

유닛쿨러(Unit-cooler)를 이용한 저온저장고의 습도조절에 관한 연구

Study on Relative Humidity Control in Cold Storage House by Unit-cooler

윤홍선*
Yun H.S.

정 훈*
Chung H.

이현동*
Lee H.D.

김영근*
Kim Y.G.

최찬석**
Choi C.S.

1. 서론

2002년말 현재 우리나라에 보급된 저온저장고는 9,883개소에 349,085평에 이르고 있으나⁴⁾, 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 부패나 증량감소에 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 채소나 과일에서는 97~99%의 상대습도에서 평형을 이루는데 상대습도가 이보다 낮으면 청과물은 수분을 잃게 된다. 수분손실은 신선도에 큰 영향을 미치고, 수분손실이 5~10% 이상이 되면 상품성을 잃게 되며, 뿐만아니라 증량이 감소되므로 농가 수취가격도 감소된다. 저장 중의 수분손실을 방지하기 위해서는 저장고 내의 상대습도를 90% 이상의 고습도로 유지하는 것이 좋다. 그러나 양파, 마늘 등의 작물에서는 고습도 조건이 부패를 촉진시키므로 75% 내외의 상대습도 조건을 유지하는 것이 필요하다^{3),5)}.

국내에 설치된 저온저장고 내의 상대습도는 가습이나 제습이 이루어지지 않는 조건에서는 주로 80~85%를 유지하고 있다²⁾. 따라서 상대습도를 높이기 위하여는 가습기를 사용하거나 바닥에 물을 뿌려야 한다. 또 농업공학연구소에서 개발하여 보급하고 있는 고습도 유닛쿨러는 90% 이상의 상대습도 유지가 가능하나¹⁾ 저습도 영역에서는 사용할 수 없는 단점이 있다.

이에 따라 본 연구는 고습도와 저습도 조건에 저장하는 작물의 저장에 모두 사용할 수 있도록 상대습도를 70~95% 범위에서 조절할 수 있는 유닛쿨러를 개발코자 수행하였다.

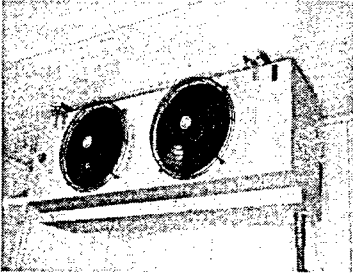
2. 재료 및 방법

가. 시험용 유닛쿨러

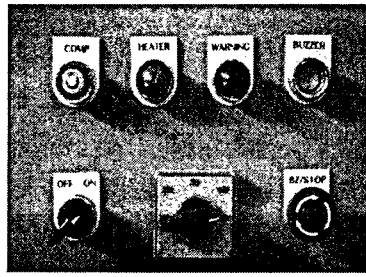
시험에 사용된 저온저장고는 크기가 5,000mm(길이)×3,000mm(폭)×2,500(높이)mm이고 벽체는 100mm 두께의 우레탄으로 단열된 저장고이다. 저온저장고의 냉각을 위하여 열량 10,500kcal/hr(증발 온도 -5℃, 응축온도 40℃ 기준)의 압축기와 송풍량 및 전열면적을 5단으로 조절할 수 있는 유닛쿨러를 제작하여 설치하였다. 유닛쿨러의 최대 송풍량은 286m³/분이고, 최대 전열면적은 118.5m²이었다. 유닛쿨러의 송풍량은 가변저항을 이용하여 유닛쿨러에 부착된 송풍기의 회전수를 제어하여 조절하였다. 또 유닛쿨러는 5개의 층으로 만들고 각층에 전자밸브를 설치하여 스위치로 특정한 전자밸브를 개폐할 수 있도록 제작하여 전자밸브가 열린 층에만 냉매가 통과되도록 함으로써 유닛쿨러의 전열면적을 5단으로 조절하도록 하였다. 그림1은 본 연구에서 사용한 시험용 유닛쿨러와 송풍량 및 전열면적 제어를 위한 제어반을 나타낸 것이다.

* 농촌진흥청 농업공학연구소

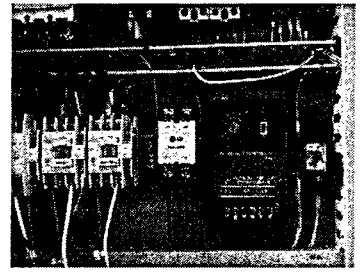
** 신일산업



(a) 유닛쿨러



(b) 전열면적 제어장치



(c) 송풍량 제어장치

그림 1. 시험에 사용된 유닛쿨러 및 제어장치

나. 저온저장고 상대습도 조절 시험

유닛쿨러의 송풍량과 전열면적에 따른 저온저장고 상대습도 조절성능을 비교하기 위하여 빈 저온저장고에서 온도를 0℃로 설정하고 저장고 바닥에 충분한 물을 뿌린 후에 송풍량과 전열면적 조건을 변화시켰을 때 유닛쿨러로 부터 토출되는 공기 및 저온저장고 내의 온도와 상대습도를 측정하였다. 또 요인시험을 통하여 적정조건을 선택한 후 복숭아와 양파를 저온저장하면서 저온저장고 내의 온도와 상대습도를 측정하여 성능을 검증하였다. 온·습도의 측정에는 온습도기록계(T&D Corp., TR-72S)를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 유닛쿨러 송풍량 및 전열면적 별 온도 및 상대습도 조성

유닛쿨러의 전열면적과 송풍량을 변화시킬 때 저온저장고 내부와 유닛쿨러 토출구에서의 온도 및 습도변화를 표1에 나타내었다. 전반적으로 유닛쿨러 토출구에서의 공기의 상대습도 보다 저온저장고 내의 상대습도가 낮게 나타났고, 전열면적과 송풍량을 변화시킴으로써 상대습도를 80~93% 범위에서 조절할 수 있는 것으로 나타났다. 전체 송풍량 범위에 있어서 저온저장고 내의 상대습도는 전열면적이 23.7m²와 47.4m²인 경우에는 90%미만으로 나타났고, 전열면적이 118.5m²인 경우에는 90% 이상으로 나타났다. 전열면적이 71.1m²인 경우에는 송풍량을 변화시킴으로써 상대습도를 80~91% 범위에서 조절할 수 있었으며, 전열면적이 94.8m²인 경우에는 송풍량을 변화시킴으로써 상대습도를 84~93%로 조절할 수 있었다. 따라서 전열면적을 71.1m²로 하고 송풍량을 변화시키는 것이 본 연구에서 목표하는 상대습도의 조절에 가장 유리한 것으로 판단되었다.

나. 복숭아 및 양파 저장시의 온도 및 상대습도 조성

저온저장고에 복숭아와 양파를 저장하면서 유닛쿨러의 전열면적을 71.1m²로 하고 송풍량을 변화시켰을 때의 저온저장고 내의 온도와 상대습도 변화를 표2에 나타내었다. 복숭아 저장시에는 송풍량을 286m³/min로 하였을 때 상대습도가 93.1%로 유지되어 고습도 조건에서 복숭아를 저장하는 것이 가능하였다. 또 양파 저장시에는 송풍량을 114m³/min로 하였을 때 상대습도가 80.7%로 유지되어 저습도 조건에서 양파를 저장하는 것이 가능하였다.

그림2는 전열면적 71.1m², 송풍량 286m³/min 조건에서 복숭아 저장시의 저온저장고 내의 온도와 상대습도 변화를 경시적으로 나타낸 것이며, 온도는 0~0.5℃(평균 0.2℃), 상대습도는 91~94%(평균 93.1%)를 유지하였다. 그림3은 전열면적 71.1m², 송풍량 286m³/min 조건에서 양파 저장시의 저온저장고 내의 온도와 상대습도 변화를 경시적으로 나타낸 것이며, 온도는 0.2~0.7℃(평균 0.5℃), 상대습도는 80~81%(평균 80.7%)를 유지하였다. 이상으로 볼때 본 연구에서 개발된 유닛쿨러를 이용하여 저장 작물에 따라 적절한 상대습도를 조절하는 것이 가능한 것으로 판단되었다.

표 1. 전열면적 및 송풍량 별 온도 및 상대습도

전열면적 (m ²)	풍량 (m ³ /min)	저온저장고		유닛쿨러 토출구	
		온도(°C)	상대습도(%)	온도(°C)	상대습도(%)
23.7	286	0	85	-0.5	89
	229	0.3	88.2	0	91.2
	172	0.4	85.5	0	89
	114	0.3	81.2	-0.4	84.8
47.4	286	0.2	88.7	-0.1	92.6
	229	0.4	83.3	0	86.4
	172	0.2	81.5	-0.1	83.7
71.1	286	0.1	91.3	-0.6	97.1
	229	0.3	85.2	-0.2	91.4
	172	0.3	85.3	-0.2	91
	114	0	80.3	-1.2	84.9
94.8	286	0.4	92.9	-0.3	99
	229	0.4	83.9	-0.3	90
	172	0.3	85.6	-0.3	91.3
	114	0.9	84.1	-0.1	91.6
118.5	286	0.5	90.8	-0.5	99.0

표 2. 복숭아와 양파 저장시 저온저장고 내의 온도와 상대습도

면적 (m ²)	풍량 (m ³ /min)	온도(°C)	상대습도(%)	저장작물
71.1	286	0.2	93.1	복숭아
	229	0.5	87.7	
	172	0.5	87.5	양파
	114	0.5	80.7	

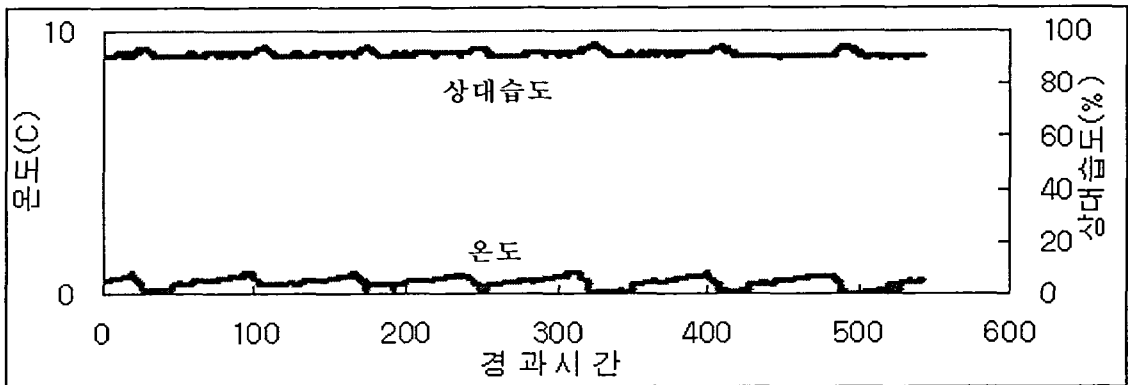


그림 2. 복숭아 저장시 온도와 상대습도의 경시변화

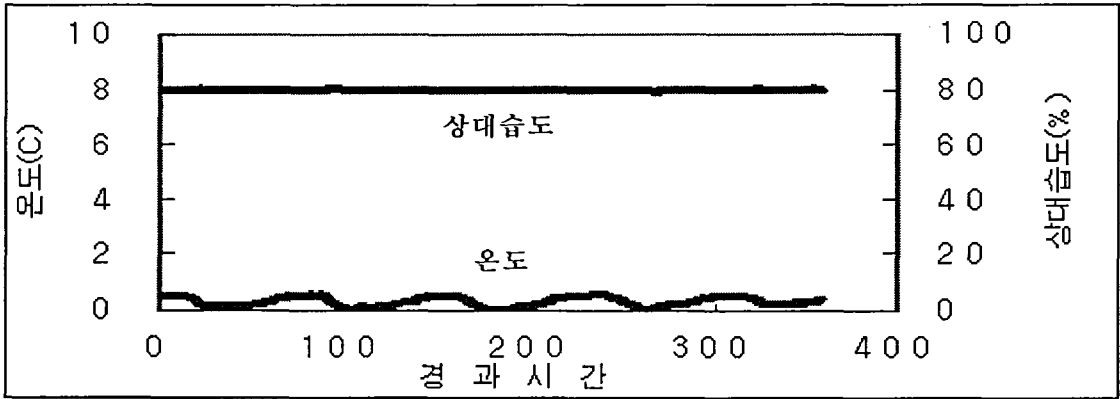


그림 3. 양과 저장시 온도와 상대습도의 경시변화

4. 요약 및 결론

가. 유닛쿨러 토출구에서의 공기의 상대습도 보다 저온저장고 내의 상대습도가 낮게 나타났고, 전열면적과 송풍량을 변화시킴으로써 상대습도를 80~93% 범위에서 조절할 수 있었다.

나. 실험에 사용된 송풍량의 범위에 있어서 저온저장고 내의 상대습도는 전열면적이 23.7m²와 47.4m²인 경우에는 90%미만으로 나타났고, 전열면적이 118.5m²인 경우에는 90% 이상으로 나타났다. 전열면적이 71.1m²인 경우에는 송풍량을 변화시킴으로써 상대습도를 80~91% 범위에서 조절할 수 있었으며, 전열면적이 94.8m²인 경우에는 송풍량을 변화시킴으로써 상대습도를 84~93%로 조절할 수 있었다.

다. 전열면적을 71.1m²로 하고 송풍량을 변화시키는 것이 본 연구에서 목표하는 상대습도의 조절에 가장 유리한 것으로 판단되었다.

라. 저온저장고에 복숭아를 저장하고 유닛쿨러의 전열면적을 71.1m², 송풍량을 286m³/min로 하였을 때 상대습도가 93.1%로 유지되어 고습도 조건에서 복숭아를 저장하는 것이 가능하였다. 또 양파를 저장하고 송풍량을 114m³/min로 하였을 때 상대습도가 80.7%로 유지되어 저습도 조건에서 양파를 저장하는 것이 가능하였다.

마. 본 연구에서 개발된 유닛쿨러를 이용하여 저장 작물에 따라 적절한 상대습도를 조절하는 것이 가능한 것으로 판단되었다.

5. 참고문헌

- 농업공학연구소. 2003. 시험연구보고서. p441~448.
- 농업기계화연구소. 2000. 농산물의 저온유통기계기술 발전방향. pp141.
- 박운문, 이승구. 1997. 원예생산물저장. pp361.
- 한국농촌경제연구원. 2003. 농산물 산지저온저장시설의 이용실태 분석. pp68.
- International Institute of Refrigeration. 1993. Cold Store Guide. pp205.