

産卵老鷄肉의 냉장 및 동결저장 중 물리화학적 특성 변화

공 양 숙·문 윤 희

부산산업대학교 식품공학과
(1987年 6月 10日 접수)

Changes in the Physicochemical Properties of Spent-hen Meat during Cold and Frozen Storage

Yang-Sug Gong and Yoon-Hee Moon

Dept. of Food Science and Technology, Pusan Sanub University

(Received June. 10. 1987)

Abstract

This study was carried out to investigate the changes in the pH, extractability of protein, ATPase activity of myofibrillar protein, myofibrillar fragmentation, freezing loss and drip loss during storage at 4°C and -20°C in breast and leg muscle of spent-hen meat.

pH values in pectoral and leg muscle were lowest on the 1st day and 1st week during cold and frozen storage, respectively. The extractabilities of myofibrillar proteins were increased gradually during cold storage and were highest on the 1st week during frozen storage. The Mg²⁺-ATPase activities of myofibrillar proteins were highest on the 1st day and 1st week during cold and frozen storage, respectively. The myofibrillar fragmentations were greatly changed on the 1st day during cold storage and 1st week during frozen storage. Freezing losses and drip losses were increased gradually during frozen storage.

pH values in breast muscle were lower than those of leg muscle, and the extractabilities, Mg²⁺-ATPase activities, fragmentations of myofibrillar proteins, and drip losses in breast muscle were higher than those of leg muscle during storage, but the patterns of the changes in both muscles were similar during storage.

서 론

식육의 맛과 향기를 개선하고 육질을 연화시키는 것은 일반적으로 빙결점 이상의 온도에서 실시되고 있으나 빙결점 이상의 온도에서는 식육을 오랫동안 저장하기가 어려워 동결저장법을 이용하여 저장기간을 연장하고 있다.^{1~4)} 저온저장 중

식육중의 백색근은 적색근보다 근원섬유단백질의 추출성⁵⁾ 및 ATPase 활성⁶⁾ 등이 높으며, 근원섬유의 小片化 정도⁷⁾도 높게 나타난다. 이러한 연구들은 주로 포유동물인 토끼, 돼지, 쇠고기와 가금류인 肉鷄肉을 실험재료로 하여 이루어져 왔으며 빙결점 이상과 그 이하의 조건에서 동일한 시료를 대상으로 하여 연구한 것은 많지 않고, 특

히 産卵老鷄肉에 관한 연구보고는 더욱 드물다. 우리나라의 産卵老鷄 사육수는 1985년 3월 현재 3,042만 마리로서 肉鷄의 1,552만 마리보다 훨씬 많으나⁸⁾ 産卵老鷄肉을 효율적으로 이용하기 위한 식품학적인 기초 연구는 많지 않은 실정이다.

본 연구에서는 産卵老鷄의 가슴 및 다리근육을 냉장 및 동결저장하면서 pH, 단백질의 추출성, ATPase 활성, 小片化, 냉동감량 및 드립량의 변화를 비교 검토하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

産卵老鷄(Arbor Acres, 72주령, 평균체중 2.0 kg)를 切頭法으로 屠鷄한 후 가슴근육 및 다리근육을 분리하고 여기에 미생물 오염방지를 위하여 10mM NaN₃ 용액을 표면에 처리한 후 폴리에틸렌 필름(0.1mm)으로 포장하여 4℃ 및 -20℃에서 저장하면서 시료로 사용하였다.

2. 방 법

(1) pH 측정

유리전극 pH-meter (Chemtrix model type 40, U. S. A. 製)로써 측정하였다.

(2) 근원섬유단백질의 추출성 및 단백질 농도 측정

근원섬유단백질의 추출성은 Yang 등⁹⁾의 방법, 단백질 농도는 biuret법¹⁰⁾으로 측정하였다.

(3) ATPase 활성 측정

ATPase 활성은 Fiske와 Subbarow의 방법¹¹⁾으로 측정하였다.

(4) 근원섬유의 小片化 측정

근원섬유 소편화 정도의 측정은 Culler 등¹²⁾의 방법에 의하였다.

(5) 냉동감량 및 드립량 측정

냉동감량은 동결전후의 重量差를 측정하여 동결후 중량에 대한 동결전 중량의 百分率로 나타내고, 드립량 측정은 해동전후의 중량차를 측정하여 해동후 중량에 대한 해동전 중량의 백분율로 나타내었다.

결과 및 고찰

1. pH의 변화

産卵老鷄의 가슴과 다리근육의 냉장 및 동결저장 중 pH의 변화는 Table 1에서 보는바와 같이 냉장의 경우 가슴근육과 다리근육의 pH가 屠殺直後 각각 6.25 및 6.47에서 냉장 1일째 각각

Table 1. Changes in pH of spent-hen muscle during storage at 4℃ and -20℃

Storage temperature	Storage period	Breast muscle	Leg muscle	
4℃	0 (days)	6.25	6.47	
	1	5.50	5.70	
	3	5.58	5.81	
	5	5.67	5.94	
	7	5.75	5.99	
	-20℃	0 (weeks)	6.25	6.47
		1	5.80	5.90
2		5.80	5.95	
4		5.80	5.99	
6		5.83	6.00	
8		5.85	6.00	
10		5.85	6.01	

5.50, 5.70으로 떨어졌다가 그 이후 점차 증가하여 냉장 7일째는 각각 5.75, 5.99으로 나타났다.

한편, 동결저장 중 가슴근육과 다리근육의 pH는 1주째 각각 5.80, 5.90으로 낮아졌으며 2주째부터는 다소 증가하는 경향이었으나 큰 변화는 아니었다.

냉장 및 동결저장의 경우 모두 저장기간에 관계없이 가슴근육의 pH가 다리근육의 pH보다 다소 낮았으며 pH 변화폭은 동결저장에서 보다 냉장 중에 더 크게 나타났다. 이는 Winger 등¹³⁾의 쇠고기 및 磯貝¹⁴⁾의 돼지고기를 재료로 하여 얻은 결과와 유사한 경향이였다.

2. 근원섬유단백질의 추출성

Table 2는 산란노계의 가슴 및 다리근육을 냉

장 및 동결저장하면서 근원섬유단백질의 추출성의 변화를 나타낸 것으로 도살직후의 근원섬유단백질 추출성은 가슴과 다리근육이 각각 66.5mg/g 및 57.2mg/g이었다. 그 이후 냉장의 경우 약간씩 증가하여 냉장 7일에 가슴과 다리근육은 新鮮肉에 비하여 각각 5.1%, 11.0% 높았으며 저장기간 중 가슴근육이 다리근육에 비하여 10.1~16.3% 더 높은 추출성을 보였다. 이 결과는 육계육에서 얻은 McCready 등¹⁵⁾의 실험결과와 비슷한 경향이였다. 냉장중에 근원섬유단백질 추출성이 점차 증가하는 것으로 보아 근원섬유에서 선택적으로 추출되는 근원섬유단백질이 냉장기간 동안 변성되지 않고 쉽게 유리되고 있음을 알 수 있었다.

동결저장의 경우, 가슴근육은 동결저장 1주에 신선육에 비하여 1.5% 정도 높은 추출성을 나타

Table 2. Changes in extractability of myofibrillar protein from spent-hen muscle during storage at 4°C and -20°C

Storage temperature	Storage period	Breast muscle	Leg muscle
4°C	0 (days)	66.5	57.2
	1	67.3	59.9
	3	68.9	60.7
	5	69.3	62.1
	7	69.9	63.5
	-20°C	0 (weeks)	66.5
1		67.5	59.2
2		65.3	55.5
4		62.6	52.6
6		62.0	51.9
8		61.5	50.6
10		61.2	49.6

내었으나 동결저장 2주부터는 감소하기 시작하여 동결저장 10주에 신선육에 대하여 92.0%의 추출성을 나타내었고 다리근육은 동결저장 1주에 신선육에 대하여 3.5% 높았으며 동결저장 2주부터는 점차 감소하기 시작하여 10주째에는 49.6mg/g으로 신선육에 대하여 86.7%의 추출성을 보였다. 그리고 동결저장 중 가슴근육은 다리근육에 비하

여 114.0~123.4%의 높은 추출성을 나타내었다. 가슴근육과 다리근육은 모두 동결저장 1주에 신선육보다 다소 높고, 그 이후의 추출성은 낮아지는 현상을 나타내었는데 이것은 앞에서 설명된 냉장의 경우와는 달리 동결저장 중 근원섬유단백질 및 근장단백질의 변성에 의한 침전으로 근원섬유의 유리가 억제되었기 때문이라고 생각된다.

3. 근원섬유단백질의 ATPase 활성 변화

Table 3은 산란노계육의 가슴과 다리근육을 저장하면서 경시적으로 얻은 근원섬유단백질의 ATPase 활성을 측정된 결과로써 도살직후 각각 $0.311\mu\text{mole Pi/mg protein/min.}$ 및 $0.216\mu\text{mole Pi/mg protein/min.}$ 이었다. 냉장의 경우, 가슴 및 다리근육은 1일째에 신선육에 비하여 각각 12.5%와 3.2%가 더 높은 활성을 나타낸 이후 점차 감소하여 7일째에는 각각 $0.285\mu\text{mole Pi/mg protein/min.}$ 및 $0.184\mu\text{mole Pi/mg protein/min.}$ 으로 나타났다. 냉장 중 가슴근육의 ATPase 활

성은 다리근육에 비하여 44.0~62.3%가 더 높게 나타났다. 이러한 결과는 Yamamoto 등¹⁵⁾이 산란노계의 가슴근육을 4℃에서 저장하였을 때 근원섬유단백질의 Mg^{2+} -ATPase 활성이 저장 7일까지 신선육 수준을 유지하였다는 실험결과에 비하여 활성 변화폭이 더 크게 나타났다. 그리고 Hay 등⁶⁾은 육계의 가슴과 다리근육을 2℃에 저장하면서 경시적으로 근원섬유단백질의 Mg^{2+} -ATPase 활성을 비교하여, 가슴근육이 다리근육보다 활성이 높았다는 결과와 유사한 경향이었으나 ATPase 활성의 정도는 본 실험결과가 더 높은 편이었다.

Table 3. Changes in Mg^{2+} -ATPase activity of myofibrillar protein from spent-hen muscle during storage at 4℃ and -20℃ ($\mu\text{mole Pi/mg protein/min.}$)

Storage temperature	Storage period	Breast muscle	Leg muscle
4℃	0 (days)	0.311	0.216
	1	0.350	0.223
	3	0.336	0.207
	5	0.299	0.191
	7	0.285	0.184
	-20℃	0 (weeks)	0.311
1		0.321	0.240
2		0.287	0.212
4		0.275	0.203
6		0.262	0.197
8		0.256	0.196
10		0.250	0.195

한편, 동결저장 중 가슴과 다리근육의 근원섬유단백질의 ATPase 활성 변화는 동결저장 1주째 각각 $0.321\mu\text{mole Pi/mg protein/min.}$ 및 $0.240\mu\text{mole Pi/mg protein/min.}$ 으로써 신선육에 비하여 각각 3.2%와 11.0% 상승된 활성을 보였으나 그 이후 저장기간이 길어지면서 서서히 감소하여 동결저장 10주에는 각각 $0.250\mu\text{mole Pi/mg protein/min.}$ 및 $0.195\mu\text{mole Pi/mg protein/min.}$ 으로써 신선육에 비하여 각각 19.6% 및 9.7% 낮은 추출성을 보였다. 근원섬유단백질의 ATPase 활성은 가슴근육이 다리근육에 비하여 신선육의 경우에 144.0%의 높은 수준을 보였으나, 동결저장

1주부터 10주 사이에는 128.2~135.5%의 활성을 나타내어 동결저장 중 두 부위간의 Mg^{2+} -ATPase 활성 차이는 신선육의 경우보다 다소 적게 나타났다. Yamamoto 등¹⁵⁾은 -20℃에 동결저장되는 산란노계의 가슴근육은 1주와 2주에 높은 Mg^{2+} -ATPase 활성을 보이고 그 이후 점차 감소하였지만 동결저장 8주까지의 활성은 신선육보다 높았다고 보고하였는데 본 실험의 결과에서는 이러한 현상을 볼 수 없었다. 식육이 동결저장되는 동안 특정한 시기에 Mg^{2+} -ATPase 활성이 높아지는 현상에 관하여 Bendall¹⁶⁾은 筋小胞體가 동결에 의하여 손상되어 칼슘이온의 유리를 조절할 수 없

게 되므로 이 칼슘이온에 의하여 Mg^{2+} -ATPase 활성이 높게 나타나는 것이라고 하였으며 Arakawa 등¹⁷⁾은 근원섬유의 Z-line 붕괴로 인한 α -actinin의 유리가 근원섬유단백질의 Mg^{2+} -ATPase 활성을 수식하기 때문이라고 하였고 Suzuki 등¹⁸⁾은 근원섬유의 Mg^{2+} -ATPase 활성 증감이 troponin에 의하여 조절되기 때문이라고 하였다. 그러나 근본적으로 Mg^{2+} -ATPase 활성은 근원섬유 중의 myosin 성분에 의하여 저해되고 actomyosin 형성에 의하여 활성화되므로 동결저장 1주까지는 actomyosin에 의하여 ATPase 활성 증가 능력이 크게 소실되지 않고 있는 것으로 생각된다.

4. 근원섬유의 小片化

냉장 및 동결저장 중 근원섬유의 소편화 정도 변화를 Table 4에 나타내었다. 가슴근육과 다리근육은 모두 냉장 1일째 그리고 동결저장 1주째에 소편화 정도가 50을 넘었으며 냉장 중에는 소편화가 점진적으로 크게 일어났으나 동결저장시에는 1주째에 소편화 정도가 높게 나타났고 그 이후에는 큰 변화를 보이지 않았다. 소편화 정도는 가슴근육이 다리근육에 비하여 냉장의 경우 7.4~17.8%, 동결저장의 경우 7.4~15.9%가 더 높았다. 이것은 Olson 등¹⁹⁾이 2℃에서 쇠고기를

Table 4. Changes in myofibril fragmentation index of spent-hen muscle during storage at 4℃ and -20℃

Storage temperature	Storage period	Breast muscle	Leg muscle
4℃	0 (days)	32.0	29.8
	1	57.1	50.2
	3	68.3	58.0
	5	81.7	70.3
	7	89.5	82.5
-20℃	0 (weeks)	32.0	29.8
	1	78.5	71.1
	2	83.3	71.9
	4	83.5	73.0
	6	84.6	76.7
	8	85.4	76.8
	10	85.7	77.4

Table 5. Changes in freezing losses and drip losses of spent-hen muscle during storage at -20℃ (%)

Storage weeks	Freezing losses		Drip losses	
	Breast muscle	Leg muscle	Breast muscle	Leg muscle
1	0.23	0.24	2.26	1.64
2	0.32	0.34	2.33	1.80
4	0.54	0.49	2.42	2.07
6	0.63	0.65	2.55	2.12
8	0.81	0.77	3.01	2.24
10	0.98	0.92	3.39	2.29

13일간 저장한 결과 백색근이 적색근에 비하여 소편화 정도가 높다고 보고한 것과 같은 경향이었으나 부위간의 소편화 정도의 차이는 본 실험 결과가 더 적은 편이었다.

5. 냉동감량과 드립량의 변화

산란노계의 가슴과 다리근육을 -20°C 에서 동결, 저장하면서 냉동감량 및 드립량의 변화를 조사한 결과, Table 5에서 보는바와 같이 냉동감량은 동결저장 기간이 경과하면서 두 시료 모두 점차 많아졌으며 가슴근육이 0.98%, 다리근육이 0.92%까지 감소되었으나 저장기간 동안 두 부위간의 감량차이는 크지 않았다. 金 등²⁰⁾은 닭고기를 무포장, glazing, 폴리에틸렌 필름으로 포장하여 -17°C 에서 2개월간 동결하였을 경우 냉동감량은 각각 1.71%, 1.54%, 0.37%로 나타났다고 하였고, 黃²¹⁾은 무포장, stockinet, 폴리에틸렌 필름으로 포장하여 -10°C 에서 7일간 동결하였을 경우 각각 6.31%, 4.3%, 0.71%의 냉동감량이 있었다 하여 닭고기를 폴리에틸렌 필름으로 포장하는 것이 무포장 상태, glazing 및 stockinet 사용에서보다 냉동감량을 줄일 수 있다고 하였다. 이러한 결과는 본 실험결과와 다소의 차이가 있음을 알 수 있었는데 이는 동결온도 및 포장방법이 다르기 때문이라고 생각된다.

드립량의 변화는 가슴과 다리근육 두 부위 모두 동결저장 기간이 경과함에 따라 점차 증가하였으며, 가슴근육이 다리근육보다 다소 드립량이 많은 것으로 나타났다. 이 결과는 崔,²²⁾ 鄭 등²³⁾ 및 Miller 등³⁾의 각각 嬰鷄, 肉鷄 및 豚肉을 시료로 실험하여 저장기간이 경과함에 따라 드립량이 증가하였다는 결과들과 같은 경향이었다.

요 약

產卵老鷄肉(Arbor Acres, 72週齡)의 가슴근육과 다리근육을 냉장 및 동결저장하면서 pH, 단백질의 추출성, 근원섬유단백질의 ATPase 활성, 소편화, 냉동감량 및 드립량의 변화를 비교하였다.

가슴근육과 다리근육의 pH는 각각 냉장 1일 및 동결저장 1주에 가장 낮았다. 근원섬유단백질의 추출성은 냉장기간이 경과하면서 점차 증가하였으며, 동결저장에서는 1주에 가장 높은 수준을 보

였다. 근원섬유단백질의 Mg^{2+} -ATPase 활성은 냉장 1일 및 동결저장 1주에 각각 높게 나타났다. 근원섬유의 소편화 정도는 냉장 1일 및 동결저장 1주에 크게 변화하였으며 냉동감량과 드립량은 동결저장 기간이 경과하면서 점차 많아졌다. 냉장 및 동결저장 중 가슴근육은 다리근육에 비하여 pH가 낮았고, 근원섬유단백질의 추출성, Mg^{2+} -ATPase 활성, 드립량 및 소편화 정도가 높았으나 저장기간 중 변화되는 양상은 비슷하였다.

참 고 문 헌

1. Cheng, C.S. and Parrish, F.C. Jr.: *J. Food Sci.*, **43**, 17(1978).
2. Ouali, A., Obled, A., Cottin, P., Merdaci, N., Ducastaing, A. and Valin, C.: *J. Sci. Food Agric.*, **34**, 466(1983).
3. Miller, A.J., Ackerman, S.A. and Palumbo, S.A.: *J. Food Sci.*, **45**, 1466(1980).
4. 朴錫源·姜統三·閔丙蓉·徐奇奉·梁 隆: 韓國食品과학회지, **12**, 34(1980).
5. McCready, S.T. and Cunningham, F.E.: *Poultry Sci.*, **50**, 243(1971).
6. Hay, J.D., Currie, R.W. and Wolfe, F.H.: *J. Food Sci.*, **38**, 981(1973).
7. Sonaiya, E.B., Stouffer, J.R. and Beerman, D.H.: *J. Food Sci.*, **47**, 889(1982).
8. 축협중앙회: 월간양계, **17**, 108(1985).
9. Yang, R., Okitani, A. and Fujimaki, M.: *Agr. Biol. Chem.*, **34**, 1765(1970).
10. Gornall, A.G., Bardawill, C.J. and David, M.M.: *J. Biol. Chem.*, **177**, 751(1949).
11. Fiske, C.H. and Subbarow, Y.: *J. Biol. Chem.*, **66**, 375(1925).
12. Culler, R.D., Parrish, F.C. Jr., Smith, G.C. and Cross, H.R.: *J. Food Sci.*, **43**, 1177(1978).
13. Winger, R. J., Fennema, O. and Marsh, B.B.: *J. Food Sci.*, **44**, 1681(1979).
14. 磯貝幸: 冷凍, **47**, 435(1972).
15. Yamamoto, K., Samejima, K. and Yasui, T.: *J. Food Sci.*, **42**, 1642(1977).
16. Bendall, J.R.: The structure and function

- of muscle., Vol. 3ed G.H. Bourne, Academic press N.Y. 227(1960).
17. Arakawa, N., Robson, R.M. and Goll, D.E.: *Biochemica et Biophysica Acta*, **200**, 284(1970).
 18. Suzuki, A. and Goll, D.E.: *Agr. Biol. Chem.*, **38**, 2167(1974).
 19. Olson, D.E., Parrish, F.C. Jr. and Stro-mer, M.H.: *J. Food Sci.*, **41**, 1036(1976).
 20. 金正玉·閔丙蓉·徐寄奉: 농어촌 개발공사 식품연구소 사업보고, 161(1975).
 21. 黄七星: *건국학술지*, **10**, 355(1969).
 22. 崔炳圭: *한국축산학회지*, **22**, 516(1980).
 23. 鄭求龍·崔炳圭·黄七星: *한국축산학회지*, **23**, 553(1981).