different letters within the same column are significantly different ($p < 0.05$).

포류의 색은 소비자가 제품을 선택함에 있어 외관상 중요한 지표로 작용할 수 있으므로, 감마선 조사에 따른 건포류의 색도 변화를 확인하였다. 오징어체의 경우 명도는 3 및 5 kGy 조사시료에서, 황색도는 5 kGy 조사시료에서 유의적으로 증가하였고($p < 0.05$), 그 결과 조사시료의 전반적 색차는 2.27-5.75 범위를 나타내었다. 이는 방사선 조사로 인한 시료의 갈변화에 의한 것으로, Cho 등(27)도 방사선 조사에 따른 건조수산품의 색도 측정에서 시료의 명도가 저하되고 황색도와 적색도가 증가한다고 보고하여 본 실험과 일치하는 결과를 나타내었다. 쥐포의 경우 명도, 적색도, 황색도 모두 선량에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않음에 따라 조사에 의한 품질안정성이 비교적 높은 것으로 확인되었고, 전반적 색차의 변화 역시 가장 낮은 수준이었다. 멸치의 경우 적색도는 선량에 따른 유의적인 차이를 나타내었지만 명도와 황색도는 차이를 보이지 않았고($p < 0.05$) 그에 따른 전반적 색차는 7.36-9.83 범위로 건포류 중 가장 큰 변화를 나타내었다. 모든 시료에서 조사선량의 증가에 따라 기계적 색도의 큰 변화는 관찰되지 않았지만 전반적 색차는 다소 증가하는 경향을 확인할 수 있었다.

갈색도 변화

건포류의 경우 저장, 유통 중 지질산화 및 갈변 등이 제품의 품질을 결정하는 것으로 보고되고 있어 지질 산화 및 Maillard 반응에 의한 갈변도를 측정하였으며 그 결과는 Fig. 1과 같다. 오징어체와 쥐포의 경우 비교적 유사한 범위의 갈색도 값을 나타내었고, 지용성 갈색도에 비해 수용성 값이 더 높게 측정되었다. 멸치의 경우 갈색도 값이 다른 시료에 비해 비교적 높게 측정되었고, 지용성이 수용성에 비해 높게 확인되었다. 한편 식품성분표(28)에 의하면 건포류 100 g당 지방함량은 오징어체 3.7 g, 쥐포 2.2 g 및 멸치 5.1 g으로 보고되어 멸치의 경우 지방 함량이 가장 높은 것을 확인할 수 있었고, 이와 같은 함량의 차이가 지용성 갈변의 결과에 차이를 가져온 것으로 사료되었다. 오징어체의 경우 지용성 갈색도는 선량에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 수용성 갈색도는 5 kGy 시료에서 다소 증가하였다($p < 0.05$).

쥐포의 경우 지용성 및 수용성 갈색도 모두 선량의 증가에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 멸치의 경우 지용성 갈색도는 5 kGy 시료에서 다소 증가하였고, 수용성 갈색도는 5% 수준에서 조사선량에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Han 등(19)은 수분활성과 비효소적 갈변에 관한 연구에서 지질산화에 의한 갈변은 시료의 수분활성이 낮을 경우 갈변반응의 주축을 이룬다고 발표한 바 있는데, 본 연구에서는 오징어체에 비해 수분함량이 비교적 낮은 쥐포와 멸치의 경우 지용성 갈변이 방사선조사에 따라 유의적으로 변화하여 비교적 일치하는 결과를 나타내었다. 한편 조미오징어의 경우 저장에 따라 갈색도가 증가한다는 Noh 등(9)의 발표와 같이, 건포류는 저장, 유통 중 지질산화 및 갈변 등이 눈에 띄게 일어나므로 저장에 따른 연구가 필요한 것으로 사료되었다.

TBA 값 및 VBN 함량 변화

건포류의 경우 불포화지방산이 많이 함유되어 있고 그 중에서도 고도불포화지방산의 비율이 높으므로 산화로 인해 불쾌취나 기름 냄새를 내는 경우가 종종 있다(29). 본 실험에서는 감마선 조사가 건포류의 산패에 미치는 영향을 알아보고자 조사선량에 따른 TBA 값을 측정하였으며 그 결과는 Table 2와 같다. 지방의 함량이 비교적 높게 확인된 오징어체와 멸치의 경우 조사선량이 증가함에 따라 TBA 값도 대체로 증가하는 경향을 나타내었으며, 이는 방사선 조사가 지방산패를 촉진하여 malonaldehyde와 glycoxal 등을 생성시키고 TBA의 적색복합체를 많이 형성한다는 보고(30)와 일치하였다. 또한 이는 산소존제 하 지방질에 대한 고선량의 방사선 조사는 상당량의 peroxide와 carbonyl 화합물을 생성시킨다는 보고와도 유사하였다(9). 한편 쥐포의 경우 선량에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았고($p < 0.05$), 이는 쥐포가 다른 시료에 비해 지방 함량이 비교적 낮은 것으로 인한 결과로 사료되었다.

어육과 같은 단백질이 풍부한 식품은 부패에 따라 휘발성 염기질소(amine, ammonia 등)가 생성되므로, 이는 이들 식품의 신

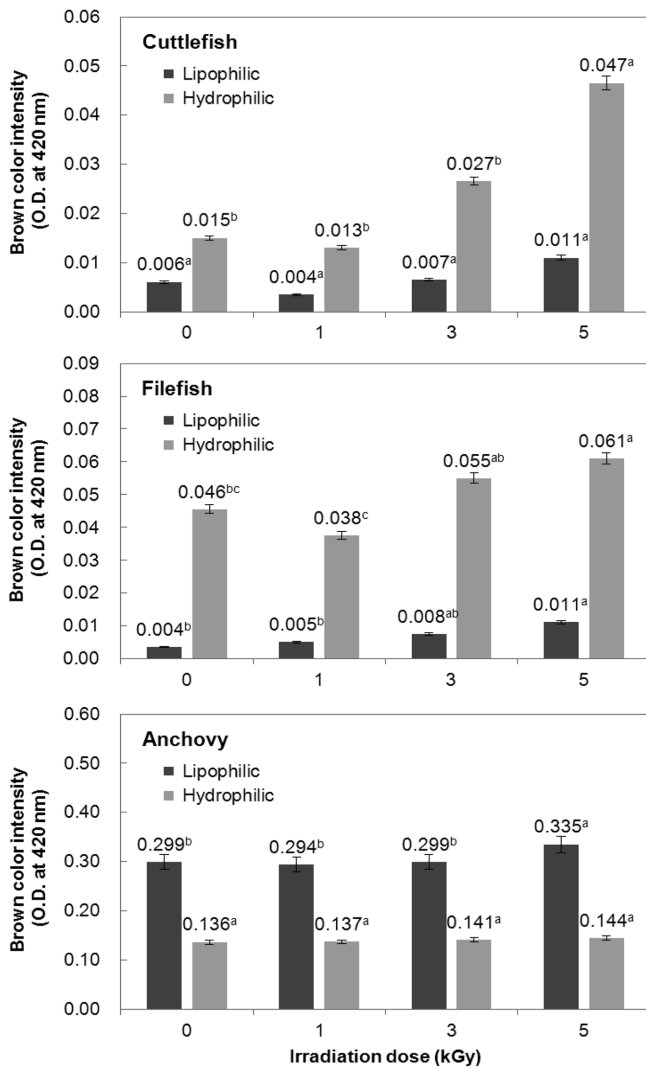


Fig. 1. Changes in lipophilic and hydrophilic brown color value of dried fishery products by irradiation.

선도를 측정하는 중요한 지표로 사용된다. 방사선 조사에 따른 건포류의 VBN 함량은 Table 2와 같다. 오징어채의 VBN 함량은 나머지 시료에 비해 비교적 높게 측정되었고, 이는 시료 간 단백질 함량의 차이(오징어 약 63.5 g, 쥐포 약 38.7 g, 약 멸치 38.9 g) (28) 때문인 것으로 사료되었다. 한편 모든 시료에서 조사선량에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았고, 이는 건포류에 대한 감마선 조사가 시료의 단백질 부패에 미치는 영향이 비교적 낮음을 나타내었다. 한편 Noh 등(9)은 감마선 조사된 건어류에 대한 연구에서 일반적으로 저장기간이 길어질수록 사후 강직 후 부패가 시작되면서 함 질소화합물들을 생성하여 VBN의 생성량을 증가시킨다고 보고하여(20), 저장 기간에 따른 실험의 필요성을 시사하였다.

PSL 확인 특성

건포류의 PSL 결과는 Fig. 2와 같다. 오징어채의 경우 0-5 kGy 조사시료의 photon count 값이 279-562 PCs 범위로 1,000 이하의 음성(-) 값을 나타냄에 따라 조사여부 판정에 어려움이 있었다. 쥐포의 경우 비 조사시료에서 photon count 값이 312 PCs로 음성(-) 값을 나타내었으나, 1 kGy 이상의 조사시료에서는 1,285-3,214

Table 2. Changes in TBA value and VBN content of dried fishery products by irradiation

Sample	Irradiation dose (kGy)	TBA (mg/Kg)	VBN (mg%)
Cuttlefish	0	38.16±2.47 ^b	63.78±0.28 ^{1)a}
	1	30.23±0.79 ^c	36.41±1.51 ^b
	3	64.21±0.56 ^a	61.46±0.23 ^a
	5	67.58±0.42 ^a	33.14±1.19 ^b
Filefish	0	402.75±5.43 ^a	18.88±3.47 ^{ab}
	1	407.54±11.12 ^a	24.49±1.40 ^a
	3	402.35±0.35 ^a	27.30±0.01 ^a
	5	393.80±0.13 ^a	9.78±6.30 ^b
Anchovy	0	354.35±20.35 ^c	26.59±1.40 ^{ab}
	1	286.58±2.19 ^d	25.46±0.38 ^b
	3	421.44±10.19 ^b	28.97±0.29 ^a
	5	587.73±2.29 ^a	27.17±0.78 ^{ab}

¹⁾Mean±SD (n=3)
^{a-c}Means followed by different letters within the same column are significantly different ($p<0.05$).

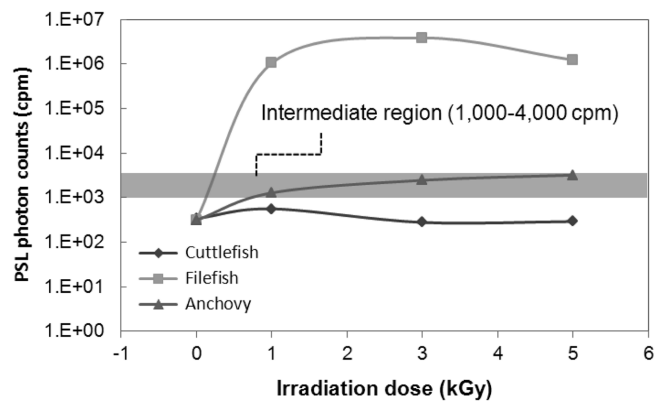


Fig. 2. Photostimulated luminescence analysis of dried fishery products by irradiation.

PCs로 중간값(M)을 나타냄에 따라 조사여부 확인에 어려움이 있었다. 멸치의 경우 비 조사시료에서는 316 PCs로 음성(-)의 photon count 값을 나타내었으나, 1-5 kGy 조사시료에서는 104,608-3,854,655 PCs로 4,000 이상의 양성(+) 값을 나타내어 조사여부 확인이 가능하였지만 선량 간 직선적인 증가는 나타나지 않았다. 이 같은 결과는 분말이 아닌 시료의 특성상 PSL 측정 시 균일하지 못한 시료의 표면과 시료 자체에 묻어있는 무기질 양이 서로 다르기 때문일 것으로 사료되었다(31). 이상의 결과 PSL 방법을 이용한 건포류의 조사여부를 screening하는 데 있어 쥐포만이 판별 가능하여 적용 가능한 시료 범위가 제한적인 것으로 판단되었으며, 보다 정확한 판별을 위하여 TL 등의 방법을 이용한 다중검지체계의 적용이 필요한 것으로 사료되었다(32).

TL 확인 특성

TL 분석을 위해 오징어채와 쥐포는 300 g, 멸치는 200 g의 시료를 물로 씻은 후 1 mg의 미네랄을 추출하여 signal을 측정하였다. 실험의 신뢰도를 높이기 위해 미네랄의 분리과정에서 시료를 담지 않은 blank test를 수행하여 MDL (minimum detectable integrated TL-intensity level; 최저 검출한계)을 설정하였다. 건포류에

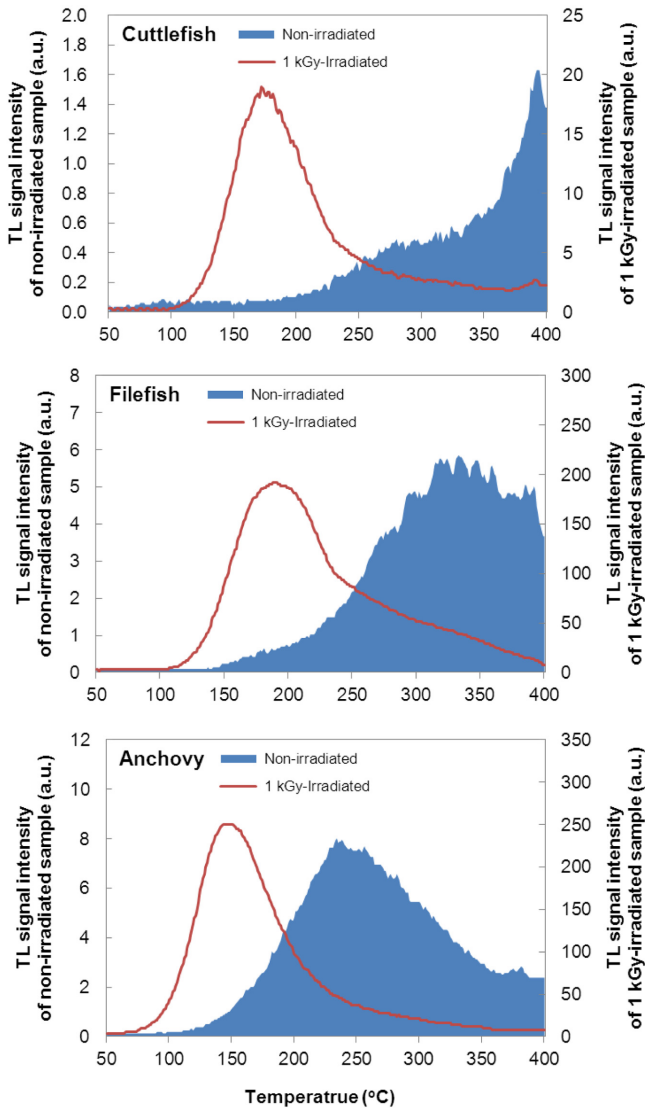


Fig. 3. TL Glow curve of minerals separated from dried fishery products by irradiation.

서 추출된 미네랄의 TL 측정 결과는 Fig. 3 및 Table 3과 같다. 모든 건포류에서 비 조사시료의 경우 250°C 이상의 온도에서, 조사시료의 경우 150-250°C 사이에서 조사 특이 glow curve를 나타냄에 따라 조사여부 확인이 가능하였고, 조사선량의 증가에 따라 peak intensity가 확연히 증가하였다. 오징어체에서는 쥐포와 멸치에서보다 TL intensity가 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 시료에 따라 원재료에 혼입되는 무기질의 종류와 양의 차이가 나타날 수 있기 때문으로 사료되었다(23,33,34).

한편 건포류로부터 분리한 미네랄의 normalization을 위하여 1차 glow curve (TL₁)를 측정된 다음 재조사(1 kGy)를 실시하여 2차 glow curve (TL₂)를 측정하였다. TL ratio (TL₁/TL₂) 분석 결과, 오징어체의 경우 비 조사구에서는 0.004, 조사구에는 0.118 이상의 값을 나타내었고, 쥐포의 경우 0.006 및 0.430 이상의 값을, 멸치의 경우 0.008 및 0.233 이상의 값을 나타내었다. 한편, TL ratio 값이 0.1보다 작은 경우 방사선 조사하지 않은 것으로, 0.1보다 큰 경우 방사선 조사된 것으로 판단하는데(17), 본 연구 결과는 모두 이상의 조건을 만족함에 따라 TL ratio에 의한 조사여부 판정이 가능하였다(35,36).

관능적 품질 변화

건포류의 미생물학적 품질 개선을 위하여 사용된 감마선 조사가 처리 직후 시료의 관능적 품질에 미치는 영향을 5점채점법으로 평가한 결과는 Table 4와 같다. 오징어체와 쥐포의 경우 맛, 색, 이취, 조직감 및 전반적 기호도에 대한 평점이 조사선량에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 멸치의 경우 전반적 기호도에 있어 비 조사시료에 비해 조사시료에서 다소 감소하는 경향을 나타내었으나 그 차이가 크지 않았다($p < 0.05$). 멸치는 오징어체 및 쥐포에 비해 지방의 함량이 비교적 높아 감마선 조사에 따른 갈변도 및 TBA 값의 변화가 유의적으로 증가하였고, 이러한 변화가 시료의 관능평점에 영향을 주는 것으로 사료되었다. Ko 등(37)은 전자선 조사된 건조오징어의 경우 색, 냄새, 맛 및 종합적 기호도 측면에서 조사 여부에 따른 유의적인 차이가 없는 것으로 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다. 또한 Kwon 등(38)은 감마선 조사된 건멸치에 대한 연구에서 5 kGy 이하의 조사선량은 시료의 관능적 품질에 큰 영향을 미치지 않았으나, 10 kGy 조사시료는 대조군과 비교 시 기호도가 저하되었다

Table 3. Thermoluminescence determinations of dried fishery products by irradiation

Sample	TL glows ¹⁾	Irradiation dose (kGy)			
		0	1	3	5
Cuttlefish	TL ₁ (nC)	17±7 ²⁾	436±92	445±204	1,315±1,220
	TL ₂ (nC)	4,418±1,581	3,686±993	3,087±877	3,641±997
	TL ratio	0.004±0.005	0.118±0.093	0.144±0.233	0.361±1.223
Filefish	TL ₁ (nC)	136±15	7,986±3,045	20,094±16,351	38,570±16,082
	TL ₂ (nC)	24,090±6,640	18,593±4,549	20,980±8,441	22,956±5,630
	TL ratio	0.006±0.002	0.430±0.669	0.958±1.937	1.680±2.857
Anchovy	TL ₁ (nC)	123±47	4,561±1,655	9,406±2,752	4,977±2,412
	TL ₂ (nC)	15,860±3,768	19,546±5,338	16,996±1,437	11,196±2,927
	TL ratio	0.008±0.013	0.233±0.310	0.553±1.915	0.445±0.824

¹⁾TL₁, Integrated area between 150 and 250°C of first glow curve; TL₂, Integrated area between 150 and 250°C of second glow curve; TL ratio, TL₁/TL₂
²⁾Means±SD (n=3)

Table 4. Changes in sensory properties of dried fishery products by irradiation

Sample	Sensory properties	Irradiation dose (kGy)			
		0	1	3	5
Cuttlefish	Taste	3.80±0.77 ^{1)a}	3.35±0.93 ^a	3.20±0.95 ^a	3.25±0.85 ^a
	Color	2.95±1.15 ^a	3.65±0.88 ^a	3.30±1.13 ^a	3.40±1.19 ^a
	Odor	2.25±1.21 ^a	2.90±1.29 ^a	2.70±1.03 ^a	2.30±1.08 ^a
	Texture	3.40±0.94 ^a	3.30±0.92 ^a	3.35±1.14 ^a	3.25±0.72 ^a
	Overall acceptance	3.50±0.76 ^a	3.25±0.97 ^a	3.35±0.88 ^a	3.65±1.09 ^a
Filefish	Taste	2.86±1.12 ^a	2.95±0.95 ^a	2.86±0.99 ^a	2.91±1.15 ^a
	Color	3.31±0.89 ^a	3.50±0.96 ^a	3.68±0.83 ^a	3.36±1.00 ^a
	Odor	2.86±1.12 ^a	2.72±1.12 ^a	3.40±1.36 ^a	2.82±1.14 ^a
	Texture	2.50±0.91 ^a	3.09±0.92 ^a	2.95±1.09 ^a	2.91±1.11 ^a
	Overall acceptance	2.68±1.08 ^a	3.22±0.81 ^a	3.22±1.23 ^a	3.18±0.91 ^a
Anchovy	Taste	3.68±0.99 ^a	2.91±1.02 ^a	3.00±1.11 ^a	3.32±1.09 ^a
	Color	3.50±0.91 ^a	3.05±1.00 ^a	3.23±1.27 ^a	2.91±0.97 ^a
	Odor	2.82±1.30 ^a	2.64±1.18 ^a	2.55±1.34 ^a	2.59±1.18 ^a
	Texture	3.59±1.01 ^a	3.18±0.91 ^a	2.86±1.08 ^a	2.91±1.06 ^a
	Overall acceptance	3.73±1.12 ^a	2.95±1.00 ^b	3.23±1.11 ^b	2.91±1.27 ^b

¹⁾Mean±SD (n=20)^{a-c}Means followed by different letters within the same row are significantly different ($p<0.05$).

고 보고하였다. 본 실험에 사용된 5 kGy 이하의 감마선 조사는 건포류의 관능적 품질에 큰 영향을 미치지 않았으므로, 위생적 생산 및 저장 중 품질 유지를 위해 효과적인 방법으로 확인되었다.

요 약

국내 다소비 건포류인 오징어채, 쥐포, 멸치를 대상으로 감마선 조사에 의한 이화학적 품질 특성 및 조사여부 확인 시험을 실시하였다. 모든 시료에서 조사선량의 증가에 따라 기계적 색도의 큰 변화는 관찰되지 않았지만 전반적 색차는 다소 증가하였다. 갈색도의 경우 오징어채와 쥐포는 수용성 갈색도가, 멸치는 지용성 갈색도가 높게 확인되었고, 쥐포의 갈색도는 조사선량에 따라 다소 증가하였다. TBA 값은 지방의 함량이 비교적 높은 오징어와 멸치의 경우 조사선량에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 광자극발광(PSL) 분석 결과, 멸치를 제외한 모든 조사시료에서 음성(-)과 중간값(M)을 나타냄에 따라 스크리닝 판정에 적합하지 않는 것으로 확인되었다. 그러나 열발광(TL) 분석에서는 모든 조사시료가 특유의 peak를 나타내었고, 강도 또한 선량에 비례적으로 증가하였으며, TL ratio 역시 기준 값에 만족하여 TL에 의한 조사여부 확인이 가능하였다. 관능평가 결과, 모든 시료에서 조사선량 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

감사의 글

이 논문은 한국연구재단(NRF)의 연구비(No. 2010-0004932) 지원에 의해서 이루어진 것이며 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Yoon MH, Hong HG, Lee IS, Park MJ, Yun SJ, Park JH, Kwon YO. A survey of the safety in seasoned dried fishes. J. Fd. Hyg. Safety 24: 143-147 (2009)
2. Kim HJ, Choi JI, Lee HS, Kim JH, Byun MW, Chun BS, Ahn DH, Yook HS, Lee JW. Improvement of physiological activity of

the ethanol extract from boil-water of *Enteroctopus dofleini* by gamma irradiation. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 1612-1616 (2007)

3. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. Fisheries information service. http://www.fips.go.kr:7001/jsp/dp/pc_year_item_list.jsp?menuDepth=050203. Accessed Jan. 7, 2011.
4. Seo KW, Cho BS, Gang GL, Kim JP, Yang YS, Hong SJ, Moon YW, Kim ES. A survey on safety of dried foods. J. Fd. Hyg. Safety 25: 310-319 (2010)
5. Korea Consumer Agency. Imported dried seasoned fishery safety survey. Korea Consumer Agency, Seoul, Korea. pp. 18-19 (2007)
6. Tsuji H, Hamada K. Outbreak of salmonellosis caused by ingestion of cuttlefish chips contaminated by both *Salmonella Chester* and *Salmonella Oranienburg*. Jpn. J. Infect Dis. 52: 138-139 (1999)
7. Ham HJ, Kim AK, Kim MS. Bacterial distribution in dried salted marine products, sold in Garak wholesale market. J. Fd. Hyg. Safety 21: 70-75 (2006)
8. Thayer DW. Food irradiation: Benefits and concerns. J. Food Quality. 13: 147-169 (1990)
9. Noh JE, Kim BK, Kim HK, Kwon JH. Effects of γ -irradiation on the quality of seasoned cuttle during storage. Korean J. Food Culture 19: 516-523 (2004)
10. Noh JE, Byun MW, Kwon JH. Quality and thermoluminescence properties of γ -irradiated boiled-dried anchovies during storage. Korean J. Food Preservation 9: 19-27 (2002)
11. Noh JE, Kwon JH. The quality and thermoluminescence properties of dried pollack during storage following irradiation. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 711-716 (2004)
12. Byun MW. Application and aspect of irradiation technology in food industry. Food Sci. Ind. 30: 89-100 (1997)
13. WHO. Wholesomeness of irradiated food: report of a joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. In World Health Organization Technical Report Series 659. p.36. Geneva, Switzerland (1981)
14. WHO. High dose irradiation: wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. Technical Report Series. 890: 9-37 (1999)
15. Kwon JH. Commercialization of food irradiation technology and the identification of irradiated food. Food Sci. Ind. 36: 50-55 (2003)
16. Delincée H. Detection of food treated with ionizing radiation. Trends in Food Sci. Technol. 9: 73-82 (1998)
17. KFPA. Identification Method for Irradiated Food. No. 2009-172,

- Cheongwon, Korea (2009)
18. Kwon JH, Jung HW, Byun MW, Kim JS. Effects of storage temperature and packaging methods on the physicochemical quality of boiled-dried anchovies. *J. Fd. Hyg. Safety* 10: 97-102 (1995)
 19. Han SB, Lee JH, Lee KH. Non-enzymatic browning reactions in dried anchovy when stored at different water activities. *J. Korean Fish. Soc.* 6: 37-43 (1973)
 20. Chung CY, Toyomizu M. Studies on the browning of dehydrated foods as a function of water activity: 1. Effect of A_w on browning in amino acid-lipid systems. *Bull. Jap. Soc. Fish. Sci. Fish.* 42: 697-702 (1976)
 21. Turner EW, Paynter WD, Montie EJ, Bessert MW, Struck GM, Olson FC. Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *Food Tech.* 8: 326-333 (1954)
 22. Lim CY, Lee SJ, Lee IS, Kim JK, Sung NJ. The formation of N-nitrosamine during storage of salted mackerel, *Scomber japonicus*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26: 45-53 (1997)
 23. European Committee for Standardization. Foodstuffs-Detection of irradiated food using photostimulated luminescence. English version of DIN EN 13751. Brussels, Belgium (2001)
 24. European Committee for Standardization. Foodstuffs-Detection of irradiated food using photostimulated luminescence. English version of DIN EN 1788. Brussels, Belgium (2001)
 25. IAEA. Analytical detection methods for irradiated foods. A review of current literature. IAEA-TECDOC-587. pp. 7-172 (1991)
 26. SAS Institute. SAS User's Guide. version 8.1. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (2001)
 27. Cho HO, Byun MW, Kwon JH, Lee JW, Yang JS. Effects of gamma irradiation and ethylene oxide fumigation on the quality of dried marine products (Shrimp, Anchovy). *Kor. J. Food Hyg.* 2: 21-27 (1986)
 28. Rural Development Administration National Academy of Agricultural Science. 8th Ed. Food Composition Table (2011)
 29. Kwon JH, Byun MW, Suh JS. Shelf-life prediction of γ -irradiated boiled-dried anchovies. *J. Korean Food Sci. Technol.* 31: 1557-1562 (1999)
 30. Choi CR, Hwang KT. Detection of hydrocarbons in irradiated and roasted sesame seeds. *J. Oil Fat Ind.* 74: 469-472 (1997)
 31. Sanderson DCW, Carmichael LA, Fisk S. Establishing luminescence methods to detect irradiated food. *Food Sci. Tech.* 12: 97-102 (1998)
 32. Jeong MS, Ahn JJ, Akram K, Kim GR, Kwon JH. Monitoring of commercial red pepper powders for their irradiation status. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 673-679 (2012)
 33. Behere A, Desai SRP, Rao SMD, Nair PM. A simple method for identification of irradiated spices. *Radiat. Phys. Chem.* 40: 27-30 (1992)
 34. Soika C, Delincée H. Thermoluminescence analysis for detection of irradiated food-Luminescence characteristics minerals for different types of radiation and radiation doses. *LWT Food Sci. Technol.* 33: 431-439 (2000)
 35. Lee JA, Chung HW, Kwon JH. Detection of different ratios of gamma-irradiated turmeric by photostimulated luminescence and thermoluminescence. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 648-652 (2010)
 36. Lee J, Kausar T, Kim BK, Kwon JH. Detection of γ -irradiated sesame seeds before and after roasting by analyzing photostimulated luminescence, thermoluminescence, and electron spin resonance. *J. Agr. Food Chem.* 56: 7184-7188 (2008)
 37. Ko JK, Ma YH, Song KB. Effect of electron beam irradiation on the microbial safety and qualities of sliced dried squid. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 433-437 (2005)
 38. Kwon JH, Byun MW, Kim JS. Microbiological and organoleptic qualities of boiled-dried anchovies during postirradiation period. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 283-287 (1996)