

감마선 조사 돈육의 품질특성

Quality Characteristics of Gamma-Irradiated Pork

곽희진* · 이순옥** · 이명호***

【목 차】

I. 서론	IV. 요약
II. 재료 및 방법	Abstract
III. 결과 및 고찰	참고문헌

I. 서론

조육, 가축육을 포함한 동물성식품은 부패균 및 병원성 세균에 의해 상당히 오염되어 있는 것으로 알려져 있고, 이러한 사실은 식품의 양적 손실을 초래할 뿐 아니라 인간의 건강에도 큰 위협을 가져오며, 그 결과 경제성 및 생산성 저하의 중요한 원인이 되고 있다고 1983년 FAO/WHO 합동 식품안전 전문위원회는 보고한 바 있다¹⁾.

식육의 저장기간을 연장하기 위한 방법으로는 온도조절, 포장방법의 개선, 화학보존료의 처리 등 다양한 연구가 시도되어 왔는데, Winger 등²⁾, Yamamoto 등³⁾과 Miller 등⁴⁾은 동결처리 저장은 식육 단백질의 변성을 초래하여 품질저하를 일으킨다고 하였고, Brewer 등⁵⁾은 돼지고기를 냉동 저장할 때 포장방법이 지방산패에 미치는 영향을 검토하였으며, Bhattacharya 등⁶⁾도 쇠고기 가공품의 포장방법과 냉동온도에 따른 지질산화에 대하여 연구한 결과 온도가 증가함에 따라 또한 공기투과성이 높은 포장일수록 지방산화가 더 잘 일어난다고 보고하였다

* 한국관광대학 외식산업과

** 한국관광대학 호텔 조리과

*** 신홍대학 호텔조리과

2 · 관광식음료경영연구

그러나 이 같은 활발한 연구에도 불구하고 냉장상태에서도 저온성 세균의 지속적인 증식으로 며칠 정도밖에 저장성을 갖지 못하며, 저장성 연장을 위한 종래의 방법 또한 경제적, 기술적 측면에서 그 이용이 한정되어 있다⁷⁾.

따라서 본 연구는 돼지고기의 저장성 연장을 위한 살균선량의 감마선을 조사하여 냉장/냉동 저장하면서, 이에 따른 품질변화를 관찰함으로써 감마선 조사가 돈육의 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

II . 재료 및 방법

1. 시료 및 감마선 조사

실험에 사용한 돼지고기는 암수 구별 없이 마장동 우시장에서 살코기만을 구입하여 즉시 meat chopper(model MN 22S, FUJI, Japan)로 갈아 500 g씩 분취하여 polyethylene 비닐팩에 진공포장한 후 ice box에 담아 운송하여 감마선조사 시료로 사용하였다. 감마선 조사는 상업적 다목적용 감마선조사시설(선원 570,000 Ci Co-60, 그린피아기술 주식회사)을 사용하여 시료를 ice box에 담아 시간당 0.7 kGy의 선량률로 1 및 3 kGy를 조사하였으며, ceric cerous dosimeter(USA)를 사용하여 총흡수선량을 확인하였다. 감마선 조사된 시료는 비조사구와 함께 냉장(5℃) 및 냉동(-20℃) 저장하면서 저장기간별로 실험에 사용하였다.

2. 일반성분 측정

각 시료의 일반성분은 AOAC⁸⁾ 방법에 따라 수분은 105℃ 건조법, 조단백질은 Kjeldahl법으로, 조지방은 시료를 해사와 섞어 예비 건조시킨 후 Soxhlet법에 의하였으며, 조회분은 직접회화법으로 측정하여 백분율로 나타내었다.

3. 육단백질 분해 측정

육단백질의 분해정도를 측정하기 위해서 전기영동은 Laemmli⁹⁾ 방법에 의해 sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis(SDS-PAGE)법으로 행하였다.

4. 육색변화 측정

각 시료의 heme pigment(myoglobin)의 측정은 Krzywicki¹⁰⁾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 원심 분리하여 그 상층액을 spectrophotometer(Unikon model 930, Kontron instrument, switzerland)를 사용하여 572, 565, 545 및 525nm에서 차례로 흡광도를 측정한 후 아래의 식에 의해 myoglobin, oxymyoglobin 및 metmyoglobin의 상대적 농도 값을 계산하였다.

5. 텍스처(Texture)측정

각 시료에 대한 텍스처 측정은 Rheometer(model CR-100, Sun Scientific Co., LDL., Japan)를 사용하여 아래와 같은 조건으로 측정하였다. 측정 전에 모든 시료는 실온에 30분간 방치하여 온도에 따른 조직감의 변화를 최소화하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 일반성분변화

본 실험에 사용된 돼지고기의 조사선량과 저장기간에 따른 일반 성분의 변화는 Table 18과 같다. 신선한 상태(0주)의 돼지고기의 일반성분은 수분함량이 약 75.8%, 조단백이 약 30.8%, 조지방이 약 6.5%, 조회분이 약 1.1% 정도였고, 냉장 2주 후에는 각각 72.6%, 30.1%, 6.3%, 1.0% 였으며, 냉장 4주후에는 72.0%, 29.8%, 6.0%, 1.0%로 저장기간에 따른 변화는 거의 없었으며 수분함량의 경우만이 저장기간에 따라 다소 감소됨을 보였고, 냉동 저장의 경우에도 유사한 양상을 나타내었다. 또한 감마선 조사시료와 비조사시료간에도 일반성분의 차이는 나타나지 않았다. 이는 Brewer와 Harbers¹¹⁾의 냉동 돼지고기의 수분함량이 저장기간에 따라 감소한다는 보고와 일치하고 있으며 김 등¹²⁾의 진공 포장한 냉장우육의 저장성에 관한 연구에서의 일반성분 조성과도 비슷한 결과를 나타내었다.

Table 1. Changes in proximate composition of nonirradiated and irradiated porks during storage at 5°C and -20°C¹

Sample	Component (%)	Irradiation dose(kGy)	Storage period				
			5°C (weeks)			-20°C (months)	
			0	2	4	1	6
Pork	Moisture	0	75.8	72.6	72.0	72.5	72.1
		1	71.9	71.8	71.6	71.2	70.8
		3	72.1	72.8	72.5	72.1	71.7
	Crude protein	0	30.8	30.1	29.8	29.7	29.8
		1	30.2	29.2	29.7	30.9	29.9
		3	29.6	29.6	29.2	28.0	29.4
	Crude lipid	0	6.5	6.3	6.0	6.9	6.4
		1	6.1	6.4	6.7	6.2	6.6
		3	6.1	6.0	6.9	6.3	6.0
	Crude ash	0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
		1	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0
		3	1.2	1.1	1.1	1.0	1.1

¹Each value represents the mean of duplicate determinations.

2. 전기영동

육의 단백질은 근섬유를 구성하고 있는 구조적 단백질과 근장을 이루고 있는 근장단백질로 되어있고 이들 단백질의 분해는 육의 저장온도, 시간, pH 등과 깊은 관련이 있다고 한다^{13),14)}

본 실험에서 돼지고기에 대한 저장기간과 감마선 조사 선량별 육단백질의 변화상태를 SDS-PAGE를 이용하여 전기영동한 결과는 다음과 같다. 저장초 비조사군과 감마선 조사군 사이의 단백질의 subunit 조성차이는 전혀 없었으며, 약 105kDa의 분자량을 가진 단백질은 1kGy군에서만 냉장저장 8주후 약간 감소하는 듯 하여 안정됨을 나타내었다. 한편, 3kGy 조사군에서 45kDa(EA) 과 31kDa(carbonic anhydrase, CA)사이의 3개의 분획중(약 40kDa, 37kDa, 32kDa) 37kDa의 분자량을 가진 subunit이 냉장저장 2주후부터 서서히 분해되기 시작하여 저장 8주째에는 완전히 소실됨을 보였다(Fig 1). 냉동저장중에는 모든 시험군에서 저장 말기까지 단백질 band의 변화는 없었다(Fig 2).

육의 단백질분해는 육중 효소들의 활성과 근섬유내 이온의 변화와 관련되는데 Wolf와 Samejima¹³⁾는 육의 저장온도, 시간 그리고 pH등에 따라 효소의 단백질 분해능력이 다르다고 하였고, Yasui 등¹⁵⁾은 근섬유단백질은 낮은 pH와 높은 온도에 매우 민감하고 육질에 영향을 미친다고 하였다. 또한 전기영동으로 사후 높은 온도에 저장한 근섬유단백질에

서 광범위한 분해가 일어났음을 고찰하기도 하였다¹⁶⁾.

이와 같은 결과로 볼 때 육단백질의 분해는 사후 저장온도, 시간, 부위에 따라 다르며 단백질 종류에 따라서도 분해가 다른데, 대체적으로 분자량이 큰 단백질에서부터 분해가 진행되며 이러한 육 구조단백질의 소실은 결국 사후 육의 조직감에도 영향을 미칠 것으로 사료된다.

3. 육색소(heme pigment)

식육 및 육제품의 육색은 소비자들의 선택에 1차적 요인이 되고 소비를 증진시키는데 기여할 수 있어 육고기에 있어서 색도는 외관적 품질평가의 척도가 된다. 다음은 감마선 조사 및 저장기간에 따른 육색소(myoglobin)의 변화이다.

myoglobin이 산화되면 oxymyoglobin에서 metmyoglobin으로 색깔의 변화가 뚜렷한데,

돼지고기의 경우(Table 2) 감마선 조사직후에는 선량에 따른 차이가 없었으며, 냉장저장 2주째부터 감마선 조사군과 비조사군간의 차이를 보이기 시작하여 감마선 조사군은 급격히 증가하는 반면, 비조사군은 전 저장기간에 걸쳐 완만한 증가로 그 정도는 미비하였다. 이 등¹⁷⁾은 저장기간에 따라 저장온도에 관계없이 육색이 증가하였으며 아질산염의 첨가량이 많아짐에 따라 증가한다고 보고하였다.

또한 돼지고기는 metmyoglobin의 값이 대체적으로 낮고 저장기간에 따른 변화도 비교적 완만한 경향이였다.

Table 2. Changes in heme pigment of nonirradiated and irradiated porks during storage at 5°C and -20°C¹

Temperature	Storage period	Irradiation dose	Absorbance (nm)				Relative concentration		
			572	565	545	525	myo	ox	met
5°C (weeks)	0	Control	0.1875	0.1884	0.2389	0.2478	0.2538	0.1230	0.5578
		1 kGy	0.1857	0.1835	0.2320	0.2477	0.2548	0.1193	0.5382
		3 kGy	0.1816	0.1825	0.2281	0.2422	0.2645	0.1075	0.5519
	2	Control	0.2101	0.2130	0.2656	0.2893	0.2584	0.0894	0.5788
		1 kGy	0.1721	0.1791	0.2240	0.2438	0.2484	0.0741	0.6292
		3 kGy	0.0881	0.0944	0.1139	0.1337	0.2614	0.0148	0.6716
	4	Control	0.0712	0.0691	0.0957	0.0943	0.1740	0.1975	0.5811
		1 kGy	0.0787	0.0815	0.1065	0.1158	0.2027	0.0907	0.6720
		3 kGy	0.1319	0.1317	0.1696	0.1734	0.2412	0.1389	0.5583
	8	Control	0.0598	0.0577	0.0804	0.0746	0.1784	0.2379	0.5459
		1 kGy	0.0462	0.0464	0.0660	0.0594	0.1469	0.2342	0.6385
		3 kGy	0.1110	0.1146	0.1467	0.1553	0.2310	0.0987	0.6302
-20°C (months)	1	Control	0.1335	0.1373	0.1697	0.1877	0.2606	0.0709	0.6016
		1 kGy	0.1258	0.1250	0.1623	0.1718	0.2257	0.1273	0.5782
		3 kGy	0.1148	0.1131	0.1466	0.1547	0.2305	0.1399	0.5586
	2	Control	0.1220	0.1253	0.1556	0.1695	0.2595	0.0799	0.5973
		1 kGy	0.1272	0.1248	0.1604	0.1692	0.2412	0.1345	0.5395
		3 kGy	0.1017	0.1952	0.1285	0.1221	0.2209	0.2372	0.4518
	4	Control	0.0906	0.0854	0.1165	0.1161	0.1973	0.2071	0.5105
		1 kGy	0.1049	0.1965	0.1335	0.1266	0.1974	0.2572	0.4508
		3 kGy	0.0998	0.0873	0.1261	0.1040	0.1851	0.4027	0.3078
	6	Control	0.2260	0.2223	0.2757	0.2856	0.2859	0.1317	0.4857
		1 kGy	0.2866	0.2978	0.3209	0.3698	0.4025	0.0043	0.4695
		3 kGy	0.3026	0.2989	0.3699	0.3751	0.2931	0.1387	0.4787

¹Each value represents the mean of duplicate determinations.

냉동저장에서는 모든 시험군에서 저장기간이 경과됨에 따라 감소됨을 보였고, 감마선 조사 직후에는 선량에 따른 차이를 보이지 않았으나 저장 2개월후부터는 비조사군에 비해 감마선 조사군이 더욱 큰 폭으로 감소하는 뚜렷한 경향을 나타내었다.

이러한 결과는 Brewer와 Harbers(11)가 보고한 장기간 냉동저장한 육고기의 육색은 시간이 경과함에 따라 감소하며 또한 산소를 차단할 수 있는 포장재를 사용함으로써 26주동안 색의 손실을 방지할 수 있다고 한 결과와 일치하는 경향이였다.

한편, 육색소의 함량은 종종 시각적인 육색의 비율과 근접할 수 있는 결과를 제공하지 못할 때가 있는데 그 이유는 myoglobin의 화학적 상태와 myoglobin의 근육 내에서의 분포 상태에 따라 달라지기 때문인 것으로 보고되고 있다(18).

4. 텍스처

감마선조사가 시료의 texture에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다.

(Table 3) 냉장저장시에 hardness와 cohesiveness가 증가하고 그 밖의 texture 즉, 부착성과, 탄력성 등은 거의 영향이 없었다. 냉동저장의 경우도 경도와 부착성에 있어 다소 증가추세를 나타내었다.

이와 같은 결과로 신선도 유지를 위한 선량의 감마선 조사가 texture에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 사료되고 대체적으로 저장온도에 관계없이 감마선 조사는 경도를 다소 증가시키고 냉장저장시 부착성과 응집성이 약간 증가되며 냉동저장시 탄력성이 다소 감소되는 것으로 보이나 그 정도에 있어서는 미비하였다. Sasayama 등¹⁹⁾도 감마선 조사는 시료의 texture에 별다른 영향을 주지 않는 것으로 보고하고 있다.

Table 3. Changes in textural property of nonirradiated and irradiated porks during storage at 5°C and -20°C¹

Sample	Textural Parameter	Storage Period					
		(after 4 weeks at 5°C)			(after 6 months at -20°C)		
		control	1kGy	3kGy	control	1kGy	3kGy
Pork	Hardness(g)	3826	4283	4738	3852	4345	5420
	Adhesiveness(cm ²)	0.74	0.78	0.86	0.60	0.63	0.67
	Springiness	0.76	0.78	0.72	0.57	0.61	0.51
	Cohesiveness	0.43	0.52	0.54	0.57	0.62	0.60

¹Each value represents the mean of duplicate determinations.

IV. 요약

돼지고기에 감마선 1, 3 kGy를 조사한 후 저장 기간 및 온도에 따라 일반성분, 단백질 분해, 육색변화, 텍스처 등을 측정 하였다. 일반성분의 경우 수분함량에 있어서만이 저장 기간에 따라 다소 감소되었으며 육단백질 분해는 감마선조사군과 비조사군 사이의 변화는 거의 없었으며, 저장기간에 따라 약 105 kDa의 단백질 subunit가 분해 되기 시작하여 8주 후에는 완전소실 되었고, 특히 약 32 kDa에서 40 kDa의 분자량을 가진 단백질 subunit의

경우 모든 시험군에서 저장기간에 따라 서서히 분해 되면서 소실되거나 두개의 분획으로 분리되어 새로운 band를 형성하였다. 또한 육색변화에서는 조사 직 후 조사선량에 관계없이 저장기간의 경과에 따라 metmyoglobin은 함량이 다소 증가되는 경향이었고 냉동저장에 서는 조사에 따른 영향 없이 저장기간에 따라 점차 감소하는 경향이였다. 한편, 신선도 유지를 위한 선량의 감마선 조사가 텍스처에 미치는 영향은 크지 않으며 대체적으로 저장온도에 관계없이 경도를 다소 증가시키는 정도였다.

ABSTRACT

This research was conducted to investigate changes in quality characteristics of gamma-irradiated porks during storage at different temperature and periods. In The proximate composition of pork was not significantly changed by irradiation dose and storage period. 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. 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. About textural property, hardness of all samples appears to be increased slightly by gamma irradiation. However, the extent of increase was so little that it could be ignored.

참고문헌

1. WHO: The role of food safety in health and development. Report of joint FAO/WHO EXPERT COMMITTEE on Food Safety. 1984.
2. Winger, R.J. and Fennema, O.: Tenderness and Water Holding Properties of Beef Muscle as

- Influenced by Freezing and Subsequent Storage at -3 or 150°C., J. Food Sci., 41, 1433(1976)
3. Yamamoto, K. and Samejima, K.: A Comparative Study of the Change in Hem Pectoral Muscle during Storage at 4°C and -2°C., J. Food Sci., 42, 1642(1977).
 4. Miller, A.J., Ackerman, S.A. and Palumbo, S.A.: Effect of Frozen Storage on Functionality of meat for Processing., J. Food Sci., 45, 1466(1980).
 5. Brewer, M.S., Ikins, W.G. and Harberts, C.A.Z.: TBA Values Sensory Characteristics and Volatiles in Ground Pork during Long-term Frozen Storage: Effect of Packaging., J. Food Sci., 57 558(1992).
 6. Bhattacharya, M., Hanna, M.A. and Mandigo, R.W.: Lipid Oxidation in Ground Beef Patties as Affected by Time-temperature and Product Packaging Parameters., J. Food Sci., 53, No.3(1988)
 7. WHO-Food Irradiation, A Technique for Preserving and Improving the Safety of Food Geneva(1988).
 8. AOAC Methods of Analysis, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.(1980)
 9. Laemmli, U.K. : Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature, 27, 680-691.(1982)
 10. Karel Krzywicki: The Determination of Haem Pigments in Meat., Meat Science, 7: 29(1982).
 11. Brewer, M.S., and Harbers, C.A.Z.: Effect of Packaging on Color and Physical Characteristics of Ground Pork in Long-Term Frozen Storage, J. Food. Sci., 56(2): 363(1991)
 12. 김용봉, 김용수, 노정해, 성기승, 윤철석, 이남형.: 진공포장된 수입냉장우육의 저장성에 관한연구, 한국축산학회지., 38(4): 411(1996)
 18. 류운선, 이무하, 고경철.: 등급체에 따른 한우육과 수입육류의 품질비교 연구., 한국축산학회지., 36(3): 340(1994)
 13. Wolf, F.H. and Samejima, K.: Further Studies of Postmortem Aging Effects on Chicken Actomyosin., J.Food Sci., 41: 244(1976).
 14. Cheng, C.S. and Parrish, J.F.C.: Heat Induce Changes in Myofiber Proteins of Bovine Longissimus Muscle., J. Food Sci., 44: 22(1979).
 17. 이한기, 박구부, 김영환, 김진성, 김영직, 진상근, 강정실.:아질산염의 첨가수준 및 염의

10 · 관광식음료경영연구

온도에 따라 영지육의 이화학적 특성(Ⅱ.유리아미노산의 조성변화), 한국축산학회지, 32(9): 554(1990)

15. Yasui, T., Gotoh, T. and Morita, J.: J. Agric, Food Chem., 21: 241(1973).
16. Yamamoto, K., Samejima, K. and Yasni, T.: Changes Produce in Muscle Proteins during Incubation of Muscle Homogenates., J. Food Sci., 44:51(1979).
19. Sasayama, S., Shiba, M. and Yamamoto, J.: Bull Tokai Reg., Fish, Res, Lab., No 82, Aug, p.97(1975).