

## 균온처리 동결에 의한 식육의 저장중 품질변화

정진웅 · 이호준 · 박노현  
한국식품개발연구원

### Changes in Quality during Frozen Storage of Meat with Thermal Equalized Freezing

Jin-Woong Jeong, Ho-Jun Lee and Noh-Hyun Park  
Korea Food Research Institute

#### Abstract

Changes in quality during frozen storage of meat with thermal equalized freezing and various freezing methods were investigated. When beef were frozen at freezing rate of 0.39~0.66 cm/h, average diameter of ice crystal were about 30~50  $\mu\text{m}$  and showed broken tissues or irregular cracks. At freezing velocity of 1.14~2.26 cm/h, ice crystals of about 10~30  $\mu\text{m}$  was formed mainly inside or between fiber and slight destruction of tissues was occurred. The average diameter (D) of the ice crystals were related to the characteristic freezing time ( $t_c$ ) by the equation:  $D(\mu\text{m})=4.089+26.88\log t_c$  ( $r^2=0.913$ ). Beef with still-air freezing showed higher drip loss than methods of immersion and thermal equalized freezing. Also, drip loss of pork was relatively lower than beef and showed highest value to 7.39% during storage on 40 days at air-blast freezing method. No apparent change of pH during storage of frozen beef and pork by freezing methods were detected. However, least changes for sample with thermal equalized freezing was found compare to sample with still-air and air blast freezing in VBN and TBA value. The fluctuation of frozen storage temperature did not cause noticeable changes on pH and water content. However, drip loss, VBN and TBA values were increased slowly as frequency of fluctuation increased.

Key words: thermal equalized freezing, temperature fluctuation, quality change, ice crystal, tissue

#### 서 론

식품 동결은 식품에서 열을 빼앗아 식품내의 수분을 액체에서 고체로 상변화시키는 방법으로 장기보존을 위한 최선의 방법중의 하나이지만 식육의 경우 냉동냉장시 드립발생, 단백질 변성 및 지방산화 등을 초래하므로써 품질을 저하시키게 된다. 특히, 식육의 변성과 연관된 생화학적 반응은  $-20^\circ\text{C}$ 이상의 동결온도에서도 액상으로 잔존하는 식육내에 있는 수분 때문에 일시적으로 정지되거나 또는 감소되지만 저장기간의 경과에 따라 점차적으로 진행이 지속된다<sup>(1)</sup>. 이와 더불어 물리적 품질손상에 있어 크게 영향을 미치는 인자 중의 하나가 급속한 온도강하에 따른 내부압력 발생으로 인한 조직파괴로 이를 최소화하는 방안으로 동결중에 일시적으로 온도조건을 변화시켜 피냉각물의 품온을 균일

하게 하여 내부압력을 분산시키는 방안이 제시되고 있다<sup>(2)</sup>. 이와같이 냉동육의 품질보존을 위한 연구는 국내 외적으로 꾸준히 진행되고 있으나 지금까지 주로 동결장치 내에서의 저장기간에 따른 물리화학적 변화<sup>(3,4)</sup>와 동결속도에 따른 품질 및 조직학적 변화와 빙결정의 크기 등에 관한 연구가 대부분으로<sup>(5)</sup>, 동결온도 및 냉동냉장의 온도 변동에 의한 식육의 품질특성에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 동결과정 중의 조직파괴에 의한 품질저하를 최소화하기 위한 방안으로 균온처리에 의한 동결 및 다양한 동결방법에 따른 저장중의 품질변화와 저장온도의 상하변동을 단시간에 되풀이함으로써 변동온도와 횟수에 따른 품질변화에 대하여 비교 검토하였다.

#### 재료 및 방법

##### 공시재료

본 실험에 사용한 우육 및 돈육은 도살후 24시간 경

Corresponding author: Jin-Woong Jeong, Korea Food Research Institute, San 46-1 Baekhyun-dong, Bundang-gu, Songnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea

과한 등심근을 축협직매장(경기도 성남)에서 구매하여 polypropylene포장지에 넣어 5°C 온도에서 1일간 보관한 것을 일정 크기로 절단하여 동결 및 냉동냉장 실험에 사용하였다.

**동결방법**

시료의 동결방법은 Table 1과 같이, 수분증발 및 오염 방지를 위하여 동결할 시료를 염화비닐수지(유니랩, (주)서통)로 포장한 다음 5°C에서 예냉처리하여 송풍식 및 정지공기식 동결은 2원냉동시스템의 초저온동결고 (SW-UF400, 삼원냉열 ENG.)를 사용하여 고내(유효면적: L1,850×W850×H980 mm) 중심부에 설치한 트레이 위에 시료를 얹고 0~-50°C범위에서 온도조절기와 송풍량으로 온도를 조절하도록 하였고, 침지식 동결은 프로펠렌글리콜을 사용하여 -40°C까지 동결하였다. 그리고 균은처리 동결은 송풍식 (송풍속도 1.14 cm/h)에서 품온이 0±0.5, -10±0.5 및 -20±0.5°C의 3단계에서 각각 6시간 동안 행하였다. 이 때의 품온 측정은 K-

type의 0.3 mm 등-콘스탄탄 열전대를 사용하여 시료의 기하학적 중심부에 부착하여 Hydra data acquisition (2625A, Fluke, USA)를 사용하여 연속 측정하였다.

**동결저장온도의 상하변동**

동결저장온도의 상하변동은 품온을 -20°C까지 급속 동결시킨 시료를 1일 경과 후, 우육은 -5→10→15°C (B-1) 및 -15→5→10°C (B-2)로, 돈육은 -0→10→15°C (P-1), -15→10→0°C (P-2) 및 -10→0→15°C (P-3)로 품온을 각각 상승 또는 강하시킨 후, 다시 품온을 -20°C로 내리면서 변동시켰다. 이를 되풀이하여 온도 상하 변동의 횟수를 각각 5, 10, 15 및 20회 실시하였고, 품온의 상하변동은 1일 1회씩 실시하였다.

**빙결정 및 조직 관찰**

조직학적 조사는 동결조직 절편 제작법과 일반적인 파라핀 조직 제작법의 2가지 방법으로 실시하였다. 먼저, 동결조직은 40% formal aldehyde 100 mL, 중류수

**Table 1. Average diameter of ice crystals in samples frozen under different freezing conditions**

Freezing condition	x/L	Freezing time (min)		Freezing rate (cm/h)	D (μm)	Location of crystals
		t <sub>c</sub>	t <sub>f</sub>			
T <sub>i</sub> =17.0°C T <sub>a</sub> =-20.0°C L=6.5cm	0.05	43	82	1.20	31.4	Intercellular
T <sub>i</sub> =15.0°C T <sub>a</sub> =-20.0°C L=6.7 cm	0.45	142	245	0.39	33.9	Intercellular
T <sub>i</sub> =16.4°C T <sub>a</sub> =-20.0°C L=5.8 cm	0.40	125	-	0.66	38.2	Intercellular
T <sub>i</sub> =17.5°C T <sub>a</sub> =-20.0°C L=7.1 cm	0.50	55	178 <sup>1)</sup>	1.34	42.7 39.0	Intercellular Intercellular
T <sub>i</sub> =13.3°C T <sub>a</sub> =-40.0°C L=4.5 cm	0.50	78	197	1.14	37.9 33.0	Intercellular Intracellular
T <sub>i</sub> =9.6°C T <sub>a</sub> =-40.0°C L=4.9 cm	0.50	37	105	2.26	30.0 28.5	Intercellular Intracellular

T<sub>i</sub>: Initial temperature of beef (°C).

T<sub>a</sub>: Temperature of the refrigerant medium (°C).

L: Thickness (cm).

x: Measured position (cm).

t<sub>c</sub>: Characteristic freezing time defined as the time necessary for a point to pass from -1°C to -7°C (min).

t<sub>f</sub>: Final freezing time at -18°C.

D: Average diameter of ice crystals (μm).

<sup>1)</sup>Final freezing time at -15°C.

900 mL, 10% CaCl<sub>2</sub>로 제조한 10% formal calcium 용액에 시료를 넣어 4°C에서 18시간 동안 조직을 고정시킨 다음, 흐르는 수돗물에 헹군 후 4°C에서 18시간 동안 gum sucrose solution (gum acacia 2 g, sucrose 60 g, 증류수 200 mL를 혼합한 수용액)에 조직을 방치한 다음, 물기를 제거하여 cryostat microtome (Reichert-855, Germany)를 사용, 챔버의 온도를 -15°C하에서 4 μm의 동결조직 절편을 제작하여 광학현미경(Zeiss Axioskop, Germany)하에서 관찰하였다. 그리고, 파라핀 조직은 각각의 실험구에서 동결된 조직을 carnoy 용액(순수알콜 60 mL, chloroform 30 mL, acetic acid 10 mL로 제조)에 시료를 넣어 0°C에서 18시간 고정시

킨 후, absolute alcohol로 세척하여 다시 순수알콜에 넣어서 3~5°C, 24시간 방치한 것을 파라핀에 봉입, 로타리식 마이크로톰(Reichert-Jung 2040, Germany)을 사용, 5 μm의 조직 절편을 제작하여 hematoxylineosin 염색액에 염색하여 조직을 관찰하였다.

#### 이화학적 성분분석

냉동된 일정량의 시료를 채취하여 약 3시간 동안 상온해동하여 일반성분은 A.O.A.C.법<sup>(7)</sup>으로, pH는 pH meter (No. 345, Metter Delta, UK.), 휘발성염기태질소(Volatile basic nitrogen: VBN)는 Conway unit를 이용한 미량확산법<sup>(7)</sup>, TBA(2-thiobarbituric acid)는 우육에서는 Turner 변형법<sup>(8)</sup>으로, 돈육은 Salih법<sup>(9)</sup>으로, 그리고 drip loss는 약 10 g씩 냉동 처리된 시료의 무게를 먼저 측정된 뒤 약 3시간 상온에서 해동한 후 유출된 drip을 여과지를 이용하여 완전히 제거한 후 무게를 측정하여 그 무게 차로써 손실된 drip양을 측정하였다<sup>(9)</sup>.

## 결과 및 고찰

#### 동결조건별에 따른 빙결정 및 조직 관찰

일반적으로 동결시 품온의 변화는 동결시간의 함수로써 완만동결에서는 동결시간이 길고 급속동결시에는 짧게 나타나므로 Table 1에서 보는 바와같이 동결속도의 변화에 따라 빙결정의 크기 및 위치, 조직 등에 영향을 미치게 된다. 동결속도에 따른 동결 우육을 살펴본 결과, Fig. 1에서 보는 바와같이 -20°C의 정지공기식에서 동결속도 0.66 cm/h로 동결한 경우에는

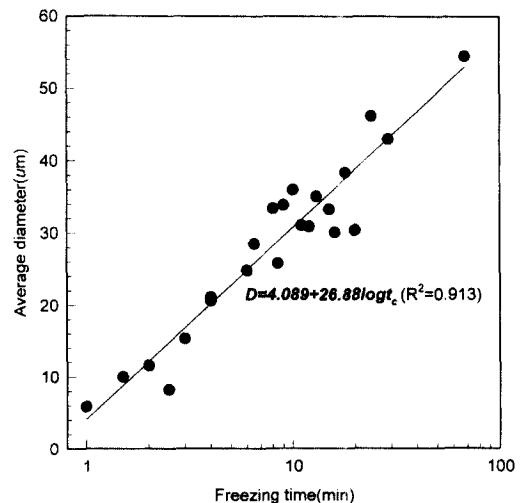


Fig. 2. Average diameters of ice crystals (D) as a function of characteristic freezing time ( $t_c$ ) on beef.

Fig. 1. Cross-sections of frozen beef by freezing method ( $\times 1,000$ ). A: Still-air freezing at -20°C, 0.66 cm/h, B: Air blast freezing at -40°C, 1.14 cm/h, C: Immersion freezing at -20°C, 1.34 cm/h.

근섬유조직 내의 수용성 물질이 서서히 동결하므로써 농축에 의한 조직의 탈수 때문에 형태가 찌그러지거나 불규칙하게 균열이 생기게 된다. 그리고 동결속도 1.14 cm/h의 -40°C 송풍식에서 동결한 경우에는 평균 크기 33.0 μm의 빙결정이 조직내에 생성되며, 동결속도 1.34 cm/h의 침지식에서도 조직파괴는 약간 일어남을 볼 수 있다. 이와같은 결과는 Gawwad와 Rahelic 등<sup>(4)</sup>이 -10°C와 -22°C에서 동결한 beef의 근조직에서 유사한 내용을 보고한 바와 같이, 온도가 낮아짐에 따라 생성된 빙결정에 의해 부피팽창이 일어나 근섬유질을 밀어내므로써 근섬유질 내의 myofibril은 압축 또는 균열에 의해 변형되는 것으로 알려져 있다. 그리고 특정동결시간( $t_c$ )에 따른 빙결정의 평균 크기를 측

정한 결과, Fig. 2와 같이 평균직경  $D(\mu m) = 4.089 + 26.88 \log t_c$  ( $r^2 = 0.913$ )으로 계산되었고, 이러한 경향은 동결시간의 증가에 따라 빙결정의 크기는 선형적으로 비례함을 알 수 있었다. 즉, 동결속도가 빠른 침지식에서는 빙결정의 크기는 비교적 적은 10~30 μm 수준이며, 동결속도가 느린 송풍식이나 정지공기식에서는 30~55 μm 수준으로 나타났다. 이는 Bevilacqua 등<sup>(4,5)</sup>이 보고한 빙결정 형성의 위치와 크기를 characteristic freezing time ( $t_c$ )과의 관계에서 살펴보면, 일반적으로 식육은  $t_c$ 가 23분 이내의 경우에 빙결정은 세포내에서 형성된다고 한다. 따라서 본 연구에서는 Table 1에서 보는 바와같이  $t_c$ 가 37분에서 78분사이(동결속도: 1.14~2.26 cm/h)에서는 빙결정이 조직내 또는 조직내외에서 형성되

**Table 2. Changes of chemical composition during storage of frozen beef by various freezing methods**

Treatment condition	Storage duration (day)											
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	
Drip loss (%)	I	5.10 ±0.95	6.30 ±1.20	6.18 ±1.86	5.18 ±1.09	6.43 ±1.97	6.28 ±2.01	10.25 ±3.46	8.08 ±2.65	9.76 ±3.05	8.29 ±2.45	9.65 ±2.15
	II		6.81 ±1.33	7.53 ±1.23	7.17 ±1.54	9.74 ±1.25	7.95 ±1.98	10.59 ±2.87	4.46 ±1.87	15.37 ±1.80	20.48 ±4.50	10.54 ±1.25
	III		6.01 ±0.98	3.42 ±0.51	6.53 ±1.38	7.63 ±0.98	6.05 ±1.65	9.31 ±2.36	3.04 ±2.50	7.02 ±2.16	8.74 ±1.97	9.15 ±1.85
	IV		6.63 ±0.87	7.68 ±1.03	7.88 ±1.33	6.12 ±1.25	9.34 ±2.13	7.02 ±2.49	9.38 ±2.10	9.15 ±2.78	8.07 ±1.96	7.51 ±1.45
pH	I	5.68 ±0.08	5.67 ±0.00	5.74 ±0.01	5.90 ±0.01	5.64 ±0.01	6.00 ±0.01	5.49 ±0.00	5.57 ±0.00	5.65 ±0.04	5.74 ±0.01	5.63 ±0.01
	II		5.77 ±0.01	5.76 ±0.01	5.69 ±0.00	5.94 ±0.01	5.76 ±0.02	5.41 ±0.00	5.56 ±0.01	5.35 ±0.00	5.40 ±0.01	5.44 ±0.02
	III		5.83 ±0.00	5.72 ±0.01	5.76 ±0.01	5.74 ±0.01	5.72 ±0.01	5.71 ±0.01	5.61 ±0.03	5.48 ±0.00	5.53 ±0.01	5.60 ±0.01
	IV		5.66 ±0.00	5.74 ±0.01	5.68 ±0.01	5.60 ±0.01	5.69 ±0.02	5.53 ±0.01	5.61 ±0.01	5.50 ±0.01	5.63 ±0.00	5.64 ±0.01
VBN (mg%)	I	2.80 ±0.00	2.81 ±0.00	6.94 ±0.00	11.01 ±1.92	13.93 ±0.00	12.29 ±1.93	13.77 ±0.00	13.66 ±0.00	18.06 ±1.97	20.86 ±1.87	21.02 ±1.98
	II		4.15 ±1.98	8.29 ±0.00	12.45 ±1.96	16.72 ±0.00	16.32 ±0.00	18.11 ±1.97	18.02 ±1.96	20.81 ±1.97	23.77 ±1.91	26.38 ±1.97
	III		2.83 ±1.97	6.87 ±0.00	9.78 ±1.92	14.03 ±0.00	13.81 ±0.00	15.20 ±1.96	13.89 ±0.00	16.75 ±0.00	20.99 ±1.89	21.78 ±0.00
	IV		2.77 ±2.12	4.20 ±1.98	6.92 ±0.00	10.98 ±0.00	12.32 ±1.94	13.85 ±0.00	13.90 ±0.00	16.61 ±0.00	19.11 ±0.00	19.63 ±0.00
TBA (mg/kg)	I	0.152 ±0.00	0.158 ±0.01	0.176 ±0.02	0.198 ±0.01	0.203 ±0.01	0.214 ±0.01	0.219 ±0.00	0.232 ±0.00	0.237 ±0.00	0.240 ±0.01	0.248 ±0.01
	II		0.173 ±0.00	0.195 ±0.01	0.201 ±0.02	0.217 ±0.01	0.226 ±0.02	0.230 ±0.02	0.240 ±0.02	0.239 ±0.02	0.242 ±0.00	0.251 ±0.00
	III		0.167 ±0.00	0.188 ±0.00	0.189 ±0.02	0.211 ±0.01	0.217 ±0.01	0.221 ±0.01	0.228 ±0.00	0.239 ±0.01	0.244 ±0.00	0.247 ±0.01
	IV		0.152 ±0.01	0.187 ±0.01	0.185 ±0.01	0.197 ±0.01	0.207 ±0.02	0.214 ±0.00	0.215 ±0.01	0.235 ±0.00	0.238 ±0.01	0.243 ±0.00

I: wrapping → precooling at 5°C → freezing at -40°C by air-blast freezing method.  
 II: wrapping → precooling at 5°C → freezing at -40°C by still-air freezing method.  
 III: wrapping → precooling at 5°C → freezing at -40°C by immersion freezing method.  
 IV: wrapping → precooling at 5°C → thermal equalizing freezing (0→-10→-20→-40°C).

며, 동결속도 0.39~0.66 cm/h,  $t_f$ 가 125분 이상에서는 빙결정이 조직외에서 형성됨을 볼 수 있었다.

### 동결방법에 따른 저장중 품질변화

동결처리 조건별에 따른 동결육의 저장중 품질을 살펴보기 위해 drip loss, pH, 및 선도를 판정하기 위한 지표로서 휘발성염기질소태(volatile basic nitrogen: VBN)와 지방의 산패 정도를 살펴보기 위해 thiobarbituric acid (TBA)를 분석한 결과를 Table 2 및 3에 나타내었다. 먼저, 동결방법에 따른 드립손실율을 측정할 결과를 Table 2에서 보면, 우육에 있어 동결속도가 느린 정지공기식으로 처리한 시료 II는 저장 초기부터 타 처리구에 비해 계속 높게 나타나 저장 180일째 가장 많

은 20.48%로, 동결속도가 비교적 빠른 침지식 동결 시료 III은 저장 120일째 9.31%, 균온처리한 시료 IV는 저장 140일째 9.38%로 나타났으며, 저장 200일 동안에 있어 평균 드립손실율도 시료 III 및 IV에서 각각 6.54% 및 7.63%로 시료 II의 9.61%에 비해 적게 나타났다. 그리고 돈육의 경우는 Table 3에서 보는 바와같이 우육에 비해 상대적으로 드립손실량이 적게 나타났으나 송풍식으로 처리한 시료 I에서 저장 40일째 가장 많은 7.39%로 시료 III 및 IV의 평균 드립손실량 3.40% 및 3.99%에 비해 상당히 많게 나타났다. 그리고 우육 및 돈육의 처리조건에 따라 pH변화는 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으나 저장기간이 경과함에 따라 초기에는 다소 증가하다가 저장 100일 이후부터는 다

**Table 3. Changes of chemical composition during storage of frozen pork by various freezing methods**

	Treatment condition	Storage duration (day)										
		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Drip loss (%)	I	2.49 ±0.80	3.88 ±1.54	7.39 ±0.98	4.97 ±1.05	3.83 ±0.97	2.95 ±0.24	4.80 ±1.15	5.92 ±0.98	4.26 ±1.01	2.09 ±0.54	2.88 ±0.85
	II		6.39 ±0.97	7.35 ±0.54	4.47 ±1.09	7.59 ±0.85	5.39 ±0.95	3.31 ±0.89	2.46 ±0.74	4.41 ±0.89	5.59 ±0.27	9.85 ±1.45
	III		2.96 ±0.23	4.16 ±1.04	2.79 ±0.05	2.46 ±1.20	5.05 ±0.84	3.02 ±0.79	4.80 ±0.25	3.29 ±0.94	1.88 ±0.35	4.52 ±1.00
	IV		3.58 ±0.69	5.08 ±0.87	2.36 ±0.35	3.89 ±0.86	4.90 ±0.86	4.75 ±0.54	5.11 ±0.45	4.18 ±0.79	1.61 ±0.25	5.97 ±0.25
pH	I	5.99 ±0.01	5.68 ±0.04	5.67 ±0.00	5.96 ±0.02	5.62 ±0.01	6.08 ±0.01	5.68 ±0.04	5.60 ±0.02	5.92 ±0.01	5.73 ±0.02	5.40 ±0.01
	II		5.62 ±0.01	6.07 ±0.00	5.95 ±0.01	5.62 ±0.03	5.82 ±0.00	6.13 ±0.03	5.78 ±0.01	6.08 ±0.01	5.86 ±0.02	5.79 ±0.00
	III		5.95 ±0.00	6.26 ±0.02	5.66 ±0.02	5.62 ±0.00	5.78 ±0.00	5.73 ±0.02	5.64 ±0.01	5.77 ±0.01	5.57 ±0.02	5.39 ±0.02
	IV		5.52 ±0.00	6.24 ±0.00	5.64 ±0.01	5.68 ±0.01	5.69 ±0.00	5.65 ±0.01	5.62 ±0.00	5.72 ±0.01	5.46 ±0.03	5.37 ±0.03
VBN (mg%)	I	2.78 ±0.00	5.52 ±0.00	5.53 ±0.00	6.95 ±1.97	11.16 ±0.02	15.29 ±1.96	16.65 ±1.93	18.06 ±2.03	19.54 ±0.00	22.53 ±0.00	27.85 ±0.00
	II		4.18 ±1.97	8.23 ±0.00	9.48 ±0.00	12.42 ±0.00	16.68 ±0.00	18.02 ±1.94	18.10 ±1.97	19.50 ±0.00	22.32 ±0.00	29.05 ±1.96
	III		4.20 ±1.98	5.43 ±0.00	5.95 ±1.97	9.74 ±1.97	15.30 ±1.97	15.20 ±1.95	16.64 ±0.00	18.04 ±1.96	21.11 ±1.99	27.87 ±0.00
	IV		2.80 ±0.00	4.11 ±0.00	9.80 ±1.98	11.23 ±0.00	14.35 ±1.97	13.90 ±0.00	15.23 ±1.96	16.66 ±0.00	19.65 ±0.00	25.18 ±1.98
TBA (mg/kg)	I	0.126 ±0.01	0.162 ±0.01	0.225 ±0.02	0.231 ±0.02	0.237 ±0.01	0.261 ±0.02	0.285 ±0.01	0.261 ±0.00	0.289 ±0.02	0.301 ±0.01	0.315 ±0.01
	II		0.156 ±0.01	0.225 ±0.01	0.235 ±0.02	0.249 ±0.01	0.264 ±0.02	0.270 ±0.02	0.279 ±0.02	0.309 ±0.02	0.311 ±0.01	0.306 ±0.01
	III		0.192 ±0.01	0.228 ±0.01	0.227 ±0.01	0.228 ±0.01	0.240 ±0.01	0.261 ±0.01	0.270 ±0.00	0.273 ±0.01	0.287 ±0.01	0.297 ±0.01
	IV		0.216 ±0.01	0.219 ±0.01	0.217 ±0.01	0.219 ±0.01	0.236 ±0.02	0.249 ±0.01	0.252 ±0.00	0.265 ±0.02	0.278 ±0.01	0.288 ±0.01

I: wrapping → precooling at 5°C → freezing at -40°C by air-blast freezing method.

II: wrapping → precooling at 5°C → freezing at -40°C by still-air freezing method.

III: wrapping → precooling at 5°C → freezing at -40°C by immersion freezing method.

IV: wrapping → precooling at 5°C → thermal equalizing freezing (0→-10→-20→-40°C).

**Fig. 3. Cross-section (A-1) and longitudinal section (A-2) of beef frozen at -40°C by immersion freezing method. Cross-section (B-1) and longitudinal section (B-2) of beef frozen by thermal equalized freezing method.**

시 감소하는 것으로 나타났다. 이와같은 결과는 타 보고<sup>6,10,11)</sup>에 의하면, 식육은 냉동저장 초기에는 pH가 증가하다가 감소하는 경향은 동결과정 및 냉동냉장중 공정점이 높은 산성염과 알칼리염이 석출되어 단백질 및 이온물질과의 반응 등에 의한 것으로 소개되고 있다. 한편, 저장기간에 따른 선도 지표로서 VBN을 분석한 결과, 우육에 있어 시료 I 및 III은 저장 180일 경과 이후, 시료 II는 저장 160일 경과 이후 20 mg% 이상으로 나타난 반면에 균온처리한 시료 IV는 저장 200일째 19.63 mg%로 타 동결방법에 비해 다소 양호하게 나타났다. 또한 돈육에 있어서도 저장 180일째 19.65 mg%로 타 동결방법에 비해 약 40일 이상 저장성이 높음을 알 수 있었다. 그리고 동결방법에 따른 저장중의 지방질 산패에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 각 처리 시료의 TBA값을 분석한 결과, 우육은 균온처리한 시료 IV를 제외한 타 처리구에서는 저장 초기 0.152 mg/kg에서 저장 80일째 0.200 mg/kg으로 증가하므로써 균온처리한 시료 IV가 다소 양호한 결과를 보였으나 저장 200일 경과 시에는 동결방법에 관계없이 거의 유사한 값을 나타내었다. 또한, 돈육에

있어서도 균온처리한 처리한 시료 IV가 타 시료에 비해 저장 200일 제까지 가장 변화가 느리다는 것을 알 수 있었다. 그리고, 동결방법에 따른 우육 조직을 관찰한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와같이 균온처리한 시료 IV는 침지식 동결 시료 III에 비하여 조직사이의 간격도 조밀하게 구성되어 있을 뿐만아니라 근섬유질도 쭉그러지지 않고 평행으로 이루어져 있어 균온처리에 의한 동결방법이 타 동결방법에 비하여 동결시에 발생하는 내부압력을 상당히 억제시킬 수 있음을 짐작할 수 있다.

**동결저장온도의 상하변동이 품질에 미치는 영향**

온도의 상하변동은 -20°C 동결후 1일간 저장된 시료를 처리조건별에 따라 6시간 간격으로 품온을 상승 또는 강하시킨 후, 다시 품온을 -20°C로 내리면서 변동시켰다. 이를 되풀이하여 온도상하 변동의 횟수를 각각 5, 10, 15 및 20회 실시하였다.

그 결과, 우육에 있어서는 Table 4에서 보는 바와같이 온도변동 횟수가 증가할수록 pH 및 수분함량은 뚜렷한 변화가 없었으나 드립손실율, VBN 및 TBA값은

**Table 4. Changes in quality of frozen beef with storage temperature fluctuation**

Fluctuation condition	Frequency of fluctuation (times)	Drip loss (%)	pH	Moisture content (%)	VBN (mg%)	TBA (mg/kg)
B-1 <sup>1)</sup>	0	-	5.46±0.04	68.98±0.40	4.20±1.98	0.126±0.00
	5	5.06±0.45	5.45±0.01	74.13±0.08	6.91±1.95	0.167±0.00
	10	9.77±0.99	5.80±0.01	70.91±0.01	6.97±1.99	0.166±0.00
	15	7.96±0.56	5.78±0.01	74.67±0.04	9.56±1.93	0.183±0.00
	20	8.61±1.05	5.55±0.01	74.08±0.97	9.78±1.97	0.199±0.00
B-2 <sup>2)</sup>	0	-	5.46±0.04	68.98±0.40	4.20±1.98	0.126±0.00
	5	5.41±0.78	5.44±0.01	72.85±0.93	5.53±0.00	0.164±0.00
	10	6.12±0.35	6.07±0.00	75.27±1.34	6.87±1.94	0.172±0.00
	15	7.25±0.59	5.76±0.02	74.62±3.37	11.10±0.00	0.199±0.00
	20	10.27±1.45	5.51±0.01	71.60±1.56	11.18±0.00	0.228±0.00

<sup>1)</sup>frozen at -20 → -5 → -10 → -15°C → storage at -20°C.

<sup>2)</sup>frozen at -20 → -15 → -5 → -10°C → storage at -20°C.

**Table 5. Changes in quality of frozen pork with storage temperature fluctuation**

Fluctuation condition	Frequency of fluctuation (times)	Drip loss (%)	pH	Moisture content (%)	VBN (mg%)	TBA (mg/kg)
P-1 <sup>1)</sup>	0	-	5.99±0.01	75.96±0.17	2.78±0.00	0.126±0.01
	5	5.15±0.54	5.95±0.00	76.18±0.19	4.10±1.94	0.180±0.02
	10	8.31±0.51	5.43±0.00	76.47±0.01	6.81±1.92	0.204±0.01
	15	3.86±0.62	5.51±0.00	75.06±0.05	8.27±0.00	0.246±0.01
	20	10.96±2.30	5.64±0.01	73.74±0.54	8.19±0.00	0.237±0.01
P-2 <sup>2)</sup>	0	-	5.99±0.01	75.96±0.17	2.78±0.00	0.126±0.01
	5	4.91±0.48	6.14±0.01	75.62±0.57	2.74±0.00	0.189±0.00
	10	6.49±0.69	5.85±0.01	76.09±1.59	5.40±0.00	0.213±0.01
	15	6.17±0.83	6.42±0.01	73.57±0.03	5.58±0.00	0.213±0.01
	20	13.31±1.94	5.93±0.01	75.01±0.28	8.12±0.00	0.231±0.01
P-3 <sup>3)</sup>	0	-	5.99±0.01	75.96±0.17	2.78±0.00	0.126±0.01
	5	3.40±0.73	5.74±0.01	74.68±0.54	2.73±0.00	0.204±0.01
	10	9.90±0.96	5.51±0.00	73.87±0.39	6.89±1.94	0.237±0.01
	15	10.09±1.76	5.68±0.04	74.36±0.30	12.36±1.94	0.255±0.01
	20	6.77±1.05	5.73±0.00	75.49±0.11	13.84±0.00	0.249±0.01

<sup>1)</sup>frozen at -20 → 0 → -10 → -15°C → storage at -20°C.

<sup>2)</sup>frozen at -20 → -15 → -10 → 0°C → storage at -20°C.

<sup>3)</sup>frozen at -20 → -10 → 0 → -15°C → storage at -20°C.

온도 변동횟수가 증가할수록 서서히 증가하는 경향을 보여 주었다. 그리고 온도변동조건이 일정한 패턴 B-1 (-5→-10→-15°C)의 경우가 일정치 않은 패턴 B-2 (-15→-5→-10°C)에 비하여 품질변화가 다소 적음을 볼 수 있었다. 그리고 돈육의 경우도 Table 5에서 보는 바와같이 우육의 경우와 마찬가지로 온도변동 조건별에 따라 변동횟수가 증가할수록 pH 및 수분함량은 뚜렷한 변화가 없었으나 드립손실율, VBN 및 TBA값은 온도 변동횟수가 증가할수록 서서히 증가하는 경향을 보여 주었다. 이러한 경향은 변동횟수 10회 까까지는 온도변동 조건별에 따른 차이가 거의 없으나 변동횟수 15회째부터 온도변동조건이 일정치 않은 패턴 P-3 (-10→0→-15°C)에 비하여 일정한 패턴인 P-1과 P-2의

경우가 VBN 및 TBA값에서 양호하게 나타났으며, 그 중에서도 패턴 P-2 (-20→-10→0°C)가 패턴 P-1 (0→-10→-20°C)보다 다소 양호함을 보여 주었다. 한편, 온도변동(P-2; -20→-10→0°C)에 따른 돈육 조직을 관찰한 결과, Fig. 4에서 보는 바와같이 온도변동횟수가 많을수록 점차적으로 조직의 파괴에 의해 녹아 있는 수용액이 뭉쳐서 재빙결되므로써 덩어리상의 형태를 구성하거나 조직이 불균일하게 찢어지는 현상을 볼 수 있었다.

## 요 약

균온처리 및 다양한 동결방법에 따른 동결식육의

**Fig. 4. Cross-sections of frozen pork by frequency of temperature fluctuation<sup>1)</sup> (× 1,000).** <sup>1)</sup>p-2: -15 → 10 → 0 → -20°C, (A): 20 times, (B): 15 times, (C): 10 times, (D): 0 times

조직과 냉동냉장 중의 품질변화를 비교 검토한 결과, 동결속도가 0.39~0.66 cm/h 일 때, 빙결정의 크기는 30~50 μm 수준이며 조직은 찌꺼리지거나 불규칙한 균열이 발생하였으며, 동결속도가 1.14~2.26 cm/h의 경우는 빙결정 크기가 10~30 μm 수준으로 주로 조직 내 또는 조직내외에 생성되며 조직파괴는 미세하게 일어남을 보여 주었으며, 특정동결시간(t)에 따른 빙결정의 평균직경(D)는  $D(\mu\text{m})=4.089+26.88 \log t$  ( $r^2=0.913$ )의 상관관계를 나타내었다. 동결방법에 따른 드립손실율은 우육의 경우 정지공기식으로 처리한 시료는 타 처리구에 비해 계속 높게 나타났으며, 돈육은 우육에 비해 상대적으로 드립손실량이 적게 나타났으나 송풍식으로 처리한 시료에서 저장 40일째, 7.39%로 가장 높게 나타났다. 동결 우육 및 돈육의 pH변화는 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으며, VBN 및 TBA 값에 있어서는 균온처리한 처리한 시료가 완만 및 급속동결 처리한 타 시료에 비해 저장 200일 까지 가장 변화가 없었다. 동결저장온도의 상하변동에 있어서는, 온도변동 횟수가 증가할수록 pH 및 수분함량은 뚜렷한 변화가 없었으나 드립손실율, VBN 및 TBA 값은 온도 변동횟수가 증가할수록 서서히 증가하는 경향을

보여 주었다.

## 문 헌

1. Grujic, R., Petrovic, L., Pikula, B. and Amidzic, L.: Definition of the optimum freezing rate. *Meat Science*, **33**, 301-318 (1993)
2. Miles, C.A. and Morley, M.J.: Measurement of internal pressures and tensions in meat during freezing, frozen storage and thawing. *J. Food Technol.*, **12**, 387-402 (1977)
3. Kim, Y.H., Yang, S.Y. and Lee, M.H.: The effect of freezing rates on the physicochemical changes of beef during frozen storage at -20°C (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **20**, 447-452 (1988)
4. Carrol, R.J., Cavanaugh, J.R. and Rorer, F.P.: Effects of frozen storage on the ultrastructure of bovine muscle. *J. Food Sci.*, **46**, 1091-1094 (1981)
5. Bevilacqua, A.E. and Zaritzky, N.E.: Ice morphology in frozen beef. *J. Food Technol.*, **15**, 589-597 (1980)
6. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p.876 (1980)
7. Ministry of Healty and Welfare: A guide of food sanitary inspection 1st (in Japanese). Ministry of Health and Welfare, p.12 (1960)
8. Salih, A.M., Smith, D.M., Price, J.F. and Dawon, L.E.: Modified extraction 2-thio barbituric acid method for



- measuring lipid oxidation in poultry. *Poultry Sci.*, **66**, 1483 (1987)
9. Kim, Y.B., Kim, Y.S., Rho, J.H., Sung, K.S., Yoo, C.S. and Lee, N.H.: A study on the shelf-life of vacuum packaged imported chilled beef (in Korean). *Korean J. Anim. Sci.*, **38**, 411-422 (1996)
  10. Van den Berg, L.: Changes in pH of some frozen foods during storage. *Food Technol.*, **15**, 434-440 (1961)
  11. Jeong, J.W., Jo, J.H., Lim, S.D. and Kang, T.S.: Change in quality of frozen breaded raw shrimp by storage temperature fluctuation (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 532-537 (1991)
  12. Ogawa, Y.: Studies on rupture of fish body during freezing. *Trans. of the JAR.*, **13**(1), 37-47 (1996)
  13. Sanz, P.D. and Alonso, M.D.: Equations for the prediction of thermophysical properties of meat products. *Latin American Applied Research*, **19**, 155-163 (1989)
- 
- (1999년 1월 21일 접수)