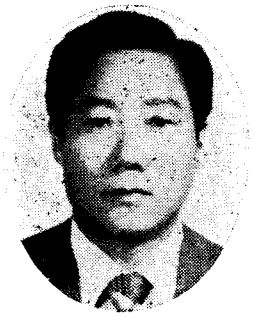
<技術解說>



果實菜蔬의 豫冷과 輸送技術

Techniques of precooling and transportation for fruits and vegetables.

李 聖 甲*
Rhee, Seong Kap

1. 머 리 말

우리나라의 청과물 특히 채소류의 유통권(圈)은 종래 극히 협소한 범위에 국한되고 있었으나 현재는 일년을 통하여 다종다양(多種多樣)한 채소류가 전국 각지에서 생산 출하되고 있다(1986 과실, 채소생산량 930만톤).

최근 10수년간에 있어서 상치, 세러리, 파세리, 도마도, 피망 등의 양채소류의 생산 소비는 급신장되어왔다. 이러한 현상은 소비측면에서 식생활의 양풍화(洋風化)에 따른 식품기호성 변화와 생산측면에서는 시설원예의 재배기술발달과 생산지의 대형화, 주산단지화가 잘 진행된 때문이고 물량적 유통기술의 관점에서는 예냉(豫冷) 저온저장, 저온수송을 포함한 저온유통기구(cold chain system)의 정비에 기인하는바 크다.

원래 채소나 과실같은 청과물은 수확후의 품질이 급격히 저하되고 품질저하속도는 온도, 습도, 가스농도, 미생물, 광선, 바람같은 환경요인에 크게 좌우되며 특히 온도의 영향은 T.T.T로 표시하는데 많은 연구가 진행되었다.

일반적으로 청과물의 호흡속도는 온도가 높아지면 빨라지고 호흡작용에 의해 발생되는 탄산가스(CO_2) 1g당 발열량은 약 2.5kcal로서 약 0.4g의 수분이 증발한다. 따라서 호흡속도가 증가하게되면 수분증산에 의한 위조(萎凋)가 일어나게되고 호흡의 기질이 되는 당분이나 유기산 등의 화학성분이 감소되어 품질의 저하가 초래된다. 기타 품질저하는 추숙에 의한 조직의 연화, 발아, 발근, 추대(抽台) 등의 현상이 일어나게 되는데 이것들은 온도와 밀접한 관계를 갖는다.

호흡속도는 일반적으로 물건의 체적에 비하여 표면적이 큰 엽채류가 크고 그 반대인 근채류에서는 비교적 적고 엽채류 중에서도 결구(結球)채소인 양배추, 배추, 상치보다도 비결구인 시금치가 더 크다.

보통 온도와 호흡속도와의 관계는 온도계수(Q_{10} value)로 구하는데(표 1.) 이것은 온도가 10°C 상승하는데 따라 호흡이 몇배로 되는 것을

표 1. 주요청과물의 Q_{10} Value

품 목	온도 변화 범위	
	0.5~10°C	11~24°C
Asparagus	3.7	2.5
green peas	3.9	2.0
Spinach	3.2	2.6
Kidney bean	5.1	2.5
red pepper	2.8	2.3
carrot	3.3	1.9
lettuce	1.6	2.0
tomato	2.0	2.3
cucumber	4.2	1.9
white potato	2.1	2.2

* 産業應用技術士(食品製造加工). 農學博士. 國立安城農業專門大學食品製造科長.

표시하는 것으로서 청과물은 그 종류에 따라 차이가 있으나 보통 그 수치는 2~4배가 된다.

그리하여 품질저하가 큰 청과물들은 수확직후 자체의 품온을 내려 저온하에서 유통시키는 것이 품질보존상 필요하다.

이 때문에 예냉(豫冷)은 수송 또는 냉장하기 전에 소정의 품온까지 냉각시키기 위하여 필요한 처리가 된다.

예냉이란 예비적인 냉각이라는 감이 있으나 냉장고나 냉동차에서의 냉각은 물건자체의 품온을 내리지 않고 외부로부터 침투되는 열을 제거하는 것과 다르며 만일 예냉시켜 냉장고에 넣는 경우 소정의 온도까지 품온을 저하시키는데 장시간이 소요되어 품목에 따라서는 이 냉각기간 중에 심한 품질저하를 초래하는 일이 종종 일어난다. 이런 의미에서 예냉은 저온유통에 있어서 본 냉각과는 차이가 있다.

2. 예냉방법과 장치

(1) 공기냉각

공기냉각은 냉각매체로서 저온의 공기를 사용하는 것으로 가장 광범위하게 사용되고 있다. 저온공기를 만드는데 보통 냉동기가 미국에서는 빙조(氷槽 : ice banker)를 사용하기도 한다. 공기의 냉각방법은 ① room cooling인 완만 통풍냉각과 ② 통풍냉각의 완만성을 개선한 급속통풍냉각(fast methods of air cooling)이 있다.

room cooling이란 보통 강제 통풍냉각이라하며 단보루상자내의 물품에 냉기가 스며들게 하여 냉각을 실시하는 것으로 시설이 간단하고 비용이 저렴하고 또 예냉을 계속하면서 저장할 수 있어 저장고로서 단기간 사용할 수 있는데 이때 제품의 이동이 불필요하고 운전경비도 적게 든다. 또한 그림 1과 같이 냉각의 주체가 거의 밀폐된 상태하에서의 외포장을 통한 열전도와 자연대류에 가까운 외포장 내부의 공기와 제품과의 열전달이 교류됨으로 냉각속도는 극히 늦어 냉각중의 품질저하가 큰 품목의 예냉은 좋지 않다.

역시 냉각은 물건 주위부터 진행되기 때문에 물건 중심부의 미냉각(未冷却)된 물건에서 이동되는 온난(溫暖)공기가 주위의 이미 냉각된 물

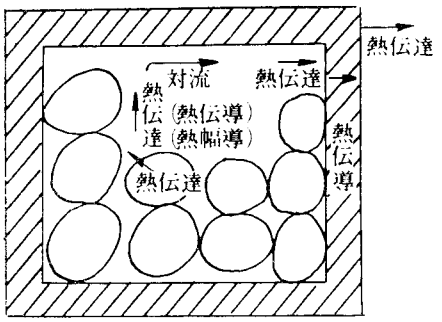


그림 1. 공기예냉에 있어서 예냉기구(밀폐상자내)

건이나 용기에 접촉할 때 결로(結露, sweating) 현상이 생기게 된다. 그리하여 이 방식으로 충분한 냉각속도를 얻으려면 용기와 냉기가 충분하게 접촉되게 함으로서 가능하다.

이를 위하여 물건의 적재를 이상적으로 하고 예냉창고내의 공간을 적절하게 유지시켜야 한다.

한편 급속통풍냉각은 room cooling이 갖는 결점을 보완하여 급속한 냉각을 하기 위하여 예냉창고의 천정에 설치된 duct에서 냉풍을 용기에 불어넣는 ceiling jet cooling과 냉풍을 강제적으로 용기내에 불어넣는 압력차통풍냉각(forced air cooling, pressure cooling)의 2가지 방법이 있다.

가압통풍냉각은 1955년대 California 대학에서 처음 고안하여 1958년 이후 grape, peach, strawberry의 예냉에 실용화되기 시작하였다.

이 방식은 냉기를 용기의 외측으로 흘려 서서히 용기내로 침투시키는 것으로 사용용기는 통기공(孔)을 만들어야 하고 냉기는 용기나 물건의 압력손실을 막을 수 있도록 압력을 일정하게

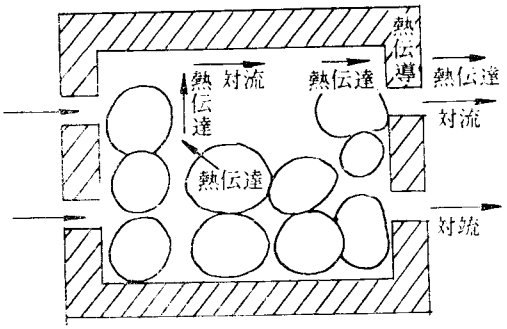


그림 2. 공기예냉에 있어서 예냉기구(통기공이 있는 상자 경우)

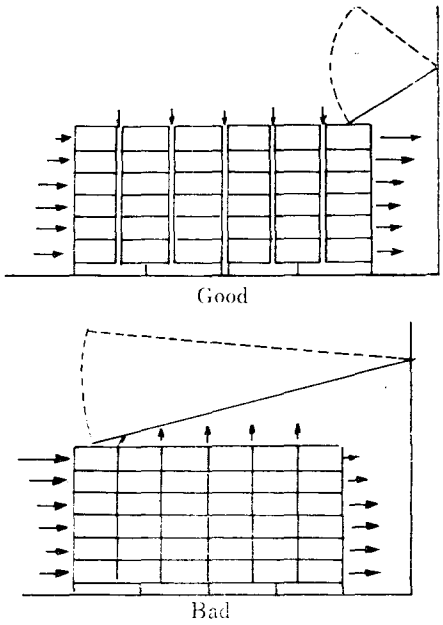


그림 3. 가압통풍냉각시의 송풍법과 냉기흐름

유지해야 한다. 이때 물건은 그림 2와 같이 용기내의 강제대류와의 열전달에 의하여 냉각되기 때문에 room cooling에 비하여 신속한 냉각속도를 얻을 수 있다.

일반적으로 냉기(冷氣)는 물건의 저온측으로부터 고온(高溫)쪽으로 이동하기 때문에 room cooling 방법의 결점인 결로(結露)현상은 발생되지 않는다.

그러나 용기에 통기공(通氣孔)을 설치함으로서 냉기이동으로 접촉되는 부분이나 또 많은 층의 용기를 냉기가 통과하기 때문에 냉기의 상류쪽과 하류쪽과의 냉각 정도가 큰 결점이 있다. 특히 냉기를 많이 접촉하는 부분에는 저온장해를 받을 우려가 있기 때문에 냉기의 취출구(吹出口)의 온도관리는 더욱 중요하다.

통기구는 냉기의 흐르는 단면에 대하여 약 5% 정도의 개공율(開孔率)을 가져 용기의 하부에 개공(開孔)하는 것이 효율이 좋다.

그림 3은 가압통풍냉각에 의한 전형적인 적재와 냉기의 흐름을 표시한 것으로 신속한 냉각과 같은 온도분포를 얻을 수 있어 적재의 상단 전체가 냉기로 서서히 유통할 수 있도록 쌓는것이 필요하다.

(2) 냉수냉각

냉수(冷水)를 냉각매체로 하여 냉각시키는 방식으로서 침지법(浸漬法)과 산수법(散水法)이 있다. 침지법(浸漬法)이라도 냉수를 교반시켜 물건 사이의 열전달을 조장하는 것이 좋다. 미국 California에서는 총당근 생산량의 1/2이 이 방식으로 예냉시키고 있으며 우리나라도 당근생산지에서 세척예냉을 일부 실시하고 있다.

냉수냉각은 열(熱)용량이 큰 냉수를 사용함으로서 과채류나 근채류의 냉각은 효과적으로 실시할 수 있으나 엽채류에는 사용할 수 없다. 그리고 냉수냉각의 장점은 다른 예냉방식에서 피할 수 없는 냉각중의 중량감소가 없는점이 있는 반면 이 방법은 용기나 물건을 수세하기 때문에 냉수에 오염될 수 있는 부패세균이 만연될 수 있는 결점이 있다.

이와같이 냉수냉각은 비용면에 다른 방법보다 저렴하고 더욱 energy 절약방식이어서 처리수의 살균이나 유통형태를 한번 검토할 필요가 있다.

(3) 진공냉각

가) 원리

물의 증발은 주위의 압력이 낮으면 활발하게 진행된다. 진공냉각은 이 원리를 이용하여 물건 주위의 압력을 낮게하여 물건 자체가 갖는 수분의 증발을 활발하게 하여 그때 탈취되는 증발잠열(蒸發潛熱)에 의해 청과물의 품온을 저하시키는 것이다. 즉 주위의 압력이 그 당시의 물온도에 상당하는 포화수증기압까지 저하시키면 물표

표 2. 물의 수증기압과 비등점

압력		비등점 °C
mmHg	inch Hg	
1.8	0.07	−12.2
4.6	0.18	0.0
5.1	0.20	1.5
10.1	0.40	11.5
15.2	0.60	22.0
51.7	2.04	38.0
362.0	14.25	80.0
760.0	29.92	100.0

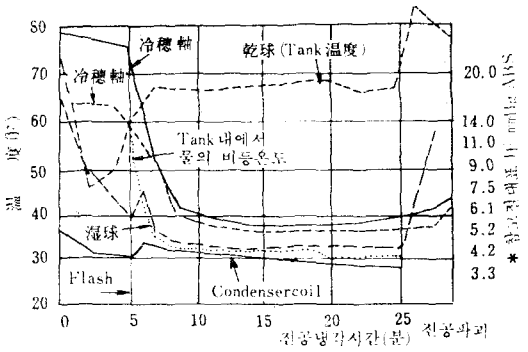


그림 4. Sweet corn의 진공냉각

면뿐 아니라 수중(水中)에서도 비등(沸騰)이 시작하게 된다.

표 2에서 보면 1기압(760 mmHg)에서 물은 100°C에서 비등하나 압력이 낮어지면 비등점(boiling point: BP)도 낮게되어 4.6 mmHg의 압력에서는 0°C에서 끓기 시작한다. 이 원리를 진공냉각에 응용한 것을 그림 4에서 보면 주위의 압력이 저하됨에 따라서 물건에서의 수분증발이 활발해져 품온(品溫)이 떨어지게 된다. 압력이 특별하게 저하되어 품온이 그 압력하(下)에서 비등점에 도달하려면 물건이 갖는 수분이 비등하게되어 급격한 증발이 일어나고(Flash point) 외부에서 물건에 열량이 공급되지 않는 진공냉각에서는 물건의 온도가 급격히 저하된다.

Flash point일때 진공 Tank 안의 습구온도는 반대로 상승하는 것이 관찰된다. 이것은 이미 저하된 습구표면에 물건에서 증발된 대량의 수증기일부가 응축하기 때문에 그 잠열에 의하여 일어나는 것으로서 실제의 물건표면에서의 대량 증발점보다 몇분 지연 생성되는 것으로 설명되고 있다. 또한 그림 4 중의 습구온도나 품온도 Tank 내 전압(全壓)에 상당하는 비등점보다 약간 높다.

이것은 습구 및 물건표면의 물은 완전한 자유수가 아니고 증발할 때 저항이 존재하기 때문에 생긴다.

여하튼 cold trap은 진공 pump로 유회전식 진공 pump를 사용에 한해 반드시 필요한 것으로서 이것은 증발시킨 수분의 제거장치이다. 즉 수분은 한번 증발되면 그 체적은 팽대(膨大)해진다. 예를 들면 0°C의 물 1g의 비체적은 약 1 cm^3이나 수증기의 상태에서는 약 21만 cm^3에 달한다. 따라서 이 수증기를 배제시켜 진공상태를 유지시키려면 극히 큰 진공 pump가 필요하다. 또 유(油)회전식 진공 pump의 구조상. pump가 수분을 흡입함으로서 pump의 성능이 저하하게 된다,

이것들은 cold trap을 필요로 하는 이유로 되고 cold trap의 냉각원(源)으로서는 보통 냉동기가 쓰여짐으로서 진공냉각장치는 냉동기를 간접적으로 사용하는 냉각장치라고 말할 수 있다.

cold trap상의 수증기압은 물건표면의 수증기에 비하여 낮으며 그중에서 cold trap의 온도를 내려 통과시켜 진공 tank내의 압력의 변화로 수증기분압이 차가 생겨 물건표면에서의 증발은 계속된다. 즉 유(油)회전식 진공 pump를 사용할 경우 냉각된 물건의 품온은 cold trap의 표면온도 이하로 내려지지 않아 냉각시의 동결방지를 고려할 경우 cold trap의 온도를 control하는 일이 바람직하다.

나) 진공냉각장치

진공냉각장치는 구조상 진공 tank, 진공장치, cold trap 및 냉동기의 3부분으로 구성된다. 진공 tank의 형상은 주로 각(角)형이나 소형의 경우는 원형도 있다.

보통 시설로는 진공 tank를 2개 설치하여 1개의 냉각조작 중 다른편의 진공 tank로서 물건의 일부를 청정시켜 처리시간의 단축을 도모

표 3. 주요한 진공 pump의 작동범위

pump의 종류		압 력(Toor)
기계펌프	油回轉pump(1단) 油回轉pump(2단) mechanical booster 分子pump(터빈형)	
증기분사펌프	水銀擴散 pump 油擴散 pump 油 ejector steam ejector	
기타	케타이온 pump 구라이 pump 소부지곤 pump	

하는 것이 보통이다.

진공 tank는 단열(斷熱)의 필요는 없으나 진공하의 외압(外壓)에 견디는 견고한 구조를 갖일 필요가 있다.

진공장치는 표 3과 같이 크게 나누면 기름회전식 진공 pump같은 기계 pump와 steam ejector 같은 증기분사 pump로 구분된다.

유(油)회전식은 저용량에서 대용량까지 종류가 다양하고 효율은 높으나 수증기혼입을 방지할 수 있는 cold trap을 설치할 필요가 있다.

또 다른 steam ejector는 고압의 수증기 tape user를 통과시켜 진공 tank에서 공기와 수증기를 직접 배출시켜 저진공도를 얻기 때문에 복수의 eseneck로 구성된다.

이때 유회전식과 달리 cold trap의 설치는 필요없고 ejector 출구에서 증기를 응축시킬 수 있는 condenser에 대량의 냉각수가 필요하다.

일반적으로 실용적인 것은 거의 유회전식 진공 pump 및 mechanical booster가 이용되고 steam ejector의 경우는 드물다.

또한 진공 pump의 크기는 진공 tank의 내용적과 소요압력도달시간에 의해 결정되고 경제성을 고려할 때 매분 배기용량은 tank 내용적의 0.5~1배의 크기가 좋다. cold trap의 냉각에는 보통 냉동기가 사용된다. 시험적으로 ice bunker를 사용한 보고도 있는데 이때 증발수분의 80%를 포집(捕集)할 수 있다.

전술한 바와 같이 물건의 동결방지의 관점에서 진공냉각장치는 cold trap의 표면온도를 기준하여 control하는 것이 바람직하다. 또한 효율면으로는 cold trap 표면온도 tc에 상당하는 포화증기압 pc와 물건표면의 온도 tv에 상당하는 포화증기압 pv와의 비 pc/pv을 0.53 정도로 되는 것이 좋고 cold trap의 온도를 내려 pc를 적게 하여도 수증기의 회수율은 상승되지 않는다.

다) 진공냉각의 적응성

진공냉각은 진공하에서 물건 자체의 수분증발로 냉각이 진행되기 때문에 잎면적이 큰 비결구의 엽채류에 적당한 방식인 반면 수분증발이 어렵거나 체적(중)에 대하여 표면적이 적은 과실류, 과채류, 근채류 같은 품목의 냉각에는 적당

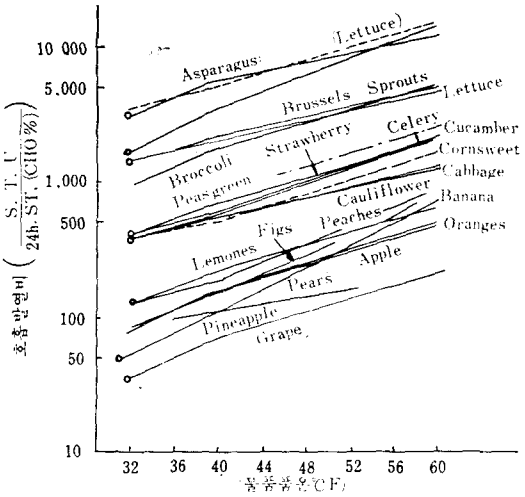


그림 5. 물건품온과 호흡발열비와의 관계

하지 않다.

진공냉각의 적응성을 나타내는 지표로 물건별 표면증발계수를 제안하여 이 계수의 크기로 flash point 이후의 증발속도가 큰 것이 진공냉각에 적당한 물건으로 판정하는 것이고 역시 호흡발열비를 진공냉각의 판정지표로 제창하였는데 이는 호흡요소로 외적요인(O_2, Co_2, H_2O 등)과 내적요인(표면적, 표피의 투과율, 내부의 유동성 등)으로 나누어 호흡발열의 조합을 전열(傳熱)과 유사하게 보아 호흡발열량 Q는 $Q=K\cdot A.\Delta t$로 표시한다. 여기에서 전열에 있어서 온도차 Δt가 외적요인 전열계수 및 표면적에 상당하는 $K.A$가 내적요인이라고 생각된다. 외적요인으로서 탄수화물 함량(CHO, %)를 갖으면 호흡발열량과의 비는 내적요인 $K.A$를 나타내며 수분증발 혹은 호흡속도에 대하여는 검토해 보는 것이 좋다(그림 5).

그림 5에서 호흡발열비가 높으면 표면적이 크고 표피의 투과율이 양호한 것으로 진공냉각에 적당한 품목으로 판정된다.

또한 품온이 5°C 될때까지의 시간과 같은 조건하에서 습구온도가 5°C가 될때까지의 시간을 비교하여 물건의 진공냉각 적응성을 나타낼 수도 있다.

이상 기술한 바와 같이 동일한 품목이라도 품종, 계통, 재배조건 등에 따라서 냉각효과에 차

이가 있음을 설명하였고 새로운 품목의 진공냉각을 하기 위하여는 많은 실험 data를 축적할 필요가 있다.

라) 진공냉각장치의 다목적 이용

진공냉각장치는 원래 채소류를 대상으로 개발한 예냉 전용의 기계설비이다.

그러나 단일품목만의 냉각에 사용하면 진공냉각장치의 가동이용율이 적어 경제성이 불리하게 된다. 특히 산지예냉이 매우 상식적인 유통기술이 된 오늘날 「예냉품」으로서 시장에서 유리하게 취급를 받기를 바라는 것은 곤난하고 또 시설비나 운전경비의 높은 비용때문에 새로운 시설로서 뒤따르는 문제는 크다.

이들 문제에 대처할 수 있는 한 해결방안으로서 진공냉각장치의 다목적 이용이 다방면에서 검토 해결되고 있다.

i) 이동형 진공냉각장치연구

미국처럼 생산지가 넓어 출하시기를 조정하면서 생산판매를 계획할 필요가 있는 곳에서는 고정냉각시설보다도 이동식이 보다 경제성이 있어 예냉전문업자들이 소유하고 있는 대형의 이동형 진공냉각장치가 널리 보급 응용되고 있다. 이동식 냉각장치의 특징으로 ① 지리적 조건(지형, 고도차, 거리 등)에 따라 수확시기가 다른 경우 예냉장치를 이동시켜 수확지 근처에서 예냉처리가 가능하여 장기간 이동시키면서 많은 품목을 예냉처리함으로서 가동율을 높일 수 있는 점 ② 부대공사가 불필요하여 설비비용이 저렴하고 ③ 정비보수도 공장으로 이동하여 수리할 수 있어 비용이 절감되고 대체품의 보급이 용이한 점과 ④ 작부변경 등 생산규모의 변동에 적응하기 쉬운 점이다.

ii) Hydrovacuum

10°C의 품온을 내리는데 약 1.6%의 수분손실을 가져오는 것을 피할 수 없으나 진공냉각은 이같은 수분손실을 막아 품질저하현상을 방지할 수 있고 또 중량에 대하여 표면적이 적으면 진공냉각에 적합하지 않기 때문에 인위적으로 pre-wetting을 한층 실시하는 방식이다. 즉 진공tank의 밑에 수류(水溜)의 물을 다관(多管) nozzle로서 물건에 뿌리면서 서서히 진공상태로 하고 수류(水溜) 및 물건 표면의 수분을 증발시켜 저온의 수증기가 물건을 냉각시키는 동시에 이 증기가 진공탱크내에 설치된 cold trap면에 응축 액화시킨 후 물건에 접촉하면서 밑으로 낙하할 때 2차적인 냉각효과를 기대하는 것이다. 냉수나 냉증기와 물건과의 접촉을 크게하는 것보다 보통 진공냉각시의 약 1/2 정도의 냉각시간을 단축시킬 수 있고 냉각후의 수분손실도 극히 적은 장점이 있다.

iii) 세척수의 수절(水切) 및 건조

현재 무우나 당근은 대부분 세척공정을 거쳐 출하 유통되고 있다.

세척시의 잔류수분은 수송중의 단보루상자에 흡습되어 C/T box의 강도를 저하시키고 또한 부패를 촉진시키는 원인이 된다. 이와 같은 세척에 의한 표피가 습한 상태의 물건은 진공냉각에 의하여 수절(水切, drain) 및 건조효과를 얻을 수 있다. 특히 일반적으로 근채류는 진공냉각으로 적당하지 않은 품목이나 잔류수분의 증발시 잠열에 의해 어느 정도의 품온강하도 기대된다. 당근으로 실험한 결과 20분간 진공처리중에 잔류수분의 증발이 주로 일어나 당근 중심부의 온도가 약 6°C의 품온강하를 얻을 수 있었다.

iv) 벼(米)의 진공냉각건조

진공냉각을 다(多)수분벼의 탈수건조에 응용할 수 있는데 보통 열풍건조로 다수분벼를 급격히 건조하는 대신 압력을 3~26 mmHg의 범위로 조정함으로서 진공탱크내에서 건조시키는 것으로 초기수분함량 19.1%(건물기준)의 벼를 2일 사이에 15.0%로, 4일만에 11.6%까지 탈수건조시킬 수 있다.

이같은 진공건조에는 cold trap를 사용하였고 진공 pump의 gas parast에서 증기의 배출을 실시하는 것으로서 cold trap을 병용하는 일보다 꽤 신속한 건조속도를 얻을 수 있다. 진공냉각건조에서는 건조가 저온으로 진행되기 때문에 맛이나 동활(胴割)에 대하여 우수할뿐 아니라 진공하에서의 살충(殺虫)효과도 기대할 수 있다.

벼의 건조도 청과물의 예냉만큼 절대 필요하며 가을철부터 시작하는데 진공냉각장치의 다목적 실용화의 관점에서 흥미있는 사례이다. 현재 우리나라, 농촌진흥청과 과학기술연구원에서 개

발보급중인 개량곳간(창고 밑부분을 망으로 설치하여 공기순환을 가능케 한 시설로 예냉, 건조가능)의 원리와도 유사하다.

v) 식품가공 공정에서의 이용

식품의 가공공정(工程)에는 많은 열처리공정이 포함된다. 일반적으로 열처리하는 식품은 가급적 신속히 냉각하는 것이 품질보존상 필요하며 이의 냉각공정에도 진공냉각장치를 이용할 수 있다.

진공하에서는 냉각속도가 빠르고 미생물에 오염되는 일이 적은 특징이 있다. 생산단체가 가공공장을 보유하는 경우 더욱 효과적이다.

vi) 감압저장고로서의 이용

감압저장(hypobalic storage)는 감압하에서 산소(O_2)분압의 저하에 의해 CA storage 효과를 기대할 수 있고 배출되는 $CH_2 \cdot CH_2$(ethylene)이나 이취(異臭) 등의 제거 또는 퇴적한 물건 사이의 공기조화를 용이하게 할 수 있다.

미국에서는 Apple, pear, tomato, white potatoes, asparagus, strawberry, peach, cutted flower(切花) meat 등의 탈수건조에 관한 진공냉각장치의 실용화가 되고 있다. 그러나 감압저장은 저장중의 중량감소가 발생하는 것이 문제인데 이의 방지는 조습(調濕)장치로 해결될 수 있어 진공냉각장치를 일부 개조함으로서 이 용도로 전용이 가능하다.

최근 일본에서 개발특허를 얻은 heating pump 식냉난풍제습건조장치도 진공냉각장치의 역활과 유사한 기능으로 냉각, 탈수, 건조의 기능을 갖는 장치이다. 현재 우리나라에서 멸치, 인삼, 절화(切花), 버섯 등의 고가제품에 대한 건조가 시험되고 있다(日本白銀工業과 한국전자공업(0345-83-2641)과 기술합작 제작보급중 뒷표지 광고 참조).

3. 유통환경요인과 손상

청과물의 수송중에 일어나는 품질저하나 중량감소의 원인은 물리적인 것과 생리적 또는 생물학적인 것으로 분류할 수 있다. 이와 같은 품질열화(劣化)는 전술한 바와 같이 온도, 습도, gas 농도, 미생물, 광선, 바람, 진동충격 등의 유통환경요인들에 좌우된다. 또 생산물의 품종, 숙도, 수확방법, 선별방법, 예냉방법, 포장방식에 따른 물건의 특성 및 수확후의 처리기술, 운송시의 품질보지(保持)와도 밀접한 관계가 된다. 예를들면 장거리 수송용 딸기의 경우 완숙품의 출하는 수송중의 손상이 크기 때문에 70~80% 정도 착색된 약간 미숙과를 출하하고 있다. 또 banana의 경우는 수송유통 중에 추숙도 겸하기 때문에 푸른색의 미숙과를 수확한다. 그밖에 기계로 선별하는 품목은 선과처리 중에 받는 물리적 손상의 정도를 그 품목이 그 이후의 수송유통과정에서 품질저하와 손모에 크게 영향을 주기 때문에 수확시 이를 고려한 판단이 필요하다.

저온유통기술 중에서도 온도, 습도, gas농도 등은 가장 중요한 요인이며 이들 요인들을 적정히 조절 유지하는 것은 경우에 따라서 대형손실을 미연에 방지할 수 있다.

진동충격이 원인이 되는 청과물의 물리적 손상을 받으면 뒤이어 생리적 손상을 수반하게 되어 외포장재인 단보루 상자를 파열시켜 내용물에 악영향을 주게 된다.

4. 저온수송과 기술상의 문제점

1) 상온수송과 저온수송

청과물의 수송은 상온(常溫)수송과 저온수송이 있다. 양자의 구별은 저온수송이 기계식 냉동기나 얼음, dry ice 등의 냉매체를 사용하여 온도를 저하시키는 장치를 비치한 것이고 상온수송은 이같은 장치를 구비하지 않고 수송하는 것이다.

가을에서 봄까지 외기온이 비교적 낮은 시기에 출하되는 밀감이나 사과, 배같은 과실들은 상온수송이 가능하나 감자나 양파같은 것을 엄동기에 상온유통하게 되면 동결에 의한 사고가 발생하게 되어 이 경우 상온수송보다도 오히려 보온 또는 가온수송이 품온의 저하를 막아주어 청과물의 품질을 유지시키게 된다. 또 단열이 양호한 보냉 sheet로 예냉한 물건의 품온이 수송중에 상승하는 것을 방지하는 보냉(保冷)수송도 상온수송 범주에 포함시키고 있다. 이경우 품온은 수송중 서서히 상승되기 때문에 너무 장시간 수송시는 저온시설대책이 필요한데 여름철 수송에

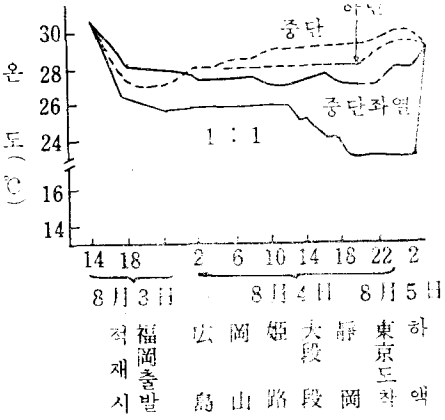


그림 6. 조생밀감의 냉각수송시의 상자내온도변화 (복강—동경)

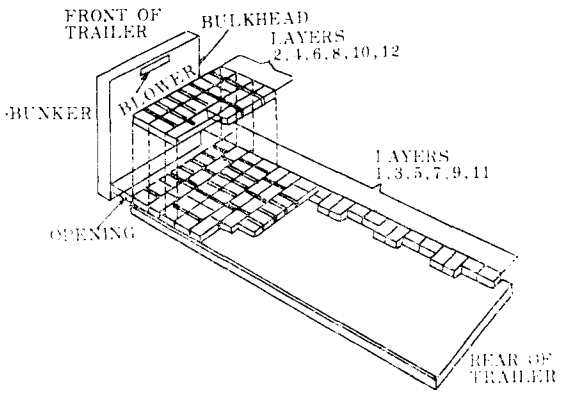


그림 7. 냉동차내의 적재예(bonded-block 法)

적정한 시간은 보냉차로는 8시간, 보냉 sheet 설비로는 3시간 정도 걸리는 것이 한계시간으로 하고 있다.

그리고 저온장치를 갖춘 저온수송은 여름철 고온시 수송에 위력을 발휘하는데 원칙적으로 예냉을 전제로 하고 있다.

저온수송에 예냉은 수송중의 품온상승을 막기 위하여 고안된 냉각수송과 같은 효과를 얻는다. 그러나 수송기관(機關)의 적재용량의 한계까지 적재할 때는 냉동차의 냉동능력이 부족하여 수송중의 품온강화를 잘 할 수 없게 된다.

그림 6은 일본 福岡(후쿠오까)에서 동경까지 조생밀감을 차내온도를 15°C로 설정하여 냉각수송할 때 단보루상자의 온도변화를 설명하는 것으로 어떤 위치의 품온강화도 불충분하여 그 결과 변질부패가 많이 발생한 사례이다. dry ice를 사용한 저온수송도 여러차례 시도하였으나 이때는 dry ice에서 발생하는 CO_2에 의한 장해발생을 고려하여 수송 중의 적절한 환기조치가 필요하다.

2) 물건의 적재와 냉각효과

청과물의 수송은 적재효율을 중시되어 화물(貨物)의 적재에 주의해야하고 완전한 냉동차를 사용하여 수송 중의 품질을 보지(保持)시키고 있다.

미농무성에서 출판한 USDA agricultural handbook에 의하면 그림 7과 같이 개개의 물품에 적절한 적재방법을 권장하고 있으며 냉동기 등에서 냉기가 모든 물건으로 이행시켜야 한다.

그러나 실제의 적재(積載)작업에 시간이 걸리는 것과 수송 중의 화물품질에 문제가 있어 통기단자를 사용하기를 권장하고 있다. 이것은 물건의 block 사이에 통기단자를 설치하여 단보루상자의 측면의 어느 1개소에 반드시 냉기를 전달시킨다.

역시 수송 중의 동결도 적재로 방지할 수 있다. 물론 냉동기의 취출구(吹出口) 온도를 물건의 동결온도 이하로 설정하지 말고 냉기취(吹)출구는 화물의 높이를 높게 적재하지 않고 취(吹)출구 부근의 물건은 sheet로 덮어 이같은 동결사고를 방지하여야 한다.

3) 혼합적재(混載)

종류가 다른 몇가지 품목을 혼재하여 수송할 필요가 종종 생기게 되는데 혼재하는 물건들은 온도, 습도, gas농도, 악취, 에치렌 등의 생리활성가스 등의 조건이 부적합할 경우 예기치 못하는 사고가 발생하게 된다. 예를들면 감귤류에 방부제로서 biphenyl를 사용할 경우 다른 물건에 냄새가 번지게 되고, 사과와 멜론을 혼재할 경우는 사과에서 발생하는 에치렌이 mellon의 추숙을 촉진하는 결과를 초래한다.

표 4에서 혼재시의 사고방지라는 관점에서 약 80종의 품목을 8개 group으로 나누어 혼재시의 조건을 제시하였다.

표 4. 混合積載時의 輸送條件과 輸送

group	운송조건				품목	비고
	온도°C	습도%	가스농도	얼음		
1	0~1.5	90~95	O_2 : 10~20% (단 berry와 cherry 제외)	접촉불가	사과, 살구, 베리, 체리, 무화과, marmelo, 포도, 복숭아, 배, 감, 자두, 버찌	. group은 ethylene을 배출하기 때문에 group 6-a . b 혼재불가
2	13~18	85~95		접촉불가	avocardo, banana, 배, grapefruit, guava, mango, muskmelon, olive, papaya, pineapple tomato(미숙), watermelon	
3	2.5~5	90~95		cantarope 만 접촉가	cantarope, gramberry, lemon, litchi, orange, tangerine	
4	4.5~7.5 (피망 3.5~5.5)	95		접촉불가	bean(snap) litchi, okra 피망, 붉은고추, squash, tomato(red) water melon	
5	4.5~13 (sugar 13)	85~90		접촉불가	cucumber nuts. 생강, grapefruit, line, 감자, 캬베츠, 수박	
6-a	0~1.5	95~100		아스파라가스, 무화과, 포도, 양송이 이외는 접촉가	아레이쵸크, 아스파라가스, redpeas, 당근, 상치, 무화과, 포도, 부추, 상치, 양송이, 파세리, 연근, 완두, rubabu sarsipai, 시금치, sweetcorn, 미나리	무화과, 양송이, 포도를 제외하면 group 6-b와 혼재 가능
6-b	0~1.5	95~100		접촉가	brockery, 양배추싹, 양배추, 카리후라워, celery, 와사비, colrabi, 양파, 무우, 순무	양파는 무화과, 포도, 양송어와 혼재 불가
7	13~18	85~90		접촉불가	감자, (조생)고구마, 생강	
8	0~1.5	65~75		접촉불가	마늘, 양파(건조)	

4) 결로(結露)

저온수송한 물건을 상온하에 이동하면 외기조건에 의하여 물건에 결로(結露)현상이 일어나게 된다. 결로는 수송중에 저온 유지가 확실하였다는 것을 증명하는 방법으로 되고 있다. 그러나 일부, 시장에서 결로된 물건의 평가가 불량한 것은 결로에 의해 결로후의 유통과정에서 부패를 촉진시킨다는 우려 때문으로 저온유통된 물건은 외기의 고온에서의 방치시간을 가급적 단축시켜야 한다.

그림 8은 물건의 품온과 물건의 결로하는 외기조건을 나타낸 것으로 한 예로 15°C의 품온을 갖는 물건은 외온 30°C, 상대습도 40%의 외기에서 접촉하면 결로를 생기게 된다.

생긴 결로는 단보루상자에 흡습되어 강도를 저하시키고 심하면 파열을 초래하게 된다. 단보루상자의 함유수분량이 15%까지는 수분 1% 증가에 따라 압축강도는 10%씩 강도가 저하되어 단보루상자의 파열사고 원인이 되고 있다.

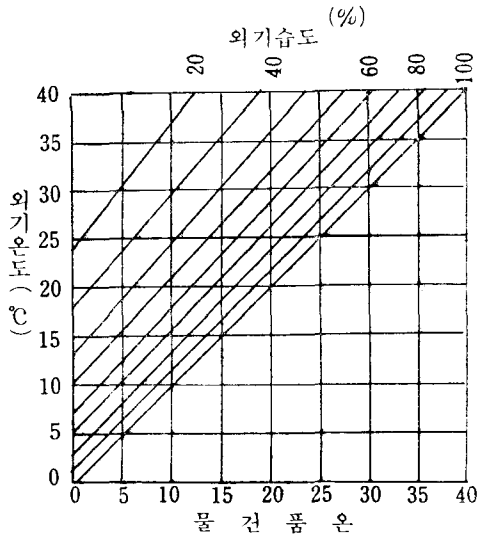


그림 8. 물건품온과 결로시의 외기조건

5. 맺는 말

이상, 청과물의 완전한 생산물의 유통을 위하여는 반드시 예냉(precooling) 처리가 필요하다는 것을 설명하였다.

일본에서는 청과물의 예냉을 1969년 상치에 진공냉각장치로 시도한 것을 시작으로 저온유통기술은 그후 급속한 진보를 가져와 현재 전국 산지에서 이 기술이 보급되었다.

우리나라의 청과물 예냉처리는 아직 본궤도에 오르지는 않고 있으나 일부 품목은 보냉차를 이용하는 정도로 저온유통을 하고 있다.

우리나라도 완전한 청과물의 품질을 유지하기 위하여는 저온냉각유통체제를 하루 속히 구축하여야겠고 이를 위하여 정부 농협, 그리고 관련 연구소 등에서 예산지원 및 연구개발보급을 추진하여야겠다. 이같은 저온유통 system은 시설투자, energy문제 등에서 오는 예냉 cost의 상승, 산지간 경쟁의 과열화, 청과물 소비량의 확대 등의 견지에서 또 복잡한 사회적 요인 특히 신흥개발지에서의 문제가 많다.

작부체계의 면에서도 계획생산, 출하의 철저, 염가에 의한 효율적인 유통기술의 도입, 저온유통기술을 보다 발전시켜야 하기 때문에 금후 많은 연구가 요구되고 있다.

참 고 문 헌

1. 이성갑 1984. 식품공업 74, 75
2. 이성갑 1985. 식품공업 78, 79, 80
3. 이성갑 1987. 식품공업 92, 93
4. 河野照義 1976. 菜蔬栽培全編, 養賢堂
5. 농림수산부 1987. 농림수산 통계연보
6. 加藤舜郎 1975. 食品冷凍の理論と實際. 珙林書店.
7. 岩元睦天 1981. 農業及園藝 56(1)
8. R. Guillou 1960. Carifornia Expt. Sta. Bulletin No. 773
9. W.R. Bargev 1963. USDA. Marketing Res. Rept. No. 600
10. 村田. 敏. 外 1972. 冷凍 47(9)
11. 安生三雄 1972. 冷凍 47(10)
12. 石川郁二 1980 Japan Food Science 19(8)
13. 浜地文雄 1980. 果實日本 35(6)
14. B.H. Ashbrg 1970. USDA. Agr. Hand book No. 105
15. W.J. Lipton 1977. USDA. Marketing Res. Rept. No. 1070
16. 黒田長治 1980. 農產物流通技術年報
17. 石橋眞人外 2 1970. 農機誌 32(1)
18. 中馬豊外 2 1968. 農機誌 30(1)
19. KIDD, F. 1933. J. Pomol. Hort Sci 11(149)
20. 緒方邦安 1977. 青果保藏汎論, 建帛社.