

# 양파 예건 · 저온저장 겸용기계장치 개발

## Development of Facility for Curing and Low Temperature Storage of Onion

김영민*	김유호*	윤홍선*	최희석*	조광환*
정희원	정희원	정희원	정희원	정희원
Y.M.Kim	Y.H.Kim	H.S.Yoon	H.S.Choi	K.H.Cho

### 1. 서론

양파는 조미 채소로써 우리식생활에 있어 중요한 위치를 차지하고 있으며, 재배 면적도 1997년 12,539ha에서 2001년 18,995ha로 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 양파는 저장중 부패율이 25~30%로 다른 농작물에 비해 저장 손실이 매우 크기 때문에 부패 방지를 위한 예건기술이 매우 중요하다. 그러나 현재 농가에서 수행하고 있는 양파 예건방법은 주로 노건이나 포장에서 천일예건하고 있어 균일한 예건이 어렵다. 더욱이 양파수확시기에 비가 내릴 경우 예건작업이 곤란하여 그대로 저장시 막대한 부패 손실을 감수해야 하는 문제점이 있다.

따라서 본 연구에서는 양파수확후 예건과 저온저장에 소요되는 노동력을 줄이고 저장시 발생하는 부패손실을 최소화하기 위해 양파의 예건과 저온저장을 한 곳에서 할 수 있는 양파 예건 · 저온저장 겸용장치를 개발하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 공시재료

공시재료는 전남 해남에서 노지재배한 '천주종보황' 품종으로 2002년 6월에 수확한 것을 사용하였다. 예건시험은 16톤(1톤×16상자)의 양파를 사용하였고, 저온저장 비교시험은 예건 · 저온저장 겸용 기계장치에서 예건한 양파 4톤과 대비구로 예건하지 않은 양파 2톤을 사용하였다.

#### 나. 시험장치

##### (1) 설계조건

양파의 예건 · 저온저장 특성구명 시험에서 결정된 예건 작업시 공기 온 · 습도를 각각 38℃, 65%, 저온저장기간 중의 공기 온 · 습도는 각각 0℃, 70%, 이때의 송풍량은 0.009m<sup>3</sup>/min · kg이었으며, 이 자료를 기준으로 하여 소요에너지를 산출하였다.

##### (2) 소요에너지 산출

###### (가) 예건

예건 소요에너지는 배출되는 공기와 외부의 공기를 혼합하여 최적의 상대 습도의 공기를 조성하도록 하여 최적의 공기혼합비율은 배출공기 75%, 외부공기 25%가 가장 적합한 것으로 판단되었고, 가열소요에너지도 10.79kW로 가장 낮은 것으로 산출되었다.

\* 농촌진흥청 농업기계화연구소

(나) 저온저장

저온저장에 소요되는 에너지는 방열벽에 의한 손실, 환기에 의한 손실, 냉각열량, 호흡열에 의한 열량, 기타열 등을 계산하여, 이들 열량을 합산하여 안전율을 1.2로 하여 산출한 결과 저온저장에 소요되는 에너지는 5.00kW로 산출되었다.

(3) 예건 · 저온저장 겸용 기계장치 및 예건 · 저온저장고

(가) 예건 · 저온저장 겸용 기계장치의 구조 및 제원

양파 예건 · 저온저장 겸용 기계장치는 가열 · 제습 · 냉각을 제어하는 냉 · 온풍 발생장치의 구조는 그림 1에서 보는 바와 같이 증발기, 실내 · 외의 응축기, 송풍기, 보조가열기로 구성되어 있으며, 제원은 표 1과 같다.

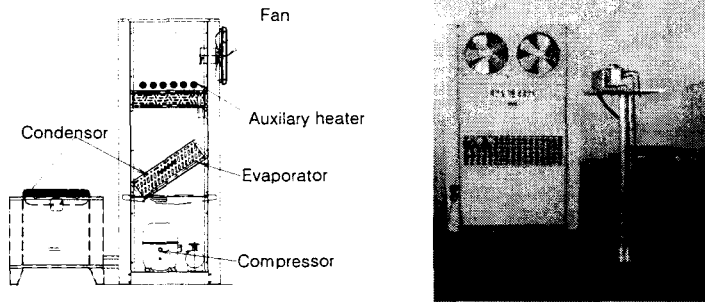


Fig. 1 Schematic diagram and photo of the hot and cold air supplier

Table 1 Specification of hot and cold air supplier

Items		Specification	
Size(L×W×H)		1,000×3,000×2,600mm	
Type		Heating · Dehumidify. Refrigeration	
Inner	Compressor	5.5kW	
	Condensor	Ø 3/8×6R×22S×1,000L	
	Evaporator	Ø 1/2×6R×18S×1,000L	
	Auxiliary heater	Capacity	6kW(1kW×6ea)
		Type	Electricity
	Humidifier	Capacity	3kW
	Type	Electricity	
	Fan	Type	Axial
		Air flow rate	110CMM(55CMM×2ea)
Outdoor	Condensor	Ø 3 3/4×2R×30S×2,000L	
	Fan	Type	Axial
		Air flow rate	168CMM

(나) 예건 · 저온저장고의 구조 및 제원

양파 예건 · 저온저장고는 그림 2에서 보는바와 같이 양파를 적재하는 저장고와 저장고 내부에 차압팬과 차압시트와 1톤의 양파를 적재할 수 있는 예건 · 저장상자로 구성되어 있다. 그리고 저장고 내부의 습도를 조절하기 위해 제습장치와 내부의 습도에 따라 외기를 유입할 수 있도록 송풍팬을 부착하였다. 저장고 내부에는 예건 · 저장상자를 2단 2

행 4열로 적재할 수 있도록 제작하였으며 제원은 표 2와 같다.

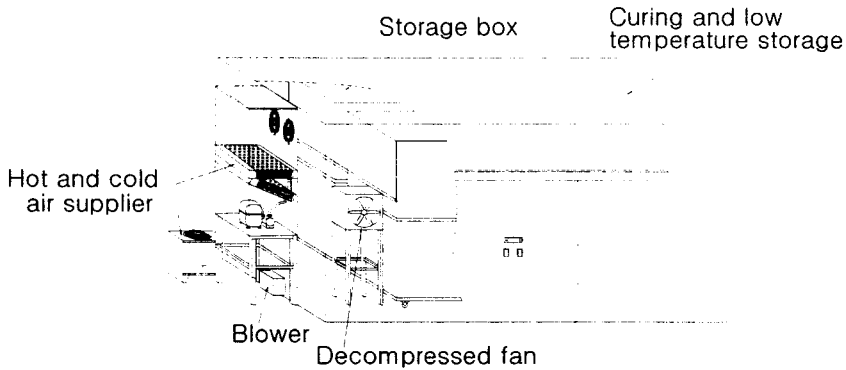


Fig. 2 Schematic of curing and low temperature storage of onion

Table 2 Specification of curing and low temperature storage of onion

Items		Specification
Curing and low temperature storage	Size(L×W×H)	6,500×4,500×3,600mm
	Volume	16ton(1ton×16ea)
Decompressed fan	Type	Axial
	Air flow rate	200CMM
	Static pressure	30mmAq
Storage box	Size(L×W×H)	1,340×1,340×1,400mm
	Volume	1ton
	No. of Box	16ea

#### 다. 시험방법

##### (1) 온도변화 및 분포

예건·저온저장시 예건·저온저장고의 온도변화 및 분포를 측정하기 위하여 예건·저온저장고를 상, 중, 하로 나누어 각각 9개씩 27지점을 측정하여 데이터로거 (Hybrid Recorder DR240)를 이용하여 기록하였으며, 습도변화는 온·습도기록기 (TR-72S, Hans system)를 이용하여 측정하였다.

##### (2) 감모율, 부패율

예건의 설정 온·습도는 각각 38℃, 65%RH, 저온저장의 설정 온·습도는 각각 0℃, 70%RH로 예건과 저온저장을 한 곳에서 실시하였다. 이때 감모율과 부패율을 측정하기 위하여 예건상자 5개에서 샘플을 채취하였다.

감모율은 양파의 무게를 예건 및 저장 전·후의 양파 무게비로 산출하였으며, 감모율 진행과정을 측정하기 위해 일정시간 간격으로 무게를 측정하였다.

예건시험은 줄기의 함수율 19%이하에서 종료하였다. 저온저장시의 부패율을 관행의 예건방법(노지예건)과 관능검사하여 비교하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 예건 · 저온저장고의 내부온도분포

그림 3은 예건시험중 예건 · 저온저장고 내부의 온도분포를 나타낸 것이다. 예건시 설정온도를 38℃로 설정하고 예건 · 저온저장고 내부의 온도분포를 측정한 결과, 열풍 발생장치 쪽의 온도가 약간 높게 나타났으나 온도의 표준편차는 0.51로 나타나 예건중 저장고내의 온도분포는 균일한 것으로 판단된다.

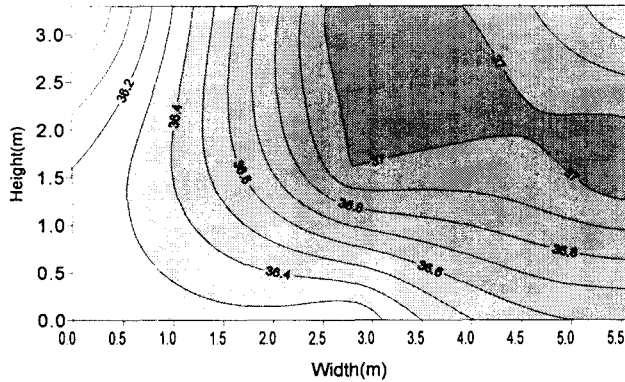


Fig. 3 Temperature distribution of curing period in the curing and low temperature storage

그림 4는 저온저장시의 예건 · 저온저장고 내부의 온도분포를 나타낸 것이다. 예건 · 저온저장고의 설정온도를 0℃로 하고 예건 · 저온저장고 내부의 온도분포를 측정한 결과, 예건 · 저온저장고 하부의 온도가 낮게 나타났고, 이것은 예건 · 저온저장고에 1단으로 놓여있는 양파의 잠열로 인하여 온도가 낮은 것으로 판단된다. 또한 예건 · 저온저장고 내부의 표준편차는 0.12로 낮게 나타나 내부온도는 균일한 것으로 판단된다.

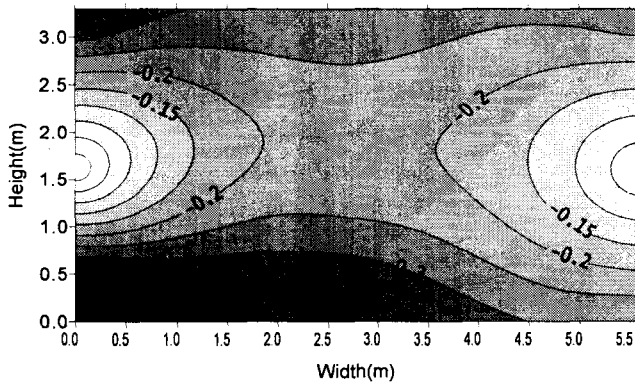


Fig. 4 Temperature distribution of low temperature period in the curing and low temperature storage

#### 나. 예건시험

예건의 설정 온 · 습도를 각각 38℃, 65%RH로 하여 양파 16톤을 예건한 결과는 그림 5, 표 3에 나타내었다. 예건에 사용된 양파의 예건전의 출기함수율

45.2%w.b였고, 예건 후 양파 줄기의 함수율은 18.3%이었으며, 양파의 감모량은 평균 1.39%이었으나, 상자별로 0.99~1.79% 차이가 있었다. 상자1은 냉·열풍 발생장치와 차압팬 가까운 곳에 위치하여 다른 곳 보다 공기유동이 많아 감모율이 높게 나타났고 상자 3은 냉·열풍 발생장치와 차압팬에서 먼 쪽에 위치하여 공기 유동이 적어 감모율이 낮아진 것으로 사료된다. 그림 6에서 보는바와 같이 양파의 예건은 시험을 시작한지 12시간 후부터 시작하였고, 52시간 시점에서 예건이 완료되었으며, 상자의 위치별로 고르게 예건된 것으로 나타났다.

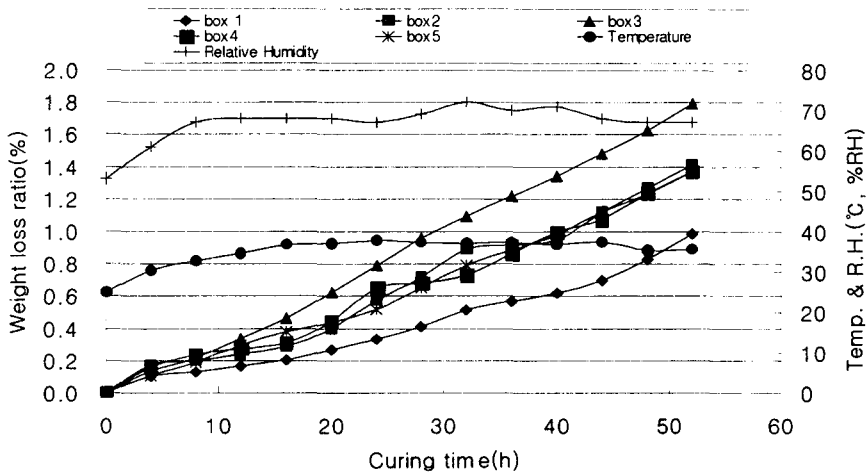


Fig. 5 Temperature, relative humidity and weight loss ratio of curing

Table 3 Curing time, curing ratio, and weight loss ratio of curing

Curing condition	Moisture content of stem(%w.b.)		Curing time (h)	Curing ratio (%)	Weight loss ratio(%)
	Initial	Final			
○ Temp. : 38°C	45.2	18.3	52	100	1.39
○ R.H. : 65%					

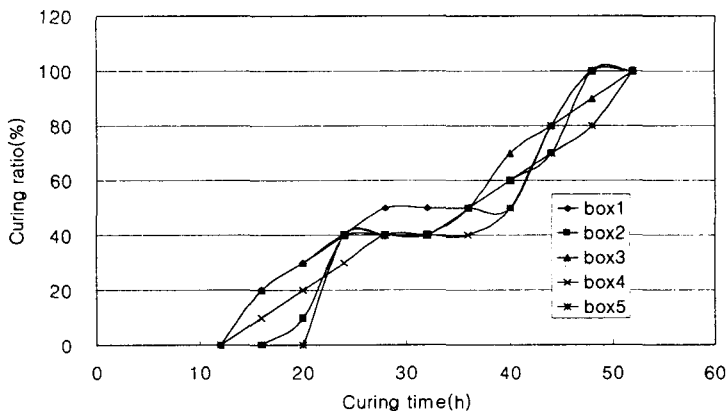


Fig. 6 Curing ratio of onion's curing period

다. 저온저장시험

그림 7은 관행방법인 자연예건한 것과 시작기로 예건한 양파로 저온저장특성곡선을 나타내고 있다. 그림에서와 같이 감모율은 저장초기부터 일정하게 증가하였으나, 저장 후 20일부터 관행의 방법과 차이가 나타나기 시작하였으며 150일 시점에서는 평균 3.16%의 차이가 나타났다. 한편, 그림 8은 저장 중 발생한 부패율을 나타낸 것이다. 저장 중 부패율은 관행방법으로 예건한 양파에서는 42일째부터 발생하기 시작하여 지속적으로 증가하는 경향이 나타났다. 시작기로 예건한 양파는 저장 후 90일까지는 부패된 양파가 없었으나, 이후 조금씩 증가하였다. 저장 후 150일 경과된 시점에서 두 방법간의 부패율의 차이가 25%로 나타났다.

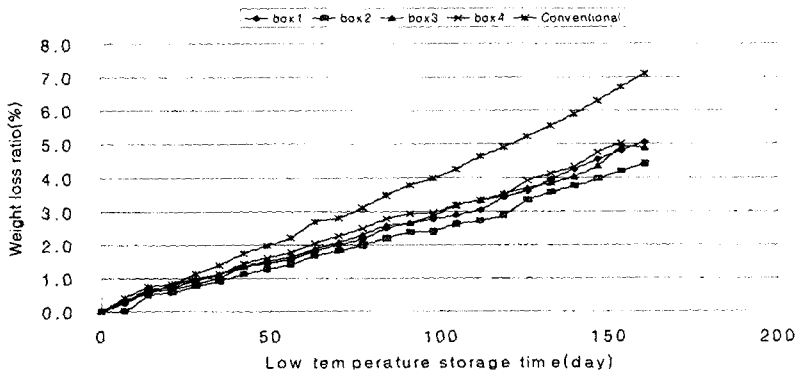


Fig. 7 Weight loss ratio of low temperature storing period

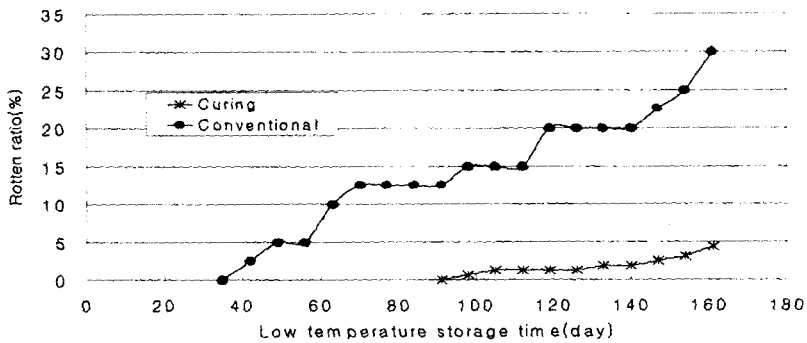


Fig. 8 Rotten ratio of low temperature storing period

#### 4. 적 요

양파의 예건 및 저온저장에 소요되는 노동력 절감과 저장시 발생하는 부패율을 감소시키기 위하여 양파를 한 곳에서 예건과 저온저장할 수 있는 양파 예건·저온저장 겸용 기계장치를 제작하여 예건 및 저온저장 성능시험을 실시하였다. 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 예건과 저온저장을 한 곳에서 할 수 있는 양파 예건·저온저장 겸용 기계장치는 히트펌프를 이용하여 저장고내의 온도와 습도를 조절할 수 있도록 제작하였다.
- 나. 예건시 설정온도가 38℃, 저온저장시 설정온도가 0℃일 때 온도분포의 표준편차는 각각 0.51, 0.12로 나타났다.
- 다. 설정온도 및 상대습도를 각각 38℃, 65%RH로 예건시험을 실시한 결과, 예건시간은 52시간 소요되었고, 감모율은 0.99~1.79%로 나타났다.
- 라. 설정온도를 0℃, 70%RH로 저온저장한 결과, 저장고의 온도는 -0.5~1.5℃, 저장고의 습도는 70~80%로 나타났다.
- 마. 관행(자연예건)방법과 시작기로 예건한 양파로 저온저장시험을 실시한 결과, 저장기간 중 감모율은 저장초기부터 일정하게 증가하는 경향으로 나타났고, 저장후 20일부터 차이가 나타나기 시작하였으며, 150일 시점에서는 평균 3.16% 차이가 나타났다.
- 바. 저장 중 부패율은 관행의 방법으로 예건한 양파에서 42일째부터 발생하기 시작하여 지속적으로 증가하였고, 시작기로 예건한 양파는 저장후 90일까지는 부패된 양파가 없는 것으로 나타났다.

## 5. 인용문헌

1. 김병삼, 차환수, 김의웅, 주장환, 김정옥, 이희철, 박영관. 2001. 농산물의 고품질 장기저장을 위한 수확후 건조, 큐어링, 초고습 및 저습 핵심장치 개발. 한국식품개발연구원
2. 농수산물유통공사. 2000. 효율적인 양파작업 모형에 관한 연구
3. 엄향란, 이인권, 홍세진, 박세원, 박윤문. 2001. 양파의 열풍 예건처리에 따른 저장중 품질변화. 한국원예학회지 42(6):703-706
4. 윤홍선, 이원옥, 정훈, 이현동, 김영민, 조광환, 박원규. 2001. 양파의 강제통풍 예건을 위한 열풍공기의 적정기준 설정. 한국식품저장유통학회
5. 이숙희, 최동진, 최성국, 윤재탁. 2002. 비닐하우스를 이용한 양파 예건방법. 한국농산물 저장유통학회