

신선육의 저장

1. 식육의 저온저장

신선육과 육제품은 다량의 수분과 여러 가지 영양소를 함유하고 있기 때문에 극히 변패되기 쉬우므로 도살공정에서부터 저장 이용에 이르기까지 특별한 주의와 취급이 요구된다. 즉 식육은 방혈 직후부터 미생물의 작용과 물리화학적 변화로 인하여 변패가 개시된다. 이러한 작용을 저지하지 않으면 식육의 품질유지와 저장기간의 연장이 불가능하게 된다.

현재 미국에서 소비되고 있는 식품 중 약 55%가 냉장 또는 냉동형태로 되어 있고, 나머지 30% 정도는 통조림, 5% 정도는 건조형태로 되어 있으며, 방사선 조사법은 아직 실용화에 대한 여러 가지 문제점이 남아 있어 검토가 필요한 단계에 있으며 염지제나 훈연제와 같은 일부 화학물질은 극히 제한적인 보존효과를 나타내어 보조적인 수단에 지나지 않는다.

저온을 이용하여 신선육이나 육제품을 저장할 경우 광범위한 의미에서 냉장(low

temperature preservation)이라 할 때, 식육의 경우 그 저장온도에 따라 냉장육(chilled meat)과 동결육(frozen meat)으로 대별하고 있다.

냉각육은 일반적으로 동결되지 않은 저온에서 저장하는 것으로 대체로 0~10℃에서 취급하는 것을 말하며, 특히 신선육의 저장시 빙점에 가까운 -1~1℃의 조건에서 저장하는 것은 super chilled meat라 하여 구분하는 경우도 있다. 동결육은 빙결점 이하의 저온에서 동결한 것으로 관능적으로 동결상태에 있는 것을 말한다. -5℃~-10℃에서 동결하는 경우도 있으나 일반적으로 -18℃이하의 저온에서 동결하는 경우가 많으며, 우동결육(牛凍結肉)은 -2~-3℃의 저온에서 저장하는 경우를 말한다.

이와 같이 저온을 이용하여 식육을 저장할 때 취급과 처리시에 많은 주의가 요구됨은 물론 여러 가지 요인들이 저장수명(shelf-life)에 영향을 끼치므로 이러한 점들에 관하여 살펴 보도록 하자.

가. 지육의 냉각

도살공정이 완결되었을 때 도체의 내부온도는 대개 30~39℃이다. 그러나 냉각전 지육의 온도는 부위별, 위치별로 상당한 차이가 있을 뿐만 아니라 도체의 비열, 중량, 형태 등에 따라서도 냉각속도에 상당한 차이

까이까지 떨어뜨리고, 표면의 수분을 어느 정도 제거하여 함수율이 낮은 피막을 형성시키며, 육색을 상품가치가 높은 선홍색(bloom)으로 하고, 지방을 경화시켜 외견상 품질향상은 물론 신선육의 절단작업을 용이하게 하는 데 그 목적이 있다.

지육의 냉각은 냉각실내에 냉각장치(unit cooler)에 의해 공급되는 찬 공기를 불어 넣

〈표 1〉 가축별 도체의 체온·비열·체중 (평균)

가축별	소	돼지	송아지	양
체 온(℃)	38~41	38~41	38~40	36~38
비 열(kcal/kg·℃)	0.7~0.75	0.51~0.57	0.7~0.77	0.66~0.74
체 중(kg)	140~300	40~135	30~50	9~50
체중(평균) (kg)	180	60	40	20

〈표 2〉 냉각전 지육의 온도

온도 \ 몸의 부위	Round	Plate Flank	Chuck
표면(℃)	24	24	15
내부(℃)	40.5	29.5	39.4

가 있다.

냉각전 지육에 남아 있는 체온은 냉각기간 중 제거되어야 하고, 도체 중심부의 온도를 가능한한 빨리 5℃이하로 떨어뜨려야 한다. 쇠고기, 돼지고기, 양고기 등은 -4~0℃의 예냉실(precooler)에서 예비냉각되며, 가금육(poultry meats)은 빙수에서 대개 냉각된다.

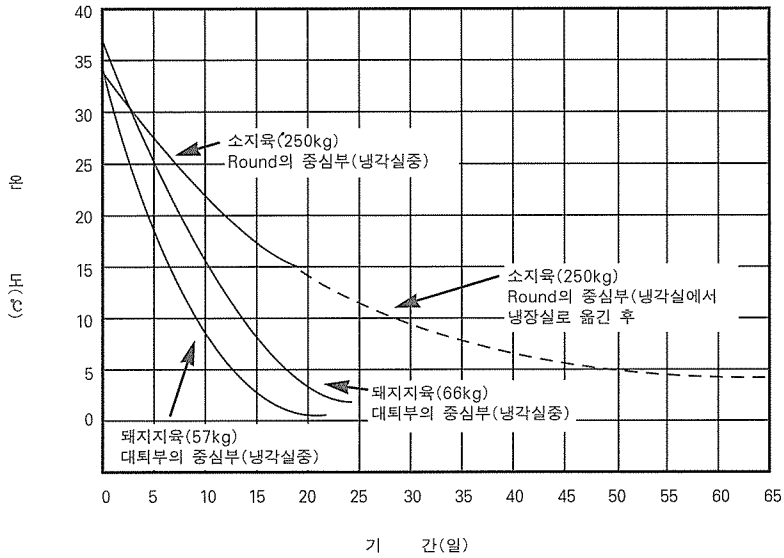
지육의 냉각은 일반적으로 이분체(halves) 또는 사분체(quarters) 형태로 행하는데, 냉각은 주로 급속히 체온을 0℃ 가

어 행하는 경우가 많다.

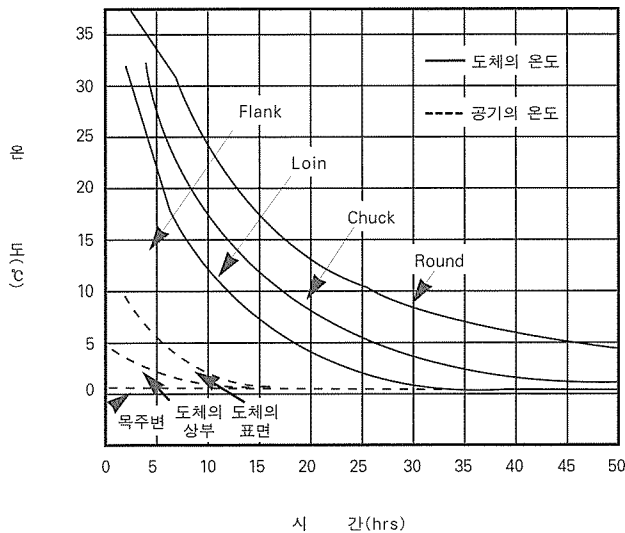
냉각에 소요되는 시간은 송풍의 온도, 습도 및 유속에 따라 다르며, 도체의 종류와 크기별로 냉각의 최종 온도에 차이가 있다. 보편적으로 사용되는 송풍식 냉각방법에서 지육냉각시간을 소의 지육(이분체)과 돼지의 지육(이분체)별로 비교하면 〈그림 1〉에서 보는 바와 같다.

또한 〈그림 2〉에 나타낸 바와 같이 부위별 냉각시간에도 상당한 차이가 있음을 알 수 있다.

냉각소요시간은 대동물(소·말)은 48~72



〈그림 1〉 소와 돼지 지육의 온도하강 곡선



〈그림 2〉 소 지육의 부위별 온도하강 곡선

시간, 소동물(돼지·양)은 24시간 이내에 0℃ 부근까지 냉각되는 것을 표준으로 하고 있다. 그러나 돼지 지육은 10℃ 정도로 냉각되었을 때 절단하는 것이 좋으며, 소 지육은 4~5℃로 예냉된 다음 0℃의 냉장실로 옮겨 여기서 나머지 냉각작업을 완결하도록 한다.

도살 후 소와 양의 지육을 냉각시킬때 근육의 온도가 빨리 내려가면 근육이 강력한 수축을 일으켜 그 이후의 숙성(aging)에 의해서도 충분히 연화(tenderization)되지 않는 현상 즉 저온단축(cold shortening)이 일어난다. 이러한 현상은 일반적으로 10시간 이내에 큰 소는 8℃, 송아지는 4℃ 이하

로 되는 경우에 발생하는 사례가 많으나, 이 때 시간과 온도와의 관계는 일정하지 않다.

지육의 신선도를 유지하기 위하여 근래에 지육의 온도를 가능한 빨리 저하시키기 때문에 일어나는 현상이므로 지육온도가 10℃ 이하로 되기 전에 사후강직을 진행시키는 고온숙성이나 냉각전에 지육에 전류(소 지육에는 1~2A, 3,000~4,000V, 1~2분간)를 통하는 전기자극법(electrical stimulation)을 병용하면 저온단축을 효과적으로 예방할 수 있을 것으로 보고되고 있다.

한편 냉각작업시 보다 효과적인 작업을 위해 요구되는 유의사항을 보면 다음과 같다.

(1)공기의 습도 및 유속

미국에서 행해지는 표준적인 공기온도를 <표 3>에서 보면 온도체(hot carcass)를 수용한 직후의 온도가 3.3℃를 넘지 않도록 하고 있다. 또한 350kg 이상의 대형 지육에 대해서는 수용전 -3~-4℃, 표준온도 -1.1~-1.6℃로 하고, 냉각중 2.2℃ 이상을 넘지 않도록 하고 있다.

근래 유럽 지역에서 쓰이는 냉각실의 공기온도를 지육 수용후 경과시간별로 보면 <표 4>와 같다. 여기서 시간표시는 냉각작업이 종결되는 시간을 의미하며, 지육의 냉각작업 종결시 2~3℃로 냉각된다.

냉각실 공기의 습도가 지육 수용전에 90%쯤 되면 수용후 냉각이 개시됨에 따라 습도는 95%로 증가한다. 이것은 따뜻한 지육으로부터 수분이 증발되는 데 기인하는 것으로 냉각작업의 초기에는 지육의 표면과 순환공기간의 온도차가 커 공기의 습도는 큰 영향을 끼치지 않으나 지육 표면의 온도

<표 3> 냉각중의 공기의 온도

구 분	공 기 온 도 (℃)		
	소·말	돼 지	송아지·양
지육 수용전	-0.5~0	-0.5~0	0.5~1.1
냉각중의 표준온도	0	0	0.1~1.1
냉각중의 최고온도	2.2~3.3	3.3	3.3

유럽 지역에서 널리 쓰이는 터널식 냉각실에서는 냉각기 출구의 온도가 처음 -3℃로부터 후에는 -1℃, 상대습도 90~95%, 유속은 0.5~3m/sec로 하여 냉각을 실시하나, 고속공기로 냉각시키면 냉각시간을 25~35% 정도 단축할 수 있다.

가 공기의 온도에 근접하면 공기의 습도는 영향을 끼치기 시작하여 습도가 낮을수록 지육의 건조가 촉진된다.

이 때 소의 지육을 72시간 냉각시키는 경우 지육 표면의 온도가 공기의 온도에 근접하는 시간은 10~12시간 소요되며, 그 후

〈표 4〉 지육 냉각중의 공기 온도

냉각실 수용후의 경과시간	냉각실의 공기온도(℃)			
	소	돼 지		양
	48시간	24시간	48시간	24시간
수용시	-2	-3	-1	-1
10시간후	-1	-2.5	0	1
24시간후	0	-2	0	1
36시간후	0	-	0	-1
48시간후	0	-	0	-

24시간까지는 공기의 유속은 0.75m/sec, 습도는 85%로 유지하면 적당하다. 때로는 냉각실내에 걸려있는 지육의 표면에 포화습도의 공기를 2.5m/sec의 고속으로 송풍하여 냉각시키는 turbo-chill법이 이용되기도 한다. 이 방법에 의해 소의 지육을 24시간 냉각시킬 때의 감량은 평균 1.3% 정도이나, 일반적인 냉각방법에서는 같은 시간에서 1.9%의 감량을 나타낸다.

(2) 냉각실의 수용밀도

냉각실에 수용하는 도체의 형태는 우리나라의 경우 대개 이분체로 하고 있으나, 외국에서는 일반적으로 사분체를 이용한다.

냉각실의 수용밀도를 도체별로 보면 〈표 5〉와 같다.

이 표에서 대동물과 소동물 간에 단위면적당 수용되는 양은 다소 차이가 있는데 이는 지육의 표면적이 소동물일수록 상대적으로 큰 데 기인한다.

나. 지육의 냉장

예냉실에서 냉각된 지육은 곧 보존냉장실(holding cooler)로 옮겨져 냉장·냉장한다. 보존냉장실은 대개 공기의 온도 0~1℃, 습도 85~90%, 공기의 유속은 0.1~0.2m/sec로 하여 보존하는 것이 일반적이다.

〈표 5〉 냉각실의 수용밀도

식 육 별	1두당의 중량(kg)	수용밀도/3.3㎡	
		두 수	중량(kg)
소·말	260	5	1,300
돼 지	60	10	600
양·송아지	50	10	500

〈표 6〉 보존냉장실의 수용량

식육별	쇠고기	돼지고기	양고기
수용량(kg/m ²)	200	200	150

냉각실에 넣을 때의 지육의 온도는 보존냉장실의 실온보다 높은 경우가 많으므로 보존냉장실에 옮긴 후에도 지육의 냉각이 서서히 진행되어 실온에 가깝게 된다. 지육은 냉각실에서 체온을 제거한 상태이므로 다소 수용량이 많고 냉각장치의 냉동력은 냉각실에 비해 작으며, 일반적으로 적용되는 보존냉장실의 수용량의 표준은 〈표 6〉과 같다.

냉각저장중 습도는 지육의 품질, 냉각기간, 공기의 순환속도 등에 따라 다소 차이는 있으나, 습도가 낮으면 감량이 늘어나고, 습도가 높아지면 지육 표면에 곰팡이가 발생할 우려가 있다. 공기의 순환속도가 빠를수록 습도를 높이는 것이 일반적이나 공

기의 순환이 지나치게 빨라지면 감량의 증가와 변색의 우려가 있으므로 대개 지육 표면에 수분의 응축이 일어나지 않을 정도로 조절하는 것이 바람직하다.

냉각냉장의 한계는 지육의 종류, 오염의 정도, 냉장조건 등에 따라 다르나, 쇠고기는 30~40일, 돼지고기는 20일간 정도이다. 식육의 품질을 유지하는 데에는 대개 3℃ 이하의 저장조건을 일정하게 유지하는 것이 중요하며, 냉각기간을 연장시키기 위해서 실내 공기중 10% 정도를 탄산가스로 치환하면, 쇠고기는 60~70일간의 저장이 가능하여 이러한 저장법은 뉴질랜드나 오스트레일리아에서 영국으로 쇠고기를 수송할 때 실용적으로 활용되기도 하였다.

[그림 1-6-7] 주요 포장재의 특성

재 료	투 명 도	투 과 성		한 계 온 도	
		수 증 기	기 체	가열(℃)	저 온
크래프트지	불투명	높음	불량	150	매우 낮음
그리스지	반투명~불투명	높음	양호함	-	가스제에 따라 다름
식물성 황산지	반투명~불투명	높음	보통임	90(건조시)	가스제에 따라 다름
알루미늄 포일	불투명	무시할 수 있음	무시할 수 있음	370	-85℃
왁스지	반투명~불투명	낮음	불량	38~50	-
셀로판	투명	매우 높음	낮음(건조) 높음(습윤)	190	형태에 따라 다름
셀룰로오스아세테이트	투명~불투명	불량	중등정도	150	-18℃이하에서 부스러지기 쉬움
폴리에틸렌	투명~반투명	낮음	높음	82	-50℃
염화비닐리덴	투명~반투명	무시할 수 있음	매우 낮음	145	-18℃에서 양호

일반적으로 작업자의 편의를 위해 절단 및 가공실의 온도는 5~10℃ 내외를 유지하기 때문에 식육의 노출시간을 최대한 극소화시키는 것이 필요하다. 특히 적재나 하역시 3℃ 이하의 냉장온도를 적절하게 유지하는 것은 어려운 일이지만 반드시 지키도록 해야 하며, 또한 운송차량의 냉장능력이 초과될 수 있는 고온다습한 날씨의 경우에는 특히 많은 주의가 필요하다.

지육의 피하지방, 피부 등의 보호조직은 미생물의 오염, 탈수, 변색 등을 어느 정도 예방할 수 있으며, 적당한 포장재(표 7참조)를 이용하면, 미생물의 오염과 감량을 상당히 예방할 수 있다.

가공육은 신선육에 비해 변패 가능성이

다. 식육의 냉장중의 변화

(1) 육색의 변화

식육 표면의 미려한 선홍색은 bloom이라 하여 상품가치를 높인다. 식육의 저온저장중 근육색소인 헤모글로빈과 마이오글로빈이 산소와 결합하여 HbO₂와 MbO₂로 되면 일단 bloom을 나타내나 산소가 부족한 상태에서 산화되면 갈색의 메트헤모글로빈(MetHb)과 마이오글로빈(MetMb)을 생성하게 된다. 이것은 근육 표면의 지방의 변화와 수분의 감소, 미생물의 분해작용 등에 기인하는 것으로 일반적으로 변색을 방지하는 데에는 다음과 같은 대책이 강구될 수

〈표 8〉 육색의 변화에 의한 냉장한계

습도 (%)	냉장일수			
	0℃ 공기의 유속		4℃ 공기의 유속	
	0	0.5m/sec	0	0.5m/sec
95	9	8.7	5.1	4.8
90	8.7	8.1	4.7	4.1
85	8.3	7.3	4.4	3.3
80	8	6.4	4.0	2.4

좀 낮은 편이나 전반적으로 식육의 취급과 저장시 산패로 인한 풍미의 변화와 미생물의 증식에 의한 변색 등을 방지해야 한다.

가정에서 식육을 냉각저장할 경우에도 앞서 살펴본 바와 같은 취급조건에 따라 저장기간이 최우되나, 위생적으로 처리된 식육의 경우 4일내에 소비토록 하는 것이 적당할 것이며, 이 기간내에 소비가 불가능한 식육은 동결저장토록 해야 할 것이다.

있다.

- ① 건조공기와의 접촉을 피할 것
- ② 저장온도는 가급적 낮게 유지할 것
- ③ 공기의 습도를 높여서 식육 표면의 건조를 막을 것

육색의 변화에 대하여 냉장의 한계일수와 온도, 습도, 유속간의 관계를 보면 〈표 8〉과 같다.

여기서 육색의 변화는 주로 온도의 영향을 가장 많이 받고, 그 다음으로는 습도의 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 공기의 유속은 보통 냉장실내의 속도의 범위내에서는 거의 영향을 끼치지 않는다.

냉각저장중 식육의 변색은 산소의 분압이 4mmHg 내외의 낮은 상태에서 훨씬 쉽게 일어날 수 있기 때문에 적당한 포장재(표 7)를 이용하면 미생물의 오염과 감량을 예방함과 동시에 포장육이나 육제품의 선홍색을 유지할 수 있다. 또한 신선육을 진공상태에서 포장함으로써 메트마이오글로빈의 생성을 억제하고 마이오글로빈은 환원상태와 적자색을 유지하다가 포장을 개방하면 수분후에는 공기 중의 산소와 결합하여 선홍색의 산소와 마이오글로빈을 형성하게 된다.

(2)지방의 변화

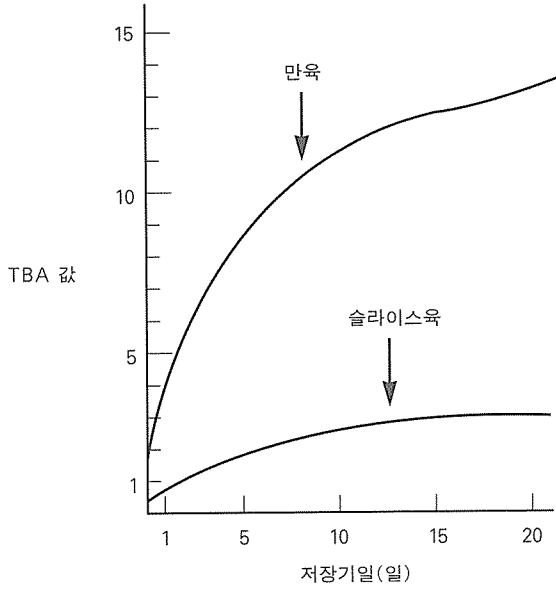
식육의 지방은 수분과는 달리 냉각저장중 그 함량이 감소하지는 않으나 그 질이 변화하기 때문에 풍미과 밀접한 관계가 있고 저온저장중 지방의 변화는 육질을 크게 좌우한다.

냉각저장중 식육에 곰팡이와 같은 미생물이 번식하면 지방은 지방산과 글리세린으로 가수분해된다. 또한 지질의 변패는 식육 자체내에 존재하는 효소나 직접적인 화학작용에 의해 산화작용 또는 가수분해가 일어나는 데 기인한다.

일반적으로 근육내 지질의 산화속도는 반추동물보다는 돼지, 가금 등의 비반추동물에서 더 높은 경향을 볼 수 있고, 또한 연령과 부위에 따라서도 큰 차이를 나타내는데, 가축이 어릴수록 심하며 돼지고기의 배최장근(longissimus dorsi)은 쇠고기와는 대조적으로 가슴부위보다 허리부위가 더 빠르고, 특히 사료의 불포화지방산 함량이 많을수록 산패의 가능성은 높다. 또한 돼지고기에서 대요근(psoas muscle)의 인지질 중 불포화지방산과 마이오글로빈의 함량이 배최장근보다 현저하게 많으나, 분쇄한 배최장근을 -10℃에 장기저장할 때 오히려 대요근보다 산패도가 더 높을 뿐만 아니라 메트마이오글로빈의 생성량이 많은데 이것은 대요근의 극한산성의 pH가 훨씬 높은 데 기인한다. 높은 pH에서 시토크롬계(cytochrome) 효소의 활성이 증진되어 메트마이오글로빈의 환원이 증가되기 때문인데, 특

〈표 9〉 지방함유율

식 육 별	지 방(%)	수 분(%)	합 질 소 물(%)
쇠고기(지방 중간 정도)	22.6	54.0	17.8
쇠고기(지방 많음)	34.8	45.6	15.0
돼지고기(지방 적음)	28.1	55.3	14.0
돼지고기(지방 많음)	49.5	38.6	10.5
양고기(지방 적음)	23.8	57.3	14.0
양고기(지방 중간 정도)	31.3	49.7	14.9
양고기(지방 많음)	45.4	39.7	11.5
양고기(지방 매우 많음)	55.1	33.0	9.1



〈그림 3〉 어린 양고기의 slice육과 만육의 TBA 값의 비교

〈표 10〉 부위별 지방의 산가의 변화

냉장일수	콩 팥 지방		근육 지방		표면 지방	
	초기	말기	초기	말기	초기	말기
30 일간	0.34	1.02	0.28	1.02	0.28	1.52
60 일간	0.28	4.79	0.28	1.47	0.23	3.55

〈표 11〉 지방의 Kreis 반응과 풍미

냉장일수(일)	산 가		Kreis반응	지방의 풍미
	초기	말기		
15	0.33	0.85	음성	정상
30	0.28	1.52	음성	다소 강함
44	0.39	3.84	음성	다소 강함
56	0.39	4.29	음성	정상
65	0.23	3.55	음성	강함
76	0.34	10.86	음성	강한 풍미, 암황색
180	0.39	9.87	약간 양성	산패

히 대요근에서 이 효소의 함량이 많은 것에 기인한다.

지질산패에 대한 hematin화합물의 산화 촉진효과는 불포화지방산이 마이오글로빈의

산화를 촉진하는 것과 상승적으로 나타난다. 그러나 heme에 대한 지질의 비율이 낮을 때에는 heme화합물이 유리라디칼(free radical)의 과산화물(peroxides)을 안정화시키기 때문에 항산화효과를 나타낼 수도 있다.

소의 사분체를 0~3℃에 냉장한 경우 <표 10>에서와 같이 냉장개시기부터 종료시까지 산가(acid value)가 계속 증가하는 것은 지방의 가수분해(hydrolysis)가 진행되었음을 나타낸다.

또한 0~2℃에 냉장한 쇠고기에서 산가, Kreis 반응과 지방의 풍미와의 관계를 보면 <표 11>과 같다. 여기서 표면지방이 76일 냉장시 가장 높은 산가와 강한 풍미를 나타

보아 식육의 종류, 지방함량과 조성 및 heme색소의 함량 등의 요인 이외에 저장형태에도 관련되어 있음을 알 수 있다.

또한 식육의 pH도 큰 영향을 미치는데, <표 12>에서 보는 바와 같이 pH 5.62~7.68사이에서 pH값이 작을수록 TBA값이 증가하는 경향을 나타낸다.

(3)감량

냉각과 냉장중의 감량은 공기의 온도, 습도, 유속 등의 냉각조건과 식육의 종류, 크기, 지방의 존재상태 등에 따라 다르다.

중량이 135~146kg인 1등급의 소 지육을 72시간 냉각할 때의 감량은 처음 24시간까

<표 12> pH와 냉장중 TBA값의 변동

식육의 pH	냉장후의 경과시간					
	0	16시간	2일	6일	8일	10일
5.62	0.52	2.01	4.32	6.57	7.10	7.21
6.22	0.61	0.86	0.92	1.70	1.66	1.51
6.98	0.98	0.81	0.82	0.66	0.52	0.55
7.68	0.89	0.67	0.69	0.50	0.43	0.45

내었으나, 180일 저장시 비로소 Kreis test 결과가 양성반응을 나타낸 것을 알 수 있다.

또한 산패의 다른 지표로서 TBA값의 변화를 보면, 쇠고기, 양고기, 돼지고기 등의 만육(communitated meat)을 셀로판지에 포장하여 저장한 경우 대조구에서는 대단히 낮은 TBA값을 나타내었으나, 만육적후부터 냉장일수가 길어짐에 따라서 TBA값이 현저하게 증가하는 경향을 보이고 있다. 이와는 대조적으로 슬라이스육(sliced meat)의 TBA값은 만육에 비해 <그림 3>에 나타낸 바와 같이 낮은 증가율을 나타낸 것으로

지는 1.5~1.6%이며, 나머지 72시간에 이르기까지는 0.8~0.9%이므로 냉각종료시 냉각전의 중량에 비해 2.3~2.5%의 감량을 나타낸다. 그 후 냉장중의 감량이 매일 0.3~0.4% 정도로 발생하나 냉장일수가 길어짐에 따라 증가율은 둔화된다.

지방이 중등 정도인 지육을 온도 1℃, 습도 80~90%, 유속 0.2m/sec의 상태에서 냉각·냉장하였을 때 도살후의 경과시간에 따른 감량을 보면 <표 13>과 같다.

한편 냉각실을 이용하지 않고 온도체를 직접 냉장실에 수용한 경우의 감량은 <표 14>와 같은데, 이것은 공기온도가 지육 수

〈표 13〉 보존 냉장중의 감량(%)

온도 1℃, 습도 80~90, 유속 0.2m/sec				
도살후의 경과시간	소	송아지	양	돼지
12시간	2.0	2.0	2.0	1.0
24시간	2.5	2.5	2.5	2.0
36시간	3.0	3.0	3.0	2.5
2일간	3.5	3.5	3.5	3.0
8일간	4.0	4.5	4.5	4.0
14일간	4.5	6.0	5.0	5.0

〈표 14〉 냉각 소요일수와 감량

경과시간	24시간	48시간	72시간	4일간	7일간
냉장실 공기온도(℃)	4.4	3.3	2.2	1.1	0
숫 소 A급	-	-	5.0%	6.0%	7.0%
숫 소 B급	-	-	6.0	7.0	-
거세우A급	-	-	6.0	7.0	-

〈표 15〉 표준감량과 최소감량

품 질 등 급	경 과 시 간			
	24시간 (%)	48시간 (%)	72시간 (%)	
표준감량	소(이분체)A	1.08	1.03	1.40
	소(이분체)B	1.32	1.54	1.75
	소(이분체)C	1.57	1.84	2.10
	돼지(이분체)	1.17	1.84	-
최소감량	소(이분체)A	0.49	0.99	-
	소(이분체)B	0.56	1.13	-
	소(이분체)C	1.07	1.43	1.79
	돼지(이분체)	0.37	0.73	0.73

용후 상승하였다가 다시 강하하는데 많은 시간이 소요되기 때문이다.

독일의 표준을 보면, 온도 0℃, 습도 95%, 유속은 지육수용전 0.6m/sec의 조건에서 소 지육과 돼지 지육의 이분체를 냉장할 때 감량은 〈표 15〉와 같다.

(4) Bone-taint

Bone-taint란 Haines(1937)에 의해 뼈

가까운 지육의 중심부에서 부패취 또는 산패취를 생성하는 것이라고 정의되었다. 특히 요골의 관절(hip-joints) 부근에 흔히 발생하는 일종의 부패형 변화이다. 이 원인은 림프 결절과 bone-taint 부위의 그람양성균과 비슷한 세균분포를 나타내는 점으로 보아 세균성으로 판단하는 경우가 있는데, 도살시나 도살후 요골부의 동맥에 인접한 장내 세균 또는 공기 중의 세균이 이행하여 분해를 일으키기 때문인 것으로 보고 있다.

아울러 피로가 축적된 소를 도살하였을 때 bone-taint의 발생빈도가 높은 것으로 보아 혈액의 항균작용이 약화됨으로써 다수의 세균오염시 저항성이 저하되기 때문이라는 설도 있다.

다만 bone-taint의 발생을 예방하려면 도살전에 가축을 충분히 휴양시키면서 충분히 수분을 섭취하게 하여 도살시 방혈을 촉진하고 도살직후 신속하게 냉각하는 것이 효과적이다. 또한 목초보다도 유박(oil meal)을 많이 급식한 가축에서 bone-taint의 발생이 많은 것은 열전도율이 낮은 지방층이 두꺼울수록 냉각에 소요하는 시간이 많은 데 연유한다.

(5)미생물의 변화

도살해체시 미생물의 오염원은 <표 16>에서 보는 바와 같이 다양하며 초기 공정중 오염가능성은 99%이므로 도체의 취급에 세심한 주의가 필요하며, 또한 대부분의 육미

생물은 20℃에서 생존가능하나 -1℃에서는 효모와 곰팡이의 수는 20℃보다 다소 증가한데 비해 세균은 1% 이하가 생존 가능하다. 즉 -1℃에서 생존할 수 있는 세균은 주로 4종류로서 *Achromobacter*(90%), *Micrococcus*(약 7%), *Flavobacterium*(약 3%) 및 *pseudomonas*(1% 이하) 등이며, 그외 -1~3℃의 냉장 중 증식이 가능한 세균으로는 *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Proteus* 등이 포함된다.

다음 <표 17>에서 알 수 있는 바와 같이 *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *pseudomonas*속 등에 속하는 저온세균의 집락(colony) 발생까지의 소요일수를 보면, 저장온도에 따라 약간의 차이를 나타내나 -10℃에서 100일 이상이 되어야 증식이 중지됨을 알 수 있다. 또한 이들 세균의 분해작용을 살펴 보면, 당질의 발효작용은 -3℃에서는 120일간 지속되나 -6.5℃에서는 완전히 정지되며, 단백질의 분해작용은 -3℃에

<표 16> 도축장에서의 미생물의 오염원

오염원과 계산기준	배양온도(℃)	세 균	효 모	곰 팡 이
피부(수/cm ²)	20	3.3 × 10 ⁶	580	850
	-1	1.5 × 10 ⁴	89	89
표면토양(수/g건조중량)	20	1.1 × 10 ⁸	5 × 10 ⁴	1.2 × 10 ⁵
	-1	2.8 × 10 ⁵	1.4 × 10 ⁴	1.0 × 10 ⁴
장내용물:분변(수/g건조중량)	20	9.0 × 10 ⁷	2.0 × 10 ⁵	6.0 × 10 ⁴
	-1	2.0 × 10 ⁵	70	1,700
장내용물:반추위(수/g건조중량)	20	5.3 × 10 ⁷	1.8 × 10 ⁵	1,600
	-1	5.2 × 10 ⁴	50	60
공기오염(수/cm ³ /시간)	20	140	-	2
	-1	8	-	0.1
도축장의 용수(최대수/ml)	20	1.6 × 10 ⁵	30	480
	-1	1,000	10	50
저장소의 천에 있는 물(수/ml)	20		1.4 × 10 ⁵	
	-1		40	

〈표 17〉 저온세균의 집락 발생까지의 소요일수(온도별)

온도(℃)	<i>Pseudomonas fluorescens</i> (일)	<i>Flavobacterium decidiosum</i> (일)	<i>Achromobacter</i> SP. (일)
20	2	2	2
5	4	4	4
0	15	15	46
-3	29	100	65
-6.5	100	100	120
			(발육하지 않음)
-10	100 (발육하지 않음)	100 (발육하지 않음)	120 (발육하지 않음)

서 46일간 지속되나 -6.5℃에서는 정지된다.

대체로 0℃ 이하의 저온에서는 미생물의 발육은 완만하게 지속되나 단백질과 지질의 분해능력은 거의 소멸되고, 당질의 분해작용만 남아 있는 것으로 알려져 있다.

한편 효모의 저온내성은 효모의 종류, 성숙도, 배지의 종류 등에 따라 다르다. *Saccharomyces*속의 효모 중에는 -2℃에서 출아하거나 포자를 형성하는 것도 있고 -9℃에서도 완만하게 발육하는 것이 발견된 사례가 있다.

냉장육에서 검출된 곰팡이류에는 *Cladosporium*, *Penicillium*, *Mucor*, *Alternaria*, *Sporotrichium* 및 *Thamnidium*, *Rhizopus* 등을 들 수 있다. 곰팡이류는 공기의 유통이 양호하고 습도가 높은 부위에서 번식이 왕성하다. 곰팡이의 포자도 저온에서 출아가 가능하나 더욱 저온으로 하면 정지된다. 예로서 *Penicillium*의 포자는 2.5℃에서 출아가 가능하나 -9℃에서는 완전히 정지되는데 비해 다시 상온에 두면 출아능력은 정상적으로 회복된다. *Rhizopus*의 포자는 41℃에서 5시간만에 발

아가 가능하지만 3~4℃에서는 발아시간이 200시간으로 늘어난다.

2. 식육의 동결저장

식육을 동결시킨 다음 -20℃의 저온에서 동결·냉장하면 화학적 및 효소적 변화와 미생물의 증식을 억제하여 색, 풍미, 냄새, 다즙성 등의 기호적 특성의 변화를 최소화할 수 있기 때문에 고기저장법으로 가장 널리 쓰이는 방법으로 인식되어 왔다. 그러나 동결저장 중에도 수분의 승화, 단백질의 변성, 조직적인 손상 등의 물리화화적인 불가역적 변화들이 계속해서 일어나기 때문에 이들 변화를 최소화하여 동결육이 일단 해동이 되었을 때 해동시 발생하는 육즙분리(drip)의 양과 영양분의 손실을 관능적으로 식별할 수 없을 만큼 줄이도록 해야 할 것이다.

가. 동결방법

식육의 수분과 지방의 함유율, 숙성 여부 또는 포장재의 종류 등에 따라서 동결속도에 차이가 있고, 동결될 때의 식육의 형태

에 따라서는 많은 차이가 있다.

(1) 동결형태

동결될 때의 식육의 형태는 다음과 같이 구분한다.

1) 지육: 이분체, 사분체

2) 정육: 지육으로부터 뼈를 제거하여 적당한 크기로 나눈 것으로 부분육이라 부른다. 그 외에 더 작게 절단하여 포장한 소비자용 포장육도 있다.

3) 반제품: 햄버거나 불고기육처럼 즉석에서 가열조리할 수 있도록 다른 재료와 혼합조미한 것이다.

4) 조리제품: 조리동결식품(pre-cooked frozen foods)으로서 가열조리한 후 동결시킨 것이다.

(2) 동결방법

식육의 형태에 따라서 가장 적당한 동결장치를 사용하는 것이 좋은 품질의 제품을 얻는 비결이다. 동결속도는 동결육의 품질에 많은 영향을 끼치기 때문에 가능한 빨리 동결에 착수하여 급속하게 동결시키도록 해야 한다. 즉 동결속도가 빠를수록 미세한 얼음결정이 고루 분포하게 되어 조직에 대한 손상이 적을 뿐만 아니라 근육세포내에서 수분이 결정화되어 이동이 억제되기 때문에 해동시 분리육즙이 적고 복원성(reproducibility)이 향상된다.

동결 방법으로는 송풍동결(cold air blast), 접촉식 동결(contact plate freezing), 공기동결(still air), 반송풍동결(semi-air blast), 침지동결(liquid immersion), 분무동결(liquid spray), 크라이오제닉 동결(cryogenic freezing) 등이

있으며, 주요한 특징을 간단히 설명하면 다음과 같다.

1) 송풍동결(Cold air blast freezing)

지육의 동결에 가장 적합한 방법으로 냉각실에서와 마찬가지로 지육을 동결실내의 롤러에 매달아 강력순환공기로 동결시킨다. 송풍은 온도 $-30\sim-35^{\circ}\text{C}$, 유속 $1\sim 5\text{m/sec}$ 의 범위에서 3m/sec 가 가장 널리 쓰이고 있으나, 스웨덴에서는 -50°C 이하에서 처리하기도 한다. -30°C , $3\sim 4\text{m/sec}$ 의 조건에서 소의 이분체의 중심온도가 -18°C 로 되는데 48시간이 소요된다. 송풍동결장치에는 냉동실과 냉동터널의 두 방법이 있는데, 냉동실의 경우에는 고기사이에 적당한 간격을 두도록 하고, 냉동터널의 경우에는 고기를 이동하는 컨베이어나 금속벨트 위에 올려 놓고 이동속도를 조절하게 된다. 지육보다 작은 것도 형상에 관계없이 이 동결장치를 이용할 수 있는데 이 때에는 트레이 랙(tray rack)를 이용하며, 햄버거 등과 같은 극히 작은 형태의 고기는 컨베이어식 송풍동결장치의 이용이 적당하다. 지육이나 큰 부분육과는 달리 작은 부분육의 경우에는 고기 표면의 탈수(dehydration)에 의한 동결소를 방지하기 위하여 적당한 포장재를 활용할 것을 권장하고 있다.

2) 접촉식 동결(Contact plate freezing)

이것은 두께가 $5\sim 6\text{cm}$ 이하의 평평한 식육을 동결하는 데 적당한 방법이다. 특히 얇은 소형육이나 즉석식품 등을 동결원판인 트레이(tray)에 담아 $-10\sim-30^{\circ}\text{C}$ 의 동결금속판과 접촉시켜 동결시키는 방법으로 공기동결법보다는 동결속도가 다소 빠르다(표 18참조). 근래에는 발골한 부분육(boxed

〈그림 8〉 동결방식에 따른 동결속도

실내온도(℃)	동결방식	3℃로부터 -12℃로 동결되는 시간	실내온도(℃)	동결방식	3℃로부터-12℃로 동결되는 시간
-17	송풍동결	12	-56	송풍동결	2
	접촉식동결	16		접촉식동결	3.5
	공기동결	19		공기동결	4

meat)의 동결에도 이 방법이 널리 이용되고 있다.

3) 공기동결(Still air freezing)

가장 오래된 동결방법으로 냉매증발관이 장치되어 있는 동결실에서 공기의 자연대류에 의해 열이 이동된다. 주로 가정용 냉장고 또는 소규모 냉동고에 이용되는 방법으로 동결에 많은 시간이 걸리고, 품질도 나쁘기 때문에 근래에 이르러서는 상업적으로는 거의 이용되지 않고 있다.

4) 반송풍동결(Semi-air blast freezing)

이것은 공기동결실내의 송풍기를 장치하여 공기를 유동시켜서 동결속도를 빠르게 한 것으로, 동결속도는 접촉식 동결과 공기동결의 중간 정도이나 품질은 송풍동결이나 접촉식보다 떨어진다.

5) 침지동결 및 분무동결

이것은 가금육이나 어육의 동결에 많이 쓰이는 것으로 고기를 적당한 포장재로 싸 다음 저온의 이차냉매인 소금물, 프로필렌 글리콜(propylene glycol) 등의 용액에 침지하거나 분무함으로써 동결시키는 방법이다. 이 방법은 동결속도가 가장 빨라 품질은 최상이나 식육에는 실용화되어 있지 않다.

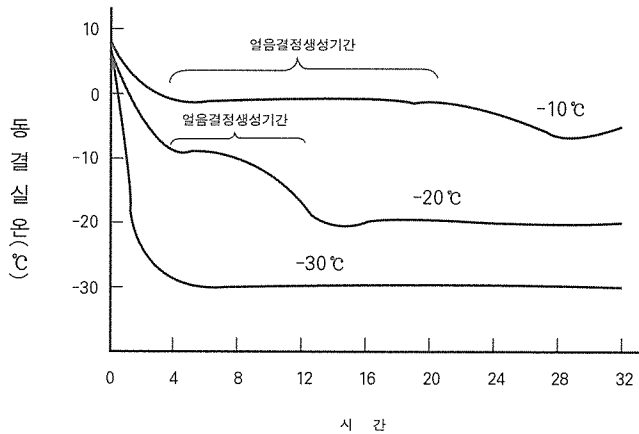
6) 크라이오제닉 동결법

고기를 액체질소(b.p.-196℃), 드라이아이스(b.p.-78℃), 아산화질소(b.p.-98℃) 등과 각각 접촉시켜 급속동결시키는 방법으로 얼음의 결정이 미세하여 가장 이상적인 동결방법이지만 지옥 수준까지는 경제적인 이유 때문에 실용화되지 못하고, 크기가 작은 조리육, 세분육 등에 이용되고 있다.

앞에서도 기술한 바와 같이 고기의 동결시에는 언제나 급속동결을 권장하고 있는데, 이는 〈그림 4〉에서 보는 바와 같이 동결속도가 완만하게 되면 얼음결정의 생성기간이 길어짐에 따라 소수의 대형얼음결정이 형성되고 세포 밖에 주로 편재하기 때문에 부피의 증가로 인하여 기계적 손상이 크게 되며, 특히 해동시 육즙의 분리가 많아 영양적 손실이 증가한다. 또한 세포내의 수분 이동에 의한 전해질의 농축효과로 단백질의 변성과 조직탄력성의 저하가 크게 된다.

또한 건조감량과 변색, 지방의 산화를 방지하고 취급중의 오염을 피하기 위해 cryo-vac 또는 cryo-wrap 등의 수축포장(shrink packaging), 즉 밀착포장법이 권장되고 있으며, 동결된 식육을 냉수에 침지하거나 물을 분무하여 밀착포장과 같은 품질을 보호하는 글레이즈(glaze)법이 사용되기도 한다. 글레이즈법의 대응으로서 소형의 식육에 acetyl monoglyceride를 dip coating시키는 경우도 있다.

최근에는 대량생산체제로서 도살후의 따뜻한 지육을 냉각공정을 생략한 채 직접 송



〈그림 4〉 온도별 동결곡선

풍동결시키는 온지육동결(warm carcass freezing)이 실용화되고 있다. 이 방법이 냉각후 동결시키는 지금까지의 표준적인 방법에 비해 좋은 점은 감량이 적고 작업시간이 단축된다는 데 있다. 쇠고기를 -35°C 의 터널식 송풍동결장치에서 동결했을 때, 냉각후 동결시의 감량이 3.22%인데 비해 온지육동결의 감량은 1.34%에 지나지 않는다.

나. 동결저장

동결육이 동결냉장실에 수용되는 형태를 대별하면 지육과 상자에 넣는 것의 두가지

가 있다. 지육 수용시 벽으로부터 30cm, unit cooler 등의 냉각기나 공기덕트(duct)로부터 30~50cm의 간격을 두어 공기의 순환을 좋게 할 필요가 있으며 동결냉장실의 공기온도는 -20°C 이하, 상대습도는 90~95%가 표준적이다.

수용량의 표준은 지육에서는 냉장실의 높이 2.5m일 때 $600\text{kg}/\text{m}^3$, 상자에 넣은 경우는 이것보다 약 20% 정도 많다.

동결냉장기간은 온도가 낮을수록 길어지는데, 같은 온도에서 돼지고기는 쇠고기나 양고기에 비하여 품질의 저하속도가 빠르므로 같은 냉장기간이라면 보다 낮은 온도를 필요로 한다. 또한 〈표 19〉에서 나타낸 바

〈표 19〉 식육의 동결냉장온도와 기간

식 육 별	동결냉장의 온도와 기간(월)			
	-12°C	-18°C	-23°C	-29°C
쇠고기	4	6	12	12이상
양고기	3	6	12	12이상
송아지 고기	3	4	8	12
돼지고기	2	4	8	10
쇠고기(분쇄된 것)	3	4	8	19
소의 간	2	2	-	-

와 같이 분쇄된 쇠고기는 공기에 의한 건조와 지방산화가 쉽기 때문에 냉장기간은 짧다.

동결기간 중 온도의 변동은 건조와 빙결정의 생성을 촉진하기 때문에 주의하여야 하고, 국부적으로 -6~-8℃로 되는 경우 곰팡이가 번식할 우려가 있다.

공기의 순환은 자켓트식에서는 필요하지 않으나 보통 동결냉장실에서는 0.5m/sec 이하의 저속순환으로 충분하다.

다. 동결저장 중의 변화

(1) 물리적 변화

식육은 동결저장시 주로 핵내 얼음결정생성(intranuclear ice-crystallization), 간질해리(interstitial dissociation), 얼음 결정에 의한 간질수종(interstitial edema)등이 나타난다. 동결저장에 따른 주요한 물리적 변화를 기술하면 다음과 같다.

1) 식육성분의 위치고정작용

식육은 수분 이외에 단백질, 당질 등의 성분들이 수분 중에 분산하여 콜로이드 상태(colloidal state)로 되어 있다. 식육이 동결되면 이들 성분의 위치가 고정되어 브라운 운동이 정지된다.

2) 식육성분의 분리농축작용

식육 중의 수분이 완전히 동결되는 공정점(eutectic point)은 -60℃로 알려져 있으며, 식육내 수분이 동결되면 염류, 당류 등의 수용성 성분들이 분리농축되어 국소적으로 편재됨으로 단백질의 변성을 초래할 수 있다.

3) 경화결합작용

식육 중의 수분은 동결에 의해 액체로부터 고체의 얼음으로 경화되므로 취급이 용이해진다.

4) 체적팽창에 의한 내압발생

물이 동결되면 8.7%의 체적팽창이 일어난다. 얼음은 1℃의 온도강하에 의해서 1/1000~1/20000의 체적이 수축되나, 동결시의 체적팽창에 비해 현저하게 낮기 때문에 동결의 결과 체적이 팽창된다.

일반적으로 식육을 동결하면 표면으로부터 내부로 향하여 동결이 진행된다. 이 때 동결이 진행됨에 따라서 내부의 수분이 동결되어 팽창하려면 표면층의 동결부에 의해 방해받기 때문에 내압이 발생한다. 내압은 동결속도가 빠를수록 크데, 액체질소에 의한 초급속동결시에는 내압이 크게 나타나 식육의 파손이 따르므로 5~10mm 이상의 식육을 동결하는 것은 어렵다.

5) 감량

건조에 의한 감량의 크기는 공기의 조건

<표 20> 동결냉장중 식육의 삼량표준(소련)

동결냉장의 기 간	월간감량(%)		동결냉장의 기 간	월간감량(%)		동결냉장의 기 간	월간감량(%)	
	소·양	돼 지		소·양	돼 지		소·양	돼 지
1	0.3	0.2	3	0.2	0.1	5	0.1	0.1
2	0.2	0.2	4	0.2	0.1	6	0.1	0.1
계	0.5	0.4	계	0.4	0.2	계	0.2	0.2

(온도, 습도, 유속), 동결냉장의 기간, 식육의 등급과 크기, 포장의 상태에 따라 다르다. 즉 감량이 크게 나타나는 조건은 높은 온도, 낮은 습도, 느린 유속, 긴 냉장기간, 미포장상태, 얇은 지방층 및 작은 식육 등이다. 오늘날 동결냉장시 공기의 온도, 습도, 유속 등의 조건에 관계없이 통용되는 감량의 표준은 <표 20>과 같다.

자켓트식 냉장에서는 공기온도가 균일하고 공기의 대류가 없어 상대습도가 높기 때문에 감량은 적다. 즉 -18℃, 습도 98%인 경우 월평균감량은 쇠고기 0.11%, 양고기 0.13%로 현저하게 낮다.

(2) 화학적 변화

동결저장 중의 화학적 변화에는 고기표면의 탈수건조에 의한 동결소의 형성과 변색, 지방의 산패에 의한 풍미의 변화, 단백질의 변성에 의한 보수성과 유허특성의 변화, 해동후의 육즙손실 및 효소에 의한 변화 등을 지적할 수 있다.

동결소(freezer burn)는 간과 같은 지방함량이 풍부한 조직에서 심한데 앞서 지적한 바와 같이 동결작업에 앞서 기밀포장에 의해 예방될 수 있다. 육색소의 산화에 의한 변색은 완만하게 진행되어 1년간의 저장시 쇠고기 표면의 메트헤모글로빈의 비율은 -12℃에서 80~90%, -34℃에서 40~50%이나, -50~80℃에서는 거의 변색이 일어나지 않는다. 냉장온도를 -18~-24℃로 하면 육표면의 변색을 상당히 예방할 수 있고, 포장재의 이용에 의해 크게 감소시킬 수 있다. 가금육과 돼지지방은 소나 양고기 지방보다 불포화도가 높아 산패의 위험이 크므로 같은 온도에서라도 저장기간을 단축하여

야하며, 가공육의 경우 아질산염이나 소금이 산화촉진제(pro-oxidant)로 작용하므로 가공육의 저장기간은 극히 짧고, 염지, 훈연된 제품은 가급적 동결저장하지 않는 것이 좋으며, 특히 슬라이스된 베이컨이나 런처미트는 산패의 우려가 많다.

육조직 중의 수분이 동결되면 무기성분이 조직의 일부에 농축되어 단백질을 염색시키고, 곧 단백질의 변성이 일어난다. 또한 얼음결정이 생성되면 단백질 분자의 주위에서 탈수가 일어나 단백질 분자가 서로 접근함으로써 단백질 분자간의 수소결합을 비롯한 분자간 결합이 형성되어 응집이 일어나는 것으로 생각되고 있다. 특히 마이오신(myosin), 액토마이오신(actomyosin)과 같은 비대칭성 분자에서는 탈수에 의해 개열(unfolding)이 일어나 서로 측면에서 결합됨으로써 응집변성이 초래된다.

또한 지질의 분해에 의해 생성된 유리지방산이 actomyosin의 변성을 일으키는 것으로 생각되고 있다. 식육은 어육에 비해 동결에 의한 품질변화가 적은 셈인데, 이것은 actomyosin의 안정도와 관련된 것으로 생각되나, 가금육의 단백질은 축육에 비해 비교적 변화되기가 쉽다.

Cathepsin과 같은 단백질분해효소는 trypsin, chymotrypsin, pepsin 등과 비교하여 그 작용력은 미약하나, 최근의 연구결과에 의하면 근육 중의 cathepsin의 활성은 동결에 의해 다소 증가하고, 특히 동결과 해동을 반복함에 따라 그 활성이 증가되는 것으로 알려져 있다. 그외 해당계(glycolytic system) 효소와 호흡작용에 관계되는 효소들은 쇠고기를 0℃ 정도로 냉각하면 안정되고, 단기간의 동결에 의해서 그 활성은 거의 영향을 받지 않는 것으로 알려

<표 21> 저온에서도 번식가능한 세균과 곰팡이

세균	곰팡이
<i>Bacillus proteus</i> , <i>B. vulgaris</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>B. prodigiosus</i> , <i>Staphylococcus albus</i>	<i>Thamnidium elegans</i> , <i>Mucor mucedo</i> , <i>Rhizopus nigricans</i>

져 있다.

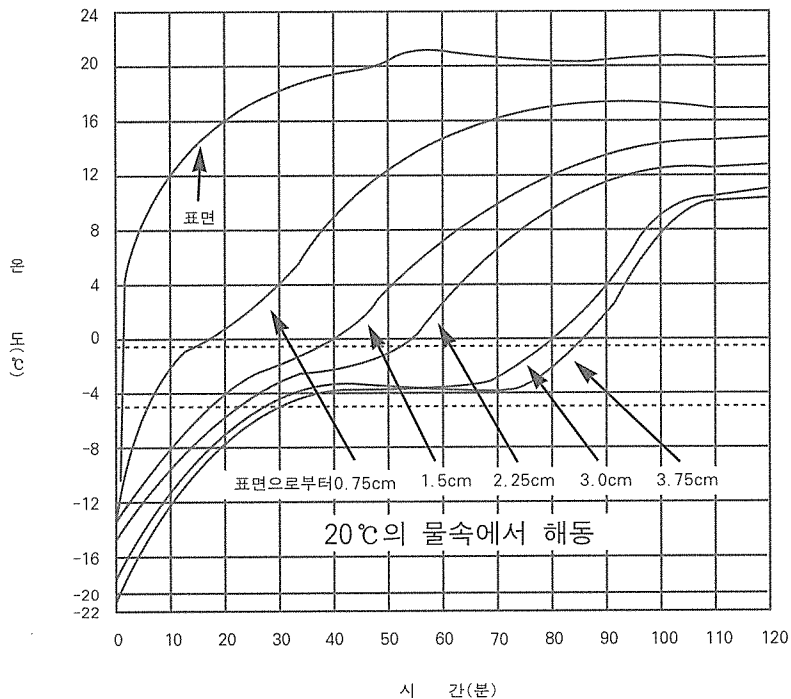
(3)미생물의 변화

냉각냉장과는 달리 동결냉장의 정상적인 온도(-18℃이하)에서는 곰팡이의 발생이 불가능하나 세균은 -12℃ 이상, 곰팡이는 -7~-8℃이상에서 발육하는 경우가 있기 때문에 온도가 부분적으로 상승하는 일이 없도록 주의하여야 한다. 저온에서 발생하는 세균과 곰팡이의 종류를 열거하면 <표 21>과 같다.

라. 동결육의 해동

동결육을 해동하여 처리, 가공, 조리코자 할 때 빙결정의 용해에 따라 온도가 상승하면 미생물과 효소의 작용을 받기 쉽게 되고, 수분의 증발과 공기에 의한 산화가 우려되며 육즙(drip)이 발생하는 등 물리적, 화학적, 미생물적 변화로 인하여 육질에 많은 영향을 끼친다.

일반적으로 해동(thawing)은 <그림 5>에서 보는 바와 같이 동결보다 완만하게 진행되며, 해동시 고기온도는 -2℃(내부온도)까



<그림 5> 해동곡선의 형상

〈표 22〉 해동방법별 식육(1.36kg)의 해동시간

해 동 방 법	해동시간	해 동 방 법	해동시간(시간)	해 동 방 법	해동시간
전기냉장고	24	실온에서 송풍	5~6	흐르는 물(방수주머니)	3~4
실 온	10~12	온도 73℃의 오븐중	3~4		

〈표 23〉 돼지고기의 해동과 냉장중의 drip발생율(%)

식 육		급 속 해 동			중 속 해 동			완 만 해 동		
부위별	냉장일수	급속해동	냉장중	계	해동중	냉장중	계	해동중	냉장중	계
앞다리	124	3.01	1.13	4.14	3.16	0.70	3.86	1.27	0.12	1.69
		2.56	0	2.56	1.95	1.62	3.57			
등심	114	3.38	0.68	4.05	1.66	1.24	2.90	0	7.61	7.61
		1.65	1.10	2.75	3.00	2.50	5.50			
삼겹살	116	1.43	0	1.43	3.09	1.23	4.32	1.25	0.12	1.55
		1.71	0	1.71	1.12	1.12	2.23			
뒷다리	119	6.12	0	6.12	4.98	0	4.98	1.98	0	1.90
		2.21	0	2.21	3.42	1.28	4.70			
평균	-	3.05	0.36	3.41	2.83	1.18	4.01	1.23	1.74	2.97

지는 신속하게 상승하나 해동이 완료될 때까지는 장시간이 소요되므로 세심한 주의가 필요하다.

해동방법에는 공기해동, 침수해동, 가열해동 등의 외부가열법과 microwave 오븐에 의한 내부가열법으로 대별된다. 공기해동에서는 고온 공기해동의 경우 빨리 해동된 표면은 변색, 변질, 건조, 먼지, 미생물, 벌레 등의 부착오염가능성이 많고, 송풍에 의한 해동은 지나친 건조가 우려되므로, 조리냉동식품은 100℃ 이상의 열풍, 가공재료로 쓸 냉동식품은 6~8℃, 상대습도 90~95%의 해동실에서 해동하는 것이 보통인데, 해동실의 온도, 고기의 크기, 순환공기의 속도 등에 따라 1~5일이 소요된다.

침수해동은 10℃ 이하의 냉수 또는 식염수에 의한 것으로 공기중 해동보다 빠르고, 특히 흐르는 물이나 수량이 많을수록 해동

이 빠르나, 노출시에는 영양분의 손실이나 미생물의 오염가능성이 있으므로 폴리에틸렌 주머니에 넣어 해동하는 것이 좋다. 이와 마찬가지로 쇠빙 또는 소량의 물을 넣은 빙수 중에서 해동하는 방법도 널리 쓰이는데 그 효과와 사용상의 유의점은 앞서와 같다.

최근 전기해동법으로 적외선해동(infrared defrosting), 줄가열해동(Joules heat defrosting), 초음파해동(ultrasonic defrosting) 등이 검토되고 있고, 특히 microwave 오븐에 의한 해동이 널리 보급되고 있다. microwave 오븐은 1~5Mc의 초단파 또는 1,000~2,450Mc의 극초단파에 의해 해동하는 것으로 분리수분이 거의 없고 단시간내에 균일한 해동이 가능하여 가장 좋은 해동방법으로 알려져 있다.

해동속도를 보면 저온의 해동매체를 이



(본사진은 특정사실과 관련 없음)

용하는 완만해동(slow defrosting)과 고온이나 microwave에 의한 급속해동(quick defrosting)이 있으나 최근 포장동결식품에 대해서는 급속해동법이 권장되고 있다.

식육(1.36kg)의 해동시 해동방법별 해동시간을 보면 <표 22>와 같다.

한편 해동에 의해 발생하는 drip의 양은 여러 가지 요인별로 차이가 있는데, 이를 -33°C 이하의 동결실에서 24시간 동결하고 -18°C 에 냉동저장한 돼지고기를 서로 다른 조건에서 중심부의 온도가 $-1\sim 0^{\circ}\text{C}$ 가 되도록 해동하였을 때 drip발생율은 <표 23>과 같다. 이 표에서 급속해동은 공기온도 25°C , 해동시간 20시간, 중속해동은 공기온도 10°C , 24시간 후 25°C , 해동시간 25시간, 완만해동은 공기온도 $0\sim 1^{\circ}\text{C}$, 48시간 후 10°C , 해동시간 52시간을 각각 나타내며, 냉장중이라함은 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 의 냉장실에서 24시간

냉장한 경우를 의미한다. 여기서 해동이 저온에서 완만하게 이루어진 경우에는 분리육즙의 발생율이 낮아진다는 것을 알 수 있다.

분리육즙의 발생율에 대한 pH의 영향을 살펴보면 pH5.0~5.2일 때 가장 높은 반면에 pH6.4에서는 거의 분리육즙이 발생하지 않으며, 구체적으로 보아 pH6.2~6.5에서는 0.7%에 지나지 않았으나 pH5.7~5.9인 경우에는 4.3%에 달한다.

일단 해동된 고기는 그 변패 가능성이 신선육보다 더 높으므로 가급적 빨리 조리하여 급식하도록 해야 하며, 즉시 조리에 이용하지 않을 경우에는 신속하게 냉장하여야 한다. 또 동결과 해동이 반복될수록 조직이 파괴되고 다즙성과 풍미 등의 품질이 저하되므로 해동은 언제나 조리 직전에 하는 것이 가장 이상적이다.

* 이 글은 “식육의 과학과 이용(박형기, 오홍록 외 15인 공저)”에서 발췌한 것임.