

유닛쿨러의 전열면적이 저온저장고 온·습도환경에 미치는 영향

Effects of Heat Transfer Area of Unit-cooler on Air Temp. & R.H in Low Temp. Storehouse

윤홍선*	이원옥*	정 훈*	이현동*	박원규*
정회원	정회원	상회원	정회원	정회원
Y.H.S	L.Y.O	C.H	L.H.D	P.W.K

1. 서론

우리나라에 보급된 상업용 저온저장고는 총 1,529개동에 239,732평이고 전국평균 가동율이 21.1% 밖에 되지 않아 규모상으로는 저온저장고의 공급이 과도한 상태에 있다는 지적도 있다. 이러한 양적인 문제에 대한 논란은 접어두더라도 저온저장된 농산물의 손실이 10~30%에 이르고 있어 저장환경의 조절에 문제가 있는 것으로 지적되고 있다.

저온저장을 위한 환경조절에서는 온도와 상대습도가 가장 중요한 요소이며 상대습도는 저장물의 중량감모에 결정적인 영향을 미친다. 채소나 과일은 74~94%의 수분을 함유하고 있으며, 이 수분은 조직·세포 내에서 자유수·반결합수·결합수의 형태로 존재한다. 그 중에서 자유수는 공기 중의 수증기압에 따라 증감되며 95~99%의 상대습도에서 평형을 이루는데 상대습도가 이보다 낮으면 청과물은 수분을 잃게 된다. 수분손실은 신선도에 큰 영향을 미치며, 수분손실이 5~10% 이상이 되면 상품성을 잃게 된다. 뿐만아니라 중량이 감소되므로 수취가격도 감소된다. 저온저장 중의 농산물의 수분손실을 방지하기 위해서는 저장고 내의 상대습도를 90% 이상의 고습도로 유지하는 것이 좋으나(양파, 마늘 등 예외) 실제로 저온저장고 내의 상대습도는 주로 65~85%를 유지하고 있으며, 상대습도를 높이기 위하여 가습기를 사용하거나 바닥에 물을 뿌리는 경우는 유닛쿨러에 성애가 많이 얼어붙어서 냉각효율이 낮아지고 제상을 위한 전력소모량도 많아지는 문제가 있다³⁾.

이에 따라 본 연구는 유닛쿨러에 얼어붙는 성애가 최소한으로 되면서 저온저장고 내의 상대습도를 90% 이상으로 유지할 수 있도록 냉각장치를 개선하기 위하여 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 저온저장고

시험에 사용된 저온저장고는 크기가 5,000mm(길이)×3,000mm(폭)×2,500(높이)mm이고 벽체는 100mm 두께의 우레탄으로 단열된 창고에 열량 10,500kcal/hr(중발온도 -5℃, 응축온도 40℃ 기준)의 압축기를 부착하였다. 또 전열면적과 송풍량이 다른 3종류의 유닛쿨러를

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

Fig.1과 같이 하나의 냉동시스템에 연결하고 유닛쿨러의 앞과 뒤에 설치된 밸브를 열고 닫아서 필요한 유닛쿨러 1개만을 선택하여 작동시킬 수 있도록 구성하였다.

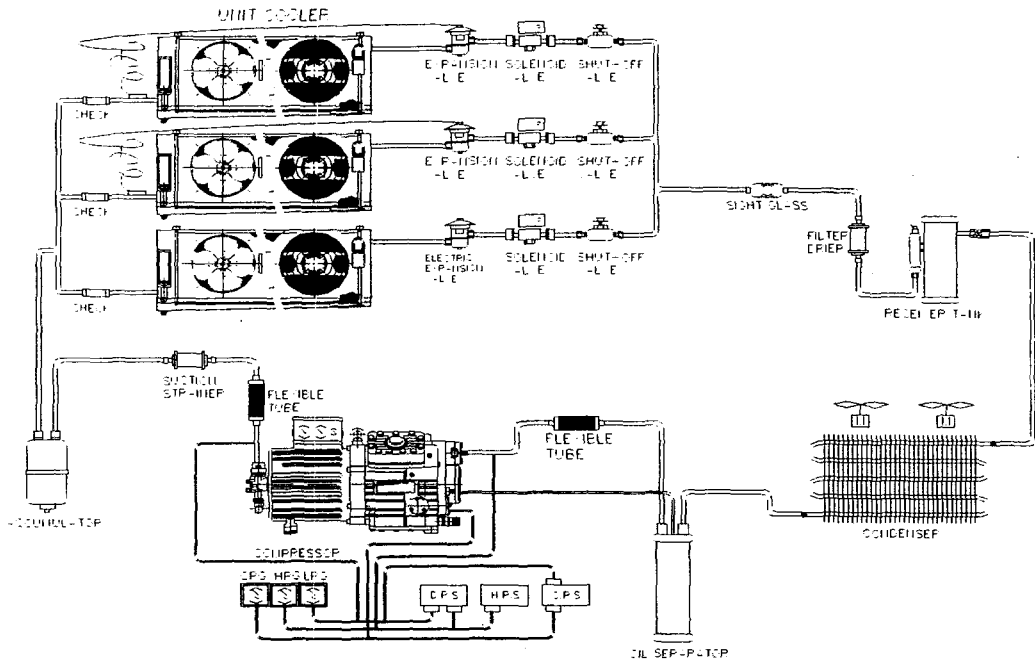


Fig.1. Construction diagram of experimental cooling system.

나. 저온저장고 온·습도 측정

유닛쿨러의 종류별로 저온저장고 온·습도 조절성능을 비교하기 위하여 인위적으로 가습을 했을 때와 안했을 때의 유닛쿨러를 통과하는 공기의 온·습도와 냉매의 온도를 측정하였다. 온·습도의 측정에는 온습도기록계(T&D Corp., TR-72S)와 온도기록계(T&D Corp., TR-52)를 사용하였으며, 저온저장고의 설정온도는 1℃로 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 저온저장고 내 상대습도

유닛쿨러 【I】을 사용할 때의 저장고 내의 상대습도 변화를 Fig.2에 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 가습을 하지 않았을 경우에는 냉동기 작동과 함께 상대습도가 약 64% 부근까지 떨어졌다가 등락을 거듭하면서 상승하여 70~80% 정도에서 안정이 되었으며 냉동기가 가동될 때와 중단되었을 때의 상대습도는 약 10%의 차이를 나타내었다. 한편 가습을 하게 되면 상대습도는 점차 상승하여 90% 이상에서 안정되었으며 냉동기가 가동될 때와 중단되었을 때의 상대습도는 약 10%의 차이를 나타내었다.

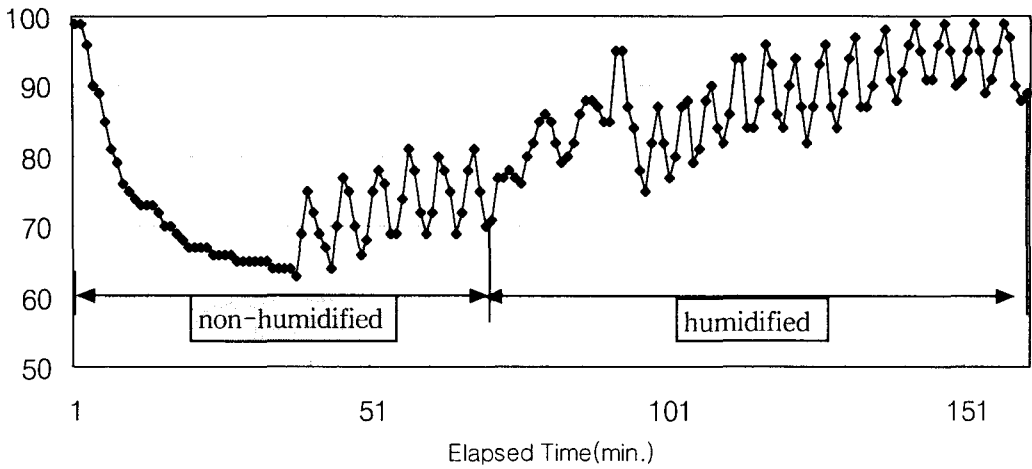


Fig. 2. Change of R.H in storehouse equipped with unit-cooler 【I】 .

유닛쿨러 【II】 를 사용할 때의 저장고 내 상대습도 변화를 Fig.3에 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 가습을 하지 않았을 경우에는 냉동기 작동과 함께 상대습도가 75% 부근까지 떨어졌다가 점차 등락을 거듭하면서 상승하여 80~98% 범위에서 안정되었으며, 냉동기가 가동될 때와 중단되었을 때의 상대습도는 약 20%의 차이를 나타내었다. 한편 가습을 하게 되면 상대습도는 점차 상승하여 95% 이상에서 안정되었으며 냉동기가 가동될 때와 중단되었을 때의 상대습도는 약 5%의 차이를 나타내었다.

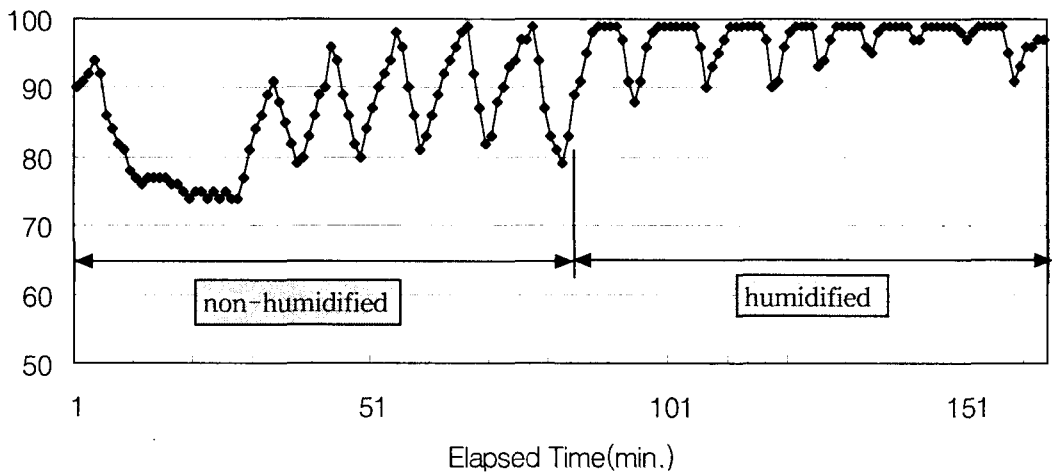


Fig. 3. Change of R.H in storehouse equipped with unit-cooler 【II】

유닛쿨러 【III】 을 사용할 때의 저장고 내 상대습도 변화를 Fig.4에 나타내었다. 그림에서

보는바와 같이 가습을 하지 않았을 경우에는 냉동기 작동과 함께 상대습도가 85% 부근까지 떨어졌다가 점차 등락을 거듭하면서 상승하여 95% 이상에서 안정되었으며, 냉동기가 가동될 때와 중단되었을 때의 상대습도는 약 5%의 차이를 나타내었다. 한편 가습을 하게 되면 상대습도는 점차 상승하여 98% 이상에서 안정되었으며 냉동기가 가동될 때와 중단되었을 때의 상대습도는 약 2%의 차이를 나타내었다. 따라서 가습을 하지 않고서도 안정되게 고습도조건을 유지할 수 있는 능력은 유닛쿨러 【Ⅲ】 이 가장 우수하였다.

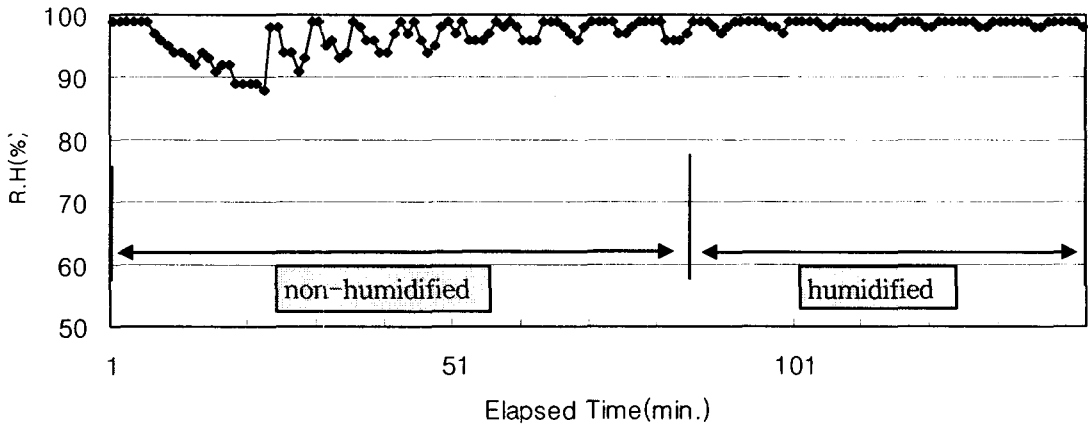


Fig. 4. Change of R.H in storehouse equipped with unit-cooler 【Ⅲ】 .

나. 유닛쿨러 통과 공기온도

유닛쿨러 【Ⅰ】 을 사용할 때의 유닛쿨러를 통과한 공기의 온도 변화를 Fig.5에 나타내었다. 저장고온도를 1℃로 설정하였으나 그림에서 보는바와 같이 유닛쿨러 출구의 공기온도는

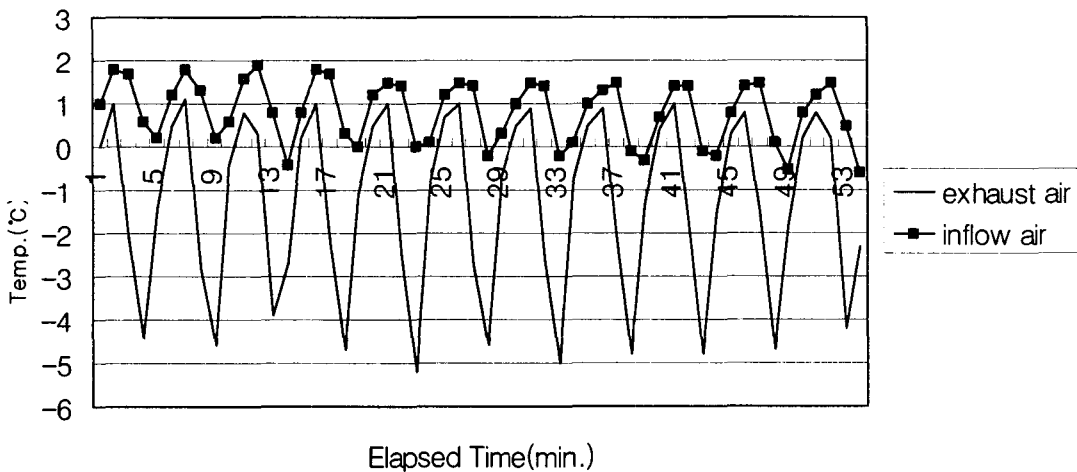


Fig. 5. Change of air temp. go through unit-cooler 【Ⅰ】 .

냉동기가 켜지면 -5°C 까지 내려갔다가 다시 냉동기가 꺼지면 1°C 상승하는 사이클을 나타내었다. 따라서 유닛쿨러에 가깝게 저장물을 쌓아두면 저온에 의해 동결될 위험성이 매우 높은 것으로 판단되었다.

유닛쿨러 【II】 을 사용할 때의 유닛쿨러를 통과한 공기의 온도 변화를 Fig.6에 나타내었다. 저장고온도를 1°C 로 설정하였으나 그림에서 보는바와 같이 유닛쿨러 출구공기의 온도는 냉동기가 켜지면 -2.5°C 까지 내려갔다가 다시 냉동기가 꺼지면 3.2°C 상승하는 사이클을 나타내었다. 따라서 유닛쿨러에 가깝게 저장물을 쌓아두면 저온에 의해 동결될 위험성은 유닛쿨러 【I】 에 비해 많이 개선되었으나 온도편차는 줄어들지 않았다.

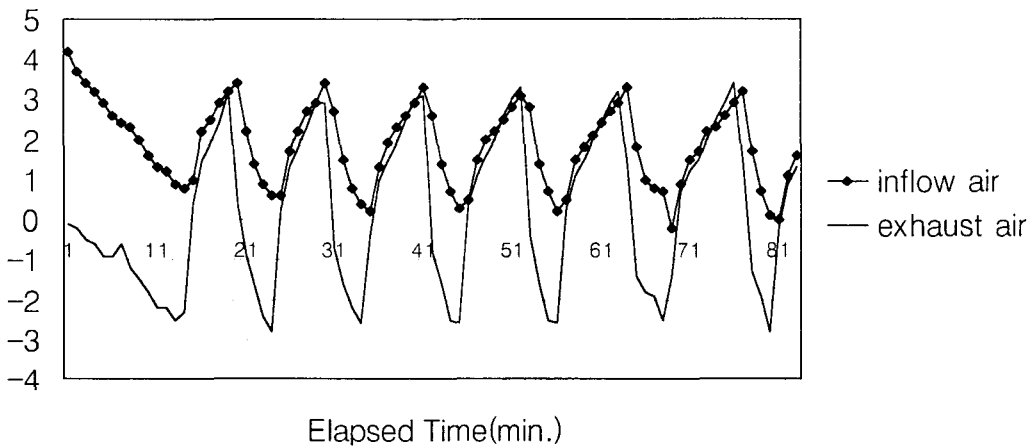


Fig. 6. Change of air temp. go through unit-cooler 【II】 .

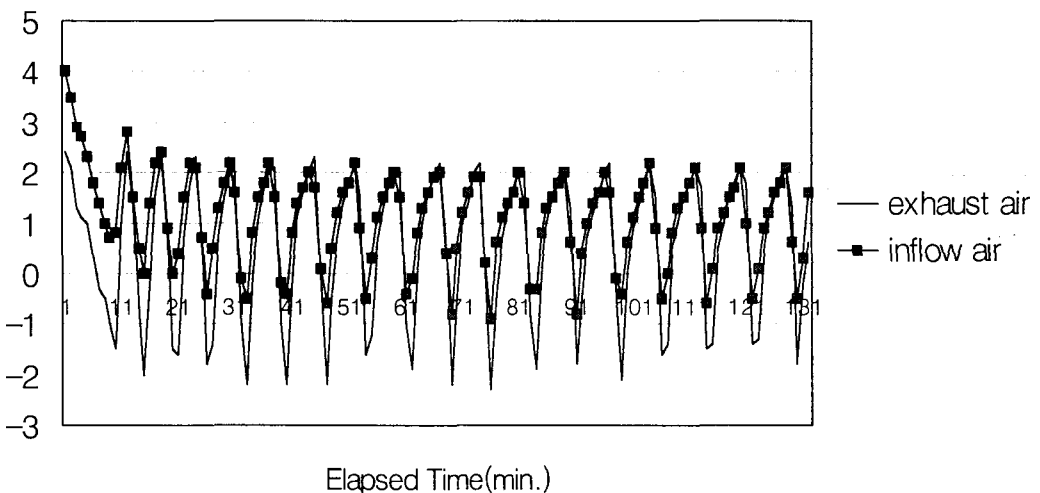


Fig. 7. Change of air temp. go through unit-cooler 【III】 .

유닛쿨러【Ⅲ】을 사용할 때의 유닛쿨러를 통과한 공기의 온도 변화를 Fig.7에 나타내었다. 저장고온도를 1℃로 설정하였으나 그림에서 보는바와 같이 공기의 온도는 냉동기가 켜지면 -2℃ 까지 내려갔다가 다시 냉동기가 꺼지면 2.0℃ 상승하는 사이클을 나타내었다. 따라서 유닛쿨러【Ⅱ】의 경우가 유닛쿨러 출구공기의 최저온도가 유닛쿨러【Ⅰ】 및【Ⅱ】에 비하여 높고 온도편차도 줄일 수 있어 온도조절의 정밀도가 훨씬 높아진 것으로 나타났다.

4. 요약 및 결론

저온저장 중의 농산물의 수분손실을 방지하기 위해서는 저장고 내의 상대습도를 90% 이상의 고습도로 유지하는 것이 좋으나 실제로 저온저장고 내의 상대습도는 주로 65~85%를 유지하고 있으며, 상대습도를 높이기 위하여 가습기를 사용하거나 바닥에 물을 뿌리는 경우는 유닛쿨러에 성애가 많이 얼어붙어서 냉각효율이 낮아지고 제상을 위한 전력소모량도 많아지는 문제가 있다. 이에따라 본 연구는 유닛쿨러에 얼어붙는 성애가 최소한으로 되면서 저온저장고 내의 상대습도를 90% 이상으로 유지할 수 있도록 냉각장치를 개선하기 위하여 수행하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 전열면적과 송풍량이 다른 3가지의 유닛쿨러를 사용했을 때 저온저장고 내의 상대습도를 90% 이상으로 유지시킬 수 있는 능력은 유닛쿨러【Ⅲ】이 가장 우수하였다. 유닛쿨러【Ⅲ】을 사용할 때 가습을 하지 않으면 냉동기의 작동과 함께 상대습도가 85% 부근까지 떨어졌다가 점차 등락을 거듭하면서 상승하여 95% 이상에서 안정되었으며, 냉동기가 가동될 때와 중단되었을 때의 상대습도는 약 5%의 차이를 나타내었다. 한편 가습을 하게되면 상대습도는 점차 상승하여 98% 이상에서 안정되었으며 냉동기가 가동될 때와 중단되었을 때의 상대습도는 약 2%의 차이를 나타내었다.

나. 전열면적과 송풍량이 다른 3가지의 유닛쿨러를 사용했을 때 유닛쿨러를 통과하여 배출되는 공기의 온도는 유닛쿨러【Ⅲ】을 사용할 때가 가장 높고 온도편차도 적었다. 저장고 온도를 1℃로 설정하였을 때 공기온도는 냉동기가 켜지면 -2℃ 까지 내려갔다가 다시 냉동기가 꺼지면 2.0℃로 상승하는 사이클을 나타내었다.

다. 유닛쿨러의 전열면적과 송풍량을 적절하게 설계할 경우에 저온저장고 내의 상대습도를 가습을 하지 않고서도 90% 이상으로 유지시킬 수 있었고, 또 온도편차도 줄일 수 있어 저온저장 환경조절의 정밀도를 향상시킬 수 있었다.

5. 참고문헌

가. International Institute of Refrigeration. 1993. Cold Store Guide. pp205.

나. International Institute of Refrigeration. 1973. Packing Stations for Fruits and Vegetables. pp306.

다. 윤홍선. 2000. 농산물의 저온유통 기계기술의 개발현황과 문제점. 농업기계화연구소 심포지엄 자료집.