

농산물 저장 시설

제1절 저온 저장

저온 저장은 상하기 쉬운 계절적인 농산물(seasonal product)의 상품성을 연장시키기 위한 기술이다. 과채류의 상품성은 수확 직후가 가장 좋기 때문에 저온 저장 기술이 없다면 그 상품성은 급격히 떨어질 것이다. 따라서, 수확 후의 판매과정에서의 품질 저하에 대처하기 위한 저온 저장이 필요하다. 그림 2-1에서와 같이 적절한 저장 기술은 농산물의 신선도를 유지하고 손실을 줄여주며, 좀 더 오랜 기간동안 상품성이 유지될 수 있게 한다. 저온 저장은 농산물의 호흡을 억제하여 대사(metabolism) 작용을 줄이고, 그밖에 향기 · 조직 · 색깔 등의 손실을 줄여준다.

농산물의 저장 목적은 다음과 같다.

- ① 냉해를 일으키지 않는 범위는 저온 저장 또는 저온 환경의 적절한 조절을 통해 농산물의 생물 활성 기능을 극소화시킨다.
- ② 농산물 표면의 수분을 억제하여 미생물의 성장과 확산을 감소시킨다.
- ③ 저장 시설내의 수분을 높은 수준으로 유지하고, 농산물과 주의 환경의 온도차를 줄임으로써, 농산물의 수분 손실로 인한 시듦 현상을 억제한다.

성공적인 장기간의 보관하려면 낮은 온도에서 세포 조직의 기능을 유지할 수 있는 최소한의 대사 작용만이 허용되어야 하지만 저장 기간 동안 상품성이 유지될 수 있도록 각각의 농산물에 따라 적당한 온도로 유지해 주어야 한다. 저온 저장에는 농산물에 따라 특별한 저장 시설이 필요하다. 즉, 감자, 고구마는 수확시에 입은 손상의 치유를 위해 고온 · 다습의 환경을 요구하고, 오렌지의 경우는 출하 이전까지 녹색이 제거되어야 한다.

저장 농산물이 대사 과정은 공기의 O₂ 함유량을 줄이고 CO₂의 함유량을 증가시킴으로써 억제될 수 있다. CA(controlled atmosphere)저장은 농산물의 대사 진행을 억제하기 위해, 저장고 내의 공기의 온도와 O₂의 함유량을 낮추고, CO₂의 함유량을 증가시킨다. CA저장 기술은 같은 온도의 일반 저온 저장법에 비하여 호흡량을 약 50%정도로 줄일 수 있다.

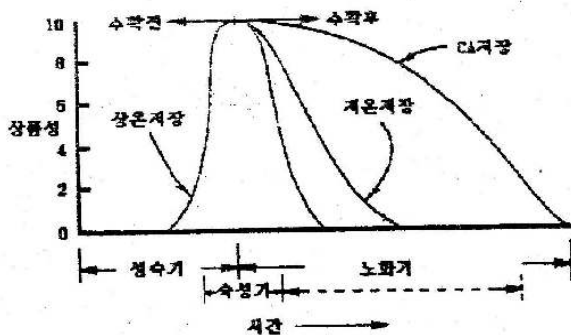


그림 2-1. 저장방식에 따른 농산물의 상품성

1-1. 저장 시설의 개념

농산물의 장기 저장에 관한 관심은 오래 전부터 있어 왔으며, 당시의 농민들은 동굴에 농산물을 저장하고 자연풍으로 과채류의 신선도를 유지시키려는 노력했지만 자연풍으로는 과채류의 후숙과 부패를 지연 시킬 수 없었다. 그 후 천연 얼음을 1890년 초까지 농산물 저장에 이용되다가 곧 냉동기가 개발되면서 기계적 냉동 장치를 이용한 저장법이 급속히 보급되었다.

- ① 상온보다 낮으며 0℃ 이상에서 저장물을 보존할 수 있는 쿨러(cooler)
- ② 0℃이하 과채류의 빙점 온도 이상에서 주로 작동되는 저온 저장 시설
- ③ -18℃이하(주로 -23℃~-29℃)에서 저장되는 냉동저장시설이 있다.

대부분의 과채류는 빙점이 -1℃정도이기 때문에 저온저장시설을 이용한다. 저온 저장 시설과 장비는 단열이 잘된 저장고와 냉동기 및 냉각된 공기를 저장고에 공급하고 순환시킬 수 있는 송풍 장치로 구성되어 있다.

1-2. 저장고의 냉각 방법

저온 저장고의 온도를 원하는 온도로 낮추거나 유지시키기 위해서는 저장고내로 찬 공기를 통풍시켜, 저장고 내의 저장물로부터 발생하는 열기를 제거해야한다. 따라서, 찬공기를 저장고 내에 균일하게 퍼지게 하는 공기의 순환은 저온 저장고에 있어서 매우 중요한 요소가 되며, 이를 위한 저장고의 냉각 방식은 다음과 같다.

1. 자연 대류식

저장실 천장에 냉각 코일이나 파이프를 설치하여 주위의 공기를 냉각시키면 냉각된 공기가 자연 대류에 의해 순환하면서 저장 농산물을 냉각시키는 방식이다. 이 방식은 저장실 내의 온도차가 크고, 냉각 속도가 느리며, 냉각 파이프에 결빙하는 서리 제거가 곤란하다.

2. 강제 통풍식

이 방식은 저온 저장고에 가장 많이 이용되는 방식으로 송풍기-코일식(그림2-2)과 배관식(그림3)이 있다. 전자는 증발기와 송풍기가 저장고의 한쪽에 설치하여, 송풍기로 찬 공기를 강제 순환시키는 방식으로 가장 일반적이다. 배관식은 저장고의 천장부에 기류를 전체 공간에 균일하게 분포시키는 덕트가 설치되어 있으며 대형 저장고에 주로 채택된다. 이 방식은 순환되는 찬공기의 흐름이 저장물 표면에 접촉되어 표면에서의 수분 증발이 커진다.

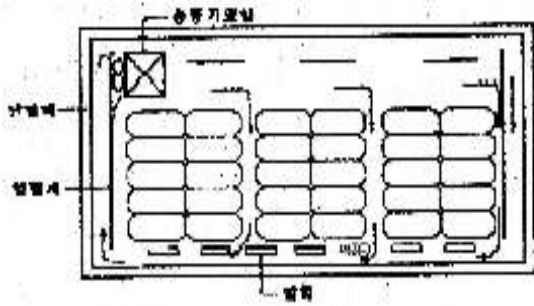


그림 2-2. 송풍기-코일식 저온 저장고

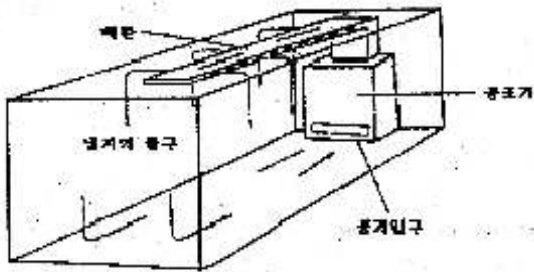


그림 2-3. 배관식 저온 저장고

3. 자켓(jacket)방식

그림 2-4에서 보는 바와 같이 저장실 내에 철판으로 자켓을 만들어 그 안에 농산물을 저장하고, 냉기류는 자켓 밖에서 순환시켜주는 방식이다. 자켓 내에는 온도의 차가 거의 없고 공기 순환이 적으므로 저장물의 수분 손실을 줄일 수 있다. 이 방식은 이미 예냉을 거친 농산물이나 급속 냉각이 필요치 않은 농산물의 저장에 적합하지만, 건설비와 운영비가 다른 방식보다는 많이 드는 결점이 있다.

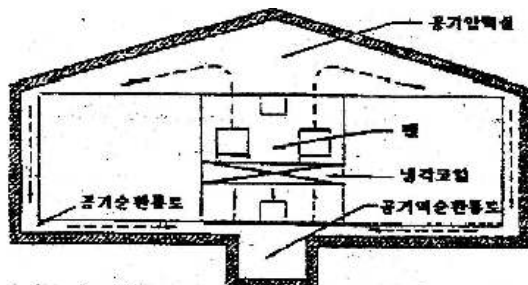


그림 2-4. 자켓 저장고의 개략도

1-3. 농산물의 저장조건

저장수명을 최대로 하기 위해서, 과채류는 동결 직전의 온도로 유지되는 것이 좋다. 저온 저장에서 주요 관심사는 내부 손상의 억제, 과일 후숙의 억제, 수분 손실의 감소, 부패 조직의 성장과 확산의 약화 등이다. 과채류의 생체 조직의 동결 온도를 추정하려면 과채류의 용해 고형량 (soluble solid conten. SSC)의 측정이 필요하다. SSC에 따라 동결 온도가 변하기 때문이다. 같은 종류의 과일이라도 입고할 때 마다 SSC가 다르기 때문에 저장고 관리자는 SSC를 측정하여 적당한 저장온도를 설정해 주어야 한다. 그림 2-5는 SSC에 따른 조직의 동결 온도의 변화를 보여주고 있다. 그림에 나타난 동결 온도이하로 저장 온도를 설정하면 동해를 입게 된다. 보통 과일에 대해 추천할 만한 저장 온도는 $-0.6\sim 0^{\circ}\text{C}$ 이다. 만약 SSC가 높으면 -1.1°C 가 더 좋다.

청과물의 저장성을 높이려면 수확후에 발생하는 생리 현상에 대한 지식이 있어야 한다. 신선도를 장기간 유지하기 위해서는 온도·습도 등의 환경 조건을 알맞게 조절하고 저장 전에 적절한 처리를 하여야 한다.

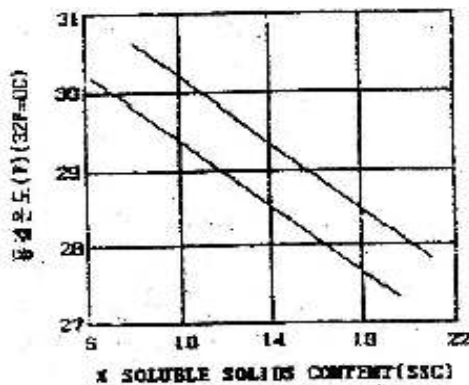


그림 2-5 SSC와 동결온도와의 관계

1. 청과물의 생리 현상

신선한 원예작물은 수확 후에도 살아 있는 생명이기 때문에 물질대사와 일반 생리 작용이 유지되고, 조직의 성장과 발육이 계속된다. 수확 후의 대사 작용은 대부분의 경우, 수확 후의 품질 변화를 일으키는 주요 요인이 된다. 또한, 청과물은 수분 함량이 많아 수확 후의 수분 증발로 품질이 크게 떨어진다. 수분 함량이 많기 때문에 조직이 약하고, 유통 과정에서 쉽게 기계적 장해를 받게 되며, 이로 인해 부패균의 침입이 쉬워 큰 손실이 발생한다.

1) 물질대사

청과물은 수확 후에 여러 가지 생리적·생화학적 과정을 통하여 물질 대사가 일어나고 구성 성분에 변화가 일어난다. 이중에서도 수확 후의 품질 관리와 직접적으로 연관되는 것은 원예작물의 호흡 대사이다. 호흡은 생명 유지에 필수적이지만 청과물의 상품 가치를 저

하시키는 주된 요인이 된다. 또 호흡은 유기질을 분해·소비할 뿐만 아니라, 산소를 흡입하고 탄산가스를 방출하여 주위의 공기 조성을 바꾸기 때문에 저장중인 청과물의 생리에 영향을 미친다. 만약 산소공급이 부족하면 발효 현상이 생기고, 탄산가스가 과잉 축적되면 청과물에 영향을 준다.

호흡으로 발생하는 호흡열은 주위의 온도를 높여 더욱 대사 작용을 가속화시키고, 냉장 비용 부담을 더욱 가중시킨다. 청과물에서 호흡 속도는 종류에 따라 빠른 것과 느린 것까지(표 2-1) 그 범위가 넓으며, 호흡 속도의 변화에 따라 호흡상승(climateric)형과 호흡 비상승형(nonclimateric)의 청과작물로(표 2-3) 구분할 수 있다. 호흡 상승형은 숙성되어 감에 따라 호흡이 갑자기 증가하고 에틸렌이 발생하기 시작한다. 반대로 호흡 비상승형은 숙성되어 감에 따라 호흡속도가 점점 감소하고 에틸렌 발생량도 최소에 머무는 것이 특색이다(표 2-2). 호흡은 온도에 절대적인 영향을 받는다. 따라서 온도는 호흡 속도에 영향을 주어 수확 후의 손실을 감소시킬 수 있는 가장 중요한 요소 중의 하나이다.

표 2-1. 청과물의 호흡 속도(mgCO₂ /Kg h: 수확직후, 20℃)

청과물 종류	호흡 속도	청과물 종류	호흡 속도
사과	17 - 35	토마토	40
배	33 - 74	아스파라거스	500
복숭아	59 - 102	브로콜리	299
오렌지	22 - 34	양파	17

표 2-2. 청과물의 에틸렌 발생량

분류	발생량(20℃)C ₂ H ₄ /kg	청과물 종류
매우낮은	0.1미만	포도, 딸기, 감자, 열채류, 근채류, 아스파라거스
낮은	0.1-1.0	오이, 가지, 단감, 파인애플, 수박, 올리브, 블루베리
보통	1.0-10	바나나, 멜론, 망고, 토마토
높은	10-100	사과, 아보카도, 배, 키위, 복숭아

표 2-3. 청과물의 익는 동안 호흡상태

호흡 상승형 과실	호흡 비상승형 과실
사과, 배, 복숭아, 멜론, 감, 수박, 토마토, 키위, 살구, 바나나	포도, 딸기, 밀감, 고추, 가지, 오이, 오렌지, 양앵두, 파인애플

2) 생리적 장애

생리적 장애는 공기조성, 온도, 영양 등의 적합지 못한 조건에서 청과물 자체의 생리 변화로 야기되는 장애이다.

(1) 공기 조성 요인의 장애

에틸렌은 미세한 양으로 식물의 성장이나 발육에 여러 가지 영향을 미칠 뿐만 아니라, 또

든 식물에 의해서 생산되는 하나의 식물 호르몬으로 인정받고 있다. 에틸렌이 식물에 미치는 영향중에서 대표적인 것은 조직의 노화 현상을 촉진하는 것이다. 에틸렌의 발생 속도는 작물의 종류에 따라 큰 차이를 나타낸다. 대체적으로 호흡상승형의 청과물이 호흡 비상승형에 비해 에틸렌 발생 속도가 높다. 이외에도 에틸렌은 작물의 호흡이 증가될수록 많이 발생하고 건조·침수·물리적 장해·병충해 등 나쁜 조건에서, 또는 온도가 높을수록 에틸렌이 증가되어 환경에 많은 변화를 나타낸다.

청과물에 에틸렌 발생이 많을 때는 환기를 시켜 저장고 내에 축적된 에틸렌의 농도를 감소시켜야 한다. 또한, 주위 온도를 낮추거나 주위 공기 조성 중 산소는 낮고 탄산가스는 높게 유지하면 에틸렌 발생 속도를 감소시킬 수 있다.

(2) 온도 요인에 의한 장해

① 동해 : 빙점 이하로 일정한 시간 이상 방치했을 때 발생하는 생리 장해로 조직을 건조시키고 세포를 파괴시켜 심한 갈변 현상을 일으킨다.

② 냉해 : 열대성 작물에서 많이 나타나는데 0℃ 이상, 12℃ 이하 낮은 온도에서 일정 기간 저장할 때, 부분적으로 조직이 상하거나, 갈변현상 · 수침현상 · 표피 장해 등의 형태로 나타나며, 정상적으로 익지 않고 부패균의 침입이 용이하여 저장력이 크게 떨어진다.

③ 고온 장해 : 보통 수확 전 강한 직사광선의 영향으로 조직이 검게 변하거나 수확 후에도 온도가 너무 높아 착색이 잘 안되고 익지 않는 등의 여러 가지 장해를 보인다.

④ 영양 장해 : 생육 중에 미량원소나 영양이 부족할 때 나타나며, 예를 들어 칼슘을 충분히 施肥하지 않으면 저장 중에 고두병과 같이 조직이 부분적으로 마르고 갈색으로 변하는 경우가 생긴다.

(3) 성장과 발육

대부분의 청과물은 주위 환경 조건이 적합하면 수확 후에도 조직의 성장과 발육이 계속된다. 예를 들어 배추나 샐러리에 잎이나 꽃대가 자라는 경우, 감자 · 양파 · 마늘에서 싹이나 뿌리가 나는 경우, 청과물의 형태가 길어지거나 휘어지는 경우, 발아하는 것 등을 들 수 있다. 이때 저장 유기물이 소비되고 청과물의 품질이 급격히 떨어져 상품성을 잃게 된다. 청과물의 성장과 발육도 생체적 반응이기 때문에 주위 온도에 비례하여 나타난다. 따라서 온도를 낮게 유지하거나 CA저장을 통해 어느 정도 성장과 발육을 지연시킬 수 있다. 또한, 감자 · 양파 등이 싹이 나는 것을 억제하기 위해 약제 처리나 X선 또는 감마선과 같은 방사선을 처리할 수 있다.

(4) 수분손실

대부분의 청과물은 수분을 80%이상 함유하고 있기 때문에 표피를 통해 수분 증발이 있다. 수분 증발은 무게의 직접적인 손실을 의미할 뿐 아니라 시들어 보이고 조직감도 좋지 않아 상품가치를 크게 저하시킨다. 청과물의 내부는 수분으로 포화되어 있지만 청과물을 싸고 있는 공기는 그렇지 못한 경우가 많다. 따라서 주위 공기와 작물 내부 사이의 수증기압 차이가 생겨 주위 공기가 100% 포화되어 있지 않는 한 작물로부터 수분 증발은 항상 일어난다.

수분 증발은 여러 가지 요인에 따라 영향을 받는데 청과물의 내적 요인으로는 형태적 구조 · 표면적과 부피의 비 · 물리적 장애 등을 들 수 있고, 외적 요인으로는 주위 환경과 작물과의 수증기압차와 주위 공기의 움직임 정도 등을 들 수 있다. 표피를 싸고 있는 왁스층의 두께가 두껍고 구조가 치밀할수록 수분 증발은 억제된다. 또한 물리적 손상을 입으면 수분 손실이 크다.

수분 증발을 감소시키기 위해서는 수확 후에 작물에 수분을 직접 처리하거나 주위 환경과 작물과의 수증기압차를 최소화하는 몇 가지 방법이 있다. 감자와 고구마에서와 같이 고온 · 고습에서 일정기간 치유시키면 표피의 코르크층이 발달하여 상처 부분이 아물어 수분 증발이 억제 된다. 또 양파와 마늘은 자연 상태에서 줄기 부분과 겉껍질을 말려둔다. 수분 증발을 감소시키기 위하여 인위적으로 표피에 왁스를 처리하기도 한다.

작물과 주위 공기와의 수증기압차를 낮추기 위해서는 주위 온도를 낮추고 공기의 습도를 높여주어야만 한다. 공기의 유동이 크면 작물 표피층을 감싸고 있던 얇은 수증기 막이 제거 되어 수분 증발이 심해진다. 따라서 공기의 유동은 작물의 호흡열을 제거하는데 필요한 양으로 제한해 수분 손실을 최대한 방지하여야 수확 후의 품질을 장기간 유지할 수 있다.

2. 저장중의 병리적 장애

수확 후 관리에 있어서 곰팡이나 부패균의 침입으로 받는 손실을 병리적 장애라 한다. 청과물의 미생물 피해 정도는 여러 가지 요인에 따라 다르다. 즉, 청과물의 천연적 특성 · 균에 대한 저항력 · 수분함량 · 산도 등에 의해 결정된다.

낮은 온도는 많은 부패 미생물의 성장을 저해시키는데 매우 효과적이다. 따라서 청과물의 신선도를 오래 유지하고 병리적 손실을 감소시키는데 가장 중요한 것은 온도 관리이다. 냉장과 더불어 몇 가지 수확후 처리를 하면 더욱 병리적 장애로부터 발생하는 손실을 감소시킬 수 있다. 수확 후 작물에 표피 처리(왁스, 코팅 등)를 하여 병균의 침입을 막고, 오염도를 줄이기 위해 세척하거나, 직접 살균을 위한 열처리 · 살균제 처리 · 훈증제 처리 등이 많이 이용된다. 습도가 너무 높으면 병균의 번식이 심하므로 적당한 습도를 유지하고 무엇보다도 주위 환경을 청결히 하여 오염도를 감소시켜야 한다.

3. 저장성의 향상

청과물의 저장성을 높이기 위해서는 각각의 생리적 특성을 파악하여 저장 환경을 조절하고, 수확 전후의 병리적 · 기계적 장애로부터 저장물을 보호해야 한다.

저장 성능을 높이기 위한 단계별 세부 관리 사항은 다음과 같다.

- ① 원료의 품종, 생산시의 조건
- ② 원료의 숙도 및 신선도
- ③ 원료의 형질이나 크기
- ④ 냉장 중의 공기의 온도, 습도, 성분, 환경
- ⑤ 냉장 전 · 후의 취급(포장, 예냉, 큐어링, 온도유지)

1) 품종 및 생산시의 조건

청과물의 냉장 특성은 품종에 따라 차이가 크다. 표 2-4에서처럼 동일 종류라도 품종이 다르면 냉장특성이 다르다. 또한 기상 · 시비(施肥) 상태 · 토질 · 나무의 나이 등은 과일이나 채소의 품질에 영향을 미치며, 이들이 냉장성과 관계가 있다.

저장성이 좋은 것은 일반적으로 다음과 같다.

- ① 수령(樹令)이 오래된 것이 좋음(귤, 사과)
- ② 습지보다도 건조지가 좋음(귤, 사과)
- ③ 점토질이 사토질보다 좋음(귤)
- ④ 질소비료가 많은 것은 좋지 않음(귤, 사과, 배, 채소)
- ⑤ 남쪽으로 해를 많이 쬐는 것이 좋음(귤)

표 2-4. 품종에 따른 냉장 특성

종 류	냉 장 특 성		
	적 합	보 통	부 적 합
사 과	Wocester pearmain	Cox orange pippin	Bamley's seedling
포 도	Perle von craba		
감	뽕은감		단감

표 2-5. 사과의 숙도(熟度)와 냉장 특성(손실율, %)

냉 장 기 간	냉장에서 꺼낸 직후		꺼내서 10일간 후	
	적정숙과	미숙과	적정숙과	미숙과
3.5개월	0	0.1	1.9	50.5
4.5개월	0	20.5	0.2	70.5
6.5개월	1	49.5	12.0	91.4

2) 숙도(熟度)

냉장에 적합한 숙도의 선정은 품종에 따라 다르나 냉장 기간도 관계된다. 보통 식용으로 제공되는 완숙의 직전의 상태가 좋고 완숙이나 과숙은 부적당하다. 미숙과는 저온에 따라 과랴게 썩는 수가 있다. 사과(Rome Beauty)를 0℃로 냉장할 경우 손실율은 숙도에 따라 다르다(표 2-5 참조). 또한, 수확 후에 계속 숙성하면 경도가 줄어 연화(軟化)한다.

3) 형질이나 크기

원료에 상처 · 병충해 · 미생물에 의해 오염된 것 · 기형 그리고 젖어 있는 것 등은 냉장에 적합하지 않다. 크기는 일반적으로 중형이 좋다.

4) 포장

신속히 냉각하기 위해서나 탄산가스나, 에틸렌 가스가 체류하지 않도록 하려면 통풍이 잘 되는 구조가 좋으나 예냉이 완전하게 된 경우에는 그럴 필요가 없다. 예냉이 완전하면 오히려 탄산가스가 체류하는 것이 좋은 경우가 있다. 그리고 용기 속에서 자중(自重)으로 가압(加壓)되지 않도록 하는 것이 중요하다. 냄새가 없고 흡수성이 없으며 청결하여야 한다. 일반적으로 농산물을 그대로 상자에 넣는 것보다는 포장지나 패킹을 사용하는 경우가 저장성이 좋다. 또한, 다음과 같은 특수한 포장지를 사용하므로써 저장 중 손상을 줄일 수 있다.

(1) 와셀린 포장

사과 등의 저장물이 변색하는 것은 작물의 대사 작용에 의해 발생하는 알콜이나 알데히드에 의해 일어나는데, 와셀린은 이것을 흡수하기 때문에 와셀린지로 포장을 하면 이러한 현상을 줄일 수 있다.

(2) 요오드 칼리액 처리지 포장

요오드 칼리액 1%속에 담가 요오드 1~2% 삼투시킨 종이로 포장을 하면 오렌지, 포도, 자두, 사과, 토마토에서는 곰팡이 번식을 막을 수 있다.

4. 원예작물의 냉장 냉장표

과일과 채소의 냉장 · 냉장 기간은 앞에서 언급한 사항으로 좌우되나, 온 · 습도의 조절되는 경우에 표준 냉장 온 · 습도는 표2-6과 같다.

표2-6. 청과물의 표준 냉장 · 냉장표

과실	냉 각 냉장			함수율(%)	빙결점(℃)	비 열		빙결잠열(Kkcal/kg)
	온도(℃)	습도(%)	기 간			빙결점 이상	빙결점 이하	
사과	-1.1~0	85~90	2-6월	84.1	-2.1	0.87	0.45	67
서양배	-1.7~-0.6	85~90	2-3월	82.7	-2.4	0.86	0.45	64
복숭아	-0.6~0	85~90	2-4주	86.9	-1.3	0.86	0.46	65
포도	-0.6~0	85~90	3-8주	81.9	-1.4	0.86	0.44	64
감	-1.1	85~90	2월	78.2	-2.5	0.84	0.45	62
자몽	0~10	85~95	4-8주	88.8	-1.9	0.91	0.46	70
오렌지	0~1.1	85~90	8-12주	87.2	-2.2	0.82	0.46	65
레몬	12.8~14.4	85~90	1-4월	89.3	-1.7	0.89	0.46	70
멜론	7.2	85~90		92.7	-1.1	0.94	0.48	73
망고	10	85~90	2-3주	81.4	-1.4	0.94	0.48	64
바 나 나 (완숙)	13	85~95	수 일	74.8	-1.3	0.80	0.42	60
바 나 나 (미숙)	13	85~95	2주	75.5	-1.7	0.81	0.43	60
과인애플	7.2	85~90	2-4주	85.3	-1.3	0.88	0.45	68
양파	0	70~75	6-8월	87.5	-1.1	0.90	0.46	69
당근	0	90~95	4-5월	88.2	-1.8	0.90	0.46	70
양배추	0	90~95	3-4월	92.4	-0.8	0.94	0.47	73
감자	3.5	90~95	2월	77.8	-1.7	0.82	0.43	62
고구마	13~15.5	75~80	4-6월	68.5	-1.9	0.75	0.40	54

1-4. 냉동 장치

1. 기본 원리

냉동(refrigeration)이란 어떤 물질이나 공간으로부터 열을 흡수하여 주위의 온도보다 낮게 하거나 고온의 물체를 주위 온도로 냉각시키는 기술이다. 냉동 과정에는 열을 흡수하는 물질이 필요한데 이것을 냉매(refrigerant)라 하고 모든 냉각 과정은 냉매의 온도 변화와 상변화(phase change)에 따라 현열 냉각 과정 (sensible cooling process)과 잠열 냉각 과정 (latent cooling process)으로 구분된다.

상온의 밀폐된 작은 공간에 0℃의 물 한 그릇을 놓아두었다면 찬물은 주위의 공기로부터 열을 흡수하여 공기의 온도를 낮추고 물의 온도는 높아져 어느 시간이 지나면 물과 공기의 온도는 같게 되고 냉각 과정이 정지한다. 이와 같이 냉각 과정 동안 냉매의 온도 변화만을 수반하는 과정을 현열 냉각 과정이라 한다. 그러나 같은 밀폐된 공간에 찬물 대신 얼음덩이를 놓아두었다면 얼음은 공기로부터 열을 흡수하여 물로 변하는 상변화가 일어나고 공기의 온도는 낮아질 것이다. 이와 같은 냉각 과정을 잠열 냉각 과정이라 한다. 현재 널리 사용되고 있는 냉동기에는 액체 냉매의 증기 잠열(heat of evaporation)을 이용하여 냉동 효과를 얻고 있다.

2. 냉동기의 구조와 원리

고압의 액체 냉매가 팽창 밸브를 지나면서 부분 증발이 일어나 저압의 액체-증기 혼합물이 되고 이것이 증발기 내에서 증발하면서 주위의 열을 흡수하여 냉동 효과를 낸다. 증발기에서 나온 저압의 증기는 압축기에서 고압으로 압축되어 응축기를 지나면서 고압의 액체 냉매가 된다. 이러한 사이클을 반복하여 냉동 효과를 얻는 것이 증기 압축기 냉동기이다.

그림 2-6은 냉동기의 주요 구성 요소와 냉동 원리를 설명하고 있다. 냉각 사이클의 각 과정은 다음과 같다.

1) 압축 과정(1-2)

증발기에서 기화되어 압력이 낮아진 증기 상태의 냉매를 압축기로 다시 압축시켜 고압, 고온으로 만든다. 이때 압축기에서 나오는 압축 증기는 응축 온도보다 높은 과열 증기 상태가 된다.

2) 응축 과정(2-3)

압축기에서 압축된 증기는 과열 증기이므로 이것을 응축시켜 액체 상태로 만들기 위해서는 먼저 냉매의 온도를 응축 온도로 낮추어 준다. 응축 과정은 일정한 압력과 온도하에서 일어나며 이때 증기는 열을 주위로 발산하면서 액화된다. 보통 공기와 물을 응축기 주위에 투입하여 열을 제거시킨다.

3) 팽창 과정(3-4)

고압과 고온 상태의 액체 냉매가 팽창 밸브를 지나면 액체 냉매는 압력과 온도가 낮아지고 일부가 증발되어 액체와 증기의 혼합 상태가 된다. 일반적으로 팽창 밸브를 이용한 냉각 방

법이 많이 쓰인다.

4) 증발 과정(4-1)

증발과정은 등압·등온 과정이며 증발기에서 주위의 열을 흡수하면서 기화된다. 단위 질량 당의 냉매가 주위로부터 흡수하는 열은 냉동 효과(refrigerating effect)라 하는데 실제로 증발기로 들어가는 냉매의 온도는 기화 온도보다 높기 때문에 순환되고 있는 냉매의 일부만 기화되어 냉동효과는 그 냉매의 기화잠열과는 일치하지 않으며 이것이 손실열이 된다.

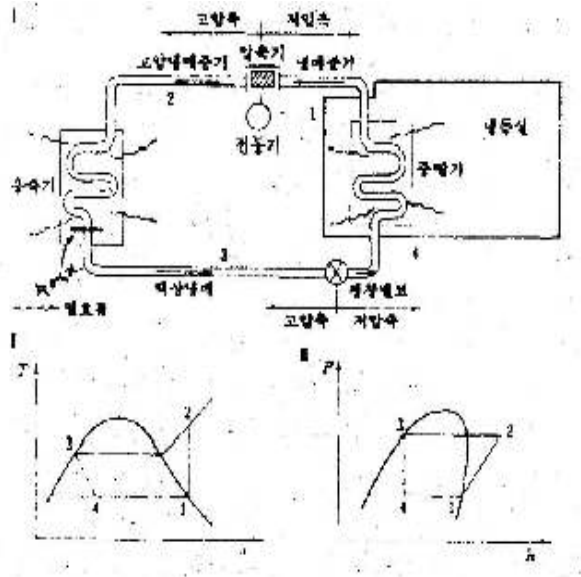


그림 2-6. 냉동시스템의 주요 구성도

3. 압축기(compressor)

압축기는 저온·저압의 냉매를 고압으로 만들어 응축기로 보낸다. 압축작용으로 냉매의 온도가 응축기 주위의 온도보다 높기 때문에 응축기에서 열이 배출될 수 있다. 압축기에서 중요한 부품은 회전축을 지탱해 주는 베어링으로서 피로 강도가 높고 마찰계수가 적어야 한다. 압축기를 전기 모터와 분리되어 연결된 형태와, 전기 모터 축과 직접 연결되어 한 하우징 내에 들어 있는 형태가 있다.

1) 왕복식 압축기(reciprocating compressor)

6-12개의 피스톤으로 회전축으로부터 힘을 받아 압축한다. 유지비가 많이 든다. 대용량의 회전 나사형 압축기와 병행하여 주간에 부하가 변할 때만 사용하는 방식을 취한다.

2) 회전식 압축기(rotary compressor)

회전하면서 맞물리는 나사들을 이용하여 압축한다. 유지비가 적게 든다. 50마력 이상의 대용량으로 적당하다.

3) 원심식 압축기(centrifugal compressor)

회전하는 팬으로 흡입하여 압축한다. 다단계 압축으로 고압의 압축을 할 수 있다. 600마력 이상의 대용량에 쓰이며 크기가 작다.

4. 응축기(condenser)

증발기(냉각기)에서 기화된 냉매가 얻은 열을 냉매를 응축시켜 빼앗는 장치이다. 공냉식 · 수냉식 · 증발식의 세 종류가 있으며, 응축시키는 방법에 따라 다르지만 가능하면 응축력이 적은 것이 압축기에서의 소요 에너지가 적다.

1) 공냉식

방열 면적을 넓히거나 가는 관 사이로 공기를 팬으로 흘러보내 열을 뺀 강제통풍이 일반적이다. 냉매와 통풍 공기의 온도차는 약 14℃일 때가 적당하다.

2) 수냉식

우물이나 강의 물을 강제 순환시켜 열을 뺀 방식으로 물의 속도가 빠를수록 좋으며 냉매와 물의 온도차는 약 5℃일 때가 적당하다. 대용량 응축기에서는 보통 수냉식을 쓴다.

3) 증발식

수냉식에 비해 물의 소모가 적어 경제적이다. 공기와 물이 동시에 냉매가 담겨진 가는 관에 접촉되어 냉매로부터 열을 뺀다. 팬으로 불어 넣은 공기에 의해 관 사이에 뿌려지는 물이 증발되어 열을 뺀다.

5. 증발기

증발기는 압축기에서 압축되어 액체 상태가 된 냉매를 증발시켜 주위로부터 열을 빼앗아 냉각 효과를 얻는 장치로서 냉각 설비에서 중요한 장치이다. 주위의 열을 잘 흡수하도록 표면적이 넓은 요철을 가진 가느다란 알루미늄 관들이 구리 이음새로 연결되어진다. 냉매를 증발시키는 방법에 따라 다음과 같은 세 가지 유형이 있다.

1) 직접 팽창식 증발기

팽창 밸브를 이용하여 액체 상태의 냉매를 증발기에 직접 증기화하는 방법이다. 설치가 간단하고 저렴하여 가장 많이 쓰이지만, 에너지 효율은 낮은 편이다.

2) 중력 순환식 증발기

증발기 위에 설치된 통속에 공압의 액체 냉매가 저장되어 중력에 의해 냉매가 증발기 속을 순환하면서 증기화 되는 방법이다. 냉매가 완전 증발될 때까지 순환하여 냉기 발생효율이 뛰어나다. 설치 비용이 크지만 냉장 효과를 고려하면 단기간에 회수가 가능하다.

3) 펌프재순환식 증발기

중력 순환식 증발기와 비슷하며 냉매 저장 통을 증발기 상단에 설치할 수 없는 경우에 펌프를 이용하여 액체 냉매를 증발기 내에 순환시키는 방법이다. 중력식에 비해 펌프 운영비가 추가되나, 증발기가 여러 개이더라도 냉매 저장 통하나면 설치하면 된다.

6. 냉매

보통 저온용인 프레온-22는 독성 · 폭발성 · 인화성 · 부식성 등이 없어 냉매로 쓰이고 있으나 2000년 이후는 환경문제로 사용이 금지된다. 그래서 최근 예전에 사용했던 암모니아를 다시 냉매로 이용하는 경향이 있다. 암모니아는 누설되면 인체와 저장물에 치명적인 피해를 줄 수 있으므로 특별한 안전 관리가 필요하다. 프레온 냉매보다 값이 싸지만 구리를 함유한 재질에는 사용할 수 없다. 프레온 가스는 마그네슘을 함유한 재질이나 플라스틱 재질에는 사용할 수 없다. 또한 최근 미국과 독일 등에서 개발된 대체 냉매로서 R134a가 실용화되고 있으나 가격이 비싸고, 아직 안정성에 대한 검증이 완료되지 않았다.

1-5. 저온 저장고

1. 저온 저장고

저온저장시설은 저장고의 건설 단계에서부터 여러 가지를 고려해야 한다. 우선 위치가 편리한 곳이어야 한다. 과채류의 생산자와 소비자로부터 가까운 위치에 있어야 하고, 도로나 철도로부터 진입이 편리한 곳이어야 한다. 그리고 용수나 전력의 사용이 용이해야 하며 기초 지반이 좋고 배수가 잘 되는 위치여야 한다. 또한 미래에 확장이 가능하도록 충분한 공간이 확보되어야 한다.

냉동 장비의 선택도 저장고의 건설 초기부터 고려해야한다 저온저장만을 위해서 저온 저장고를 설치할 것인지 또는 예냉시설을 구비할 것인가에 따라 냉동 용량을 결정해야 한다. 만약 저장 온도와 습도가 다른 과채류를 동일 저온저장시설에 저장할 경우는 각기 다른 저장실을 만들어야 한다. 저장 시설이 큰 경우에는 중앙 집중식 공기 압축기를 선택하는 것이 에너지 절약 면에서 유리하다.

저장 시설 설계 시 고려해야 할 주요 항목을 보면 다음과 같다.

1) 저장 온도

저장시설내의 온도는 설정 온도에서 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 이내에서 유지되어야 한다. 설정온도가 빙점(氷點) 근처일 경우는 허용 온도오차가 더 적어야 한다. 저장 온도가 최적 온도 이하로 떨어지면 냉해를 입게 되고 최적 온도 이상으로 상승하면 저장성이 감소하게 된다. 또한 냉각 온도 변화폭이 크면 농산물의 수분 응축 현상으로 인해 급격한 수분 손실을 유발하게 된다. 냉각 시스템은 예상되는 최대의 열 부하에 대응할 수 있는 적절한 용량을 가져야 한다. 용량이 부족한 경우에는 냉장 온도의 상승을 초래한다.

한편 용량이 필요 이상으로 큰 시스템은 비용의 과다 지출을 야기하게 된다. 냉각 시스템은 냉각 코일(refrigeration coil)을 빠져나가는 공기의 온도가 저장 적정 온도보다 약 2~3도 정도 낮도록 설계되어야 한다. 냉각 시스템이 적절 용량으로 설계되었다는 조건하에서, 냉각 코일의 표면적 크기가 크면 냉각 코일을 벗어나는 공기와 저장고 내의 온도 차이를 줄여 줄 수 있다. 온도 변화가 적다면 저장 시설의 상대 습도는 상승하게 되고, 코일에 서리가 끼는 현상은 줄어들는다.

2) 예냉 시설

현재 우리나라에서는 채소가물 저장에 예냉 개념을 적용하지 않는 것이 대부분이고, 설비 투자비의 부담으로 예냉시설을 한다는 것은 다소 무리가 있는 것이 사실이다. 더욱이 기존 저온 창고 시설의 설비 용량을 보면 거의 모든 창고가 예냉 후에 저장 온도를 기준으로 부하 계산을 하기 때문에, 입고 후에 적정 저장 온도까지 온도를 내리는데 양과의 경우 거의 2주 이상이 걸린다. 따라서 출고 할 때는 손실율이 20% 이상 발생하는 것이 현실이다. 이러한 문제를 최소의 비용으로 해결하는 방안은 냉장실 자체에서 간이 예냉 개념을 도입하여 냉동부하를 계산하고, 이에 따라 설비 용량을 결정함은 물론, 저장고 내의 온도 편차(3~4℃)에 따른 저장물 손상 위험도 함께 해결해야 한다.

3) 저장 습도

대부분의 청과물은 저장 시설내의 상대 습도는 90~95% 정도로 유지되어야 한다. 이 범위 이하의 환경은 기대치 이하의 수분 손실을 유발하여 신선도와 중량을 감소시켜 저장물의 손실을 초래하게 된다. 냉각 시스템은 다습한 환경을 유지할 수 있도록 설계해야 한다. 청과물용이 아닌 냉각 시스템에서 증발 코일(evaporater coil : 찬공기를 발생시키는 코일)은 설정 온도보다 6℃이하에서 작동하도록 설계되어 있다. 따라서 코일 근처에서 과도한 수분의 응결 현상이 발생하고, 이로 인해 저장시설내의 상대 습도는 70~80% 정도에 머무른다. 따라서 청과물의 경우에는 코일이 설정 온도보다 3℃ 이하의 온도에서 작동할 수 있도록 설계해야 한다.

저장고 내에서는 증발 코일에 의한 건조 효과를 줄이기 위해 기계적으로 가습 또는 분무하는 수분 공급 시스템이 채용된다. 일부 냉각 시스템에서는 저장고 온도를 낮추지 않기 위해 0℃정도로 냉각한 물을 사용한다. 냉각된 물은 코일을 따라 분무되고 코일을 따라 이동하면서 저장 시설내의 습도를 100%까지 상승시킨다. 이러한 시스템은 설정 온도가 0.2℃이상인 경우에 사용 가능하며, 저장온도가 0℃이하의 저장 온도인 농산물에는 사용할 수 없다.

4) 저장 방법 및 저장실 크기

저장 시설의 크기는 최대 예상 용량을 처리할 수 있도록 설계해야 한다. 바닥 면적은 농산물의 부피와 최대 적재 높이, 통로등을 고려하여 설계되어야 한다. 최대 적재 높이는 선반 · 저장 프레임 · 지게차 등을 이용하면 증대시킬 수 있다. 저장고의 이용률을 높이고, 저장성을 향상시켜 손실을 최소화하기 위해서는 규격화된 사각형, 상자(팔렛)에 담아 저장 프레임을 사용하는 것이 좋다. 이를 위해서는 지게차 사용이 필수적이다. 저장 프레임의 형태에

따라 고정식과 이동식이 있다. (그림 2-7 참조).

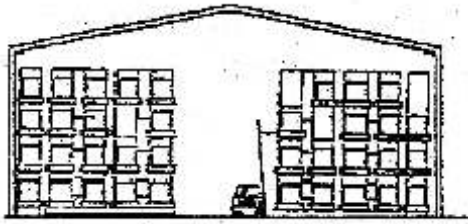


그림 2-7 이동식 저장프레임을 사용한 저장고

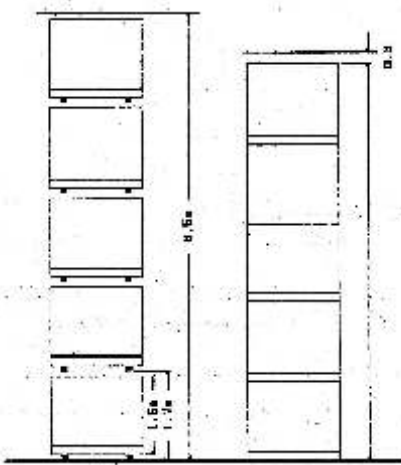


그림 2-8 팔레트를 이용한 다단 적체

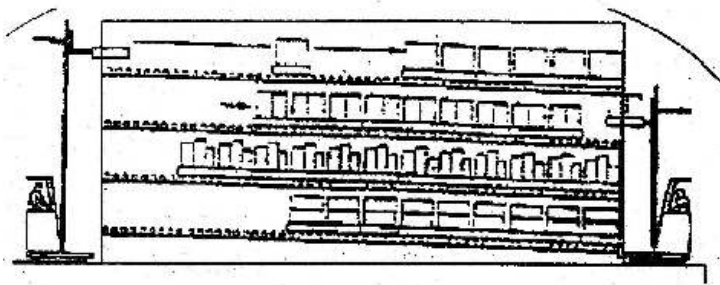


그림 2-9 미끄럼식 저장프레임을 이용한 저장고

그리고, 그림 2-8에서와 같이, 보통 5단 높이로 적체하면 약 8.5m의 높이를 차지한다. 저장 프레임을 이용하지 않고 저장하는 경우는 공간 이용률이 70~80% 까지 증가될 수 있으나 압상 또는 냉기의 통풍 부족 등으로 국부적인 온도차를 생겨 저장물이 상하기 쉽다. 또한 미끄럼롤러장치를 가진 경사진 저장 프레임(그림 2-9)을 사용하여 먼저 입고된 저장물

이 먼저 출고할 수 있어, 비교적 저장 기간이 짧은 저장물을 대량으로 처리할 때 적합하다.

저장 시설의 바닥 단면은 정방형(正方形)이 이상적이다. 장방형(長方形)은 정방형에 비해서 바닥면적당 벽면이 증가하여 건설 비용과 열손실이 증가된다. 출입구와 저장 구역은 특히 예냉 시설을 겸하는 저장고에서는 저장 시설로의 이동이 한 방향으로 이루어지도록 배열해야 한다.

5) 위치 선정

저장 시설의 위치는 부대 시설의 이용이 용이한 곳이어야 한다. 도로와 에너지 관련 시설의 추가하면 투자와 운영비용이 증가된다. 냉각 시스템의 전동기에는 삼상전력도 필요하고 경우에 따라서는 비상전력 공급 장치도 설치해야 할 필요가 있다. 증발기와 응축기, 포장 시설을 위한 충분한 물의 공급이 가능해야 하며 화재 예방, 가스 공급 시설도 고려해야 한다. 시설 확충을 고려하여 배수와 용지 조건을 살피고, 또한 상품 출하를 위한 대형 고속 트럭의 이동이 용이한 시설과 충분한 공간도 확보하여야 한다.

6) 저장실 배치

여러 개의 저장실을 갖춘 저온 저장고에는 시설 내부에 통로를 두어 서로 연결할 수 있도록 설계하는 것이 출입문을 외부로 하나만 설치한 것에 비해 훨씬 좋다. 그림 2-10의 내부 통로들은 좀 더 용이한 운반과 다른 저장물에 따른 냉장조절을 가능하게 한다. 형태 1은 저장과 포장이 한 건물 내에서 이루어지는 소규모 저장 시설에 적합하고, 형태 2는 형태 3에 비해 좀 더 저장물의 이동이 용이하며, 형태 3은 통로로 소요되는 면적이 상대적으로 적다. 형태 4는 저장고 내부 어느 곳도 영구적인 통로로 할당되지 않았으므로 비용 면에서 가장 유리하다고 할 수 있다.

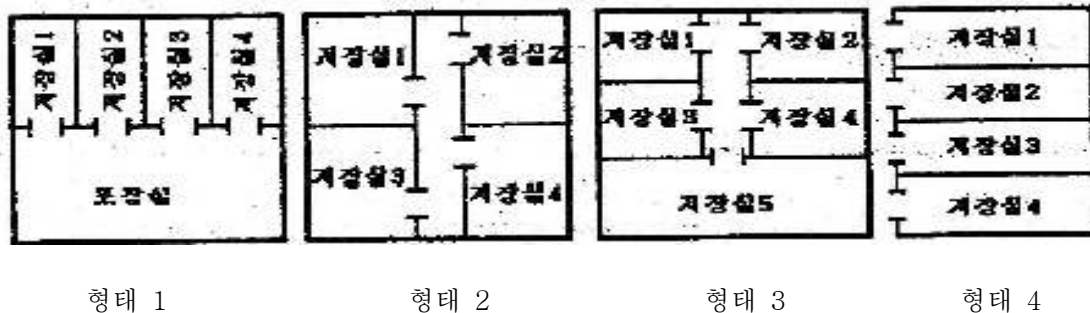


그림 2-10 저장실의 배치 형태

2. 냉각 부하(cooling load)

농산물을 저온 저장할 때, 단위 시간에 농산물 및 냉장실로부터 제거하여야 할 열량을 냉각 부하라 하며, 이 값으로부터 냉동기의 용량을 결정한다. 냉각 부하의 열원으로는 다음과

같다.

- ① 저장고 벽체를 통한 손실열
- ② 농산물의 호흡열 및 냉각열
- ③ 공기 순환에 의한 손실
- ④ 기타 저장실 내부에서 발생하는 열

총 냉각부하는 이들의 합과 이에 약 10%의 안전율을 합하여 계산한다. 이들 각각의 열원에 대한 계산 방법과 이에 필요한 자료들을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

1) 저장고 벽체를 통한 손실열

저장고의 벽체는 측벽뿐만 아니라 바닥 벽과 천장을 포함하며, 그 손실열은 다음 식으로 계산한다. 일반적으로 열전도율(k)은 저장고 내부의 공기는 정지된 것으로 보고, 외부의 풍속이 24km/h라고 하면, $k=9.37\text{W/m}^2\cdot\text{C}^{\circ}$ 로 계산한다.

$$Q_t = \frac{kA(t_2 - t_1)}{1000D}$$

여기서, Q_t = 저장고 벽체를 통한 손실열(kw)

k = 벽체의 열 번도 계수($\text{W/m}^2\text{C}^{\circ}$)

A = 벽체의 단면적(m^2)

D = 벽체의 두께(m)

t_1, t_2 = 외기 온도와 저장고 내의 온도(K)

2) 농산물의 호흡열과 냉각열

저장 농산물은 살아 있기 때문에 저장 과정중 호흡을 계속한다. 이때 발생하는 열을 호흡열이라 하며, 청과물의 종류 · 저장 온도 · 저장 기간 등에 따라 차이가 있다. 주요 과채류의 호흡열은 표 2-7과 같다. 농산물을 규정된 저장 온도까지 냉각시키는데 소요되는 열량(냉각열)은 다음 식으로 계산한다.

$$Q_c = \frac{mc(T_{in} - T_{st})}{t}$$

여기서, Q_c = 저장 농산물의 냉각 열량(kW)

m = 저장농산물의 질량(kg)

C = 저장 농산물의 비열($\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C}$)

T_{in}, T_{st} = 농산물의 초기 온도 및 저장실의 규정 온도($^{\circ}\text{C}$)

t = 농산물을 저장 규정 온도로 냉각시키는데 소요되는 시간(초)

따라서, 농산물에 의한 냉각 부하는 호흡열과 저장 농산물의 냉각 열량의 합이다. 주요 과채류의 비열은 표 2-8과 같다.

3) 공기 순환에 의한 손실

저장실의 문을 열고 닫을 때 저장실에 공기가 새는 틈이 있을 때는 이 틈이나 열려 있는 문으로 외부의 더운 공기가 저장실 내로 들어가 부하를 높이게 된다.

공기 순환에 의한 냉각 부하의 계산식은 다음과 같다.

$$Q_a = \frac{(h_2 - h_1) V \cdot n}{24v}$$

여기서, Q_a = 공기 순환에 의한 냉각 부하(kw)

h_1 = 저장실 공기의 엔탈피(KJ/kg)

h_2 = 외부 공기의 엔탈피 (KJ/kg)

n = 1일 공기순환회수 (회/일)

v = 외부 공기의 비체적 (m^3/kg)

V = 저장고의 체적(m^3)

4) 기타 저장실 내부에서 발생하는 열량

저장실 내부에 설치된 조명등 · 전동기 · 팬 · 펌프 등에서 발생하는 열량이 저장실 내부에서 발생하는 열량의 대부분이고 그 외에 저장실 내부에서 작업하는 작업 인부들로부터 발생하는 열량이 있다. 여기서 조명등은 그 발열량을 조명등의 수만큼 가산해 주면 되고 전동기 및 냉동 설비에 의한 발열량과 작업 인부에 대한 발열량은 각각 표 2-9와 표 2-10과 같다.

표 2-7. 주요 과채류의 호흡열

구 분	호흡열 (mW/kg)				
	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃
사과	55~44	53~78	148~329	179~373	-
살구	-	87~402	402~732	640~1330	-
아스파라거스	300~640	373~640	1010~1550	1460~2490	1640~3210
바나나(녹숙)	-	-	233~247	349~	-
바나나(황숙)	-	-	267~800	349~1510	533~2620
딸기	131~189	174~354	756~984	1090~2090	1800~2240
양배추	48~68	82~131	199~276	296~523	518~678
당근	102~218	136~281	276~572	489~1010	-
샐러리	78	116	397	688	-
레몬	24~44	29~92	111~242	199~271	218~300
오렌지	19~53	39~78	136~252	237~363	262~431
단옥수수	320~548	455~887	1610~1860	2860~3310	3000~4640
오이	-	-	160~354	150~514	204~586
마늘	44~150	97~354	150~310	141~267	-
포도(미국종)	29	58	170	349	412
부추	102~179	208~310	882~1250	-	1140~1260
결구상추	63~179	141~213	339~480	543~640	780~974
입상추	204~291	257~368	548~790	877~1260	1280~1840
파인애플	-	15~24	141~194	257~426	378~669
자두	19~34	44~97	126~136	179~276	300~756

감자(완숙)	-	29~92	63~126	87~170	-
무(뿌리)	34~102	63~141	237~451	475~615	644~945
수박	-	34~44	-	184~267	-
버섯	300~465	756	-	2810~3370	-
양파(건조)	29~34	34~39	111~121	150~204	291~310
복숭아	44~68	68~97	354~451	630~1090	867~1300
고추(피망)	-	53~228	213~611	242~693	383~790
감	-	63	126~150	213~257	310~426
시금치	204~237	368~615	1430~2380	1840~3060	-
노랑호박	126~135	150~199	800~969	906~1040	-
고구마(미 예조)	-	-	305	-	557~780
토마토(완숙)	-	63	257~310	257~470	320~557
미나리	208~281	465~518	1760~2180	-	-

표 2-8. 청과물의 빙점 온도와 비열

품 목	빙점 온도(°C)	비 열 (KJ/kg°C)	
		빙점보다 높은 온도	빙점보다 낮은 온도
사 과	-1.1	3.65	1.89
배	-1.6	3.61	1.88
포 도	-1.6	3.58	1.85
복 승 아	-0.9	3.82	1.95
오 렌 지	-0.8	3.75	1.98
파 인 애플	-1.0	3.68	1.90
바 나 나	-0.8	3.35	1.78
수 박	-0.5	3.95	2.00
딸 기	-0.9	3.68	1.90
토 마 토	-1.1	3.98	2.02
양 배 추	-1.4	3.92	1.99
무 우	-0.8	3.92	1.99
당 근	-0.2	3.78	1.94
양파(건조)	-0.8	3.78	1.94
상추(결구)	-0.2	4.02	2.03
마늘(건조)	-0.8	2.88	1.60
오 이	-0.5	4.05	2.04
호 박	-0.5	3.98	2.02
감 자	-0.6	3.55	1.85
고 구 마	-1.3	3.15	1.70

표 2-9. 전동기와 냉동 설비의 발열량 (단위 : kW/전동기용량(kW))

전동기 용량 (kW)	전동기와 모든 냉동설비가 저장고 안에 있는 경우	전동기는 저장고 외부, 기타설비는 저장고 내부에 있는 경우	전동기와 모든 냉동설비가 저장고 밖에 있는 경우
0.1-0.4	1.8	1.0	0.8
0.4-2.2	1.5	1.0	0.5
2.2-15.0	1.3	1.0	0.3

표 2-10. 저장실 내 작업 인부에 의한 발열량

저장실의 온도(℃)	발열량(W/h/명)
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390

3. 단열 시공

저장고 내의 온도 변화는 천정과 벽의 단열을 적절히 하면 줄일 수 있다. 단열시공은 다양한 단열재를 이용하여 구축될 수 있다. 바닥과 기초는 일반적으로 콘크리트 슬랩 구조이고, 슬랩을 통한 수분의 손실을 막기 위해 증기 방어막이 설치된다. 벽은 콘크리트 블록이나 경사진 콘크리트 구조 · 단열 금속 재료 · 금속 구조물 · 목조 구조물 등으로 만들어진다. 미국의 경우 콘크리트 블록이나 목조 구조물을 이용한 방법 선호도가 낮아지고 있다.

벽은 섬유 · 우레탄 수지 · 발포 수지 등의 단열재가 사용된다. 솜이나 판을 이용하는 방법은 반드시 따뜻한 쪽에 증기 방어막이 설치되어야 한다. 발포 수지를 적절히 사용하면 방수 처리가 충분하지만 화재 예방을 위한 코팅을 해야 한다. 그리고 때에 따라서는 내부는 증기 방어막을 위해 발포 수지를 설치하고, 외관이나 화재예방을 고려하여 유리 솜이나 판으로 그 위를 덮기도 한다. 전체적인 단열 정도는 흔히 R20에서 R40 사이의 등급이 매겨진다. 천정은 단단한 판이나 발포 수지로 단열을 하거나, 지붕으로부터 약간 떨어지게 설치한 후, 그 사이를 솜 등으로 채우기도 한다.

저장 시설에서 공기의 조성을 변화시켜 CA 저장으로 변환하고자 할 때, 냉기 누설방지 장치는 가스 누설방지 장치로 이용할 수 있게 하고, 냉기 가스가 새지 않도록 특별한 주의가 필요하다.

대표적인 단열재료는 다음과 같다.

- ① 팽창 폴리스티렌
- ② 압축 폴리스티렌
- ③ 폴리우레탄 및 폴리이소신누레이트(polyisocynurate)
- ④ 페놀포말
- ⑤ 코르크
- ⑥ 유리 섬유

저장고의 단열은 벽 · 지붕 · 바닥 등에서 이루어져야 하며, 보통 단열재가 들어 있는 판넬을 저장실 내부 벽에 설치하고 철판과 같은 지지물을 외부로 노출 시키는 형태(그림 2-11 참조)와, 단열재 판넬을 저장고 외부에 두고 내부에는 건물 지지물을 설치하는 형태

가 있다.

현재 사용되고 있는 단열재 판넬 형태를 보면 다음과 같다.

- ① 연속적층식 판넬
- ② 복합식 판넬
- ③ 포말주입식 판넬
- ④ 연속포말식 판넬

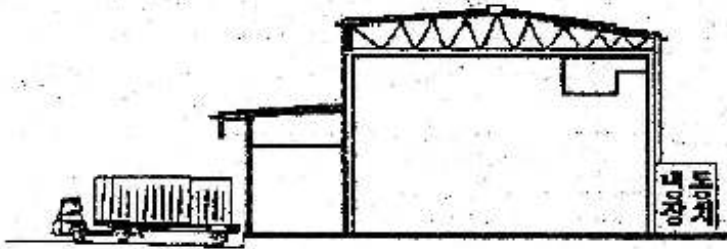


그림 2-11 내부 단열시공

현재 사용되는 대부분의 판넬은 중간에 단열재를 삽입하고 양면에 철판을 덧붙인 구조로 되어 있다. 철판의 재질은 약 0.5~0.8mm 두께의 강판 또는 아연 도금판을 이용한다. 일반적으로 경제적인 방열 두께 계산은 폴리스티렌 보온재(KSM 3808)로서 열전도율 0.03kcal/m²h^oC를 사용하는 경우와, 우레탄 판넬로서 열전도율 0.018kcal/m²h^oC를 표준으로 하여 1m²당 1시간에 10kcal/m²h의 침입 열량을 적용하여 다음 기준에 따른다.

- ① 폴리스티렌 판넬 $d = 3.6 * Td$
- ② 우레탄 판넬 $d = 2.16 * Td$

여기서, d = 경제적인 방열 두께(mm)

Td = 저장고 내외의 온도차(°C)

4. 송풍장치

현재 국내에 설치되는 냉동·냉장 창고를 보면, 송풍 이론의 적용이 거의 안되고 있다. 냉동기의 용량을 맞추고 저장고 내에 냉각 장치(증발기) 만을 설치하거나, 조금 나은 경우에는 송풍 덕트를 설치하여 바람만을 불어 주면 저장고내의 송풍이 저절로 된다고 생각하는 경우가 많다. 이는 냉각이 증발기에 의해 공기가 냉각되면 자동적으로 저장물의 온도가 떨어질 것이라는 생각을 하고 있기 때문이다. 그러나 유체 특히 공기의 흐름은 일반적으로 생각하듯 저장고 내에 골고루 이동되지 않아 냉기를 받는 곳은 과냉되고, 냉기를 받지 못하는 곳은 저장품의 발열에 따라 상대적으로 고온 상태가 된다. 그래서 이에 따른 온도 편차가 저장고 내에서 3~5℃ 정도까지 생기게 된다.

또한, 저장품의 발열과 저장물 주위에서의 증발에 따른 열의 흡수가 중요하므로, 정확한 송풍 이론을 적용하는 것이 중요하다. 저장고 내에 덕트 또는 기타의 송풍설비를 설치하기 이전에, 송풍 이론에 따라 저장고 내의 냉기 흐름을 예측해 그에 따른 적절한 송풍 장치를 설치하여야 한다.

저장고 내에는 저장 농산물 1톤당 0.06 ~ 0.12m³/분의 냉기 순환을 제공해야 적절한 냉장 효과를 낼 수 있다. 이처럼 낮은 공기순환률에서는 저장물 사이를 냉기가 균일하게 지나갈 수 있도록 적재되어야 한다. 저장고는 각 저장 프레임당 1개 또는 2개의 측면을 이용하여 공기 순환 통로가 형성될 수 있도록 저장물을 쌓아야 한다. 그리고 송풍기와 기류의 방향을 형성해주는 덕트를 설치하여 송풍기로부터 나오는 냉기가 직접 저장물에 접촉하지 않고 벽면에 부딪혀 돌아가는 2차 기류에 저장물들이 접촉되도록 하는 것이 바람직하다. (그림 2-12참조). 2차 기류의 순환속도는 0.25~0.5m/s가 적당하다고 알려져 있다.

또한 냉기가 빈 공간이나 저장고 위쪽을 관통하지 않고 저장물 사이를 통해서만 흐를 수 있도록 송풍기나 덕트가 설치되어야 한다. 만약 이러한 조건들이 만족될 수 없거나, 적정 온도까지 온도가 내려가지 않아서 저장물의 호흡량이 증가하여 열이 발생된다면 빠른 속도의 냉기를 순환시켜야 한다. 그러나 냉기 순환 속도가 빠를수록 농산물에 주는 손실이 더 크다는 점을 유의해야 한다.

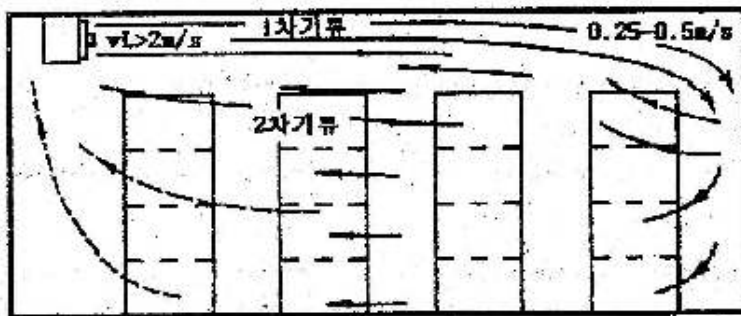


그림 2-12 저장고 내의 냉기의 순환 모형

5. 제상장치

냉매가 증발기에서 기화하면서 저장실 주위로부터 열을 흡수하여 냉각 효과를 얻는데, 증발기를 통과하는 바람의 온도가 0℃ 이하가 되면 냉기 중의 수분이 동결되어 서리나 얼음이 생긴다. 그러면 냉매의 증발 효과를 감소하여 냉매의 압력이 상승하게 되고 순환 팬에 과부하가 걸리게 된다. 이러한 현상을 막기 위해 정해진 서리를 제거해주어야 하는데 서리 제거 방법에는 일정시간 간격마다 제상하는 방법과 얼음 감지 장치 · 팬의 과부하 전류 감지 장치 · 냉매 압력 증가 감지 장치 등을 이용하여 필요한 때에 서리를 제거해 주는 방법이 있다. 제상기간 동안 송풍 팬은 정지되고, 제상 후 증발기에서 냉기 온도가 적정하게 될 때까지 송풍을 하지 말아야 한다.

대표적인 제상 방법에는 다음과 같다.

1) 전기적 제상

증발기의 냉매가 흐르는 가는 관 사이에 열선을 배열하여 서리를 제거하는 방법으로 소용량 냉각기에 적합하다. 제상 시간이 빠르고 효과적이거나 전기료가 많이 든다.

2) 고온 가스 제상

응축기에서 얻은 고온 공기를 관을 통해 증발기로 보내어 서리를 제거하는 방법으로 가장 경제적이다.

3) 역과정 제상

밸브 조작에 의해 냉각 과정을 역으로 돌려서 증발기가 응축기 역할을 하게 하여 서리를 제거한다. 이 방법은 설치비용이 거의 들지 않으나 제상 시간 동안에는 냉장실 내의 온도가 상승하기 때문에 다시 온도를 내리게 하는 데 드는 비용을 고려하면 고온 가스 제상법보다 비경제적이다.

4) 물 제상

물탱크와 펌프를 이용하여 약 10℃ 정도의 물을 증발기 안에 살포하여 서리를 제거한다. 제상이 끝나면 살포한 물은 완전히 제거해야만 한다.

6. 온도 제어장치

저장고 내의 구석이나 저장 부위 또는 출입구 등에 온도 센서(thermostat)를 설치하여 적정한 저장 온도를 유지되는지를 점검해야 한다. 보통 1.5m 높이에 설치하고 증발기 근처에는 설치하지 않으며, 주기적으로 온도 센서의 성능을 보정해야 한다. 또한 온도 센서 설치 시 사용되는 전선의 길에 따른 보정도 필요하다. 현재 냉동 창고 온도 제어에 관한 기술 축적은 되어 있으나, 저온 저장고에 대해서는 적절한 온도 제어 기술 확립되어 있지 않다. 따

라서 창고 설비업자나 창고 관리자의 경험에 의존하는 수밖에 없고 설비의 특성에 적절히 대응할 수 없는 실정이다.

일반 냉동 창고는 일정 온도 이하로 온도를 유지하기만 하면 저장품에 이상이 생기지 않아, 온도의 변동에 민감하지 않아도 큰 문제가 없다. 그러나 저온 저장고에서는 저장 온도 범위가 통상적으로 1℃ 이내로 온도 변화가 적어야 한다. 그러나 현재의 시퀀스식 제어 기술로는 이를 제어하는 것은 상당히 어렵다. 그 결과 기존의 고온 창고에서는 특히 냉동실로부터 냉기가 창고 내로 유입되고 있는 경우, 미세한 온도의 변화에 대응하지 못해 저장물에 이상이 생기고 장기 저장이 어려워 손실률도 높은 편이다. 특히 열대 과일을 저장하는 경우는 저온 장해가 염려되고, 저장 온도가 동결점에 가까운 청과물은 기존 기계식 제어 방식으로는 저장고 내의 온도의 편차에 대한 미세한 온도 조정이 어려워져서 과다 냉각에 따른 저온 장해의 위험성이 높다.

더욱이 증발기의 기존 제상 기능은 제어가 불가능하기 때문에 타이머를 이용하여 주기적으로 필요 이상의 전기 히터를 가동시키기 때문에 저장고내의 온도의 상승을 유발하여 불필요한 전력 낭비를 발생시킨다. 이와 같이, 기존의 온도 제어 방식은 많은 문제점을 해결하는데는 한계가 있다. 이를 해결하기 위하여 최근에는 점차 컴퓨터를 이용한 전자제어 방식으로 발전하고 있다. 그 예로 저장고보다 까다로운 항온 항습기에서, 이미 컴퓨터를 이용한 전자 제어 방식을 도입하여 사용하기 시작하였으며, 최근에는 인공 지능을 이용한 퍼지 제어로 점차 발전되고 있다.

7. 방열문

방열문은 외부의 더운 공기의 유입을 차단하고 내부의 찬공기 유출을 막기 위해 설치한다. 설치상 유의점으로는 문 틈새로 냉기가 새지 않도록 봉합(sealing)이 잘되어야 한다. 방열문은 미닫이와 여닫이형이 있으며 지게차를 쓰는 경우는 미닫이형을 선택해야 한다. 방열문의 개폐는 자동 개폐 장치를 부착하여 신속히 하여야 한다. 지게차 운전 때는 운전자 높이에 줄을 매달아 잡아 당겨 방열문을 자동 개폐할 수 있도록 하여야 한다.

방열문의 크기는 될수록 작게하고, 지지대는 견고하여야 한다. 방열문의 바닥 바퀴는 내마모성 · 내구성이 있어야 한다. 단열재로는 외부와의 온도차가 26℃미만일 때, 우레탄 수지를 사용하면 두께는 약 50mm가 적당하며, 온도차가 27~40℃일 때는 약 75mm정도 두께가 좋다. 방열문은 지게차 통과를 대비하여 설계하여야 하는데, 문의 폭은 지게차가 운반하는 적재물의 최대 너비에 약 0.8m를 더하고 높이는 지게차 적재 가능 최대 높이에 약 0.3m를 더하여 설계한다.

8. 에어 커튼 설치

에어 커튼은 방열문이 열려 있을 때, 외부 공기의 유입과 내부 찬공기의 유출을 극소화하기 위해 설치한다. 에어 커튼의 원리는 원심 팬과 에어 제트 노즐을 사용하여 상하 또는 수평으로 바람막을 형성해준다. 지게차가 통과하지 않는 방열문에는 에어 커튼을 설치하지 않는 것이 경제적이다. 지게차가 통과하지 않더라도 하루에 1시간 저도 문을 개방해야 할 경

우에 에어 커튼을 설치하는 것이 바람직하다.

에어 커튼의 바람 방향은 문 위에서 아래로 불어 주는 형태가 일반적이며, 에어 커튼의 효과는 에어 커튼이 없을 경우에 비해 저장고 내의 공기유출을 약 85%에서 90%정도 차단할 수 있다. 바람의 속도가 약하면 효과가 절감되며, 너무 세면 바닥에 부딪혀 와류가 발생되어 공기의 유출입이 생기게 된다.

9. 운전 관리

저온저장 시설은 큰 자본이 투자되기 때문에 합리적으로 시설을 운용해야 한다. 이를 위해서는 우선 청과물의 품질을 상품성이 좋은 상태로 유지할 수 있어야 한다. 저장물의 품질 유지는 저장 시설을 어떻게 운용하느냐에 달려 있다. 아무리 잘 설계된 저장 시설이라 할지라도 항상 주위를 기울여야 한다. 이를 위해서는 저장물의 온도와 습도가 적정 수준으로 유지되고 있는가를 자주 확인해야 하며, 각종 장비가 효율적으로 작동되도록 자주 점검해야 한다.

특히, 저장고의 출입구가 너무 작아 지게차나 운반 차량의 출입이 전혀 불가능한 경우가 있는데, 이럴 때는 저장물의 입출고에 많은 시간이 소요되기 때문에 작업 능률이 현저히 저하되고, 저장고 내의 온·습도 감지 센서만으로는 전체 저장고 내의 온·습도의 조절이 불가능하므로 감지센서의 배열 위치의 선택을 잘해야 한다.

10. 저온 저장고의 운영

1) 과대한 입고를 피할 것

저온 저장고 설계시 다소 차이는 있지만 1일 입고량을 저장실 총 저장량 물량의 2.5~3.5%를 기준으로 하고 있으며, 대부분 5% 내외를 기준으로 하고 있다. 또한 입고물의 초기 온도를 15℃를 기준으로 하여 저장온도까지 강하시키는데 소요되는 시간은 2~3일(1일 입고비율 : 50~33%)에서 1주일 정도(1일 입고비율 :15%)에 모두 입고하는 관행은 개선되어야 한다.

단감의 경우 입고후에 폴리에틸렌 필름에 결로가 발생되어 결로가 없어질 때까지 약 1~2주 가량이 소요되는데, 결로가 1일 빨리 없어지면 저장 기간이 약 1주 정도 연장가능하다.

예) 벽면 높이가 6m이고 바닥 면적이 50평인 저온 저장실에 15℃ 양파를 1일 입고비율 3%로 설계된 저장고에 1일 15%로 입고할 경우, 냉각에 소요되는 시간을 구하면 다음과 같다.

- 총 저장 물량 : 50평 * 3.3m¹/평 * 6m * 0.9 * 262kg/m¹ * 0.5 ≒ 117000kg = 117톤

- 설계시 입고물 냉각에 필요한 냉각 열량

$$Q = 117000\text{kg} * 0.03 * (15 + 5)\text{℃} * 0.93\text{kcal/kg℃} * 1.15/24\text{h} = 3128\text{kcal/h}$$

- 15%를 저장할 경우 냉각 소요시간

$$T = 117000\text{kg} * 0.15 * (25 + 5) * 0.93\text{kcal/kg℃} * 1.15 \div 3128\text{kg/h}$$

$$= 180\text{h} = 7.5\text{일}$$

2) 적재방법

저온 저장고에 청과물이 담긴 PVC 컨테어나나 골판지 상자를 적재할 경우 상자 사이에 공간을 두지 않을 경우에는 호흡에 의해 발생하는 열의 제거가 효과적이지 못해 국부적인 온도 상승의 우려가 있다. 또한 청과물에서 발생하는 에틸렌 등 저장에 유해한 가스의 원활한 제거도 용이하지 않다. 따라서 상자의 적재시 냉기의 원활한 순환을 위하여 벽과 상자사이, 상자와 상자 사이에 다소 공간을 두고 쌓는 것이 좋다.

3) 다품목 혼합 적재

다른 종류의 청과물을 동일한 저장고에 보관할 경우 품목별로 에틸렌의 발생에 차이가 있기 때문에 에틸렌 발생율이 낮은 품목은 높은 품목에서 발생하는 에틸렌에 의하여 후숙되고 노화가 촉진되어 저장성이 현저하게 저하된다. 또한 다른 품목의 방향 성분에 오염되어 악취가 발생할 우려가 높고, 다른 품목에서는 그다지 문제가 되지 않는 미생물에 오염되어 저장성이 현저하게 저하하는 경우가 있다.

4) 온도 관리

저온 저장고내 위치별 온도의 편차는 통산 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}(\pm 2^{\circ}\text{C})$ 정도이나 저장물에는 그다지 큰 영향을 미치지 않는다. 저장실 규모가 큰 경우에는 덕트를 사용하면 다소 줄일 수 있다. 따라서 저장고내에 몇군데에는 온도를 측정하여 동결점 가까운 온도에서 저장하고, 저온 장해를 받기 쉬운 품목의 경우에는 최저 온도를 그밖에는 평균온도를 저장온도로 채택하는 것이 적당하다. 이때 통상 온도 센서에서 나타난 온도는 실제 온도와 다소 차이가 발생할 수 있다(심한 경우 3°C). 따라서 저온 저장고에 사용하는 모든 종류의 온도계는 온도보정이 필요한데, 이를 위해서는 정도가 높은 온도계로 보정하거나, 증류수로 만든 얼음과 증류수를 혼합하여 흔들며 주면서 물의 3중점(0°C)에서 보정하면 된다.

또한, 전열 제상시 지나친 실내 온도의 상승을 방지하기 위하여 유닛 쿨러(unit cooler)의 온도가 약 25°C 이상(제상 정도에 따라 차이가 있음)이 되면, 제상을 마칠 수 있도록 과열 방지 센서를 부착하는 것이 안전하다.

5) 기타 사항

응축수를 제상수로 사용하는 경우 응축수의 온도는 $32^{\circ}\text{C} \sim 37^{\circ}\text{C}$ 정도이므로 이 응축수를 유닛 쿨러(unit cooler)의 제상수로 사용하는 경우가 많다. 응축수 냉각탑에서 수분의 증발로 농축되는데, 바람에 의해 먼지 등으로 오염되면 다음과 같은 문제가 발생할 수 있으므로 주의해야 한다.

- ① 유닛 쿨러의 핀, 코일의 오염으로 전열성능 저하
- ② 저장고 내의 청과물 오염
- ③ 제상수 온도의 한계는 $4 \sim 24^{\circ}\text{C}$ 로 그 이상의 온도에서는 제상시 발생한 수증기가 송풍기의 날개에 얼어 붙어 송풍기가 파손될 우려가 있음.

④ 응축수를 사용할 때에는 온수 가열형 열교환기를 사용할 것.

제 2 절 예냉

1-1. 예냉의 목적과 필요성

채소나 과일과 같은 청과물은 수확 이후에도 호흡작용을 계속하게 된다. 따라서 수확 후의 청과물이 부패나 건조 등에 의한 변질을 제외하면, 영양 성분의 감소나 시늬 등의 품질 저하의 원인은 호흡 작용에 있다. 따라서 청과물의 품질유지를 위해서는 호흡작용을 억제하는 것이 중요하다.

호흡 작용은 온도 · 습도 · 가스 환경 · 미생물 · 빛 · 바람 등의 요인에 따라 좌우되지만, 그 중에서도 온도의 영향이 가장 크다. 정상적인 호흡 작용에서는 산소를 섭취하여 당이 분해되고 탄산가스와 물을 생성시킨다. 중요한 것은 이 반응이 발열 반응이어서 호흡 작용에 의해 발생시키는 탄산가스 1g에 대하여 약 2.5kcal의 열을 발생하고, 동시에 약 0.4g의 물이 생성되는 것이다. 따라서 청과물의 품질을 유지하기 위해서는 수확 후, 재빨리 온도를 낮추어 호흡을 억제할 필요가 있는데 이를 예냉(precooling)이라 한다. 예냉은 냉장 저장 · 저온 수송 등에 앞서서 하는 것으로, 예냉을 생략하면 저장 · 수송 과정에서 소정의 온도까지 저하시키는데 장시간이 필요하고, 때로는 온도가 상승되어 품목에 따라서는 치명적인 품질저하를 가져올 우려가 있다. 온도와 호흡 작용과의 관계는 다음식으로 표시한다.

$$Q = q_0 \cdot 10mt$$

여기서, Q : 호흡속도 (CO₂ mg/kg · h)

q₀ : 0℃에서의 호흡속도(CO₂ mg/kg·h)

t : 농산물의 온도(℃)

즉, 온도의 상승에 따라 호흡 속도는 지수 함수적으로 상승하고 청과물의 종류에 따라 차이는 있지만 대개 온도가 10℃ 증가할 때마다 호흡 속도는 2~4배 증가한다.

호흡 작용에 의해 생명을 유지하고 있는 청과물은 체온이 높아지게 되어 발열이 늘고, 그것이 다시 호흡속도를 빠르게 하여 체내 성분의 분해가 가속화되면서 수분의 증산도 증대된다. 이들 생리 작용에 따른 품질의 변화는 저온에서 억제되기 때문에 가능한 한 빨리 체온을 낮추는 것이 바람직하며, 따라서 초기에 체온을 강하시키는 것이 매우 중요하다 할 수 있다.

예냉 시설의 도입은 유통 과정중 변질을 억제하고 산지로서의 신뢰성을 높일 수 있지만 그 외에도 다음과 같은 효과가 기대된다.

① 저온 유통에 의해 자역리 수송이 가능하고, 품목의 확대와 함께 판로의 확대가 가능하다.

② 예냉과 보냉으로 단기간의 출하 조정이 가능하며, 출하 계획을 세우기가 쉽다.

③ 안정된 유통이 가능하여 가격의 안정과 수익 증대가 기대된다.

④ 공동 시설의 운영에 의해 산지 유통체제의 확립과 개선에 기여할 수 있다.

1-2. 예냉의 방식과 특성

현재 보편적으로 사용되고 있는 예냉 방식을 냉각 매체별로 분류하면 저온의 공기를 사용하는 공기 냉각(air cooling), 공기의 압력이 저하하면 물의 비점이 낮아지는 원리를 이용한 진공 냉각(vacuum cooling), 냉수를 사용하는 냉수냉각(hydrocooling)으로 나눌 수 있으며, 부분적으로 일부 청과물에서는 얼음조각을 채워 냉각하는 빙냉(ice cooling) 방식도 사용되고 있다.

1. 공기 냉각 (air cooling)

냉각 매체로서 저온의 공기를 이용하는 방법으로, 냉각은 저장 표면과 냉기와의 사이의 열전달에 의해 진행된다. 공기 예냉은 냉기를 단순히 순환시키는 통풍 예냉과 냉기를 강제적으로 순환시켜 신속한 냉각 속도를 얻는 급속 통풍 냉각으로 구별되고 후자는 강제 통풍 냉각과 차압 통풍 냉각으로 구분한다.

1) 통풍 예냉 또는 실내 냉각(room cooling)

장치의 구조가 간단하고 조작에 기술을 필요로 하지 않기 때문에 예냉이 도입된 초기에 사용되던 방식이다. 그러나 예냉고 냉기로는 냉각속도가 너무 느리고 하루 이상의 예냉 시간을 필요로 하기 때문에 예냉 중에 품질 저하를 일으킬 우려가 있는 농산물에는 적당치 않다. 또 예냉고 내에서 냉기의 순환을 좋게 하려면 통풍 공간이 필요하기 때문에 입고율이 낮아진다. 사과 · 감자 · 양파 등의 장기간 저장하는 과일이나 야채를 본 저장에 들어가기 전에 예조 · 예냉을 목적으로 이용하는 정도이며, 본격적인 예냉 장치로서는 거의 사용되지 않는다.

2) 강제 통풍 예냉(forced air cooling)

냉각 속도가 느린 통풍 예냉의 결점을 보완하기 위해 냉기를 기계적으로 교반하여 열전달을 크게 하므로써 보다 큰 냉각속도를 얻도록 하는 방식이다.

강제 통풍 예냉은 통풍 예냉에 비하여 큰 냉각 속도를 얻지만 예냉 시간은 10~15시간으로 비교적 장시간이 소요되고, 또 냉기의 흐름에 대하여 냉각이 불균일한 단점이 있다. 이 때문에 대도시 근교의 소규모의 예냉 시설에서나 이용되는 경우가 많다.

3) 차압 통풍 예냉(pressurecooling)

통풍 예냉과 강제 통풍 예냉에서는 골판지 상자 등의 용기에 담긴 농산물은 용기의 외측을 흐르는 냉풍과 밀폐된 용기 내의 냉기와의 열전달에 의해 냉각되기 때문에 냉각속도가 아주 느리다. 그러나 용기에 설치한 통기공으로 냉기를 용기내로 강제로 불어넣고, 농산물과 직접 열전달시키면 냉각속도를 크게 할 수 있는데, 이 방식으로 차압 통풍 예냉 또는 차압 예냉이라고 한다. 차압 예냉은 예냉시간도 3~5시간 정도이고, 어떠한 농산물에도 적용이 가능하기 때문에 최근에는 공기 예냉의 주류를 이루고 있다.

그러나 차압예냉은 용기에 통기공을 설치해야 하기 때문에 골판지 상자의 강도가 저하되고, 또 냉각이 불균일 하기 쉬운 결점도 있다. 이 때문에 중앙 흡인형 · 터널형 · 벽면 흡인형 · 심니(chimney)형 등, 적재 방법에 따라 여러 가지 형태의 차압 예냉 장치가 개발되고 있다.

골판지 상자의 측면에 설치된 통기 공을 관통한 냉기는 간극을 두어 2열로 적재된 골판지 상자의 간극부를 덮개로 덮어 만든 공간사이로 강제적으로 들어가서 감압실에 흡인되는 구조로 되어 있다. 감압실에 들어간 냉기는 냉각 유닛을 통과한 후 감압실의 출구에 설치된 송풍기(차압팬)에 의해 순환된다.

표 2-11. 예냉 방식 별 예냉 소요시간

품 목	차압통풍(PC)	강제통풍(FC)	비고
배	5~6	24~48	무포장 폴리에틸렌 소포장
포도	5~6	20~25	
복숭아	6~8	24~48	
딸기	3~4	10~15	
팥콩	3~4	20~24	
사탕수수	6~8	20~24	
블로콜리	3~5	10~15	
썩갓	1~015	24~28	
시금치	2~3	10~15	
시금치	8~12	20~24	
무	7~10	20~24	
당근	3~5	24~28	

주) 1. 냉각시간은 조건에 따라 다를 수 있음

2. 여름철 골판지 상자로 포장후 30℃ 전후의 체온을 실용 규모의 예냉 장치로 5℃까지 냉각하는데 소요되는 시간임

2. 냉수 냉각(hydrocooling)

냉수를 냉각 매체로써 사용하여 냉수와 농산물간의 열전달에 의하여 냉각하는 방법으로 청과물을 냉수에 침지하는 방법과 냉수를 뿌리는 살수법이 있다.

미국에서는 당근 · 샐러리 · 스위트 콘 · 복숭아 등의 많은 농산물에서 냉수 예냉이 보급되고 있다. 그러나 우리나라에서는 널리 실용화되지 않고 있다.

냉수를 냉각 매체로 사용하기 때문에 공기에 의한 냉각에 비해 냉각속도가 커서 (예냉 시간은 1시간 이내) 중량과 부피가 큰 농산물의 예냉에 적합하다. 또 다른 예냉에서는 피할 수 없는 예냉중의 수율 감소를 우려할 필요가 없는 장점도 있다. 게다가 기계장치도 간단해

서 설비비와 운전비 등의 예냉 비용도 적게 소요되기 때문에 앞으로 보급이 기대된다. 다만, 지금까지 보급이 잘되지 않는 이유는 청과물이 젖어 있기 때문에 탈수나 건조에 시간이 걸리고 특수한 포장이나 포장 재료가 필요하며, 또 냉각수의 미생물 오염에 따른 부패가 문제되기 때문에 냉각수의 살균이나 포장 재료, 수송 방법상의 문제점이 해결되면 앞으로 보급이 확대될 수 있다. 특히 앞으로 청과물의 세정 후 유통되는 시스템으로 변모하게 되면, 그 수요는 크게 증가할 수 있을 것으로 전망된다.

3. 진공 예냉(vacuum cooling)

진공 예냉의 원리는 농산물의 압력을 낮춰 수분 증발을 촉진시키고, 이때 빼앗기는 증발 잠열에 의하여 체온을 낮추는 것이다. 즉, 주위의 압력이 그 때의 수온(체온과 거의 같음)에 상당하는 포화 수증기압까지 낮아지면 산물의 세포중에 함유된 수분의 증발이 개시되고, 이어 증발량은 급격히 증대한다. 이때 외부에서 열이 가해지지 않으면 농산물로부터 증발 잠열에 상당하는 열이 달아나 체온이 저하하며, 포화 증기압에 대응하는 비점에서 균형이 된다. 예를 들어 포화 증기압 4.57mmHg 이하가 되지 않도록 해야 한다. 진공 예냉 장치는 진공조 · 콜드 트랩 · 제어부로 구성된다.

표 2-12. 예냉 방식별 특징

	실내 냉각		거의 사용되지 않음	
	공기냉각식	강제통풍 냉각		예냉고사용 냉장 컨테이너 사용
차압냉각		예냉장고형	중앙 흡입	일체형 차압의 기본형
				분리형 쿨러와 차압 발생부 분리, 통풍의 개선에 유리
		벽체 흡입	금후 보급이 기대됨	
		차압 발생	저온 저장고에서 소량 예냉에 적합	
		플랜트형	배치형 터널형	단품목 대량 생산지에 적합 선별기와 조합하면 인력절감
진공냉각식	진공펌프 사용 스텝 이젝터		외국에서 많이 사용 산업화가 미비한 상태	
	하이드로 진공식		진공냉각으로 어려운 셀러리 줄기 등에 적용 가능	
	냉수냉각식	침지식	풀(pool) 유수	당근 등 물로 씻는 과채류와 시금치 등, 다른 방법으로는 예냉이 어려운 품목에 적합
분사식		맷치		
	빙냉식	얼음조각 이용		

표 2-13. 각 예냉 방식별 장단점

구분	장점	단점
강제 통풍 냉각	<ul style="list-style-type: none"> - 실내 냉각에 비해 냉각속도가 크고 온도편차가 적음 - 예냉후 저온저장고로 활용이 가능 - 용기의 특별한 적재방법이 불필요 - 터널식은 연속 예냉 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 냉동기 용량에 비해 냉기 유량비가 클 경우 냉각속도가 낮고 냉각 불균일 - 냉각속도가 비교적 느려 냉각중에 품질저하 발생 - 상자외측의 청과물에 결로 생성, 저온저장시 곰팡이 발생 우려
차압 통풍 냉각	<ul style="list-style-type: none"> - 청과물 표면 결로 미발생 - 냉각속도가 빠르고 온도 편차가 적음 - 기존 저온 저장고를 약간의 경비로 개조 가능 - 최적 통풍시 강제 통풍식에 비해 에너지 절약 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 풍속이 클 경우 건조 발생 - 청과물 충전과 용기 배열에 시간과 노력 소요 - 예냉 시설이 차지하는 공간 때문에 입고효율이 낮음 - 용기 크기와 적재방법에 따라 불균일 냉각 우려
진공 냉각	<ul style="list-style-type: none"> - 냉각 속도가 30~40분으로 빨라 신선도 유지, 당일 출하 가능 - 진공실내 적재방법 등에 의해 균일 냉각 가능 - 냉각에 의해 수분이 제거되어 비에 젖었거나 물로 씻은 청과물의 탈수 효과 	<ul style="list-style-type: none"> - 냉각 가능한 청과물이 거의 엽채류로 한정되고, 비표면적이 작은 가실, 근채류 등은 냉각속도가 늦어 부적합 - 설비비가 비교적 많고, 예냉후 저온저장고가 필요하여 전체 시설의 대형화 초래
냉수 냉각	<ul style="list-style-type: none"> - 냉각 부하가 큰 청과물을 비교적 빨리 냉각 - 예냉중 중량감소가 없고 오히려 수율회복 가능 - 예냉과 함께 세척 효과 - 연약한 엽채류를 제외한 모든 농산물에 적용 가능 - 자동화가 가능하여 가공 시스템 일부로 활용 가능 - 냉각 능력에 비해 설비비와 운영비가 적게 듦 	<ul style="list-style-type: none"> - 골판지와 같은 포장재 사용 불가 - 부착수에 의해 부패균이 증식되어 부패율 높음 - 수류가 강하면 청과물이 물리적인 손상을 받을 염려가 있음

표 2-14. 품목별 예냉방식의 적용

품 목	진공 (VC)	강제 (FC)	차압 (PC)	수냉 (HC)	비고
양상치, 샐러드, 여름양배추	◎	○	○		양상치, 양배추의 속까지는 VC으로도 상당시간 소요
부추	◎	○	○		하우스 재배품은 VC에 부적합. 진공예냉시 과냉각되면 시듦
파세리, 시금치	◎×	○	◎	○	
블로콜리	○	○	◎		VC으로 속까지 냉각 곤란
샐러리	○	○	◎		VC으로 줄기와 속까지 냉각 곤란
겨울 양배추, 결구배추	△	○	◎	×	
비결구 배추	○	○	◎	×	
단옥수수	◎	○	○	○	
꼬투리 부착 완두	○		◎		VC에서 꼬투리 크기에 따라 온도차 발생
강낭콩, 풋콩	△	○	◎		VC시에는 분무
토마토, 오이, 피망, 가지	×	○	◎		가지는 VC으로 겨우 냉각됨 너무 낮은 온도로 냉각하지말것
딸기	○	○	◎		VC시에는 분무
그린 아스파라가스, 죽순	○	○	◎		VC시 속까지 냉각에 시간이 걸림(특히 죽순)
생강	◎	○	◎		VC시에는 분무
당근	△	○	◎	◎	물 세척후 건조를 겸해 VC으로 약간 냉각
무, 순무	△○	○	◎	◎	잎과 줄기는 VC이 좋으나 뿌리는 곤란
표고버섯	○	○	◎	×	비온 뒤 수확에 VC가 좋음
팽나무 버섯	○×	○	◎		밀봉포장에 VC 부적합
복숭아	△	○	◎	○	
꽃	○	○	◎		종류에 따라 다양함

주) ◎ : 최적, ○ : 적합, △ : 가능, × : 불가능, VC: 진공예냉

1-3. 예냉 시설의 운영

1. 예냉 방식의 결정

1) 품목 측면에서의 검토

무엇을 예냉할 것인가로부터 예냉 방식이 결정된다. 예를 들면 토마토나 오이 등 과채를 대상으로 하는 경우는 진공 냉각 방식은 부적당하다. 강제통풍 냉각이나 차압 통풍 냉각 혹은 냉수 냉각이 가능하지만 출하 형태(골판지 상자 포장)를 고려하면 냉수 냉각이 적당하지 않기 때문에 강제통풍 냉각이나 차압통풍 냉각이 적당하다. 강제통풍 냉각 또는 차압 통풍 냉각인가의 선택은 예냉할 여채가 시듦거나 약하거나 필름 포장되어 있든가, 혹은 수확 당일에 출하할 것인가 다음날 출하할 것인가에 따라 다르다. 당일 출하를 전제로 하면 차압

통풍 냉각 방식을 택하는 것이 좋다.

엽채류는 일단 진공 냉각이 좋지만 감도가 문제되므로 시금치 · 쪽갓 등에 대해서는 재고의 여지가 있다. 특히 따뜻한 지역에서 고온기에 생산되는 잎이 얇은 채소는 별도의 방식을 고려하는 것(플라스틱 필름으로 포장하여 차압 통풍 냉각을 함)이 좋다. 어쨌든 진공 냉각을 전제로 한 경우는 사전 가습하거나 품종이나 재배법을 연구하여 3~4%의 수분이 증산하여도 외관적으로 품질저하가 나타나지 않도록 해야 한다. 또 시장에 납품된 이후의 선도유지를 고려하여 플라스틱 필름으로 포장(소포장)하는 경우는 진공 냉각이 적합하지 않아 강제통풍 냉각이나 차압 통풍 냉각을 한다. 그러나 양상치 등, 엽채류를 대량 처리할 때는 단기간에 냉각 가능한 진공 냉각 방식이 적당하다.

당근 등의 근채류에 있어서 세정하여 출하하는 경우는 냉수 냉각이 좋지만 강제통풍 방식도 가능하다. 일단 세정을 겸해 냉수 냉각을 하고 진공 냉각이나 강제통풍 냉각으로 탈수와 냉각을 하는 방법도 있다. 여러 가지 품목을 동시에 취급하는 경우는 범용성이 높은 강제통풍 냉각이나 차압 통풍 냉각이 좋지만, 차압 통풍 냉각 방식도 유망하다.

2) 작업면에서의 검토

수확부터 조제와 상자담기 작업에 상당한 시간이 걸리고, 집하 시각이 오후 3~5시에 집중하는 경우는 진공 냉각은 부적당하므로 강제통풍 냉각으로 익일 저녁까지 예냉하여 출하하는 것이 보통이다. 수확부터 조제, 상자 담기의 작업이 쉽고, 필요한 시각에 집하장에 운반될 수 있으며, 단품목인 채소의 경우는 진공 냉각이 좋다. 이 경우에는 부락 단위로 집하 시간을 결정하고 오전 10시~오후 5시 안에서 순차로 집하장에 운반하면 3~5톤 정도씩 예냉하여 보냉고에 입고하기 때문에 예냉시설의 운영이 원활하다. 또 조제 · 상자담기의 노력이 들지 않고 오전중에 모든 물품을 집하할 수 있는 경우는 차압 통풍 냉각이 적절하고, 오후 1~7시를 예냉 시간으로 맞추면 당일 출하가 가능하다.

2. 예냉 시설의 규모와 결정

시설규모를 결정하기에 앞서 예냉하는 농산물이 무엇이고, 지금 생산량은 얼마며 3~5년 후에는 어느 정도가 될 것인가를 가능한 한 정확히 파악해야 한다. 예냉할 농산물의 종류와 양이 결정되면 예냉 방식과 규모의 결정이 쉽다. 예냉 대상이 결정되면 연간 생산 계획을 확실히 파악해야 되겠지만 연간 처리량 못지않게 중요한 것은 일일 출하량을 파악하는 일이다. 일반적으로 청과물의 일일 출하량은 상당한 편차가 있고, 매일 일정량을 출하하기 어렵지만 출하량 변동이 크면 규모의 결정이 매우 어렵다. 어제는 1,000 상자이고, 오늘은 4,000상자, 내일은 500 상자과 같이 변하는 경우는 일일 처리 능력을 1,000 상자로 할 것인가 4,000 상자로 할 것인가에 혼란이 생긴다.

강제 통풍 냉각의 경우, 2,000 상자 처리실에 4,000 상자를 넣는다고 가정하면 능력 이상 채워진 청과물이 출하 시각에는 냉각된 것과 거의 냉각되지 않은 것이 있어 시장 출하 후에 문제가 생길 수 있다. 이럴 때는 냉동 능력이 충분한 범위에서 2,000~2,500 상자를 예냉처리하고 나머지 1,000~1,500 상자는 비예냉품으로 분리하여 싼 값이라도 별도 출하하는 방식으로 운영해야 한다.

예냉 시설의 도입에 있어서는 모든 생산자의 합의를 바탕으로 면밀한 생산계획을 세우는

것이 매우 중요하다. 연간 생산 계획을 면밀히 세워 동시 출하 물량의 조절을 탄력적으로 해야 한다. 이를 위해서는 사업주체의 지도적 입장에 있는 사람과 생산자와의 견해가 반드시 일치하여야 한다. 생산자의 협력이 없으면 예냉 시설의 효율적 운영은 기대하기 어렵다.

제3절 수송과 유통

1-1. 수송 현황

최근의 청과물의 유통 형태는 인구의 도시 집중화와 사회적, 경제적 여건이 변화됨에 따라 자급적 소비 구조에서 원거리 수송형 소비구조로 급속히 변화되고 있다. 또한 청과물은 소비자의 기호에 따라 품종의 단일화, 주산지화, 그리고 규격화가 이루어지고 있다. 이에 따라 청과물은 수송 물량의 지역적, 계절적 변동이 심하고, 부패성이 강하여 수송중 품질 손상이 크며, 유통 흐름이 일반적인 공산품과는 달리 농촌에서 도시로 이동되는 특징을 갖고 있다. 따라서 청과물의 생산후 소비자로의 수송은 상품성도 유지하면서 소비자에게 만족을 주는 동시에 신선도를 유지시켜 농가 수취가격을 높인다는 점에서 매우 중요한 부분이다.

그동안 우리나라는 도로 여건의 향상에 따른 수송비와 소송 시간의 절감, 그리고 시장권 확대 등으로 농가 소득증대와 사회·문화적 서비스가 향상되고 있다. 청과물 수송은 대부분 화물 차량을 이용한 육로 수송에 의존하고 있고 제주도를 비롯한 도서 지방은 선박과 항공기를 이용하고 있다. 청과물 수송에 사용되는 차량은 산지와 도매 시장 간에는 2.5톤과 4.5톤 트럭이 이용되고, 도매시장과 소매 시장 간에는 1톤 이하의 소형 트럭이 많이 이용된다. 국내 청과물의 수송 비율은 과실의 경우 90%, 채소류는 70% 이상 차지하고 있는 것으로 알려지고 있다.

현재 청과물 소송 차량은 일반 트럭이 주를 이루고 있고, 부분적으로 보냉차가 이용되고 있다. 현재 냉장 기계가 설치된 차량은 주로 유제품과 수산물, 그리고 냉동식품의 운송에 사용되며, 청과물을 생체로 운송이 가능한 냉장차의 보급은 매우 미진하다. 그림 3-25와 같이 청과물 저온 유통 시스템에서 수송이 차지하는 부분은 산지에서부터 소비자에게 이르는 모든 과정에서 필수적으로 필요한 부분이다. 따라서 청과물 저온 유통 체계 확립을 위하여 저온 차량의 확대 보급과 관련 기술 개발이 절실하다.

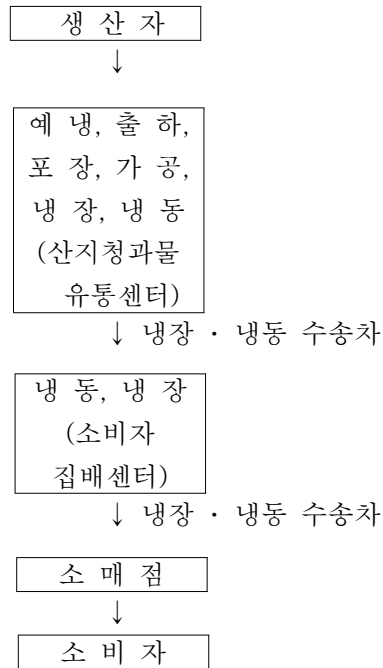


그림 3-25 저온유통 체계 개략도

1-2. 수송차량

1. 보냉차

현재 청과물 수송에는 일반 트럭이 많이 이용되고 있으며, 보냉 시설을 갖춘 보냉차는 일부만 이용되고 있는 실정이다. 보냉차는 차량 화물칸에 보온용 단열재가 충전된 알루미늄판으로 제작한 보냉탑(그림 3-26)을 설치하여 저온 냉창고에서 저장된 청과물을 저온 상태로 수송하는 차량이다.



그림 3-26 보냉차

이러한 보냉차를 이용하게 되는 이유는 그림 3-27에 나타난 바와 같은 청과물 수송중 상승되는 청과물의 온도를 억제하기 위함이다. 즉, 외부 기온의 침입, 도로면의 복사열, 청과

물의 호흡열, 기계의 발열, 외부와 내부의 온도차, 입출고시 침입열 등에 따라 영향을 받는다.

이러한 원인에 의해 산지에서 저온 보관·저장된 청과물은 현재의 일반 운송 차량으로 수송시 품온이 상승되어 선도 저하 등 품질이 떨어지므로 온도 유지가 가능한 보냉차를 이용하여야 한다.

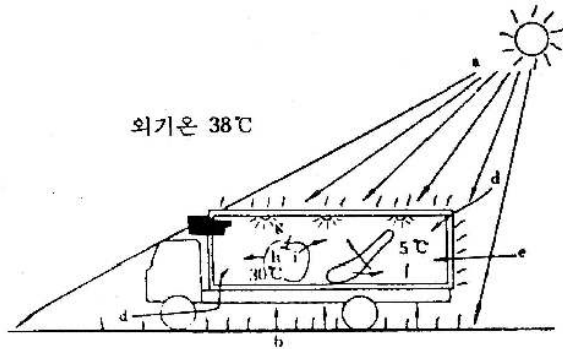


그림 3-27 청과물 수송중 온도 변화

- a : 태양열 b : 도로의 복사열 c : 외부와 내부 온도차
d : 외기의 침입 e : 문의 개폐 f : 고내온도
g : 장비의 발열 h : 청과물의 온도 i : 호흡열

2. 냉장차

냉장차는 신선 청과물의 운송보다는 냉동 식품의 운송에 주로 사용된다. 냉장차는 청과물의 주산지를 중심으로 산지 예냉 시설이 설치되고 냉동 차량의 보급이 확대되면 청과물을 산지로부터 소매상까지의 저온 유통하는 체계가 일반화될 것이다.

지금까지 개발된 대표적인 냉각장치에 따라 냉장차의 종류를 살펴보면 다음과 같다.

- ① 기계식 냉동차 : 냉동기를 부착한 냉동차
- ② 축냉식 냉각차 : 냉동판(공정판, eutectic plate, cold plate)을 부착한 냉동차
- ③ 액체식 냉동차 : 액체 질소를 내부에 분사 후, 기화 잠열로 냉장하는 냉동차
- ④ 빙조식 냉동차 : 얼음, 드라이 아이스 등을 이용하는 냉동차

또한, 운송 차량의 적재량과 운송 거리 등에 따라 다음과 같이 분류한다.

- ① 대형 냉장차 : 최대 적재량 6,000kg 이상으로 장거리, 중거리 운송용, 전문 수송업자가 사용
- ② 중형 냉장차 : 최대 적재량 3,000~6,000kg로 중, 장거리 운송용 전문 운송업자나 도매업자용
- ③ 소형 냉동차 : 최대 적재량 1,000~3,000kg으로 식품 배송용, 식품 관련 기업의 자가용
- ④ 초소형 냉장차 : 최대 적재량 1,000kg 미만으로 저온 배송용, 식품 관련 기업의 자가용

기계식 냉장차는 냉장 시설의 설치가 용이하고 사용 온도 범위가 커서 모든 청과물의 운송이 가능하며, 운송의 거리에 크게 구애받지 않아 가장 많이 이용되고 있다.

표 3-9 냉각방식의 특성

구분	기계냉각식	냉각판식	액체 질소식	빙조식
용도	야채, 과일, 육, 냉동식품	냉동식품	냉동식품	야채, 과일
주행거리	원,근거리	근거리	근거리	근거리
온도(℃)	-20~+15	-20	-20	+20
습도(%)	탈수가능	-	-	탈수가능
냉각설비중량	중	중	경	중
냉각설비용적	대	대	소	대
구입비	고가	고가	적당	적당
유지비	적당	적당	고가	고가

냉장차에 사용되는 냉각 방식을 비교하면(표 3-9), 냉각판식 냉각법을 이용하는 축냉식은 순수한 물 또는 일정 농도의 소금용액을 사용하고 야간에 공정판(共晶板)을 이용하여 통상 10시간 이내에 냉매가 완전 동결되면 주간에 8~10시간 정도 저온수송을 하는 방법이다. 수송 온도는 5~18℃ 사이가 적당하다. 이 방식은 냉장고 내에 공정판이 차지하는 부피가 크고, 실내 온도가 비교적 높고, 야간에 충전시 소음이 문제가 되고, 설비 비용이 커서 널리 보급되지 않고 있다.

액체질소식 냉각 장치를 이용하는 액체식은 액체 질소의 비점(-195.9℃)을 이용하여 냉장하는 것으로 주요 부품은 액체 질소통, 질소 분사 장치, 온도감지 장치, 안전 통기구 등으로 구성된다. 이 장치는 유지비가 매우 비싸고 소음이 많으며, 냉장고내에 산소의 부족으로 작업자의 안전사고의 위험성이 큰 단점이 있다. 또한 장거리 운송시 질소의 충전이 용이하지 않으므로 사전에 세밀한 계획 수립이 필요하다. 그러나 운송고내에 환경 가스 조절 효과가 있어 운송물의 선도 유지효과가 있고, 냉장고 내의 온도를 급속히 낮게(-30℃ 이하) 유지하기가 쉬워 정과물보다는 장기 저장용 냉동 식품의 운송에 유리하다.

기계식 냉각 방식의 주요 구성부는 냉각기 · 응축기 · 압축기 · 전동기 · 엔진 등으로 구성되어 있다. 이들 장치는 대부분 차량 전면 상부에 노출되는데, 냉동기등의 부착 형태별로 일체형 · 이분할형 · 3분할형으로 나눌 수 있다. 일체형은 기기의 장착이 용이하고, 고장시 교환 및 수리가 편리하나 차량중심이 높아지는 단점이 있다. 분할형은 차량의 중심이 낮아져 주행중의 안정감이 있고 냉동기의 소음이 적은 장점이 있다. 외기의 온도는 37.8℃, 내부 운송온도는 2℃ 및 -18℃를 기준하였을 때 대형차의 냉동능력은 4,500kcal/h, 중형차는 3,000kcal/h, 소형차는 1,800kcal/h가 필요하다.

한편 과일과 채소류의 저온수송조건은 표 3-10과 같다.

표 3-10 청과물의 저온수송 조건

(단위 : °C)

과 일	1~2일 수송	2~3일 수송	채 소	1-2일 수송	2-3일 수송
사 과	3-10	3-10	아스파라거스	0-5	0-2
감 귤	4-10	2-10	양 상 추	0-8	0-4
포 도	0-8	0-6	시 금 치	0-6	0-2
복 승 아	0-7	0-3	고 추	7-10	7-8
살 구	3	0-2	오 이	10-15	10-13
과 일	1~2일수송	2~3일수송	강 남 콩	5-8	운송곤란
자 두	0-7	0-5	토 마 토	10-15	10-13
배	0-5	0-3	당 근	0-8	0-5
딸 기	1-2	운송곤란	양 파	-1-20	-1-13
밤	0-20	0-20	감 자	5-10	5-20

자료 : 국제냉동협회

1-3. 냉장 쇼 케이스

산지에서 선별 · 포장 · 저장후 냉장 차량에 의해 소비자로 운송된 청과물은 최종 소비자에게 전해지기 위해 소매상 또는 중 · 소형 슈퍼마켓에 진열되고 소비자에게 판매된다. 이때 필요한 유통 설비중의 하나가 냉장 쇼 케이스이다. 도시 지역의 소매점 또는 대형 쇼핑 센터에 설치된 청과물용 냉장 쇼 케이스는 여러 형태가 있는데, 높이가 1,100mm인 표준형이 널리 사용되고 있다. 최근에는 표준형보다 선반이 많고 연결이 가능한 다단형 연결식이 보급되고 있다. 쇼 케이스의 냉기 환류는 모두가 상부에서 하부로 흐르는 방식으로, 내부의 청과물 전체를 균일하게 냉각시킬 수 있는 구조로 되어 있다. 청과물의 냉장 쇼 케이스의 적정 온도는 표 3-11에 나타난 바와 같이 낙농 제품이나 정육 제품보다 높은 5~10°C로 알려져 있다.

표 3-11 냉장온도에 따른 적정 품목

케이스 내 공기온도(°C)	적용식품
10 - 15	과자류
5 - 10	청과물
2 - 8	낙농 제품, 육제품
-2 - 2	정육, 생선
-5 - -10	빙과류
-18이하	냉동식품
-23이하	빙과류

1-4. 컨테이너

청과물 컨테이너는 청과물의 운송시 일정한 용량을 담아 운송시 압상과 충격등에서 보호될 수 있도록 하는 기능을 가지고 있다. 이러한 컨테이너는 1회 처리 용량에 따라 크게 두가지로 나눌 수 있다. 하나는 인력으로 운반 가능한 정도의 양(15-25kg 정도)을 취급할 수 있는 소형 컨테이너이고, 또 하나는 지게차 등의 장비를 활용하여 운반할 수 있는 팔리트 컨테이너이다. 컨테이너를 만드는 재질은 목재 · 프라스틱 · 골판지가 대부분이다.

과일류에 이용되는 컨테이너는 과거에는 나무 상자가 주로 사용되었으나 최근에는 골판지 상자가 사용되고 있다. 그러나 과일의 특성상 자체적인 습도의 조절기능이 있고 비교적 단단한 재질로 널리 이용되었으나 재료비와 제작비의 상승으로 점차 사용 빈도가 낮아지고 있다. 골판지 컨테이너는 현재 널리 사용되고 있는 대표적인 컨테이너이다. 대량 생산이 가능하고 이에 따른 제작 단가가 낮기 때문에 앞으로 청과물의 유통 용기로 사용될 것으로 판단된다. 그러나 습도가 높을 경우, 습기에 의한 상자의 강도가 낮아져 내부 과일에 손상을 줄 수 있다. 채소류의 컨테이너는 과일류에서 사용된 컨테이너의 종류보다 다양하고 비규격품으로 사용되고 있는데, 최근에 농산물의 규격화가 이루어지고 있어 앞으로는 과일류와 같이 규격 포장과 규격 유통이 이루어질 것으로 보인다.