

냉동 저장 중 지방산화 억제와 지방산화물 생성 저감을 위한 돈육의 부위 및 포장방법의 평가

박성용 · 김경찬 · 진구복* · 유승석¹

*전남대학교 동물자원학부, ¹호남대학교 조리과학과

서 론

식육과 육제품들은 미생물에 의한 부패를 감소시키고 저장성을 증진시키기 위해 냉장 및 냉동 조건에서 보관되며 저장 온도가 낮을수록 미생물에 의한 부패 및 산화가 억제되고 지방산화에 영향을 미치는 효소의 활성이 저해될 뿐만 아니라 지방의 자동산화가 억제되어 저장성이 증진된다. 하지만 식육과 육제품들이 비록 낮은 온도에서 보관된다 하더라도 식육내 존재하는 지방의 산화와 지방분해와 같은 생화학적 변화는 발생된다. 저장 온도뿐만 아니라 식육의 저장성에 영향을 미치는 요인으로 최근 근육의 metabolic 형태에 따른 연구가 활발하게 진행 중이다. 즉 산화적 대사를 하는 근육이 탄수화물대사를 하는 근육에 비해 많은 양의 유리지방산을 발생시키며, heme색소와 기타 산화촉진제 그리고 세포막지질에 더 많은 다불포화지방산을 포함하여 산화에 좀더 민감할 뿐만 아니라 acid lipase, neutral lipase, phospholipase A 그리고 lysophospholipase의 활성이 더 높아 지방 분해율이 더 높다^(1,2). 이러한 식육 및 육제품의 지방산화를 측정하는 방법으로 유리지방산가 (Free fatty acid), 과산화물가 (Peroxide value, POV) 그리고 thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) 값이 있고 최근 많은 연구자들이 휘발성화합물과 지방산화와의 연관성을 연구하였다^(3,4). 하지만 대부분의 연구들이 냉장조건하에서 실험을 실시하여 냉동조건에 대한 이러한 연구결과는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 냉동조건하에서 돈육의 부위별(삼겹 vs 등심) 지방산화를 측정하기 위하여 포장방법에 따른 영향을 조사하고, 지방산화의 정도를 평가하기 위한 지표로써 지방산화로 생성되는 휘발성 화합물을 정량하여 지방산패와의 연관성을 살펴보기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

신선한 돈육 등심과 삼겹살은 도매점에서 구입하였고 포장방법 별로 -10°C 에서 냉동 저장하여 0, 30, 60, 90 그리고 120일 저장하며 pH, 일반성분, TBARS, 과산화물, 유리지방산 및 산화생성물을 분석하였다. 화학적 조성(수분, 지방, 단백질)은 AOAC⁽⁵⁾ 방법에 따라 측정하였으며, pH는 digital pH-meter로 측정하였다. 유리지방산과 과산화물가를 측정하기 위해 지방 추출은 Folch 등⁽⁶⁾의 방법에 따라 시행하였으며, 추출된 지방은 건조시키고 분석을 위해 사용되기 전까지 4°C 에서 저장하였다. 유리지방산가와 TBARS 값은 각각 AOCS⁽⁷⁾ 그리고 Witte⁽⁸⁾의 방법에 의해서 측정하였고 과산화물가는 Lea⁽⁹⁾의 방법에 의해 측정하였다. 삼겹과 등심부위로부터의

휘발성 화합물은 동시연속증류 추출법(simultaneous distillation and extraction, SDE)⁽¹⁰⁾으로 추출하였다. 추출된 화합물의 정량과 정성분석은 gas chromatograph (GC) 와 mass spectrometer (MS)로 수행하였다. 미생물 균수 측정은 총균수와 대장균을 측정하기 위해 plate count agar(PCA) 와 violet red bile agar(VRB)를 각각 이용하였고 37℃에서 2일간 배양하여 균수를 측정하였으며, log cfu/g으로 나타내었다. 본 실험은 3회 반복을 실시하였으며, 통계처리는 SPSS를 이용하여 이원배치분산분석 (Two-way ANOVA)에 의하여 실시하였고 포장방법과 저장기간의 상호작용(interaction)을 분석한 뒤 Duncan's multiple range test로 사후검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

원료돈육의 일반성분을 검사한 결과 예상대로 삼겹부위가 등심부위보다 수분과 단백질의 함량이 낮고 지방함량이 높았다. 저장기간과 포장방법간의 상호작용 통계처리결과 모든 매개변수에서 상호작용이 나타나지 않아($P>0.05$) Table 1, 2와 같이 정리하였다. pH는 삼겹에 있어서 저장기간에 따라 약간의 차이를 보였으며($P<0.05$), 삼겹이 등심보다 pH가 높았으나($P<0.05$) 포장방법에 따른 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$). TBARS 값은 저장기간과 포장방법에 의한 차이는 나타나지 않았으나($P>0.05$) 저장 후반부로 갈수록 고지방인 삼겹이 저지방인 등심보다 높게 나타났다($P<0.05$). 유리지방산가 역시 TBARS 값과 마찬가지로 저장기간과 포장방법에 따른 차이는 나타나지 않았으나($P>0.05$) 지방함량에 따른 차이에 있어서는 오히려 저지방인 등심이 고지방인 삼겹보다 높게 나타났다($P<0.05$). 과산화물가는 저장기간이 증가함에 따라 값이 증가하는 경향을 보였으나($P<0.05$), 지방함량과 포장방법에 따른 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$). 미생물 변화는 총균수에 있어서 삼겹부위를 제외하고는 저장기간, 포장방법, 지방함량에 따른 유의차이는 나타나지 않았다($P>0.05$). Figure 1 에서 볼 수 있듯이 돈육의 삼겹과 등심으로부터 추출된 휘발성 화합물들은 총 22가지로 포장방법과 저장기간 사이에 상호작용이 존재하지 않아 Table 3과 같이 정리하였다. 대부분의 화합물이 저장기간에 따라 큰 변화는 없었으며, 증가보다는 오히려 감소하는 경향을 보였다(2,4-dimethyl-1-heptene, hexanal, 2-pentyl-furan, nonanal). 동정된 모든 화합물에서 포장방법에 따른 효과는 나타나지 않았으나($P>0.05$) 2,4-dimethyl-1-heptene, hexanal, 4-methyl-2-hexanone, hexadecanal, hexadecanoic acid, 9-octadecenal 그리고 1-hexadecanol과 같은 화합물에서는 지방함량에 따른 차이를 보였다($P<0.05$). 이 중 탄소수 10개 미만인 2,4-dimethyl-1-heptene, hexanal 그리고 4-methyl-2-hexanone은 저지방인 등심보다 고지방인 삼겹에서 더 많이 검출되었으며, 이와는 반대로 탄소수 10개 이상인 고분자 화합물들은 고지방인 삼겹보다는 오히려 저지방인 등심에서 많이 검출되었다. 유리지방산, 과산화물, TBARS값과 추출된 휘발성 화합물간의 상관관계를 조사한 결과 삼겹에서 유리지방산가와 4-methyl-2-hexanone, 등심에서 유리지방산가와 9-octadecenal을 제외하고는 별다른 유의성이 존재하지 않았다.

요 약

본 연구의 목적은 냉동 저장 시 돈육의 부위, 포장방법 및 저장기간이 지방산패에 미치는 영향

Table 1. Change of pH, thiobarbituric acid reactive substance(TBARS), free fatty acid(FFA), peroxide value(POV) and microbial counts as affected by fat content, packaging method and storage time at -10°C

Parameters	Parts	Storage time (days)				
		0	30	60	90	120
pH	Belly	6.09 ^{aA}	5.98 ^{abA}	5.92 ^{bA}	6.02 ^{abA}	5.99 ^{abA}
	Loin	5.60 ^B	5.51 ^B	5.53 ^B	5.57 ^B	5.54 ^B
TBARS ¹⁾ (MDA mg/kg)	Belly	0.37	0.29	0.25 ^A	0.36 ^A	0.37 ^A
	Loin	0.19	0.13	0.07 ^B	0.10 ^B	0.13 ^B
FFA ²⁾ (%)	Belly	1.14 ^B	0.87 ^B	1.21 ^B	0.90 ^B	0.93 ^B
	Loin	3.98 ^A	3.47 ^A	4.04 ^A	3.28 ^A	4.31 ^A
POV ³⁾ (meq/Kg)	Belly	2.07 ^b	3.11 ^{ab}	5.89 ^{ab}	6.83 ^a	5.37 ^{ab}
	Loin	2.52 ^b	4.41 ^{ab}	5.44 ^{ab}	6.72 ^{ab}	8.98 ^a
PCA ⁴⁾ (log cfu/g)	Belly	3.22 ^{ab}	2.79 ^b	3.34 ^{ab}	4.17 ^d	4.13 ^a
	Loin	3.42	3.47	3.83	3.53	2.83
VRB ⁵⁾ (log cfu/g)	Belly	2.55	2.33	2.60	3.30	2.68
	Loin	2.65	2.61	2.97	2.70	2.54

Parameters	Belly		Loin	
	Vacuum	Aerobic	Vacuum	Aerobic
pH	6.00 ^a	6.00 ^a	5.55 ^b	5.54 ^b
TBARS ¹⁾ (MDA mg/kg)	0.34 ^a	0.32 ^a	0.12 ^b	0.13 ^b
FFA ²⁾ (%)	1.03 ^b	0.99 ^b	4.10 ^a	3.53 ^a
POV ³⁾ (meq/Kg)	5.10	4.21	5.53	5.70
PCA ⁴⁾ (log cfu/g)	3.34	3.72	3.35	3.48
VRB ⁵⁾ (log cfu/g)	2.54	2.84	2.53	2.86

¹⁾TBARS = thiobarbituric acid reactive substance; ²⁾FFA = free fatty acid; ³⁾POV = peroxide value; ⁴⁾PCA = total plate counts; ⁵⁾VRB = coliform bacteria; ^{ab}Means with a same superscript within a row are not significantly different ($P>0.05$). ^{AB}Means with a same superscript within a column are not significantly different ($P>0.05$).

을 측정하기 위하여 실시하였다. pH는 고지방인 삼겹이 저지방인 등심보다 높은 값을 나타냈다 ($P<0.05$). TBARS 값은 저장기간과 포장방법에 의한 차이는 나타나지 않았으나($P>0.05$) 저장 후반부로 갈수록 고지방인 삼겹이 저지방인 등심보다 높게 나타났다. ($P<0.05$). 유리지방산가는 TBARS 값과 반대로 오히려 저지방인 등심이 고지방인 삼겹보다 높게 나타났다 ($P<0.05$). 과산화물가는 저장기간이 증가함에 따라 값이 증가하였다($P<0.05$). 미생물 변화는 저장기간, 포장방법, 지방함량에 따른 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다. ($P>0.05$). 추출된 휘발성 화합물들은 저장기간에 따른 변화가 미미하였고 포장방법에 따른 효과는 나타나지 않았으나 ($P>0.05$) 탄소수 10개 미만인 2,4-dimethyl-1-heptene, hexanal 그리고 4-methyl-2-

Table 2. Change of volatile compounds as affected by fat content, packaging method and storage time at -10°C

Parameters	Parts	Storage time (days)			
		0	30	90	120
Propan	Belly	77.4 ^a	34.6 ^b	58.8 ^{ab}	82.5 ^a
	Loin	51.1	37.2	146.1	97.3
2,4-dimethyl-1-heptene	Belly	45.6	29.7	24.4	26.7
	Loin	32.8 ^a	10.7 ^b	11.3 ^b	9.8 ^b
Hexanal	Belly	137.7 ^{aA}	97.4 ^{bA}	72.7 ^{bA}	94.0 ^{bA}
	Loin	77.3 ^{aB}	34.4 ^{bB}	18.7 ^{bB}	31.5 ^{bB}
2-pentyl-furan	Belly	27.8 ^a	15.6 ^b	8.5 ^c	13.4 ^{bc}
	Loin	t ¹⁾	t	t	t
Nonanal	Belly	70.2 ^a	54.4 ^{ab}	28.5 ^b	35.0 ^b
	Loin	47.6	33.0	29.4	26.5
4-methyl-1-hexene	Belly	23.1 ^{aA}	15.7 ^{ab}	8.9 ^b	14.4 ^{ab}
	Loin	13.9 ^B	9.4	t	13.3
9-octadecenal	Belly	19.9 ^{ab}	12.2 ^{bB}	15.1 ^b	26.0 ^a
	Loin	62.5	74.9 ^A	69.3	69.1
1-hexadecanol	Belly	24.2 ^a	13.7 ^{bB}	14.4 ^{ab}	20.6 ^{ab}
	Loin	81.1	79.4 ^A	66.8	58.5

Parameters	Belly		Loin	
	Vacuum	Aerobic	Vacuum	Aerobic
2,4-dimethyl-1-heptene	24.8 ^{ab}	38.4 ^a	17.7 ^b	13.4 ^b
Hexanal	92.7 ^a	108.2 ^a	49.3 ^b	34.2 ^b
4-methyl-2-hexanone	17.9 ^a	18.7 ^a	7.8 ^b	6.9 ^b
Hexadecanal	104.2 ^b	88.2 ^b	377.6 ^a	363.6 ^a
Hexadecanoic acid	32.4 ^{ab}	24.7 ^b	50.1 ^a	36.4 ^{ab}
9-octadecenal	19.3 ^b	13.9 ^b	76.1 ^a	63.5 ^a
1-hexadecanol	18.9 ^b	13.5 ^b	81.1 ^a	66.1 ^a

¹⁾t = trace ; ^{a-c}Means with a same superscript within a row are not different ($P > 0.05$). ^{Ab}Means with a same superscript within a column are not different ($P > 0.05$).

hexanone은 저지방인 등심보다 고지방인 삼겹에서 더 많이 검출되었으며, 이와는 반대로 탄소 수 10개 이상인 고분자 화합물들은 고지방인 삼겹보다는 오히려 저지방인 등심에서 많이 검출되었다($P < 0.05$). 상관관계를 조사한 결과 삼겹에서 유리지방산가와 4-methyl-2-hexanone, 등심에서 유리지방산가와 9-octadecenal을 제외하고는 별다른 유의성이 존재하지 않았다. 이러한 결과는 식육의 냉동보관은 식육내 존재하는 지방의 산화와 미생물 성장을 억제하여 미생물, 효소 그리고 자동산화로 인해 발생하는 여러 가지 2차 생성물의 생성을 저해하는 것으로 판

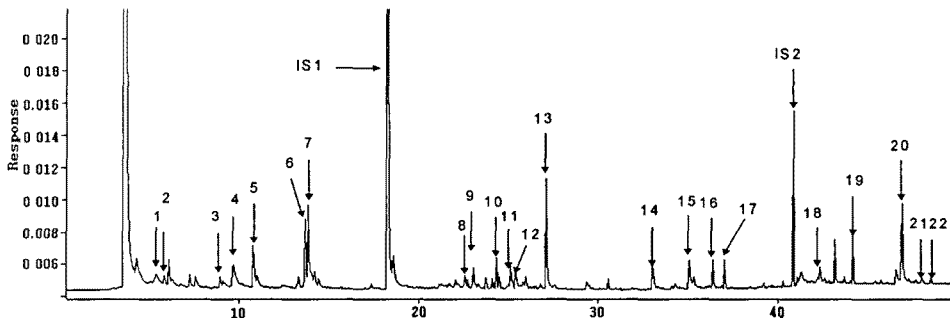


Fig. 1. Chromatogram of oxidative compounds in pork meats analyzed by a GC and GC/MS.

1=propane; 2=1-methoxy-2-propanone; 3=1-pentanol; 4=3-hydroxy-2-butanone; 5=3-methyl-1-butanol; 6=2,4-dimethyl-1-heptene; 7=hexanal; IS1=3-heptanol; 8=2-pentyl-furan; 9=octanal; 10=nonan; 11=2,2-dimethyl-heptane; 12=1-chloro-2-methyl-butane; 13=nonan- al; 14=trans-2-octenal; 15=2,5-dihydro-furan; 16=4-methyl-1-hexene; 17=nonanoic acid; IS2=hexadecane; 18=4-methyl-2-hexanone; 19=hexadecanal; 20=hexadecanoic acid; 21=9-octadecenal; 22=1-hexadecanol

단된다.

참고 문헌

1. Alasmer, C. et al. (2000). *Meat Sci.*, 54, 127-134.
2. Hernandez, P. et al. (1998). *Meat Sci.*, 49, 1-10.
3. Ahn, D. U. et al. (1998). *J. Food Sci.*, 63(1), 15-19.
4. Estevez, M. et al. (2005). *Food Chem.*, 92, 449-459.
5. AOAC. (1990). Association of official analytical chemists, Washington, DC.
6. Folch, J. et al. (1957). *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
7. AOCS. (1987). *Am. Oil Chem. Soc.*, BS 684, 1.5.
8. Witte, V. C. et al. (1970). *J. Food Sci.*, 35, 582-585.
9. Lea, C. H. (1952). *J. Sci. Food Agri.*, 3, 586.
10. Health, H. B. and Reinecciu, G. (1986). *In flavour chemistry and technology* (edited by H.B. Heath & G. Reineccius), pp 6.