

## 식품의 저온보존기술

### Low-temperature Preservation of Foods

박 준 택  
J. T. Park  
한국에너지기술연구소



· 1952년생  
· 흡착 및 막분리 기술의 응용과 폐열회수기술개발 등에 관심을 가지고 있다.

#### 1. 머리말

1991년도 우리나라 식품수급은 곡류 2,000만 M/T, 채소류 870만 M/T, 과실류 2,100만 M/T, 육류 1,200만 M/T, 우유류 1,900만 M/T 등으로 알려져 있다. 이들중 대부분의 식품은 상온저장이 불가능하고 저온저장을 요하는 것들이지만, 여건상 몇가지 품목을 제외하고는 상온에서 보관함으로 말미암아 식품자체의 신선도를 유지하지 못해 막대한 경제적 손실을 초래하고 있다. 뿐만 아니라 식품의 품질 하락으로 인해 가격경쟁에 있어서도 외국 농산물에 비해 불리한 여건에 처해 있다.

현재까지 개발된 많은 저장법중에서 냉장법과 냉동법은 정도의 차이는 있더라도 식품의 영양소와 풍미를 천연상태 가까이 보존할 수 있는 점에서 다른 저장법에 비해서 월등히 우수한 방법이라 할 수 있다. 특히 냉동법은 이론적으로 볼 때에 식품을 반영구적으로 신선한 상태로 저장할 수가 있다. 냉장법에 있어서 몇가지 결점이 있기는 하지만 가정에서의 단기간의 보존 또는 저온

유통상에 끼친 공헌이 지대하다고 할 수 있으며 냉장과 가스저장의 원리를 결합하면 더욱 효과적인 경우도 있다.

냉장 및 냉동저장은 식품의 종류에 따라 임의로 적정한 온도를 유지할 수 있기 때문에 식품의 저장성을 크게 향상시켜 왔으며, 지속적인 새로운 기술의 개발에 의해 저장효율이 개선되고 있다. 새로운 단열재의 개발로 저장창고의 보온효과도 높아지고 있으며, 고효율 냉동·냉장 사이클을 이용함으로써 운영비용의 절감에 노력하고 있다.

그러나 저온저장법에 의한 식품의 저장기술은 수산물과 육류를 중심으로 개발되어 오긴 했지만 저장기술에 대한 체계적이고 광범위한 기술분석이 미비하여 대체적으로 허술하게 시행되고 있는 것이 오늘의 현실이다. 특히 냉장, 냉동저장은 다른 방법에 비해 에너지 소비가 많아 운영비용이 많이 들어 저장식품의 가격경쟁력을 저하시키는 큰 요인이 되고 있다. 식품의 종류에 따른 저온저장기술의 체계적인 분석은 매우 유용하다고 생각되어지며, 이 자료는 저온저장고를 설계하는데 중요한 참고자료가 되리라 생각한다.

## 2. 저온저장 중에 일어나는 식품의 변화

### 2.1 냉장저장 중에 일어나는 품질의 변화

#### (1) 수분의 증발

저온에서 저장되는 동안에 식품 중의 수분이 증발하여 중량의 감소가 일어나고 이에 따라 과실과 야채에서는 시들음 현상, 연화, 변색 등의 현상을 일으킨다. 증발이 진행되고 있을 때에는 동시에 산화작용도 수반하기 때문에 비타민 C의 감소가 일어난다.

#### (2) 생리작용

과실이나 채소는 저온저장중에도 성숙작용이 계속되고 있기 때문에 자체에 함유된 성분상의 변화를 가져온다. 예를 들어 전분과 당의 비율이나 당과 산의 비율, 펙틴질의 변화, 비타민 C의 감소, 향미와 색소의 변화 등을 볼 수 있다. 이같은 변화는 생체의 생화학적인 작용에 의한 것으로 숙성이 진행되어 품질이 좋아지는 경우도 있으나 대체적으로 식품의 선도를 저하시켜 기호성에 나쁜 영향을 미치게 된다.

#### (3) 미생물의 번식

저온저장중 과실과 채소의 생체는 점점 약해져서 상처가 있으면 곰팡이가 번식하게 된다. 육류에서는 곰팡이와 세균이 번식할 수 있으며 세균이 번식했을 때는 진(slime)이 발생한다. 냉장저장에서는 미생물의 번식과 분해작용을 충분히 억제할 수 없으므로 너무 오랫동안 냉장저장을 하면 부패하게 된다.

#### (4) 지질의 변화

식품중의 지질은 가수분해, 지방산의 산화, 중합 등 복잡한 변화를 일으키고 이 때문에 풍미의 저하, 변색, 산패 등을 유발시켜 식품의 기호성을 해치게 된다. 지질의 산화는 0℃ 이상에서보다 그 이하에서 산화속도가 더 빠른 것으로 알려져 있다. 그 이유는 동결에 의해서 얼음이 석출되면 수용성 금속이온 농도가 상대적으로 높아져서 그것들에 의한 촉매효과가 상승하기 때문에 자

동산화가 촉진하게 된다.

#### (5) 향취의 이동

향취가 강한 식품과 그렇지 않은 식품이 같은 저장고내에 있게 되면 향취가 이동하게 된다. 예를 들어 양파와 달걀이 같이 있으면 달걀은 양파의 향취를 흡수하여 풍미가 좋지 않게 된다. 그리고 사과와 celery, 양배추, 감자 또는 양파 등과 저장하면 맛이 변하며 굵도 다른 냄새를 잘 흡수하는 편이다. 특히 어류나 기타 향취가 강한 채소는 같이 한곳에 저장하면 안된다.

#### (6) 저온장애(chilling injury)

과일이나 채소중의 어떤 종류는 저온상태로 두면 생리적 기능의 균형이 깨져서 병의 증상, 즉 장애를 일으키는 것이 있다. 그 증상으로는 냉장중에 연화하여 반점이 나타나고 내심부가 변색한다. 표면에 생긴 반점부에는 곰팡이가 발생하게 되어 피해는 점점 커지게 된다. 바나나, 파인애플, 호박, 토마토, 오이 등은 저온에 약하므로 저장할 때 주의가 요하는 과채류들이다.

### 2.2 냉동저장중에 일어나는 품질의 변화

#### (1) 변색

냉동에 의해서 변색이 되는 것이 아니고 상온에서 일어나는 색의 변화가 냉동에서도 느리게 진행되어서 생기는 것이다. 변색은 요인에 따라서 물리적, 화학적 그리고 미생물적인 것으로 구분할 수 있다. 물리적인 것은 원료상태 그대로인 경우에 수분이 증발하여 색소가 농후하게 되고, 동시에 광택을 잃게 되는 현상으로 청과물과 육류 등을 빙결점이상에서 냉장하는 경우에 볼 수 있다. 동결한 식품에서는 얼음이 승화되어 면이 거칠어지거나 하얗게 바랜 것 같이 보이는 경우도 있다. 미생물적인 것은 곰팡이, 효모, 세균에 의해서 일어나는 변색이다. 예를 들면 넘치의 황녹변으로 이것은 *Pseudomonas fluorescens*가 저온에서도 번식하여 생기는 것이다. 화학적 변색에는 여러가지가 있지만 그 중 가장 중요한 것은 갈변(browning)

reaction)이다.

(2) 드립(drip) 현상

동결식품은 해동하면 체액(식품의 용액)이 분리되어 나오는데 이것을 드립이라 하며 드립의 발생율은 품질을 측정하는 척도의 하나가 된다. 드립중에는 수용성 성분이 포함되어 있으므로 해동과 그 후의 취급중에 드립이 유출되면 단백질, 엑스분(extractives) 염류, 비타민류 등의 수용성 성분을 잃게 되므로 식품의 풍미와 영양분이 감소할 뿐만 아니라 식품중량은 드립량 만큼 감소되므로 식품의 가치와 중량의 손실이 있게 된다. 드립의 발생율은 식품의 선도, 종류, 모양, 크기, 전처리와 동결방법(완만동결 또는 급속동결), 냉장온도와 기간, 그리고 해동방법 등에 따라 다르지만 그 비율은 적을수록 좋다.

(3) 식품성분의 변화

단백질, 탄수화물, 지방, 무기질 등의 영양소는 실용적이고 정상적인 방법으로 실시한 동결에서는 변화가 없지만 동결 전처리와 냉장온도, 동결방법, 해동방법 등에 중대한 결함이 있을 경우에만 변화를 초래하게 된다.

(4) freezer burn

동결식품의 승화(sublimation)에 의해 일어나는 freezer burn은 물의 증발에 의해 일어나는 건조보다 더 좋지 않은 결과를 초래한다. 그 이유는 빙결정이 승화한 빈 자리는 미세한 구멍이 생기게 되고 따라서 점점 내부까지 공기가 접촉하게 되어 승화작용이 계속 진행되며 동시에 산화작용이 일어나기 때문이다. 건조와 동시에 지방이 산화되면 표면이 갈변하게 되는 것은 특히 어육에서 많이 볼 수 있는 현상이다. 닭고기, 식육, 야채 등에서는 표면이 건조하면 하얗게 퇴색된 반점이 생기고 그 부분은 고유색깔을 상실하게 되는데 이것도 freezer burn의 한 형태라 할 수 있다. Freezer burn을 방지하는 방법으로는 밀착포장을 하거나 용액에 침지하는 방법이 있다. 포장재료로는 폴리에틸렌이 적합하지만 이것보다는 saran film을

적층시킨(laminating) 폴리에틸렌이 좋고 가장 편한 것은 cryovac(비닐봉지)이다.

3. 농수산식품의 저온저장 조건 및 방법

3.1 과채류

(1) 과채류의 생활작용과 품질저하

과채류는 다른 농수산식품과는 달리 수확한 후에도 생활작용을 계속한다. 이들의 생활작용은 호흡작용, 증산작용, 추속작용으로 나누어 볼 수 있다. 과채류를 저장한다고 하는 것은 그 생활작용을 완만하게 영위시킴으로써 수명을 연장시키는 작업이라 할 수 있기 때문에 과채류의 저장을 효과적으로 하기 위해서는 생활작용에 대한 온도 및 환경기체의 영향을 잘 이해할 필요가 있다.

① 호흡작용과 온도와의 관계

과채류는 수확후에도 호흡작용을 계속하게 되는데 이 현상은 과채류가 O<sub>2</sub>를 섭취하여 체내에서 유기물을 효소적으로 산화하여

표 1. 각종 과실과 채소의 호흡열

품명	1톤당 24시간에 발생하는 cal		
	32°F(0℃)	40°F(약 4.4℃)	60°F(약 16℃)
사과	75.6~201.6	149~212	572~874
강낭콩	1,386~1,552	2,308~2,870	8,087~11,121
브로콜리	1,877	2,772~4,435	8,535~12,600
양배추	302	421	1,028
당근(잎이 달린 것)	537	874	2,029
셀러리	408	610	2,087
옥수수	1,653	2,366	9,679
양파	162~277	428~499	-
오렌지	106~260	328~393	920~1,303
복숭아	214~345	287~512	1,830~3,446
배, 바나나, 딸기	166~222	-	2,218~3,326
완두콩	2,056	3,331	9,891
감자	111~222	277~444	554~887
시금치	1,068~1,225	1,978~2,825	9,304~9,576
딸기	688~958	922~1,701	3,896~5,111
고구마	300~615	431~844	1,079~1,588
토마토(녹숙)	146	270	1,570
토마토(완숙)	257	315	1,421

표 2. 각종 채소류의 호흡 온도계수

품 목	Q <sub>10</sub>					
	0~5℃	5~10℃	10~15℃	15~20℃	20~25℃	25~30℃
아스파라거스	3.3	4.2	1.2	2.3	1.5	2.0
브 로 콜 리	5.2	4.6	3.9	2.7	-	-
양 배 추	2.5	1.5	3.2	1.6	-	-
당 근	2.0	2.3	1.5	2.8	-	-
꽃 양 배 추	1.8	2.4	1.7	2.7	-	-
샐 러 리	3.5	4.0	1.7	-	-	-
오 이	-	-	-	2.1	1.3	2.3
마 늘	4.0	2.2	1.5	-	-	-
부 추	3.7	4.6	2.6	-	-	-
양 상 추	2.0	2.5	2.4	2.3	1.9	-
잎 상 추	2.0	1.7	2.3	2.3	2.0	-
양 파	1.6	3.9	2.1	2.1	2.5	-
삼 자	-	1.7	2.9	1.9	-	-
시 금 처	-	4.8	2.4	1.6	-	-
토마토(녹숙)	-	-	-	2.6	1.5	1.2
토마토(완숙)	-	-	-	2.1	1.4	1.8
순무, 뿌리	8.2	1.7	1.3	-	-	-

에너지를 유리시키고 체외로 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O를 배출하는 반응을 말한다. 호흡작용으로 포도당이 연소되었을 때에는 아래와 같이 674cal가 방출되며 이를 호흡열이라 한다.



표 1에 나타난 것처럼 호흡열은 온도에 따라 큰 차이를 나타내는 것을 알 수 있다.

과채류의 호흡량의 온도에 대한 영향의 정도를 온도계수(Q<sub>10</sub> 값)으로 표시할 수 있는데 온도 10℃ 변화에 대한 호흡량의 변화 정도를 말한다. 표 2에 나타난 바와 같이 대략 2~5의 범위에 속하고 있다. 따라서 15℃로 5일간 저장할 수 있는 것이라면 5℃로는 10~25일간 저장할 수 있다는 것을 의미하고 있다.

#### ② 성장작용과 온도와의 관계

수확한 후에 일어나는 과채류의 성장작용은 식품의 품질을 저하시키게 된다. 예를 들어 아스파라거스와 죽순은 육질이 섬유화되고 무우는 바람이 들며 고구마, 감자와 양파는 발아를 한다. 이러한 작용을 억제하기 위

해서는 저온으로 저장하는 것이 가장 효과적이며 5℃에서는 성장작용이 거의 정지된다.

#### ③ 추숙작용(after ripening)과 온도

과실을 수확할 때는 필요한 정도로 숙성한 것을 골라서 한다. 그러나 수확한 후에도 숙성작용은 계속되는데 이와 같은 수확후의 숙성을 추숙이라 부른다. 어떤 과실은 충분히 숙성한 것을 수확하여 저장 중에는 그 이상이 추숙이 진행되지 않도록 억제해야 할 경우도 있고 또 어떤 것은 다소 미숙한 것을 수확하여 적당한 방법으로 추숙을 조장하는 경우도 있다. 예를 들어 밀감, 사과, 포도, 감, 배 등 대부분의 과실은 충분히 식용할 수 있는 상태로 숙성했을 때 수확하여 저온 저장의 방법으로 추숙을 억제해야만 추숙으로 인한 품질의 저하를 막을 수가 있으며 서양배와 바나나는 완숙되었을 때 수확하는 것보다는 다소 미숙한 것을 수확하여 추숙시키는 것이 오히려 품질에 있어서 더 유리하다.

#### ④ 증산작용과 온도 및 습도

과채류의 저장 중에 일어나는 증산작용은 그 품질과 밀접한 관계가 있다. 증산에 의해 약 15%의 증량감소가 일어나면 과채류의 표면은 광택이 없어지고 주름이 잡히는 동시에 육질도 저하되어 과채류의 생명이라 할 수 있는 신선미가 현저히 감소한다. 과채류의 내부구조와 저장조건이 수분손실 정도에 큰 영향을 미치지만 특히 수분함량과 과채류와 접하고 있는 저장고내의 공기온도, 공기의 이동, 대기압에 의존한다.

온도에 대한 과채류의 증산작용의 특성에 따라 과채류를 다음 3가지 형태로 분류할 수 있다.

- 온도가 낮아짐에 따라 증산작용이 크게 감소하는 것  
사과, 귤, 감, 배, 감자, 양파, 수박 등
- 온도가 낮아짐에 따라 증산작용이 감소하는 것  
오렌지, 자두, 비파, 복숭아, 토마토 등

표 3. 과채류의 최적저장조건 및 저장가능 기간과 특성

종 류	최적조건		저장가능 기 간	동결온도 (℃)	함수율 (%)	
	Temp.(℃)	RH(%)				
오렌지	California	3.3~8.9	85~90	3~8w	-1.3	87.2
	Florida, Texas	0	85~90	8~12w	-0.8	87.2
레몬		14.4~15.6	85~90	1~6m	-1.4	89.3
사과		-1.1~4.4	90	3~8m	-1.5	84.1
서양배		-1.1~0.6	90~95	2~7m	-1.6	82.7
복숭아		-0.6~0	90	2~4w	-0.9	89.1
살구		-0.6~0	90	1~2w	-1.0	85.4
자두		-0.6~0	90~95	2~4w	-0.8	85.7
포도		-1.1~0.6	90~95	3~6m	-2.2	81.6
감		-1.1	90	3~4m	-2.2	78.2
양딸기		0	90~95	5~7d	-0.8	89.9
참외(cantaloup)		2.2~4.4	85~90	15d	-1.2	92.0
수박		4.4~10.0	80~85	2~3w	-0.9	92.6
바나나	녹색	13.3~14.4	90~95		-0.8	74.8
	황색	13.3~14.4	85	2~4d		
파인애플		7.2~12.8	85~90	2~4w	-1.1	85.3
토마토	미숙	12.8~21.1	85~90	1~3w	-0.6	93.0
	성숙	7.2~10.0	85~90	4~7d	-0.5	94.1
오이		7.2~10.0	90~95	10~14d	-0.5	96.1
가지		7.2~10.0	90	1w	-0.8	92.7
완두		0	90~95	1~3w	-0.6	74.3
옥수수		0	90~95	4~8d	-0.6	73.9
배추		0	90~95	2~2m		95.0
양배추	봄에 수확	0	90~95	3~6w	-0.0	92.4
	가을에 수확	0	90~95	3~4m	-0.9	92.4
서양상추		0	95	2~3w	-0.2	94.8
시금치		0	90~95	10~14d	-0.3	92.7
셀러리		0	90~95	2~3m	-0.5	93.7
아스파라거스		0~	95	2~3w	-0.6	93.0
양파		0	65~70	1~8m	-0.8	87.5
마늘		0	70~65	6~7m	-0.8	61.3
당근		0	90~95	4~5m	-1.4	88.2
호박		10.0~12.8	70~75	2~3m	-0.8	90.5
감자	봄에 수확	10.0	90	2~3m	-0.6	81.2
	가을에 수확	3.3~4.4	90	5~8m	-0.6	77.8
버섯		0	90	3~4d	-0.9	91.1

비고 : w ; weeks, m ; months, d ; days

- 온도에 상관없이 어떤 온도에서도 증산작용이 활발한 것  
버찌, 샐러리, 아스파라거스, 딸기, 양송이 등

과채류에서 수분증산을 억제하고 저장성을 향상시키기 위해서는 주위 공기의 습도를 높게 해야 한다. 그러나 너무 높으면 오히려 미생물의 번식으로 인한 피해가 있으므로 적당한 습도를 유지해야 하는데 대개의 경우 85~90%로 저장하고 있다.

(2) 과채류의 저온저장 조건(온도 및 습도)

#### ① 저장온도

과채류는 저장온도가 낮을수록 호흡작용과 증산작용이 줄어들어 품질의 저하를 방지할 수 있고 미생물의 번식도 억제할 수 있기 때문에 저장기간을 연장할 수가 있다. 그러나 종류에 따라 저온감수성이 큰 것이 있어 적정온도 이하로 되면 저온장애를 입을 수 있기 때문에 주의가 요구된다. 또한 빙결점 이하로 온도가 내려가면 동결장애를 입어 과채류의 피해가 커지기 때문에 빙결점 이상의 온도에서 저장해야만 한다. 표 3에 과채류의 저장 적정온도와 평균빙점이 나타나 있다.

#### ② 저장습도

저장고의 습도는 증산작용에 큰 영향을 미치기 때문에 매우 세심한 주의를 요한다. 표 3에 나타난 바와 같이 일반적으로 85~90%의 조건에서 저온저장하는데, 습도가 높으면 증산작용이 감소되어 중량감소 및 품질저하는 적지만 반면에 미생물의 번식이 증가될 수 있어서 적정습도에서 저장해야만 최대의 저장효과를 얻을 수 있다.

### 3.2 곡물류

#### (1) 저장중의 변화

##### ① 화학적 변화

저장중인 미곡과 맥류는 정도의 차이는 있으나 항상 호흡, 산화, 효소작용 등의 화학적 변화가 진행되고 있다. 지방은 분해되

어 유리지방산이 증가하며 그 다음이 전분이고 단백질은 변화가 비교적 느린 편이다. 특히 단백질은 저장 중 약알칼리 용액에 대한 가용성이 감소한다. 무기질의 경우 Cl나 K는 곡립의 겉층에서 배아부로 이동한다. 비타민 B도 저장중에 감소되는데 특히 여름철에 감소량이 큰 것으로 알려져 있다.

##### ② 생리적 변화

생리적 변화 중에서 호흡과 발열은 가장 큰 문제이다. 곡류는 저장중에 주로 호흡에 의해서 그 성분을 소모시키게 되는데 호흡작용은 곡립 그 자체와 미생물과 해충의 대사작용과 서로 복잡한 관계가 있다.

수분과 온도는 호흡의 대소를 결정하는 주요인이며 이 두 조건이 다 낮으면 호흡이 감소하여 저장성이 좋아진다. 수분이 높으면 호흡이 증가하고 미생물의 활동도 따르게 된다. 저장중 곡류는 외부로부터 다른 원인이 없이 자연적으로 발열하는 일이 있다. 이것은 주로 왕성한 호흡과 미생물의 번식에 의한 경우가 많다. 호흡 그 자체만으로는 35℃ 이상이 되는 경우는 드물지만 바구미 등의 생물이 번식하게 되면 발열을 일으켜 겨울에도 30~35℃ 정도가 되기도 한다.

##### ③ 생물에 의한 피해

곡물 저장의 실제문제로서 미생물, 해충, 쥐 등의 생물에 의한 피해가 가장 크다. 저장 중에 곡물에 기생하는 해충은 수십종이 보고되고 있으나 그 중에 중요한 것은 딱정벌레류, 나방류 및 기미류에 속하는 것들이다. 이와 같은 해충을 구제하기 위해서는 각종 방충제와 훈연제를 사용할 수 있다.

해충에 의한 곡물의 피해가 양적손실이라고 한다면 미생물에 의한 피해는 향기의 변화와 착색 등의 질적 손실이라고 할 수 있으며, 때로는 유독물질을 분비하는 것도 있다. 수확한 곡물에는 많은 미생물이 존재하고 있으므로 최적의 생육조건을 만들어 주면 번질도 빨라진다. 대부분의 미생물은 최적온도가 20~35℃로서 국내·외 곡물류의 저장경험으로 볼 때 냉장장치가 설치된 사일

표 4. 곡물류의 저온저장기간

종 류	식품의 수분(%)	온도(℃)	상대습도(%)	저장기간(월)
현 미	13~15	13~15	70~75	10~12
차 잎	4~6	4~6	35~45	5~6
낙 화생	5~7	0~1	60~70	4~6
종 자	7~15	0~10	55~65	6~8

로에서 15℃ 이하로 저온저장을 하면 미생물의 생육을 최소화시켜 장기저장이 가능하다.

(2) 곡물류의 저장조건

일반적으로 곡물저장 중 해충의 피해를 막으려면 15℃ 이하의 저장온도가 되어야 한다. 따라서 여름철에 창고의 온도를 15℃ 이하로 유지하는 것이 저온저장이며 저온저장에서는 상대습도를 70~80% 정도로 하는 것이 적절하다. 표 4는 곡물류의 저온저장조건을 보여준다.

3.3 수산물

(1) 수산물의 냉장

① 사후변화

어패류의 품질에서는 선도가 가장 중요하며 축육과 같이 숙성처리를 할 필요가 없이 선도가 좋을수록 식미가 좋다. 어류는 사후, 경직, 해경, 자가소화라는 단계를 거쳐 부패한다. 어류는 사후에 점차로 근육이 경직하게 되며 경직중에는 육질이 매우 신선하므로 이 경직의 개시를 지연시키거나 경직기간을 길게 함으로써 선도를 오래 유지할 수 있다. 사후경직에 이르기까지의 시간과 경직의 지속시간은 어종, 저장온도, 어획법, 어획시의 취급 등에 따라서 달라진다. 금방 어획한 활어를 죽여서 10℃ 부근에서 저장했을 때 어체의 경직이 완료될 때까지 걸리는 시간은 표 5와 같다. 어종에 따라 차이가 나는 것은 함유한 ATP의 양과 이것의 분해속도가 영향을 주기 때문이다. 사후경직이 끝나면 근육은 점차 연화된다. 이것은 근육조직내의 효소에 의해 단백질과 기타성분이

표 5. 어육의 경직 완료까지 걸리는 시간 (10℃ 부근에 저장)

어 종	시 간	어 종	시 간
준 치	1시간 20분~2시간 30분	도 미	8시간 10분
몽 치	2시간 30분	악 어고기	8시간 40분
고 등 어	3시간	갈고등어	8시간 50분
농 어	3시간 40분~7시간 30분	닭 고 기	10시간 10분
참 돔	4시간 30분	복 어	11시간
전갱 어	5시간 20분~7시간 10분	말 쥐 치	13시간
취 치	7시간 20분	넙 치	13시간 40분
도 다 리	7시간 20분		

분해되기 때문이다. 일반적으로 사후변화에서는 자가소화와 동시에 또는 연속적으로 미생물이 작용하여 수산물은 점차 악변하게 된다. 어류의 신선도는 세균이 증식하기 이전인 자가소화 단계에서 크게 저하되므로 자가소화과정을 가능한 한 억제하는 것이 선도 유지상 중요하다.

② 일반 냉장

수산물을 동결점 이상의 온도인 -2℃ 부근까지 냉각하고 그 품온은 유지하면서 저장하는 방법으로서, 수산물의 냉장방법에는 건빙법(dry icing)과 수빙법(wet icing)이 있다.

건빙법은 수산물에 얼음을 접촉시켜 냉장하는 방법이다. 대부분의 생선은 그대로 얼음속에 저장하지만 다랑어와 같은 대형어는 아가미와 내장을 제거한 뒤 얼음을 넣어서 냉장저장한다. 일반적으로 체온이 높은 생선을 저장하면 생선몸체 주변의 얼음이 녹아서 생선과 얼음과의 사이에 공간이 생기고 생선이 공기와 접촉하게 되어 변색되거나 표면이 눅눅해지면서 악취가 난다. 이같은 현상을 일반적으로 아이스 번(ice burn)이라 한다. 수빙법은 맑은물 또는 바닷물을 담은 용기속에 얼음을 넣어 수산물을 냉장

하거나 물을 냉동기로서 냉각시킨 뒤 수산물과 채빙을 넣어 침지냉장하는 방법이다. 어선에서는 가다랭어, 정어리, 고등어, 꽁치, 전갱어 등을 저장할 때 사용하며, 대량처리가 용이하고 냉각효율이 좋은 것이 특징이다.

### ③ 부분동결과 초냉각

냉장법으로는 아무리 노력해도 어류의 선도유지에 한계가 있으므로 동결을 하게 되는데 0℃ 부근에서는 1~2℃의 온도만 내려도 선도유지에 효과가 크기 때문에 농어의 경우 0℃에서 냉장하는 것보다 -3℃에서 냉장하면 저장기간이 수배 연장된다. 품온이 -2~-3℃로 되면 어체와 육질의 일부가 동결하게 되며 이와 같은 상태로 저장하는 것을 부분동결(partial freezing) 또는 초냉각(super chilling)이라 하는데 유럽, 캐나다 및 일본등지에서 널리 시행되고 있다.

### (2) 수산물의 냉동

수산물은 동결점 이하 적온도 -18℃이하까지 냉각하여 수분의 대부분을 동결시킨 뒤 그 품온을 유지하면서 장기 저장하는 방법이다. 수산물의 동결방법에는 날것을 그대로 동결하는 방법과 삶아서 동결하는 방법 2가지가 있다.

## 3.4 축산물

### (1) 냉장 및 동결에 의한 품질변화

#### ① 건조에 따른 변화

축산물은 냉장 및 동결저장중에 냉장상태에서는 증발작용에 의해서, 동결상태에서는 승화작용에 의해서 제품중의 수분 또는 빙결정이 수증기로 변하여 일어난다. 냉장저장중에 일어나는 지육의 감량 예는 표 6에서 보는 바와 같이 냉장실에 입고한 2일간에 1일당 0.25~0.56%의 중량 감소가 일어난다.

동결저장중의 건조는 냉장저장의 경우보다 품질에 심각한 영향을 미친다. 냉장육의 경우 수분이 증발하면 표면의 농도가 증가하기 때문에 수증기압이 낮아져 표면은 수

표 6. 냉장 및 냉장저장 중의 고기의 감량 (%)

경과시간	소	송아지	양	돼지
12시간	2.0%	2.0%	2.0%	1.0%
24시간	2.5%	4.5%	2.5%	2.0%
36시간	3.0%	3.0%	3.0%	2.5%
46시간	3.5%	3.5%	3.5%	3.0%
8일간	4.0%	4.0%	4.5%	4.0%
14일간	4.5%	6.0%	5.0%	5.0%

축하여 건조된 피막(case hardening)을 형성하므로 차츰 건조가 어려워지지만, 동결육의 경우는 빙결점에서 승화한 후 미세공이 생길 뿐 표면수축이나 피막형성이 없어서 건조현상이 거의 심부까지 진행되기 때문이다. 동결육의 건조현상은 공기에 의한 산화작용을 수반하여 변색되는 부분이 생기며 물에 대한 흡수성을 상실케 하여 식육의 품질에 악영향을 미치게 되는데 이 현상을 freezer-burn이라 한다.

#### ② 미생물의 증식에 따른 변화

식육의 표면에 산재하여 있는 세균은 냉장저장중에 번식하면 균주를 형성하여 세균의 번식이 계속되어 균수가  $0.5 \sim 1.0 \times 10^8 / \text{cm}^2$  정도로 되면 점질물(slime)을 형성하게 된다. 점질물 형성에 관여하는 세균에는 *Achromobacter*, *Micrococcus*, *Lactobacillus* 등과 효모가 있다. 점질물 형성은 식육의 오염도, 냉장저온온도, 습도와 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다.

#### ③ 변색

적색육은 저온저장중에 변색되는데 세균의 번식에 의한 경우를 제외하고 주로 근육색소인 myoglobin과 혈장색소인 hemoglobin의 변화에 의한 것이다. 즉 myoglobin과 hemoglobin이 산소에 의해 산화되어 갈색의 met-myoglobin과 met-hemoglobin으로 되기 때문이다. 저장고내의 공기의 온도와 습도 그리고 유속이 변색에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 표 7에 나타난 것처럼 공



표 7. 공기의 조건과 유속에 따른 냉장저장  
의 한계

공기습도 (%)	냉장저장 한계일수			
	온도 0℃		온도 4℃	
	유속(m/sec)		유속(m/sec)	
	0	0.5	0	0.5
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

기의 온도와 습도의 영향이 크다는 것을 알 수 있으며 이러한 변색을 방지하기 위해서는 -20℃ 정도로는 불충분하며 -40℃ 이하에서 저장하는 것이 효과적이라고 한다.

④ 드립(drip)의 발생

동결육은 해동중에 액즙이 유출되는 현상을 나타내는데 자연적으로 흐르는 유출드립(free drip)과 약간의 압력에 의해 흘러나오는 압출드립(expressible drip)이 있다. 이런 현상은 미동결육에서는 볼 수 없고 동결에 의한 식육의 변화에서 오는 것이다. 식육은 근육 단백질의 동결에 의해 변성(denaturation)이 일어나 처음의 수화성을 잃어 탈수형으로 변하게 된다. 수분의 동결에 의해 생긴 빙결점과 동결저장중에 빙결점의 성장으로 인해 육질조직이 기계적인 손상을 받으면 그 부분이 해동된 후에는 공극간이 되고 이것을 통로로 하여 용해된 물이 외부로 유출하게 된다. 이것을 유출드립이라고 하고 손상이 경미하여 공극중 모세관 힘으로 약간의 구분이 잔류하는 경우가 있는데 이것이 압출드립이다. 드립의 발생을 줄이기 위해서는 동결속도를 가능한 한 빠르게 하여 발생하는 빙결점을 미세한 것으로 하고 동결저장온도를 -20℃ 이하로 유지하여 빙결점의 성장을 저지하는 것이 효과적이다.

(2) 저장조건

① 냉장저장

저장고내 공기온도를 -1~0℃, 습도 80~90%, 유속은 0.1~0.2m/sec 정도가 표준조

건이라 할 수 있다. 냉각방식은 유니트 쿨러를 이용하는 경우가 많으며 냉각후의 지육 표면의 피막형성이 불충분할 때는 냉장저장 초기에 습도를 낮게 하고 유속은 빠르게 하여 피막형성을 촉진시킬 필요가 있다. 수용 밀도는 서로의 접촉없이 공기의 유통이 좋도록 한다. 냉장조건에서는 선도저하가 상당히 빠르므로 저장기간이 수일안이지만 생산지의 조건이 좋은 경우, 즉 세균의 오염이 적고 냉각방법이 개량되면 2주 이상 냉장저장한 예도 있다. 냉장저장을 장기간할 경우 현저한 변화는 점질물의 발생이며 풍미에도 이상이 생겨 상품가치를 잃게 된다.

② 냉동저장

단단한 동결상태의 것으로 축산물의 품온은 -10~-15℃ 이하의 것이 대부분이다. 근래에는 -18℃ 이하의 경우를 심온동결육(deep frozen meat)라 부른다. 동결저장은 저장온도가 낮기 때문에 냉장저장에서 피할 수 없는 품질변화를 어느 정도 효과적으로 방지할 수 있으므로 수개월 동안 냉동저장이 가능하다.

저장고는 팔레트가 사용되지 않는 경우에는 저장고의 바닥에 상자를 적재할 수 있도록 설계하고 jacket와 같이 실내에 설치하는 냉각 장치로부터 적어도 1m 정도 공간을 두는 것이 공기의 순환을 돕고 축산물 건조의 감소를 위해서 필요하다.

저장고의 공기 온도는 -18℃ 이하, 습도는 80~95%, 유속은 0.5m/sec 이하가 표준이다. 냉장저장에 비하여 온도가 매우 낮기 때문에 곰팡이나 세균 번식의 염려가 없어 건조현상을 줄이기 위해 습도는 높을수록 좋지만, 온도가 낮기 때문에 냉장저장처럼 습도 조절이 사실상 불가능하다. 따라서 공기 냉각기와 공기 사이의 온도차를 줄여서 공기가 같은 온도에서도 높은 습도를 유지할 수 있도록 하는 것이 효과적이며 실내공기의 온도는 자연 대류만으로는 균일하게 유지하기 어렵기 때문에 강제대류를 필요로 한다.

#### 4. 결 론

본 고에서는 저온 저장 중에 일어나는 농수산 식품의 품질변화에 대한 이론을 정리 하였으며, 농수산 식품의 장기보존을 위한 저온저장조건에 대해 살펴보았다.

금후의 당면과제 및 애로기술로서는 각종 식품의 냉장 및 냉동중에 일어나는 물리, 화학적 변화를 최소화시킬 수 있는 최적 저장 조건 뿐만 아니라 저장비용을 최소화시켜 식품의 가격 경쟁력을 강화시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다. 아울러 냉장 및 냉동중에 일어나는 식품의 건조로 인한 중량 감소를 방지할 수 있는 기술과 저장중에 타식품으로부터의 냄새흡착을 방지할 수 있는 기술개발도 필요하다.

#### 참 고 문 헌

1. Fennema, O.R., W.D. Powrie and M. 1973, "Low-temperature preservation of foods and living matter", Marcel Dekker, Inc., New York
2. Tressler, D.K. and W.B. Van Arsdel 1986, "Commercial food freezing operations fresh foods in the freezing preservation of foods", AVI. Publ. Co., Vol.3
3. 이영춘, 1985, "식품냉동학", 신광출판사
4. 공재열, 1983, "식품냉동공학의 기초", 형설출판사
5. 김상순, 이한창, 1993, "식품저장학", 수학사
6. 김영호, 양승용, 이무하, 1988, "동결속도에 따른 쇠고기의 냉동저장중 이화학적 변화", 한국식품과학회지, 20(3) p.

447

7. 양승용, 김영호, 이무하, 1989, "우육과 돈육의 냉동저장중 품질변화에 대한 냉동변성방지제의 첨가효과", 한국식품과학회지, 21, p.364
8. 양창기, 1981, "계육의 냉장저장에 의한 물리화학적 변화에 관한 연구", 강원대학교 논문집 15, p.145
9. 이영호, 김성균, 하재호, 오광수, 차용준, 1983, "빙결점 동결에 의한 수산식품의 품질보존에 관한 연구 I. 빙결점 동결저장중의 구운 고등어의 품질변화", 한국식품과학회지, 12(2) p.62
10. 박창일, 1985, "냉동후 계육의 가열처리에 따른 감량 및 화학조성에 관한 연구", 대구대학교 산업기술연구소 논문집 4권, p. 223
11. 김동만, 신현경, 1986, "C.A. 저장한 사과의 상온 방치시 경도변화", 한국영양식량학회지 15(1), p.9
12. 손태화, 최종욱, 김성달, 1972, "청과물 저장에 관한 연구", 한국식품과학회지 4(1), p.13
13. 조길석, 김현규, 강통삼, 신호선, 1987, "상대습도와 저장온도에 따른 건조마늘 플레이크의 갈변 및 흡습특성", 한국식품과학회지 19(2), p. 176
14. 박무현, 김전평, 신동화, 1988, "생체마늘의 적정 저장조건 설정", 한국식품과학회지 20(2), p.213
15. 김동만, 김길환, 1990, "저장마늘의 녹변 현상에 관한 연구", 한국식품과학회지 22(1) p.50
16. 박노풍, 김연진, 이종욱, 1976, "사과저장에 관한 연구", 한국영양식량과학회지 5(1) p.19