

## 동결기간과 해동 후 냉장이 우육의 지방산 조성 TBA가에 미치는 영향

문윤희 · 김미숙 · 정인철\*

경성대학교 식품공학과, \*대구공업대학 식품공학과

### Effects of Freezing Period and Rechilling Process after Thawing on Fatty Acid Composition and TBA Value of Beef Loin

Y. H. Moon, M. S. Kim and I. C. Jung\*

Department of Food Science and Technology, Kyungshung University

\*Department of Food Technology, Taegu Technical College

#### Abstract

The beef was stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  for 6, 12 and 18 months, respectively, and thawed at  $3^{\circ}\text{C}$  for 1 day, and then rechilled at  $1^{\circ}\text{C}$  for 3 days. Influence of storage period and rechilling process on the fatty acid composition, TBA value, and sensory aroma of frozen beef loin was studied. The ratios of the monounsaturated fatty acid(MUFA) of fresh beef's total lipid, neutral lipid and phospholipid to the saturated fatty acid(SFA) were 1.35, 1.10 and 1.34, respectively, and these ratios became lower as the storage period got longer. The beef rechilled after thawing resulted in higher TBA value and lower sensory score of raw beef aroma, which is caused by rechilling process. The beef stored for 6 months showed little change in MUFA/SFA and raw beef aroma. However, they were reduced a lot for the beef stored 12 and 18 months, and they showed the difference dependent on the storage period.

Key words : frozen beef, fatty acid composition, TBA value.

#### 서 론

우육은 숙성에 의해서 기호성이 향상되고 숙성은 냉장상태에서 이루어지는 것이 일반적이다. 동결한 우육은 숙성효과가 없는 것은 물론 동결 중 지질의 산화와 해동할 때의 드립 발생으로 품질 저하 현상이 일어난다. 그래서 유통기간이 어느 정도 긴 우육도 동결하지 않고 진공포장한 후 냉장하여 품질 및 기호성 저하를 막고 있다. 그러나 진공포장한 냉장육은 저장기간을 일정기간 연장할 수 있으나 동결우육과 같이 장기적인 저장은 불가능하다. 더구나 원료수급 및 수요공급의 균형을 갖기 위해서 비축되는 우육처럼 오랫동안 저장해야 할 경우는 동결방법을 택하지 않을 수 없으며 아직도 동

결우육의 이용은 상대적으로 많은 편이다. 그래서 동결우육의 기호성을 향상시키는 방안이 절실히 요구되고, 이와 관련하여 동결우육을 해동하여 재냉장한 후 이용하는 방안을 검토할 필요가 있다고 여겨진다. 우육은 동결기간이 길어짐에 따라 지방산 구성비가 달라져서 포화지방산의 비율은 많아지고 불포화지방산 특히 단일불포화지방산의 비율이 적어지므로 단일불포화지방산에 대한 포화지방산의 비율(MUFA/SFA)이 낮아진다. MUFA/SFA는 우육의 풍미를 가름하는 지표가 될 수 있고, 이때에 풍미에 가장 관련이 있는 것은 oleic acid로 알려져 있다<sup>(1,2)</sup>. 동결한 우육에 있어서 부패성 미생물의 번식과 일반적인 효소반응은  $-10^{\circ}\text{C}$  이하에서 현저히 억제되나 지질 산화에 의한 산소적 산패는  $-30^{\circ}\text{C}$ 에서도 진행되고 지방 분해 효소도 동결온도에서 활성을 보이게 된다. 그러므로 우육을 오랫동안 동결하면 부패되어 먹지 못하게 되는 시점이 오기 전에 지질의 산

Corresponding author : Y. H. Moon, Department of Food Science and Technology, Kyungshung University, Pusan 608-736, Korea.

화에 의한 산패취 발생 등으로 식용으로 부적절한 상태가 되어 버릴 수 있다. 진공포장한 우육은  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 15개월까지 지질 산화가 생기지 않으나 산소의 존재하에서는 더 낮은 온도에서도 지질의 산화가 일어난다<sup>(3)</sup>. 그래서 동결하는 우육도 진공포장을 할 필요성이 있으나 그렇지 않은 우육이 많다. 그러므로 오랫동안 동결되는 우육의 지방산 조성 및 지질의 산패도를 동결기간별로 파악하여 예상되는 동결기간에 따라 포장상태를 달리하는 것은 의의있는 일이라 생각된다. 본 실험에서는 진공포장을 하지 않은 우육을 동결하여 18개월간 저장하면서 동결기간별로 풍미에 관련되는 지방산 구성비의 차이와 산패 정도의 지표가 되는 TBA가의 변화 정도를 확인하고 이때에 생육향과 가열육향의 변화를 관능적으로 평가하여 그 결과를 보고하는 바이다.

### 재료 및 방법

#### 재 료

도축 후  $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 48시간 경과한 홀스타인 도체(우, 약 250kg)에서 등심부위를 분리하고 약 450g씩 나누어 폴리에틸렌 필름으로 합기포장하여  $-20^{\circ}\text{C}$ 에 동결하였다. 동결 6, 12 및 18개월 제에  $3^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 해동시킨 것과, 이것을 다시  $1^{\circ}\text{C}$ 에서 3일간 냉장(재냉장)한 것을 시료로 사용하였다.

#### 지방산과 TBA가의 분석

시료의 총지질은 Bligh와 Dyer 방법<sup>(4)</sup>에 따라 추출하여 Folch 법<sup>(5)</sup>에 의하여 정제하였다. 정제된 총지질을 Rouser 등<sup>(6)</sup>의 방법에 따라 silicic acid column chromatography(SACC)에 의하여 중성지질과 인지질 획분을 분리하였다. 정제된 총지질과 중성지질 및 인지질 획분의 지방산 분석은 Metcalfe 등<sup>(7)</sup>의 방법에 의해 14%  $\text{BF}_3$ -methanol 용액을 사용하여 메틸화시켜 이를 GC(Shimadzu GC-RIA, Japan)로 분석하였으며, 이때의 분석조건은 Table 1과 같다. TBA가는 Tarladgis 등<sup>(8)</sup>의 방법에 따라 thiobarbituric acid로 발색시켜 538nm에서 흡광도를 측정 후 malonaldehyde로 환산하여 시료 1kg당 malonaldehyde의 mg으로 나타내었다.

Table 1. Instrument and operating conditions of gas chromatography

Instrument	Shimadzu model GC-RIA
Column	3m × 3mm i.d., glass column
Packing	15% DEGS on chromosorb W-AW-DMCS 60/80mesh
Column temp.	190°C
Injector temp.	250°C
Detector	Flame ionization detector
Carrier gas	Nitrogen 45ml/min
Hydrogen pressure	0.65kg/cm <sup>2</sup>
Air pressure	0.5kg/cm <sup>2</sup>
Chart speed	5mm/min

#### 관능평가 및 통계처리

생육향과 가열육향은 후각으로 느껴지는 향을 5단계 기호척도법으로 평가하였으며, 가열육의 조리는 우육의 단면을 약 4×4cm, 두께 약 1cm 크기로 자르고 이것을 200°C의 가열판 위에서 앞면을 120초, 뒤집어서 뒷면을 30초간 가열하였다. 자료에 대한 통계분석은 SAS program<sup>(9)</sup>을 사용하여 Duncan's multiple range test로 처리구간의 유의성을 검정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 총지질, 중성지질 및 인지질의 지방산 조성

동결기간별로 해동한 우육과 이것을 재냉장한 것의 총지질에 대한 지방산 조성의 결과를 Table 2에 나타내었다. 동결하지 않은 신선육의 총지질에는 oleic acid( $\text{C}_{18:1}$ ) 함량이 45.8%로 가장 높고 palmitic( $\text{C}_{16:0}$ ), stearic( $\text{C}_{18:0}$ ), linoleic acid( $\text{C}_{18:2}$ )의 순으로 많았으며, palmitoleic( $\text{C}_{16:1}$ ), myristoleic( $\text{C}_{14:1}$ ), myristic( $\text{C}_{14:0}$ ), linolenic( $\text{C}_{18:3}$ ) 및 arachidonic acid( $\text{C}_{20:4}$ )는 각각 5% 미만으로 비교적 적은 편이었다. 그리고 단일불포화지방산과 포화지방산의 비율(MUFA/SFA)은 1.35로 나타났다. 동결 6개월 제의 우육은 신선육에 비하여 포화지방산 증가율이 18.1%로 그 총량이 46.4%로 되고, 단일불포화지방산과 다중불포화지방산의 함량비는 각각 46.8%와 6.8%로 낮아졌다. 이때에 혈장 콜레스테롤 증가 요인이 된다고 알려진<sup>(10)</sup> palmitic acid는 9.0%의 증가율을 보이고, oleic acid로부터 생합성되는 palmitoleic

Table 2. Effects of storage period and rechilling process after thawing on fatty acid contents in total lipid of beef loin during storage at  $-20^{\circ}\text{C}$  (%)

Fatty acid	Storage period(months)						
	0	6		12		18	
		FB <sup>1)</sup>	RB <sup>2)</sup>	FB	RB	FB	RB
14:0	1.8±0.71	1.9±0.54	2.4±0.37	1.9±0.38	2.6±0.17	2.3±0.37	3.1±0.42
14:1	2.3±0.18	2.2±1.13	1.9±0.22	2.4±0.52	1.7±0.48	1.8±0.36	0.9±0.13
16:0	25.6±3.75 <sup>b</sup>	27.9±4.56 <sup>ab</sup>	27.6±3.85 <sup>ab</sup>	28.1±4.55 <sup>ab</sup>	29.5±5.61 <sup>ab</sup>	28.3±3.74 <sup>ab</sup>	34.7±3.54 <sup>a</sup>
16:1	4.9±0.74 <sup>a</sup>	4.3±1.12 <sup>a</sup>	3.1±0.57 <sup>ab</sup>	3.8±1.04 <sup>a</sup>	3.2±0.96 <sup>ab</sup>	2.6±1.03 <sup>b</sup>	1.9±0.52 <sup>b</sup>
18:0	11.9±2.51 <sup>b</sup>	16.6±2.57 <sup>a</sup>	15.8±3.12 <sup>a</sup>	19.8±2.18 <sup>a</sup>	20.9±5.03 <sup>a</sup>	21.2±4.51 <sup>a</sup>	17.0±2.77 <sup>a</sup>
18:1	45.8±4.12 <sup>a</sup>	40.3±5.71 <sup>b</sup>	44.3±3.74 <sup>ab</sup>	38.6±5.61 <sup>b</sup>	38.1±6.25 <sup>b</sup>	38.2±5.11 <sup>b</sup>	38.0±5.93 <sup>b</sup>
18:2	7.0±0.83 <sup>a</sup>	6.4±1.25 <sup>a</sup>	5.8±0.62 <sup>ab</sup>	5.2±0.46 <sup>ab</sup>	4.0±0.61 <sup>b</sup>	5.3±0.86 <sup>ab</sup>	4.3±0.62 <sup>b</sup>
18:3	0.5±0.41 <sup>a</sup>	0.3±0.19 <sup>b</sup>	0.1±0.07 <sup>b</sup>	0.2±0.05 <sup>b</sup>	T	0.3±0.09 <sup>b</sup>	0.1±0.06 <sup>b</sup>
20:4	0.2±0.17	0.1±0.08	T <sup>6)</sup>	T	T	T	T
SFA <sup>3)</sup>	39.3±4.71 <sup>b</sup>	46.4±6.17 <sup>a</sup>	45.8±3.63 <sup>ab</sup>	49.8±5.17 <sup>a</sup>	53.0±6.08 <sup>a</sup>	51.8±5.25 <sup>a</sup>	54.8±6.15 <sup>a</sup>
MUFA <sup>4)</sup>	53.0±6.82 <sup>a</sup>	46.8±5.23 <sup>b</sup>	49.3±4.36 <sup>b</sup>	44.8±7.76 <sup>b</sup>	43.0±7.16 <sup>b</sup>	42.6±3.88 <sup>bc</sup>	40.8±5.71 <sup>c</sup>
PUFA <sup>5)</sup>	7.7±1.68 <sup>a</sup>	6.8±1.22 <sup>a</sup>	5.9±0.63 <sup>a</sup>	5.4±1.75 <sup>b</sup>	4.0±0.75 <sup>c</sup>	5.6±0.81 <sup>b</sup>	4.4±1.14 <sup>c</sup>
MUFA/SFA	1.35±0.71 <sup>a</sup>	1.01±0.46 <sup>b</sup>	1.08±0.26 <sup>b</sup>	0.90±0.18 <sup>b</sup>	0.81±0.27 <sup>b</sup>	0.82±0.16 <sup>b</sup>	0.74±0.25 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Frozen beef. <sup>2)</sup>3 days rechilled beef after thawing. <sup>3)</sup>Saturated fatty acid.

<sup>4)</sup>Monounsaturated fatty acid. <sup>5)</sup>Polyunsaturated fatty acid. <sup>6)</sup>Trace<0.01.

<sup>a,b,c)</sup>Mean±SD with different superscript in same row differ significantly( $p<0.05$ ).

acid는 12.2%의 감소율을 보였다. 그리고 stearic acid는 39.5%의 증가율을 보이고 oleic acid는 12.0%의 감소율을 보여 MUFA/SFA도 1.01로 낮아졌다. 이것을 재냉장한 경우, 유의적인 차이는 아니지만 stearic acid의 함량비가 적어지고 oleic acid의 함량비가 많아지면서 MUFA/SFA가 다소 높아졌으며 arachidonic acid는 검출되지 않았다. 동결 12개월 썰의 우육은 신선육에 비하여 포화지방산 총량이 26.7%의 증가율을 보이고, 불포화지방산 총량이 17.3%의 감소율을 보여 MUFA/SFA는 0.90으로 낮아졌다. 이때에 stearic acid의 증가율과 oleic, linolenic acid 그리고 MUFA/SFA의 감소율은 현저한 차이를 보였다. 재냉장에 의하여 포화지방산 비율이 증가하고 불포화지방산 비율이 감소되면서 MUFA/SFA가 0.81로 낮아져서 동결 6개월의 것과는 다른 결과를 보였으나 모두 유의적인 차이는 아니었고, linolenic acid는 거의 검출되지 않았다. 동결 18개월 썰의 우육은 MUFA/SFA가 0.82로 낮아졌다. 이때에 포화지방산에서는 stearic acid,

불포화지방산에서는 palmitoleic, oleic 및 linolenic acid가 유의적인 차이를 보였다. 그리고 재냉장에 의하여 MUFA/SFA가 현저히 낮은 것을 알 수 있었다. 동결 6개월 썰의 우육에 비하여 palmitoleic acid와 다중불포화지방산 비율이 유의적인 차이를 보였고, 동결 12개월의 우육에 비해서는 palmitoleic acid만 현저한 차이를 보였다. 우육의 지방산 중에 제일 많이 함유되어 있는 단일불포화지방산인 oleic acid의 함량비는 MUFA/SFA에 크게 영향을 주고 MUFA/SFA는 식육의 기호성을 표시하는 간접적인 지표가 될 수 있으며<sup>(11~13)</sup>, 그 비율이 높으면 기호성이 우수하고<sup>(1,14,15)</sup> 그 변화의 양상은 저장조건에 따라서 다르게 나타날 수 있다고 하였다<sup>(2)</sup>. 본 실험의 결과에서는 동결육의 풍미가 동결기간에 관계없이 저하되고, 재냉장을 함으로써 6개월 동결한 것은 풍미향상의 가능성을 갖게 하지만 12개월 이상 동결한 것은 해동 후 재냉장에 의한 풍미향상 효과를 얻기 어렵다고 생각되었다.

중성지방에 대한 지방산 조성을 Table 3에

**Table 3. Effects of storage period and rechilling process after thawing on fatty acid contents in neutral lipid of beef loin during storage at -20°C** (%)

Fatty acid	Storage period(months)						
	0	6		12		18	
		FB <sup>1)</sup>	RB <sup>2)</sup>	FB	RB	FB	RB
14:0	3.1±0.52 <sup>a</sup>	2.8±1.41 <sup>a</sup>	2.6±0.51 <sup>a</sup>	2.5±0.34 <sup>a</sup>	2.1±0.52 <sup>ab</sup>	2.3±1.02 <sup>a</sup>	1.5±0.27 <sup>b</sup>
14:1	1.0±0.24 <sup>a</sup>	0.8±0.13 <sup>a</sup>	0.9±0.18 <sup>a</sup>	1.1±0.25 <sup>a</sup>	1.1±0.25 <sup>a</sup>	0.8±0.15 <sup>a</sup>	0.6±0.08 <sup>b</sup>
16:0	26.5±3.71 <sup>b</sup>	29.3±4.57 <sup>a</sup>	30.1±3.75 <sup>a</sup>	29.9±4.53 <sup>a</sup>	31.6±5.11 <sup>a</sup>	30.4±4.56 <sup>a</sup>	33.8±4.51 <sup>a</sup>
16:1	3.8±0.82 <sup>a</sup>	0.7±0.13 <sup>b</sup>	0.3±0.11 <sup>c</sup>	- <sup>6)</sup>	-	-	-
18:0	15.8±2.57 <sup>c</sup>	20.2±3.51 <sup>b</sup>	21.1±3.14 <sup>b</sup>	22.7±2.06 <sup>a</sup>	25.6±1.88 <sup>a</sup>	24.7±3.72 <sup>a</sup>	26.8±3.26 <sup>a</sup>
18:1	45.1±4.56 <sup>a</sup>	43.3±3.78 <sup>b</sup>	41.7±5.11 <sup>b</sup>	41.0±3.57 <sup>b</sup>	35.8±3.55 <sup>bc</sup>	38.9±4.18 <sup>bc</sup>	33.5±3.77 <sup>c</sup>
18:2	2.4±1.75	1.9±1.25	2.3±1.63	2.5±1.48	3.4±1.42	2.7±1.46	3.3±1.54
18:3	1.5±0.28 <sup>a</sup>	0.7±0.17 <sup>b</sup>	0.7±0.12 <sup>b</sup>	0.3±0.11 <sup>c</sup>	0.4±0.09 <sup>bc</sup>	0.2±0.03 <sup>c</sup>	0.5±0.09 <sup>b</sup>
20:2	0.8±0.45 <sup>a</sup>	0.3±0.08 <sup>b</sup>	0.3±0.05 <sup>b</sup>	-	-	-	-
SFA <sup>3)</sup>	45.4±5.06 <sup>c</sup>	52.3±4.58 <sup>b</sup>	53.8±5.57 <sup>b</sup>	55.1±6.71 <sup>b</sup>	59.3±4.73 <sup>a</sup>	57.4±6.15 <sup>b</sup>	62.1±8.01 <sup>a</sup>
MUFA <sup>4)</sup>	49.9±4.71 <sup>a</sup>	44.8±7.65 <sup>b</sup>	42.9±5.84 <sup>b</sup>	42.1±4.03 <sup>b</sup>	36.9±4.52 <sup>c</sup>	39.7±5.71 <sup>c</sup>	34.1±3.15 <sup>c</sup>
PUFA <sup>5)</sup>	4.7±0.58 <sup>a</sup>	2.9±0.49 <sup>b</sup>	3.3±0.58 <sup>a</sup>	2.8±0.12 <sup>b</sup>	3.8±0.56 <sup>a</sup>	2.9±0.47 <sup>b</sup>	3.8±0.56 <sup>a</sup>
MUFA/SFA	1.10±0.43 <sup>a</sup>	0.86±0.15 <sup>a</sup>	0.80±0.21 <sup>a</sup>	0.76±0.09 <sup>b</sup>	0.62±0.17 <sup>c</sup>	0.69±0.08 <sup>bc</sup>	0.55±0.15 <sup>c</sup>

<sup>1-5)</sup> Same as in Table 1.

<sup>6)</sup> Not detected.

<sup>a,b,c)</sup> Mean±SD with different superscript in same row differ significantly(p<0.05).

나타내었다. 동결 6개월 썰의 우육은 신선육에 비하여 myristic, myristoleic 및 linoleic acid를 제외한 모든 지방산의 조성비가 현저한 차이를 보였으며, 생체내에서 생합성이 안되고 식품으로 공급받아야 하는 linoleic acid는 20.8%의 감소율을 보였다. 동결에 의하여 MUFA/SFA는 1.10에서 0.86으로 낮아졌으며 재냉장에 의하여 큰 차이를 보이지 않았다. 동결 12개월 썰의 우육은 신선육에 비하여 포화지방산 총량이 21.4%의 증가율을 보이고 불포화지방산이 17.8%의 감소율을 보여 동결 6개월 썰의 것보다 증감폭이 크게 나타났다. 이때에 palmitic acid 및 stearic acid의 증가와 oleic acid 및 linolenic acid의 감소는 현저한 차이를 보였고 palmitoleic과 eicosadienoic acid(C<sub>20:2</sub>)는 검출되지 않았다. 재냉장에 의하여 포화지방산이 7.6% 많아지고 불포화지방산이 9.4% 감소하였으나 다중불포화지방산은 오히려 증가한 현상을 보였고 MUFA/SFA는 현저히 낮아져서 동결 6개월 썰의 것과 뚜렷한 차이를 보였다. 한편 동결 18개월 썰의 우육은 신선육에 비하여 포화지방산 총량이 26.4%의 증가율을 보이

고 불포화지방산이 22.0%의 감소율을 보여 동결 6개월과 12개월 썰의 것보다 증감폭이 크게 나타났다. 이때에 palmitic acid와 stearic acid는 각각 14.7%와 56.3%의 증가율을 보이고 oleic acid는 13.7%의 감소율을 보여 MUFA/SFA도 0.69로 낮아졌다. 재냉장에 의하여 단일불포화지방산이 14.1% 감소하여 MUFA/SFA는 0.55로 되었다. 이상의 결과에서 우육은 동결기간이 길어지면서 포화지방산 함량이 증가하고 oleic acid와 같은 단일불포화지방산 함량이 감소하여 궁극적으로 MUFA/SFA가 낮아져서 기호성이 열등하게 되는 하나의 요인이 될 수 있음을 알 수 있었다. 우육의 중성지질을 구성하는 주된 지방산은 palmitic, stearic, oleic 및 linoleic acid인데, 포화지방산인 palmitic과 stearic acid를 많이 함유하는 지질은 융점이 높고, 불포화지방산인 linoleic acid를 많이 함유하는 지질의 융점은 낮게 된다. 지질의 융점은 가열하여 먹을 때의 혀로 느껴지는 촉감과 관계가 있어서 융점이 낮은 것이 혀로 느껴지는 촉감이 좋게 된다<sup>(16)</sup>. 그러므로 동결기간이 길어지면서 palmitic과 stearic acid 함량비

가 점점 많아진 것은, 풍미가 나빠져서 기호성이 열등하게 되는 것 외에 또 다른 기호성 저하 요인이 될 수 있다고 생각된다. 우육의 기호성이 우수하려면 우선 생육향이 좋아져야 하는데 이때의 좋은 생육향이란 숙성향을 의미하는 것이고 숙성향은 숙성한 생육이 발생시킨 방향성 성분이 우유향과 유사한 감미로운 향이며, 이것은 가열한 후에도 가열육에 잔존하여 기호성에 기여하는 것으로 알려져 있다<sup>(17)</sup>. 이 숙성향은 적육에서 증식하는 통성혐기성 저온세균인 *Brochothothric thermosphacta*가 주로 단일불포화지방산인 palmitoleic과 oleic acid에 작용해서 생성된다고 알려져 있으나 그 생성기구와 향의 본체는 아직까지 명확치 않다<sup>(18)</sup>.

동결기간별 우육의 인지질에 대한 지방산 조성의 결과를 Table 4에 나타내었다. 인지질에는 총지질이나 중성지질보다 linoleic과 arachidonic acid가 많이 함유되어 있어 필수지방산 함량비가 높음을 알 수 있었다. 일반적으로 인지질은 중성지질에 비하여 다중불포화지방산 함유율이 많고 불포화도도 높다고 알려져 있

며, 지질 중에 소량으로 존재하지만 세포와 세포막의 구조와 기능에 중요한 역할을 담당하고 과산화 반응에 가장 밀접한 관련이 있어서 저장 중에 중성지질보다 빨리 산화하므로 좋지 않은 풍미를 발생하게 한다<sup>(19)</sup>. 본 실험의 결과에서도 linoleic acid가 9.1%로 높게 나타나 다중불포화지방산 총량비율이 18.5%로 된 것은 총지질과 중성지질에 비하여 다른 현상이었다. 동결기간이 6개월인 우육의 경우 신선육에 비하여 포화지방산이 크게 증가되지 않아서 총지질과 중성지질의 경우와 다른 현상을 보였다. 재냉장에 의해서 포화지방산과 단일불포화지방산의 감소율은 비슷하였으며 이때에 단일불포화지방산이 감소한 반면 다중불포화지방산이 증가한 것이 주목된다. 동결기간이 12개월인 우육은 신선육에 비해서 palmitoleic과 arachidonic acid가 많이 증가하였으며, 재냉장에 의하여 MUFA/SFA가 0.59로 낮아졌다. 동결기간이 18개월인 우육은 신선육에 비하여 stearic acid의 증가가 현저하게 나타났고 MUFA/SFA는 0.65로 낮아졌다. Arachidonic acid

Table 4. Effects of storage period and rechilling process after thawing on fatty acid contents in phospholipid of beef loin during storage at  $-20^{\circ}\text{C}$  (%)

Fatty acid	Storage period(months)						
	0	6		12		18	
		FB <sup>1)</sup>	RB <sup>2)</sup>	FB	RB	FB	RB
14:0	3.6±0.52 <sup>a</sup>	2.8±0.19 <sup>ab</sup>	2.4±1.50 <sup>b</sup>	2.5±0.75 <sup>b</sup>	2.3±0.35 <sup>b</sup>	4.0±1.05 <sup>a</sup>	4.5±0.76 <sup>a</sup>
14:1	6.0±0.73 <sup>ab</sup>	8.1±0.95 <sup>a</sup>	6.5±0.81 <sup>a</sup>	8.8±1.27 <sup>a</sup>	5.4±0.98 <sup>b</sup>	7.0±1.71 <sup>a</sup>	5.3±1.15 <sup>b</sup>
16:0	21.8±2.81 <sup>b</sup>	21.7±2.06 <sup>b</sup>	19.1±3.60 <sup>b</sup>	25.6±4.51 <sup>a</sup>	28.8±2.71 <sup>a</sup>	24.7±5.60 <sup>ab</sup>	29.2±4.65 <sup>a</sup>
16:1	0.7±0.15 <sup>b</sup>	1.9±0.11 <sup>a</sup>	1.7±1.02 <sup>ab</sup>	2.6±0.65 <sup>a</sup>	2.3±0.51 <sup>a</sup>	2.7±0.67 <sup>a</sup>	1.9±0.21 <sup>a</sup>
18:0	7.9±0.88 <sup>c</sup>	10.3±2.18 <sup>c</sup>	11.2±2.78 <sup>bc</sup>	15.9±2.51 <sup>b</sup>	18.3±2.58 <sup>a</sup>	19.3±2.51 <sup>a</sup>	23.2±5.78 <sup>a</sup>
18:1	39.9±3.71 <sup>a</sup>	29.8±4.51 <sup>b</sup>	28.8±3.57 <sup>b</sup>	27.9±5.61 <sup>b</sup>	22.9±3.77 <sup>b</sup>	23.8±2.75 <sup>b</sup>	15.0±1.41 <sup>c</sup>
18:2	9.1±1.13 <sup>b</sup>	8.2±0.95 <sup>b</sup>	15.5±2.76 <sup>a</sup>	4.8±1.25 <sup>c</sup>	8.1±1.76 <sup>b</sup>	4.9±1.06 <sup>c</sup>	11.5±2.56 <sup>ab</sup>
18:3	4.1±0.72 <sup>a</sup>	1.8±0.27 <sup>b</sup>	1.7±0.15 <sup>b</sup>	0.9±0.27 <sup>bc</sup>	0.5±0.14 <sup>c</sup>	1.3±0.18 <sup>b</sup>	1.2±0.18 <sup>bc</sup>
20:2	0.5±0.15 <sup>a</sup>	0.2±0.09 <sup>b</sup>	0.4±0.08 <sup>a</sup>	0.3±0.12 <sup>ab</sup>	0.3±0.27 <sup>ab</sup>	0.1±0.05 <sup>b</sup>	0.3±0.03 <sup>ab</sup>
20:4	4.8±0.78 <sup>b</sup>	6.8±0.75 <sup>a</sup>	6.9±0.95 <sup>a</sup>	7.6±0.95 <sup>a</sup>	7.2±1.55 <sup>a</sup>	7.7±1.71 <sup>a</sup>	7.5±1.06 <sup>a</sup>
22:0	1.6±0.12 <sup>b</sup>	2.4±0.63 <sup>a</sup>	1.8±0.24 <sup>ab</sup>	3.1±0.46 <sup>a</sup>	2.9±0.36 <sup>a</sup>	3.5±0.39 <sup>a</sup>	3.4±0.75 <sup>a</sup>
SFA <sup>3)</sup>	34.9±8.14 <sup>b</sup>	37.2±3.18 <sup>b</sup>	34.5±4.57 <sup>b</sup>	47.1±7.56 <sup>a</sup>	52.3±6.55 <sup>a</sup>	51.5±6.11 <sup>a</sup>	60.3±5.76 <sup>a</sup>
MUFA <sup>4)</sup>	46.6±6.51 <sup>a</sup>	39.8±2.78 <sup>b</sup>	37.0±5.73 <sup>b</sup>	39.3±4.51 <sup>b</sup>	30.6±4.16 <sup>bc</sup>	33.5±4.58 <sup>b</sup>	22.2±3.63 <sup>c</sup>
PUFA <sup>5)</sup>	18.5±2.11 <sup>ab</sup>	17.0±2.56 <sup>ab</sup>	24.5±3.51 <sup>a</sup>	13.6±3.68 <sup>b</sup>	16.1±2.77 <sup>ab</sup>	14.0±2.11 <sup>b</sup>	20.5±3.75 <sup>a</sup>
MUFA/SFA	1.34±0.65 <sup>a</sup>	1.07±0.08 <sup>b</sup>	1.07±0.22 <sup>b</sup>	0.83±0.15 <sup>bc</sup>	0.59±0.16 <sup>c</sup>	0.65±0.16 <sup>c</sup>	0.37±0.17 <sup>c</sup>

<sup>1-5)</sup> Same as in Table 1.

<sup>a,b,c)</sup> Mean±SD with different superscript in same row differ significantly ( $p<0.05$ ).

**Table 5. Effects of storage period and rechilling process after thawing on TBA value and aroma of beef loin during storage at -20°C**

Item	Storage period(months)						
	0	6		12		18	
		FB <sup>1)</sup>	RB <sup>2)</sup>	FB	RB	FB	RB
TBA <sup>3)</sup>	0.15±0.08 <sup>d</sup>	0.37±0.02 <sup>c</sup>	0.59±0.07 <sup>b</sup>	0.53±0.14 <sup>b</sup>	0.71±0.39 <sup>a</sup>	0.64±0.08 <sup>ab</sup>	0.87±0.15 <sup>a</sup>
RMAS <sup>4)</sup>	4.58±1.14 <sup>a</sup>	4.23±0.75 <sup>b</sup>	4.08±0.65 <sup>b</sup>	3.91±1.57 <sup>b</sup>	3.83±1.46 <sup>bc</sup>	3.72±1.55 <sup>c</sup>	3.61±1.16 <sup>c</sup>
CMAS <sup>5)</sup>	4.67±0.95 <sup>a</sup>	4.04±0.61 <sup>b</sup>	4.21±0.72 <sup>ab</sup>	3.87±1.78 <sup>b</sup>	3.79±1.70 <sup>c</sup>	3.85±0.98 <sup>b</sup>	3.68±1.09 <sup>c</sup>

<sup>1,2)</sup>Same as in Table 1. <sup>3)</sup>Thiobarbituric acid value (mgMA/kg meat).

<sup>4)</sup>Raw meat aroma score. <sup>5)</sup>Cooked meat aroma score.

Sensory score were assessed on 5 point hedonic scale where 1=extremely bad, 5=extremely good.

<sup>a,b,c,d)</sup>Mean±SD with different superscript in same row differ significantly(p<0.05).

는 인체에서 생합성할 수 없고 동물의 조직을 구성하는 세포내의 대사기능에 관여하는 불가분의 요소로 동물의 지질에만 함유되며 전형적인 불포화지방산을 생성하는데<sup>(20)</sup> 동결기간에 따라 많아지는 현상을 보였다. 냉장에 의하여 단일불포화지방산은 33.7%의 감소율을 보였으나 오히려 linoleic acid가 많이 증가한 다중불포화지방산은 46.4%의 증가율을 보였고 MUFA/SFA는 0.37로 가장 낮게 된 것을 알 수 있었다.

**동결우육의 TBA가, 관능적인 생육향과 가열육향**

동결기간별로 해동한 우육의 TBA가, 생육향과 가열육향의 관능평가 결과는 Table 5에 나타내었다. 동결하기 전 신선육의 TBA가는 0.15 mgMA/kg이었는데 동결 6, 12 및 18개월에 각각 0.37, 0.53 및 0.64 mgMA/kg으로 되어 동결기간이 길어지면서 현저히 상승하였으며 해동 후 냉장에 의하여 상승한 차이도 크게 나타났다. 그리고 관능평가에 의한 생육향과 가열육향도 동결 6개월에 현저히 저하되고 동결기간이 길어지면서 점점 나빠지는 결과를 보였다. 그리고 냉장에 의해서 생육향이 좋아지지 않았으나 가열육향은 동결 6개월 째에 향상된 것으로 판단되어 동결기간에 따른 차이가 있음을 보여서 이에 관련된 연구가 필요하리라 본다. 저자 등<sup>(21,22)</sup>은 동결기간이 60일까지의 실험에서 우육은 해동 후 냉장에 의해서 생육향이 향상되어 가열육향이 좋아진다고 보고한 바가 있다. 그러나 본 실험에서 12개월 이상

동결한 우육에서는 그러한 효과를 기대할 수 없었다. 이것은 동결기간이 길어지면서 oleic과 linolenic acid가 감소되고 해동 후 냉장에 의해서도 계속 감소되는 결과와 특히 지질산화에 의해 발생된 산패취가 그 효과를 느끼지 못하게 해버린 것으로 생각된다. 식육은 도축 후 냉장에 의하여 숙성되면서 좋은 향이 생기지만 동결하여 저장기간이 길어질수록 그 향은 나빠져 가고 그 원인은 주로 지질의 산화에 의한 것으로 알려져 있으며 동결하여 오래 되면 지질산화에 의해서 향이 나빠져서 부패하지 않아도 식용으로 이용하기 어렵게 되기도 한다. 본 실험에서 동결 6개월 째의 것은 산패취가 느껴지지 않았으나 12개월의 것은 7명 중 1명이, 18개월의 것은 3명이 지질산화에 의한 산패취가 느껴졌다고 하였다. 한편, 동결 18개월 째의 우육은 동결소로 판단되는 현상을 지적한 평가원이 2명 있었으나 상품가치를 잃은 시점(3점 이하)은 아니었고, 그 이상 동결하면 빙결정의 승화로 동결소가 생기게 되고 건조해져서 지질산화를 수반한 변색 등을 가속화시키리라 예상되었다. 우육의 지질산화는 산소의 배제, 진공포장, 동결 등에 의해서 억제되는 것이 가능하며 적당한 필름으로 진공포장하면 -20°C에서 15개월까지 억제되나 산소의 존재하에서는 -30°C의 저온에서도 서서히 진행되고 그 개시반응은 근육조직의 과산화수소에 의해서 활성화된 metmyoglobin이 깊이 관여하므로 지질산화의 억제가 myoglobin이 metmyoglobin으로의 생성방지의 효과를 얻게 된다<sup>(23)</sup>. 한편 heme단백

질도 지질산화를 촉진한다는 보고가 있다<sup>(24)</sup>. 본 실험에 이용한 우유는 진공포장하지 않은 상태에서  $-20^{\circ}\text{C}$ 에 동결한 것으로, 그 실험결과들로 미루어 보아 동결우유는 부패성 미생물의 생육과 일반적인 효소반응은 억제되나 지질 산화에 의한 산소적 산패는 진행되고 지방 분해효소도 활성을 보여 유리지방산과 그 산화생성물을 통해서 재냉장시에 단백질의 변성을 생기기 할 가능성이 있으며, 이것이 동결, 해동한 우유가 비동결육에 비해서 미생물의 영향을 받기 쉽게 되는 하나의 요인이 될 수 있다고 생각된다.

### 요 약

동결기간과 해동 후 재냉장이 우유의 지방산 조성, TBA가, 생육향 및 가열육향에 미치는 영향을 파악하기 위하여 홀스타인의 등심부위를  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 6, 12 및 18개월 동결, 해동한 것과 이것을  $1^{\circ}\text{C}$ 에서 3일간 재냉장한 것에 대하여 실험하였다. 신선육의 총지질, 중성지질 및 인지질의 단일불포화지방산에 대한 포화지방산의 비율(MUFA/SFA)은 각각 1.35, 1.10 및 1.34이었으며 동결기간이 길어지면서 점점 감소하였다. 동결 6개월 짜 우유의 TBA가는 0.37 mgMA/kg으로 신선육의 0.15 mgMA/kg보다 높아졌으나 산패취는 느끼지 못했다. 동결 12개월과 18개월 짜 우유의 TBA가는 각각 0.53과 0.64mgMA/kg이었으며 산패취를 느낄 수 있었다. 한편 재냉장한 우유는 동결기간에 관계없이 TBA가가 높아지고 생육향 평가 점수가 낮아졌으나, MUFA/SFA와 가열육향은 동결 6개월 짜에 향상되고 12개월 및 18개월 짜에는 저하되어 동결기간에 따라 재냉장 효과의 차이를 보였다.

### 참고문헌

- Anderson, D. A., Kisellan, J. A. and Watt, B. K. : Comprehensive evaluation of fatty acid in beefs. *J. Am. Diet Assoc.*, 67, 35 (1975).
- 유익중, 박병성 : 쇠고기의 유통조건에 따른 지방산 및 유리아미노산의 변화. *식품기술*, 6, 60 (1993).
- 沖谷明紘 : 肉の科學, 朝倉書店, p.160 (1996).
- Bligh, E. G. and Dyer, W. J. : A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 911 (1959).
- Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G. H. : A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 497 (1957).
- Rouser, G., Kritchevsky, G. and Simon, G. : Quantitative analysis of brain and spinach leaf lipids employing silicic acid column chromatography and acetone for elution of glycolipids. *Lipids*, 2, 37 (1967).
- Metcalfe, I. D., Schmitz, A. A. and Pelka, J. R. : Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Analytical chemistry*, 38, 514 (1966).
- Tarladgis, B. G., Watts, B. M., Younathan, M. T. and Dugar, L. Jr. : A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J. Am. Dil. Chem. Soc.*, 37, 44 (1960).
- SAS : SAS User's Guide. Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, NC., (1988).
- Grundy, S. M. : Plasma cholesterol responsiveness to saturated fatty acids. *Am. J. Clin. Nutr.*, 47, 822 (1988).
- Beare, J. L. : Fatty acids composition of food fats. *J. Agri. Food Chem.*, 10, 120 (1962).
- Terrel, R. N., Lewis, R. W., Casseens, R. T. and Bray, R.W. : Fatty acid composition of bovine subcutaneous fat depots determined by gas-liquid chromatography. *J. Food Sci.*, 32, 519 (1967).
- Janicki, L. J. and Appledorf, H. : Effect of broiling, grilling, frying and microwave cooking on moisture, some lipid components and total fatty acids of ground beef. *J. Food Sci.*, 39, 715 (1974).

14. Anderson, D. B. and Holub, B. J. : The influence of dietary inositol on glyceride composition and synthesis in livers of rats fed different fats. *J. Nutr.*, 109, 529 (1976).
15. Lunt, D. K. and Smith, S. B. : 8. Wagyu beefs holds profit potential for U.S. feedlot. *Feedstuffs.*, 19, 18 (1991).
16. Blumer, T. N. : Relationship of marbling to the palatability of beef. *J. Anim. Sci.*, 22, 771 (1963).
17. 松石昌典, 森壽一郎, 文允熙, 沖谷明絃 : 牛肉の含氣貯藏による生鮮香氣, 熟成香の生成. *日畜會報*, 64, 163 (1993).
18. 松石昌典, 駒井園美, 海老原悟, 沖谷明絃 : 霜降り牛肉のおいしさ決定因子である煮牛肉熟成香の速成法と香氣物質抽出法の検討. *日本食肉研究會講演要旨*, 40, 19 (1999).
19. Pikul, J., Laszczynski, D. E., Bechtel, P. J. and Kummerow, F. A. : Effect of frozen storage and cooking on lipid oxidation in chicken meat. *J. Food Sci.*, 49, 838 (1984).
20. Willemott, C., Poste, L. M., Salvador, J., Wood, D. F. and Butler, G. : Lipid degradation in pork during warmed-over flavor development. *Can. Ins. Food Sci. Technol. J.*, 18, 316 (1985).
21. 정인철, 김미숙, 임채원, 문귀임, 차인호, 권혁동, 문윤희 : 냉장에 의한 해동 홀스 타인 안심육의 기호성 향상. *한국식품영양과 학회지*, 25, 637 (1996).
22. 문윤희, 정인철, 김미숙 : 진공포장, 합기포장 및 동결한 소 안심육의 기호성에 관한 연구. *한국축산식품학회지*, 16, 155 (1996).
23. 山内 清 : 食肉および食肉製品の脂質酸化. *食肉の科學*, 33, 3 (1992).
24. 山内 清 : 肉・肉製品の脂質酸化とwarmed-over flavor. *食肉の科學*, 28, 165 (1987).

(2000년 7월 13일 접수)