

631.35
L283L
15

최 종
연구보고서

GOVP1200301608

농산물의 고품질 장기저장을 위한 수확후 건조·큐어링·초고습 및 저습 핵심 기계장치 개발

Development of Major Facilities for
Long-Term Storage of Agricultural Produces

연 구 기 관
한국식품개발연구원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “농산물의 고품질 장기저장을 위한 수확후 건조, 큐어링, 초고습 및 저습 핵심 기계장치 개발”에 관한 연구의 최종보고서로 제출합니다.

2001년 10월 15일

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 김 병 삼

연 구 원 : 차 환 수

김 의 응

주 장 환

김 정 옥

이 희 철

박 영 광

요 약 문

I. 제 목

농산물의 고품질 장기저장을 위한 수확후 건조, 큐어링, 초고습 및 저습 핵심 기계장치 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

농산물중 저장성이 취약한 근채류, 엽채류, 화훼류의 품목별 저장특성에 맞는 조건을 조성하여 현재의 단순 저온저장에만 의존하고 있는 저장여건을 개선하고자 예냉, 예건, 큐어링, 가습등을 종합적으로 컨트롤할 수 있는 시스템과 관련 핵심기술을 개발하고자 하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

- 냉각, 예건, 큐어링, 제습기능을 갖춘 복합 전처리 시스템 개발
- 저온저장고에 적용가능한 가습시스템의 개발

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 현대의 장치로 냉각능력, 가열능력 및 상대습도를 제어하여 신선농산물을 신속하게 냉각, 예냉, 큐어링, 예건이 가능한 장치가 설계, 제작되었다. 장치

의 냉각능력은 24,900 kcal/h, 제습능력은 38 l/h이다.

2. 복숭아에 대한 예냉 시험 결과 25.9℃에서 5℃까지 3시간 이내에 냉각이 가능하였으며 풍량과 정압을 증가시킬수록 냉각속도는 증가하였다. 예냉처리한 복숭아는 7℃와 20℃에 저장한 경우 무예냉처리구에 비해 당도, 감모율, 비타민 C, 외관등에서 30% 이상 우수한 상품성을 유지하였다.

3. 딸기의 경우는 1~1.5시간만에 23℃에서 4℃까지 냉각이 가능하였으며 예냉 처리에 의하여 호흡속도가 억제되고 부패과, 곰팡이발생과가 20% 이상 현저히 억제되었다.

4. 양파를 큐어링 처리한 경우 48시간이내에 중량 기준 3%의 제습이 가능하였으며 큐어링 결과 경도가 증가하고 적색도가 증가하였다. 큐어링처리한 후 4개월간 0℃에서 저장한 결과 대조구는 감모율이 5.3%, 큐어링구는 2.4%, 부패율은 대조구가 3.8%, 큐어링구는 0.5%로 나타났다.

5. 마늘의 경우는 외피 수분 함량 기준 14%까지 제습건조시키는데 3일 정도 소요되었으며 4개월간 0℃에서 저장한 결과 대조구는 감모율이 7.8%, 큐어링구는 4.1%, 부패율은 대조구가 3.6%, 큐어링구는 0.3%로 나타났다.

6. 가습장치의 경우 증발기와 일체화시켜 미스트를 순환시키는 형태로 설계, 제작이 되었으며 99%까지 고습도 조건을 유지할 수 있었고, 저장고내 온도 편차는 0.5℃ 이내를 유지하였다. 본 장치는 저온저장고의 가습은 물론 고구마 등 큐어링 시설과 병행하여 사용이 가능하게 설계되었다. 가습장치의 가습능력은 68.9 l/min 이었다.

7. 배추, 장미, 딸기에 대하여 증발기겸 가습장치를 도입한 현장시험이 수행되

었다. 여름배추의 경우 40일까지 저장한 경우 기존 저온저장고에서는 15%의 감도가 일어났으나 본 장치를 이용한 결과 1.3%의 감도가 일어났다. 딸기의 경우는 9일후 기존저장고가 6.0%, 본 장치의 경우 1.8%를 나타내었다. 장미의 경우는 꽃과 잎의 수분 함량이 높게 나타나고 꽃이 시들지 않고 개화가 진행되었다.

8. 본 연구 결과 개발된 냉각겸 제습(큐어링)장치와 가슴장치 유니트는 농산물 유통개혁 정책과 더불어 추진되는 저온유통사업과 부합되는 기술로서 현장 보급, 확산을 위해 정부 차원의 시설 설치, 시범사업등에 대한 정책지원이 이루어지는 것이 적절한 것으로 사료된다.

V. 활용 현황

1. 특허출원(발명특허) 2건

- 신선농산물의 이동식 예냉예건 겸용 시스템(출원번호 2001-제42399호)
- 농산물의 예냉, 예건, 큐어링을 위한 다목적 기계장치(출원번호 2000-제53851호)

2. 특허출원(실용신안) 1건

- 신선농산물의 이동식 예냉예건 겸용 시스템(출원번호 2001-제22250호)

3. 홍보 실적 8 건

- 농민신문 등 9건(예냉예건 겸용 후레쉬쿨라 개발 관련 자료)

4. 학회발표 1 건

- 차압예냉처리와 저온수송에 의한 딸기의 선도연장(한국농산물저장유통학회, 2001. 5)

여 백

SUMMARY

I. Title

**Development of Major Facilities for Long-Term Storage of
Agricultural Produces**

II. Objectives

To improve the present storage situation and achieve the adequate storage condition for the fresh agricultural produces, this study was carried out for the development of major facilities, for precooling, curing, predrying, humidifying, that utilized in the cold store.

III. Contents of study

1. Development of combined system for cooling, precooling, curing and dehumidifying functions
2. Development of humidifying system for the cold store

IV. Results and application

1. The combined system that has cooling, predrying, curing, and

dehydration functions was developed. That system could be controlled the cooling and heating capacity, and relative humidity, automatically. The cooling and dehydrating capacities were 24,900 kcal/h and 38 l/h, respectively.

2. Peaches could be cooled from 25.9°C to 5°C within 3 hours and the cooling rate was accelerated by increasing air velocity and static pressure. Precooled peaches had better quality preservation of soluble solid content, weight loss rate, ascorbic acid and visual quality than non-precooled during storage at 7 and 20°C stores.

3. Strawberry could be cooled from 23°C to 4°C within 1 to 1.5 hours by pressure cooling. The respiration rate, decaying rate and fungi growth of precooled strawberry were inhibited by 20% than non-precooled.

4. Onion could be cured within 48 hours and dehydrated by 3% with new system. The a-value of onion was increased through the curing. The cured onion was stored at 0°C for 4 months and, weight loss and decaying rate of natural and cured onions during storage were 5.3% vs 2.4%, and 3.8% vs 0.5%, respectively.

5. The predrying time of garlic was required for 3 days on the basis of 14% moisture content of outer skin. When the predried garlic was stored at 0°C cold store, the weight loss rate and decaying ratio of naturally and artificially predried garlics were 7.8% vs 4.15 and 3.65 vs 0.3%, respectively.

6. Humidifier combined with evaporator was designed and manufactured for cold stores of agricultural produces. The cold store could be retained the relative humidity of 99% by the new humidifier, and constant temperature by 0.5°C fluctuation. That could be utilized for the humidification of curing facility, simultaneously. The capability of a developed pilot scale-humidifier was about 68.9 ℓ/min.

7. The newly developed humidifier was applied for the freshness prolongation of several fresh produces, Chinese cabbage, rose and strawberry. The weight loss of summer Chinese cabbage was 15% for the conventional cold store. But in the cold store with the developed humidifier, it was 1.3%. However, the weight loss of strawberry stored in the conventional cold store was 6.0% after 9 days storage at 3°C. The rose was well kept in the new cold store with humidifier. Especially, the moisture contents of leaves and flowers were kept highly and flowering was well developed than the conventional store.

8. The facilities that developed through this study will be well adapted to the improvement policy of the distribution system of agricultural produces. For the spreading of the newly developed technology, we'll anticipate the active promotion by government, for new facility installation and model test in the rural area.

여 백

CONTENTS

I. Introduction	15
II. Cooling, curing and dehumidification facility	19
II-1. Introduction and related theory	19
1. Introduction	19
2. Related theory	20
II-2. Design and manufacture of system	24
1. Design of system	24
2. Manufacture	29
II-3. Performance and local test	49
1. Cooling and precooling	49
2. Predrying, curing and dehumidification	73
III. Humidifying facility	99
III-1. Outline and related theory	99
III-2. Design and manufacture of humidifying facility	100
1. Design of humidifier	100
2. Manufacture	102
III-3. Application to the curing facility	117
1. Introduction and principle	117
2. System design and manufacture	117
III-4. Performance and local application	129
1. Temperature and humidity control	129
2. Local application	132
IV. Summary	143
V. References	147

여 백

목 차

제 1 장 서 언	15
제 2 장 냉각, 큐어링, 제습 시스템 분야	19
제 1 절 개요 및 관련 이론	19
1. 개요	19
2. 관련 이론	20
제 2 절 시스템 설계 및 제작	24
1. 시스템 설계	24
2. 제작	29
제 3 절 성능 및 농산물에 대한 현장 적용	49
1. 냉각 및 예냉	49
2. 예건, 큐어링 및 제습	73
제 3 장 가습장치 분야	99
제 1 절 개요 및 관련 이론	99
제 2 절 가습장치의 설계 및 제작	100
1. 가습장치의 설계	100
2. 가습장치의 제작	102
제 3 절 가습장치의 큐어링시설에의 적용	117
1. 개요 및 원리	117
2. 시스템 설계 및 제작	117
제 4 절 성능 및 농산물에 대한 현장 적용	129
1. 무부하 상태에서의 온습도 유지 시험	129
2. 농산물에 대한 현장 적용 시험	132
제 4 장 결론 및 요약	143
제 5 장 참고문헌	147

여 백

제 1 장 서 언

농산물의 품질관리는 예냉이나 예건과 같은 한가지 공정의 완벽한 수행만으로는 만족할만한 효과를 거두기는 어렵고 결국 생산에서부터 소비자 손에 들어가기까지 총체적인 품질관리가 필요하다. 따라서 이 분야의 기술도 단순 기술이 아니라 복합적인 종합기술의 도입에 의해서만 가능하게 되어 있으며 특히 농산물은 살아 숨쉬는 생명체이기 때문에 관리기술이 단순하지가 않으며 상황에 따라서 적용하는 기술도 계속 변형, 발전이 되어야 한다.

콜드체인시스템을 운영하기 위한 기술과 시설을 분류의 편의상 주요기술과 보조기술로 나누면 주요기술로는 산지에냉, 큐어링, 예건, 포장, 수송, 저장, 판매관련 기술과 시설로서 직접적으로 관련되어 그 골격을 이루는 것들이다. 여기에다 콜드체인시스템의 본래 목적인 선도유지와 출하조절, 안전성 보장 등의 기능을 달성하기 위하여 직간접적으로 제공되는 기술을 보조기술로 나열할 수 있는데 여기에는 전처리기술, 소포장, 선도유지 포장, 각종 선도유지기술, 표면살균 및 안전성 관련기술, 집출하, 선별, 규격, 표준화, 정보, 환경 관련 기술 등을 들 수 있다. 예를 들면 미국이나 호주에서 생산된 농산물이 우리나라에 수입되어 팔리는 경우를 보면 예냉처리부터 시작해서 포장박스의 통기공과 강도, 훈증처리, 저온수송, 안전성 및 수입국에서 요구하는 각종 규격과 기준 등 고려할 사항이 한 두가지가 아니며 이러한 모든 점에 대한 기술이 제대로 적용이 되었을 때 그 효과를 거둘 수 있다. 따라서 콜드체인시스템과 같은 새로운 유통체계를 확립하고 고품질 농산물을 공급하기 위하여 저온유통과 관련한 핵심기계류들이 개발되어 현장에 보급됨으로서 그 목적을 달성할 수 있을 것이다.

저장손실을 5%만 절감하면 연간 108,000M/T의 저장손실 억제는 물론이고 수입농산물과의 시장 경쟁을 위하여는 고품질 장기저장 기법 개발만이 우리 농산물시장을 확보할 수 있는 대응책이라 판단된다. 농산물의 유통구조개선사업

을 중점적으로 추진하고 있는 현시점에서 고품질 장기저장을 위한 핵심기계장치개발보급은 저장 및 유통손실의 억제 등을 감안할 때 중요한 과제라 판단된다. 따라서 외국농산물의 수입개방과 함께 고선도 안전농산물에 대한 수요가 증가하고 있어 향후 예건, 예냉, 큐어링, 제습건조 등 고품질화 기기장치의 수요는 급속히 증가할 것으로 여겨지며 국내 기술 수준을 고려할 때 초기 개발 단계로 기술개발이 완료되면 파급 효과는 클 것으로 예상된다.

기존농산물 저온저장고의 기술현황 조사분석('96. E-1356)자료에 따르면 아직까지도 우리나라의 농산물의 저온저장은 저장내성이 강한 양파(46%), 마늘(10.5%), 사과(13.7%)등 비축농산물에 편중되어 3개품목이 무려 70.2%에 달하고 있다.

일반적으로 근채류의 경우는 표피에 토양 미생물이 부착되어 있고 수분이 많아 저장전 예건이나 큐어링 처리를 할 필요가 있는데 저장고 입고전에 이러한 처리는 저장중 감모나 부패 감소에 크게 기여한다. 이와 같은 큐어링 처리는 양파, 고구마, 감자등 근채류에 주로 적용되는데, 수확후 고온다습한 상태에서 가능한한 빠른시간에 상처부위 표면에 콜크층을 형성하게하여 변질 부패 작용을 차단케하고 흑반병균 등의 침입 방지를 목적으로 하는 전처리 방법이다.

현재 큐어링은 저장고 내의 증발기의 제상히터를 이용하여 열원을 공급하고 바닥에 물을 뿌려 주어 온습도를 조절하는 재래식 방법(고구마 등)과 비닐하우스나 천막을 이용한 간이 차압방식을 이용해 외부 열원을 공급함으로써 하는 변형된 방법(양파 등)이 채용되고 있다.

한편 대부분의 신선농산물은 수분함량이 90% 이상으로서 높은 상대습도 조건을 요구하는데 복숭아, 사과·배(RH 90~95%), 밤·포도(RH 85~90%)등의 과실류와 각종 엽채류(RH 95~100%)는 저온저장중 저장고내의 공기와 피저장물 간의 수증기압차로 인한 증산작용에 의한 위조현상은 물론 섶택, 향 등의 소실로 품질의 열화현상에 따라 상품성을 잃게된다.

현재 저온저장고 내 습도조절은 바닥에 물을 뿌리거나 제상수를 재순환시키

는 재래식 방법과 초음파 가운데 원심식 가습기등 기계적인 방법이 병용되고 있으나 모두 저온저장고 내에 균일한 가습이 어렵고 물방울 입자가 청과물 표면에 착상되어 결로현상에 의한 부패가 진행되고 있다.

따라서 이에 언급한 큐어링이나 가습방법의 기술적 제한성을 극복한 필요가 제기되고 있으며 농산물 중 저장성이 취약한 과실류, 채소류의 품목별 저장특성에 맞는 조건충족을 위한 저장핵심 기계장치의 개발보급으로 저장온도에만 의존하고 있는 농산물 저온저장 현실을 타파하여 저장대상품목의 제한을 받지 않는 다목적 저장고활용이 가능케 장치개발을 하여 저장고의 가동율제고 등의 문제점을 해소하고 보다 양질의 품질과 저장기간의 연장으로 운영란 해소를 위하는데 본 연구의 목표를 둔다.

여 백

제 2 장 냉각, 큐어링, 제습 시스템 분야

제 1 절 원리 및 관련 이론

1. 개요

본 연구는 1대의 장치로 냉각능력, 가열능력 및 상대습도를 제어하여 수확된 신선 농산물의 종류에 따라 신선 농산물 층을 통과하는 유효공기의 온도 및 상대습도를 최적상태로 조절하여 신속하게 예냉 및 예건을 겸용할 수 있는 냉각, 예냉, 예건, 제습 겸용장치 개발에 관한 것이다.

신선 농산물 중에는 수확후에 예냉하여 품온을 신속히 낮춰 호흡을 억제해야 하는 품목과, 예건하여 수확시 발생한 표면의 상처치유나 표피의 수분을 제거해야 하는 근채류와 같은 품목이 있으며, 이와 같은 예냉 및 예건은 신선 농산물의 품질유지와 저장성향상을 위해 절대적으로 필요한 전처리 공정으로 이를 위해 일부 예냉시스템과 예건시스템이 사용되고 있다. 그러나, 대부분의 농가에서는 다양한 품목의 농산물을 재배함에 따라 같은 농가에서 예냉시스템과 예건시스템을 별도로 갖추어야 하는 문제점이 있었다. 또한, 기존의 예냉시스템과 예건시스템은 온도 및 습도조절이 어려웠고, 피냉각물의 물량변화 및 초기부하해소 등으로 냉동기의 잦은 ON/OFF가 필요하였으며, 이로 인해 냉동기 수명의 단축, 축동력의 증가 등의 문제가 있었다.

본 연구는 1대의 냉각, 예냉, 예건, 제습 겸용장치로 어떠한 예냉 및 예건 조건에도 사용이 가능하도록 온도 및 상대습도를 최적의 상태로 유지하여 예냉과 예건이 필요한 모든 신선 농산물에 사용이 가능하도록 하였다. 이를 위해 압축기의 무부하전자변과 압축기에서 토출된 고온고압가스의 폐열을 이용하여 냉각능력을 0%에서 100%까지 제어하고, 압축기에서 토출된 고온고압가스와 전기히터를 이용하여 가열능력을 0에서 100%까지 조절하여 최적의 온도조건으로 제어하도록 하였다. 또한, 증발기와 가열기 및 가습기를 이용하여 최적의 습도 조건을 제어하도록 하였다. 또한, 플렉시블 배관과 이동용 연결밸브 및 퍼지밸

브를 이용하여 이동식으로 여러 개의 저장실에 이동하면서 사용이 가능하도록 하였다.

이로 인하여 1대의 시스템으로 농가에서 필요한 예냉 및 예건이 가능하게 되었고, 장소에 구애받지 않고 자유로이 이동 설치가 가능하여 농가 편익에 크게 기여할 수 있다.

2. 관련 이론

본 연구는 수확된 청과물과 같은 신선 농산물의 품온을 수확 후 바로 급속히 냉각시킴으로서 호흡작용 등 선도저하에 관련한 생리적, 이화학적 변화를 억제시키는 예냉장치와, 수확한 근채류와 같은 신선농산물의 외표면의 수분을 급속히 제거시키고 상처를 치유하여 저장성을 제고시키는 예건(큐어링 포함, 이하 예건으로 통칭)을 겸용하는 신선 농산물의 예냉예건겸용장치(큐어링, 제습기능 포함)에 관한 것이다.

예냉이란 청과물을 수확한 후 수송 또는 냉장(cold/low temperature storage)하기 전에 포장열(field heat) 즉, 품온을 가능한 빨리 소정의 온도까지 냉각하는 단위조작으로서 수확후 농산물의 호흡작용, 에틸렌생합성, 증산작용 등 생리적 현상을 휴면(dormancy)에 가까운 상태로 억제시킴으로서 수확 당시의 신선도를 소비지까지 전달할 수 있게 하는 기술이다. 예냉방식중 냉각된 찬공기를 이용하는 방법으로는 저온저장고를 이용하는 실내냉각(room cooling), 별도의 차압실을 만들어 행하는 차압예냉(pressure cooling 또는 forced air cooling), 진공을 이용하는 진공냉각(vacuum cooling), 냉수를 이용하는 냉수냉각(hydrocooling) 등의 여러 방식이 있다.

차압예냉은 농산물의 품온을 냉각시키는 예냉방법중 가장 범용적인 방법으로서 농산물상자 주변에 50mmAq이하의 차압(정압차, static pressure difference)을 두어 농산물층을 통과하는 유효공기량을 증가시켜 농산물의 품온을 급속히 냉각시키는 예냉방법으로 강제통풍식 예냉방법의 일종이다. 차압예냉을 위하여 예냉실 내부에 한쪽벽을 막아 별도의 차압실을 만들거나 기계작

된 차압유니트를 설치하는 방법이 있다. 특히, 저온저장고내에 별도의 차압실을 만들어 설치하는 방법은 일반기술로서 현재 많은 시설이 보급되어 있다. 그러나, 차압실을 만들 때의 시공상 번거로움과 이동에 대한 제약성이 있어 현재는 차압유니트를 설치하는 방법이 시도되고 있다.

차압유니트의 형상 및 구조에 있어서는 냉각과정을 거친 공기가 1개의 차압팬을 거쳐 냉각코일을 통과하는 방법은 공기가 증발기 코일 좌우끝까지 균일하게 흐르지 않아 열교환이 불완전한 단점이 있다. 또한, 일반적인 차압예냉방식에서는 냉각공기가 신선 농산물상자를 통해 공기흡입통로 방향의 한 방향으로만 흐르기 때문에 공기흡입통로에 가까운 신선 농산물상자에 담겨있는 수납품의 품온은 가장 늦게 떨어져 공기흡입통로와 가장 멀리 떨어져 있는 농산물 수납품의 품온과 차이가 많이 발생하게 된다. 이로 인한 수납품 사이의 온도편차를 없애기 위하여 공기흡입통로에 가까운 수납품을 목표품온까지 냉각하기 위해서는 많은 시간이 걸리게 된다.

차압예냉에 사용되는 냉동시스템은 압축기, 응축기, 증발기, 팽창밸브 등으로 구성된 단단냉동사이클 형태가 대부분을 이루고 있으며, 직팽식과 간접냉각 방식이 있다. 직팽식은 응축기에서 응축되어 수액기에 담겨져 있던 고온고압의 냉매액이 팽창밸브를 통과하면서 팽창하여 저온저압의 냉매액과 가스의 혼합체가 되어 증발기에서 저온저압의 가스가 되면서 공기와 직접 열교환하여 공기를 냉각하는 방식을 말한다. 이러한 직팽식은 냉각부하가 적어지면 냉동기의 ON/OFF 제어를 할 수밖에 없어 냉각공기 온도의 균일 제어가 어렵고, 압축기 수명의 단축과, 압축기 기동시 축동력의 증가를 피할 수 없다. 한편, 간접냉각 방식은 냉매를 브라인을 담은 통에서 냉매가 브라인과 1차 열교환하여 브라인을 냉각한 후, 냉각된 브라인을 펌프를 이용하여 실내의 열교환기에서 공기와 2차 열교환하여 공기를 냉각하는 방식을 말한다. 이러한 간접냉각방식은 냉동기의 잦은 ON/OFF를 피할 수 있는 장점은 있지만 브라인 열교환 시설을 추가해야 하므로 시설비가 많이 들고, 브라인의 농도를 일정하게 유지해야 하므로 관리가 번잡한 단점이 있다. 따라서 직팽식을 사용하면서 부하변동에 따라 냉각

능력을 자유롭게 조절하는 방법이 요구되고 있다.

예건은 마늘, 양파, 고구마, 생강 등 근채류의 수확중에 발생하는 상처의 치유와 표면 수분을 건조시켜 저장성을 향상시키기 위한 조작으로서 현재 저장고 또는 간이식 건물에 농산물을 쌓아놓고 고내의 온도 및 습도를 조절하는 시스템이 일반적으로 사용되고 있다. 온도는 주로 전기히터를 이용하여 조절하고 있으며, 습도는 다습한 실내공기를 외부로 배출하고 신선한 외기를 도입하여 조절하고 있다. 그러나 단순한 송풍에 의존하므로 송풍저항이 있는 농산물층으로 도입되는 유효공기량이 거의 없어 전도에 의해 열전달이 이루어지므로 예건에 많은 시간이 소요되는 것은 물론이며, 농산물층에 따라 예건정도가 달라져 품질 및 중량에 문제를 발생하였다. 또한, 고온다습한 실내공기를 외기에 배출하므로 열효율이 낮았을 뿐 아니라 외기습도가 높거나 우기에는 제습이 어려워 범용적으로 사용하는데 많은 제약을 갖고 있다. 따라서, 높은 열효율과 범용적인 사용을 위해서는 외기의 조건에 관계없이 자유롭게 습도를 조절할 수 있어야 하며, 이를 위한 가열능력의 자유로운 조절이 요구된다.

이와 같이 신선 농산물층에는 예냉과 예건이 필요한 품목이 다르나, 대부분의 농가에서는 다양한 품목의 농산물을 재배하므로 예냉시스템 및 예건시스템을 갖추어야 할 필요가 있다. 그러나, 지금까지는 예냉과 예건을 겸용할 시스템이 없어 별도의 시스템을 갖추어야 하는 어려움이 있었다. 또한, 몇 개의 저장실이 있어 시스템을 이동하여 사용하고 싶어하나 고정형으로 이동이 불가능한 단점이 있었다.

본 연구는 이러한 점을 감안하여 이루어진 것으로서 그 제1의 목적은 농산물의 종류와 부하에 따라 냉각능력, 가열능력 및 상대습도를 자유롭게 조절하여 1대의 장치로 예냉 및 예건을 겸용으로 사용하는데 있다.

제2의 목적은 저장실내에 설치되는 예냉예건유니트와 저장실밖에 설치되는 콘덴싱유니트를 연결하는 배관을 쉽게 분해 및 결합할 수 있도록 하여 예냉예건유니트를 몇 개의 저장실에 이동하면서 사용할 수 있도록 하는데 있다.

제3의 목적은 차압팬과 증발기의 댓수 및 설치위치를 조정하여 냉각코일에

서의 열교환을 촉진시키고, 예냉 및 예건 말기에 신선 청과물층을 흐르는 공기의 흐름방향을 반대로 바꾸어 수납품간의 온도편차를 줄일 뿐 아니라 예냉 및 예건 소요시간을 줄이는데 있다.

제4의 목적은 예건되는 농산물주변에 50mmAq이하의 차압차를 두어 농산물층을 통과하는 유효공기량을 증가시켜 빠르게 예건되면서, 외기의 조건에 관계없이 범용적으로 사용할 수 있도록 하는데 있다.

본 연구는 농산물층을 통과하는 유효공기량과 고내공기의 온도, 상대습도 및 송풍량을 자유롭게 조절하여 1대의 장치로 목적에 따라 예냉 및 예건이 가능하고 장소에 구애받지 않고 자유로이 이동 설치가 가능하도록 함에 따라 예냉과 예건을 위해 별도의 시스템을 갖출 필요가 없다.

냉각능력의 제어로 예냉할 때 냉동기의 ON/OFF제어가 불필요하여 온도의 정밀한 제어는 물론이며, 압축기의 수명연장과 에너지 절약에 크게 기여할 수 있으며, 예건할 때 농산물층을 통과하는 유효공기량을 증가시켜 빠르게 예건되면서, 외기의 조건에 관계없이 범용적으로 사용할 수 있다.

또한, 2대의 차압팬과 증발기를 사용하여 열교환 효율을 향상시켰으며, 역풍을 사용하므로써 수납품간의 온도편차를 줄일 수 있는 것은 물론이며, 예냉 및 예건에 소요되는 시간을 줄일 수 있어 경제적이다.

본 연구에서 개발하고자 하는 시스템은 개발되어지는 시스템의 활용도를 고려하여 제습(건조, 큐어링 포함) 기능과 함께 냉각(예냉) 기능을 겸하는 복합시스템으로 개발을 추진하였다. 제습시스템은 품목에 따라 여러형태로 조절이 가능하도록 하였다. 즉, 가을철에 수확되는 작물 및 고부가가치 농산물들에 대해서는 저온에서 제습, 건조가 가능하도록 하고(Fig.1) 늦봄부터 여름철에 수확되는 마늘, 양파와 같은 품목은 30℃ 이상에서 제습이 이루어지면서 큐어링이 병행될 수 있도록 계절별 콘트롤이 가능하도록 설계되었다. 아울러 건조가 행해지면 이어서 저장공정에 들어가는 점을 고려하여 바로 냉각이 되도록 하였으며 기본적인 공기의 순환시스템은 중앙흡인식차압예냉시스템의 원리

를 modify하여 구성하였다(외형도면 참조).

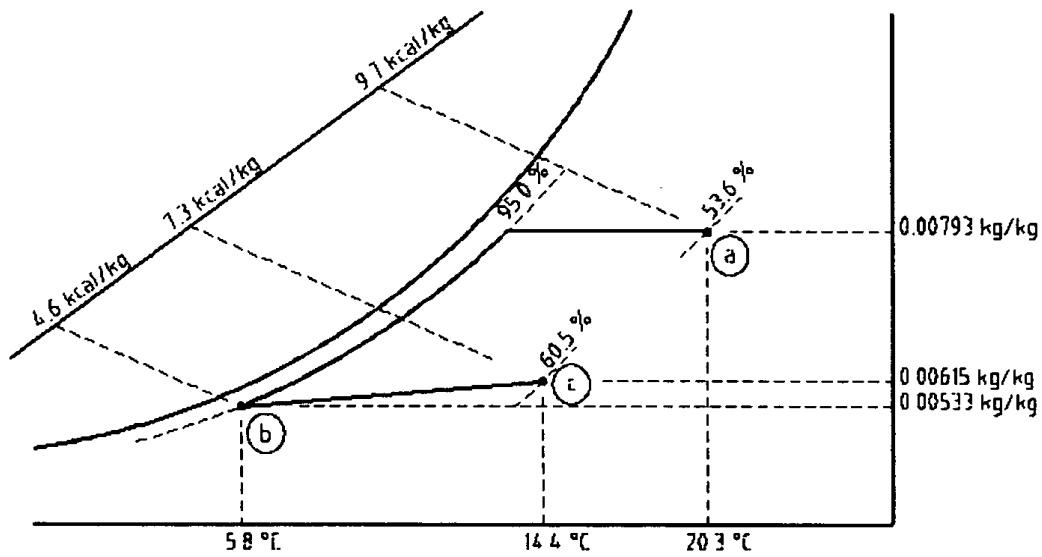


Fig. 1. Changes of air states through evaporator and reheater on psychrometric chart (a : ambient air, b : exit air from evaporator, c : exit air from reheater).

제 2 절 시스템 설계 및 제작

1. 시스템 설계

가. 설계 조건

1) 기본조건

○ 냉각(예냉), 큐어링(예건) 및 제습기능이 동시에 한 시스템으로 이루어지고 냉각 및 가열능력의 제어가 0~100% 범위에서 가능하도록 함.

○ 시설 규모(제원) : 가로 3,600mm × 세로 5,200mm × 높이 2,800mm
(파이로트 스케일)

○ 단열 조건 : 폴리우레탄폼 100mm ($k = 0.185\text{kcal/m}^2\cdot\text{h}^\circ\text{C}$)

○ 1회 처리 물량 : 3,000kg(양파 기준)

○ 냉각(예냉) 조건 : 25℃, 냉각중온 5℃, 저장온도 0℃

○ 예건(큐어링) 조건 : 3% 감모(90kg/24h)

○ " 공기 특성 : 초기품온 25℃/75% RH, 냉각공기 10℃/95%RH,
제습공기 온도 38℃/17.6%RH

나. 설계 및 부하계산

1) 냉각(예냉) 능력 계산

- 부하계산서 참조(Table 1)

Table 1. Heat load calculation for cooling facility design

사업(예냉실)명		예냉시설		실명	예냉실			
예냉실 크기		W 3.6 (m) × L 5.2 (m) = 18.72 m ² (5.7)평, H= 2.8 (m)						
계산조건	1회처리물량	3,000kg	외기온도	벽면 35℃, 지붕 38℃, 외벽 25℃				
	고내온도	0℃	입고온도	25℃				
	입고품명	양파	최종품온	5℃				
	벽열시임	벽 / 재료명, 두께	URETHANE PANEL 100mm		비고			
	천정 / "	URETHANE PANEL 100mm						
	바닥 / "	URETHANE 100mm						
벽면 침입열		면 적 × 열통과율 × 외기와의 온도차 = 열 량						
		A (m ²)	λ/t=K(kcal/m ² h℃)	to - tr (℃)	Q ₁ (kcal/h)			
	외 벽	(3.6+5.2)×2×2.8	0.185	35-0=35	319.09			
	천 정	5.2×3.6	0.185	38-0=38	131.6			
	바 닷	5.2×3.6	0.185	25-0=25	86.58			
소 계					Q ₁ = 537.27 kcal/h			
환기열	유효내용적 × 환기회수 × 1m ² 당 열량 × 1/5 = 열 량							
	V (m ³)	N (회/일)	E (kcal/m ³)	h	Q ₂ (kcal/h)			
47.17					1	28	1/5	264.15
물품냉각열	1일 입고량 × 비열 × 온도차 × 냉각시간 = 열 량							
	G (kg/day)	C (kcal/kg℃)	t ₁ - t ₂ (℃)	1/H	Q ₃ (kcal/h)			
3,000					0.90	25-5=20	1/5	10,800
호흡열	입고량 × 호흡열 × 1/24 × 1/1,000 = 열 량							
	G (kg/day)	q ₁ (kcal/ton일)			Q ₄ (kcal/h)			
3,000					1,610	1/24	1/1,000	201.25
부재재냉각열	무 게 × 수 량 × 비 열 × 온 도 차 × 냉 각 시 간 = 열 량							
		g(kg/개)	n	C(kcal/kg℃)	t ₃ -t ₄ (℃)	1/H	Q ₅ (kcal/h)	
	파 레 트	-	-	-	-	1/24	-	
	용 기	-	-	-	-	1/24	-	
소 계					Q ₅ =	kcal/h		
고내발생열	용 량 × 수 량 × 단 위 발 열 량 × 가 동 시 간 = 열 량							
		M (kW)	n	p ₂ (kcal/h kW)	h/24	Q ₆ (kcal/h)		
	FAN MOTOR	1.5×2	1	1,250	5/5	3,750		
	전 등	0.1	2	860	1/5	34.4		
	작 업 원	5×(47-0)	1		0.5/5	23.5		
차 압 팬	2.2	2	1,000	5/5	4,400			
소 계					Q ₆ = 8,207.9 kcal/h			
계	Q ₇ = Σ(Q ₁ ~ Q ₆) = 20,010.57 kcal/h							
안전율(10%)	Q ₈ = Q ₇ × 0.1 = 2,001.1 kcal/h							
합 계	Q ₉ = Σ(Q ₁ ~ Q ₈) = 22,011.6 kcal/h (6.6 RT)							

2) 예건 및 제습 시스템의 제습량
 가) 냉각공기의 열 물성치

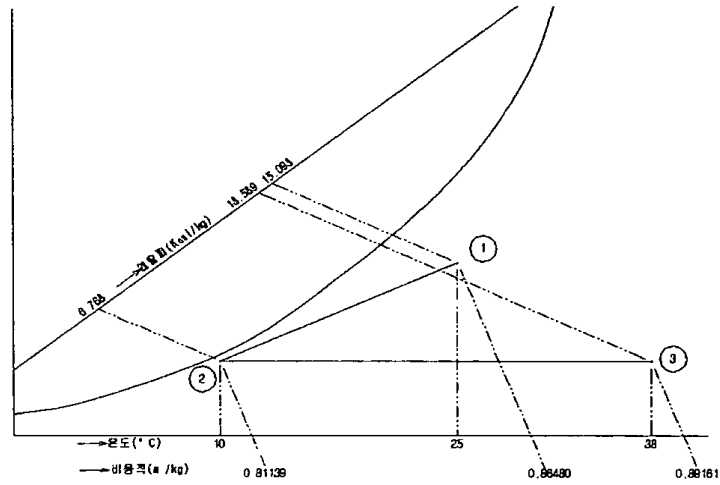


Fig. 2. Psychrometric chart of air for dehumidification and pre-drying

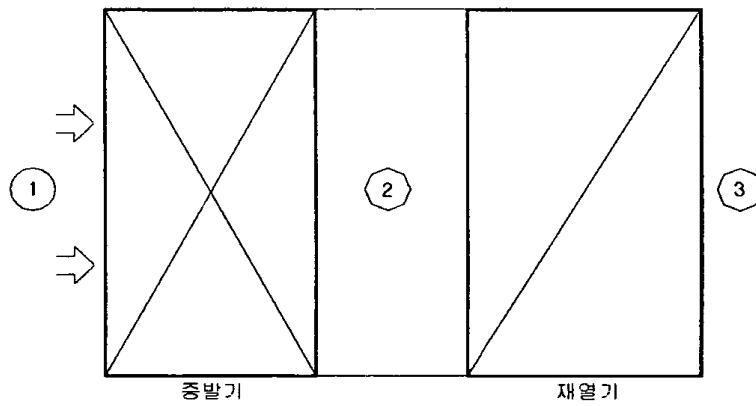


Fig. 3. Basic diagram of cooling and pre-drying.

Fig. 2는 제습건조 Psychrometric Chart 이다.

Fig. 3은 제습을 위한 냉각과 건조 장치를 조합한 모형도 이다

Fig. 2, 3에서 ①은 제습기에 공급되는 초기공기이며

②는 제습기에 공급되어 냉각제습된 공기이며

③은 건조가 발생하도록 가열된 출구공기 이다.

위의 그림의 ①②③공기의 열물성치는 Table 2와 같다.

Table 2. Heat properties of air used for dehumidification and predrying

	①	②	③
Temp. (°C)	25	10	38
Relative humidity(%)	75	95	17.6
X, absolute humidity(kg/kg)	0.01493	0.00724	0.00724
V, specific volume(m ³ /kg)	0.8648	0.81139	0.89161
E, enthalpy, (kcal/kg)	15.093	6.768	13.589

나) 시스템의 제습량

□ 제습량(M) 3.75kg/h

$$M = \frac{Vm}{V} (X1 - X2) = \frac{2,286.56 \text{ m}^3/\text{h}}{0.8648 \text{ m}^3/\text{kg}} * (0.01493 - 0.00724) \text{ kg/kg} = 20.33 \text{ kg/h}$$

○ 송풍량(Vm) : 2,286.56 m³/h (38.11 m³/min)

$$V_m = \frac{Q}{E1 - E2} V = \frac{22,011.6 \text{ kcal/h}}{(15.093 - 6.768) \text{ kcal/kg}} * 0.8648 \text{ m}^3/\text{kg} = 2,286.56 \text{ m}^3/\text{h}$$

Q(냉각열량) : 22,011.6 kcal/h

E1(① 엔탈피) : 15.093 kcal/kg

E2(② 엔탈피) : 6.768 kcal/kg

V(① 비용적) : 0.8648 m³/kg

X1(① 절대습도) : 0.01493 kg/kg

X2(② 절대습도) : 0.00724 kg/kg

E3(③ 엔탈피) : 13.589 kcal/kg

다. 시스템의 제열량

□ 재열열량(Qr) : 18,034.95 kcal/h

$$Q_r = \frac{V_m}{V} * (E3 - E2) = \frac{2,286.56 \text{ m}^3/\text{h}}{0.8648 \text{ m}^3/\text{kg}} * (13.589 - 6.768) \text{ kcal/kg} = 18,034.95 \text{ kcal/h}$$

2. 제작

가. 시스템의 주요기기

1) 압축기(Compressor)

□ 압축기 기본모델

○ 증발온도/응축온도 : -10/45℃

○ 냉각열량 : 24,900kcal/hr

○ 응축열량 : 29,630kcal/hr

○ 축동력 : 5.5 kw

○ 냉매 : R-22

○ 형식 : 반밀폐형 왕복동식 모터 압축기/흡입가스 냉각방식

2) 냉각코일(Evaporator)

냉각코일 유니트

5/8" 6r * 36s * 1100EL + 1100EL

FP : 8.5 , PP : 38.1

Copper Tube, Al Fin

3) 응축기(Condenser)

응축기 유니트

JAC-Y250

Fan \varnothing 600 * 0.4kw * 2ea

4) 재열코일(Reheater)

재열코일 유니트

3/8" 6r * 18s * 1800EL

FP : 2.5 , PP : 25.4

Copper Tube, Al Fin

5) 차압송풍기(Axial Fan)

차압송풍기

\varnothing 400 * 150CMM * 40mmAq

2.2kW * 380V * 4P X 2ea

6) 가습기(Humidifier)

가습기

원심식 가습기 12 l/hr

7) 기타

차압시트

2600w * 10m * 0.6t

팽창변

TEX 12-7.5(Danforss)

Table 3. Specification of pilot cooling and curing system

Item	Specifications
Dimension	2,200(W) × 1,100(L) × 2,200(H)mm
Dehumidifying system	38 ℓ /h, Hot-gas modified dehumidified
Cooling system	capacity : 24,900kcal/h(7.5HP) compressor : 5.5kW, semi-hermetic, reciprocating heat transfer area : app. 100.0m ² refrigerant : R-22
Axial fan	150CMM, φ 400mm × 2.2kW × 4P × 2 ea
Others	Humidifying, portable, heating capacity

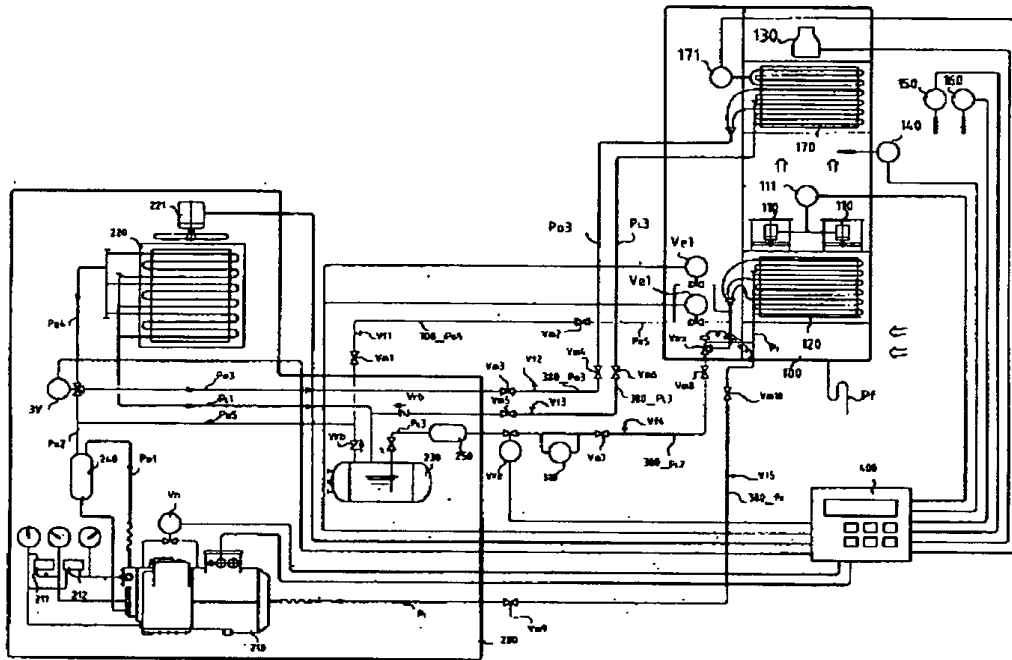


Fig. 4. Flow diagram of cooling, curing and dehumidification system

2. 제작

가. 시스템 구성

농산물의 신선도를 유지하기 위한 예냉 겸 예건장치의 기본 구성은 냉풍 또는 열풍을 선택적으로 생성하는 예냉예건유니트와 콘덴싱유니트를 독립된 장치로 분리하여 구성하고, 예냉예건유니트와 콘덴싱유니트 사이에서 냉매가 상호 유통되게 하는 플렉시블 연결배관부로 연결하였다.

본 연구에서 개발한 시스템은 예냉예건유니트박스 내에는 외부공기(여기서 외부는 유니트 외부를 의미하는 것으로 예냉실 또는 큐어링실 내부를 의미함)를 유니트박스내로 유입하는 것으로 풍량(風量)의 제어가 가능하고 정역회전이 가능한 차압팬(差壓 fan), 유입된 외부공기를 냉각 또는 가열하여 냉풍 생성시키는 증발기, 콘덴싱유니트로부터 유입되는 고온고압의 냉매를 이용하여 공기를 가열하는 가열기와 보조 히터, 생성된 냉풍이나 열풍의 습도를 조절하기 위한 가습기, 생성된 냉풍이나 열풍의 온도를 측정하는 온도센서가 설치되어 있고, 유니트박스의 외측면에는 저장고 내의 온도를 측정하여 제어부에 정보를 제공하는 온도센서와 저장고의 상대습도를 측정하는 습도센서와 상기 온도센서 및 상기 습도센서의 정보를 수집하여 각 장치의 작동을 전반적으로 제어하기 위한 제어부가 설치되며, 유니트박스내에 시트를 권취하고 풀어낼 수 있는 구조로 된 차압시트부가 형성되도록 하였다.

【도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명】

100 : 예냉예건유니트	110 : 차압팬
111 : SV 인버터	
120 : 증발기	130 : 가습기
140 : 온도센서	150 : 온도센서
160 : 습도센서	170 : 가열기

171 : 히터
 191 : 공기흡입구
 193 : 격리판
 210 : 압축기
 212 : 고저압 스위치
 221 : 응축기 팬
 240 : 유분리기
 300 : 플렉시블 연결배관부
 310 : 사이트그라스
 300_P_{L2} 300_P_{L3} 300_P_{o3} 300_P_{o5} 300_P_i : 플렉시블 배관
 Vf1 Vf2 Vf3 Vf4 Vf5 : 퍼지밸브
 Vm1 Vm2 Vm3 Vm4 Vm5 Vm6 Vm7 Vm8 Vm9 Vm10 : 이동용 연결밸브
 P_{L1} P_{L2} P_{L3} : 액배관

Po1 Po2 Po3 Po4 Po5 : 토출배관
 Pf : 응결수배관
 Vn : 무부하전자밸브
 Ve1 : 전자밸브
 Vre : 냉매전자밸브
 S : 차압시트부
 S2 : 시트권취롤
 S4 : 고정홀
 G : 수납품
 H : 통기공
 B : 범퍼
 C2 : 적재외부공간
 Pi : 흡입배관
 3V : 3방밸브
 Vrb : 역지밸브
 Vex : 팽창밸브
 S1 : 시트
 S3 : 시트출입구
 W : 바퀴
 P : 파렛트
 D : 청과물 상자
 C1 : 적재내부공간

Fig. 5는 개략적인 구성도로 예냉예건유니트와 콘덴싱유니트를 독립된 장치로 분리하여 구성하고, 상기 두 장치사이를 냉매가스가 서로 유통되게 하는 다수의 배관으로 이루어지고 각 배관은 상기 두장치와 탈착이 가능한 플렉시블 연결배관부로 연결하며, 상기 플렉시블 연결배관부는 플레시블한 파이프로 형성된다. 이와 같은 구성으로 이루어진 본 시스템은 기본적으로 냉풍을 발생시키는 냉풍기와 열풍을 생성시키는 열풍기가 하나의 장치로 구성되는 것인데, 이동 및 운반이 가능한 구조로 되어 예냉 및 예건이 필요한 농산물이 저장된 저장고내에 놓고서 냉풍이나 열풍을 생성시켜 농산물의 신선도를 유지하도록 하는 장치이다.

나. 시스템 기능

1) 냉각, 예냉 기능

신선 농산물을 예냉예건유니트 앞에 Fig.8과 같이 쌓아 놓은 다음 제어부에 희망 공기온도 및 상대습도를 설정한 다음 운전하면 고내의 온도센서와 습도센서에서 온도와 습도를 감지하여 고내의 온도와 상대습도가 제어부에 설정된 값과 동일하게 시스템을 제어한다. 품목에 따라서는 예냉시 습도를 제어하지 않을 수도 있다.

온도센서에서 측정된 공기온도가 제어부에 설정한 희망온도보다 높으면 압축기에서 저온저압의 냉매가스는 압축되어 고온고압가스가 되어 유분리기를 거친 후 3방변(V3)과 제4토출배관(Po4)을 거쳐 응축기에서 고온고압의 냉매액이 되어 제1액배관(Pi1)을 따라 수액기에 모이게 된다. 수액기의 고온고압 냉매액은 제2액배관(Pi2)을 따라 드라이필터, 냉매전자변(Vex)을 거쳐 저온저압의 냉매액과 가스의 혼합상태가 된 후 증발기에서 증발하면서 공기를 냉각하며, 이 냉각된 공기는 저온저압의 냉매가스가 되어 흡입배관(Pi)을 따라 압축기로 도입된다.

반대로, 농산물의 퇴적량이 적어지게 되거나, 퇴적량이 많아도 초기부하가

잡혀 냉각부하가 적어지게 되어 온도센서에서 측정된 공기온도가 제어부에 설정한 희망온도보다 낮아지면 시스템의 냉각능력을 제어한다. 이 때는 압축기의 무부하전자밸브(Vn)를 사용하여 냉각능력을 50~100%사이에서 조절하며, 무부하전자변(Vn)을 사용하여 50%로 냉각능력을 조절하여도 온도센서에서 측정된 공기온도가 제어부에 설정한 온도보다 낮으면 압축기에서 토출된 고온고압의 냉매가스를 제5토출배관(Po5)을 따라 2개의 전자밸브(Ve1)으로 용량을 조절하면서 증발기에 공급하여 무부하전자밸브(Vn)와 함께 전체 냉각능력을 0~100%까지 무단으로 자유롭게 제어할 수 있다. 이로 인해 압축기는 ON/OFF제어하지 않아 냉각공기의 정밀한 온도조절이 가능하며, 압축기 수명의 연장, 기동시의 과대한 동력소모를 줄일 수 있다.

한편, 습도센서에서 측정된 공기의 상대습도가 제어부에 설정한 희망상대습도보다 낮으면 가습기로 가습하여 고내 상대습도를 희망 상대습도로 조절하게 된다. 반대로 습도센서에서 측정된 공기의 상대습도가 제어부에 설정한 상대습도보다 높으면 온도센서에서 측정된 증발기를 통과한 공기의 온도를 낮춰 증발기에서 제습시켜 공기의 상대습도를 낮춘 다음, 3방변(3V)을 이용하여 압축기에서 토출된 고온고압의 냉매가스를 제3토출배관(Po3)을 통하여 가열기에 공급하여 가열기를 통과한 공기온도를 제어부에 설정한 희망온도로 맞춘다. 이 때 가열기에서 응축된 고온고압의 냉매액은 수액기로 모아지게 된다.

이와 같이 온도센서와 습도센서에서 측정된 공기의 온도 및 상대습도는 제어부에서 설정한 희망치에 접근이 가능하여 어떠한 농산물의 예냉에도 사용할 수 있으며, 냉각이 완료된 농산물의 저온저장에도 사용이 가능하다. 예냉중 처리물량과 예냉시간에 따라 풍량의 제어가 필요할 때에는 제어부에서 인버터를 이용하여 차압팬의 회전수를 제어하여 송풍량을 0~100%까지 조절하게 된다.

2) 예건, 제습 기능

농산물을 퇴적한 다음 제어부에서 희망 공기온도 및 상대습도를 설정한 다

음 운전하면 고내의 온도센서와 습도센서에서 온도와 습도를 감지하여 고내의 온도와 상대습도가 제어부에 설정된 값과 동일하게 시스템을 제어한다.

온도센서에서 측정된 공기온도가 제어부에 설정한 희망온도보다 낮으면, 3방변(3V)을 이용하여 압축기에서 토출된 고온고압의 냉매가스를 제3토출배관(Po3)을 통하여 가열기에 공급하여 가열기를 통과한 공기온도를 제어부에 설정한 희망 온도로 맞추며, 압축기에서 토출된 고온고압의 냉매가스의 전량을 3방변(3V)을 통해 가열기로 도입하여도 온도센서에서 측정된 온도가 희망온도보다 낮으면 히터로 가열하여 희망온도로 유지한다. 반대로 온도센서에서 측정된 온도가 높으면 히터, 3방변(3V)을 통한 고온고압 냉매가스량 순서로 제어하여 희망온도로 유지한다. 예건과정중 농산물에서 제거되는 수분은 증발기에서 응축되어 제습되게 된다.

이 때, 상대습도의 제어는 예냉용으로 사용할 때와 동일한 방법으로 시행한다. 이와 같이 온도센서와 습도센서에서 측정된 공기의 온도 및 상대습도를 제어부에서 설정한 희망치에 접근이 가능하여 어떠한 농산물의 예건에도 사용할 수 있으며, 제습이 가능하여 외기를 도입하여 사용함에 따라 고습도 외기조건과 우기하에서도 사용이 가능하게 된다.

이와 같은 예냉과 예건의 변환은 제어부에 입력하는 희망 온도와 상대습도에 의해 간편하게 변환할 수 있다.

그리고 본 발명에 따른 장치는 여러 농산물 저장고에 이동하여 사용할 수 있는데, 예냉예건유니트와 콘덴싱유니트를 분리 이동할 수 있도록 이동용바퀴(W)를 예냉예건유니트에 형성시키고, 콘덴싱유니트를 연결하며 탈착이 가능하게 된 플렉시블배관(300_P12, 300_P13, 300_Po3, 300_Po5, 300_Pi1), 이동용연결밸브(Vm1, Vm2, Vm3, Vm4, Vm5, Vm6, Vm7, Vm8, Vm9, Vm10), 퍼지밸브(Vf1, Vf2, Vf3, Vf4, Vf5)를 사용하였다.

이상에서 설명한 바와 같이 본 장치는 농산물이 저장된 저장고내에 본 예냉

예건유니트를 두고, 냉풍 또는 열풍 등 온도 및 상대습도가 조절된 공기를 선택적으로 생성하도록 하여 저장고내에 적재한 농산물의 신선도를 유지하도록 하고, 이같이 냉풍 또는 열풍을 생성하는 유니트와 분리된 콘덴싱유니트는 실외 또는 저장고밖에 설치하여놓고 유니트를 플렉시블배관부으로 연결하여 작동하도록 한다. 그리고 예냉예건유니트는 간편하게 이동이 가능한 구조로 되어있기에 필요한 임의의 장소로 이동시켜 냉풍 또는 열풍등을 생성하도록 하는 것이다.

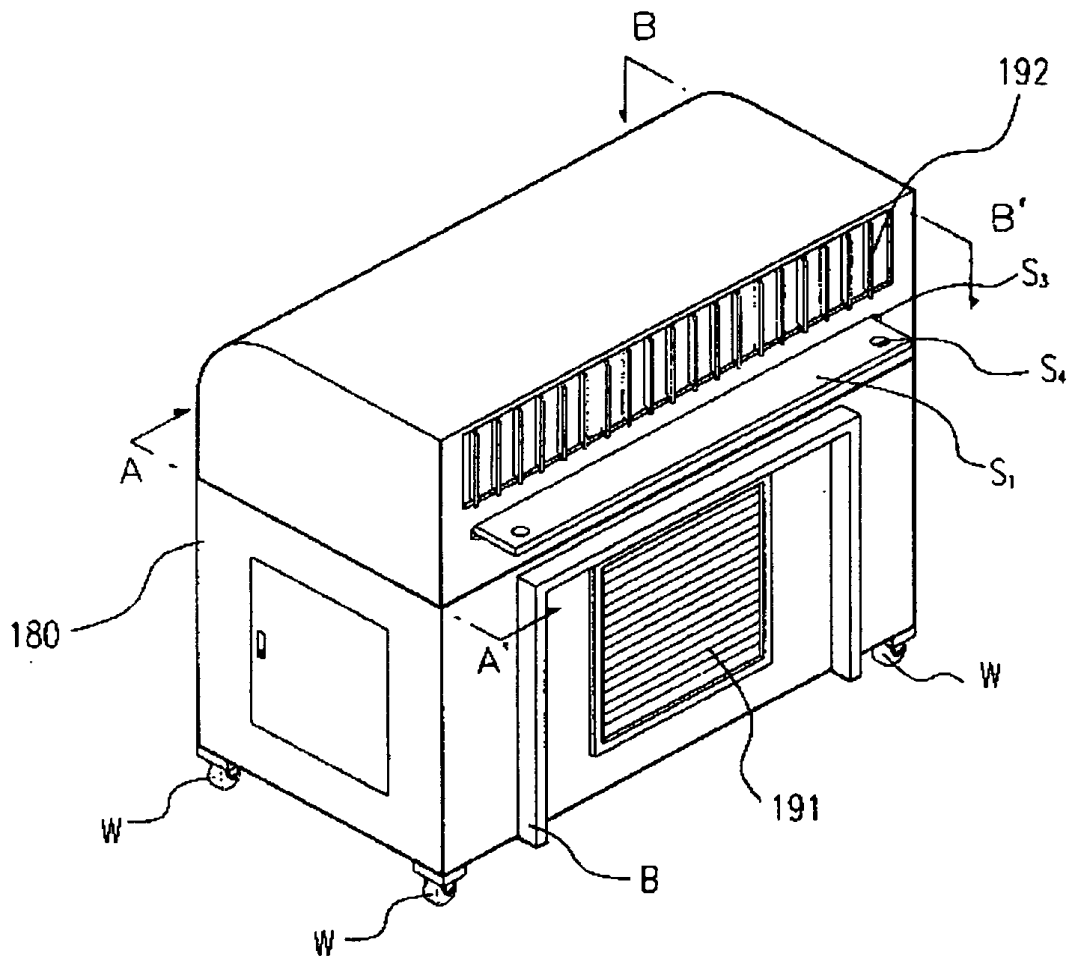


Fig. 5. Outline drawing of pilot cooling and curing system.

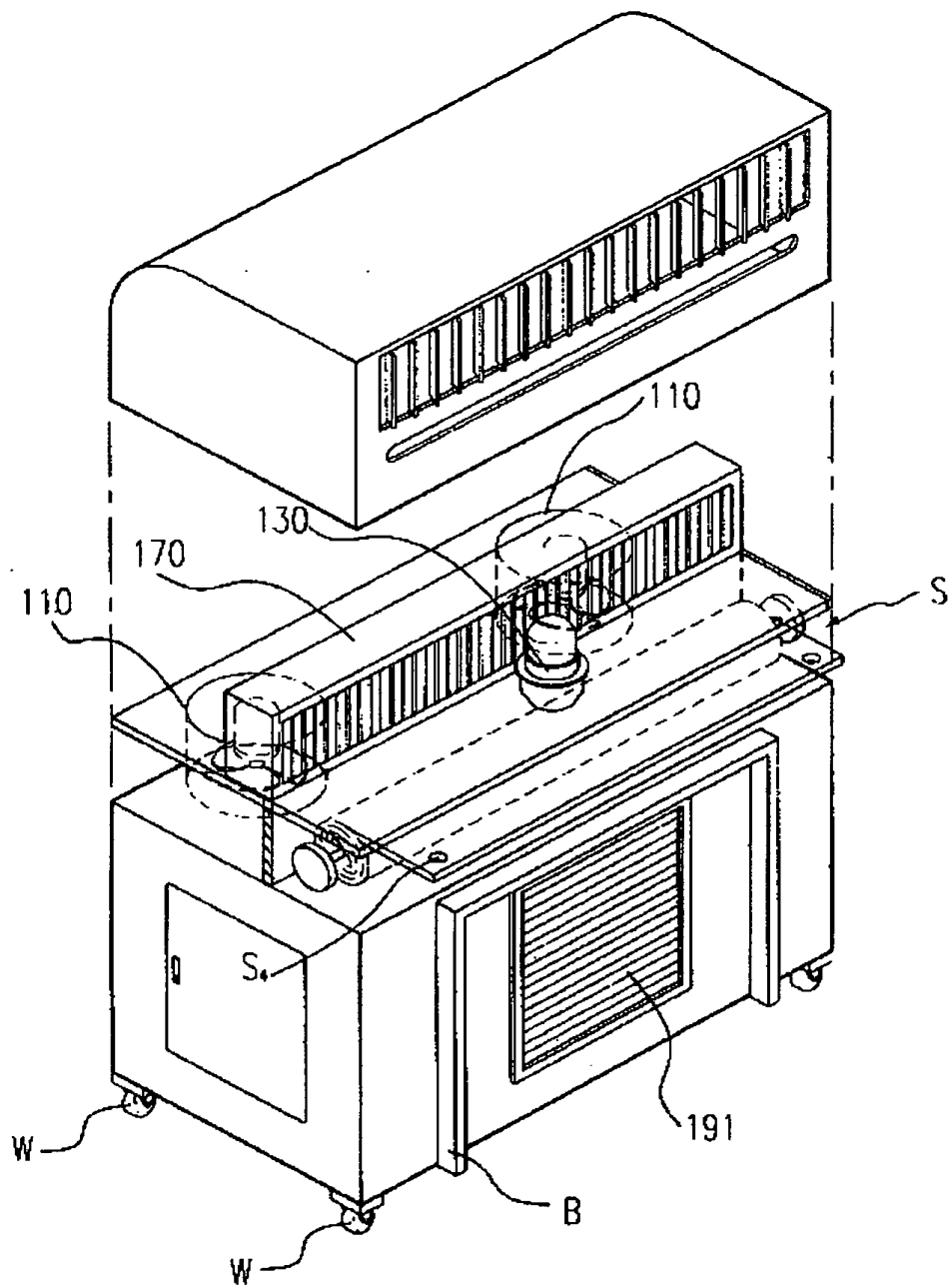


Fig. 6. Transparent design of pilot cooling and curing system

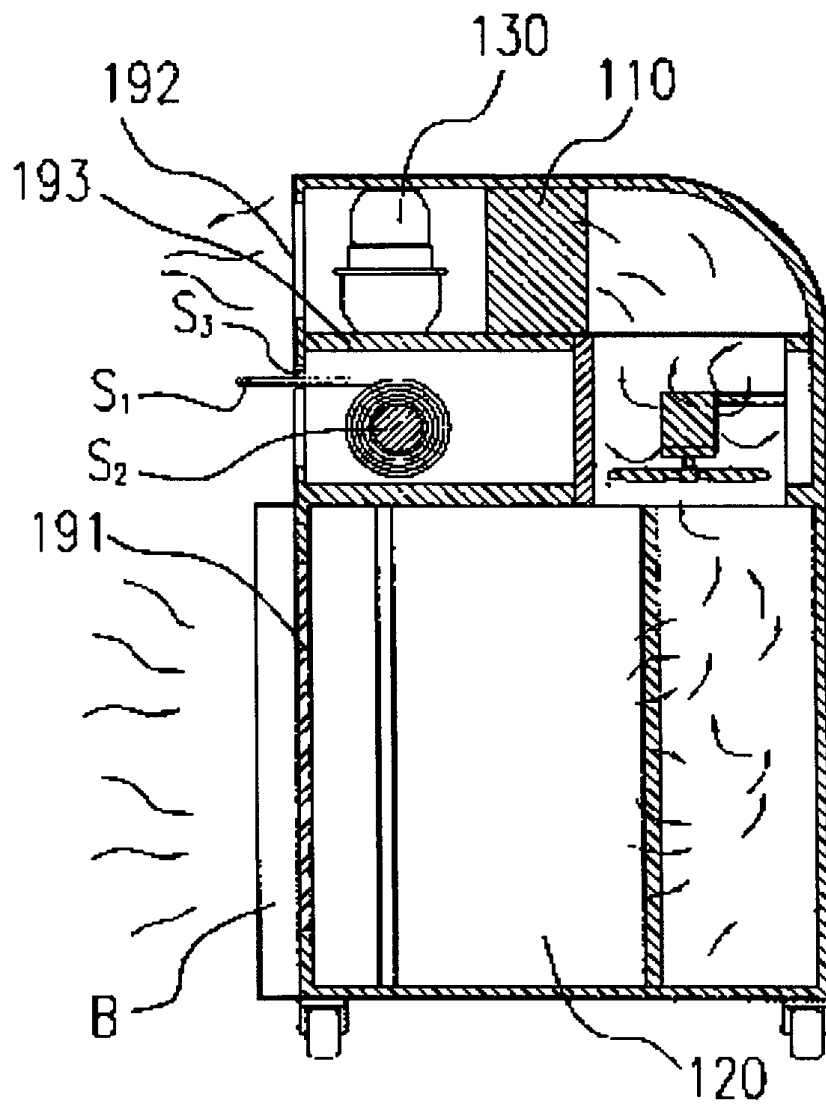


Fig. 7. Flow of cold and hot air during operation

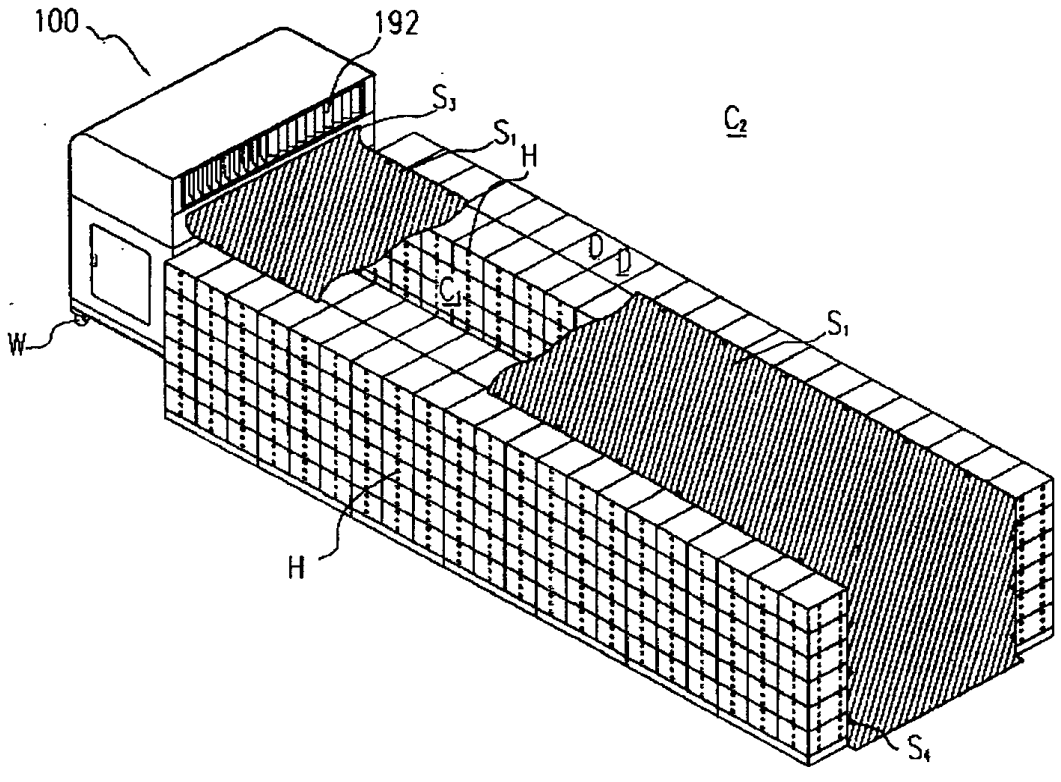


Fig. 8. Loading for cooling and curing operation.

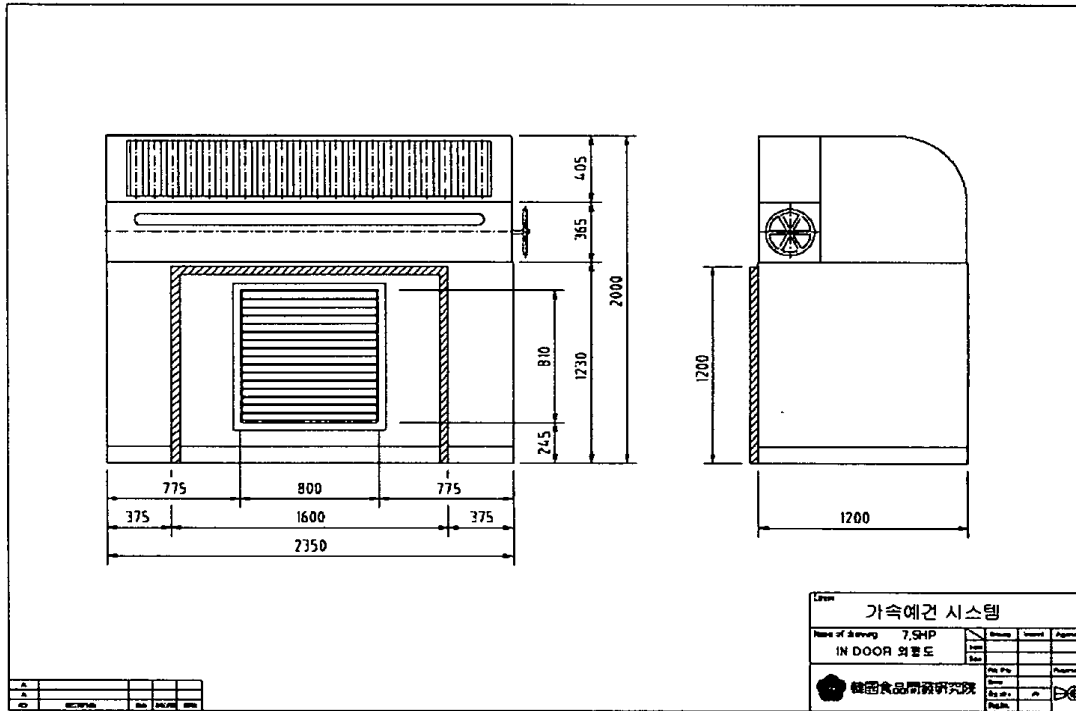


Fig. 9. Front and side view for manufacture of cooling and curing system.

여 백



(a)



(b)

Fig.10. Local installation and operation of cooling and curing system.
(a),(b) : Installation and loading of products
(c) : control panel (d) : condensig unit.

여 백



(c)



(d)

여 백

제 3 절 성능 및 농산물에 대한 현장 적용시험

1. 냉각 및 예냉

가. 복숭아

1)재료 및 방법

재료

차압 예냉 처리에 의한 선도유지 효과를 보기 위해 실험에 사용된 복숭아는 미백 품종으로 2001년 8월 중순경에 장호원에서 재배되어 수확된 것을 사용하였다. 개체당 생체 중량은 2.1 ~ 3.5kg, 길이 250 ~ 350mm, 장직경은 225 ~ 213mm, 단직경은 195 ~ 126mm였다. 수확시 품온은 25.9℃였다.

예냉처리 및 저장

예냉처리는 본 연구에서 개발된 냉각시스템을 이용하였으며 그 내용은 다음과 같다. 예냉 대상 복숭아는 미백으로 플라스틱컨테이너(540mm x 360mm x 220mm, 개공율:9%)와 Carton(314mm x 472mm x 108mm, 개공율: 6%)에 1단으로 담아 행하였다.

- Cooling capacity of precooler: 22,340Kcal/h
- Axial fan capacity : 150CMM×40mmAq(2.2kW×2ea)
- Cold air temperature from evaporator : 1 ℃
- Final product temperature : 2 ~ 10 ℃ (from 25.9 ℃)
- Loading capacity : 3,000kg/3batch
- Storage condition : 7 ± 0.5 ℃ (80 ~ 90 % RH), 20 ± 0.5℃ (45 ~ 55 % RH)

호흡속도

복숭아의 호흡 속도는 static method를 사용하여 분석하였다. 일정 온도에서 시료의 일정량을 밀폐가 가능한 용기에 넣고 시간의 경과에 따라 용기내의 탄

산가스농도를 GC(Shimadzu GC-14A, Japan)로 측정하였다. 분석을 위한 GC의 운전조건은 다음과 같다.

Table 4. GC conditions for respiration rate measurement

Item	Condition
Detector	TCD
Column	CTRI (Alltech Co.)
Column Temp.	35 °C
Injector Temp.	60 °C
Detector Temp.	60 °C
Carrier Gas	He (50 mL/min)

에틸렌 발생량

복숭아의 에틸렌 발생량 측정은 일정 온도에서 시료의 일정량을 밀폐가 가능한 용기에 넣고 시간의 경과에 따라 용기내의 에틸렌 가스 농도를 GC(Hewlett Packard Model-5890, USA)로 측정하였다. 분석을 위한 GC의 운전조건은 Table 3과 같다.

Table 5. GC conditions for ethylene production rate measurement

Item	Condition
Detector	FID
Column	HP-PLOT 5 (HP Co.)
Column Temp.	170 °C
Injector Temp.	200 °C
Detector Temp.	210 °C
Carrier Gas	He (10 mL/min)

품질변화

복숭아의 저장 중 품질변화를 알아보기 위하여 3일 간격으로 다음 항목을 조사하였다. 감모율은 저장 전 무게에 대하여 저장 중 감소된 정도를 백분율로 환산하여 표시하였다. 당도는 시료를 Warning blender로 분쇄하여 착즙 한 후 착즙액을 일정량 취해 당도계 Refractometer(ATAGO PR-1, Japan)로 측정하였다. 경도는 Rheometer (MODEL CR-10K SUN SCIENTIFIC CO, LTD. JAPAN) 를 사용하여, 직경 2mm plunger로 과육 부분에 대하여 5mm침입하였을 때의 힘(force)을 측정하였다. Vitamin C 함량은 2,4-DNP 비색법에 준하여 측정하였다.

2) 결과 및 고찰

가) 예냉처리 및 냉각특성

예냉 및 냉각능력 시험을 위해서는 복숭아에 대해 차압식 예냉을 적용하였다. 외국의 경우 복숭아가 조직이 단단하여 수냉식처리를 하기도 하나 우리나라 여름철 복숭아의 경우는 조직이 연약하고 외피에 털이 많아 수냉처리할 경우 조직이나 외관에 역효과를 가져올 수도 있다. 특히 여름철 미백의 경우는 조직이 약하여 조그만 충격에도 유통중 표면 갈변이 심하게 나타나 상품성을 저하시킨다. 따라서 복숭아의 경우는 가급적 충격을 최소화하면서 예냉과 포장, 선별작업이 진행될 수 있는 작업체계를 구축하여야 한다. 권장할만한 작업공정은 플라스틱 박스의 밑바닥에 스폰지와 같은 완충재를 놓고 수확하여 그대로 예냉한 다음 저온에서 선별, 포장하여 출하하는 것이다. 그러나 본 연구에서는 플라스틱박스에 수확하여 그대로 예냉처리하는 공정과 골판지박스에 수확하여 예냉처리하는 경우 두 사례를 가정하여 시행하였다. Fig.11~14는 Carton과 P-Container 1단으로 담아 풍량과 정압을 변화시켜면서 차압냉각시킨 경우 냉각곡선을 표시한 것이다. Fig.11에서 보면 차압 통풍식의 경우는 냉각 시간이 5℃까지 도달하는데 7시간 정도 소요되었으나 차압예냉한 경우는 Fig.12~14처럼 2.5~3시간 정도로 단축되었다. Table 6은 플라스틱콘테이너에 복숭아를 담아 예냉한 경우 각 온도에 도달하는 시간을 풍량별로 나타낸 것이다. 초기 품온 25.9℃에서 10℃까지 냉각하는데 풍량이 293m³/h/box인 경

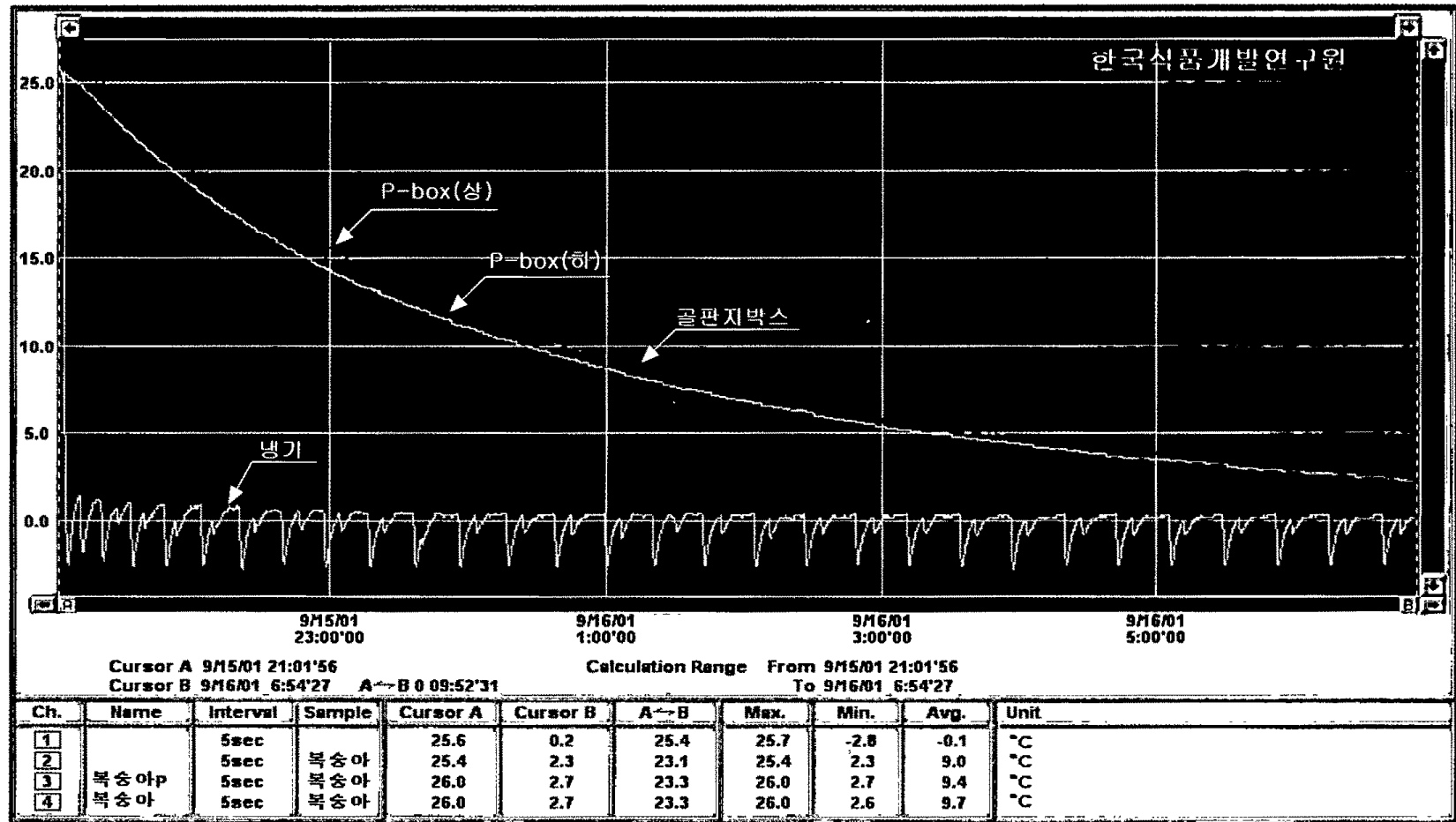


Fig. 11. Cooling curve of peaches during forced-air cooling by 0°C cold air.

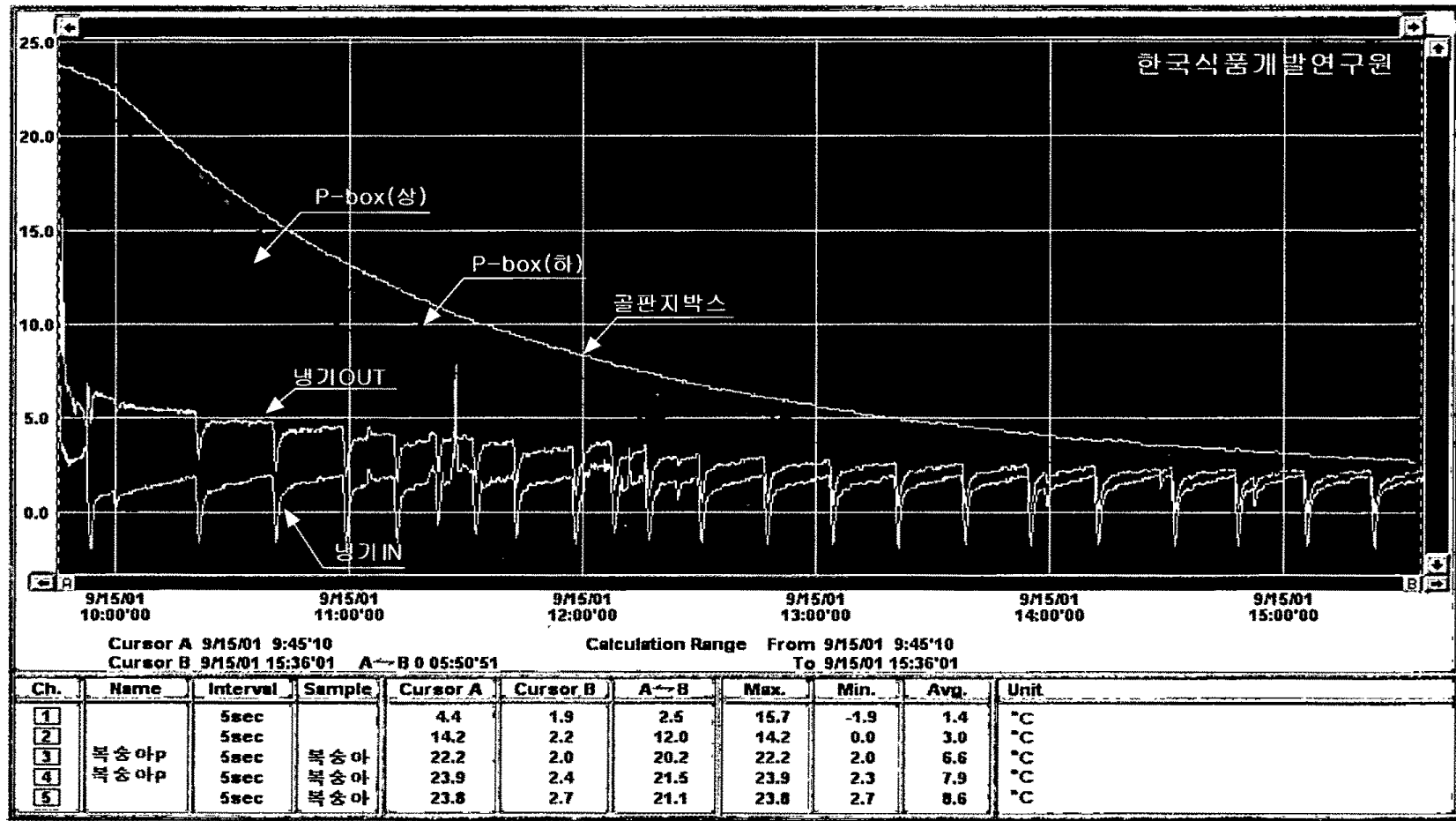


Fig. 12. Cooling curve of peaches during pressure cooling by 0°C cold air.

P-container : 94m³/h/box, 2.1mmAq, 10.7%

carton : 17m³/h/box, 2.7mmAq, 5.2%

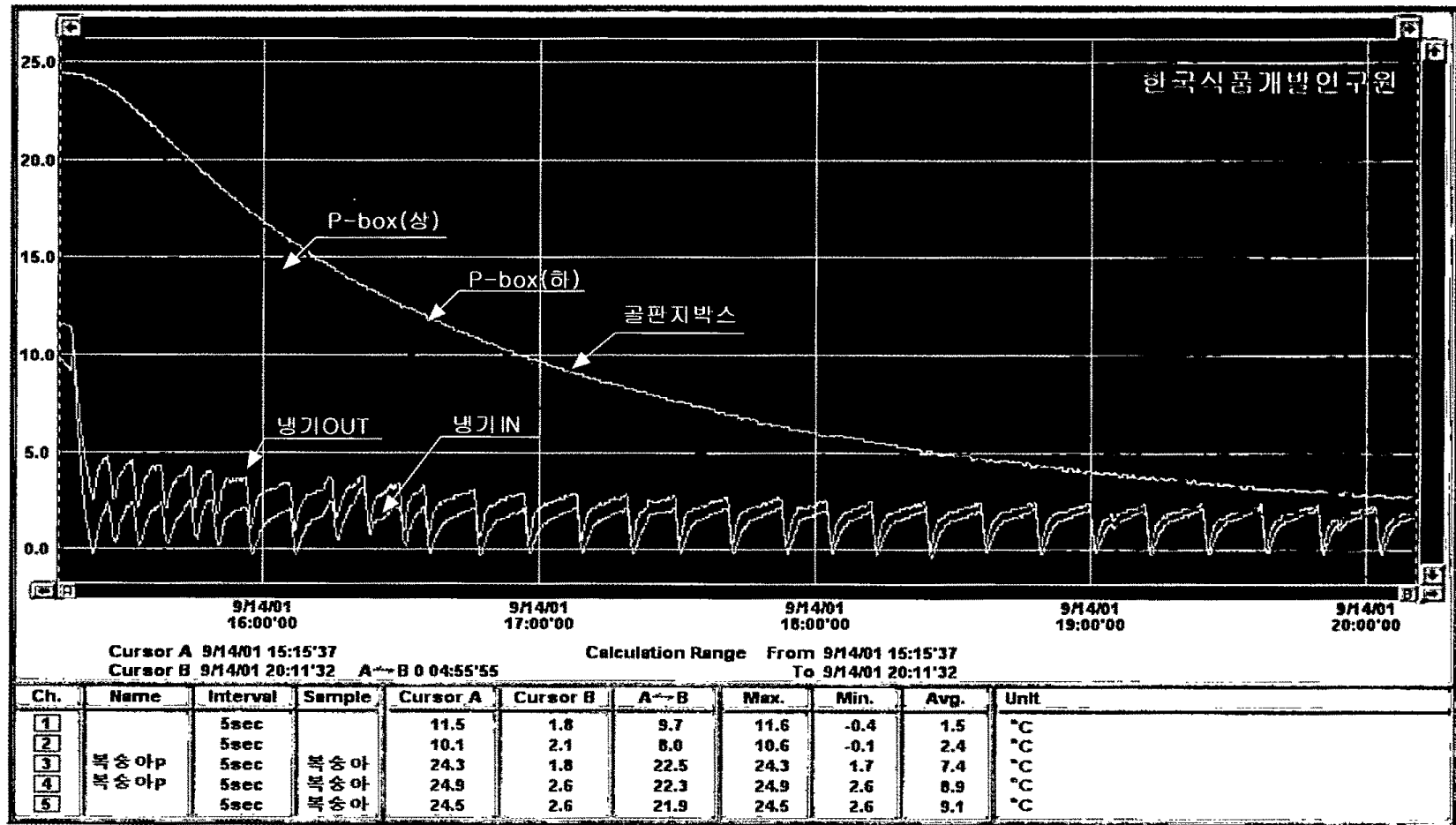


Fig. 13. Cooling curve of peaches during pressure cooling by 0°C cold air.

P-container : 155m³/h/box, 7.6mmAq, 10.7%

carton : 27m³/h/box, 3.7mmAq, 5.2%

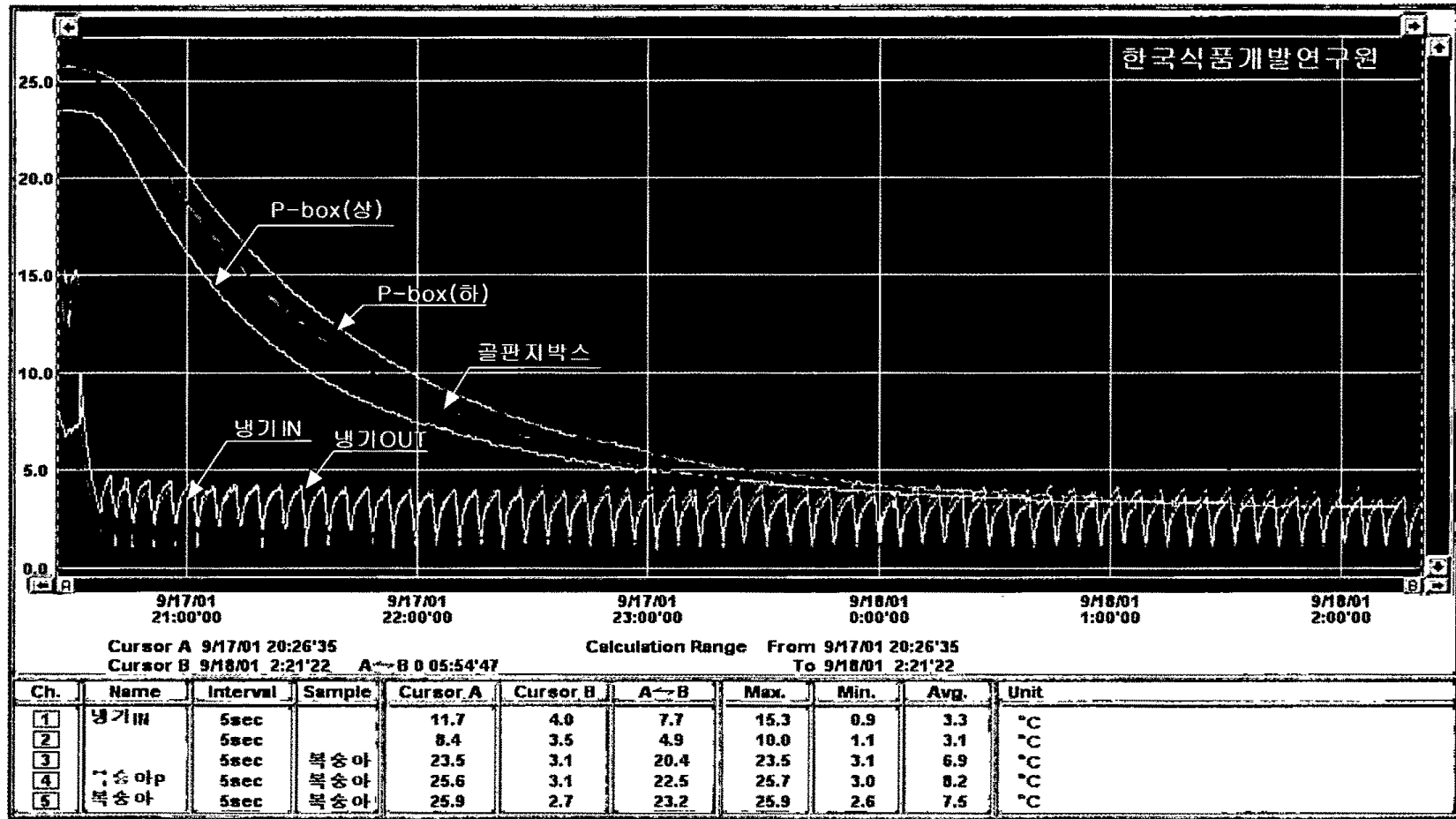


Fig. 14. Cooling curve of peaches during pressure cooling by 0°C cold air.

P-container : 293m³/h/box, 19.7mmAq, 10.7%

carton : 55m³/h/box, 28.9mmAq, 5.2%

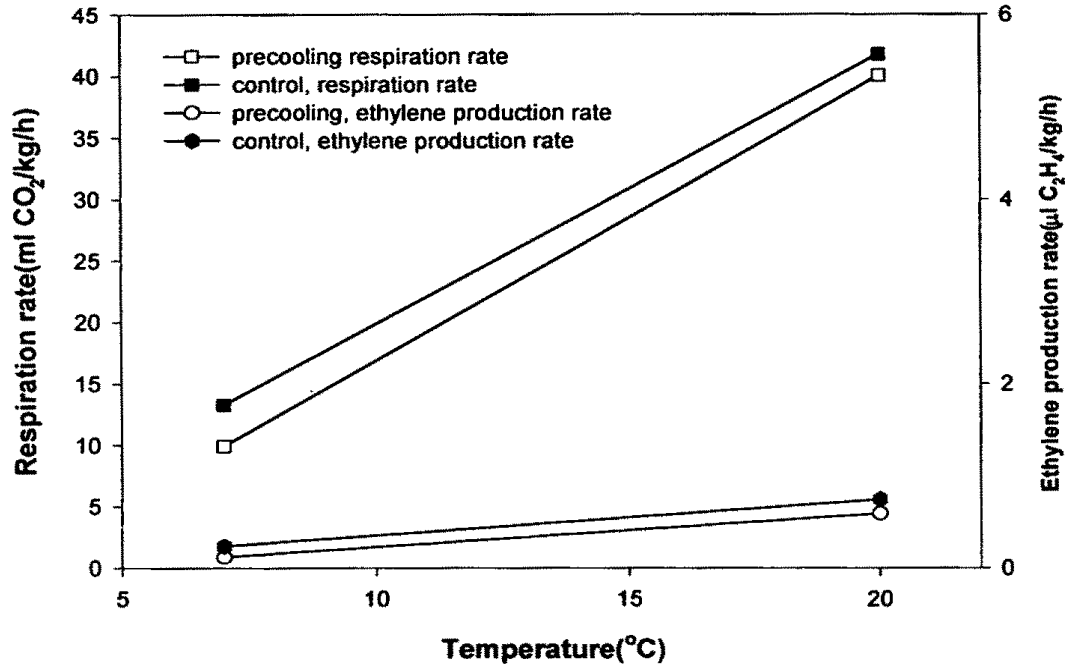


Fig.15 Respiration rate and ethylene production rate of Peach.

우는 1시간, 94 m³/h/box인 경우는 1.8시간으로 풍량이 많고 정압이 높을수록 냉각속도가 빠르게 나타났다. 그러나 2℃와 같이 낮은 온도에 도달하는 시간은 풍량에 따른 차이 폭이 줄어들었는데 이는 일정온도 이하의 저온에 도달한 다음에는 품온강하가 과육 내부로의 전도에 의한 열전달에 의해 좌우되기 때문으로 사료되었다. 박스에 걸리는 정압은 풍량에 비례하여 나타나지 않았는데 냉각속도의 경우 플라스틱과 골판지박스 두종류에서 풍량이 큰 경우는 플라스틱박스가 빠르게 나타났으나 풍량이 적은 경우는 서로 차이를 나타내지 않았다. 표에서 보면 풍량이 155 m³/h/box 이하에서는 박스에 걸리는 정압이 냉각

속도에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 플라스틱박스의 경우는 냉기의 공급량은 많으나 많은 양이 냉각에 직접적인 영향을 미치지 못하고 손실되는 것으로 나타났다.

Table 6. Required cooling times of peaches in the plastic container during pressure cooling at various velocities and static pressures

Velocity (m ³ /h/box)	Static pressure (mmAq)	Temp. (°C)				
		10	8	6	4	2
293	19.7	1	1.4	2	3.3	4.7
155	6.7	1.7	2.1	2.7	3.7	4.9
94	2.1	1.8	2.4	3.1	4.4	5.4

initial product temperature : 25.9°C, 5kg/container, vent ratio : 10.73%

Table 7. Required cooling times of peaches in the carton during pressure cooling at various velocities and static pressures

Velocity (m ³ /h/box)	Static pressure (mmAq)	Temp. (°C)				
		10	8	6	4	2
55	28.9	1.5	1.9	2.5	3.8	4.8
27	3.7	1.6	2.1	2.7	3.7	5
17	2.7	1.8	2.4	3.1	4.3	5.9

initial product temperature : 25.9°C, 5kg/container, vent ratio : 5.29%

나) 예냉처리가 복숭아의 선도유지에 미치는 영향

미백 복숭아의 경우 차압 예냉 장치를 이용하여 1 ℃의 냉기로 예냉한 경우 초기 품온 25.9 ℃에서 7 ~ 10 ℃까지 냉각하는데 1.5~3시간정도 소요되었다. 미백 복숭아를 Fig. 15에 나타낸 바와 같이 7℃, 20℃ 에서 호흡속도를 조사한 바에 의하면 예냉 처리하지 않은 것은 20℃에서 40.06 ml CO₂/kg/h, 7℃에서는 9.92 ml CO₂/kg/h 였는데, 예냉 처리한 것은 20℃에서 35.12 ml CO₂/kg/h, 7℃에서는 8.07 ml CO₂/kg/h로 이보다 적었다. 또한, 에틸렌 발생량은 20℃에서는 예냉 처리하지 않은 것이 5.57 μl C₂H₄/kg/h, 예냉 처리한 것은 4.42 ml CO₂/kg/h로 나타났으며, 7℃에서는 예냉 처리하지 않은 것이 1.77 μl C₂H₄/kg/h, 예냉 처리한 것은 0.88 ml CO₂/kg/h으로 조사되었다. 이로써, 예냉 처리한 복숭아의 경우 호흡속도와 에틸렌 생성속도가 무예냉 처리구에 비하여 억제되었으며 7 ℃의 경우는 20 ℃에 비하여 4배정도 느리다는 것을 알 수 있었다.

복숭아의 예냉 후 유통 중의 품질 변화 정도를 알아보기 위해 경도, 감모율, 당도, 비타민 C를 분석하였다. Table 8 에서는 유통 중 경도의 변화를 나타내었는데, 예냉한 복숭아의 경우 예냉하지 않은 것보다 월등히 높은 경도를 유지하였다. 복숭아의 경우 초기 1,197.7 gf의 경도에서 예냉 후 7℃에서 저장한 경우 저장 7일째까지는 994.6 gf로 비교적 높은 경도를 나타내었으나, 이에 비해 예냉하지 않고 20℃의 상온에서 유통시킨 복숭아의 경도는 저장 4일째 238.7gf로 상당히 낮은 수치를 보였다.

일반적으로 과실의 조직감은 펙틴 물질과 연관된다고 보고되고 있는데, 본 실험에서도 저장 기간이 경과할수록 PME와 PG의 활성에 의한 복숭아 펙틴 물질 분해로 미백 복숭아의 경도 감소가 특히 20℃ 저장 시에 현저하게 나타났다. 한편, 수확 직후 예냉 처리 및 7℃ 저장 시에는 조직 연화에 관여되는 이러한 효소들의 활성이 억제되어 비교적 초기 경도치를 유지한 것으로 사료된다.

Table 8. Hardness of Mibaek peach during storage.

unit : gf

Treatment	Storage period(days)					
	Initial	4	7	10	13	
7℃	Precooling	1,197.7	671.6	994.6	470.7	430.2
	Control		660.4	760.5	304.1	327.4
20℃	Precooling		246.1	190.1	149.9	120.0
	Control		238.7	173.7	99.5	113.0

복숭아의 저장 중 감모율의 변화를 Table 9에 나타내었다. 예냉 하지 않고 20℃에서 저장한 복숭아는 저장 13일째 왕성한 호흡 및 증산 작용에 의해 심한 감모가 일어났으며 이에 비하여 예냉 후 7℃의 저온으로 저장한 복숭아는 저장 13일째 까지도 2.74%의 낮은 감모율을 나타내었다. 감모율의 변화에서도 경도와 같이 예냉 처리한 복숭아가 예냉 처리하지 않은 것보다 품질 유지면에서 효과적이었다.

Table 9. Weight loss ratio of Mibaek peach during storage.

unit : %

Treatment	Storage period(days)					
	Initial	4	7	10	13	
7℃	Precooling	0	0.78	1.30	2.05	2.74
	Control		0.98	1.67	2.47	3.39
20℃	Precooling		2.18	5.00	7.57	10.93
	Control		2.87	5.66	10.62	17.12

복숭아의 저장 중 Ascorbic acid 함량과 당도를 Table 10, 11에 나타내었다. 초기 Ascorbic acid는 9.68 mg%에서 20℃ 저장 시 예냉 처리구는 2.92

mg%, 무예냉 처리구의 경우 2.26 mg%로 두 처리구간에 큰 차이를 보이지 않았고, 7℃에 저장한 경우도 저장 13일째 예냉 처리구는 8.02 mg%, 무예냉 처리구는 7.40 mg%로 비슷한 수치를 보였다. 따라서, 복숭아의 Ascorbic acid 함량 유지에는 예냉 처리의 효과 보다는 예냉 후 저온 저장의 효과가 더 큰 것으로 사료되었다.

복숭아의 저장 중 당도의 변화를 보면 총 저장기간 13일 동안 뚜렷한 감소 또는 증가 현상을 나타내지 않고, 모든 처리구에서 초기 당도 9.5 °Brix와 거의 비슷하게 나타났다. 저온 저장한 복숭아의 생리 화학적 특성을 조사한 연구 결과, 5℃로 48시간동안 저장한 복숭아의 경우 저장 기간이 증가할수록 당도 함량은 증가한다고 보고하였는데, 저장 기간이 너무 짧았기 때문에 정확한 경향을 알아내기에는 무리가 있다고 사료되며, 본 연구 결과저장 온도 및 예냉 처리가 복숭아 당도에 미치는 효과는 없는 것으로 사료된다.

Table 10. Ascorbic acid of Mibaek peach during storage. unit : mg%

Treatment	Storage period(days)					
	Initial	4	7	10	13	
7℃	Precooling	9.68	9.55	9.00	8.26	8.02
	Control		9.12	8.82	7.69	7.40
20℃	Precooling		3.82	3.60	3.42	2.92
	Control		3.62	3.42	3.17	2.26

전반적으로 보면 복숭아의 경우 예냉처리에 의한 품질유지 효과는 두드러지게 나타났는데 예냉처리에 의해 미백의 경우 단기적으로는 경도가 증가하는 현상이 나타났다. 그러나 저온처리에 의해 완숙과가 아닌 경우 후숙이 정지되어 당도가 다소 감소하는 느낌을 준 것으로 나타났다. 따라서 예냉 바로

익일에는 무예냉구가 오히려 식감이 우수한 감을 보였다. 그러나 일정기간 이 후부터는 무예냉구는 품질저하가 가속된 반면 예냉구는 서서히 후숙이 진행되어 상품성이 우수하게 나타났다. 수확시 입은 충격에 의한 갈반점은 예냉처리에 의해 지연되는 것을 알 수 있었다.

Table 11. Sugar degree of Mibaek peach during storage. unit : °Brix

Treatment		Storage period(days)				
		Initial	4	7	10	13
7℃	Precooling	9.5	9.5	9.8	9.6	9.4
	Control		9.8	10.1	9.6	9.5
20℃	Precooling		9.9	10.6	10.6	10.9
	Control		10.8	10.3	9.3	8.9

여 백

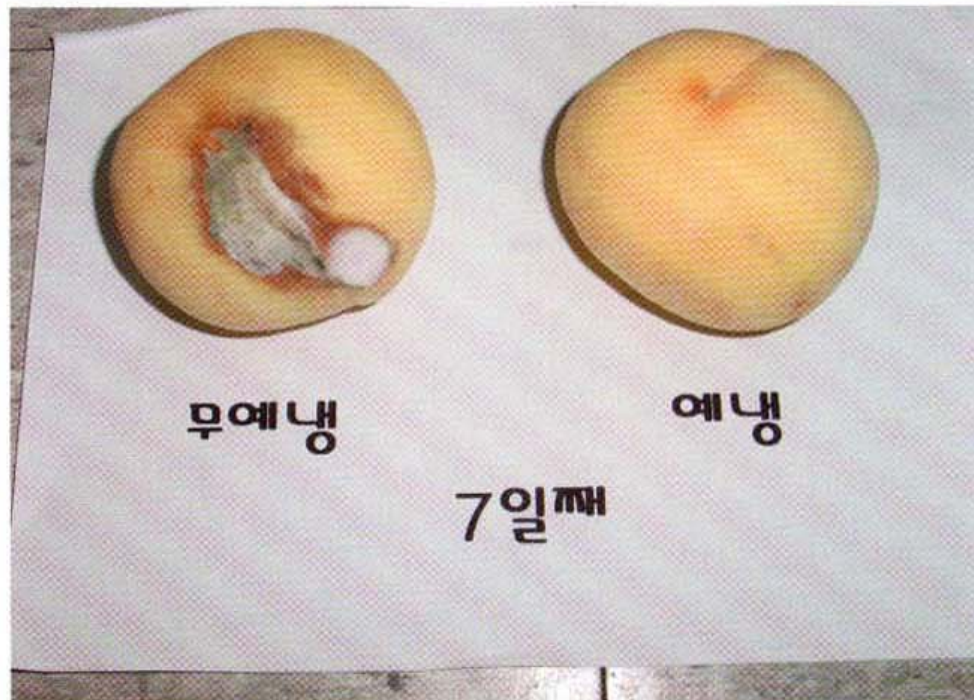
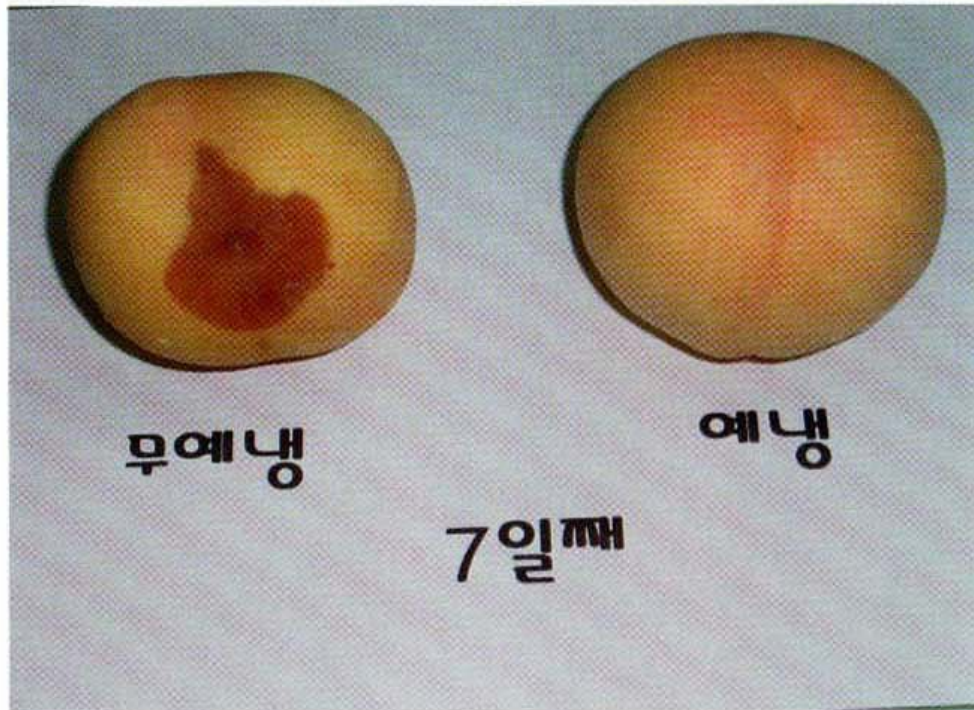


Fig.16. Visual quality changes of peach after 7 day storage at 20°C.

여 백

나. 딸기

1) 재료 및 방법

재료

차압 예냉 처리중 냉각특성 및 선도유지 효과를 보기 위해 실험에 사용된 딸기는 여봉 품종으로 2001년 4월에 부여에서 재배되어 수확된 것을 사용하였다. 개체당 생체 중량은 $16.5 \pm 5.0\text{g}$, 길이 $41.48 \pm 4.8\text{mm}$, 장직경은 $33.0 \pm 4.0\text{mm}$, 단직경은 $30.2 \pm 3.3\text{mm}$ 였다. 수확시 품온은 $21 \sim 24^\circ\text{C}$ 였다.

예냉처리 및 저장

예냉처리는 본 연구에서 개발된 냉각시스템을 이용하였으며 그 내용은 다음과 같다. 예냉 대상 딸기는 통기공이 있는 골판지박스(4k용)에 1단으로 담아 행하였다.

Cooling capacity of pre-cooler: 22,340Kcal/h

Axial fan capacity : 150CMM \times 40mmAq(2.2kW \times 2ea)

Cold air temperature from evaporator : 1 $^\circ\text{C}$

Final product temperature : 3 ~ 4 $^\circ\text{C}$ (from 23.9 $^\circ\text{C}$)

Loading capacity : 3,000kg/3batch

품질변화

딸기의 저장 중 품질변화를 알아보기 위하여 일정 간격으로 다음 항목을 조사하였다. 감모율은 저장 전 무게에 대하여 저장 중 감소된 정도를 백분율로 환산하여 표시하였다. 당도는 시료를 Warning blender로 분쇄하여 착즙 한 후 착즙액을 일정량 취해 당도계 Refractometer(ATAGO PR-1, Japan)로 측정하였다. 경도는 Rheometer (MODEL CR-10K SUN SCIENTIFIC CO, LTD. JAPAN)를 사용하여, 직경 2mm plunger로 과육 부분에 대하여 5mm침입하였을 때의 힘(force)을 측정하였다. Vitamin C 함량은 2,4-DNP 비색법에 준하여 측정하였다.

2) 결과 및 고찰

가) 예냉처리 및 냉각특성

Fig. 17은 딸기를 수확한 후 예냉-선별-출고-적재-수송과정중 품온 변화를 표시한 것이다. 그림에서 보면 딸기는 과실의 크기가 작아 1℃ 냉기로 3~4℃ 까지 냉각시키는데 1~2시간밖에 소요되지 않았다. 예냉시 딸기의 포장은 4kg 골판지 박스에 4개의 소포장을 담아 행하였으며 통기공은 약 5% 정도를 유지하였다.

딸기의 예냉처리는 보통 오전 10~12시 사이에 행해지는데 딸기는 조직이 취약하고 호흡이 왕성하여 서늘한 시간에 수확하여 신속히 냉각처리하는 것이 선도 유지의 관건이다.

현재는 국내 딸기 작업장의 경우 저온작업장이 구별되어 있지 않아 예냉처리후 냉장과 수송과정중 품온이 2~5℃ 상승하며 심지어 적재 파레트의 외측 포장 딸기의 경우는 표면 온도는 10℃ 이상까지 상승하게 된다

그림에서 보면 냉장수송의 경우 (3~5℃내외)는 소비지 도착시 5~7℃가 되며 보냉수송은 7~10℃, 상온수송의 경우는 10℃이상까지 상승함을 알 수 있다.

Table 12는 예냉처리하여 냉장 또는 보냉수송한 딸기와 예냉처리하지 않고 상온수송한 딸기의 비타민 C 유지상태를 분석한 것이다. 수확직후 딸기의 비타민 C는 84.2mg%였으나 3일후 무예냉/상온수송의 경우는 62.7mg%로 감소하였다. 그러나 예냉처리차에 냉장수송한 딸기는 78.1mg%, 보냉수송한 경우는 69.2mg%로 높게 나타났다.

한편 20℃에서 3일 보관 중 딸기의 부패과와 곰팡이 발생정도를 조사한 결과 Fig. 18에서 보는 바와 같이 저온처리에 의한 효과가 두드러지게 나타남을 알 수 있었다. 즉, 무예냉 처리구의 경우는 3일후에는 90%이상이 진물러지거나 부패하고 곰팡이 발생과도 60%이상 발생하였다. 그러나 예냉처리후에 저온수송한 경우는 부패과가 70%정도, 곰팡이과는 10%내외로 현저히 억제됨을 알 수 있었다. Fig. 19는 이러한 딸기의 품질변화를 나타내주고 있다. 사진에서 보

면 무예냉처리한 경우 잿빛 곰팡이의 성장이 두드러짐을 알 수 있다

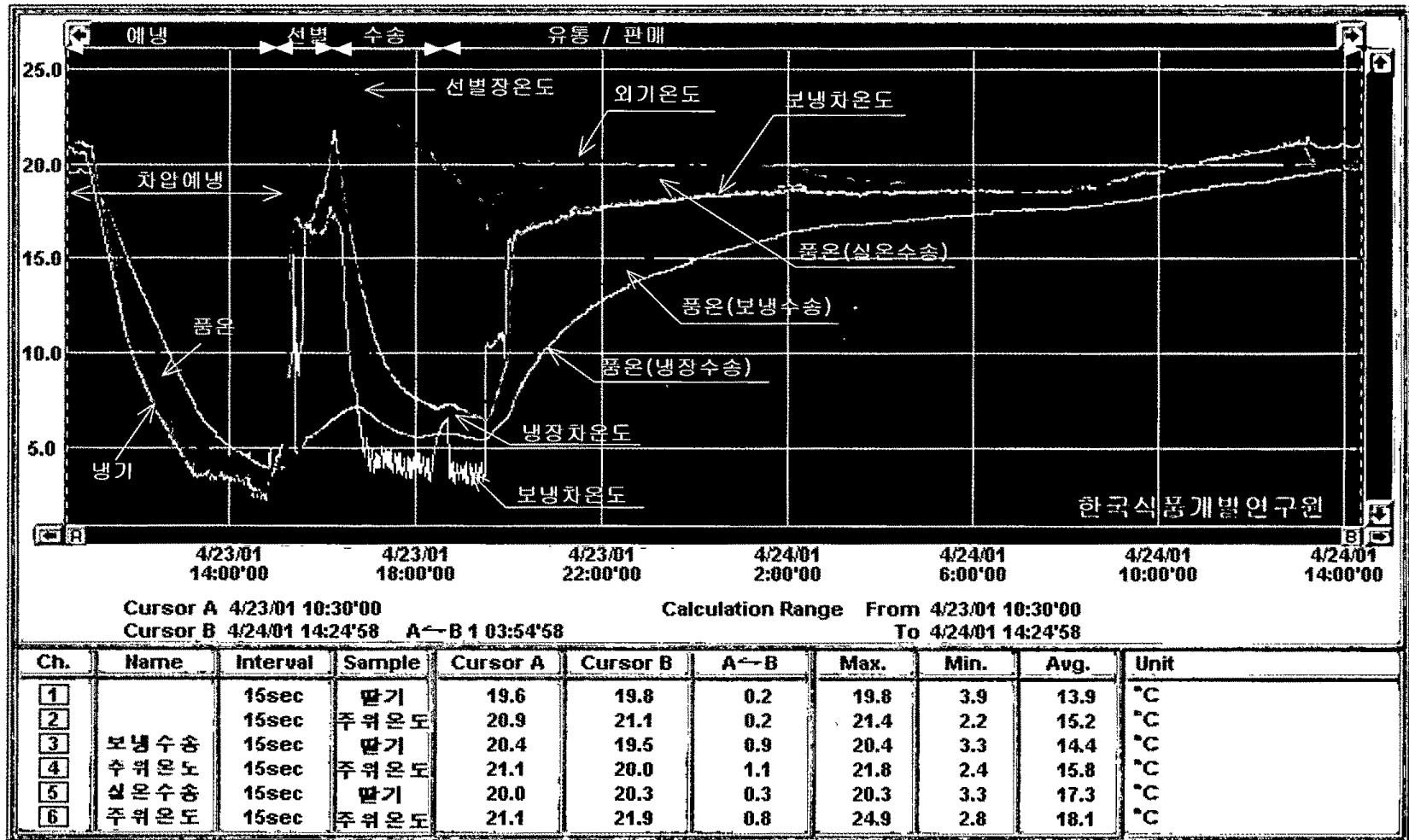


Fig. 17. Product temperature changes of strawberry during cooling and distribution.

Table 12. Ascorbic acid content changes of strawberry at 20°C by precooling and different transportation

Treatment	Storage period(day)			
	0	1	2	3
Non-precooling	84.2	80.4	74.3	62.7
Precooling/Insulated transportation	84.2	82.3	77.9	69.2
Precooling/Cold transportation	84.2	83.1	81.7	78.1

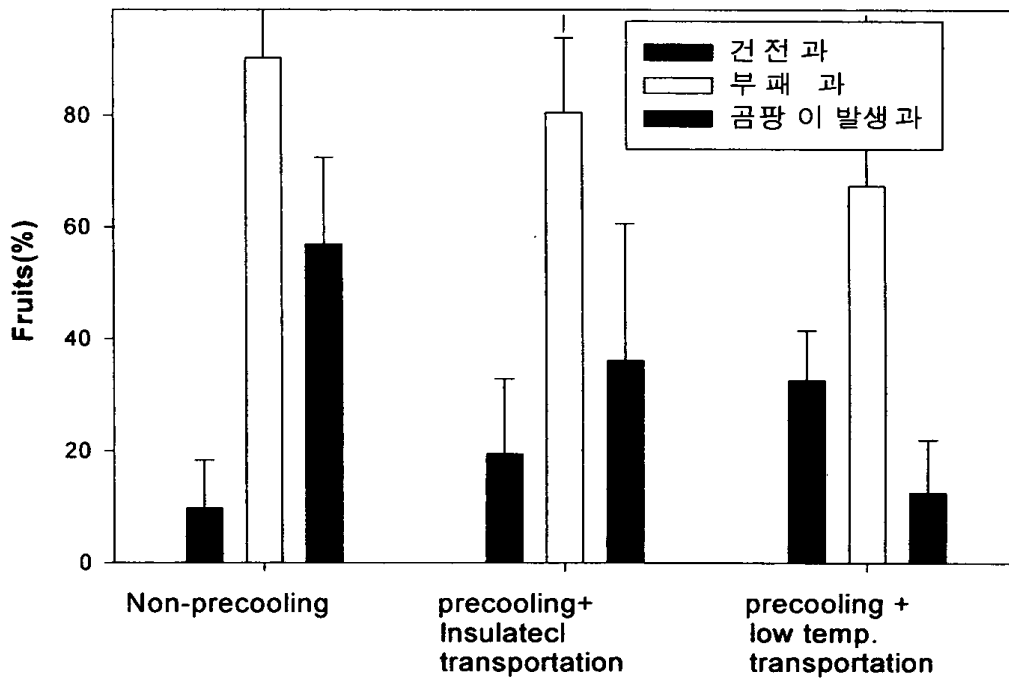


Fig.18 Strawberry qualities after 3 days at 20°C.

여 백



Fig.19. Quality changes during marketing after different precooling and transportation.

여 백

2. 예건, 큐어링 및 제습

가. 예건, 큐어링, 제습 성능

1) 재료 및 방법

가) 재료

실험에 사용한 마늘(*Allium Sativum* Linnaeus)과, 양파(*Allium cepa*L.)는 2001년 6월 각각 경남 지역에서 생산된 것을 구입한 후 실험장소로 옮겨 사용하였다. 예건처리를 위해서는 줄기를 목(neck)으로부터 2~4cm만 남기고 절단하였다.

나) 예건처리

마늘과 양파의 예건은 실온 및 37℃에서 풍량과 정압을 변화시키면서 각각 행하였다. 가속예건시 마늘과 양파는 PVC 콘테이너박스(540(L) × 360(W) × 220(H)mm)에 담아 흡기통로를 중심으로 2열로 적재한 후 차압시이트를 덮어 행하였다. 예건 종료점은 마늘의 경우는 외피의 수분함량이 14%인 시점을, 양파는 감모율 기준으로 3%인 시점을 기준으로 하였다.

다) 냉각시험

예건이 끝난 마늘과 양파는 바로 냉각모드로 전환하여 냉각시스템을 가동하여 차압냉각에 의한 가속냉각을 행하였다. 냉각에 사용된 냉각공기의 온도는 1.0℃ 이었다.

라) 측정 및 분석

(1) 품온 측정

예건 및 냉각과정중 품온변화는 기학학적 중심부에 thermocouple을 삽입한 후 vacuum grease로 봉입한 후 자동온도기록계(Digi 4 plus, KAYE Co., USE)로 측정하였다.

(2) 정압의 측정

예건 과정중 부압실과 예건실간의 차압은 부압실의 흡기구에 flow nozzle 을 설치하여 Digital Manometer(Cosmo, DM-3500B, Japan)으로 측정하였다.

(3) 중량변화(감모율)

마늘 및 양파의 초기 중량에 대한 일정 시간 예건처리후의 중량 감소를 백분율로 나타내었다.

(4) 수분

처리구별로 각 부위에서 무작위로 5개씩 취한 후 외피, 줄기 및 인편으로 분리한 후 105℃ 상압건조법에 의해 측정하였다.

2) 결과 및 고찰

가) 양파

Fig. 20~23은 양파의 큐어링 과정중 큐어링실의 온도와 습도 변화, 그리고 품온 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보면 큐어링을 온도 35~37℃에서 행할 경우 실내 습도는 20~25%를 유지하였다

Fig. 24은 양파의 예건중 중량 감모율의 변화를 나타낸 것이다. 양파는 마늘과는 달리 수확후 중량의 3% 감모가 일어나는 시점을 예건 종료점으로 하였다. 그림에서 보면 알 수 있는 바와 같이 양파의 예건은 열풍의 온도를 37℃로 상승시켜 예건한 경우는 1.0mmAq에서는 56시간, 3.0mmAq에서는 48시간이 소요되었다. 즉 양파의 경우 자연 예건을 시킬 경우 3주 이상이 소요되게 되나 본 시스템을 이용하여 가속 예건시킨 경우는 2일만에 예건을 완료시킬 수가 있었다. 이러한 예건 속도는 김등(1992)이 열풍건조기를 이용하여 박층으로 건조하였을 때의 40℃에서 2일, 30℃에서의 3일과 비교하였을 때 차압을 3.0mmAq로 증가시키면 온도를 낮추더라도 오히려 비슷하거나 단축되는 결과를 나타내었다. 마늘은 예건 후 20% 정도의 중량 감모율이 발생하나 양파의 경우는 과육의 수분 함량이 93% 이상으로 높고 예건 전후의 감모율이 3%밖에 나지 않아 예건 후에도 처음 중량의 97%를 유지하고 있다. 그러나 수확 후 예건이 이루어지더

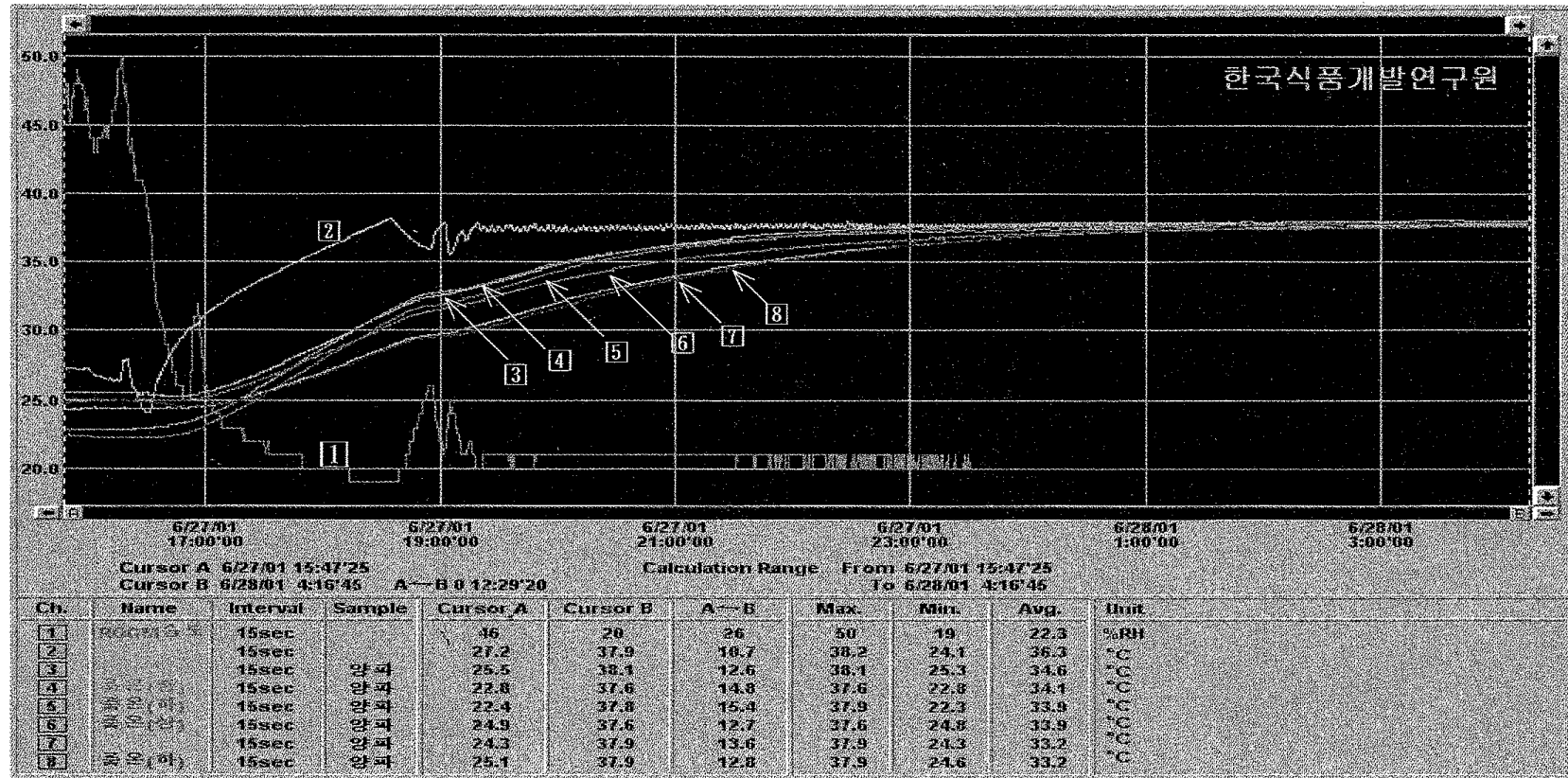


Fig. 20. Temperature and relative humidity changes during curing of onion

- 1: room relative humidity
- 2: room temperature
- 3: onion temperature(outside, middle-top)
- 4: onion temperature(outside, middle-center)
- 5: onion temperature(outside, middle-bottom)
- 6: onion temperature(inside, middle-top)
- 7: onion temperature(inside, middle-center)
- 8: onion temperature(inside, middle-bottom)

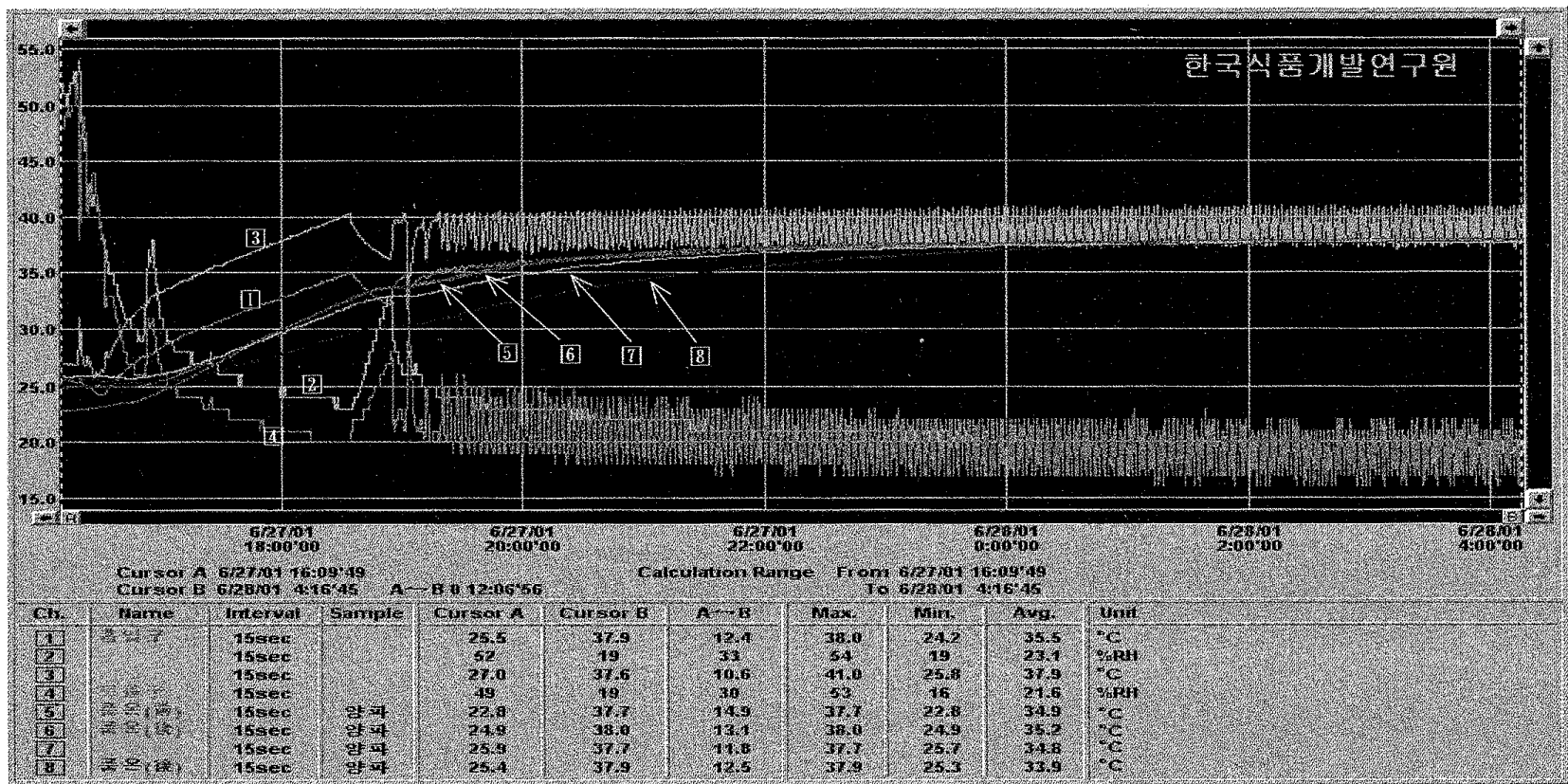


Fig. 21. Temperature and relative humidity changes during curing of onion

- ①:inlet air temperature
- ②:inlet relative humidity
- ③:outlet air temperature
- ④:outlet relative humidity
- ⑤:onion temperature(outside, middle-front)
- ⑥:onion temperature(inside, middle-rear)
- ⑦:onion temperature(inside, middle-front)
- ⑧:onion temperature(outside, middle-rear)

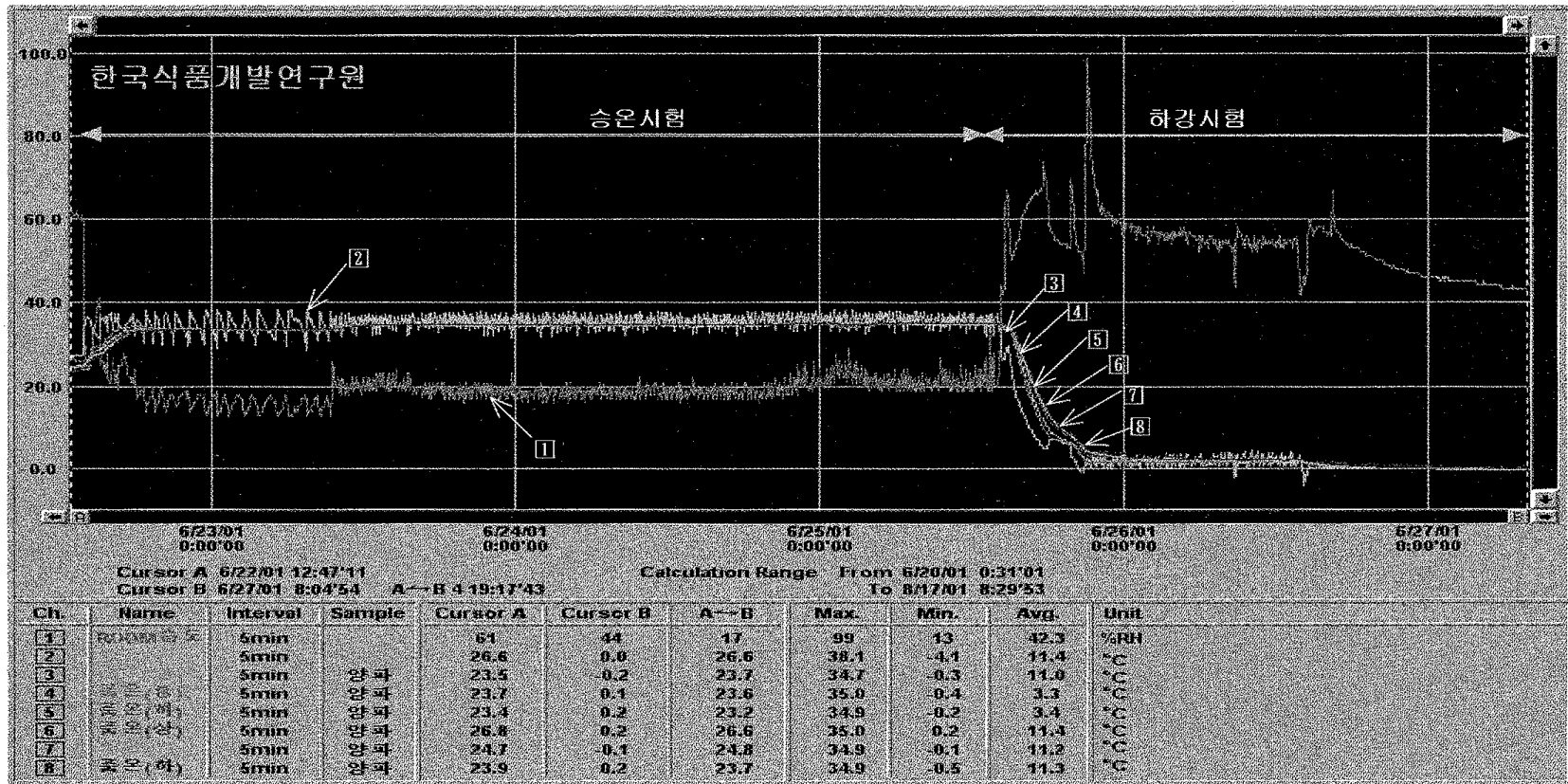


Fig. 22. Temperature and relative humidity changes during curing of onion

- ①:room relative humidity
- ②:room temperature
- ③:onion temperature(outside, middle-top)
- ④:onion temperature(outside, middle-center)
- ⑤:onion temperature(outside, middle-bottom)
- ⑥:onion temperature(inside, middle-top)
- ⑦:onion temperature(inside, middle-center)
- ⑧:onion temperature(outside, middle-bottom)

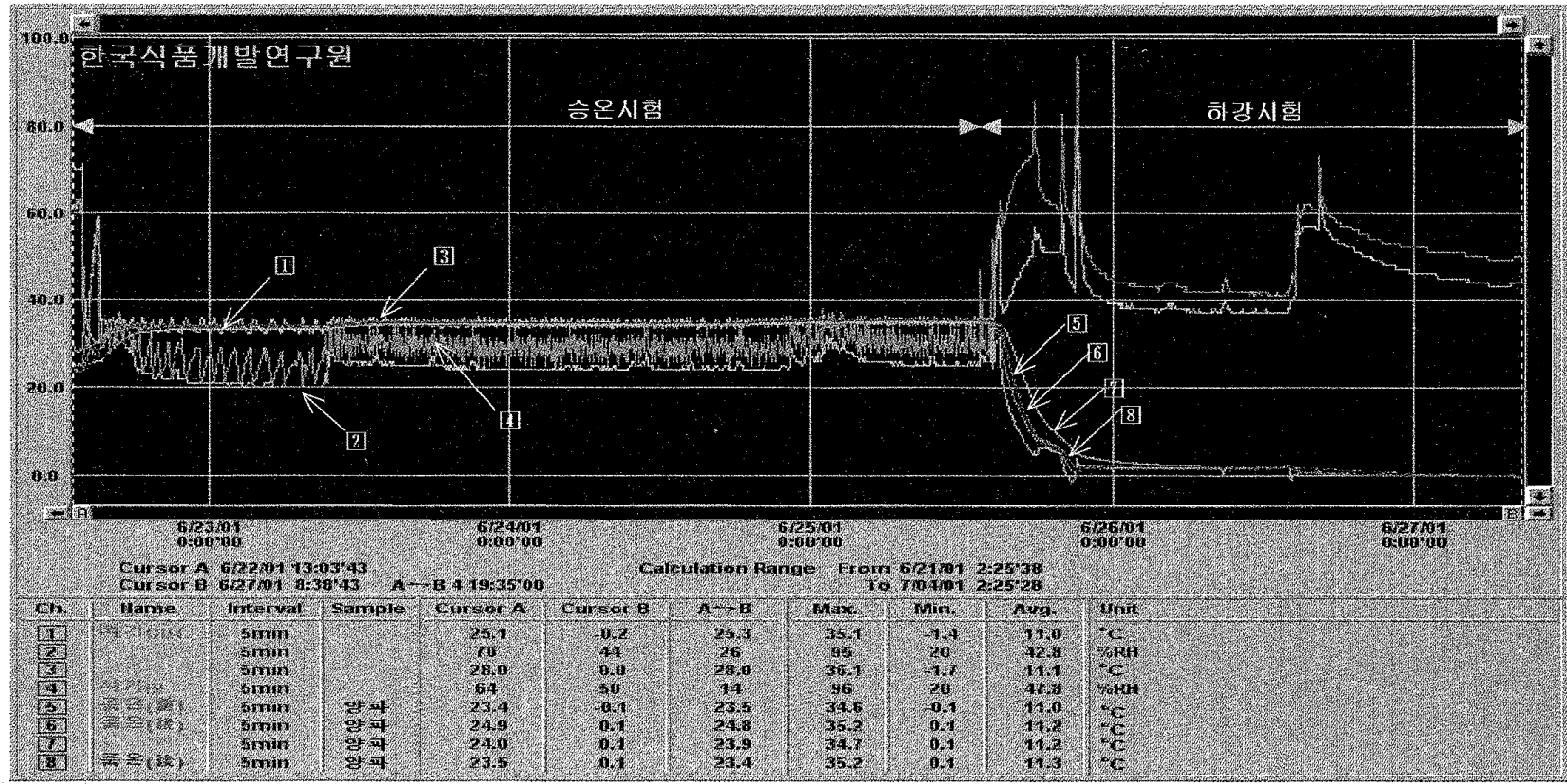


Fig. 23. Temperature and relative humidity changes during curing of onion

- 1: inlet air temperature
- 2: inlet relative humidity
- 3: outlet air temperature
- 4: outlet relative humidity
- 5: onion temperature(outside, middle-front)
- 6: onion temperature(inside, middle-rear)
- 7: onion temperature(inside, middle-front)
- 8: onion temperature(outside, middle-rear)

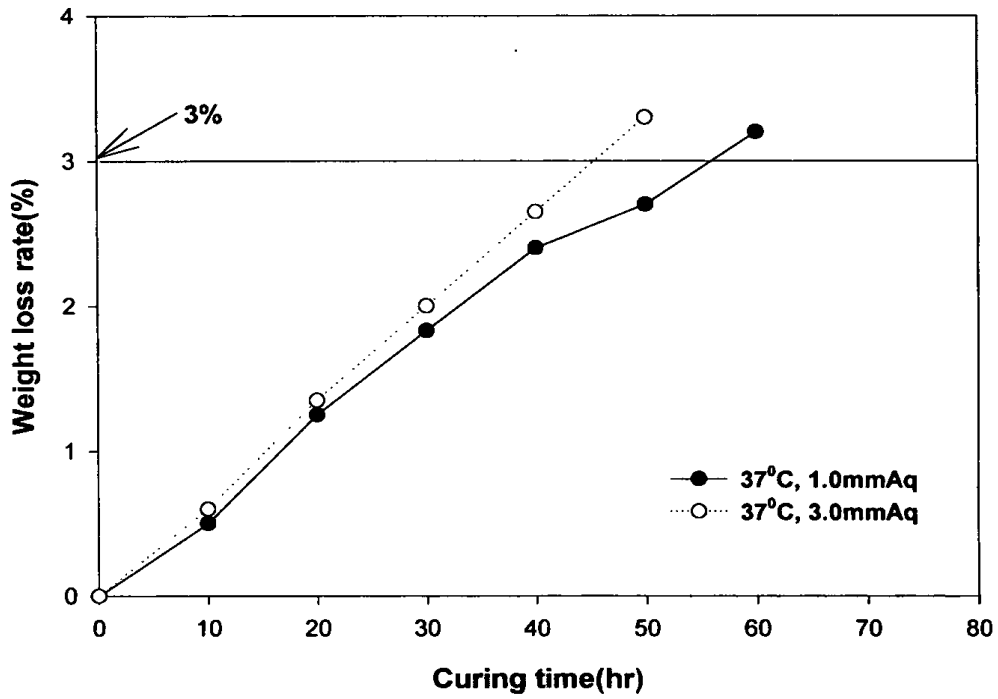


Fig.24 Weight loss rate of onions during curing at different conditions.

라도 장기 저장을 위해 저온저장고에 입고하기 위해서는 상당한 노동력을 소요하게 된다. 따라서 본 연구에서처럼 컨테이너박스나 대형 빈에 담은 채로 예건을 한 다음 바로 지게차 등을 이용하여 그대로 저온저장고에 입고하게 되면 작업 효율성이 크게 증진될 수 있으며 예건과 저장고 입고를 반자동화시킬 수도 있을 것으로 여겨졌다. 그리고 경제적 측면을 고려할 때도 수확된 농산물의 경우 부패 및 감모손실이 30% 이상이나 되는 점을 고려하면 적정 생산을 하여 생산된 물량을 최대한 잘 저장하여 감모율을 제로화하는 것이 효율적으로 판단되기 때문에 저장 및 유통시스템의 개선은 동시에 요구되어진다.

양파를 37℃에서 예건처리한 다음 저장 적온인 0℃ 부근까지 급속냉각시켜 저장함으로서 초기신선도를 그대로 유지하기 위하여 예건 후 바로 차압예냉방식을 이용해 냉각을 실시하였다. 1℃까지 냉각시키는데 실내 냉각방식에 의해서는 25시간 이상이 소요되었으나 차압냉각방식을 이용한 경우는 4~6시간 이내에 냉각이 가능하였다. 보통 신선채과물의 호흡속도는 10℃ 온도 변화에 따라 호흡속도가 2~3배 증가하거나 감소하기 때문에 수확후 바로 예냉처리하여 저온유통 시키거나 저장하는 것이 관례화되어 있다. 따라서 양파의 경우도 가능한 한 예건처리를 완료한 다음 빨리 저장 적온까지 냉각시켜 저장하는 것이 초기신선도 유지에 효과적이며 특히 양파의 매운맛 유지, 발아억제 등에 효과가 있다고 여겨진다. 작업효율성과 예건처리의 효율성 측면에서 차압식 예건처리는 기존 박층건조방식의 건조속도와 유사할 만큼 우수한 효과를 내기 때문에 현재 보급중인 차압예냉시설에 제습기능이 있는 열풍공급시설만 부가함으로서도 적용이 가능하여 많은 보급이 기대되어진다. 특히 농업 관련 시설의 연중 가동율이 30% 이하로 낮은 점을 고려할 때 차압식 예냉시설은 예냉, 예건과 큐어링 및 고추, 채소류 등의 건조에도 활용할 수 있어 다목적으로 활용이 기대되어진다.

나) 마늘

마늘의 경우 줄기를 목부분에서 2~4cm 남기고 절단한 상태에서 전체 무게

비는 인편 71.2 ± 2.1 , 외피 19.2 ± 1.5 , 줄기 3.37 ± 0.7 , 뿌리 6.23 ± 0.9 이며 이들 각 부위의 수확 직후 수분함량은 인편이 64 ± 2.1 %, 외피가 71.3 ± 1.9 %, 줄기 72.3 ± 0.9 %, 뿌리 60.2 ± 0.7 % 등으로 조사되었다. 마늘은 저온내성이 강하여 외피 수분함량을 14%이하로 건조시키면 -4°C 에서도 저온장해를 입지 않기 때문에(박, 1986), 현재 국내의 경우 이듬해까지의 장기 저온저장의 경우는 대부분 외피 수분 함량을 14%까지 건조한 다음 -4°C 에서 저장을 하게 된다. 이 경우 외피 수분 함량을 14%까지 감소시켰을 때 전체 무게의 71% 내외를 차지하는 인편의 경우는 예건 전후에 수분 함량의 변화가 1% 이하이며 따라서 예건 과정에서 투입되는 대부분의 에너지는 외피의 수분 제거에 적용되게 된다. 즉 수확후 통마늘의 중량중, 외피, 줄기, 뿌리가 보유하고 있던 수분 함량의 제거에 의해 외피 수분 14% 기준까지 건조시키면 초기 중량에 비하여 약 17~20% 정도의 중량 감소가 생기게 된다.(김, 1999).

Fig. 25는 마늘의 예건처리 과정중 외피의 수분 함량 변화를 나타낸 것이다. 마늘 외피의 초기 수분함량은 예건 온도를 37°C 로 상승시킨 경우는 차압이 3mmAq인 경우는 96시간, 차압이 5mmAq인 경우는 68시간이 소요되었다. 특히 마늘의 경우는 인편과 인편사이가 중첩되어 있으므로 중첩 부위의 외피 수분 제거가 예건 시간을 좌우하게 된다. 특히 마늘의 수확시기인 5월 하순부터 예건이 이루어지는 6~7월은 우기가 접어드는 시점으로 매년 안정된 품질 관리를 위해서는 인공적인 예건시설의 설치가 필요하다고 하겠다. 마늘은 37°C 이하의 온도에서 조직감이나 매운맛 등에 있어서 예건 처리로 인해 유의적인 차이를 나타내지 않기 때문에 고온 단시간 예건이 효율적인데 37°C 에서는 차압을 증가시킴으로서 3일 이내에 예건을 완료할 수 있다.

지금까지 마늘의 예건에 관한 연구는 박충으로 펼쳐서 예건(橫井, 1975; 임동, 1979; 박등, 1981; 김등, 1992)한 경우가 전부로 본 연구에서처럼 콘테이너박스에 담은 채로 행한 경우는 찾아보기 어렵다. 그러나 마늘의 경우 예건 공정이 끝나면 바로 저장을 해야 되며 이 때는 다시 콘테이너박스에 담아야 하는 번거로움이 있을 뿐만 아니라 마늘 자체의 부피와 중량을 고려할 때 수작업

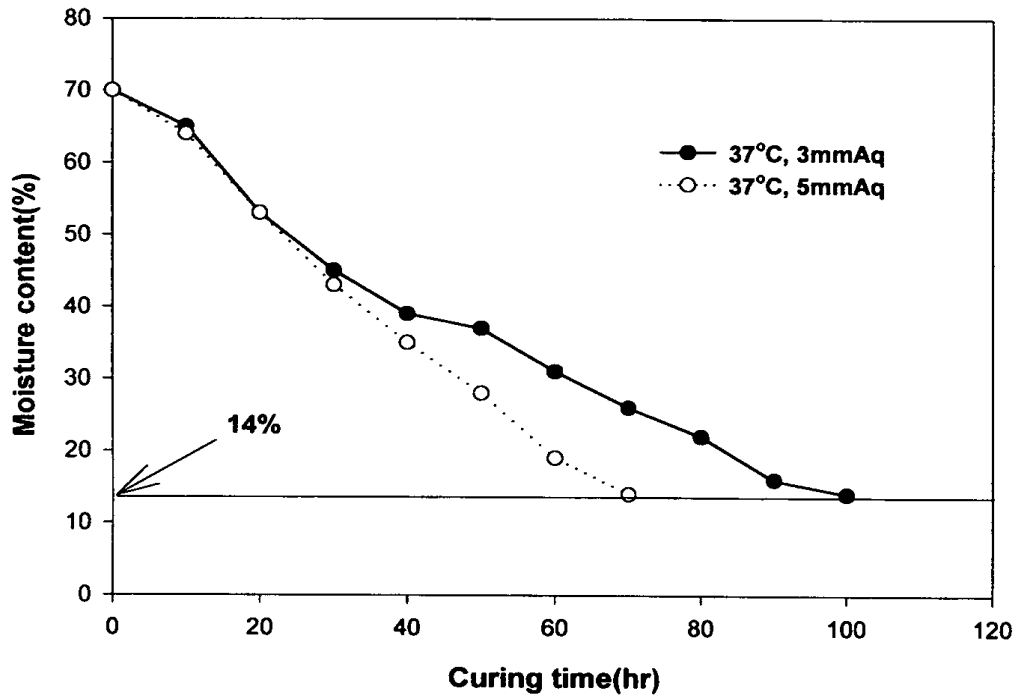


Fig. 25 Changes in the moisture content of garlic skins during curing at different conditions.

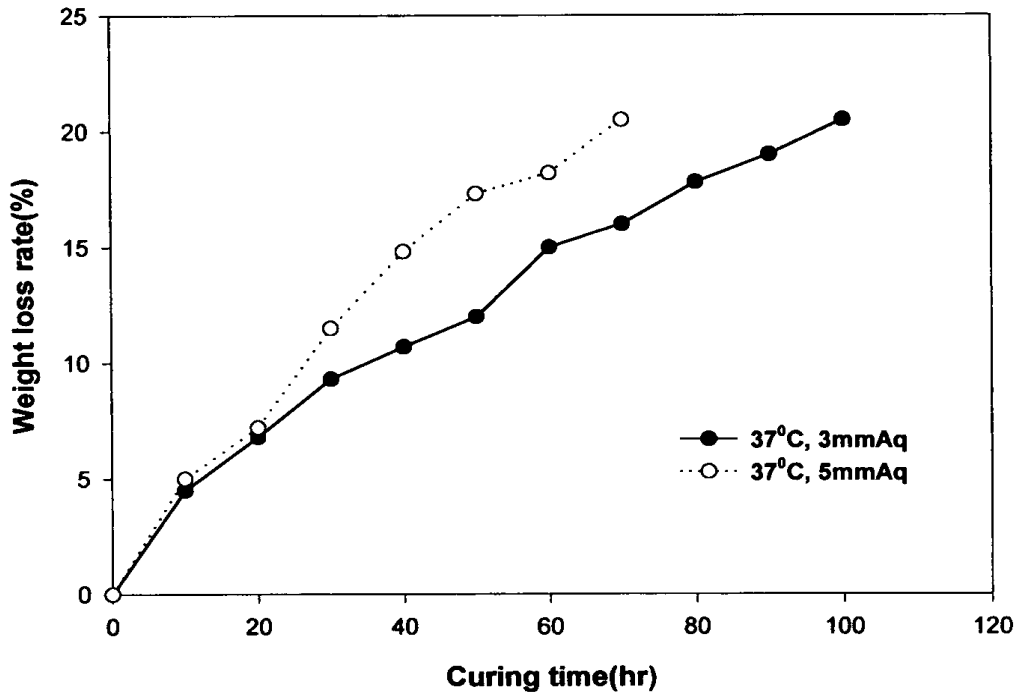


Fig.26 Changes in the weight loss rate of garlics during curing at different conditions.

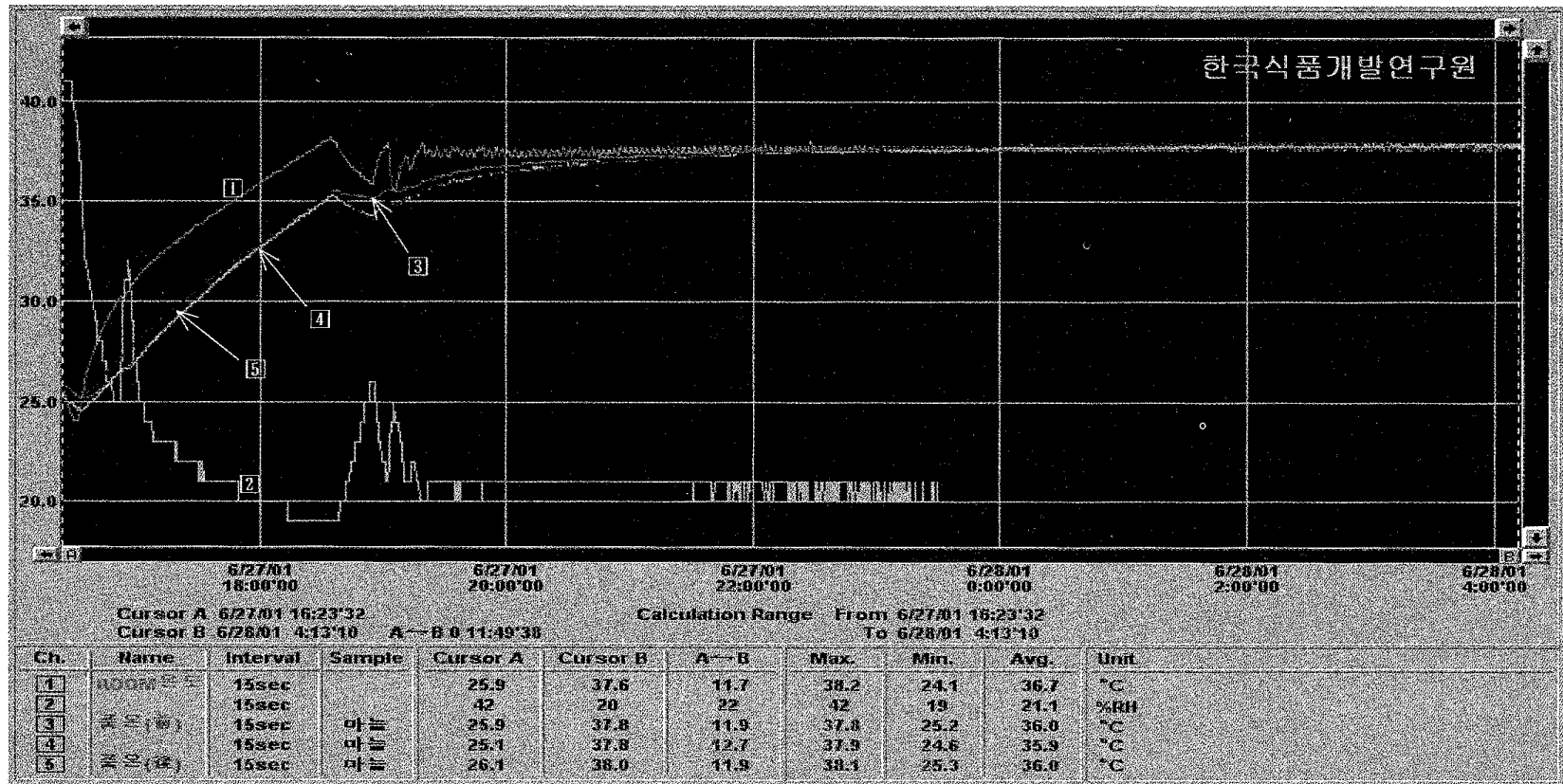


Fig. 27. Temperature and relative humidity changes during predrying of garlic.

- 1: room relative humidity 2: room temperature
- 3: garlic temperature(rear) 4: garlic temperature(middle) 5: garlic temperature(front)

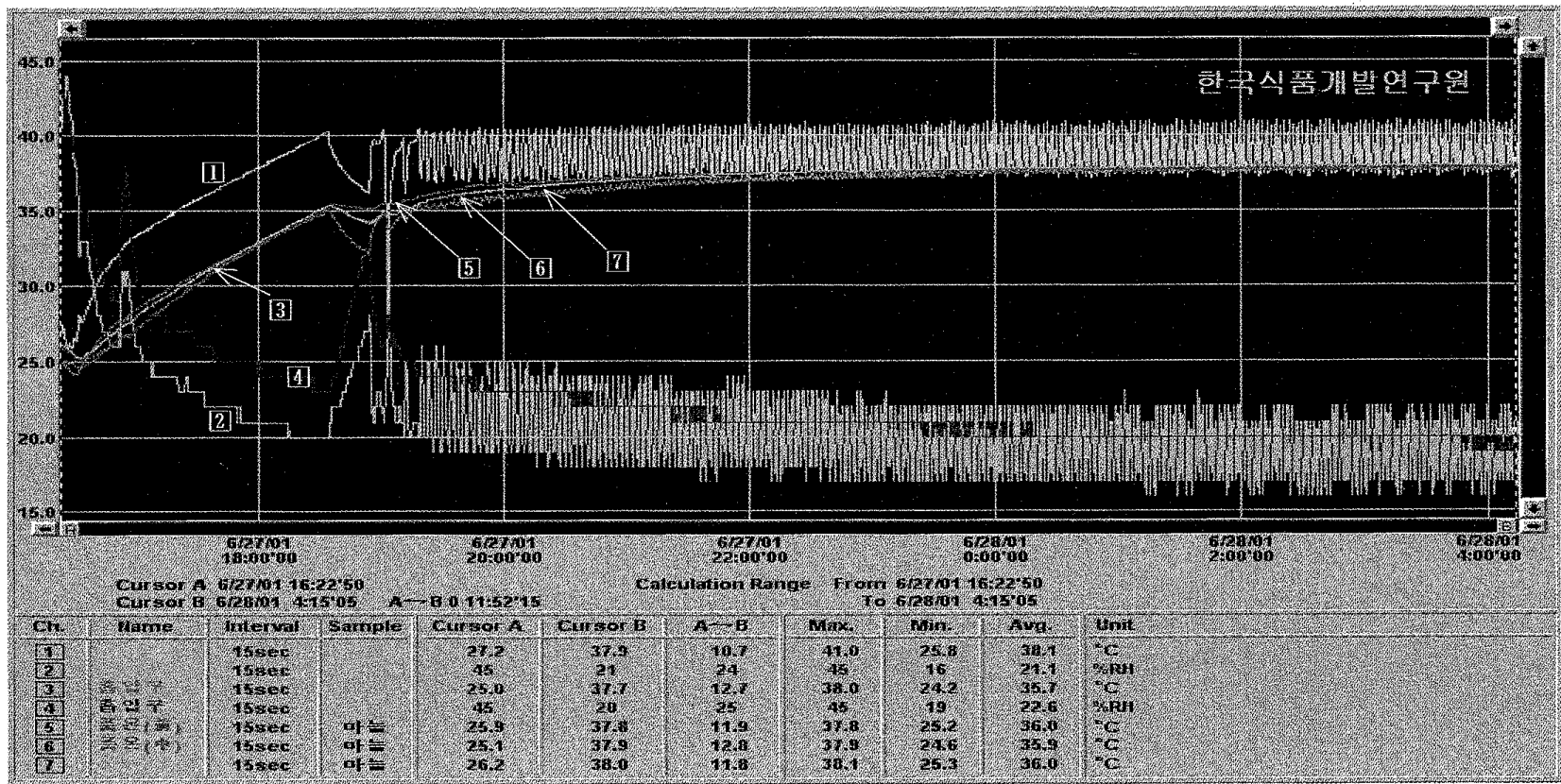


Fig. 28. Temperature and relative humidity changes during curing of garlic

- 1: inlet air temperature
- 2: inlet relative humidity
- 3: outlet air temperature
- 4: outlet relative humidity
- 5: garlic temperature(front)
- 6: garlic temperature(middle)
- 7: garlic temperature(rear)

에 의한 작업은 힘들므로 예건과 저장고 입출고작업의 기계화를 위해서도 수확 후 바로 컨테이너박스에 담아 예건한 다음 저온저장고에 입고가 가능한 일관시스템의 도입이 필요하다고 여겨진다. 김등(1992)에 의하여 박층으로 마늘을 건조한 경우 건조 소요시간은 연속적으로 예건한 경우 30℃에서 6일, 40℃에서 5일 나타났으나 본 연구에서는 박스에 담은채로 예건을 하였기 때문에 두께가 22cm나 되었음에도 불구하고 가속예건실의 차압을 5mmAq로 하였을 때 37℃에서 2.8일로 오히려 더 단축되는 결과를 가져왔다. 이러한 결과는 유효 건조 공기량의 증가에 기인한 것으로 박층건조시 건조기의 제원을 고려하더라도 상당히 개선된 결과로 볼 수 있다.

농산물을 저온저장하는 경우 저온저장고 냉동시스템의 과부하를 막기 위하여 1일 입고량을 10~15% 정도로 하며 입고 온도도 15℃ 이하로 예냉을 하여 입고하는 것이 일반적이다. 따라서 마늘을 고온에서 열풍으로 예건처리한 경우 마늘 자체의 품온이 높기 때문에 그대로 저온저장고에 입고할 경우 저장적온까지 품온이 강하하는데 장시간이 소요될 뿐만 아니라 냉각한 경우 예건 온도인 37℃에서 1℃까지 냉각하는데 20시간 이상이 소요되었으나 차압예냉방식을 이용한 경우는 4시간만에 냉각이 가능하다. 따라서 본 연구에서 시도한 중앙흡입식 가속 예건 및 냉각시스템을 이용하면 동일 장소에서 예건과 냉각을 동시에 행할 수 있어서 작업성이 크게 개선될 수 있을 것으로 여겨진다.

나. 예건(큐어링)과 가속냉각연속처리가 마늘, 양파의 저장성에 미치는 효과

1) 재료 및 방법

가)재료 및 저장 방법

저장실험에 사용한 마늘(*Allium Sativum* Linnaeus)과 양파(*Allium cepa* L.)는 예건처리가 끝난 후 바로 또는 급속냉각시켜 저장온도 $0\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $70\pm 4\%$ 의 저온저장고에서 저장하였다.

나)중량변화(감모율)

마늘 및 양파의 초기 중량에 대한 일정 시간 예건처리후의 중량 감소를 백분율로 나타내었다.

다)부패율

마늘 저장중의 부패율은 마늘 100개를 취해 인편을 분리한 후 부패 인편수를 전 인편수에 대한 백분율로 표시하였으며, 양파의 부패율은 처리구당 전 개체에 대한 부패된 개체의 백분율로 나타내었다.

라)경도

마늘과 양파의 경도는 레오미터(Sun Scientifics Co. Ltd, Model CR-200D)를 이용하여 측정하였다. 이 때 사용한 plunger는 직경 5mm, plate speed는 50 mm/min, 침투깊이 5mm로 설정하였으며 마늘은 인편을 분리한 후 박피하여, 양파는 외피만을 벗겨 측정하였다.

2) 결과 및 고찰

가) 양파

양파는 한 토양에서 오랫동안 연작을 하게 되면 곰팡이나 박테리아와 같은 병원균의 기주가 되어 이들이 토양 내에서의 오염을 촉진시키게 되며 결국 수확될 양파에도 병원균이 침입하여 저장과정에서 병리적인 부패를 가속화시키는 요인이 된다. 특히 곰팡이나 박테리아에 오염된 양파가 저장고에 입고되어 장기간 저장되게 되면 저장고내에서 쉽게 번식하게 되고 송풍기와 덕트를 통하여 주위의 양파로 전염되어 급속히 전 저장고로 번지는 경우가 많다. 따라서 양파에 오염된 곰팡이나 박테리아의 활성을 낮출 수 있는 조건을 조성하는 것이 필요한데, 양파를 건조 즉 큐어링시키면 양파의 껍질이 빨갛게 되며 조직이 견고하게 되고 껍질과 목부위의 수분이 제거되어 병원균의 침입을 방지할 수 있는 잇점이 있다.

Fig. 29는 양파를 예건처리한 다음 0℃에 저장하면서 감모율의 변화를 조사한 것이다. 그림에서 보면 가속예건처리한 양파의 경우 저장기간중 감모율은 거의 완만한 증가를 보였는데 저장 4개월 후에 대략 2.24~2.33%를 나타내었다. 그러나 가속예건처리하지 않은 양파의 경우는 5% 이상의 감모율을 나타내었다. 이는 가속예건시 총중량의 3% 감모 기준으로 예건을 완료하여 저장에 들어갔기 때문에 비교적 예건 과정중 감모가 적었던 자연예건한 양파에 비하여 감모율이 낮게 나온 것으로 여겨졌다.

Fig. 30은 여러조건에서 예건처리한 양파를 0℃에 저장하면서 부패율의 변화를 본 것이다. 앞 그림의 감모율의 변화와는 달리 예건처리 조건에 따라 처리구간에 약간씩 차이를 보였다. 37℃에서 예건처리한 경우는 저장 4개월후에도 1~2%이하의 낮은 부패율을 보였다. 그리고 자연예건한 경우는 불충분한 예건으로 인해 4~5% 정도의 부패율을 나타내었다. 따라서 이들 결과로부터 양파의 예건처리는 37℃정도의 온도에서 단기간에 처리하는 것이 선도유지에 좋을 것으로 여겨졌다.

양파의 경우 수확후 2~3개월이 지나면 휴면이 타파하여 싹이 나기 시작하는데 특히 상온 저장의 경우 이러한 현상은 가속되는데 보통 싹이 인편 내부에서 생장중인 경우는 상품성에 크게 영향을 미치지 않으나 인편 밖으로 자라온 경우는 상품성과 품질면에서 결정적인 영향을 미치며 특히 매운맛의 감소와 위조 현상이 동반되게 된다. 예건 조건을 달리하여 저장한 경우 무예건처리구는 4개월 저장후에 12.4%정도의 비율을 보인 반면 예건처리한 양파의 경우는 6.0~6.9%의 낮은 비율을 보였다. 이러한 현상은 예건처리에 의해 인편 외부의 수분이 낮아 양파의 발아를 억제하는 결과를 가져온 것으로 여겨졌다.

저장중 인편으로부터의 수분 탈수에 의한 조직감 저하를 조사하기 위하여 레오미터를 이용하여 인편의 조직감을 분석한 결과 초기 경도 3.80~3.91kgf로부터 4개월 저장후 경도는 무예건처리구는 3.42kgf로 낮은 값을 보인 반면 예건처리구는 3.79kgf의 높은 경도를 나타내었다.

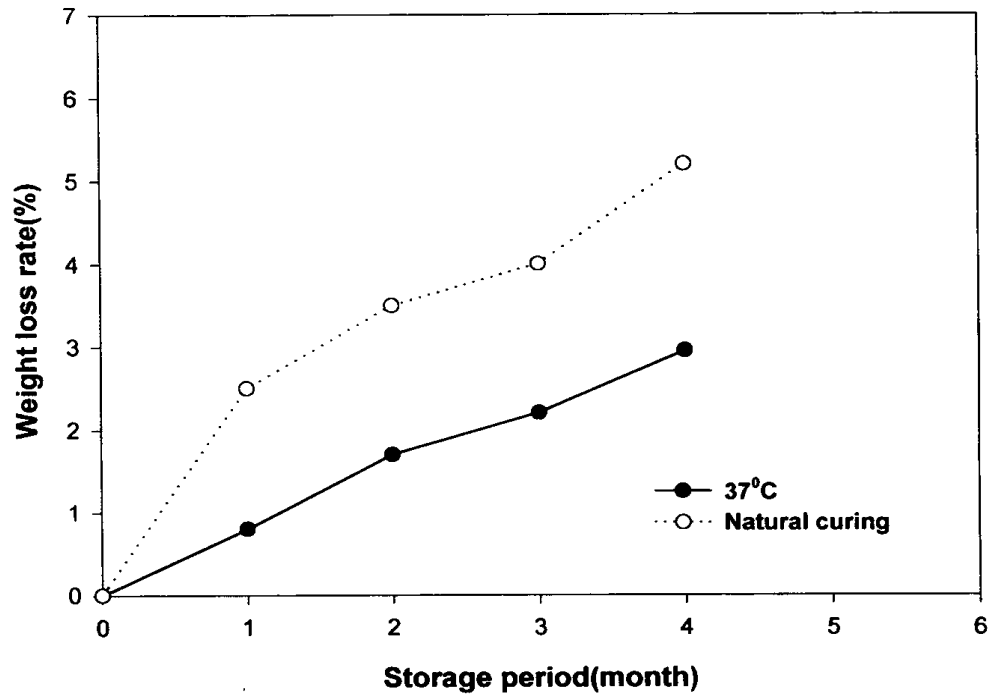


Fig.29 Changes in the weight loss rate of onions cured artificially at different conditions.

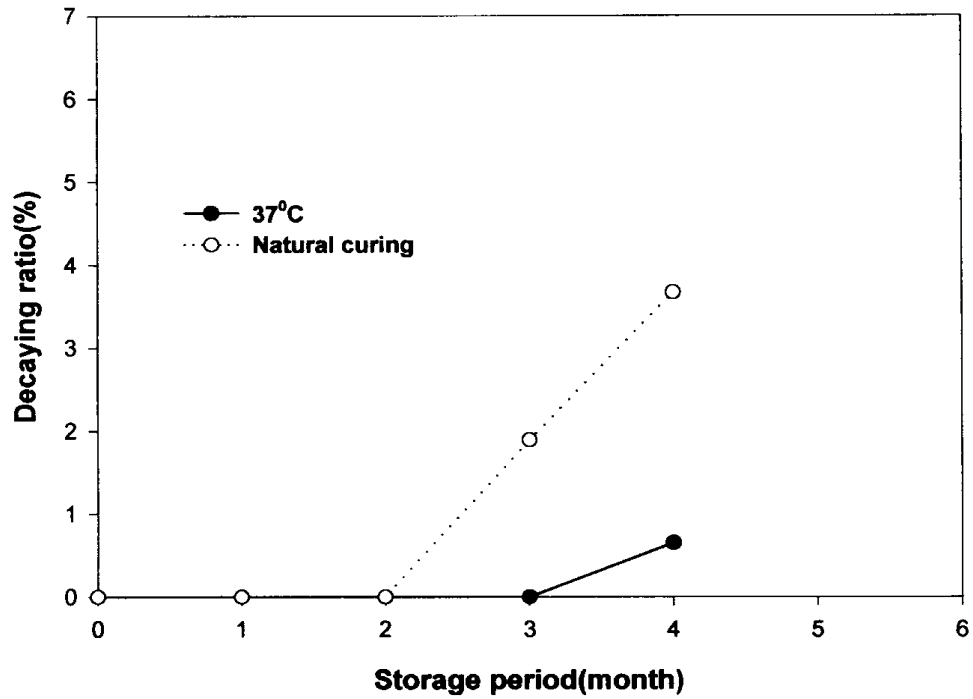


Fig.30 Changes in the decaying ratio of onions cured artificially at different conditions.



(Cured artificially)



(Cured naturally)

Fig.31 Comparison between artificially and naturally cured onions after 4 months storage at 0°C.

여 백

또한 예건 과정 중 컨테이너박스에 걸리는 정압을 달리하여 예건한 경우 정압의 차이에 의한 영향은 크게 찾아 볼 수 없었다. 즉 양파가 담겨진 박스에 걸린 정압은 예건속도에 주로 영향을 미치는 반면 저장 중 품질에는 특별한 영향을 미치지 않으며 예건 온도가 가장 직접적인 영향을 미친 것으로 나타났다.

본 연구에서는 양파를 37℃에서 가속 예냉처리한 다음 0℃의 저장 온도 부근까지 급속냉각시킨 다음 저장하였을 때의 저장성 및 저온장해 등의 효과를 분석하기 위하여 차압냉각방식을 이용하여 급속예냉하여 동일한 조건에서 저장한 경우 감모율과 부패율 등을 조사한 결과 큰 차이를 나타내지 않았다. 이는 양파의 내한성에 기인한 것으로 급속예냉시설이 설치되고 저장고의 여건이 허락한다면 수확, 예건후 가능하면 빠른 시간에 적온에서의 저온저장에 들어가는 것이 선도 유지에 좋을 것으로 판단되었다.

이상의 결과를 종합하여볼 때 양파의 장기 저장을 위하여서는 37℃의 온도에서 단기간에 예건처리하여 바로 저온저장에 들어가는 것이 선도유지에 좋은 것으로 여겨졌다. 아울러 작업성등을 고려할 때 현재와 같은 수 작업에 의한 그물망 작업보다는 컨테이너 박스를 이용한 기계화 작업체제를 통해 인력감소와 저장성 증대를 가져올 수 있을 것으로 여겨졌다. 아울러 양파의 생리를 고려할 때 예건후에는 가능한한 빨리 냉각하여 저장적온에 저장하는 것이 고품질을 유지하는데 효율적인 것으로 여겨졌다.

Table 13. Hardness changes of onions during 0℃ storage (unit:kgf)

Treatment	Storage period(month)				
	0	1	2	3	4
Control	3.80	3.81	3.77	3.64	3.42
Cured	3.91	3.88	3.82	3.80	3.79

나) 마늘

Fig. 32 및 33과 Table 14는 마늘을 예건 처리한 다음 0℃에서 4개월동안 저장하면서 저장중 품질 변화를 조사한 결과이다. 일반적으로 마늘은 박등(11, 15)이 보고한 바와 같이 외피 수분 14%까지 건조하여 저장하면 -4℃에 저장하여도 저온장해를 받지 않기 때문에 현재 저장업체에서는 초기에 0℃ 정도에 저장하다가 익년에 가서는 -4~-5℃부근까지 온도를 내려 저장하는 것이 관례다. 특히 저온저장중 자체의 호흡, 증산에 의한 수분 감모와 유니트쿨라에 의한 제습등의 영향으로 저장중 외피와 인편의 수분 감소로 인해 초기빙결점이 저하하기 때문에 낮은 온도에서의 저장이 가능하다. 본 연구에서는 단계적인 온도 강하는 하지 않고 0℃에서 정온저장하면서 처리구에 따른 효과를 분석한 결과이다. 예건처리한 마늘의 경우는 4~5%의 중량 감모율을 보였다. 그러나 수확한 마늘을 자연예건하여 저온저장고에 입고한 경우는 저장 4개월후에 7~8% 정도의 감모율을 보였다.

저장중 처리구별로 부패율의 변화를 보면 Fig. 33에서 보는 바와 같이 저장 2개월째까지는 전 처리구에서 부패구를 찾아보기 힘들었으나 저장 3개월 후부터는 일부 저장구에서 부패구가 나오기 시작하였다. 그림에서 보면 37℃에서 예건처리한 경우는 저장 4개월후에도 2%이하의 낮은 부패율을 보였다. 따라서 이들 결과로부터 마늘의 예건처리는 37℃정도의 온도에서 단기간에 처리하는 것이 선도유지에 좋을 것으로 여겨졌다.

저장중 인편으로부터의 수분 탈수에 의한 조직감 저하를 조사하기 위하여 레오미터를 이용하여 인편의 조직감을 분석한 결과 초기 경도 2.58~2.62kgf로부터 4개월 저장후 경도는 무예건처리구는 2.24kgf로 낮은 값을 보인 반면 예건처리구는 2.39kgf의 약간 높은 경도를 나타내었다.

또한 예건 과정중 콘테이너박스에 걸리는 정압을 달리하여 예건한 경우 정압의 차이에 의한 영향은 크게 찾아 볼 수 없었다. 즉 마늘이 담겨진 박스에 걸린 정압은 예건 속도에 주로 영향을 미치는 반면 저장중 품질에는 특별한 영향을 미치지 않으며 예건 온도가 가장 직접적인 영향을 미친 것으로 나타났다.

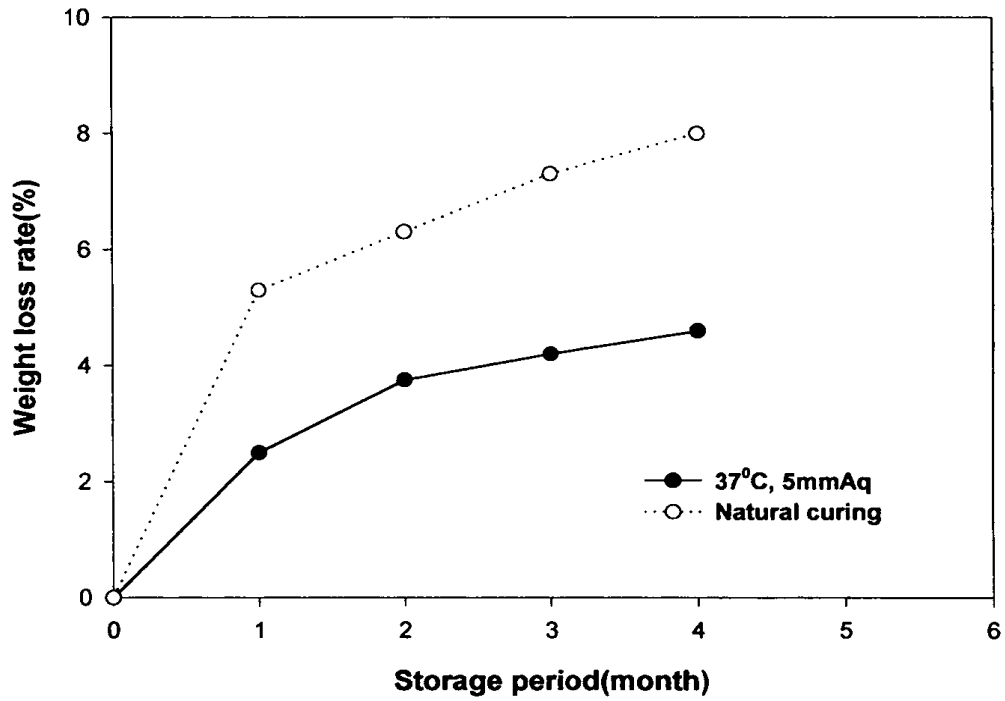


Fig.32 Changes in the Weight loss rate of garlics cured artificially at different conditions.

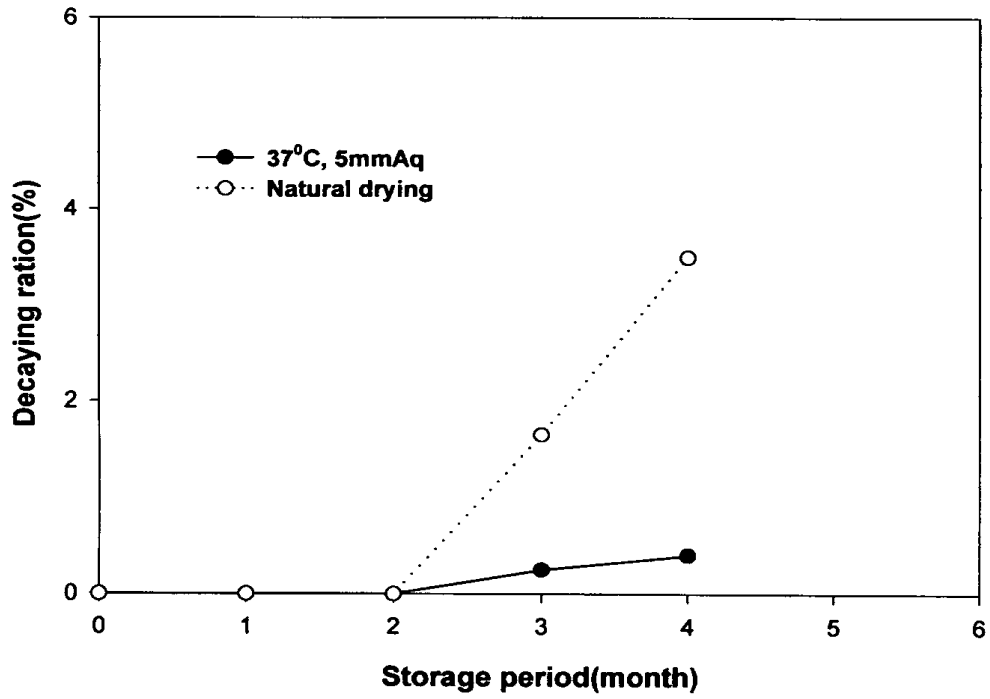


Fig.33 Changes in the decaying ratio of garlics cured artificially at different conditions.

본 연구에서는 마늘을 예건처리한 다음 저장 온도까지 급속냉각시킨 다음 저장하였을 때의 저장성 및 저온장해 등의 효과를 분석하기 위하여 37℃에서 예건 처리한 다음 차압냉각방식을 이용하여 급속냉각하여 동일한 조건에서 저장한 경우 감모율과 부패율 등을 조사한 결과 품질에 있어 양호한 결과를 나타내었다. 이는 마늘의 내한성에 기인한 것으로 급속예냉시설이 설치되고 저장고의 여건이 허락한다면 수확, 예건후 가능하면 빠른 시간에 냉각하여 저장 적온에서의 저온저장에 들어가는 것이 저장고의 공간 활용과 선도 유지에 좋을 것으로 판단되었다.

이상의 결과를 종합하여볼 때 마늘의 장기 저장을 위하여서는 35~37℃의 온도에서 단기간에 예건처리하여 바로 냉각하여 저온저장에 들어가는 것이 선도에유지에 좋은 것으로 여겨진다.

Table 14. Hardness changes of garlic during storage at 0℃, unit:kgf

Treatment	Storage period(month)				
	0	1	2	3	4
Control	2.58	2.54	2.42	2.37	2.24
Cured	2.62	2.58	2.51	2.44	2.39

여 백

제 3 장 가습장치 분야

제 1 절 개요 및 관련 이론

저온 고습을 요하는 저장품목의 고품질 장기저장을 위하여는 품목별 적정온도 및 상대습도를 유지할 수 있어야 하고 저장고의 온습도 변화의 폭을 최소화할 수 있도록 설계되어야한다.

기존 원심식 가습기와 초음파식 가습기는 0℃ 부근에서 사용할 경우 80%이상의 고습도를 유지하기 위하여서는 증발기 코일면의 온도를 -10℃부근으로 낮게 유지할 경우 증발코일 표면에서의 수분착상과 응결수에 의한 저장품의 품질 열화 현상은 피할 수 없다. 특히 초음파가습기의 경우 수입자는 작으나 저장고 내부에서의 오염에 의한 진동자의 잦은 교체, 저장고 내부의 균일한 분포 등이 문제가 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 최소화하기 위하여 쉘코일 유닛트쿨라와 가습장치를 일체화로 제작하여 저장실내에 별도의 기계장치 설치공간을 필요치 않고 운전관리도 편리하게 계획하였다. 개발장치의 가습공정을 간단히 설명하면 쉘코일 유닛트 상부에 가습용 살수관을 장치하여 살수된 물이 쉘코일 유닛트쿨라를 통과하면서 냉각되고 다시 이냉각수는 특수충진물 층을 통과하면서 냉각수 중에 있는 이물질 등을 걸러주는 것은 물론 낙하되는 냉각수의 작은 입자가 저장실 안으로 날려나오는 것을 막아주는 중요한 기능을 하게된다.

특수충진물 층을 통과한 냉각수는 냉각수 팬으로 떨어져 모이게되고 일정량 이상이 고이게 되면 후로드 스위치에 의하여 자동으로 펌핑압되어 냉각수가 순환하면서 가습 및 실내공기를 냉각하게 되는 시스템이다. 그리고 최상단에 있는 엘리머내이타에서 물방울의 소립자를 마지막으로 제거하여 주는 기능을 하고 최상부에 설치되어 있는 송풍기에 의하여 고습 냉기를 냉장실로 공급하게 되어있는 원리이다. 따라서 본 연구에서 개발하고자 하는 가습장치는 저장고 내부의 부유 오염물질을 제거시키면서 초미세 수입자 상태로 균일한 분포의 가

습이 가능하여 신선농산물을 고습도로 유지하는 것이 가능하였다. 특히 0℃ 부근의 저온영역에서는 결로방지를 위해 수조에 가열방지 열원을 공급하고 미스트는 계속 순환시키는 시스템으로 운영이 가능하여 잦은 물공급 문제를 해소하고자 하였다.

제 2 절 가습장치의 설계 및 제작

1. 저온가습장치의 설계

가. 열량(부하)계산

< 기본 조건 >

실온 : 5℃ 입고온도 : 20℃ 입고품명 : 농산물

실크기(m) : 길이 4m × 폭 2.5m × 높이 2m

수용량 : 3 ton(기준 : 1ton/평)

< 열부하량 계산 >

Q1 : 침입열

※ $\lambda=0.0185\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ 방열두께 : 100mm

	면적(m ²)	열통과율	ΔT	합계
천정	10×	0.185×	33=	61.1
바닥	10×	0.185×	20=	37.0
외벽	26×	0.185×	30=	144.3
간벽	0×	0×	0=	0.0
	소계	Q1=		242.4 kcal/h

Q2 : 환기열

실용적(m²)×0.9×환기회수(회/일)×환기열량(kcal/m²)×1/24

$$20 \times 0.9 \times 4 \times 27 \times 1/24 = 81 \text{ kcal/h}$$

Q3 : 제품냉각열

$$\text{입고량(kg)} \times \text{비열(kcal/h}^\circ\text{C)} \times \Delta t \times 1/24$$

$$210 \times 0.87 \times 15 \times 1/24 = 114.2 \text{ kcal/h}$$

Q4 : 호흡열

	1회입고량×	호흡열×	1/24×	1/1000=	합계
Cooling	210×	2000×	1/24×	1/1000=	17.5
Keeping	2,511×	200×	1/24×	1/1000=	20.9
		Cooling	Q4=		17.5 kcal/h
		Keeping	Q4=		20.9 kcal/h

Q5 : 기타 발생열

	용량(kW)×	대수×	860×	가동시간=	합계
Fan Motor	0.4×	1×	860×	16/24=	229.3
전등	0.1×	1×	860×	3/24=	10.8
Lift	0×	0×	860×	3/24=	0.0
작업원		1×	260×	3/24=	32.5
순환Pump	0.4×	1×	860×	16/24=	229.3
		소계	Q5=		501.9 kcal/h

Q6 : 안전율(Q1~Q5)×10%

Cooling	Q6 = 95.7 kcal/h
Keeping	Q6 = 96.0 kcal/h

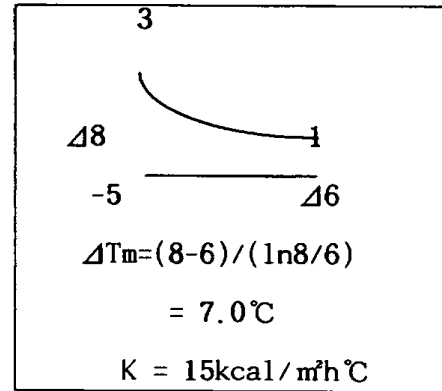
Q1~Q6 : 총합계

Cooling	Q6 = 1052.7 kcal/h
Keeping	Q6 = 1056.4 kcal/h

나. 저온가습쿨라 설계를 위한 용량 산정

1) 냉각기의 전열면적

$$A(\text{m}^2) = \frac{Q}{K \times \Delta T_m} = \frac{1056.4}{15 \times 7.0} = 10 \text{ m}^2$$



2) 필요한 풍량

$$W(\text{m}^3/\text{min}) = \frac{Q \times v}{60 \times \Delta i} = \frac{1056.4 \times 0.78}{60 \times 0.4} = 34.3 \text{ m}^3/\text{min}$$

Q : Keeping 기준

v : 0.78 m³/kg

Δi : 0.4 kcal/kg

3) 순환수량

$$w(\text{lit}/\text{min}) = \text{풍량}(\text{m}^3/\text{min}) \times 2 = 68.6 \text{ lit}/\text{min}$$

2. 저온가습장치의 제작

가. 기본 개요

1) 본시스템은 고습저온저장 농산물을 위하여 개발된 가습겸용 냉각기로서 온도만 하강시키던 기존의 일반적인 냉각기(UNIT COOLER)와는 구조적으로 상당부분이 상이하게 설계하였다.

2) 고습도 유지를 위한 냉각기 하부의 수조, 자동급수설비, 순환수 펌프, 순

환수 분무설비, 흡습 및 통기가 원활한 특수충전물, 비산 방지용 엘리미네이터 등이 일반냉각기와는 다른 구조이다.

3)저온가습시스템은 저장실 바닥에 설치하는 상치형(床置型)을 기본으로 한다.

나. 제작

1) 냉각코일(cooling coil)

5/8"인탈산동관(C1220T)에 10mm pitch로 알루미늄 Plate Fin을 부착한 구조이며, 동관은 확관하여 Fin과 밀착되어야 하여 열전도 효율을 높인다.

전열계수 : 40 ~ 45 kcal/m²h²°C

온도차 : cooling down 시 7.5°C 열유속 335kcal/m²h(10m²/RT)

keeping 시 3.5°C 160kcal/m²h(20m²/RT)

2) 충전물(充填物)

충전물의 상부로부터 스프레이된 고습유지용 물이 표면에 얇게 흘러 내리고, 하부에서 상부를 향하여 흐르는 냉각된 기류가 원활히 통과하게 하여 표면 증발을 용이하게 하는 다공성 물질이다. 냉각탑의 충전재로 쓰이는 PVC 계열의 Munster제 drift eliminator(PUV15 D15 D5 F3006) 250mm를 견고한 틀 속에 고정시켜 설치하며 필요시 청소 또는 교체할 수 있도록 탈착이 가능한 구조로 한다.

표면적 : 129m²/m³ 공간을 : 98.2%

3) FAN & MOTOR

기본적으로 흡입형 Pressure Fan 적용한다. 직경 Ø450, 정압 20mmAq, 풍량 34.3m³/min의 능력을 가진다.

4) 냉풍(최저 조건 기준)

① Keeping 부하시

입구공기 상태 : 2.5°C(95%RH), 3.17kcal/kg, 0.786m³/kg

출구공기 상태 : 1°C(100%RH, ΔT=1.5), 2.665kcal/kg

② Keeping 부하시 : $86.5 \text{ m}^3/\text{min. RT}(110\text{kg}/\text{m}^3. \text{min, RT})$

③ Cooling 부하시 : $29 \sim 43 \text{ m}^3/\text{min. RT}$

5) 전면 풍속

Spray hole의 경우 물방울이 비산되지 않는 정도($3.0\text{m}/\text{sec}$)로 한다.

6) 냉동기(R22 Compressor)

냉동기는 Keeping 부하에 대한 2.5배 정도 능력의 냉동기를 선정하며, Cooling down 부하의 기준으로는 2.5~3배 정도까지 선정할 수 있다.

Cooling 부하 : 1052.7 kcal/h

Keeping 부하 : 1056.4 kcal/h

본 장치에서는 $1056.4 \times 3 = 3169.2$ 가 되므로 여유를 주어서 5190kcal/h 의 밀폐형 냉동기(3HP)를 채용한다.

7) 냉각코일의 1circuit 길이

Keeping시 코일의 말단부에 $7\text{m}/\text{s}$ 의 냉매가스 유속을 확보하며, Cooling down시에는 $17\text{m}/\text{s}$ 를 확보한다.

$5/8"$ C1220T, Al Plate Fin Coil(fin pitch=10mm) 사용

Keeping 부하시

전열면적 : $3.97 \text{ m}^2/\text{circuit}$

코일길이 : $7.8 \text{ m}/\text{circuit}$

8) 순환수(循環水) 펌프

순환수 펌프는 Line Pump를 채용하며 본 냉각기에는 다음의 pump를 설치한다.

$\varnothing 32 \times 68.6\text{lit}/\text{min} \times 0.4\text{kW} \text{ --- 1set}$

9) 수조 및 외형

① 전체적인 Main Frame은 구조용 형강 L-40×40×3 또는 L-50×50×6을 사용하며 Base Frame은 $\text{t} - 75 \times 40 \times 5 \times 7$ 이상을 사용한다. 외부 철판은 아연도 철판 $\text{t} 1.6$ 이상 또는 녹이 슬지않는 다른 재질을 사용할 수도 있다.

② 수조는 하부에 $\text{t} 3.2$ 철판으로 제작되며 수동과 자동급수가 가능하게 한

다. 제작 후 방청페인트를 칠하여 녹이 슬지 않도록 한다. 출구측에는 이물질이 펌프로 들어가지 않도록 wire net를 설치한다.

③ 충전물은 Fan의 영향을 받지 않도록 견고히 제작하여 설치하며, 탈착이 가능한 구조로 제작한다.

④ 스프레이 노즐은 청소가 가능하도록 점검창을 설치한다.

⑤ 상부의 송풍기는 전면으로 냉기가 취출되도록 설치한다.

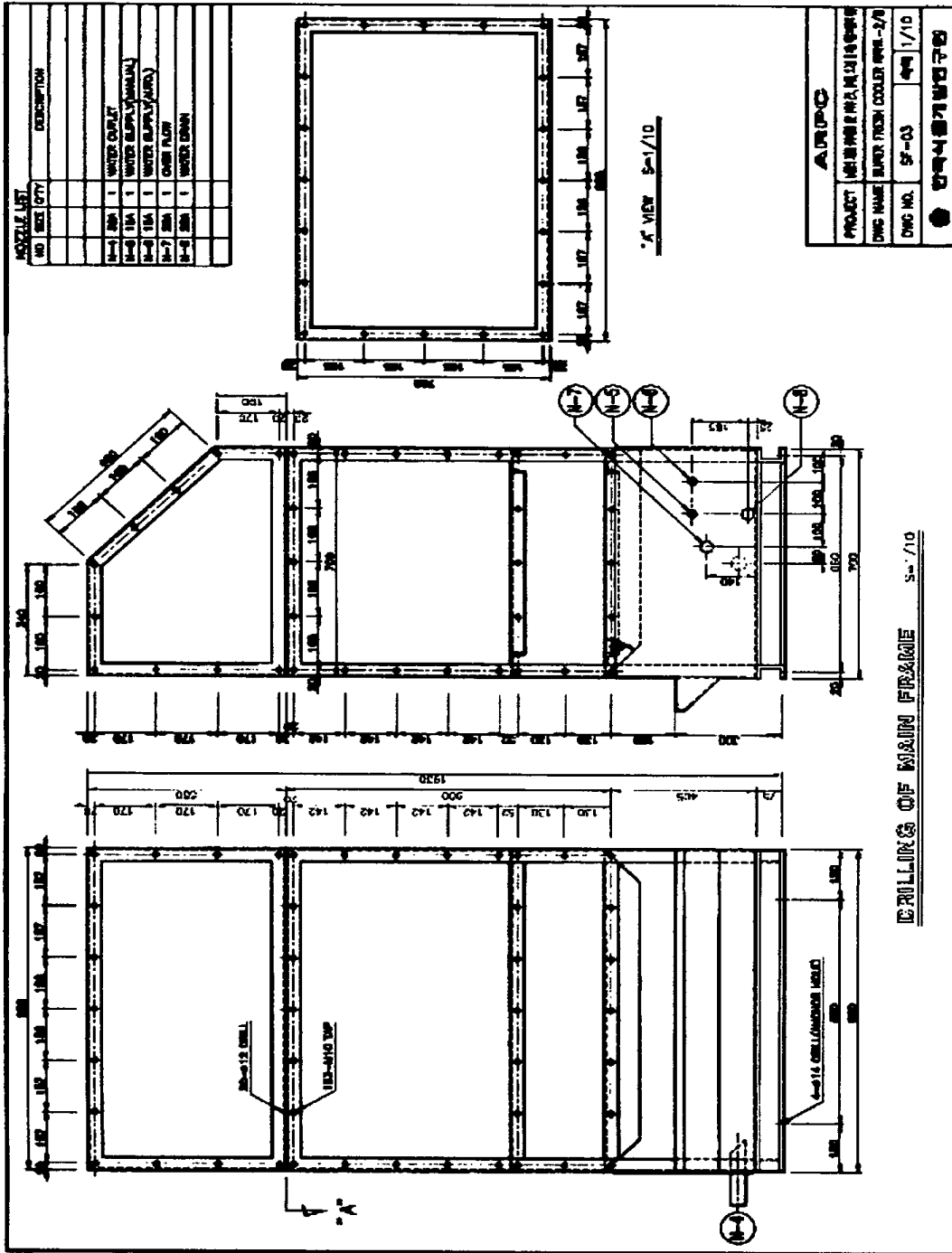
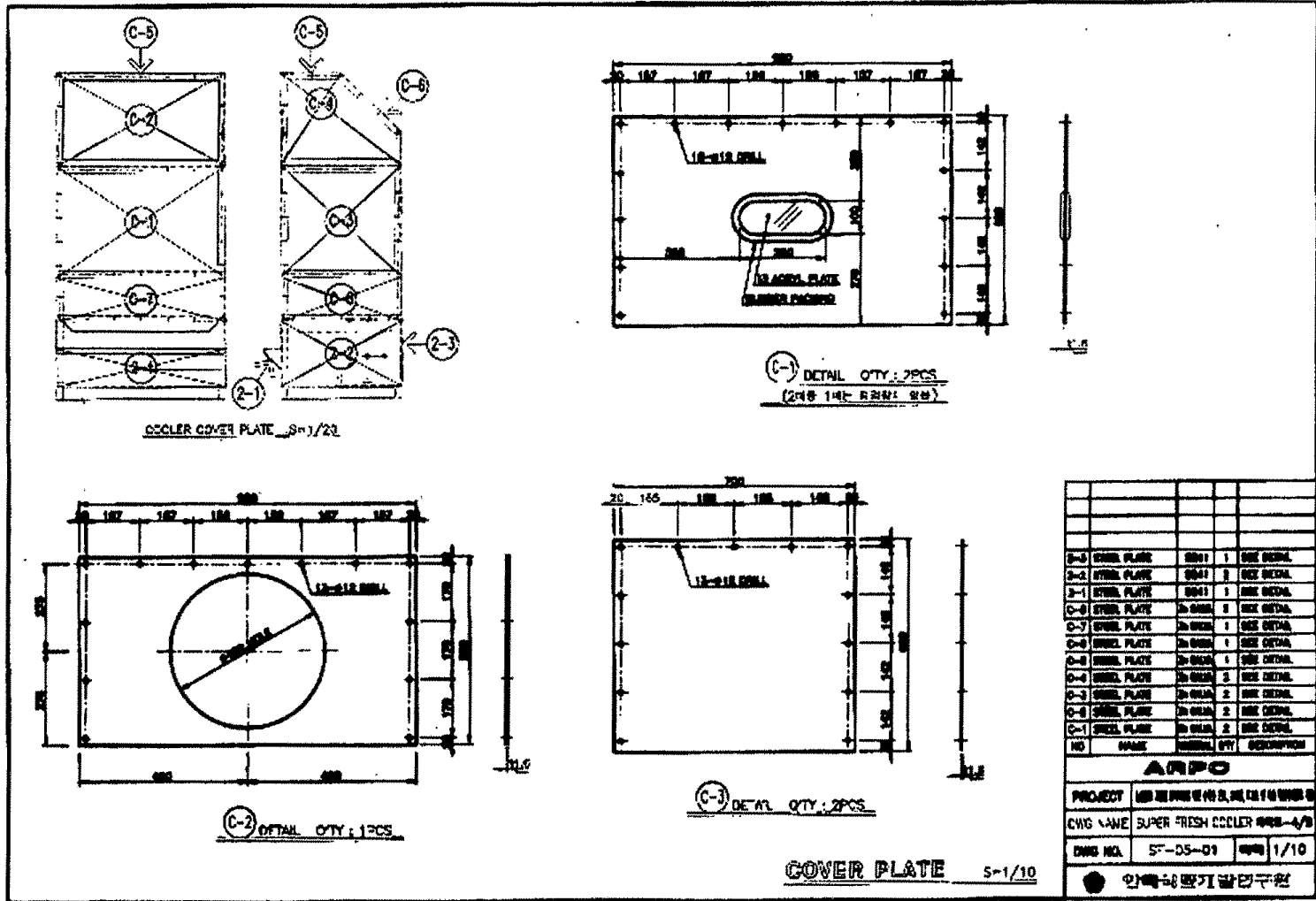


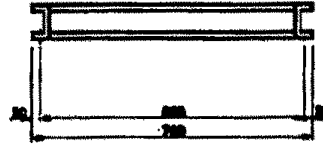
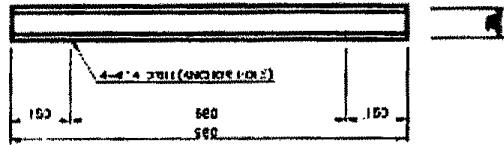
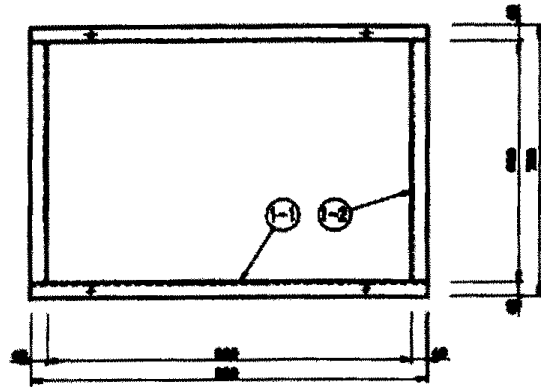
Fig.34. Drawing for manufacture of humidifying system.

(b)



COVER PLATE 5-1/10

(c)

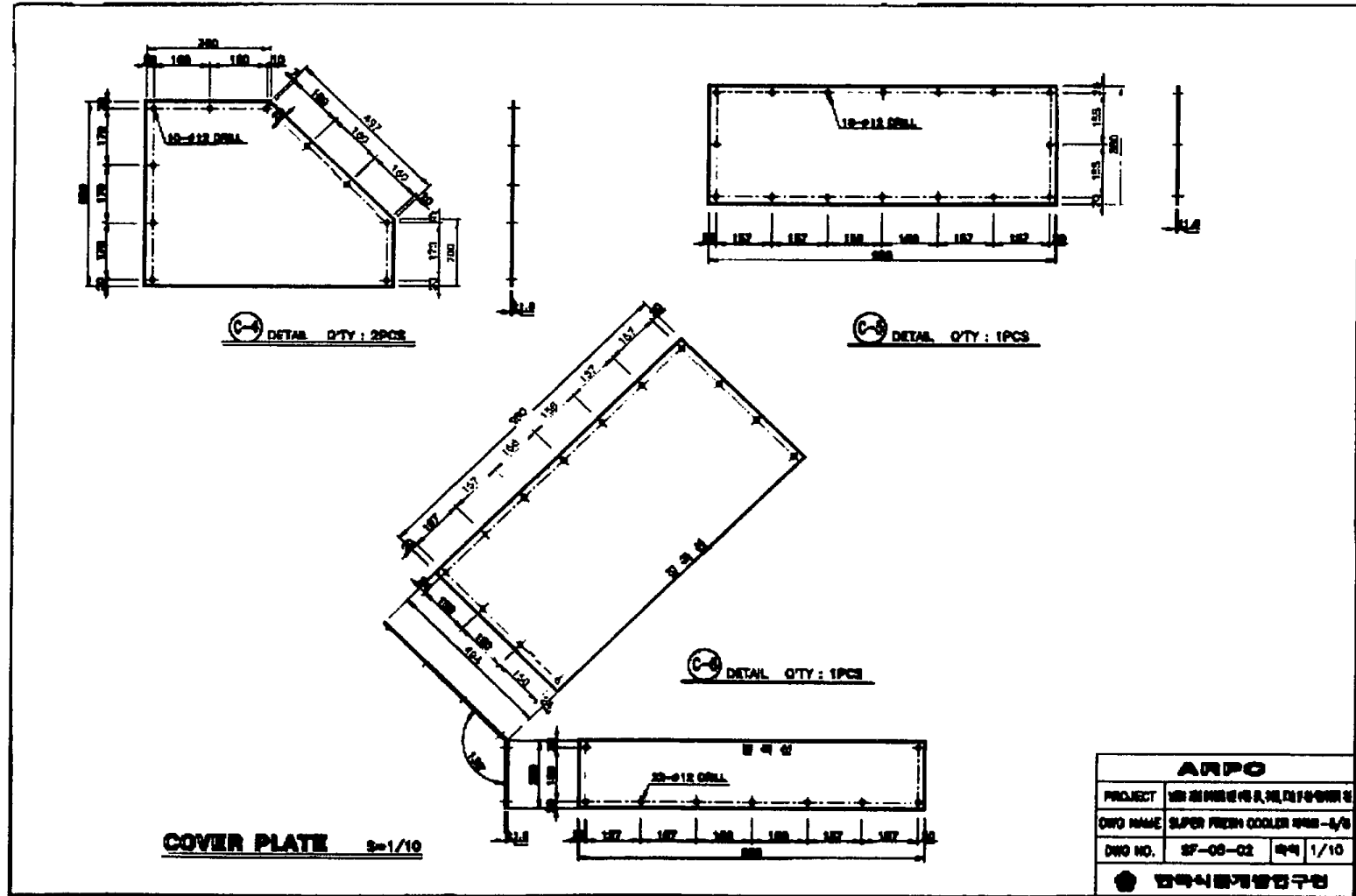


NOTE

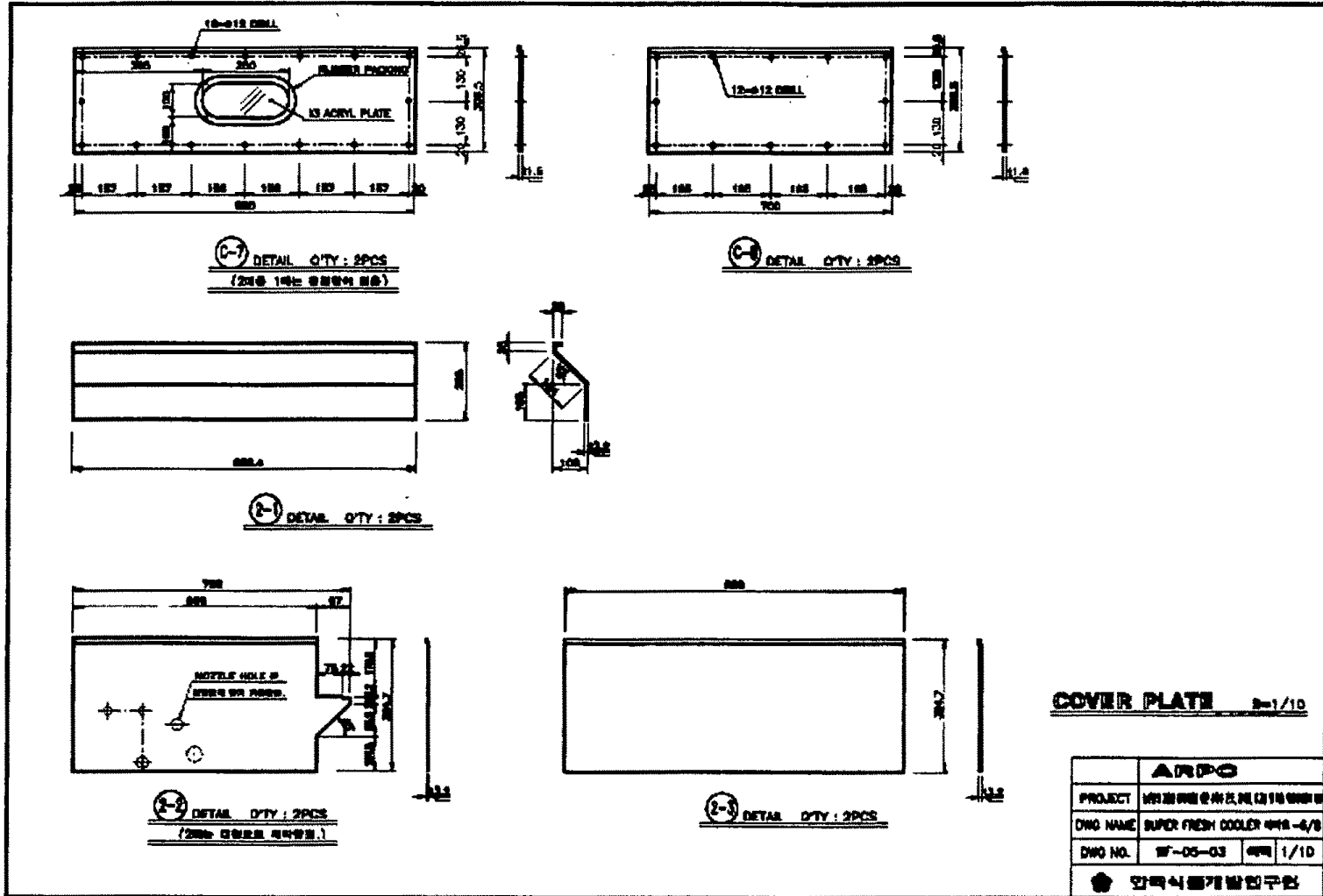
- 돌린 후 송풍기를 잘 열어내고 불필거한다.
- 발할때인은 2회 할한 후 UNIT 포함작업한다.
- 제작수량 : 1SET

1~2	E-75x4C4x7	2541	2 1422
1~1	E-75x4C4x7	2541	2 1403
NO	NAME	AMOUNT	REMARK
ARPO			
PROJECT	신원주택공회차(2078)공회차		
DWG NAME	SUPER FREEN COOLER 차림-3/8		
DWG NO.	SP-04	페이지	1/10
안원씨엔지니어링주식회사			

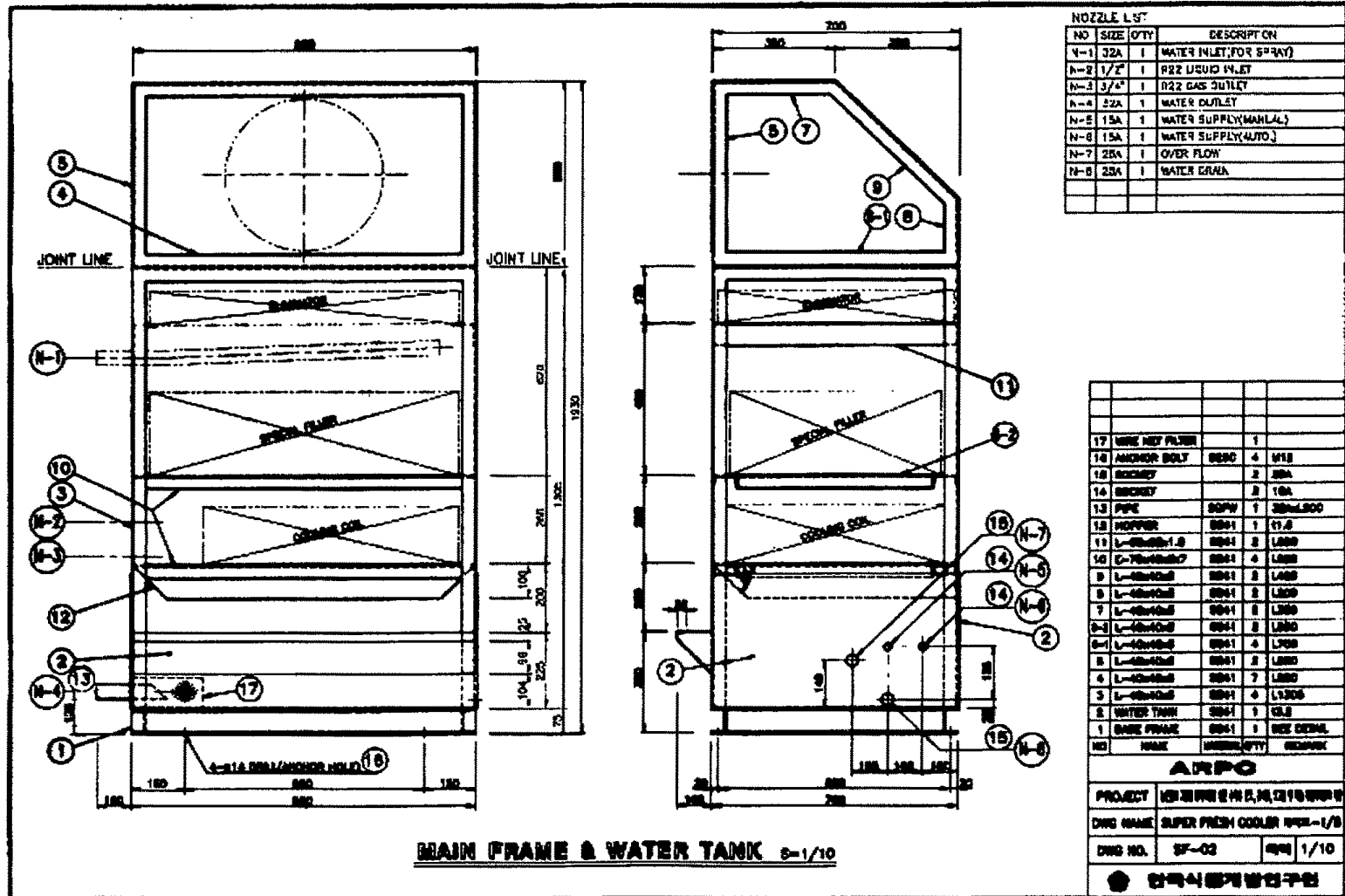
(P)



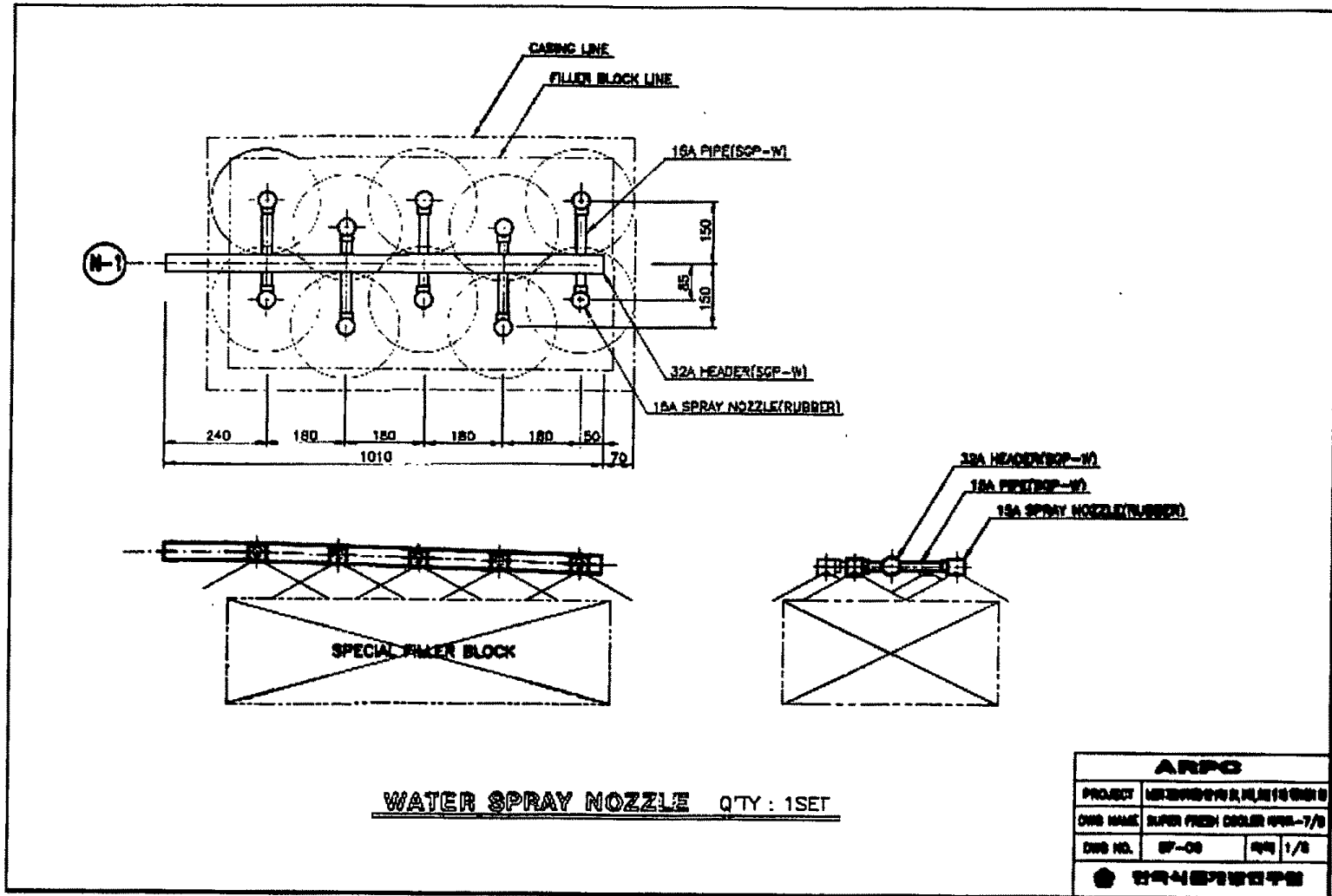
(a)



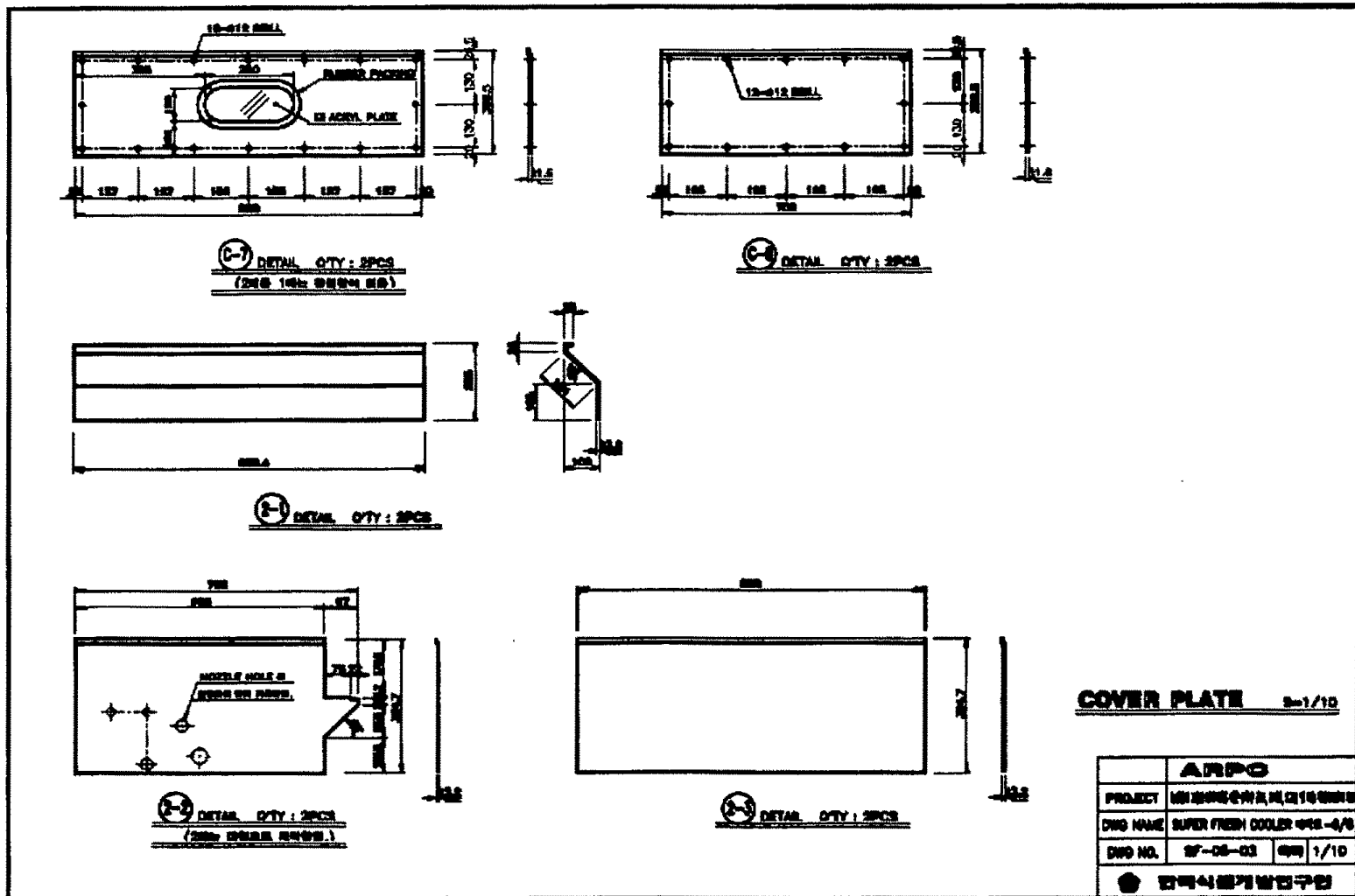
(f)



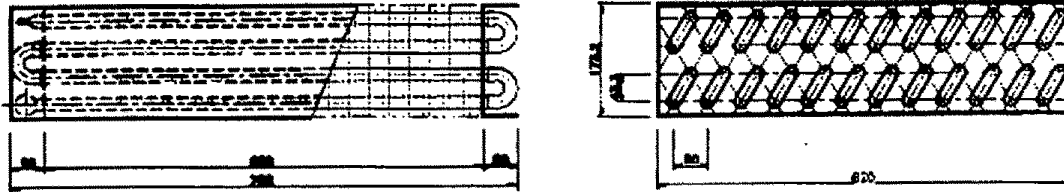
(B)



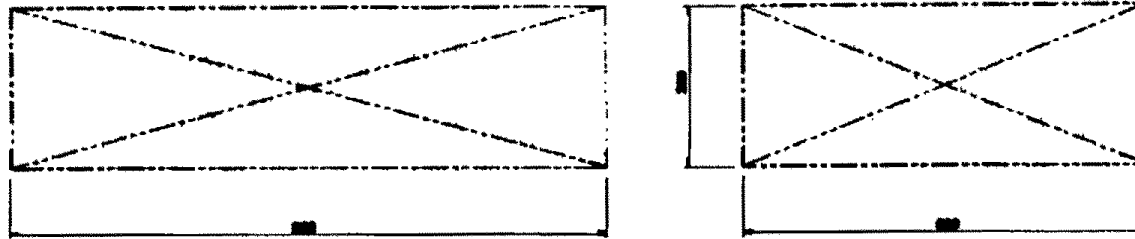
(h)



(1)



COOLING COIL BLOCK Q'TY: 1SET
5/8" x 4R x 125 x EL650 FIN PITCH=10mm
TUBE : KSD5331 C1220T FIN : AL. 10.15



특수충진물(SPECIAL FILLER)
 납작한 충전재와 유사한 PVC재의 통기가 원활하며, 고체가 들어갈
 구조의 특수충진물 통충량. Q'TY: 2SET(SPARE 1SET)

ARPO			
PROJECT	냉장고 냉동장치 R, R, 210000000		
DWG NAME	SUPER FRESH COOLER 부품-4/8		
DWG NO.	SF-07	쪽수	1/8
한익시스템개발연구원			



Fig.35. Installation of humidifying system in cold store.

여 백

제 3 절 가습장치의 큐어링시설에의 적용

1. 개요 및 원리

큐어링은 원래 치료하는 의미로 고구마, 감자 등에 많이 이용되는 것으로 수확 후 고온다습한 상태에서 상처부위에 콜크층을 형성하게하여 흑반병균 등의 침입을 방지하는 것을 목적으로 한다. 큐어링 처리조건은 32~35℃의 온도에서 85~90% 상대습도가 적합하며 온풍장치의 출구풍속은 2.5~3m/s 내외가 적합하다.

큐어링 처리실은 예건실과 함께 다목적 전처리실로 활용하여 가동을 제고 및 경제성을 고려하였다. 기계장치는 냉각용 웬코일 유니트쿨러를 이용하여 예건 전처리 기계장치와 같이 열원을 냉동사이클의 역운전으로 32~35℃로 자동제어가 가능 하게 하여 별도로 독립된 것이 아니라 유니트쿨러와 일체화하여 장치의 제작비를 최소화하고 별도의 공간이 필요치 않아 효율성을 높일 수 있다.

2. 시스템 설계 및 제작

시스템은 앞에서 개발한 가습시스템을 열펌프식 냉각시스템과 조합하여 열풍공급과 가습이 동시에 가능하게 하여 필요에 따라 큐어링시설에서 요구하는 온습도 조건이 가능하도록 구성하였다. 그리고 시스템은 운전 조건에 따라 온습도 조절과 가열 및 냉각이 선택적으로 자동제어가 가능하게 구성하였다. (그림 참조).

○ 기본 조건

- 피 대상물 : 고구마, 양파등
- 온습도 조건 : 20~45℃, 80~95% RH

풍속 : 2~3.5m/s

파이로트 시설 규모 : 3m × 4m × 2.5m = 30m³

수용능력 : 3.7M/T

소요열량 : 3,510 kcal/h

소요동력 : 4.4 kW

환기풍량 : 2.6m³/min

제습량 : 0.07kg/min

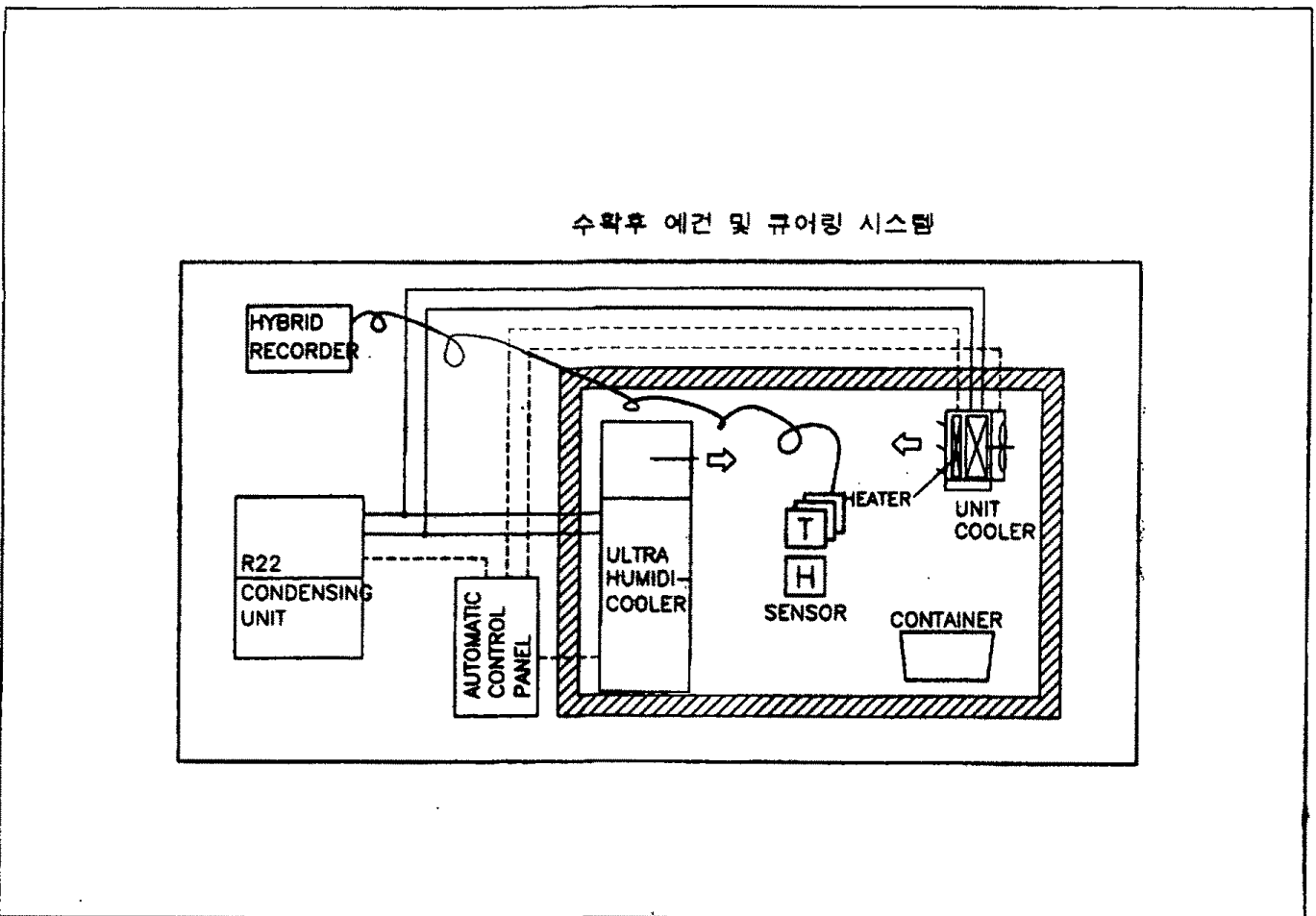


Fig. 36. Combined curing system with heat-pump type evaporator and super-fresh cooler.

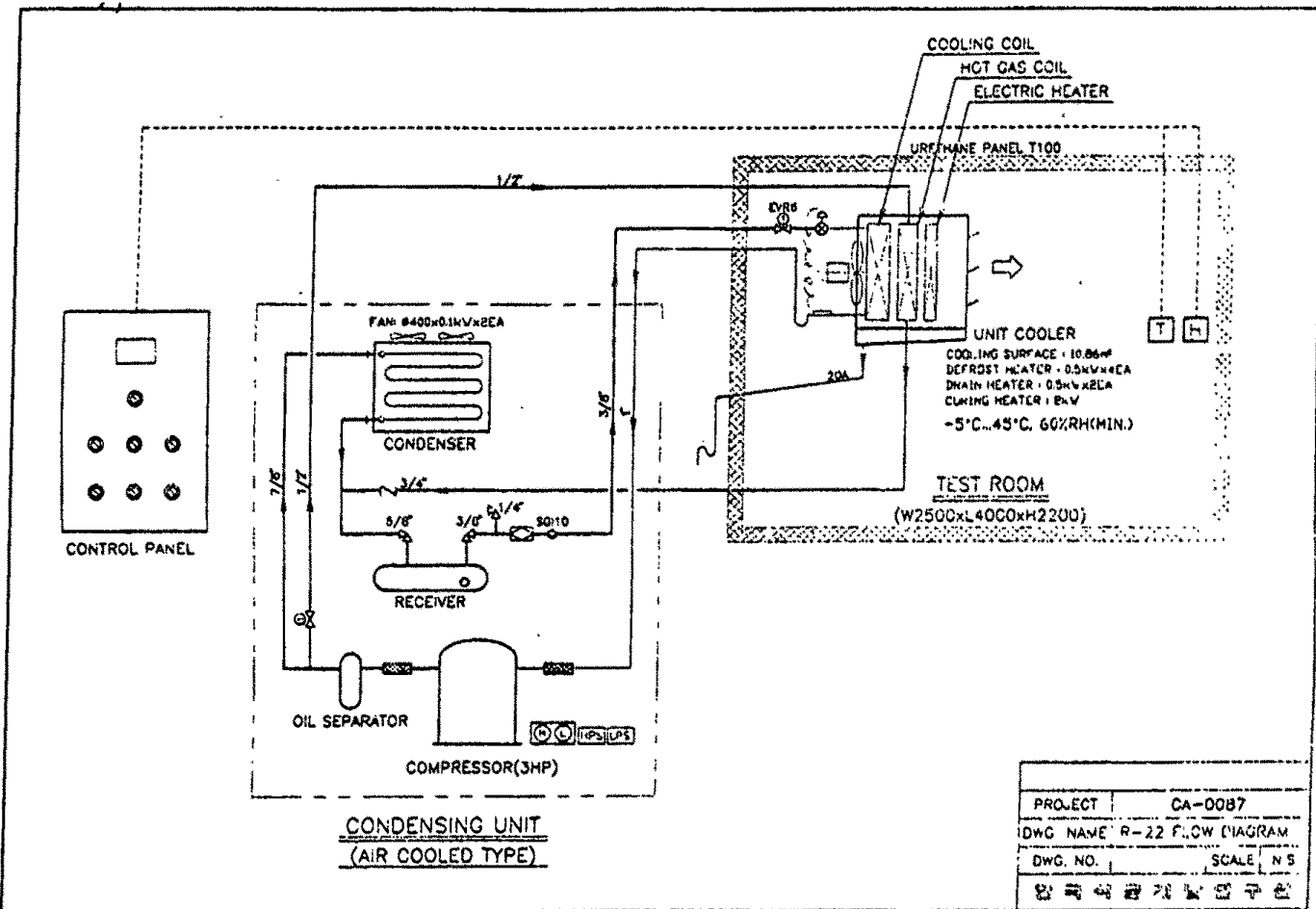


Fig. 37. Flow diagram of combined curing system with heat-pump type evaporator and super-fresh cooler.

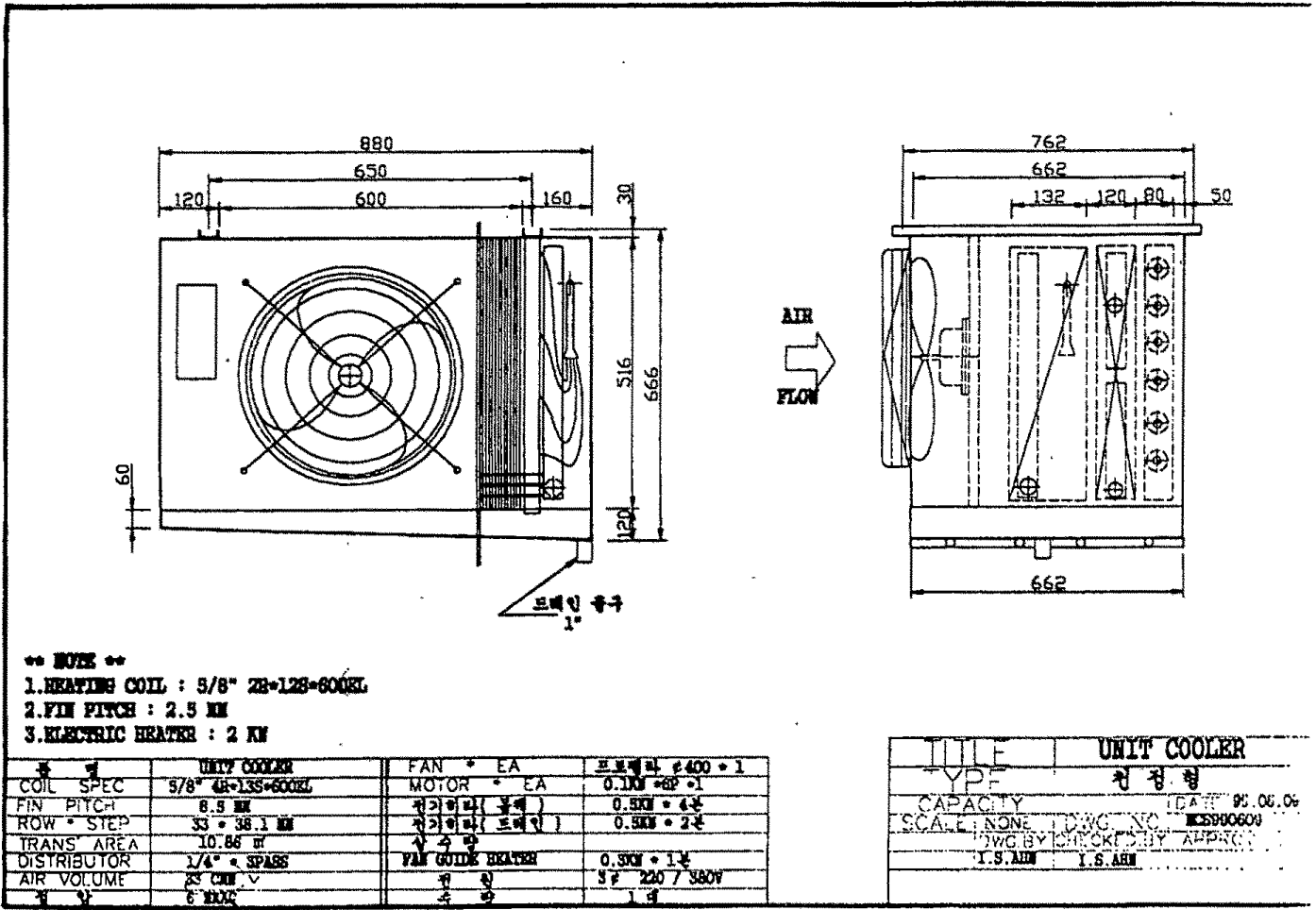
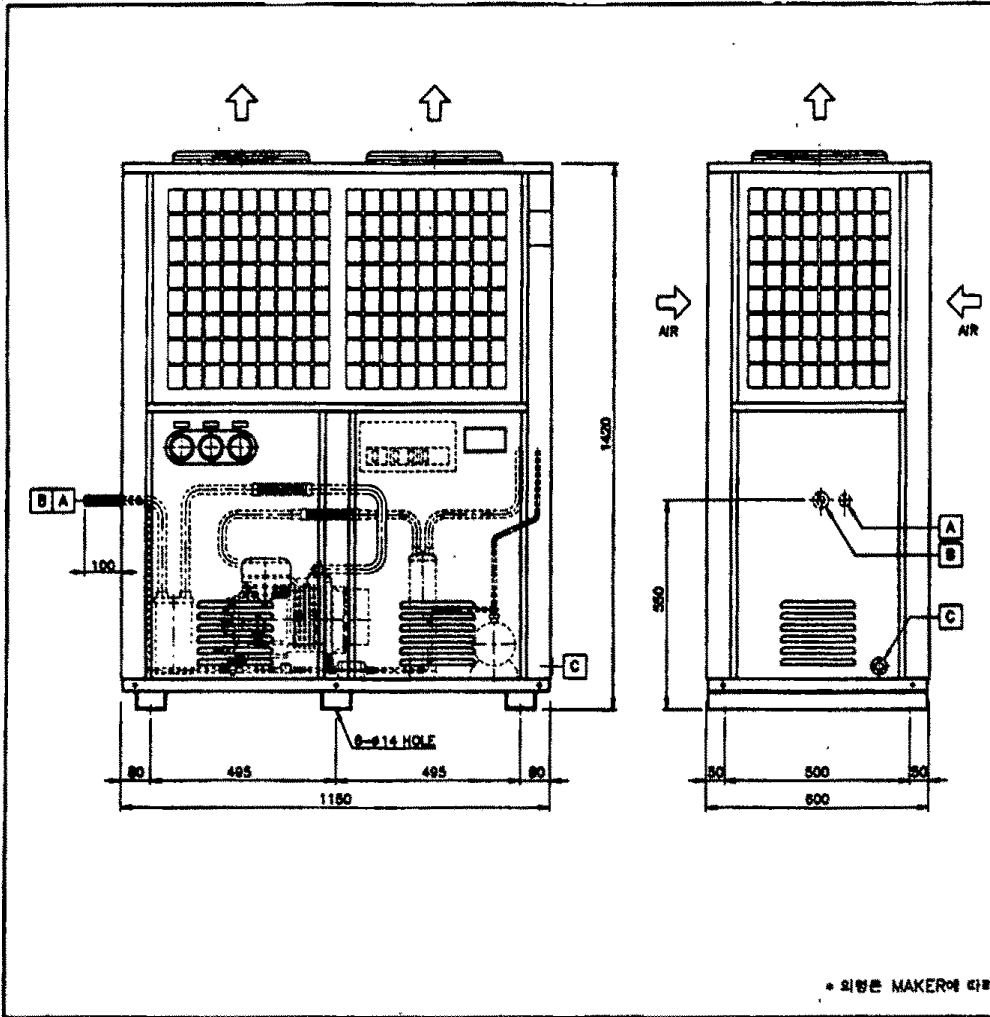


Fig. 38. Drawing for manufacture of combined curing system with heat pump type evaporator(evaporator).

SPECIFICATIONS

ITEM	DESCRIPTION
COMPRESSOR	TYPE SEM-HERMETIC / R-22
	POWER 4.0KW x 380V x 4P
	LOAD 8.020kcal/h(Te/To=-12/50°C)
CONDENSER	COIL C1220T 3/8"
	FIN Al 10.115 PITCH=2mm
	FAN AIR VOLUME 1000MM
	ø400 x 0.1KW x 6P x 2EA
CASING	11.6 STEEL PLATE
NOZZLE	A 3/8" R22 LIQUID OUTLET
	B 7/8" R22 GAS INLET
	C POWER CABLE
QTY	1SET / NO.2 ROOM

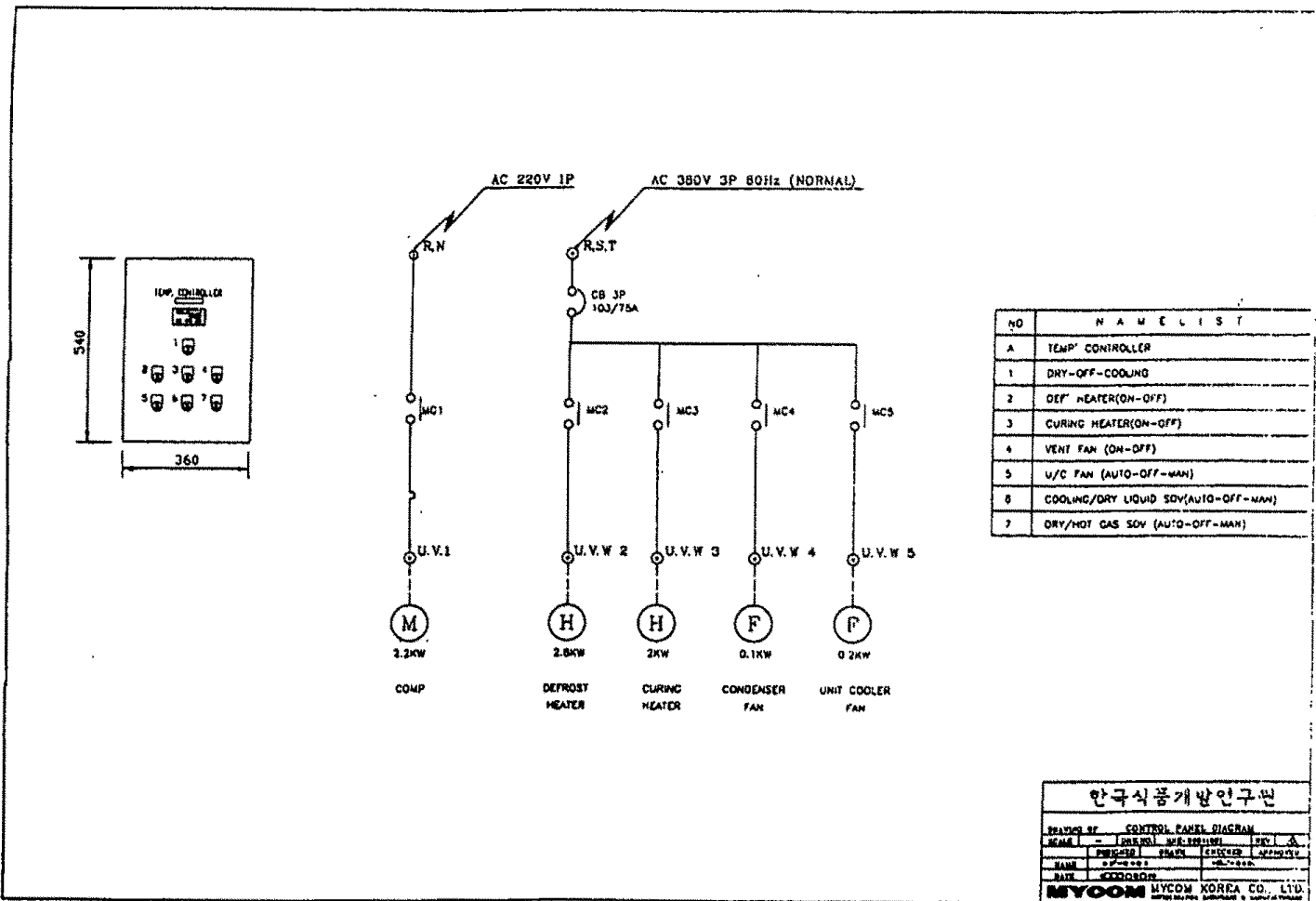


215-029

능가형 저온저장고 표본설계도	
모델번호	한식선 CS - 20 - P
도형명	CONDENSING UNIT(4.0KW)
도면번호	M-20-00
페이지	1/10
능 가 형 부 · 한식식품개발연구원	

• 외형은 MAKER에 따라 변경 될수도 있음.

Fig. 39. Drawing for manufacture of combined curing system with heat pump type evaporator(condensing unit).



NO	NAME LIST
A	TEMP. CONTROLLER
1	DRY-OFF-COOLING
2	DEF. HEATER(ON-OFF)
3	CURING HEATER(ON-OFF)
4	VENT FAN (ON-OFF)
5	U/C FAN (AUTO-OFF-MAN)
6	COOLING/DRY LIQUID SOV(AUTO-OFF-MAN)
7	DRY/HOT GAS SOV (AUTO-OFF-MAN)

한국식품개발연구원			
DRAWING NO. CONTROL PANEL DIAGRAM			
NAME	DESIGN	DATE	REV. A
NAME	DESIGN	DATE	REV. A
NAME	DESIGN	DATE	REV. A
MYEON MYEON KOREA CO., LTD.			

Fig. 40. Drawing for manufacture of combined curing system with heat pump type evaporator(controller).

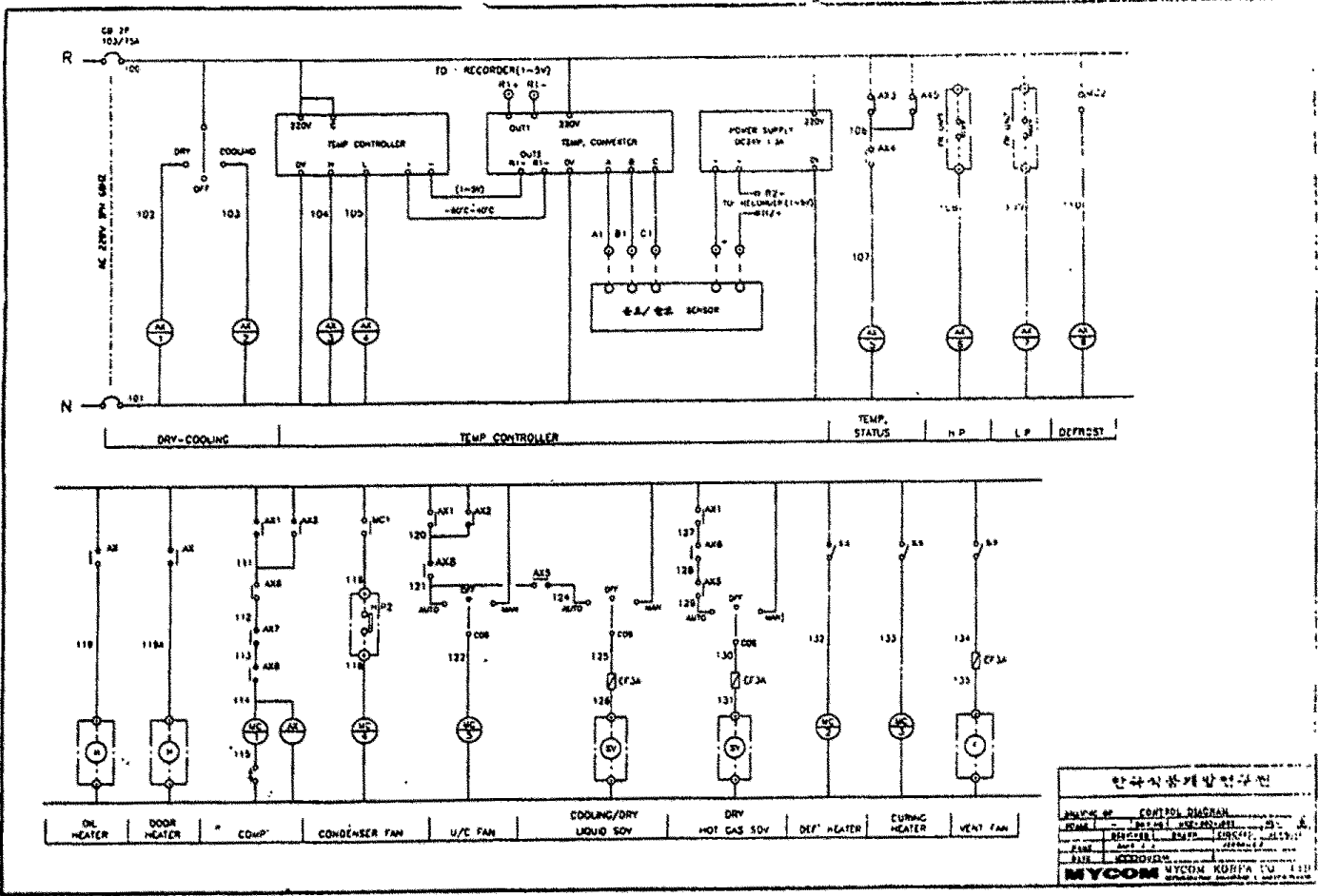


Fig. 41. Drawing for manufacture of combined curing system with heat pump type evaporator(controller).

Table 15. Comparison of conventional and developed cold stores

		Conventional	Developed	
STORAGE ROOM	DEMENSION	L4000×W3200×H2100	L4000×W2500×H2200	
	MATERIAS	polyurethane panel	polyurethane panel	
	AREA	11.88m ²	10m ²	
CONDENSING UNIT	COMP	3HP×220V×60HZ	3HP×220V×60HZ	
	FIN	AI. FIN	AI. FIN	
	FIN PITCH	5M/M	2.5M/M	
	FAN& MOTOR	Ø350×0.4KW×2SET	Ø400×0.1KW×2SET	
UNIT COOLER	MODEL	USG-020	DUCO-030	
	AIR VOLUME	30CMM	3 CMM	
	COOLING SURFACE	8.26m ²	10.86m ²	
	HOT GASHEATING COIL	-	5/8"×2R×12S×EL600	
	FAN & MOTOR	Ø350×0.1KW×4P×H540	Ø400×0.1×KW×6P×1 SET	
	DEMENSION (mm)	L670×W290×H540	L880×W662×H516	
	HEATER	DEFROST	0.5KW×5EA	0.5KW×4EA
		DRAIN	0.5KW×1EA	0.5KW×2EA
		FAN GUIDE	0.5KW×1EA	0.3KW×1EA
	ELEC HEATER (COIL형)	-	2KW×1EA	
REFRIGERANT		R-22	R-22	

여 백



Fig. 42. Local installation of heatpump type- curing apparatus

여 백

제 4 절 성능 및 농산물에 대한 현장 적용시험

1. 무부하 상태에서의 온습도 유지시험

가. 가습능력

1차 성능시험은 저온하에서 습도유지상태를 측정한 바 아래 Fig.43 과 같이 상대습도 97-98%를 유지시킬 수가 있었다. 그림에서 보는 바와 같이 기존 저온저장고의 경우는 운전중 온습도 변화폭이 크나(Fig.45), 본 연구에서 개발한 가습장치겸 증발기를 채용한 경우는 온도와 습도의 변동폭이 거의 없는 것으로 나타냈다.

나. 가온능력

농산물의 수확후 예건 및 큐어링을 위한 장치개발로 저온저습 저장품인 마늘 양파등을 저장 적정 실내습도가 70~75%이므로 저장고 입고시 예건처리를 할 필요가 있다. 한편 고구마등 근채류의 경우 큐어링 처리를 위해서는 38℃ 내외의 온도로 가온시키면서 85% 이상의 고습조건을 조성하여야 한다. 따라서 본 시스템에서 특히 가습시스템의 경우 85% 이상 고습조건 조성에 어려움이 없기 때문에(가습장치 편 참조) 가온조건에 대한 성능시험이 이루어졌다. 시험결과 그림에서 보는 바와 같이 운전 개시후 15분후에 40℃에 도달하였으며 평균 실온이 44℃로 예건이나 큐어링 적정 온도인 38℃ 이상의 가온이 가능하여 시스템의 현장 적용은 무리가 없는 것으로 사료되었다

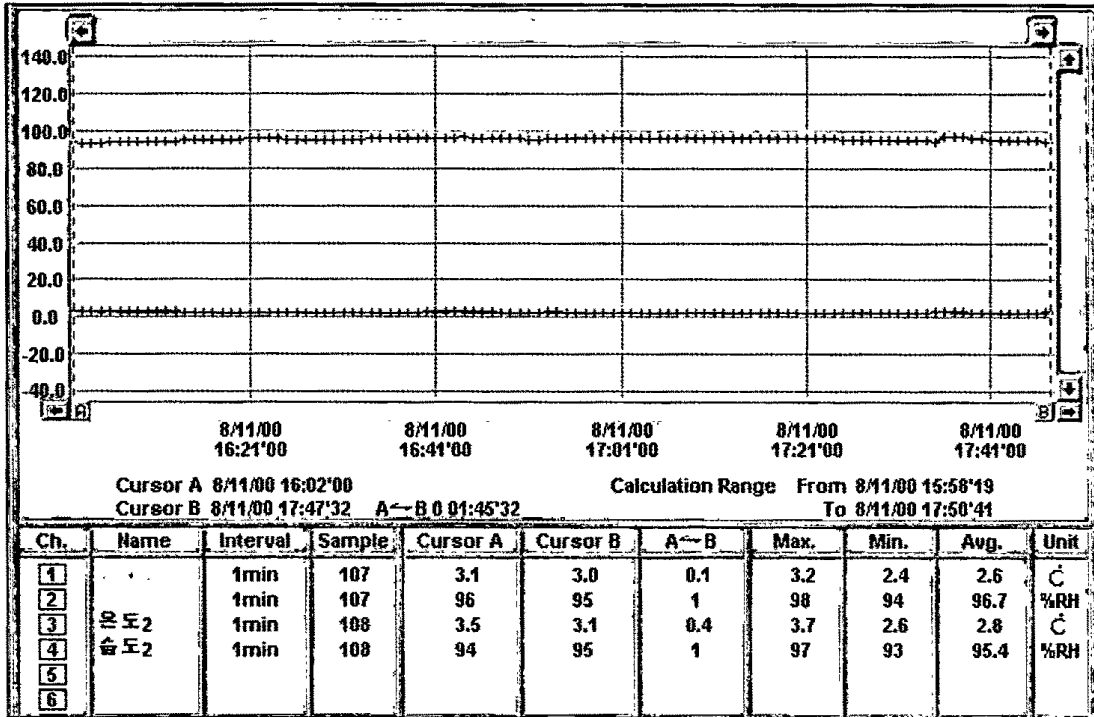


Fig.43. Temperature and humidity control of cold store by developed system(outside temp. and R.H : 31°C, 64%RH)

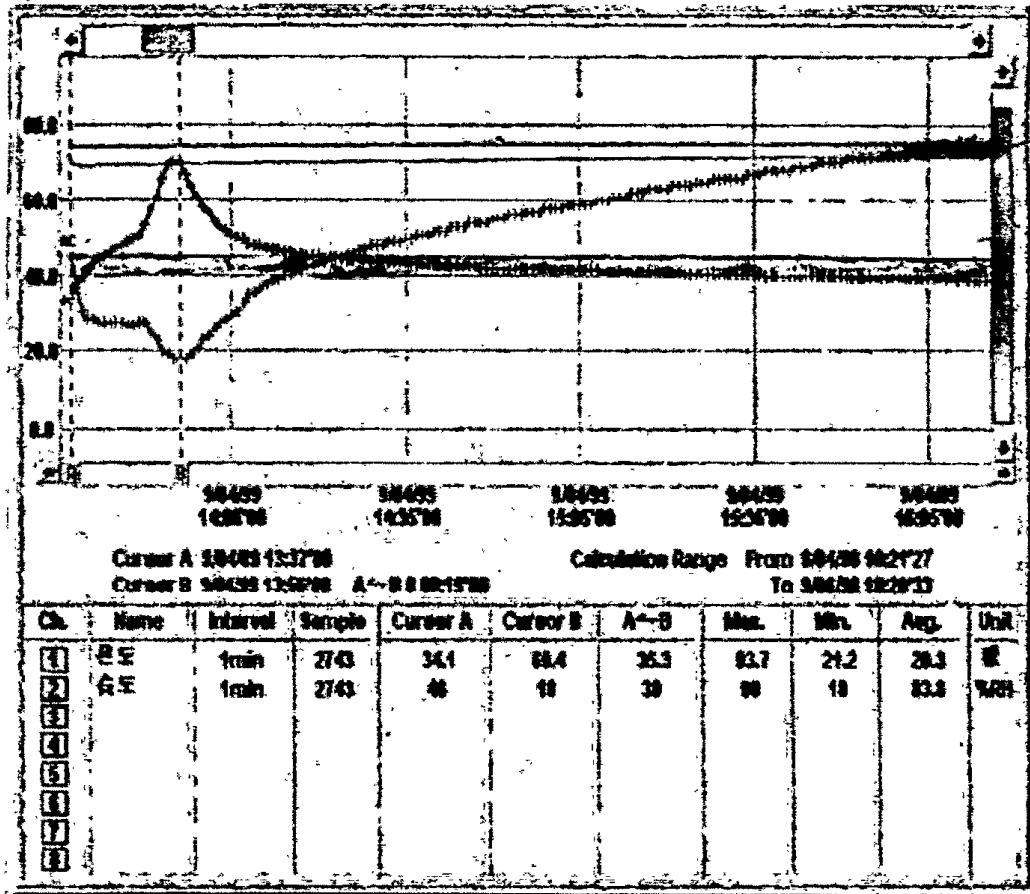


Fig.44. Heating test for curing room by combined curing facilities

Outside temp. and R.H : 27. °C, 63%

Initial room temp. and R.H : 33°C, 49%

Temp. and R.H in the room during operation : 44°C, 53%.

2. 농산물에 대한 현장 적용 시험

가. 배추

1) 재료 및 방법

배추 저장 시험에 사용된 배추의 품종은 고랭지 여름배추로 대관령 지방에서 재배된 것을 사용하였다. 배추 1개의 생체 중량은 1.2 ~ 2.9kg, 길이는 23 ~ 36cm, 장직경은 135 ~ 217mm, 단직경은 100 ~ 130mm 였다.

가습장치 성능 시험을 위해 배추는 저장고 온도를 2℃로 조절하고 일반저온 저장고와 비교하였다. 배추는 플라스틱 상자(540mm(W)×360mm(L)×220mm(H))에 세포기씩 횡으로 담아 보관하였다. 저장고내의 상대습도는 super-fresh가 95% 내외, 일반저온저장고는 68.2~90.2%를 나타내었다.

2) 결과 및 고찰

본 연구에서는 1차적으로 가습시스템이 엽채류의 보관에 있어서 습도 유지를 통해 일어나는 저장성 연장 효과를 조사하고자 하였다. 1차적으로 외관 변화와 함께 감모율과 품질(환원당, 비타민 C, 클로로필색소 등)을 평가하였는데 전반적으로 super-fresh시스템에서 신선한 상태를 보여주었으며 그 중 감모율의 변화는 아래와 같다(Table 16).

여름배추 저장은 7~8월 장마철과 기상변동에 따른 배추 수급불균형을 조절하기 위해 행해졌다. 여름 배추의 경우는 호흡속도가 왕성하고 조직이 취약하여 저장성이 취약한 것으로 보고되고 있다.

Table 17~18은 여름 배추를 처리구 별로 저장하였을 때의 정선 손실과 환원당 함량의 변화를 나타낸 것이다.

표에서 보면 P-box에 배추만 담아 일반 저온저장고에 저장한 경우는 40일 후에 감모율이 15.22%였으나 Super Fresh는 1.34%로 감소가 거의 일어나지 않았다.

저장 후 정선 손실은 40일 후에 기존 저장고에서는 21.26%로 나타났는데 Super Fresh에서는 13.26%로 낮게 나와 감모손실 억제에 효율적으로 적용이 가

능하였다.

김치 제조 시 맛에 영향을 주는 환원당은 저장 초기 16.99 mg/g에서 40일 후에는 11.15 ~ 12.89 mg/g으로 감소하였다. 전반적으로 볼 때 기존 저장고에 저장된 경우에 비해 Super Fresh적용구가 환원당 유지에 긍정적으로 나타났는데 이는 저장에 필요한 저장 온습도 조건이 조성되어 선도 유지에 적합한 것으로 사료된다

Table 16. Changes in the weight loss of summer Chinese cabbage stored at 0°C. unit : %

Treatment	Storage period(days)				
	0	10	20	30	40
control	0	6.14	9.84	13.09	15.22
Super fresh	0	0.48	0.55	1.14	1.34

Table 17. Changes in the trimming loss of summer Chinese cabbage stored at 0°C. unit : %

Treatment	Storage period(days)				
	0	10	20	30	40
Control	0	8.23	11.29	14.34	21.26
Super fresh	0	3.12	5.69	8.09	13.26

Table 18. Changes in the reducing sugar of summer Chinese cabbage stored at 0°C unit : mg/g

Treatment	Storage period(days)				
	0	10	20	30	40
Control	16.99	13.34	12.25	11.89	11.15
Super fresh	16.99	15.22	14.13	13.22	12.89

2. 딸기

1) 재료 및 방법

본 연구에 사용된 딸기는 여봉 품종으로 수확후 바로 저온저장고로 옮겨 보관하였다. 저온저장고의 온습도는 일반저온저장고가 3℃, 상대습도 68.2~90.2% RH, super-fresh부착 저온저장고가 온도 3.0℃, 상대습도 95%±2% RH였다. 보관을 위해 딸기는 Polystyrene tray에 2단으로 적입하여 pvc wrapping을 하였으며 포장단위는 200g±10g이었다. 그외 분석방법등은 앞에서와 같다.

2) 결과 및 고찰

딸기의 경우 보관, 유통중 품질저하에 영향을 미치는 인자는 탈수에 의한 표면광택의 상실, 위조현상, 곰팡이의 생육과 정도, 산도의 변화등을 들 수 있다. 본 연구에서 여봉 딸기에 대하여 두가지 보관 시스템을 이용하여 딸기를 보관한 경우 표 Table 19에서 보는 바와 같이 super-fresh 시스템에서 보관한 딸기가 감모율과 부패율 등에서 양호한 결과를 가져왔다. 특히 감모율에서는 기존 저장고에 비하여 3배이상의 차이를 보여 외관상으로 볼 때 신선하게 나타나는데 기여하였다. 특히 Super Fresh는 수입자가 미세하여 가습조건에서도 딸기 표면에 부착되지 않고 고습을 유지하여 선도 유지에 긍정적으로 작용한 것으로 나타났다.

Table 19. Changes in the weight loss of strawberry during storage at 3℃
unit : %

Treatment	Storage period(day)							
	1	2	3	4	5	6	7	9
Control	0	1.20	1.66	2.34	3.08	4.26	5.12	6.03
Super-fresh	0	0.54	0.89	1.02	1.22	1.34	1.56	1.82

Table 19. Changes in the decaying ratio of strawberry during storage at 3°C,

unit : %

Treatment	Storage period(day)			
	Initial	4	6	8
Control	0	45.14	58.44	77.04
Super-fresh		25.36	42.12	63.34

3. 장미

가. 재료 및 방법

장미(품종:정열)는 재배현장에서 바로 수확한 것을 수확하여 줄기길이를 40cm로 절단한 다음 50송이씩 묶음하여 일반 화원처럼 절화용기에 물을 20cm 정도 채운다음 꽂아 보관하였다. 용기의 물은 3일에 한번씩 교체하여 주었다.

나. 결과 및 고찰

Fig. 45와 46은 장미가 보관된 일반 저온저장고와 super fresh저온저장고의 실험기간중 온, 습도 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보면 앞서 설명한 바와 같이 기존 저온저장고의 경우 운전중 온도 4.9~11.9, 습도 62~97%의 변화를 보인 반면 Super Fresh적용구에서는 거의 변화를 보이지 않음을 알 수 있었고, 특히 일반 저온저장고는 제상구간에 공기 온도가 올라가 고내 증기압 불균형을 유발시켜 표면 증발을 가져올 수가 있으나 Super Fresh는 순환 가동시점을 적용하여 공기 온도와 습도를 균일하게 유지할 수 있었다.

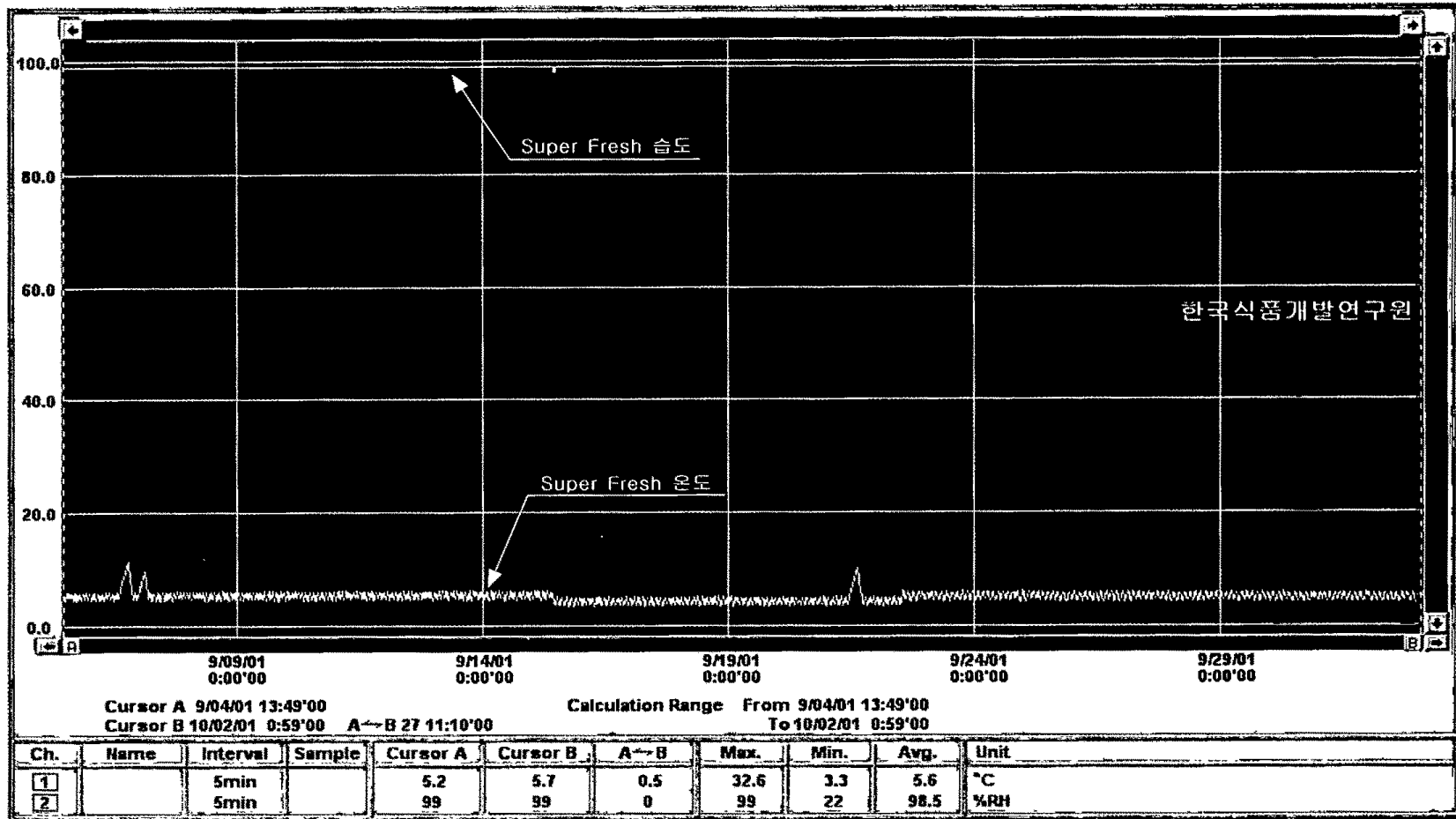


Fig.46. Temperature and relative humidity changes in the cold room with super-fresh system

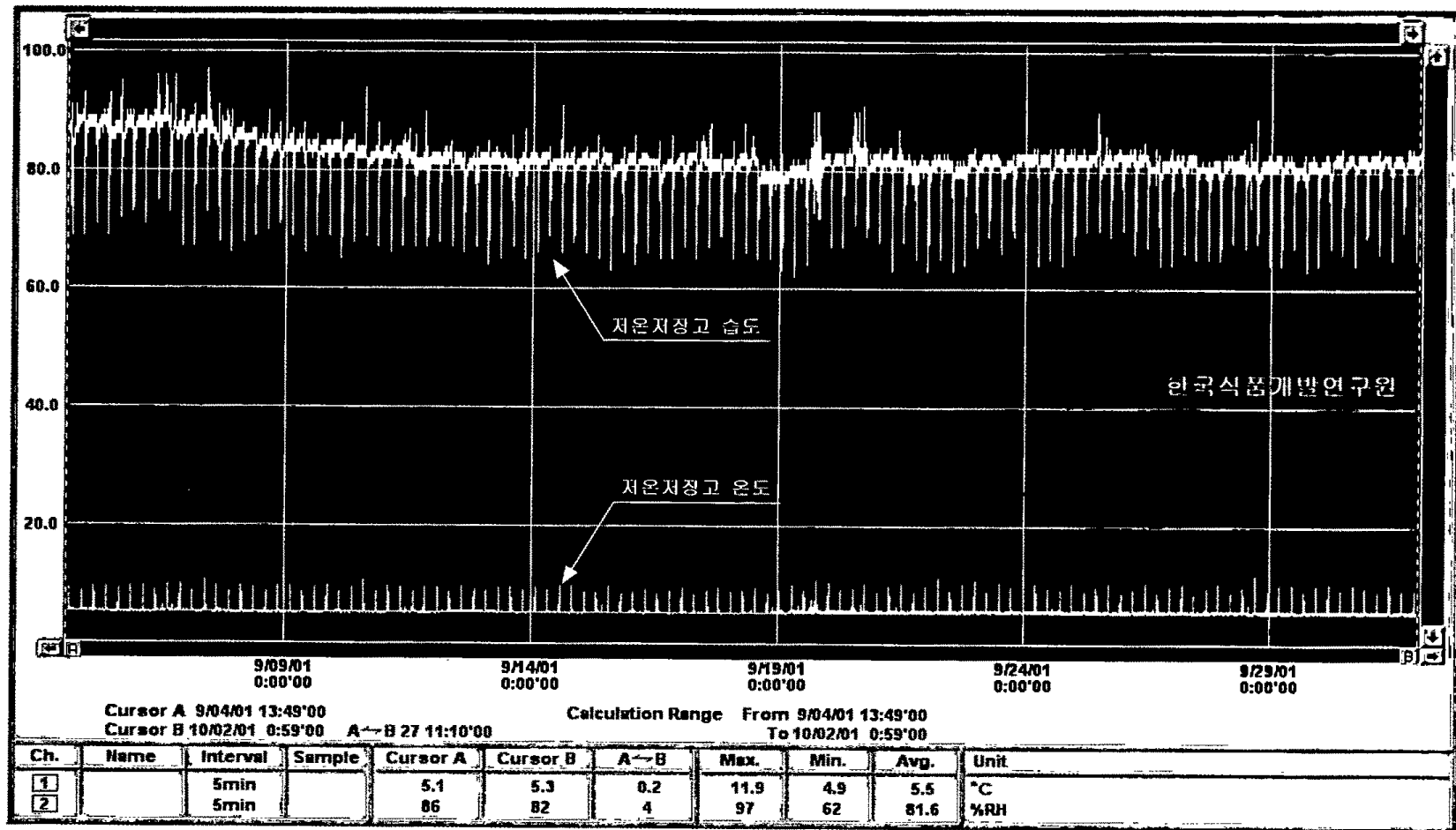


Fig.45. Temperature and relative humidity changes in the conventional cold room

Table 21. Changes in the moisture content of rose flowers during storage at 5°C, unit : %

Treatment	Storage period(day)							
	0	3	6	9	12	15	18	21
Control	88.55	87.71	88.49	86.78	84.58	87.24	85.20	86.99
Super fresh	88.58	87.58	88.90	88.01	89.08	87.96	86.58	88.88

Table 22. Changes in the moisture content of rose leaves during storage at 5°C, unit : %

Treatment	Storage period(day)			
	12	15	18	21
Control	72.97	72.39	73.27	73.24
Super fresh	73.89	72.74	74.87	73.79

Table 23. Changes of hunter L, a, b-value of flowers roses during storage at 5°C

Treatment	Storage period(day)								
	0	3	6	9	12	15	18	21	
Control	L	33.53	34.49	34.00	32.98	35.25	34.14	33.47	33.95
	a	+47.04	+43.40	+44.37	+43.31	+41.96	+44.62	+43.66	+44.45
	b	+17.52	+15.32	+15.27	+15.08	+12.21	+9.93	+10.02	+9.72
Super Fresh	L	33.53	34.46	32.76	35.30	33.64	35.12	35.12	35.61
	a	+47.04	+43.38	+42.13	+47.98	+45.91	+47.04	+45.48	+48.12
	b	+17.52	+16.03	+14.46	+16.52	+14.52	+13.15	+12.51	+11.93

저장중 장미의 품질은 탈색에 의한 위조와 개화진행, 줄기의 굽어짐등으로 나타나는데 표에서 보는 바와 같이 Super Fresh의 경우 고습조건을 일정하게 유지 함으로써 기존 저온저장고에 저장한 경우에 비해 꽃과 잎의 수분을 초기와 같이 유지하여 신선하게 유지가 가능하였다. 저장기간이 경과함에 따라 기존저장고에 저장한 꽃은 개화하지 않은채로 탈색이 되어 상품성이 저하되나 Super Fresh의 경우에는 탈색에 의한 저하는 보이지 않았다. Fig.47는 저온저장고에서 18일 저장한 장미의 상태를 나타내고 있다. 그림에서 보면 Super Fresh의 경우 꽃이 생기있게 유지됨을 알수 있다.



Fig.47. Visual quality of roses after 18 days storage at 5°C conventional and super fresh cooler attached cold room.

여 백

제 4 장 결론 및 요약

농산물중 저장성이 취약한 근채류, 엽채류, 화훼류의 품목별 저장특성에 맞는 조건을 조성하여 현재의 단순 저온저장에만 의존하고 있는 저장여건을 개선하고자 예냉, 예건, 큐어링, 가슴등을 종합적으로 컨트롤할 수 있는 시스템과 관련 핵심기술을 개발하고자 하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 한대의 장치로 냉각능력, 가열능력 및 상대습도를 제어하여 신선농산물을 신속하게 냉각, 예냉, 큐어링, 예건이 가능한 장치가 설계, 제작되었다. 장치의 냉각능력은 24,900 kcal/h, 제습능력은 38 l/h이다.
2. 복숭아에 대한 예냉 시험 결과 25.9℃에서 5℃까지 3시간 이내에 냉각이 가능하였으며 풍량과 정압을 증가시킬수록 냉각속도는 증가하였다. 예냉처리한 복숭아는 7℃와 20℃에 저장한 경우 무예냉처리구에 비해 당도, 감모율, 비타민 C, 외관등에서 30% 이상 우수한 상품성을 유지하였다.
3. 딸기의 경우는 1~1.5시간만에 23℃에서 4℃까지 냉각이 가능하였으며 예냉 처리에 의하여 호흡속도가 억제되고 부패과, 곰팡이발생과가 20% 이상 현저히 억제되었다.
4. 양파를 큐어링 처리한 경우 48시간이내에 증량 기준 3%의 제습이 가능하였으며 큐어링 결과 경도가 증가하고 적색도가 증가하였다. 큐어링처리한 후 4개월간 0℃에서 저장한 결과 대조구는 감모율이 5.3%, 큐어링구는 2.4%, 부패율은 대조구가 3.8%, 큐어링구는 0.5%로 나타났다.
5. 마늘의 경우는 외피 수분 함량 기준 14%까지 제습건조시키는데 3일 정도 소요되었으며 4개월간 0℃에서 저장한 결과 대조구는 감모율이 7.8%, 큐어링구는

4.1%, 부패율은 대조구가 3.6%, 큐어링구는 0.3%로 나타났다.

6. 가습장치의 경우 증발기와 일체화시켜 미스트를 순환시키는 형태로 설계, 제작이 되었으며 99%까지 고습도 조건을 유지할 수 있었고, 저장고내 온도 편차는 0.5℃ 이내를 유지하였다. 본 장치는 저온저장고의 가습은 물론 고구마 등 큐어링 시설과 병행하여 사용이 가능하게 설계되었다. 가습장치의 가습능력은 68.9 ℓ/min 이었다.

7. 배추, 장미, 딸기에 대하여 증발기겸 가습장치를 도입한 현장시험이 수행되었다. 여름배추의 경우 40일까지 저장한 경우 기존 저온저장고에서는 15%의 감모가 일어났으나 본 장치를 이용한 결과 1.3%의 감모가 일어났다. 딸기의 경우는 9일후 기존저장고가 6.0%, 본 장치의 경우 1.8%를 나타내었다. 장미의 경우는 꽃과 잎의 수분 함량이 높게 나타나고 꽃이 시들지 않고 개화가 진행되었다.

8. 본 연구 결과 개발된 냉각겸 제습(큐어링)장치와 가습장치 유닛은 농산물 유통개혁 정책과 더불어 추진되는 저온유통사업과 부합되는 기술로서 현장 보급, 확산을 위해 정부 차원의 시설 설치, 시범사업등에 대한 정책지원이 이루어지는 것이 적절한 것으로 사료된다.

<연구결과의 활용 현황>

1. 특허출원(발명특허) 2건

- 신선농산물의 이동식 예냉예건 겸용 시스템(출원번호 2001-제42399호)
- 농산물의 예냉, 예건, 큐어링을 위한 다목적 기계장치(출원번호 2000-제53851호)

2. 특허출원(실용신안) 1건

- 신선농산물의 이동식 예냉예건 겸용 시스템(출원번호 2001-제22250호)

3. 홍보 실적 8 건

- 농민신문 등 9건(예냉예건 겸용 후레쉬쿨라 개발 관련 자료)

4. 학회발표 1 건

- 차압예냉처리와 저온수송에 의한 딸기의 선도연장(한국농산물저장유통학회 2001. 5)

여 백

제 5 장 참고문헌

1. NSF-(1978) : Report of the Steering Committee for Study on Postharvest Food Losses in Developing Countries. National Research Council, National Science Foundation, Washington, D.C., 206p
2. 김병삼, 정진웅, 남궁배, 김의웅, 조용진 (1994) : 예냉시스템 및 관련기술의 개발 한국식품개발연구원 연구보고서 Dal-0530
3. Harrow, K.M and Hams, S. (1969) : Artificial curing of onions for control of neck rot (*Botrytis alli* Munn, N.Z. JI agrjc. Res. 12:592-604.
4. Stanley, JK. (1991) : Postharvest physiology of perishable plant products, AVI, New York, p.1620.
5. Shipway, M.R.. and Parkin, A. (1984) : Computer control of onion drying and storage, Acta Horticulture, 157, Postharvest handling vegetables, 245-250
6. Williams, A.M., and Wickets, R. (1973) : More work on onion harvesting, Rev. Arthur Rickwood Expl. Hort. Fm. 8:36-42
7. Shipway, M.R. (1974) : Effects of various handling and drying practices on storage. An. Rep. Kinon Expl-Hort. Stn. 11: 76-81.
8. MAFF. (1982) : Bulb onions. Reference book, 348
9. Edward (1960) : Effect of field-curing practices, artificial drying, and other factors in the control of neck rot in stored onions, Technical Bulletin 77, Agricultural Experiment station, Oregon State University, Corvallis
10. Buffington, D.E., Sadry, S.K, Gustashaw, J.C., Burgis Jr. D.S. (1981) : Artificial Curing and Storage of Florida Onions, TRANSACTIONS of the ASAE, 782-788

11. 김동철, 김병삼, 이세은, 정문철, 남궁배, 최문정, 정태연, 정진웅 (1992)
: 농산물의 전처리시스템 개발, 한국식품개발연구원 연구보고서 E-1182-0317
12. 백수봉 (1986) : 마늘 저장병에 관한 연구, 농자원개발논집, 제 11집
13. 김희규 (1997) : 양파 및 마늘의 수확후 부패원인 미생물의 동정과 그
피해, 원예산물의 저장과 유통, 원예저장유통연구회, 8, 51-53
14. 원예저장유통연구회 (1996) : 원예산물의 저장과유통, 원예저장유통연구
회지, 7
15. 박무현(1986) : 마늘의 이화학적 특성이 냉동보호 효과에 미치는 영향과
저온저장에 관한 연구, 중앙대학교 대학원 박사학위논문
16. 조길석, 김현구, 권동진, 박무현, 신호선 : 마늘 oleoresin의 제조 및
저장안정성에 관한 연구, 한국식품과학회지, 22(7), 846(1990)
17. 임호, 이동선, 김정옥, 신동화, 서기봉(1979) : 마늘의 수확후 건조 저
장에 관한시험 연구, 농어촌개발공사 시험연구사업보고, 249
18. 박무현, 고하영, 신동화, 서기봉(1981) : 마늘장기저장방법, 제 1보. 예
건처리 방법과 저장조건이 품질변화에 미치는 영향, 한국농화학회지, 24
(4), 218
19. 이형춘, 김현구, 박무현, 신동화(1984) : 한국산 양파의 부패원인균 확인
및 Botrytis부패에 대한 온도, 습도 및 훈증처리의 영향. 한국산업미생
물학회지, 12(4) 299
20. Suoll, A .and Seeback,E : Chemical investigation on amir1, the speci
fic prumple of garlic, Advan. Enzymol., 11, 377(1951)
21. 김현구, 조길석, 강통삼, 민병용 : 마늘, 고추 및 양파제품의 보존 및
유통방 법 개선연구, 농개공 식품연구사업보고, p.43(1985)
22. Schwimmer S. and G.D. Guadagni, Relation between olfactory threshold
concentration and pyruvic acid content of onion juice. J. Food Sci.,
94,97 (1961)
23. Freeman, G. G. and Mossadeghi, N. : Influence of sulfater nutrition on

- the flavor components of garlic(*Allium sativum*) and wild onion(*A. vineale*), *J. Sci. Fd. Agric.*, 22, 230(1971)
24. Schwimmer, S., D. W. Venstrom and G. D. Guadagni : Relation between pyruvate content and odor strength of reconstituted onion powder. *Food Tech.*, 18(8), 121(1964)
25. Shekib, L. A., Shehata, A. Y. and Shetaha, E. T. : The effect of dehydration on pyruvic acid released from Egyptian onions. *Alex. J. Agric. Res.*, 31(1), 167(1986)
26. 정신교, 최종욱 : 건조방법이 분말마늘의 품질에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, 22(1), 44(1990)
27. Joslyn, M. A. and Sano, T. : The formation and decomposition of green pigment in crushed garlic tissue
28. Framan, G. G. and Whenham, R. J. : The use of synthetic(+)-S-1-propyl-L-cysteine sulfoxide and of allinase preparations in studies of flavor changes resulting from processing of onion(*Allium cepa*, L). *J. Sci. Fd. Agric.*, 26, 1333(1975)