

감마선 조사 계육의 품질특성

곽희진 · 강일준*

동해대학 호텔조리과, *한림대학교 식품영양학과

Quality Characteristics of Gamma-Irradiated Chickens

Hee-Jin Kwak and Il-Jun Kang*

Department of Hotel Culinary Art, Tonghae College

*Department of Food and Nutrition, Hallym University

Abstract

This research was conducted to investigate changes in quality characteristics of gamma-irradiated chickens during storage at different temperature and periods. In heme pigment(myoglobin) content, metmyoglobin content of chicken stored at 5°C was not affected by gamma irradiation but slightly increased with the increase in storage period. All samples stored at -20°C were not different in heme pigment content between nonirradiated and irradiated samples and slightly decreased as the freezing storage period increased. The SDS electrophoresis patterns were not significantly different between nonirradiated and irradiated samples. All samples stored in at 5°C showed a prominent breakdown of molecular weights ranging from 97,000 to 116,000 Daltons after 8 weeks' storage. TBA values increased according to the increment of irradiation dose level and storage period at both temperatures, 5°C and -20°C. However, The acid value decreased with increasing irradiation dose level. In the VBN value, nonirradiated chickens were four times higher than that of 7 kGy-irradiated one.

Key words : gamma irradiation, chicken, physicochemical property

서론

가금, 가축육을 포함한 동물성 식품은 생산시설의 낙후와 과학적인 위생처리 부족으로 인한 공중위생상의 많은 문제점을 내포하고 있다. 이러한 현실 속에서 소비자의 욕구를 충족시켜 주기 위해서는 1차적으로 생산과정의 개선이 요구되고 추가적으로는 육류의 저장성을 향상시킬 수 있는 방안이 강구되어야 할 것이다. 더욱이 1997년부터 냉장육 수입의 허용으로 수입육에 대한 경쟁력 제고와 냉장육의 장기 저장법안의 확립 마련이 시급한 실정이다(1). 이러한

식육의 품질보존을 위하여 최근 육제품의 저장에 많이 이용되고 있는 감마선 조사는 식품의 가열이나 냉동에 비유될 수 있는 물리적인 처리방법으로서, 현재 식품공업에 이용되고 있는 어떠한 저장·가공방법 보다도 50여년 동안 체계적으로 연구 되어왔다(2). 현재 식품조사의 기술은 세계 40여개국에서 상업화되고 있으며, 국내에서도 18개 식품에 대하여 사용이 허가되어 있으나 본격적인 실용화를 위한 더 많은 연구가 요구되고 있다(4). 특히 식품조사에 대해 영국에서는 약초 및 향신료에 대하여 발암 가능성이 있다고 보고된 ethylene oxide(EO)처리 허용을 종료시키고 1991년 2월 13일 이후 과실류, 채소류, 곡류, 구근류, 향신료, 조미료, 생선, 어패류 및 닭고기를 허용선량까지 조사할 수 있도록 허가하여 조사식품의 수출입을 허용하였다(3). 또한 미국 농무성(USDA) 식품안전

Corresponding author: Il-Jun Kang, Department of Food and Nutrition, Hallym University, Okchon-dong, Chunchon 200-702, Korea

검사부(FSIS)에서는 가금육에 대하여 1.5~3kGy의 상업적 조사를 승인하였고(4), 1993년 9월부터는 가금육에 대한 상업적 조사가 시작되어 Illinois에서는 감마선조사 닭고기가 소비자들에게 신속하게 판매되고 있다고 보고되고 있다(5).

더욱이 감마선 조사는 다양한 크기나 형태의 식품 보존에 이용될 수 있는 이점 때문에 향후 식품업계에서의 감마선 조사 활용은 점점 늘어날 것으로 기대된다.

따라서 본 연구는 닭고기의 오염유기체 제거와 저장성 연장을 위한 살균선량의 감마선을 조사하여 냉장·냉동 저장하면서, 이에 따른 품질변화를 관찰함으로써 감마선 조사가 계육의 저장성에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 감마선 조사

실험에 사용한 닭고기는 암수 구별 없이 마장동 우시장에서 가슴살만을 구입하여 즉시 meat chopper(model MN 22S, FUJI, Japan)로 갈아 500 g씩 분취하여 polyethylene 비닐 팩에 진공포장한 후 ice box에 담아 운송하여 감마선조사 시료로 사용하였다. 감마선 조사는 상업적 다목적용 감마선조사시설(선원 570,000 Ci Co-60, 그린피어기술 주식회사)을 사용하여 시료를 ice box에 담아 시간당 0.7 kGy의 선량률로 3 및 7 kGy를 조사하였으며, ceric cerous dosimeter(USA)를 사용하여 총흡수선량을 확인하였다. 감마선 조사된 시료는 비조사구와 함께 냉장(5℃) 및 냉동(-20℃) 저장하면서 저장기간별로 실험에 사용하였다.

육색변화 측정

각 시료의 heme pigment(myoglobin)의 측정은 Krzywicki(6)의 방법에 의거하여 살짝 얼은 상태의 시료를 50 mL tube에 표면을 긁어 4 g을 취한 후 0.04 M-pH 6.8의 buffer 50 mL 가하여 균질화한 후 ice bath속에 넣어 1시간동안 방치하였다. 방치후 상온에서 20분간 원심분리하여 그 상층액을 spectrophotometer(Unikon model 930, Kontron instrument, switzerland)를 사용하여 572, 565, 545 및 525nm에서 차례로 흡광도를 측정한 후 아래의 식에 의해 myoglobin, oxmyoglobin 및 metmyoglobin의 상대적 농도 값을 계산하였다.

$$[\text{Myo}] = 0.369R_1 + 1.140R_2 - 0.941R_3 + 0.015$$

$$[\text{Ox}] = 0.882R_1 - 1.267R_2 + 0.809R_3 - 0.361$$

$$[\text{Met}] = -2.514R_1 + 0.777R_2 + 0.800R_3 + 1.098$$

$$[\text{R1}] ; A572/A525$$

$$[\text{R2}] ; A565/A525$$

$$[\text{R3}] ; A545/A525$$

육단백질 분해 측정

육단백질의 분해정도를 측정하기 위해서 전기영동은 Laemmli(7)방법에 의해 sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis(SDS-PAGE)법으로 행하였다. 즉, 시료육에 약 4배량의 10 mM Tris-HCl buffer(pH 7.0)를 첨가하여 균질화한 후 원심 분리한 상층액을 전기영동용 시료로 하였다. 시료액은 1%-SDS, 1%-ME, 20%-glycerol을 함유한 10 mM Tris -HCl완충액(pH 6.8)으로 용해하여 100℃에서 1~2분간 가열처리한 후 사용하였다. 전기영동시 분해시료 20 μL를 주입하였고, Gel의 형성은 separating gel 10%, stacking gel 4.5%로 하였다. 전기영동으로 분리된 단백질들은 Sigma Chemical Co.에서 구입한 standard proteins(myosin heavy chain, MHC; B-galactosidase, GALAC; phosphorylase, PHOS; bovine serum albumin, BSA; egg albumin, EA; carbonic anhydrase, CA; soybean trypsin inhibitor, STI; ; egg white lysozyme, LZ)을 이용하여 상대적 이동성(relative mobilities)에 따라 분자량을 확인하였다. 전기영동후 gel의 염색은 0.1% Coomassie brilliant blue R-250을 사용하였으며 탈색은 ethanol : acetic acid : H₂O (3 : 1 : 6, v/v)혼합액을 사용하였다.

TBA가 및 산가 측정

저장기간과 저장조건에 따른 지질성분의 산패도를 알아보기 위하여 Salih 등(8)의 방법에 따라 TBA(thiobarbituric acid)값을 측정하였다. 즉 마쇄한 시료 10 g에 추출용액(3.86% perchloric acid) 90 mL를 넣은 후 250 μL BHT(450 mg/mL ethanol)를 첨가하여 30초간 균질화한 후 여과하였다. 여액 2 mL와 0.02 M thiobarbituric acid액 2 mL를 혼합하여 실온 암소에서 17시간 발색시킨 후, spectrophotometer(Unikon model 930, Kontron Instrument, Switzerland)를 사용하여 531nm에서 흡광도를 측정하였다.

산가는 유지시료 5 g을 취해 ethylether와 ethanol 혼합액(1 : 2, v/v) 100 mL를 가한 다음 완전히 용해시킨 후, 페놀프탈레인을 지시약으로 0.1 N KOH ethanol 표준용액으로 적정하여 산출하였다.

휘발성염기태질소 측정

계육의 저장중 휘발성염기태질소(volatilic basic nitrogen) 함량 변화를 측정하기 위하여 마쇄한 시료 10 g을

취하여 증류수 30 mL 과 20% trichloroacetic acid 10 mL를 가한 후 homogenizer를 사용하여 균질화 한 다음 전체부피를 100 mL로 조정하였다. 10분간 방치한 후 여과지로 여과하여 여액 1 mL을 conway unit 확산용기 외실에 넣고, 내실에 0.01 N H₃BO₃ 1 mL 과 conway시약 1 mL을 넣은 다음 탄산칼륨 포화용액 1 mL을 외실에 주입하고 밀폐시킨 후 37℃에서 80분간 방치하였다. 내실의 붕산용액을 0.02 N H₂SO₄ 표준용액으로 적정하여 휘발성 염기태질소 함량을 산출하였다(9).

결과 및 고찰

육색의 변화

일반적으로 myoglobin이 산화되면 oxmyoglobin에서

Table 1. Changes in heme pigment of nonirradiated and irradiated chickens during storage at 5℃ and -20℃¹⁾

Temperature	Storage period	Irradiation dose(KGy)	Absorbance (nm)				Relative concentration		
			572	565	545	525	myo ²⁾	ox ³⁾	met ⁴⁾
5℃ (weeks)	0	0	0.1259	0.1356	0.1625	0.1925	0.2650	0.0063	0.6764
		3	0.0968	0.1025	0.1253	0.1456	0.2531	0.0296	0.6621
		7	0.0954	0.1023	0.1235	0.1447	0.2611	0.0152	0.6726
	2	0	0.1114	0.1186	0.1432	0.1760	0.2511	0.0017	0.6813
		3	0.0771	0.0819	0.1026	0.1157	0.2334	0.0473	0.6822
		7	0.0853	0.0899	0.1102	0.1389	0.2329	0.0024	0.6917
	4	0	0.0436	0.0479	0.0590	0.0695	0.2334	0.0059	0.7355
		3	0.0744	0.0801	0.0974	0.1185	0.2438	0.0013	0.7024
		7	0.0729	0.0789	0.0995	0.1165	0.2143	0.0238	0.7343
	8	0	0.1040	0.1114	0.1355	0.1576	0.2553	0.0210	0.6761
		3	0.0856	0.0909	0.1102	0.1295	0.2584	0.0211	0.6624
		7	0.0423	0.0447	0.0560	0.0673	0.2211	0.0250	0.6996
1	0	0.0868	0.0959	0.1156	0.1344	0.2574	0.0004	0.7169	
	3	0.0362	0.0386	0.0490	0.0547	0.2207	0.0533	0.7169	
	7	0.0628	0.0669	0.0821	0.0964	0.2451	0.0233	0.6808	
2	0	0.0889	0.0949	0.1157	0.1360	0.2512	0.0197	0.6774	
	3	0.0675	0.0719	0.0889	0.1026	0.2413	0.0324	0.6817	
	7	0.0624	0.0650	0.0791	0.0888	0.2705	0.0520	0.6128	
4	0	0.0878	0.0927	0.1139	0.1338	0.2459	0.0286	0.6676	
	3	0.0530	0.0545	0.0686	0.0768	0.2381	0.0712	0.6290	
	7	0.0470	0.0480	0.0586	0.0660	0.2714	0.0639	0.5831	
6	0	0.1095	0.1162	0.1394	0.1620	0.2724	0.0225	0.6444	
	3	0.1257	0.1304	0.1594	0.1815	0.2632	0.0500	0.6177	
	7	0.1054	0.1088	0.1320	0.1499	0.2733	0.0520	0.5987	

¹⁾ Each value represents the mean of duplicate determinations.

²⁾ myoglobin.

³⁾ oxmyoglobin.

⁴⁾ metmyoglobin.

metmyoglobin으로 색깔의 변화가 뚜렷한데, 닭고기는 감마선 조사직후 조사로 인한 metmyoglobin의 함량증가는 보이지 않았고, 저장기간이 경과됨에 따라 metmyoglobin의 함량은 다소 증가되었다. 또한 감마선조사군이 비조사군에 비해 좀더 큰 폭으로 증가하여 저장 4주째 최대치를 나타내었고, 그 이후에는 감소하였다(Table 1). 이는 고기의 지방산화가 촉진됨으로써 결과적으로 산소 소비량이 증가하게 되고 또한 호기성 미생물의 성장은 산소압을 저하시킴으로써 갈색의 metmyoglobin형성을 촉진하기 때문이라고 하며(10), 우육을 냉장 저장할 때 저장기간이 길어질수록 고기색이 짙어진다고 보고한 최 등(11)의 결과와 일치한다. 또한 지방산패도와 연관지어 생각해 볼 때 본 실험에서 TBA가가 감마선 조사선량에 따라 증가했으며 저장기간과도 정비례하여 냉장저장 4주째 최대를 보인 후 그 후에 감소했던 결과와도 잘 일치하고 있다(Fig. 3).

냉동저장에서는 저장기간이 경과됨에 따라 감소됨을 보였고, 이러한 결과는 Brewer와 Harbers(12)가 보고한 장기간 냉동저장한 식육의 육색은 시간이 경과함에 따라 감소하며 또한 산소를 차단할 수 있는 포장재를 사용함으로써 26주동안 색의 손실을 방지할 수 있다고 한 결과와 일치하는 경향이였다.

육단백질 분해

닭고기에 대한 전기영동 결과에서는 저장초 비조사군에서는 205 kDa(myosin heavy chain)인 subunit가 존재했으나, 감마선 조사군에서는 거의 식별하기 곤란할 정도로 감소하였으며, 약 105 kDa의 분자량을 가진 단백질 band에 냉장저장 4주후부터 상단 band가 보이기 시작하여 8주후에는 뚜렷하게 2개의 band를 나타내었다. 또한, 약 40 kDa, 35 kDa, 33 kDa의 단백질 분획들중 35 kDa과 33 kDa의 band는 냉장저장 2주까지는 35 kDa 분자량 단백질의 band 양이 많았으나 저장 4주 이후부터 서서히 감소하여 저장 말기에는 32 kDa인 단백질 band의 농도와 균등하게 되었고, 특히 저장 8주째 3 kGy군에서는 뚜렷이 균등한 농도의 band를 나타내었다(Fig. 1). 냉동저장의 경우(Fig 2) 모든 시험군에서 단백질 band의 변화는 거의 없었다. 오 등(13) 및 박 등(14)의 연구에 의하면 닭고기의 도살후 숙성기간중 모든 부위의 단백질이 4℃에서는 완전한 상태를 유지하였지만 37℃에서는 가슴근이 2일 경부터 그리고 4일경부터는 다른 부위의 근단백질 band도 변화가 일어나기 시작하였으며, 12일 경에는 분자량이 205 kDa(myosin heavy chain)인

band가 모든 근에서 전부 소실되었다고 보고하고 있다. Yamamoto 등(15)은 근섬유단백질은 낮은 pH와 높은 온도에 매우 민감하고 육질에 영향을 미친다고 하였고, 전기영동으로 사후 높은 온도에 저장한 근섬유단백질에서 광범위한 분해가 일어났음을 고찰하였다. 이와 같은 결과로 볼 때 육단백질의 분해는 사후 저장온도, 시간, 부위에 따라 다르며 단백질 종류에 따라 분해가 다른데, 대체적으로 분자량이 큰 단백질에서부터 분해가 진행되며 이러한 육 구조단백질의 소실은 결국 사후 육의 조직감에도 영향을 미칠 것으로 사료된다.

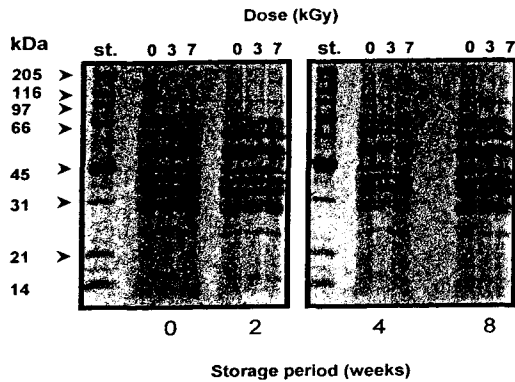


Fig. 1. Electroporetic pattern of nonirradiated and irradiated chickens during storage at 5°C.

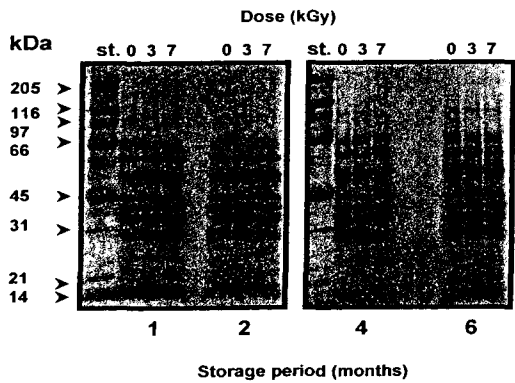


Fig. 2. Electroporetic pattern of nonirradiated and irradiated chickens during storage at -20°C.

TBA가 변화

Fig. 3은 닭고기의 감마선 조사와 저장기간에 따른 TBA의 변화를 살펴본 결과이다. 냉장저장직전 비조사군의 TBA값은 0.186으로 다소 높았으며, 저장기간이 경과함에 따라 계속적으로 증가하여 4주후 최대치를 나타내었다. 감마선 조사군의 경우에는 조사

선량에 비례하여 그 증가폭이 훨씬 급격하였으며, 3 kGy조사군의 경우 2주후에 초기 0.3에서 약 3배 증가한 0.9를 나타내었고 저장 4주째 최대치를 나타내었다. 이는 El-Wakeil 등(16)의 연구보고에서 감마선 조사된 닭고기의 TBA가 비조사군에 비해 조사선량의 증가와 저장기간에 따라 증가했다는 결과와 일치하였다. 변 등(17)은 닭고기를 감마선 조사할 때 생기는 free radical들에 의해 지방산패가 촉진되며, 이는 지방의 자동산화 과정과 비슷하게 산화생성물과 과산화물이 형성되어 TBA가 높아진다고 하였다. 박 등(18)의 연구에서도 냉장저장 닭고기의 TBA가 냉장저장 26일까지 포장방법에 관계없이 계속적으로 증가한다고 하여 본 실험의 결과와 잘 일치하고 있다. 냉동저장시험의 경우에도 냉장저장과 비슷한 추세로 저장기간 및 조사선량에 따라 계속적으로 증가하여 냉동 6개월 후 최대를 나타내었다(Fig. 4).

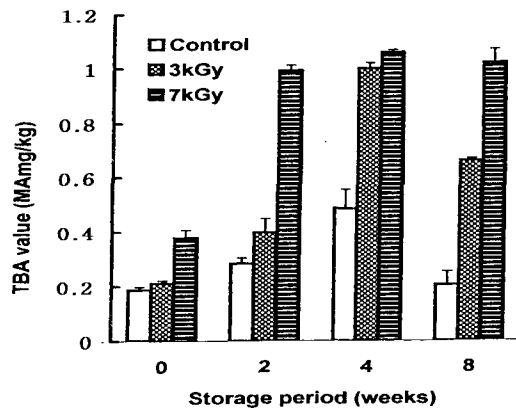


Fig. 3. TBA value of nonirradiated and irradiated chickens during storage at 5°C.

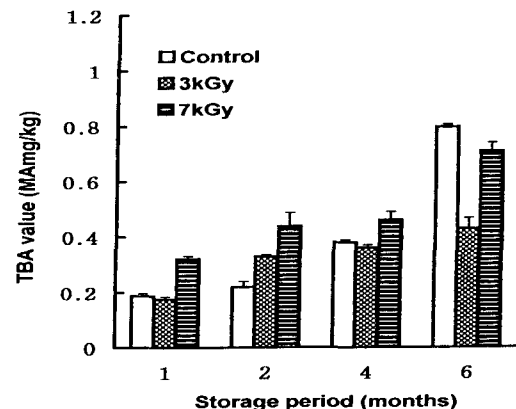


Fig. 4. TBA value of nonirradiated and irradiated chickens during storage at -20°C.

산가 변화

닭고기의 감마선 조사와 조사선량에 따른 지질산가 변화는 Table 2와 같다.

Table 2. Changes in acid value of nonirradiated and irradiated chickens during storage at 5°C and -20°C¹⁾

Irradiation dose (kGy)	Storage period							
	5°C (weeks)				-20°C (months)			
0	8.5	12.4	15.4	27.8	10.8	11.3	11.9	13.7
3	8.3	8.4	11.4	17.5	10.7	10.4	12.6	14.6
7	7.7	8.6	12.7	15.6	9.8	9.9	11.5	14.7

¹⁾ Each value represents the mean of duplicate determinations and expressed as titration mL of 0.1 N KOH.

감마선 조사직 후 닭고기의 초기 지질산가는 7.7~8.5로 비조사군과 조사군간의 차이는 없었으며, 냉장 2주째부터 비조사군은 12.4를 냉장 8주째에는 27.8의 높은 증가를 보인 반면, 3 kGy와 7 kGy군은 냉장 2주째에 각각 8.4와 8.6을 나타내 감마선 조사군이 비조사군에 비하여 완만히 증가하였고 냉장 8주째에 각각 17.5와 15.6로 최대치를 나타내었다.

냉동저장의 경우에도 비슷한 추세로 저장 1개월째에 비조사군은 10.8, 3 kGy은 10.7, 7 kGy군은 9.8을 나타내어 냉동저장 중에도 지질 산화는 계속적으로 진행됨을 보여주었다. 또한 냉동저장시 비조사군과 조사군간의 산가의 차이는 없었다. Lefebvre 등(19)은 감마선 처리가 유리지방산의 형성에 큰 영향을 미치지 않으며, 비조사 및 조사시료 모두 저장기간에 따라 증가한다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었으며, Urbain(20)도 유리지방산은 주로 triglyceride (중성지방)와 phospholipid의 가수분해에 의해 생성되며, 50 kGy의 조사선량으로도 여기에 관여하는 lipolytic enzyme을 불활성화시킬 수 없어, 저장기간에 따라 유리지방산 함량이 증가한다고 보고하였다.

휘발성 염기태질소 변화

감마선조사와 저장기간에 따른 VBN 함량변화는 저장초 비조사군과 조사군의 차이없이 약 26 Nmg%에서 냉장 2주째에는 비조사군은 56 Nmg%의 높은 수치를 나타내었으나 7 kGy 조사군은 냉장 8주째에도 34 Nmg%로 비교적 낮은 수치를 나타내었다(Fig. 5). 냉동저장의 경우에는 모든 시험 군에서 대체적으로 저장 6개월까지도 30 Nmg% 내외로 비교적 낮은 수치를 나타내었고, 감마선 조사군과 비조사군의 차이

없이 저장기간이 경과함에 따라 약간씩 증가하여 초기 VBN값이 약 23 Nmg%에서 저장 6개월후에도 31 Nmg%이하를 나타내었다(Fig. 6). 이와 같은 결과는 감마선조사가 미생물을 사멸시켜 단백질 분해를 억제함을 보여주는 것으로 Lefebvre 등(19)은 ammonia 및 amine류와 같은 휘발성 염기태 질소 화합물은 육류에 많이 오염되어있는 *Pseudomonas*등과 같은 gram-negative bacteria에 의해 urea와 아미노산이 분해됨으로써 형성된다고 하였다.

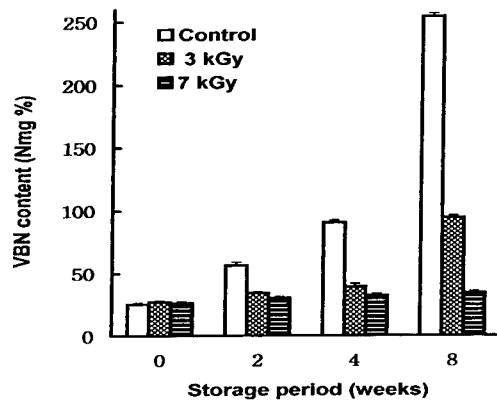


Fig. 5. VBN content of nonirradiated and irradiated chickens during storage at 5°C.

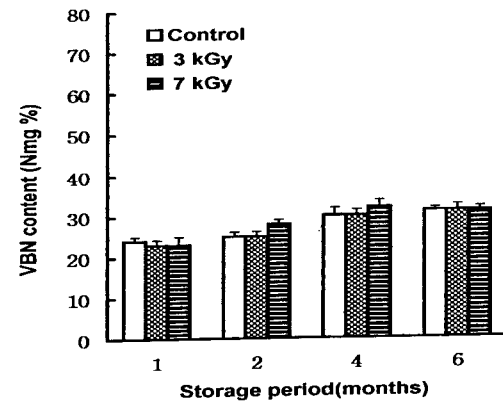


Fig. 6. VBN content of nonirradiated and irradiated chickens during storage at -20°C.

요약

닭고기에 감마선 3, 7 kGy를 조사한 후 저장 기간 및 온도에 따라 육색변화, 단백질 분해, TBA가, 산가, 휘발성 염기태 질소 등을 측정했다. 육색변화에서 조사직후 조사선량에 관계없이 저장기간의 경과

에 따라 metmyoglobin은 함량이 다소 증가되는 경향이었고 냉동저장에서는 조사에 따른 영향없이 저장기간에 따라 점차 감소하는 경향이었다. 전기영동 결과는 감마선조사군과 비조사군 사이의 변화는 거의 없었으며, 저장기간에 따라 약 105 kDa의 단백질 subunit가 분해되기 시작하여 8주후에는 완전소실되었고, 특히 약 32 kDa에서 40 kDa의 분자량을 가진 단백질 subunit의 경우 모든 시험군에서 저장기간에 따라 서서히 분해되면서 소실되거나 두개의 분획으로 분리되어 새로운 band를 형성하였다. 한편, TBA의 경우 냉장, 냉동 저장시료 모두 저장기간 및 감마선 조사선량의 증가에 따라 크게 증가하였고 산가는 조사선량의 증가에 따라서는 오히려 감소하였다. VBN함량 변화의 경우에는 냉장 저장 8주후의 비조사 시료는 7 kGy조사 시료에 비해 약 4배의 증가를 나타내었다.

참고문헌

- Kim, D.G., Lee, S.M., Kim, S.M., Seok, Y.S. and Sung, S.K. (1996) Effects packaging method on physico-chemical properties of Korea beef. *J. Korean Sci. Nutri.*, 25(6), 944-952
- WHO (1981) Wholesomeness of Irradiation Food, Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee, Technical Report Series, 655, 7, World Health Organization
- IAEA (1992) Food Irradiation, Newsletter, International Atomic Energy Agency.
- USDA/FSIS (1993) Status of Food Irradiation Activities in the U.S.A., A.I.I.I. Newsletter, 27, 137-149
- Anon (1993) "Irradiated Chicken Selling Briskly". *Reuter*, 3, September
- Krzywicki, K. (1982) The determination of haem pigments in meat. *Meat Science.*, 7, 29-32
- Laemmli, U.K. (1985) Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 27, 680-691
- Salih, A.M., Smith, D.M., Price, J.F. and Dawson, L.E. (1987) Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry. *Poultry Science*, 66, 1483-1491
- 太田静行 (1977) 油脂食品の酸化とての防止., 辛書房, p.186
- Judge, M.D. and Aberle, E.D. (1980) Effect of prerigor processing oxidation rancidity of ground light and dark porcine muscle. *J. Food Sci.*, 45, 1736-1743
- Choi, Y.I., Kim, Y.K. and Lee, C.L. (1995) Effects of packaging method and aging temperature on color, tenderness, and storage characteristics of Korean beef. *Korean J. Anim. Sci.*, 37(6), 639-650
- Brewer, M.S. and Harbers, C.A.Z. (1991) Effect of packaging on color and physical characteristics of ground pork in long-term frozen storage. *J. Food Sci.*, 56(2), 363-367
- Oh, D.H. (1989) Effect of post-mortem time and temperature on chicken muscle protein degradation. *Korean J. Anim. Sci.*, 31(5), 334-341
- Park, G.B., Kang, S.H., Kim, Y.J., Lee, H.G. and Kim, Y.H. (1988) Changes in meat protein of Korean goats meat during postmortum storage. *Korean J. Anim. Sci.*, 30(2), 123-129
- Yamamoto, K., Samejima, K. and Yasni, T. (1979) Changes produce in muscle proteins during incubation of muscle homogenates. *J. Food Sci.*, 44, 51-56
- Ei-Wakeil, F.A., Sulwa, B.M. and Nadia, A.M., (1978) Food Preservation by Irradiation., Vienna, IAEA-SM-221/10., p. 467
- Byun, M.W., Cho, H.O., Lee, J.W., Kwon, J.H. and Kim, Y.B. (1987) Decontamination of poultry feeds by gamma irradiation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 19(5), 403-409
- Park, G.B., Ha, J.K., Jung, S.K., Park, T.S., Shin, T.S. and Lee, J.I. (1997) Effects of chilling and packaging methods on physico-chemical properties of cold-stored chicken breast and thigh meats (in Korean). *Korean J. Poultry Sci.*, 24(1), 17-28
- Lefebvre, N., Thibault, C., Charbonneau, R. and Piette, J.P.G. (1994) Improvement of shelf-life and wholesomeness of ground beef by irradiation, 2. chemical analysis and sensory evaluation. *Meat Science*, 32, 371-379
- Urban, W.M. (1977) Radiation Chemistry of Proteins. In *Radiation Chemistry of Major Food Components*, Elias, P.S. and Cohen, A.J. Amsterdam, Elsevier, P.63-69

(1999년 9월 4일 접수)