

감마선 조사가 조미오징어의 저장 중 품질특성에 미치는 영향

노정은* · 김병근* · 김현구** · 권중호*
경북대학교 식품공학과*, 한국식품개발연구원**
(2004년 9월 20일 접수)

Effects of γ -Irradiation on the Quality of Seasoned Cuttle during Storage

Jungeun Noh*, Byeong-Keun Kim*, Hyun-Ku Kim**, and Joong-Ho Kwon*

Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea*,
Korea Food Research Institute, Songnam 463-746, Korea**

(Received September 20, 2004)

Abstract

This study was conducted to investigate the changes in the quality of gamma-irradiated seasoned cuttle during storage. Seasoned cuttle packed in PVC film (0.06 mm) was stored at $15 \pm 1^\circ\text{C}$ for 6 months after treatment with doses of 0 to 7 kGy. Microbial populations of seasoned cuttle were 1.6×10^5 CFU/g in total aerobic bacteria, $10^4 \sim 10^5$ CFU/g in yeasts & molds, and negative in coliforms, which were effectively reduced by 3 kGy or higher up to the undetectable level (<20 CFU/g). The pH and moisture content of the samples were not changed with irradiation, but moisture was some decreased during storage. The instrumental color (especially Hunter b value), pigments (lipophilic & hydrophilic) and TBA value of the samples increased with storage time as well as irradiation dose more than 3 kGy. The influence of storage condition, however, were more significant. Irradiation did not induce any changes in volatile basic nitrogen (VBN) and trimethylamine (TMA) contents, thereby maintaining their contents lower than those of the non-irradiated samples during storage by reducing the microbial load.

Key Words : seasoned cuttle, irradiation, quality

I. 서론

오징어는 두족강 십완목에 속하는 연체동물로서 특이한 조직감과 풍미로 인해 높은 기호성¹⁾을 가지고 있으며, 유리아미노산 및 관련화합물이 풍부한 영양기호식품으로 예로부터 많이 이용되어온 수산물 중의 하나이다^{2,3)}. 특히 마른 오징어는 오징어 생체 시료에서는 볼 수 없는 함황화합물(3-methylthiophene, 2-methyl-2-hexanethiol)과 염기성 핵분

(pyrazine 류)의 생성에 의해 독특한 향미가 부여되는 것으로 알려져 있다⁴⁾. 그러나 마른 오징어는 딱딱한 조직감, 갈변, 미생물 오염 등으로 소비자들로부터 일부 기피현상이 나타나고 있으며, 이에 따라 향미가 부여되고 조직감이 개선된 조미 및 훈제 형태의 다양한 제품에 개발되어 소비가 증가되는 추세이다.

최근 조미수산가공품의 수요는 증가하는 추세이지만 건조, 저장, 유통 중 미생물, 해충 등에 의한

품질열화가 지적되고 있으므로 이에 대한 효과적인 방제 및 관리방안이 요구되고 있다. 현행 식품공전⁵⁾의 건어류에 대한 품질기준은 고유 색택과 향미를 지니고 이미 이취가 없어야 한다. 또 수분함량은 건어포류 20% 이하, 조미건포류 28% 이하이고, 이산화황 농도는 0.03g/kg 이하, 미생물 규격은 대장균군 음성으로 되어 있다.

조미오징어는 국내 수요량이 증가하면서 중국, 멕시코 등에서 수입이 증가되고 있으며 수입량은 최근 3년간 약 21만 톤에 이르면서 품질관리의 중요성이 인식되고 있다⁶⁾. 특히 오징어는 가공공정을 거치면서 수분, 지질, 단백질 등의 변화에 의한 산화 및 갈변형상과 미생물 오염에 의한 관능적, 위생적 품질의 저하가 야기될 가능성 높다.

건조 및 반건조 수산물의 품질보존을 위해서는 일반적으로 건조, 포장재 선택, 저온유통 등의 방법이 알려져 있으나 아직 여러 관점에서 개선이 요구되고 있다⁷⁾. 이와 관련하여 살균효과가 뛰어난 감마선을 이용한 건조 오징어의 품질보존연구⁸⁾와 포장재에 따른 건조오징어의 색특성에 관한 보고⁹⁾는 있으나 조미오징어에 대한 감마선 품질특성 연구는 아직 부족한 실정이며 국내에서는 이에 대한 이용이 허가되지 않은 실정이다⁵⁾.

따라서 본 연구에서는 국내에서 유통되고 있는 조미오징어의 위생적 품질을 개선하고 저장 중 품질특성을 평가하기 위하여 현행 유통되고 있는 포장상태에서 감마선 처리 시 품질특성을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 조미오징어는 2002년 강원도 주문진에서 출하된 것을 대구 S시장에서 식품 포장용 PVC film(0.6mm)으로 소단위(500g) 포장된 시료를 구입하여 감마선 조사 시료로 사용하였다.

2. 감마선 조사 및 저장

시료의 감마선 조사는 Co-60 감마선 조사시설((AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd.,

Ottawa, ON, Canada))을 이용하여 실온에서 시간당 일정한 선량율로 국내의 최대 허용선량 보다 낮은 1~7 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량의 확인은 ceric/cerous dosimeter를 사용하였다(±5.0%). 조사된 시료는 비조사 시료와 함께 15±1 °C에서 6개월간 저장하면서 실험에 사용하였다.

3. 미생물학적 검사

조미 오징어에 존재하는 미생물의 농도는 감마선 조사선량과 저장기간(6개월)에 따라 살균효과와 생육상태를 조사하였다. 총균수¹⁰⁾는 시료 일정량을 멸균 증류수로 10배 희석한 다음 plate count agar(Difco Lab., USA)를 사용하여 37°C에서 20시간 이상 배양 후 집락을 계수하였다. 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar(Difco, Lab, USA)를 사용하여 살균된 10% tartaric acid로 pH 3.5로 조절한 후 평판법으로 30°C에서 2일간 배양한 후 계수¹¹⁾하였다. 대장균군은 desoxycholate lactose agar(Difco, Lab., USA)를 사용하여 pour plate method로 37°C에서 1~2일간 배양하여 적색의 집락을 계수¹²⁾하였다. 검출된 미생물의 수는 시료 1g당 colony forming unit(CFU)로 나타내었다.

4. 기계적 색도 측정

조미오징어의 색의 변화를 살펴보기 위하여 color & color difference meter(Minolta, model CR-200, Japan)를 사용하여 Hunter scale에 의한 L(명도), a(적색도), b(황색도) 및 ΔE(색차) 값을 측정하였다. 이 때 표준백판의 L, a, b 값은 각각 97.66, -0.36 및 1.92 이었다.

5. pH 및 수분함량 측정

조미오징어의 pH 측정은 일정크기로 잘게 자른 시료 5g에 탈이온수 50ml를 가하여 잘 혼합한 뒤 원심분리하고 상층액을 취하여 pH meter(Model IQ240, USA)로 측정하였다. 수분은 Infrared Moisture Determination Balance(Kett, FD-240, Japan)를 이용하여 반복 측정하였다.

6. 갈색도 측정

지질산화에 의한 갈색도(lipophilic brown pigment)는 Chung & Toyomizu¹³⁾에 의한 방법에 준하여 chloroform-methanol (2:1, v/v) 용매로써, Maillard 반응에 의한 갈색도(hydrophilic brown pigment)는 Han 등¹⁴⁾에 의한 방법에 준하여 H₂O-methanol (1:1, v/v) 용매를 사용하여 각각 추출하여 측정하였다.

7. TBA 가 측정

조미오징어의 지질성분의 산패정도를 알아보기 위하여 Turner 등¹⁵⁾의 방법 따라 지방질의 산화 시 생성되는 malondialdehyde와 2-thiobarbituric acid의 정색반응으로 538 nm에서 비색 정량하였다.

8. 휘발성 염기질소 (VBN) 측정

휘발성 염기질소(volatile basic nitrogen, VBN)의 측정은 미량화산법¹⁶⁾으로 측정하였다. 시료 회석액 1ml를 취하여 Conway 수기 외실에 넣고 내실에는 0.01 N H₂BO₃ 1ml를 넣은 후, K₂CO₃ 1ml를 빠르게 외실에 주입하고 밀폐한 다음 조심스럽게 흔들어 섞어 37°C에서 120분간 정치한 후 수기에 0.02 N의 H₂SO₄ 용액으로 적정하여 측정하였다.

9. Trimethylamine (TMA) 측정

시료의 TMA 함량을 측정하기위해 Murray & Gibson 방법¹⁷⁾에 준하여 실험하였다. 즉, 시료 회석

액 4ml에 50% formalin 1ml를 넣고 교반한 후 50% K₂CO₃ 3ml, formalin 1ml, anhydrous toluene 10ml를 순서대로 가하여 1분간 진탕하고 5분간 방치한 후 분리된 상층액 7ml를 취하여 무수 Na₂SO₄를 넣어 수분을 제거하였다. 탈수 toluene 총 5ml에 0.02% picric acid-toluene 용액 5ml를 혼합하여 10분간 방치한 후 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 미생물 생육 특성

감마선 조사된 조미 오징어의 저장 중 미생물 생육특성을 살펴보았다(Table 1). 저장 직후 일반세균의 오염 농도는 감마선 조사되지 않은 대조시료에서 1.6×10⁵CFU/g 정도의 농도로 검출되었고, 조사 선량이 증가하면서 그 오염농도는 감소하는 경향을 보였다. 즉, 3kGy 조사구 이상에서는 농도가 크게 감소하여 검출되지 않거나 20개 이하의 colony를 확인할 수 있었다. 저장기간이 지남에 따라 조사되지 않은 시료에서는 일반세균의 농도가 눈에 띄게 증가하는 반면, 1kGy 조사구에서는 그다지 큰 변화를 보이지 않았으나 3kGy 이상 조사구에서는 저장 6개월이 지나도 여전히 총세균이 검출되지 않거나 몇 개의 colony를 확인할 수 있었다. 효모 및 곰팡이의 경우도 일반세균의 결과와 마찬가지로 비조사구 및 1kGy 조사구에서 10⁴~10⁵CFU/g 정도의 오염농도를 보였으나 3kGy 이상 조사구에서는 검출 농도가

<Table 1> Microbiological qualities of seasoned cuttle during storage at 15°C following gamma irradiation

(Unit : CFU/g)

Micro-organism	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)				
		0	1	3	5	7
Total aerobic bacteria	0	1.6 × 10 ⁵	4.0 × 10 ⁴	ND ¹⁾	ND	-
	3	1.8 × 10 ⁶	9.5 × 10 ⁴	ND	ND	-
	6	1.9 × 10 ⁶	9.9 × 10 ⁴	ND	ND	-
Yeasts & molds	0	2.1 × 10 ⁵	3.2 × 10 ⁴	ND	ND	-
	3	9.8 × 10 ⁵	5.0 × 10 ⁴	ND	ND	-
	6	1.0 × 10 ⁶	5.9 × 10 ⁴	ND	ND	-
Coliforms	0	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-

¹⁾Not detectable (the minimum detection level as 20 CFU per g)

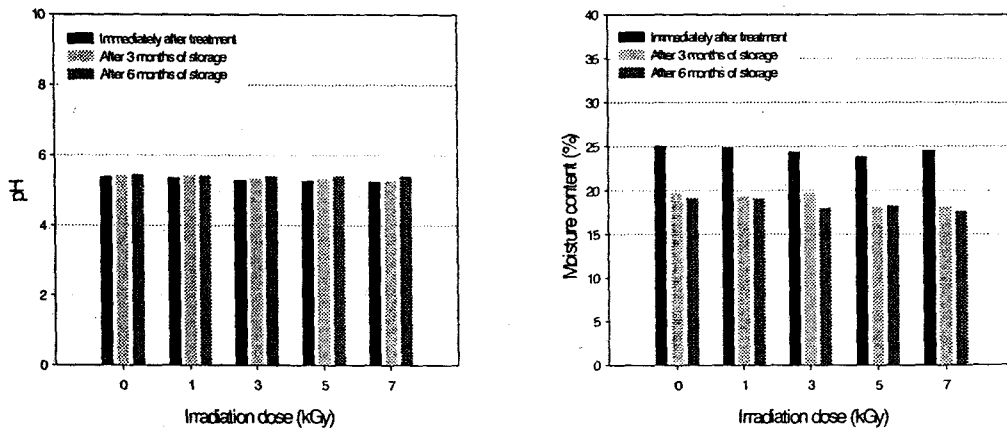
총세균수와 유사하였으며, 저장기간에 따른 변화도 마찬가지로였다. 대장균군은 비조사구 및 조사구 모두 검출되지 않았으며 저장기간 동안에도 검출되지 않았다. 이와 같은 감마선 조사의 건어류에 대한 위생화 및 품질보존 효과는 Kwon & Byun⁷⁾ 및 Lee 등⁸⁾의 보고와 일치하였다.

2. pH 및 수분함량 변화

감마선 조사 및 비조사 시료의 저장기간에 따른 pH 변화를 살펴보았다(Fig. 1). 모든 시료에서 pH 5 정도의 값을 나타냈으며, 조사선량이 증가할수록 pH가 다소 증가하는 경향을 나타냈다. 또한 저장기간이 지남에 따라 약간 증가하는 경향을 나타내었는데, 이것은 Lee 등⁷⁾의 보고와 유사한 경향으로 보통 어육의 pH는 죽은 후 초기에는 젖산 등이 증가함에 따라 산성으로 변하지만, 시간이 경과하면서 선도가 저하됨에 따라 pH가 증가하는 것으로 알려져 있다. 수분함량은 건어류의 품질에 많은 영향을 준다고 알려져 있는데, 저장 직후에 약 25% 내외의 수분함량을 나타내었으나 조사선량에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 저장 초기에 비해 저장 3개월 후에는 수분함량이 20% 이하로 감소하였으며, 조사선량이 높을수록 수분함량의 감소가 더 크게 나타난 것을 볼 수 있었다. 저장 6개월 후에는 저장 3개월에 비해 좀 더 감소하는 경향을 나타내었으며, 조사선량에 따른 변화는 유의적이지 않았다(Fig. 1).

3. 기계적 색도 변화

조미오징어의 색택은 외관적 품질을 결정하는데 있어 중요한 지표로 사용될 수 있으므로 방사선 조사와 저장기간에 따른 조미오징어의 색도변화를 살펴해보았다. 저장 초기의 명도(L)는 80 이상의 값을 나타내었으며, 조사선량에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 저장 3개월이 지난 후부터는 L값이 70으로 감소하였으며, 저장 6개월에는 그 값이 좀 더 감소하였음을 볼 수 있었다. 적색도(a)는 저장초기에는 green에 가까웠으나 저장 3개월에는 red 쪽으로, 저장 6개월에는 다시 green으로 바뀌는 것을 볼 수 있었는데, 조사선량이 높을수록 그 변화의 폭이 다소 크게 나타났다. 황색도(b)에서는 조사선량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었고, 조사선량과 저장기간에 따라서는 황색도가 증가하는 경향을 보였다. 전체적으로 조사선량에 따른 큰 변화는 볼 수 없었으며, 다만 조사선량 및 저장기간이 증가하면서 황색도의 증가가 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 색차에서는 비조사구와 조사구 간에 색차가 느끼는 정도(appreciable, ΔE 1.5~3.0)¹⁸⁾로 나타났으며, 저장기간이 길어지고 조사선량 높아질수록 색차 값은 높게 나타나 고선량의 감마선 조사는 시료의 색도에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 2). Kwon 등¹⁹⁾은 건어류의 경우 5kGy 이하의 감마선 조사와 조사 후 저온저장은 시료의 외관적 및 이화학적 품질을 잘 유지할 수 있었다고 보고하여 적적선량의 감마선 조사와 저장 및 포장조건의 효과적인 선택은 시료의 색택변화를

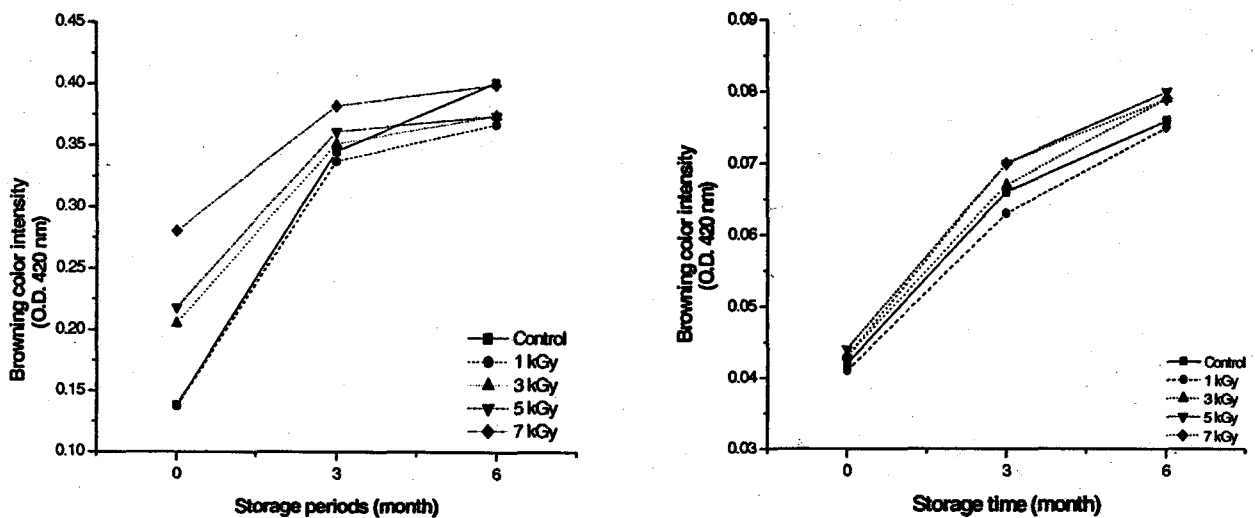


<Fig. 1> pH and moisture content of seasoned cuttle during storage at 15°C after gamma irradiation

<Table 2> Hunter's color values of gamma irradiated seasoned cuttle during storage at 15°C

Hunter parameter ¹⁾	Storage month	Irradiation dose (kGy)				
		0	1	3	5	7
L	0	81.55	85.68	83.08	85.51	81.38
	3	74.05	78.92	74.12	78.62	78.27
	6	83.70	79.31	78.45	73.71	78.31
a	0	-1.64	-1.64	-1.59	-1.60	-0.91
	3	3.51	3.77	4.92	4.37	5.53
	6	-1.38	-0.48	-0.55	-0.55	0.47
b	0	12.49	14.71	13.77	16.77	21.50
	3	14.96	14.89	14.86	23.10	25.14
	6	18.14	20.43	22.13	25.29	27.08
ΔE	0	0.00	4.69	2.00	4.01	4.46
	3	9.43	6.48	10.19	12.56	14.91
	6	6.05	8.33	10.18	15.05	15.09

1) L: Degree of whiteness(white +100 ↔ 0 black)
 a: Degree of redness(red +100 ↔ 0 ↔ -80 green)
 b: Degree of yellowness(yellow +70 ↔ 0 ↔ -80 blue)
 ΔE: Overall color difference ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$)



<Fig. 2> Lipophilic and hydrophilic browning color intensity in seasoned cuttle during storage at 15°C after gamma irradiation. left: lipophilic browning, right: hydrophilic browning

줄일 수 있을 것으로 사료되었다.

4. 갈색도 변화

건어류의 경우 저장, 유통 중에 특히 지질산화 및 갈변 등이 제품의 품질을 결정하는 것으로 보고²⁰⁾ 되고 있어 지질산화 및 Maillard 반응에 의한 갈변도를 측정하였다. 조미오징어의 지질산화에 의한 갈

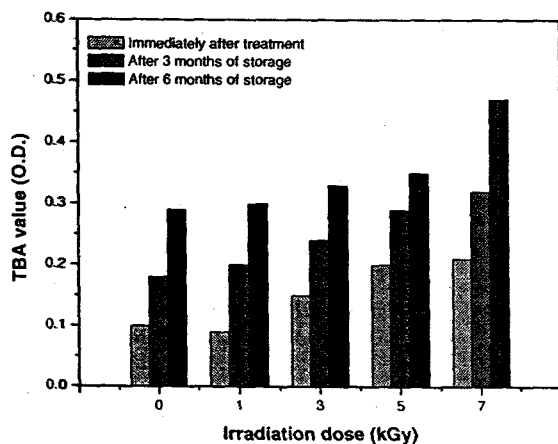
변은 조사선량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으며, 저장 기간에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 조사구에 비해 비조사구에서 저장기간이 지남에 따라 갈변의 변화가 크다는 것을 알 수 있었다. 이 같은 결과는 Han 등¹⁴⁾의 수분활성과 비효소적 갈변에 관한 연구에서 지질산화에 의한 갈변은 시료의 수분활성이 낮을 경우 갈변반응의 주축을 이룬다고 보고한 바 있는데 앞의 수분함량의 변화

와 일치하는 경향으로 나타났다. 조미오징어의 Maillard 반응에 의한 갈변에서는 지질산화에 의한 갈변과 마찬가지로 조사선량이 증가할수록 갈변도가 다소 증가하는 경향을 나타내었으나, 선량 간에는 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다(Fig. 2). 전반적으로 조미오징어의 갈변현상은 조사선량보다는 저장조건(온도, 기간, 포장 등)에 영향을 많이 받는 것으로 사료되었으며, 이같은 경향은 다른 건어류에서도 보고된 바 있다^{3,7,8,11,19,20}).

5. TBA가, VBN 및 TMA 함량

건어류의 경우 불포화지방산이 많이 함유되어 있는 것으로 알려져 있는데 그 중에서도 고도불포화지방산이 많이 함유되어 있어 산화가 일어나 불쾌취나 기름 냄새를 내는 경우가 종종 있다. 비조사구 및 1kGy 조사구에서는 TBA가의 차이가 없었으나 3kGy 이상 조사구에서는 증가현상이 나타났다. 또한 TBA가는 저장기간이 길어짐에 따라 증가하였는데, 특히 저장 3개월 후 7kGy 조사구에서 높은 값을 보였다. 이는 산소 존재 하에서 지방질에 고선량의 방사선 조사하면 상당량의 peroxide와 carbonyl 화합물이 생성되었다는 보고²²)와 유사하였다(Fig. 3).

조미오징어의 휘발성염기질소 (VBN) 함량은 저장 직후에 약 70mg% 수준이었으며 조사선량에 따른 유의적인 차이는 없었다. 그러나 저장기간이 지



<Fig. 3> 2-Thiobarbituric acid (TBA) value of seasoned cuttle during storage at 15°C after gamma irradiation

<Table 3> Volatile basic nitrogen content of seasoned cuttle during storage at 15°C after gamma irradiation (Unit : mg%)

Storage month	Irradiation dose (kGy)				
	0	1	3	5	7
0	74.29 ¹⁾	72.06	74.40	74.45	71.71
3	88.59	88.06	85.88	85.79	79.90
6	111.00	105.18	105.45	101.69	99.33

¹⁾Mean of triplicate determination

<Table 4> Trimethylamine (TMA) content of seasoned cuttle during storage at 15°C after gamma irradiation (Unit : mg%)

Storage month	Irradiation dose (kGy)				
	0	1	3	5	7
0	38.32 ¹⁾	33.73	31.23	33.87	24.41
3	50.16	43.18	40.11	38.13	36.87
6	68.17	64.17	66.49	55.79	47.48

¹⁾Mean of triplicate determination

남에 따라 VBN 함량은 약 80mg% 이상으로 증가하였고, 저장 6개월에는 100mg% 이상으로 나타났다. 저장기간이 길어짐에 따라 조사선량이 증가하면서 VBN 함량의 증가폭은 조금씩 작아지는 경향을 보였으며, 저장 6개월에는 비조사구와 조사구 간에 뚜렷한 차이가 나타났다(Table 3). 이는 미생물 생육으로 인해 VBN이 생성되었기 때문으로 생각된다²³). Trimethylamine(TMA)의 경우 조사 직후에는 35mg% 내외였으며, 조사선량이 증가할수록 그 함량이 낮게 나타났다. 저장 3개월 후에는 그 값이 증가하였으나 조사선량에 따라 낮은 값을 보였으며, 저장 6개월 후에는 TMA 함량이 비조사구의 경우 68mg%까지 증가하였으나 조사구에서는 47~66mg%의 낮은 수준을 보였다(Table 4). 이와 같은 결과는 저장 중 미생물 농도와 깊은 관련이 있는 것으로 판단되며 조사 직후 TMA 함량의 변화에 대해서는 좀 더 구체적이 검토가 필요하다고 본다.

IV. 요약

시중에 유통되고 있는 조미 오징어(PVC film, 0.6 mm)의 감마선 조사와 저장 중(15±1°C, 6개월) 품

질변화를 살펴보았다. 시료의 미생물 농도는 총세균 1.6×10^5 CFU/g, 효모 및 곰팡이 $10^4 \sim 10^5$ CFU/g, 대장균군은 음성으로 각각 나타났으나, 3kGy의 감마선 조사는 저장 6개월까지도 검출한계 이하의 감균 효과를 보였다. 시료의 pH와 수분함량은 감마선 조사에 의해 영향을 받지 않았으나 저장 중 수분함량은 감소되었다. 시료의 색도(Hunter b), 지용성 및 수용성 색소와 지방질의 품질을 나타내는 TBA가는 3kGy 이상의 감마선 조사에 의해 증가하였으나 저장기간의 영향이 더 큰 것으로 확인되었다. 시료의 VBN 및 TMA 함량은 감마선 조사 시 비조사구와 유사하거나 낮은 값을 보였으며, 저장 중에는 전반적으로 증가하는 경향이나 감마선 조사구는 미생물 농도의 감소로 대조구보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학기술기획평가원의 지원을 받아 원자력연구개발사업을 통해 수행되었음.

■ 참고문헌

- 1) Youn JE. Studies on the histological observation of removing the skin from squid by various treatments. Korean J Food Sci Technol 8(4): 207-211, 1976
- 2) Tsai CH, Pan BS, Kong MS. Browning behavior of taurine and prolong in model and dried squid system. J Food Biochem 15: 67-77, 1991
- 3) Cho KH, Lee JW, Kim JH, Ryu GH, Yook HS, Byun MW. Improvement of the hygienic quality and shelf-life of Kwamegi from *Cololabis seira* by gamma irradiation. Korean J Food Sci Technol 32: 1102-1106, 2000
- 4) Yang SY, Lee NH, Hong SP, Bang HA. Effects of propolis treatment on the quality of dried squid. Korean J Food Sci Technol 31(2): 356-360, 1999
- 5) Korea Food & Drug Administration. In: Food Standards Codex. Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea, 2003
- 6) NFFC. National Federation of Fisheries Cooperatives homepage, <http://trade.suhyup.co.kr>, 2004
- 7) Kwon JH, Byun MW. Gamma irradiation combined with improved packaging for preserving and improving the quality of dried fish. Radiat Phys Chem 46: 725-729, 1995
- 8) Lee JW, Jo C, Cha BS, Kim MC, Byun MW. Application of gamma irradiation for prolong shelf-life of semi-dried squid (*Todarodes pacificus*). J Korean Soc Food Sci Nutr 31(3): 469-474, 2002
- 9) Yang SY, Oh SW. Color Changes of dried squid differs in packaging films during storage. Korean J Food Sci Technol 31(5): 1289-1294, 1999
- 10) American Public Health Association. Standard methods for the examination of dairy products. 14th edition. pp 697, USA, 1976
- 11) Byun MW, Lee KH, Kim DH, Kim JH, Yook HS, Ahn HJ. Effects of gamma radiation on sensory qualities, microbiological and chemical properties of salted and fermented squid. J Food Prot 63: 934-939, 2000
- 12) Harrigan WF, McCance ME. 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(5): 804-809, 1996
- 13) 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 Japan Soc Sci Fish 42: 697-702, 1976
- 14) 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
- 15) 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
- 16) 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(1): 45-53, 1997

- 17) 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
- 18) Han E. Numerical principle of food color (II). Bull Food Technol 4: 41-46, 1991
- 19) Kwon JH, Byun MW, Kim YH. Physicochemical quality of boiled-dried anchovies during post-irradiation period. J Korean Soc Food Nutr 25: 484-490, 1996
- 20) Kwon JH, Byun MW, Suh JS. Shelf-life prediction of γ -irradiated boiled-dried anchovies. Korean J Food Sci Technol 31(6): 1557-1562, 1999
- 21) Thayer DW. Wholesomeness of irradiated foods. Food Technol 48: 58-67, 1994
- 22) Tkermez İ, Ersen MS, Bakıoğlu AT, Bıçer A, Pamuk V. Dose dependent oxidation kinetics of lipids in fish during irradiation processing. Radiat Phys Chem 50(4): 407-414, 1997
- 23) Kim Dj, Lee JW, Cho KH, Yook HS, Byun MW. Quality properties of gamma irradiated Kwamegi (semi-dried *Cololabis seira*). Korean J Food Sci Technol 32: 1128-1134, 2000