

방사선 조사와 저장기간에 따른 북어의 품질 및 thermoluminescence 특성

노정은 · 권중호*
경북대학교 식품공학과

The Quality and Thermoluminescence Properties of Dried Pollack during Storage Following Irradiation

Jungeun Noh and Joong-Ho Kwon*

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

Gamma irradiation was applied to dried pollack to improve its microbiological quality and evaluate quality stability of irradiated samples. Thermoluminescence (TL) properties of minerals separated from irradiated samples were measured for possible use in identifying irradiation treatment. Dried pollack was packaged in commercial unit (PVC film, 0.06 mm thickness) and stored at $15 \pm 1^\circ\text{C}$ for 6 months. Samples showed over 10^4 CFU/g in total aerobic bacteria or yeasts & molds, which increased during storage, reaching 10^6 - 10^7 CFU/g at 3rd month of storage. Irradiation at 3 kGy was effective for improving hygienic quality for 6 months, keeping microbial population under 20 CFU/g. Gamma irradiation at 3 kGy or less did not significantly influence physicochemical quality attributes, such as browning, TBA value, volatile basic nitrogen, trimethylamine, and sensory properties, whereas storage time remarkably induced quality changes of dried pollack. TL analysis was proved suitable for identifying irradiated from non-irradiated samples over 6 months of storage.

Key words: dried pollack, irradiation, quality, thermoluminescence

서 론

명태(*Theragra chalcogramma*)는 대구과에 속하는 한류성 어종으로 주로 수온이 $3\text{-}4^\circ\text{C}$ 인 곳에서 서식하고 있다(1). 그러나 국내에서는 지구 온난화로 인해 수온이 상승하면서 명태 어획량은 해마다 줄어들고 수입량은 증가하고 있다(2). 명태는 냉동, 건조, 젓갈 등 여러 가지 형태로 가공되어져 왔는데, 특히 건조제품인 북어는 특유한 식감을 지니고 있어서 제례의식 등에 이용되어져 왔다. 일반 건포류의 검역기준을 살펴보면 형태가 바르고 손상이 적으며 충해가 없어야 하고, 고유의 색깔 및 향미가 양호하며 토사 및 그 밖에 험잡물이 없어야 한다고 명시되어 있다. 또한 수분 함량은 22% 이하이고, 이산화황의 경우 0.03 g/kg 미만으로 명시되어 있지만 세균수나 대장균군과 같은 미생물에 관한 규격은 아직 고시되지 않고 있다(3). 북어는 주로 중국, 일본, 북한, 러시아, 베트남 등지에서 수입되고 있으며, 이들 제품의 대부분은 영세한 환경에서 제조되는 경우가 많으므로 건조, 저장, 유통 과정에서 미생물, 해충 등에 의한 오염 가능성이 매우 높다(4). 현재 이들 오염유기체를 제거하

기 위한 방안으로는 제품을 과도하게 건조하는 방법과 화학처리법을 적용할 수 있으나 제품의 품질저하, 약품의 안전성 등의 측면에서 새로운 대안의 연구가 필요하다고 생각된다. 최근 (2002-2004) 건포류의 수입검사 실적을 살펴보면 약 1.5%의 제품이 부적합으로 판정되어 폐기되고 있다(5). 따라서 수출입 건포류의 미생물학적 품질개선을 위한 새로운 방법의 필요성이 지적되고 있으며, 최근 방사선을 이용한 살균·살충기술은 잔류성이 없고 환경 친화적인 기술로 인정되면서 수출입 식품의 위생적 품질 보증 및 검역처리로써 활용 가능성이 확인되고 있다(6,7). 또한 2003년 현재 건포류(dried fish)의 방사선 조사는 해충구제, 미생물 생육억제 및 저장기간 연장을 목적으로 10개 국에서 허가하고 있으며, 허가 선원(irradiation sources)은 감마(γ)선, 전자빔 및 X-선으로써 1-5 kGy 범위의 선량이다. 그러나 국내에서는 어패류 분말(fish powder)에 대하여 최고 7 kGy의 감마선(^{60}Co)을 미생물 생육억제를 목적으로 허가하고 있다(8). 본 연구는 국내에 유통되고 있는 북어에 대하여 감마선을 이용한 미생물학적 품질개선과 저장 중 품질안정성을 평가하였다. 아울러 유통 및 교역에 대비한 방사선 조사 북어의 확인(identification)방법을 연구하고자 열발광 분석법을 검토하였다.

*Corresponding author: Joong-Ho Kwon, Department of Food Sci. and Technol., Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea
Tel: 82-53-950-5775
Fax: 82-53-950-6772
E-mail: jhkwon@knu.ac.kr

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 북어(수분 약 23%)는 강원도 주문진에서

출하된 것을 대구 S시장에서 구입하여 사용하였다. 품질특성 실험 및 관능검사를 위한 시료는 식품포장용 PVC film(두께 0.06 mm)을 사용하여 시중에서 유통되고 있는 형태로 소단위 포장(500 g)하여 사용하였고, 미생물 검사용은 소단위 포장(10 g)하여 저장하면서 분석하였다. 그리고 검지시험용 시료는 선량별로 1회 사용량(700 g) 만큼 동일 포장재에 포장하여 방사선 조사시킨 후 실험에 사용하였다.

감마선 조사 및 저장

시료의 방사선 조사는 ^{60}Co 감마선 조사시설(AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 실온에서 시간당 일정한 선량률로 1-7 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량 확인은 ceric/cerous dosimeter를 사용하였다($\pm 5.6\%$). 조사된 시료는 비조사 시료와 함께 품질시험용은 $15 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $75 \pm 9\%$ RH의 냉장저장고에, 검지시험용 시료는 -20°C 이하의 냉동고에 6개월 간 저장하면서 실험에 사용하였다.

미생물 생육시험

복어의 총균수(total aerobic bacteria)는 APHA 표준방법(9)에 따라 멸균 peptone 수로 10배수 연속 희석한 다음 plate count agar(Difco Lab., USA)를 사용하여 37°C 에서 20시간 이상 배양한 후 생성된 미생물의 집락을 계수하여 시료 1 mL 당 미생물 수(colony forming unit, CFU)로 나타내었다. 효모 및 곰팡이(yeasts & molds)(10,11)는 potato dextrose agar(Difco Lab., USA)를 사용하여 살균된 10% tartaric acid로 pH를 3.5로 조정 한 후 평판법으로 30°C 에서 2일간 배양한 후 계수하였다. 대장균군(coliforms)(12)은 desoxycholate lactose agar(Difco Lab., USA)를 이용하여 pour plate method로 37°C 에서 1-2일간 배양하여 적색의 집락을 계수하였다.

갈색도 측정

시료의 갈색도는 Han 등(13)에 의한 방법에 따라 지질산화에 의한 갈색도(lipophilic brown pigment)는 chloroform-methanol 용매로써, Chung과 Toyomizu(14)의 방법으로 Maillard 반응에 의한 갈색도(hydrophilic brown pigment)를 H_2O -methanol 용매로써 각각 추출하여 420 nm에서 최대흡광치(O.D./g) 단위로 나타내었다.

TBA가 측정

시료의 산패정도를 알아보기 위하여 Turner 등(15)의 방법에 따라 지방질의 산화 시 생성되는 malondialdehyde와 2-thiobarbituric acid(TBA)의 정색반응 생성물을 UV-visible spectrophotometer(UV-160 PC Shimadzu, Japan)를 사용하여 538 nm에서 흡광도를 측정하였다.

VBN 측정

복어의 선도 판정에 이용되고 있는 휘발성염기질소(volatile basic nitrogen, VBN) 측정은 Conway unit를 사용하는 미량화산법(16)으로 측정하였다.

TMA 측정

복어의 선도를 측정하기 위하여 Murray와 Gibson 방법(17)에 준하여 trimethylamine(TMA) 함량을 비색 정량하였다.

관능평가

무처리구와 1-7 kGy 조사시료를 대상으로 시료의 외관, 색, 냄새, 맛 및 전반적기호도에 대하여 식별능력을 갖춘 10명의 검사원에 의해 6점 채점법(18)으로 관능적 품질을 평가하였다. 이 때 채점기준은 “6점, 매우 좋다(excellent): 5점, 좋다(very good): 4점, 적당하다(good): 3점, 보통이다(fair): 2점, 좋지 않다(poor): 1점, 매우 좋지 않다(very poor)”로 하였다.

열발광 분석

복어의 열발광(thermoluminescence, TL) 분석은 CEN 방법(19)을 바탕으로 시료로부터 mineral을 분리하였다. 분리한 mineral을 건조하여 aluminium disc($\phi 6$ mm)에 옮겨 담고 overnight한 후 TLD system(Harshaw TLD-4200, Germany)을 이용하여 열발광 특성을 측정(20)하였다. 이때 초기온도 50°C 에서 5초간 예열하고 최고온도는 400°C , 가온율(heating rate)은 $5^\circ\text{C}/\text{sec}$ 로 하였으며, acquisition time은 70초의 조건으로 측정하였다. 측정된 시료의 glow curve에서 peak가 나타나는 온도 범위와 curve intensity, 그리고 재조사(1 kGy) 방법에 의해 TL ratio를 산출하여 비조사구와 조사구의 차이를 확인하였다(21).

결과 분석

방사선 조사된 복어의 품질특성은 3회 반복 측정하여 건물량 기준으로 나타내었다. 실험 결과는 Origin(22)에 의해 분석하였고, 처리군 간의 유의성 검정은 SAS(23)에 의한 분산분석과 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

미생물 생육특성

본 실험에 사용된 시료의 미생물 농도는 총균수 4.9×10^4 CFU/g, 효모 및 곰팡이 7.6×10^4 CFU/g, 대장균군은 음성으로 나타났다. 감마선 조사와 6개월 저장 중 미생물의 생육특성을 보면 1 kGy 조사구에서는 세균과 효모 및 곰팡이의 농도가 초기 오염도에 비해 1 log cycle 이상 감소되었고 3 kGy 조사구에서는 저장 기간 중 검출한계(20 CFU/g 이하) 이하로 나타났다. 그러나 5 kGy 이상 조사구에서는 모든 시료에서 미생물의 생육이 없었다(Fig. 1). 이상의 결과는 동일 조건에서 실험한 건멸치 시료와 유사한 경향이었고(24), 다양한 건포류에 대한 Cho 등(25)의 보고와 잘 일치하였다. 그리고 시료에 오염된 미생물의 농도는 저장 기간 중 증가하는 경향을 나타내었으며, 저장 3개월 이후에는 비조사구의 미생물 농도가 총균수 2.0×10^6 CFU/g, 효모 및 곰팡이 5.0×10^7 CFU/g, 1 kGy 조사구는 총균수 3.9×10^4 CFU/g, 효모 및 곰팡이 3.0×10^4 CFU/g 수준으로 저장 초기와 큰 차이가 없었다. 이와 같이 방사선 조사 후 저장 6개월이 경과하였을 때 미생물 농도의 증가율이 완만해진 것은 저장 기간 중 시료의 수분함량 감소가 주 원인으로 판단된다(24,26).

갈색도 변화

건포류의 저장, 유통 중 갈변현상은 지질산화와 비효소적 갈변이 주 원인으로 알려져 있다(13,14). 복어 시료의 지질산화에 의한 갈변은 조사선량이 증가할수록 다소 증가하는 경향이었으나 처리구 간에 유의적인 차이는 없었다($p < 0.05$). 그러나 저장기간이 경과함에 따라 모든 구에서 크게 증가하였고 저장 6

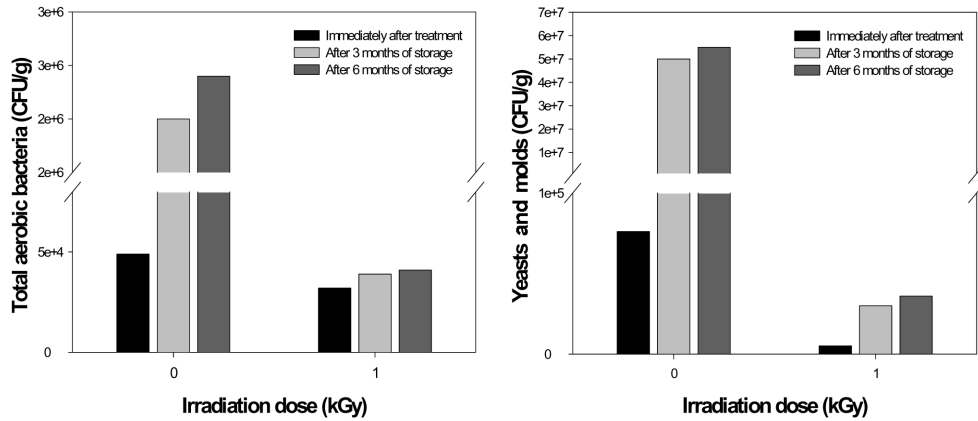


Fig. 1. Microbiological qualities in dried pollack during storage at 15°C following gamma irradiation.

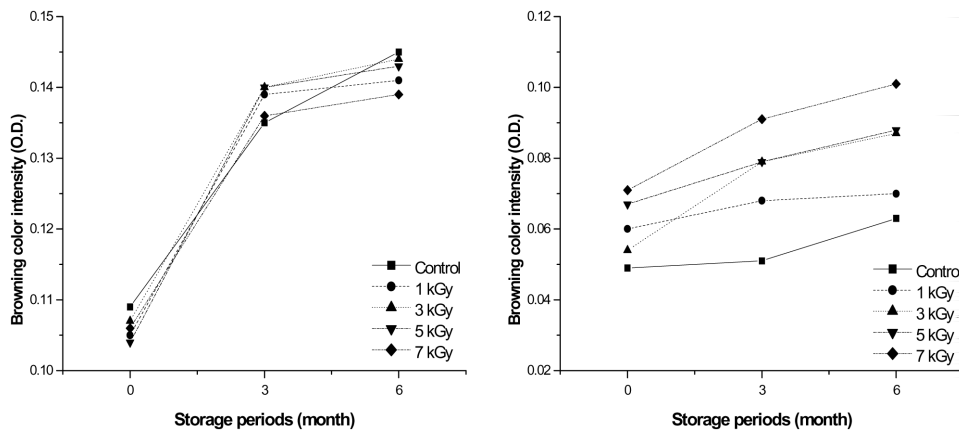


Fig. 2. Browning color intensity in dried pollack during storage at 15°C after gamma irradiation. left: lipophilic, right: hydrophilic.

개월째는 조사구 보다 비조사구에서 갈변현상이 다소 높게 나타났다(Fig. 2). 이 같은 결과는 Han 등(13)의 건멸치의 수분활성과 갈변에 관한 연구에서 지질산화에 의한 갈변은 시료의 수분활성이 낮을 경우 갈변반응의 주축을 이룬다는 보고와 같이 본 시료는 저장 중 수분함량의 감소로 지질산화에 의한 갈변 현상이 많이 일어났을 것으로 생각된다(24). 또한 복어의 Maillard 반응에 의한 갈변은 지질산화에 의한 갈변과 마찬가지로 조사선량이 증가할수록 갈변도가 비례적으로 증가하였으며, 저장기간의 경과에 따라 점차 증가하면서 처리구 간에는 저장 초기와 유사한 경향을 나타내었다(Fig. 2). 이상과 같은 패턴의 갈변현상은 Kwon 등(27)의 건멸치에 대한 보고와 유사한 경향으로 건포류의 저장 중 갈변방지를 위해서는 온도 및 포장관리가 무엇보다 중요성함을 지적해 주었다.

TBA가, VBN 및 TMA 함량 변화

식품의 산패와 휘발성 질소성분의 생성은 저장 식품의 가치를 결정하는 중요한 요인이 되므로 본 실험에서는 복어의 선도를 측정하기 위해 TBA가, VBN 및 TMA의 함량을 측정하였다. 먼저 시료의 산패도를 알아보기 위하여 malonaldehyde 함량을 측정해 본 결과, 조사선량이 증가함에 따라 TBA가의 증가현상이 나타났다. 즉, 대조구에 비해 감마선 조사구의 TBA가는 유의적으로 상승되었으며, 1-5 kGy 조사구 간에는 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 조사선량 간에는 3 kGy 이하는 대조구와 차이가 크지 않았으나 5 kGy 이상 조사구는 그 밖의 처

리구에 비해 높은 산패도를 나타내었다($p < 0.05$). 그리고 저장기간에 따른 TBA가의 변화에서 대조구는 저장 3개월까지는 유의적인 변화가 없었으나 15°C에서 6개월 저장 후에는 TBA가의 상승이 크게 나타났다(Fig. 3). 본 결과는 식품의 방사선 조사 시 지방질은 산패가 촉진되어 malonaldehyde와 glyoxal을 생성하게 되므로 높은 TBA가를 나타낸다는 보고와 잘 일치하였지만(28), 식품에 적용되는 조사선량에 비해 열악한 저장조건은 지질성분의 변질에 더 큰 영향을 미치는 것으로 확인되고 있다(27).

한편 시료의 방사선 조사에 따른 VBN 생성량은 조사선량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 일반적으로 신선한 생선에 비해 건포류의 VBN 함량이 많은 것은 자숙, 건조 등 가공과정을 거치면서 암모니아를 비롯한 여러 가지 휘발성 염기질소들이 다량 생산되기 때문인 것으로 알려져 있다(29). 조사된 복어의 경우 조사선량의 증가에 따라 VBN 함량이 다소 감소하는 경향을 보였으나 저장기간이 길어짐에 따라 VBN 함량은 유의적으로 증가하였다(Fig. 4). 그러나 저장 6개월 이후에도 대조구에 비해 조사구의 VBN 함량이 상대적으로 낮은 값을 나타내었다. 이는 시료에 오염된 미생물의 생육과도 밀접한 관련이 있을 것으로 예상되며, 이 같은 결과는 Kwon 등(30)의 저장 중 건멸치에 대한 보고에서도 확인된바 있다. 일반적으로 trimethylamine oxide(TMAO)는 신선 어육에는 거의 존재하지 않지만 시간이 경과됨에 따라 미생물의 작용으로 trimethylamine(TMA)으로 변화하여 생선 비린내의 원인이 된다(31). 감마선

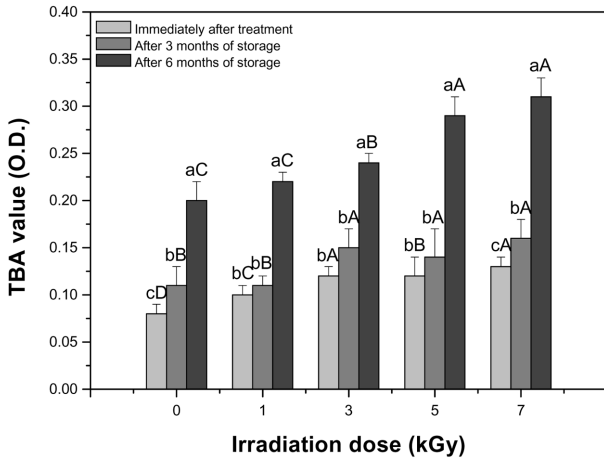


Fig. 3. TBA value in dried pollack during storage at 15°C after gamma irradiation.

Different alphabetic letters on bars indicate significant difference in mean values at 5% level by Duncan's multiple range test: A-D for irradiation dose level and a-c for storage time at each irradiation dose.

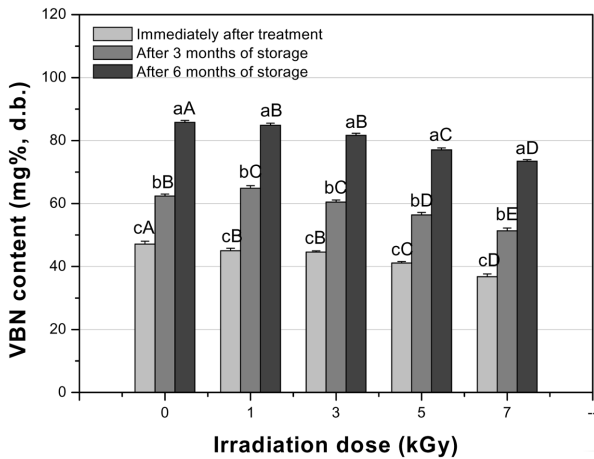


Fig. 4. VBN contents in dried pollack during storage at 15°C after gamma irradiation.

Different alphabetic letters on bars indicate significant difference in mean values at 5% level by Duncan's multiple range test: A-E for irradiation dose level and a-c for storage time at each irradiation dose.

조사된 복어의 TMA 함량은 3 kGy까지는 대조구와 차이가 없었으나 더 높은 선량에서는 유의적으로 낮은 수치를 보여주었다($p < 0.05$). 이는 VBN 함량과 유사한 패턴으로써 저장 기간 중 TMA 함량은 크게 상승하였으며, 대조구와 조사구 간에는 저장 초기와 유사한 경향의 변화를 나타내었다. 즉, 시료의 TMA 함량은 방사선 조사선량보다는 저장기간에 따라 크게 상승됨을 알 수 있었으며, 이 같은 결과는 시료의 미생물 생육과 깊은 관련이 있을 것으로 판단된다(26,30).

관능적 품질

감마선 처리된 복어에 대하여 조사선량 및 저장 기간에 따라 관능적 품질을 평가한 결과 시료의 외관, 색, 냄새, 맛 및 전반적 기호도에 있어서 조사 직후에는 처리구간에 유의적인 차이가 없었다. 그러나 저장기간이 경과함에 따라 5 kGy 이상 조사구에서는 관능평점의 감소현상이 두드러지게 나타났으며, 저장 6개월 후 전반적 기호도는 비조사 대조구와 7 kGy에서 가

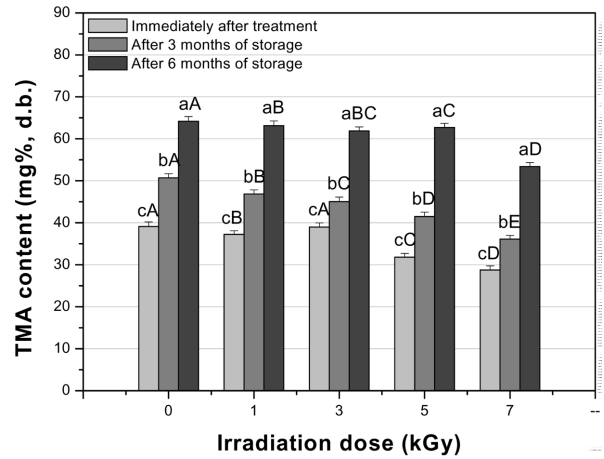


Fig. 5. TMA contents in dried pollack during storage at 15°C after gamma irradiation.

Different alphabetic letters on bars indicate significant difference in mean values at 5% level by Duncan's multiple range test: A-E for irradiation dose level and a-c for storage time at each irradiation dose.

장 낮은 값을 보였다(Table 1). 본 실험에서 시료의 가식한계점(acceptable border line)을 평점 3점(fair)으로 보았을 때 3 kGy 이하의 조사구에서는 전반적으로 저장 6개월까지도 관능적 품질이 양호하게 나타났다. 이 같은 결과는 포장된 건멸치에 5 kGy의 감마선을 조사하고 실온(25°C 내외)에서 6개월간 저장 하였을 때 대조시료는 상품성이 없었으나 조사시료는 3점(fair) 이상의 관능평점을 나타내었다는 보고(30)와 유사한 경향이었으며, 이는 시료에 오염된 미생물을 감소시킴으로써 저장 중 건포류의 품질안정성을 높일 수 있을 것으로 판단되었다.

TL 검지특성

감마선 조사된 복어의 조사 직후와 저장기간 중 열발광(TL) 특성을 측정하여 검지가능성을 평가하였다. 감마선 조사선량 별 TL signal intensity(TL₁)를 측정된 결과, 모든 시료에서 비조사구와 조사구간에 peak가 나타나는 온도범위와 peak intensity의 차이가 분명하였다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 1 kGy 이상의 조사시료에서는 특이한 peak가 약 200 근처에서 나타났고, 조사선량의 증가에 따라서 signal intensity가 증가하였다. 그러나 비조사구에서는 280°C 전후에서 매우 낮은 peak가 나타났다. 그리고 저온(-20°C)에 6개월 동안 저장하면서 TL signal을 측정된 결과 여전히 비조사구의 peak는 300°C 부근에서 나타났고, 조사구의 peak는 200°C 근처에서 나타났으며, 비조사구와 조사구 간의 TL signal intensity 차이는 매우 뚜렷하여 구별이 가능하였다. 또한 1차 검지결과(peak 온도대와 크기)를 뒷받침하기 위하여 TL₁을 측정된 시료를 다시 재조사(1 kGy)하여 2차 glow curve(TL₂)를 측정하여 TL ratio(integrated TL₁/integrated TL₂)를 구하였다. 그리고 그 값이 0.05 이하이면 비조사구로, 1.0 이상이면 방사선 조사된 것으로 판단하였다. 실험결과 조사선량이 증가할수록 TL ratio의 값이 증가함을 볼 수 있었고, 비조사구와 조사구간에 TL ratio 값이 큰 차이를 나타내어 TL 측정에 의한 검지가능성을 잘 뒷받침해 주었다(Table 2). 이 같은 결과는 Khan과 Delincée의 연구 결과(32) 및 Kwon 등(33)의 다중검지 결과와 잘 일치하는 것으로써, 본 실험에서도 normalization에 의한 재조사(re-irradiation step) 방법이 TL을 이용한 방사선 조사된 시료의 검지에서 그 신뢰성을 증가시켰다

Table 1. Mean sensory score by the analysis of variance for organoleptic properties of dried pollack irradiated in γ -rays and stored for 6 months¹⁾

Sensory quality	Storage month	Irradiation dose (kGy)					F value
		0	1.0	3.0	5.0	7.0	
Appearance	0	5.00 ^a	4.00 ^{abc}	3.50 ^{abc}	3.75 ^{abc}	5.00 ^a	1.54
	3	3.25 ^{abc}	4.00 ^{abc}	3.50 ^{abc}	3.25 ^{abc}	3.00 ^{bc}	
	6	3.50 ^{abc}	4.75 ^{ab}	3.75 ^{abc}	2.75 ^c	3.75 ^{abc}	
Color	0	4.75 ^a	4.50 ^{ab}	4.75 ^a	4.00 ^{abc}	4.75 ^a	2.61
	3	3.25 ^{abc}	4.00 ^{abc}	4.00 ^{abc}	3.75 ^{abc}	3.25 ^{abc}	
	6	4.00 ^{ab}	5.50 ^a	3.50 ^b	3.50 ^b	3.75 ^{ab}	
Odor	0	5.00 ^a	4.50 ^{ab}	4.50 ^{ab}	4.50 ^{ab}	4.50 ^{ab}	2.01
	3	3.50 ^{abc}	3.50 ^{abc}	3.50 ^{abc}	3.75 ^{abc}	3.50 ^{abc}	
	6	3.50 ^{abc}	3.25 ^{bc}	3.50 ^{abc}	3.00 ^{bc}	2.75 ^d	
Taste	0	4.50 ^{ab}	4.25 ^{abc}	4.00 ^{abc}	4.25 ^{abc}	4.75 ^a	2.29
	3	3.50 ^{abc}	3.75 ^{abc}	3.00 ^{abcd}	3.50 ^{abcd}	3.50 ^{abc}	
	6	3.00 ^{bcd}	3.00 ^{bcd}	3.25 ^{bcd}	2.75 ^{cd}	2.00 ^d	
Overall	0	4.50 ^a	4.25 ^{ab}	4.25 ^{ab}	4.25 ^{ab}	4.25 ^{ab}	1.45
	3	4.00 ^{abc}	3.75 ^{abc}	3.50 ^{abc}	3.50 ^{abc}	3.50 ^{abc}	
	6	2.75 ^{bc}	3.00 ^{abc}	3.50 ^{abc}	3.25 ^{abc}	2.50 ^c	

¹⁾Sensory evaluation was conducted by ten members of panel using scoring difference test and sensory scores were; 6, excellent: 5, very good: 4, good: 3, fair: 2, poor: 1, very poor.

^{abc}Mean scores within a row followed by the same superscript are not significantly different at 5 % level using Duncan's multiple range test.

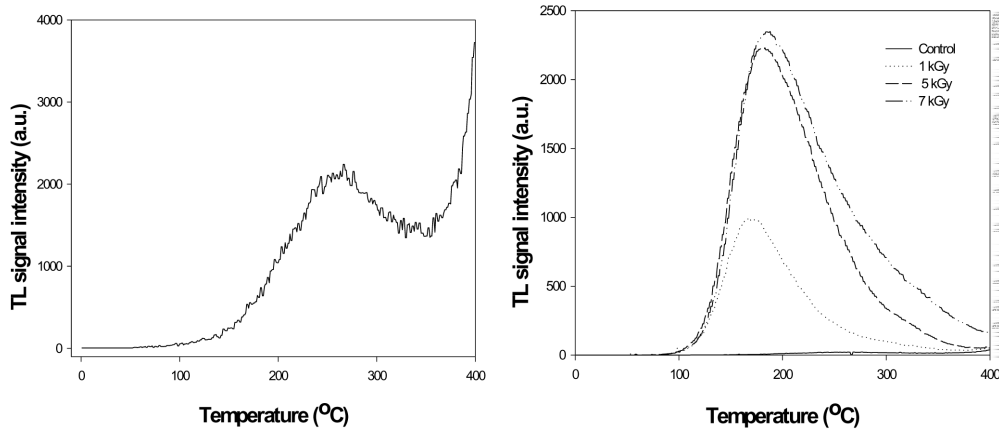


Fig. 6. Glow curves of minerals from irradiated dried pollack at different doses. left: non-irradiated sample, right: irradiated samples.

Table 2. TL ratio of minerals separated from dried pollack during storage at -20°C after gamma irradiation

Storage period (month)	TL ratio				Mathematical fit	R ²
	Control	1 kGy	5 kGy	7 kGy		
0	0.04	1.59	2.74	2.79	$Y = 0.3527X + 0.6438$	0.8139
3	0.02	1.51	2.47	2.56	$Y = 0.3194X + 0.6020$	0.7999
6	0.02	1.40	2.39	2.43	$Y = 0.3078X + 0.5597$	0.8073

는 볼 수 있었다. 저장 기간에 따른 TL ratio를 비교해 보았을 때 저장 초기에 비해 다소 감소하였으나 6개월 이후에도 대조구와 조사구 간에는 뚜렷한 차이를 나타내었다(Table 2).

요 약

복어의 미생물학적 품질개선 및 저장안정성을 평가하기 위하여 감마선을 적용하였으며, 방사선 조사 복어의 유통 및 교

역관리에 필요한 열발광 검지방법을 검토하였다. 포장된 복어 포의 초기 미생물 농도는 10⁴ CFU/g 수준이었으나 15°C 내외의 조건에서 3개월 저장 후에는 10⁷ CFU/g 수준으로 크게 증가하였다. 그러나 3 kGy 감마선 조사구에서는 저장 초기기 및 저장 6개월까지도 검출한계 이하로 나타났다. 복어의 선도 관련 인자로서 갈변도, TBA가, VBN, TMA 및 관능적 특성을 조사 직후와 저장 중 평가해 본 결과, 조사선량에 따라 다소 변화가 확인되었으나 적정선량으로 조사된 시료는 저장 중 대조

구나 5 kGy 이상 조사구에 비해 안정된 품질특성을 보여주었다. 북어의 방사선 조사여부 확인을 위한 열발광 분석 결과 비 조사구의 glow curve는 280°C 부근에서 매우 낮은 peak를 나타내었고 1 kGy 이상 조사구에서는 200°C 부근에서 선량 의존적인 높은 peak를 나타내어 감마선 조사 북어의 판별이 가능하였으며, 재조사 방법에 의한 TL ratio는 조사여부 판별의 신뢰도를 높여주었다.

문 헌

- National Fisheries Research and Development Institute. Fishery resources. Available from: <http://www.nfrda.re.kr>. Accessed June 13, 2004.
- National Federation of Fisheries Cooperatives. Trade information. Available from: <http://trade.suhyup.co.kr>. Accessed June 18, 2004.
- Korea Food and Drug Administration. Food Standards Codex. Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea (2003)
- Food and Sanitation News. Incongruous Imported Food. Korea Food Industry Association, Seoul, Korea (2003)
- National Fisheries Products Quality Inspection Service. Imported fishery in statistical data. Available from: <http://www.nfpqis.go.kr>. Accessed May 30, 2004.
- Kwon JH, Chung HW, Kwon YJ. Infrastructure of quarantine procedures for promoting the trade of irradiated foods. pp 209-254. In: Agricultural Products on Irradiation Technology for the Safety of Food and Public Health Industries and Quality Assurance. The Korean Society of Postharvest Science and Technology, Daejeon, Korea (2000)
- Kwon JH, Byun MW, Cho HO. Development of food irradiation technology and consumer attitude toward irradiated food in Korea. *Radioisotopes* 41: 654-662 (1992)
- International Atomic Energy Agency. International consultative group on food irradiation. Available from: <http://www.iaea.org/icgfi>. Accessed Apr. 1, 2004.
- APHA. Standard Methods for the Examination of Dairy Products. American Public Health Association, Washington, USA. p. 697 (1976)
- Kwon JH, Byun MW, Kim JS. Microbiological and organoleptic qualities of boiled-dried anchovies during post-irradiation period. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 283-287 (1996)
- Kwon OJ, Byun MW. The combined effect of heat and gamma irradiation on the inactivation of selected microorganisms associated with food hygiene. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 804-809 (1996)
- Harrigan WF, McCance ME. Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology. Academic Press, London, UK (1976)
- Han SB, Lee JH, Lee KH. Non-enzymatic browning reactions in dried anchovy when stored at different water activities. *Bull. Korean Fish. Soc.* 6: 37-43 (1973)
- Chung CY, Toyomizu M. Studies on the browning of dehydrated foods as a function of water activity. 1. Effect of Aw on browning in amino acid-lipid systems. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 42: 697-702 (1976)
- Tunner EW, Paynter WD, Montie EJ, Bessert MW, Struck GM, Olson FC. Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *J. Agric. Food Chem.* 8: 326-330 (1954)
- 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)
- Murray CK, Gibson DM. An investigation of the method of determining trimethylamine in fish muscle extracts by the formation of its picrate salt-Part I. *J. Food. Technol.* 7: 35-46 (1972)
- Kwon JH, Byun MW, Kim YH. Physicochemical quality of boiled-dried anchovies during post-irradiation period. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 484-490 (1996)
- European Committee for Standard. Detection of Irradiated Food Which Silicate Minerals Can Be Isolated Method by Thermoluminescence. English version of DIN EN 1788, Brussels, Belgium (1997)
- Schreiber GA, Hoffmann A, Helle N, Bögl KW. An interlaboratory trial on the identification of irradiated spices, herbs, and spice-herb mixtures by thermoluminescence analysis. *JAOAC Intern.* 78: 88-93 (1995)
- Kwon JH, Jeong JY, Lee EY, Jo DJ, Noh JE, Lee JE. Multiple detection to identify irradiated brown rice of different origins. *Food Sci. Biotechnol.* 11: 215-219 (2002)
- Origin. Origin Tutorial Manual, version 6.0. Microcal Software, Inc., Northampton, MA, USA (1999)
- SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (2001)
- Noh JE. The quality and detection properties of dried fishes depending on gamma irradiation and storage condition. MS thesis, Kyungpook National University, Daegu, Korea (2001)
- Cho HO, Byun MW, Kwon JH, Yang JS, Lee JW. Microbiological and physicochemical properties of dried fishery treated with ethylene oxide (E.O) and gamma irradiation products (shucked shellfish and shucked mussel powder). *Korean J. Food Hyg.* 1: 39-46 (1986)
- Lee HJ, Kim JK, Lee SJ, Cho JO. Microbial growth in dried fishes during preservation. *Korean J. Food Hyg.* 8: 135-140 (1993)
- Kwon JH, Byun MW, Suh JS. Shelf-life prediction of γ -irradiated boiled-dried anchovies. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1557-1562 (1999)
- Tükenmez İ, Ersen MS, Bakıoğlu AT, Bıçer A, Pamuk V. Dose dependent oxidation kinetics of lipids in fish during irradiation processing. *Radiat. Phys. Chem.* 50: 407-414 (1997)
- Oh KS and Lee HJ. Processing of powdered smoked-dried anchovy soup and its taste compounds. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 393-397 (1994)
- Kwon JH, Byun MW, Warriar AS, Kamat MD, Alur MD, Nair PM. Quality changes in irradiated and nonirradiated boiled-dried anchovies after intercountry transportation and storage at 25°C. *J. Food Sci. Technol.* 30: 256-260 (1993)
- Belitz HD, Grosch W. Food Chemistry, Springer-Verlag, New York, NY, USA. p. 462 (1987)
- Khan HM, Delince H. Detection of irradiation treatment of dates using thermoluminescence of mineral contamination, *Radiat. Phys. Chem.* 46: 717-720 (1995)
- Kwon JH, Kausar T, Noh JE, Warriar SB, Venugopal V, Karani M, Artik A, Bhushan B, Byun MW, Kim SJ, Kim KH, Kim KS. Inter-country transportation of irradiated Korean dried fish to its prove quality and identity. *Radiat. Phys. Chem.* 71: 81-85 (2004)

(2004년 6월 29일 접수; 2004년 9월 14일 채택)