

최 중
연구보고서

고구마의 유통기술 개발 및 농가용
항온·항습저장기술 개발

Post-Harvest Treatments and Storage Technology
for Extending the Freshness of Sweet potato

연구기관

한국식품개발연구원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고구마의 유통기술 개발 및 농가용 항온항습저장기술개발”과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2003. 8. 30

주관연구기관명: 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 정 문 철

연 구 원 : 최 정 희

연 구 원 : 이 호 준

연 구 원 : 김 병 삼

연 구 원 : 임 정 호

연 구 원 : 최 윤 희

연 구 원 : 고 영 관

요 약 문

I. 제 목

고구마의 유통기술 개발 및 농가용 항온항습 저장기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

고구마의 수확 후 급격한 품질저하작용을 억제할 수 있는 저장 전처리 기술, 저장시설, 저장관련 운영기술 및 유통기술을 개발하여 한국산 식용 고구마에 대한 신선도 증진과 상품성 증대를 도모함으로써 고구마 생산농가의 소득 증대와 소비자의 권익 보호에 기여하고자 함

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 고구마의 저장생리특성조사
 - 가. 고구마의 호흡특성조사
 - 나. 고구마의 저장온습도 조건구명
2. 고구마의 저장기술 개발
 - 가. 저장전처리기술개발
 - 나. 농가용항온항습저장기술개발
3. 고구마의 유통기술 개발

가. 살균 및 세척기술 개발

나. 포장기술개발

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 고구마의 저장생리특성 조사 : 고구마의 호흡률은 근채류 중에서 감자와 유사하였으며 생강이나 당근에 비하여는 매우 낮은 수준이었으며, 수확 직후의 고구마를 여러 온·습도 조건에서 저장실험한 결과 12℃, 80%RH에서 저장한 고구마가 다른 조건에 비하여 부패율과 중량감소율을 억제하면서 표면색의 퇴색작용도 억제되는 효과가 있었음

2. 고구마의 저장기술 개발

가. 저장 전처리 기술 개발 : 고구마의 전처리 기술로서 큐어링 기술과 표면 살균기술을 개발하고자 하였음. 큐어링 기술로서는 35℃, 85%RH에서 5일간 큐어링하는 방법이 큐어링 하지 않은 고구마에 비하여 중량감소율을 약 30% 정도 억제하면서 곰팡이 발생율과 짓무름 현상을 약 10배 이상 억제하는 효과가 있었음. 표면살균기술로서는 전해산화수로 1차 세척한 다음 0.03%의 CH 살균수로 분무세척하여 저장하는 기술이 대조구에 비하여 무름병 및 곰팡이 발생율을 각각 0.7~2배 및 2~3배정도 억제하는 효과가 있었으며, 중량감소율의 억제효과는 높지 않았음. 또한 살균처리후 큐어링 하는 방법은 각각의 방법보다 효과적이지 않았음.

나. 농가용 항온항습저장기술개발 : 농가용 항온항습저장기술은 항온고 내부에 습도조절소재로 격실(이하 보습실)을 만든 다음 고구마가 입고된 보습실

외부에서 가습하는 보습실 내부의 습도를 조절하는 시스템으로 실험실 규모에서 제작하였으며, 동 저장시스템은 기존 저장방법에 비하여 곰팡이 및 무름병을 각각 32~36%, 32~52% 정도 억제하는 효과를 나타냄

3. 고구마의 유통기술 개발

가. 살균 및 세척기술 개발 : 전해산화수에 의한 세척·CH살균·코팅하는 방법은 단순 세척 건조하는 기존의 방법과 대비하여 무름병 과 곰팡이 발생시점을 기준으로 약 3배 정도 연장하는 효과가 있었으나 중량감소율과 표면색의 변화는 대조구와 유사한 결과를 나타내었음. 코팅기술은 지용성 코팅물질로 피복한 다음 표면 pH를 1.5의 강산성 조건으로 유지하여 미생물의 2차 오염을 방지하는 기술임.

나. 포장기술 개발 : 고구마의 포장필름으로서는 기공필름이 적당하였으며, 기공의 수는 직경 0.5cm의 기공 9개를 포장지 전면에 일정비율로 배치하는 것이 포장지 내부의 환경습도를 일정하게 유지하면서 유통 중 부패율을 억제하는 좋은 방법으로 판단되었음

SUMMARY

I . Title

Post-Harvest Treatments and Storage Technology for Extending the Freshness of Sweet potato

II . Objectives and Significance

This study was conducted to develop storage technology, storage facility and post-harvest treatments, which inhibit rapid deterioration of sweet potato after harvest. It will contribute to the income of producer and consumer's right by extending freshness and increasing marketability of Korean sweet potato.

III. Contents of Study

1. Respiration and Storage Condition of Sweet Potato
 - Respiratory Characteristics
 - Temperature and Humidity Condition during Storage
2. Storage Technology of Sweet Potato
 - Post-Harvest Treatments
 - Storage Technology for Constant Temperature and Humidity

3. Distribution Technology for Marketability of Sweet Potato

- Washing and Sterilization
- Packaging Technology

IV. Results and Recommendation

1. Respiratory characteristics of sweet potato during storage

Respiration rate of sweet potato is similar to potato and much lower than ginger and carrot among root vegetables. Storage results of sweet potato immediately after harvest on different temperature and humidity showed that sweet potato stored at 12°C, 80%RH has a decreased deterioration rate, weight loss and surface discoloration.

2. Storage technology of sweet potato

- Post-harvest treatments : As pretreatment technology of sweet potato, curing technology and surface sterilization technology were used. As curing technology, sweet potato cured at 35°C, 85%RH showed 30% decreased weight loss and more than 10 times inhibition of mold development and softening rot, comparing to control. As surface sterilization technology, surface treatment with spray washing of 0.03% CH sterilized water after washing with electrolyzed water showed 0.7~2 times and 2~3 times inhibition of softening rot and mold development, respectively. However, inhibition effect on weight loss was not distinctive. Also, curing after surface sterilization was not more effective than each technology.

- Storage technology for constant temperature and humidity

Laboratory scale system with humidity control compartment inside constant temperature room which was controlled on the outside was constructed for storage technology for constant temperature and humidity. This system showed 32~36% and 32~52% inhibition effect on mold development and softening rot, respectively compared with existing methods.

3. Distribution technology for marketability of sweet potato

- Washing and sterilization

Washing by electrolyzed water, CH sterilization and coating showed about 3 times shelf life extension from point of mold development and softening rot, compared with existing methods of simple washing and drying. However, results of surface color and weight loss was similar with control. The coating technology with liposoluble coating material subsequently maintaining surface pH under 1.5 prevents secondary microbial contamination.

- Packaging

Microperforated film was effective as the packaging film of sweet potato. It is concluded that 9 holes with 0.5mm diameter arranging at certain ratio in packaging film can maintain humidity inside the film constantly and inhibit deterioration during distribution.

CONTENTS

SUMMARY	2
Chapter 1. Introduction	5
Chapter 2. Materials and Methods	12
1. Materials	15
2. Prestorage Treatments and Storage Methods	15
3. Quality Analysis	
Chapter 3. Result and Discussion	22
1. Respiration and Storage Condition of Sweet Potato	22
1) Review	
2) Respiratory Characteristics	22
3) Quality changes according to Storage Conditions	23
4) Establishments of Storage condition	29
2. Post-Harvest Treatments of Sweet Potato	34
1) Review	
2) Curing Treatment	35
2) Washing and Sterilization	49
3. Storage Technology for Constant Temperature and Humidity	67
1) Review	68
2) Construction of Developed Storage Room	78
3) Effectiveness of Developed Storage Technology	93
4. Distribution Technology for Marketability of Sweet Potato	98

1) Review	99
2) Washing and Sterilization	107
3) Packaging Technology	141
References	168

목 차

요약문	
SUMMARY	
제 1 장 서 론	
제 2 장 재료 및 방법	
제 1 절 재료	
제 2 절 실험방법	
제 3 절 품질분석	
제 3 장 결과 및 고찰	
제 1 절 고구마의 저장 생리특성조사	
1. 서설	
2. 고구마의 호흡특성	
3. 저장조건별 고구마의 품질변화	
4. 고구마의 저장조건 확립	
제 2 절 고구마의 저장 전처리 기술개발	
1. 서설	
2. 큐어링 기술	
가. 큐어링 조건별 처리과정에서의 품질변화	
나. 큐어링 조건별 고구마의 저장성 검토	

다. 고구마의 큐어링 기술 확립	
3. 세척, 표면살균기술 개발	
가. 살균제의 선정 및 조건 확립	
나. 표면살균기술의 저장효과	
다. 고구마의 순간 표면살균기술	
제 3 절 농가용 향온·향습 저장기술개발	
1. 서설	
2. 습도조절벽의 소재선정 및 운영기술 개발	
가. 습도조절벽의 선정	
나. 가습시스템 결정 및 구축	
다. 적정 배치기술 확립	
3. 실험실 규모의 농가형 향온향습 저장고 실증실험	
제 4 절 고구마의 유통기술 개발	
1. 서설	
2. 살균기술의 검토 및 세척기술 개발	
가. 코팅기술 개발	
나. 코팅과 살균기술의 허들효과	
다. 순간표면살균과 코팅기술	
3. 고구마의 소포장 기술 개발	
가. 포장재질	

나. 포장방법

참고문헌

제 1 장 서 론

고구마는 오랜전부터 감저(甘藷)라 하여 구황작물로 널리 재배되어져 왔으며 주성분인 당질이 감자에 비해 두배 가까운 열량을 내는 고칼로리 식품소재로 비타민 C등의 비타민류와 Ca, K 등과 같은 미네랄 성분과 섬유질이 다량 함유되어 있어通便개선 작용 등의 효과와 zolipin 등의 생리활성 물질이 함유되어 있어 항암작용과 항산화작용 및 혈중 콜레스테롤치의 강하작용 등 약리적인 효과가 알려지고 있다.

고구마는 분류학적으로 쌍떡잎식물 통화식물목 메꽃과에 속하며, 온대지역에서는 일년생으로, 열대지역에서는 여러해살이풀로 분류되고 기원이전부터 중·남아메리카에서 재배한 것으로 추측되고 있으며, 중국·인도네시아·한국·브라질 등의 주로 아시아·아프리카에서 많이 재배되고 있다.

우리 나라에서 재배되고 있는 품종은 충승100호, 수원147호, 신미, 황미, 홍미, 은미, 진미, 선미 등의 여러 품종이 전남, 경남, 제주, 전북 등지에서 생산되고 있으며, 일반 농작물 중 수량성 가장 높은 작물의 하나이다. 국내 고구마 총 생산량은 '99년 428천톤으로 전라남도과 경기지역에서 전국 생산량의 45.2%를 차지하고 있으며, 시·군별 재배면적은 여주, 해남, 여천순으로 시장규모와 재배면적이 '90년대 이후 해마다 증가하고 있으며 생산농가 수에 비하면 매우 수익성이 높은 고소득 작물의 하나에 속한다. 국내 생산된 고구마는 식용과 종자용, 가공용(주정 및 전분용)으로 구분되고 있으며, 1997년에는 국내 총 생산량 271천톤중 식용과 종자용 고구마가 57.6% 정도를 차지하고 있으나 2004년에는 이르러 예상되는 총 생산량 256천톤 중에서 약 64.1%인 170천톤 정도를 차지할 것으로 예상되고 있다. 국산 고구마의 식용 및 종자용은

국내 자급율이 100%로서 향후에도 국내 생산량의 증가가 예상되나 가공용 고구마는 국내 생산이 감소하면서 국외에서의 수입현상이 증가할 것으로 예측되고 있다. 이와 같이 식용 고구마의 생산량 증대는 재배면적의 증가에 기인하는 현상으로, 향후 고구마의 과잉생산에 따른 유통시 가격 폭락 및 수급대책의 수립이 필요하고 농산물 수입개방에 대응하여 지역특화작목 중심으로 안정적인 소득원 확보를 위한 경쟁력 강화대책등 종합적인 육성대책이 요구되고 있다. 그러나 국내 고구마와 관련된 연구는 병충해 방지와 재배기술등 생산관련 연구에 집중하고 있었으며 제 2의 생산이라 할 수 있는 저장, 유통, 가공과 관련된 연구는 매우 미진한 실정이다.

고구마는 7월 하순부터 성숙하기 시작하는데 가을 서리를 맞으면 땅 위에 드러나 있는 부위는 검게 말라죽고 고구마도 썩기 쉬우므로 첫서리가 내리기 전에 수확한다. 수확된 고구마는 포전에서 단기 건조하거나 큐어링 시설에서 전처리 한 다음 저장고에 입고하여 익년 4~5월까지 저장한다. 현재 고구마의 큐어링 처리와 저장방법은 각각 30~35℃ 및 13±1℃의 항온실에 전처리 및 저장하고 있으나, 각 방법에서 습도조절방법은 철저히 외면되고 있다. 따라서 산지 저장시 부패율이 1개월 안에 10%이상, 소비지 저장시 50%이상 발생하는 등의 부패율 문제가 크게 발생하고 있는 실정이다. 그러나 생산자나 유통단체에서도 습도조절의 중요성을 인식하고 있어도 습도를 조절해 줄 수 있는 적절한 방법을 구축할 수 없는 실정이며, 또한 각 저장 및 전처리 조건 또한 국내의 많은 정보로 인하여 적정 조건을 대부분 인식하지 못하고 있다. 또한 고구마의 출하시에도 흙이 묻어 있는 채로 종이박스에 10kg 단위로 유통되고 있어 상품성을 극대화하지 못하고 있으며, 장기 유통시에도 심한 부패 현상과 곰팡이등의 발생 우려가 높은 실정이다. 최근 대형유통시장에서 유통되고 있는 소포장 세척고구마의 경우에도 3일만 지나면 곰팡이와 짓무름 현상이 심하게 발생하는 문제가 발생함으로써 유통기간이 짧고 관리상태가 부적절할 경우

소비자의 신뢰도 감소를 야기한다. 고구마의 저장 및 유통시 발생하는 부패는 고구마의 일부분이 손상되는 흑반병 및 무름병이 대부분으로 이들 전체를 손실분으로 처리시 많은 자원의 손실을 가져올 뿐 아니라 이들 손실분에 대한 막대한 처리 비용과 이에 따르는 2차적인 비용발생요인을 생성시키고 있다.

따라서 국내 고구마 산업의 발전을 위해서는 수확 후 소비자에게 도달하기 까지 각 단계별 적정 처리조건과 습도를 조절할 수 있는 기술의 제공이 필수적이며, 더불어 유통 시에도 신선도와 상품성을 증대시킬 수 있는 기술개발을 통한 소포장 사업을 확대함으로써 고구마의 품질 고급화뿐만 아니라 생산자의 부가가치 증대와 소비자의 신뢰도를 증진시킬 수 있는 관련 기술 개발이 요구되고 있다.

제 2 장 재료 및 방법

제 1 절 재료

저장생리특성 실험과 큐어링 조건확립실험을 위한 고구마는 2001년 11월에 경기도 여주시 덕화상사에서 수확 직후의 것을 사용하였으며, 표면살균실험용 고구마는 2002년 덕화상사에서 저장 중인 고구마를 구입하여 사용하였다. 농가용 항온항습저장실험과 큐어링 및 표면살균 확증실험용 고구마는 2003년 1월중에 경기도 여주시 대신농협을 통하여 농가에서 직접 구매하였으며, 유통 기술개발을 위한 실험용 고구마는 2003년 가락시장에서 구매하여 사용하였다.

제 2 절 실험방법

1. 저장조건확립실험

수확직후의 고구마를 75%, 85%, 95%의 상대습도로 조정된 desiccator에 넣고 10±1℃, 12±1℃, 18±1℃와 20±1℃의 항온실에 각각 저장하였다.

2. 저장 전처리 실험

30, 35 및 40℃의 온도와 75, 85 및 95%RH의 상대습도로 각각 조절된 chamber내에서 3, 5, 7일 동안 처리하였으며, 표면살균처리방법은 고구마를 일정 농도로 혼입된 살균수에 적정 시간 동안 고구마를 침지한 다음 부분 탈수하는 방법으로 처리하였으며, 전처리가 완료된 고구마는 플라스틱 컨테이너 상자에 동일량을 담아 12℃, 80±5%의 저장실에 저장하였다.

3. 향온향습저장 효과 실험 및 전처리 기술과의 연계실험

향온향습저장 효과실험은 살균처리(S)와 Curing 처리 및 살균후 curing 처리한 3종의 실험구는 개발 저장고에, 대조구는 일반 저장고에 입고하여 실시하였다. 즉, 대조구는 고구마의 표면 흙을 제거하지 않고 플라스틱 콘테이너 박스에 담아서 12℃의 일반 향온실에 저장한 다음 초음파 가습기로 가습하면서 저장하였다. 농가용 향온향습저장실에 입고된 살균처리구(S)는 0.05%의 CH용액에 고구마를 20분간 침지하고, 플라스틱 콘테이너 박스에 담아 30℃로 조절된 열풍건조기에 넣고 30분이내에 고구마 수침 후 표면에 생성된 수분을 제거하였으며, 수분을 제거한 후 농가용 향온·향습실에 옮겨 저장하였으며, curing 처리구는 구입한 시료를 세척하지 않고 35℃, 85%RH로 조절된 챔버 내에 5일간 큐어링 한 다음 플라스틱 콘테이너 박스에 담아 저장하였으며, 살균후 curing 처리구는 0.5% CH 용액에 고구마를 20분간 침지한 후 35℃, 85%RH 조건의 챔버에서 큐어링한 다음 콘테이너 박스에 담아 향온향습저장고에 옮겨 저장하면서 시료를 관찰하였다.

제 3 절 품질분석

호흡율은 Couture와 Makhoulouf의 방법(20)을 이용하여 측정하였다. 즉, 아크릴로 제작된 밀폐용기에서 수확 직후의 고구마를 일정량 넣고 일정 시간간격으로 포집한 탄산가스의 양을 GC(Shimadzu GC-14 APT, Shimadzu Co., Japan)로 측정한 다음, 용기의 체적과 시료량에 따라 결정된 호흡량을 측정 시간에 대하여 linear regression한 식의 기울기로부터 단위시간당 호흡속도로 구하였다. GC의 분석조건은 Column : Carbosieve S-II (80~100mesh), column temp. : 35℃/6min-32℃/min-225℃/6min, carrier gas : helium,

detector : TCD, injector temp. : 230℃, detector temp. : 250℃로 하였다. 고구마의 표면 및 절단면의 색택은 Chroma meter(CR-200, Minolta, Japan)를 사용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)의 값으로 측정하였으며, 백색 표준판의 색택은 “L”값이 69.89, “b”값은 40.0 그리고 “a”값은 -0.78이었다. 중량감소율은 저장 초기 중량에 대한 감모량을 백분율로 나타냈으며, 곰팡이 및 연부병 발생율, 발아율은 전체 개수에 대한 백분율로 환산하여 나타내었다. 고구마의 저장 중 경도변화는 Rheometer(Model CR-200D, Sun Scientefic Co., Ltd.)를 이용하여 측정하였다. 시료 크기는 가로×세로 = 1cm×1cm 크기로 일정하게 절단한 후 지름 3mm의 끝이 편편한 plunger를 사용하여 시료의 표피로부터 관통속도 50mm/min 조건에서 수직 관통법으로 경도를 측정하였다.

제 3 장 결과 및 고찰

제 1 절 고구마의 저장생리특성조사

1. 서설

고구마(*Ipomoea batatas* Lam)는 멕시코를 중심으로 한 중앙 아메리카가 원산지로 한국, 중국, 일본을 비롯해 미국이나 태평양의 따뜻한 섬에 넓게 분포하고 있는 매꽃과의 다년생 초본식물의 근경이다(송홍선, 1988). 고구마에는 당질이 감자에 비해 두배 가까운 열량을 내는 고칼로리 식품으로서, 다량 함유된 섬유질과 *salipin*성분에 의한 통변개선효과, 폐암 등의 암예방, 혈중 cholesterol감소, 항산화작용 등의 다양한 생리작용이 있는 것으로 알려지고 있으며 이에 대한 연구가 진행 중에 있다(홍희도 등 1999).

우리 나라에서의 고구마 총 생산량은 2001년 약 273.1MT, 총 생산액은 115,124백만원 규모로서 지역별 주산지는 전라남도가 전체 생산량의 35.4%로 최고 주산지를 이루고 있으며 그 다음으로 경남 20.4%, 전북 11.8%, 제주 11.5%의 순서이나 주산지 시군별 점유율로서는 여주 13.2%, 해남 4.2%, 여수 4.2%, 이천 3.7%, 여천 3.6%의 순서로 보고되고 있다(농림부, 2002). 생산된 고구마의 용도는 전분, 색소, 잎자루 채소, 사료 등의 가공용과 식용으로 구분되고 있는 데(정병춘, 2001), 전분용 등의 가공용 고구마 생산은 '90년 251천톤에서 '99년 141천톤으로 급격히 감소하고 있는 반면(농림부 1994) 식용 고구마는 생산량이 계속적으로 증가하는 추세에 있다.

일반적으로 식용 고구마는 보통 3월 중하순부터 4월 상순경에 종자용 고구마를 묘상에 묻은 후 5월 하순경부터 6월 중순에 이식하여 괴근이 거의 형성되는 8월 중순경부터 10월 중순경의 서리가 내리기 전까지 가격, 후작, 인건비

등에 따라 수시 수확되고 있다(박무현 외, 1999). 특히 국산 고구마는 표피가 매우 얇고 잘 벗겨지는 특성으로 인하여 수확시에 상처를 받기 쉽고 또한 충격을 받은 고구마는 쉽게 부패하는 특성(Holmes and Stange, 2002)으로 인하여 고구마의 저장은 매우 까다로운 작업에 속한다. 특히 수확, 수송 및 취급방법에 의해 야기된 상처부위는 곰팡이의 전염경로가 되어 저장 중 부패를 발생시키는 원인이 되고 있으며(Sowley and Oduro, 2002), 부패병의 원인으로는 무름병이나 검은 무늬병이 보고되고 있으며, 저온장해도 받기 쉽다. 현재 고구마 적정 저장조건은 13℃, 85%RH로 보고되고 있으나 현재 현장에서 실시되고 있는 고구마 저장방법은 피근이 충분히 발달한 10월경에 고구마를 수확한 다음 밭에서 1주야 정도 건조시키거나 큐어링시킨 다음 13±1℃의 저장실에 저장하고 있으나, 저장 중 습도조절방법은 무시되고 있는 실정이다. 따라서 국내 고구마의 연중 부패율은 10~50%에 이르고 있을 정도로 큰 차이를 보이고 있는데, 특히 판매가격이 높게 책정되는 3-4월경의 부패율 발생은 저장업체의 손익결정에 큰 영향을 미칠 정도이다.

지금까지의 고구마 저장에 관한 연구로서는 재래식 저장방법과 CA저장 및 방사선 처리 등의 저장방법에 관한 연구와 저장조건에 따른 고구마의 부패현상연구가 일부 발표되어 있으며, 발아억제를 위한 연구도 보고되고 있었다.

고구마의 저장방법에 관한 연구로서는 Ray등(1994)이 인도산 고구마를 모래, 흙과 톱밥 등으로 덮어 저장(28-32℃ 70-85%RH)하면 중량감소율을 억제할 수 있는 효과를 발표한 바 있으며, Mukhopadhyay등(1991)은 고구마를 톱밥, 적토, 향아리, 나무재, 흰 모래, 일반 흙과 카본페지를 이용하여 실온에서 90일 동안 저장하면서 상품성 조사한 결과 감모율은 카본페지가 가장 효과적인 반면 적토, 향아리와 단순 노출구에서 중량손실이 가장 현저하게 나타났으며 기타 방법에서의 중량손실은 20-50% 수준으로 발생하였으며, 카본페지와 일반 흙으로 90일간 저장한 고구마가 약 40%이상이 좋은 상태를 유지하고 있

어 농가에서 가장 쉽게 이용될 수 있는 일반 흙이 권장할만한 저장매체라고 보고한바 있다. 또한 Shima등(1996)은 고구마를 기계적으로 scratching한 다음 RH 85-95%의 13℃ 및 25℃의 고습조건, RH 60-70%의 13℃ 및 25℃의 건조조건에서 각각 3, 7, 14 및 21일 동안 보관한 결과 고습조건에 저장한 고구마에서는 갈변 등의 어떤 현저한 변화도 관찰되지 않으면서 Ip도 검출되지 않은 반면 저습조건에서는 중량손실, 전분가의 감소, PP의 함량증가 등의 품질저하가 명백하였으며 특히 손상부위에서의 품질저하현상이 두드러지는 결과를 보고한 바 있다. 고구마의 CA저장에 관한 연구는 Delate등(1990)이 30℃, 95%RH의 큐어링 조건과 25-30℃, 75%RH의 저장조건 하에서 CA처리하는 방법이 고구마 바구미(성충과 미성숙 단계)의 치사율에 미치는 영향을 조사한 결과 25-30℃, 75%RH의 저장조건과 8% O₂와 40-60% CO₂조건에서 성충이 4-8일 내에 사멸하며, 동일 온·습도조건에서 산소농도를 2 내지 4%, 탄산가스 농도를 40 내지 60%로 변경할 경우 성충은 2-8일 내에 사멸하며 저산소가스와 고탄산가스 농도가 효과적임을 보고한 바 있다. 방사선 조사에 관한 연구로서는 Lu 등(1989)이 고구마 2품종(Georgia Jet and Jewel)을 27-33℃, 80-90%RH에서 1주간 큐어링한 다음 15℃, 85%RH에서 2주간 방치하면서 방사선 조사한 다음 15℃, 85%RH에 저장하면서 품질변화 조사한 결과, 전분함량은 일반적으로 감소하고 당함량은 증가하며, 표면색은 방사선 조사에 영향을 받지 않았으나 조직의 연화는 특히 1.5와 2.0kGy농도에서 발생하였고 발아을 억제는 0.1kGy에서 효과적이며 관능품위는 0.5kGy에서도에서도 심각히 저하되는 것으로 보고하였다. 또한 Hayashi 등(Hayashi and Todoriki, 1994)은 고구마를 방사선 조사(0-1kGy)한 다음 30℃에서 4주간 저장하면서 전분의 특성을 조사한 결과 전분함량이 감소되고 sucrose가 증가하는 반면 비조사구에서는 이들 함량의 변화가 관찰되지 않음을 보고한 바 있다. 또한 고구마 저장시 발아억제를 위한 연구로서는 Lewthwaite등(Lewthwaite and Triggs,

1995)이 고구마의 발아억제에 미치는 NaOCl의 농도 및 침지시간에 대한 연구로서 침지시간 20, 60, 180분 농도 0, 0.33, 1.0, 3.0과 9.0%에서 실험한 결과 고구마의 품질은 유지하면서 발아를 억제할 수 있는 처리조건을 확립할 수 있다고 하였다. 고구마의 저장조건과 부패현상에 대한 연구로서는 Huang등(1999)이 큐어링한 고구마를 4.5, 15.6 및 24℃에서 7주 동안 저장하면서 invertase활성과 환원당 함량을 조사한 결과 저온에서도 invertase활성과 환원당 함량이 상당히 증가하는 경향을 보인다고 하였으며, Ray 등(1997)은 고구마의 연부병 원인균인 *Rhizopus oryzae*의 생육에 미치는 온도 및 습도를 조사한 바 최적 온도는 35℃ 주변이었고 상대습도는 75-85%RH가 선호조건임을 밝혔다. 또한 Shima등(1996)은 고구마를 기계적으로 scratching한 다음 RH 85-95%의 13℃ 및 25℃의 고습조건, RH 60-70%의 13℃ 및 25℃의 건조조건에서 각각 3, 7, 14 및 21일 동안 보관한 결과 고습조건에 저장한 고구마에서는 갈변 등의 어떤 현저한 변화도 관찰되지 않으면서 Ip도 검출되지 않은 반면 저습조건에서는 중량손실, 전분가의 감소, PP의 함량증가 등의 품질저하가 명백하였으며 특히 손상부위에서의 품질저하현상이 두드러지는 결과를 보고한 바 있다. Ray 등(Ray and Punithalingam,1996)은 인도산 고구마에서 가장 중요한 저장질병의 하나로서, 외부에서 암색부위가 나타나며, 내부에서는 황색으로 변했다가 흑색화되면서 위조와 부서지게 되는데 외부적으로는 미이라 형상을 나타내는 *Botryodiplodia theobromae* Pat에 의해 발병하는 Java black rot은 30℃의 저장온도에서 최대 부패율(98.8%)이 발생하며 20℃에서는 50.6%로 부패율을 상당 억제할 수 있음을 보고하였고, 이 현상은 30℃ 이상의 고온과 85%RH이상의 조건에서 잘 발생하며 이 조건에서 감염될 경우 4-8주 내에 완전히 부패되는 것으로 발표하였다.

이상에서와 같이 지금까지 보고된 고구마 저장방법 중 CA저장 및 방사선 조사 등의 연구는 국내 저장수준과 소비자 요구도에 상치되는 문제점과 흠을

덮어 저장하는 방법은 국내 저장 및 유통시스템에 부응하지 못하는 문제로 각각 현장에 활용될 수 없는 문제가 있으며, 발아억제를 위한 화학첨가물의 사용도 그리 바람직한 방법이 아니다. 따라서 성공적인 고구마 저장을 위한 기존 연구결과를 바탕으로 한 접근방법으로서는 저장온도를 저온장해를 입지 않으면서도 30℃를 넘지 않는 적정온도와 실내 상대습도를 높게 유지할 필요가 있다. 그러나 국내 고구마 저장시 부패율이 높게 나타나는 원인은 습도조절이 매우 중요한 인자임에도 불구하고 국내 저장업체에서 습도관리를 실시하지 못하고 있는 실정에 근거하는 것으로 판단된다. 지금까지 보고된 고구마 저장조건으로서는 12~13℃, 상대습도 85%라고 발표되고 있으나, 습도설정에 대한 연구방법은 하나의 임의조건에서만 실시되어 있는 것으로, 주변 습도범위에서의 저장효과를 실제 조사한 연구는 없다.

따라서 본 절에서는 한국산 고구마의 적정 온·습도 조건을 설정하기 위하여 10, 12, 18 및 20℃로 고정된 저장실 내에 상대습도를 80%, 85%, 90% 및 95%의 고습도 조건으로 유지된 chamber를 설치한 다음 고구마를 저장하면서 저장 온·습도 조건이 고구마의 저장성에 미치는 영향을 조사하여 저장성이 가장 좋은 저장조건을 구명하고자 하였다. 특히 10℃의 저장온도는 일반적으로 열대성 작물의 저온장해 발생온도로 알려진 10℃이하의 온도영역(Jeong, 1998)과 고구마의 호흡작용을 억제하기 위한 저온유지에 대한 요구에 따라 설정한 것이며, 12℃는 현재 열대성 작물의 저장온도이면서 현장에서 채택하고 있는 고구마 저장온도로서, 18℃는 생강과 같은 열대성 작물의 발아온도(Jeong, 1998)로서, 그리고 20℃는 고구마의 실제적인 일반 상온유통온도의 특징을 고려하여 설정한 것이다.

2. 고구마의 호흡특성

고구마의 유통온도별 호흡률의 변화는 Fig. 1-1과 같다. 고구마의 호흡률은 상온영역인 20℃에서 9.43 CO₂ mg/kg · hr, 10℃에서 4.45 CO₂ mg/kg · hr로 온도가 낮을수록 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었으며, 10℃에서의 호흡률이 12℃의 3.80 CO₂ mg/kg · hr보다 높은 결과를 나타내고 있었다.

고구마의 유통온도에 따른 호흡률의 변화 Q₁₀값은 약 2.1의 값으로 지금

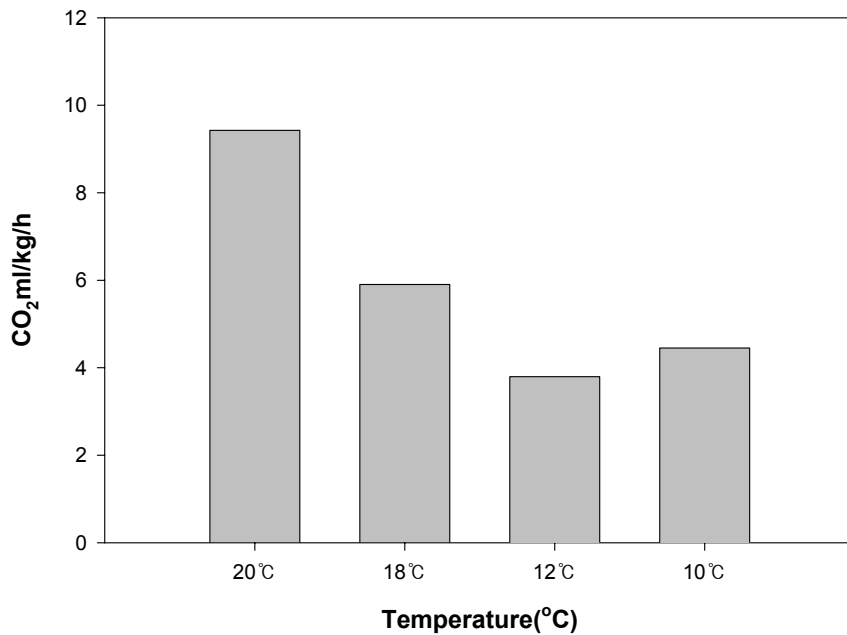


Fig. 1-1. Changes in respiratory rates of sweet potato at different temperatures

까지 알려진 0~40℃ 부근 온도에서 주위 온도의 변화폭이 10℃ 이상 발생시 과채류의 호흡률이 2~3배 증가 또는 감소하는 일반적인 과채류의 호흡률의 변화 양상과 같은 경향이였다. 20℃의 상온영역에서 고구마의 호흡률은 근채류 중에서 감자(12 CO₂ mg/kg · hr)와 유사하였으며 생강(90.80 CO₂ mg/kg · hr)이나 당근(66 CO₂ mg/kg · hr)에 비하여는 매우 낮은 수준을 나타내고 있었다. 10℃에서의 호흡률이 12℃에서의 값보다 높게 나타나 것은 고구마를 10℃ 이하의 온도에서 저장 및 유통할 경우 저온장해 현상이 발생하는 열대성 작물의 생리특성과 관련이 있는 것으로 추측되어졌다.

3. 저장조건별 고구마의 품질변화

여러 저장 온 · 습도 조건에서 고구마를 105일 동안 저장하면서 연부병 및

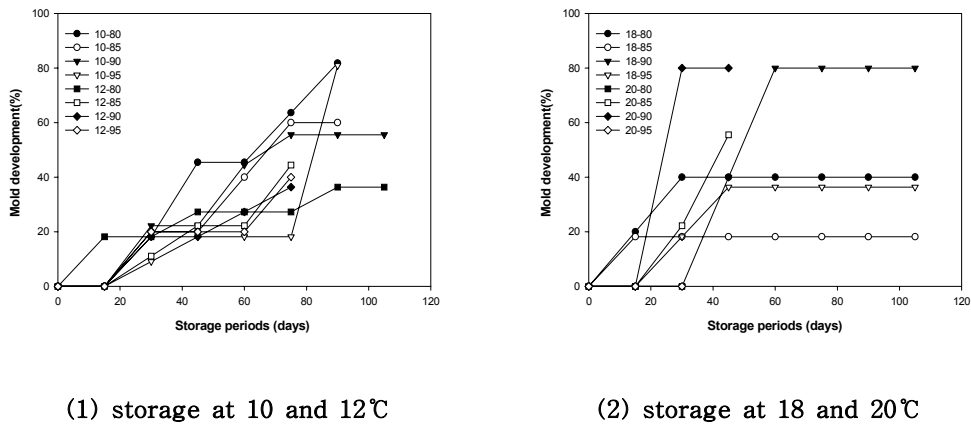


Fig. 1-2. Changes in mold development during storage of sweet potato at different temperatures and relative humidities

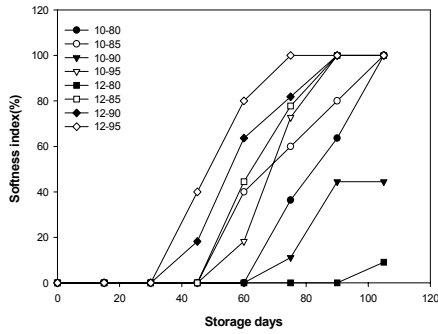
곰팡이 발생율과 발아율의 변화를 조사한 결과는 Fig. 1-2~1-4와 같다.

Fig. 1-2는 곰팡이 발생율을 조사한 결과로서, 저장온도별 곰팡이 발생율은 10℃에서 상대습도별로 55.5~81.9%로 가장 높게 나타난 반면 12℃ 저장온도에서 36.4~44.4%로 가장 낮은 발생율을 보였으며 18℃와 20℃의 비교적 높은 저장온도에서는 상대습도분포에 따라 곰팡이 발생율이 18.2~80.0%로 큰 차이를 보이고 있었다. 곰팡이 발생율이 가장 낮게 나타난 12℃에서의 상대습도별 곰팡이 발생율은 저장 75일 후 RH 80%에서 27.3%로 가장 안정된 반면 85% 이상의 상대습도에서는 36.4~44.4%의 비교적 높은 곰팡이 발생율로서 상대습도간의 큰 차이는 나타나지 않았다.

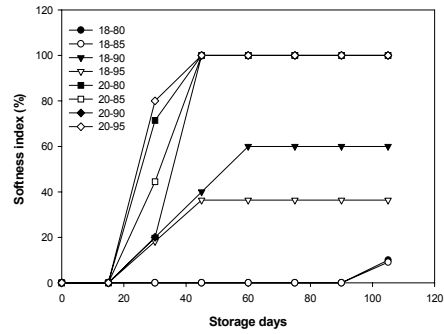
이상에서와 같이 고구마를 10℃에 저장할 경우 곰팡이 발생율이 가장 높게 나타난 원인은 일반적으로 열대성 작물을 10℃ 이하의 온도에 저장할 경우 저온장해현상을 받게 되며 그 결과로서 위조, 곰팡이 발생, 조직붕괴 등의 증상이 보고되고 있다. 또한 12℃의 동일온도에서도 상대습도별로 곰팡이 발생율의 차이가 크게 나타난 결과는 상대습도도 고구마의 저장성에 영향을 미치는 중요한 인자임을 알 수 있었다.

Fig. 1-3은 동일 저장조건에서 조사한 고구마의 짓무름 발생율을 나타낸 결과이다.

저장온도별 고구마의 짓무름 발생율은 20℃에서 저장 45일 후 100%로서 가장 왕성하게 진행되었으며, 그 다음으로는 저장 105일 후 10℃의 44.4~100%, 12℃의 9.9~100%, 18℃의 9.1~36.4%의 순서로 나타났다. 특히 20℃에서는 저장 1개월 이내에 발생하기 시작하여 저장 45일째에는 모든 상대습도조건에서 100%에 가까운 짓무름 현상이 발생하여 더 이상 실험이 불가능한 상태였다. 또한 저온인 10℃에서 짓무름 발생율이 높은 원인은 저온장해현상에 의해 곰팡이의 발생이 왕성하게 나타난 결과와 관련이 있는 것으로 생각되었으나, 비교적 고온인 18℃에서 짓무름 발생율이 낮게 나타난 원인은 Fig.



(1) storage at 10 and 12°C



(2) storage at 18 and 20°C

Fig. 1-3. Changes in softness index during storage of sweet potato at different temperatures and relative humidities

1-4에서 조사된 바와 같이 왕성한 발아현상에 의거한 것으로 간주되어졌다.

상대습도별로는 저장 105일 후 80%RH에서 9.1~100%, 85%RH에서 9.1~100%, 90%RH의 44.4~100%, 95%RH에서 36.4~100%로 조사되었으며, 조사 범위에서 상대습도가 낮을수록 짓무름 발생율도 낮아지는 경향이였다. 따라서 저장온·습도 조건별 고구마 저장 시 짓무름 발생율은 12°C의 80%RH와 18°C 80%RH에서 각각 9.1%로서 가장 억제되는 결과를 보여주었다.

Fig. 1-4는 여러 저장 온·습도 조건에서 105일 동안 조사한 고구마의 발아율 변화를 나타낸 결과이다.

10°C와 12°C에 저장한 고구마에서는 상대습도에 관계없이 저장 전 기간에 걸쳐 발아가 전혀 발생하지 않았으나, 18°C 이상의 온도에서는 저장 15일 이후부터 발아현상이 나타나기 시작하였다. 특히 18°C에서는 80%의 상대습도에 저장한 고구마의 경우 저장 105일 후에 약 60%의 발아율을 나타낸 반면 85%

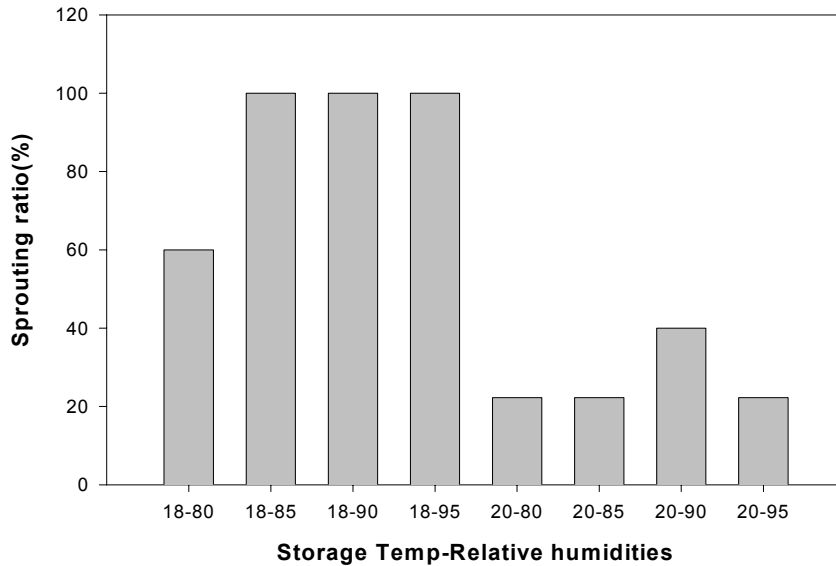
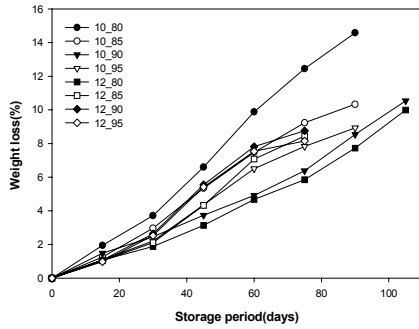


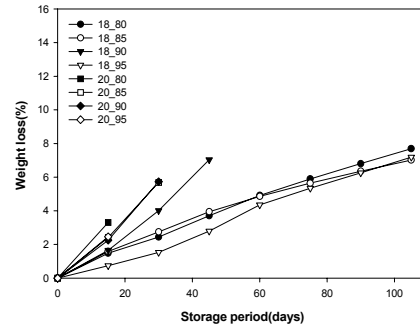
Fig. 1-4. Changes in sprouting ratio during storage of sweet potato at different temperatures and relative humidities

이상의 고습도 조건에서는 저장 30일 이후부터 모든 고구마에서 발아가 진행되어 발아율이 100%로서 상품성을 완전 소실하는 결과를 보였다. 이와 같이 저습조건에서 발아율이 억제되는 것은 식물체의 표면건조와 위조현상에 기인하는 것으로 보고되고 있다(Jeong, M.C) 또한 20℃의 고온에서도 저장 15일과 저장 30일경 발아현상이 나타났으나 18℃저장온도보다 발아현상이 낮게 나타난 것은 곰팡이 발생과 짓무름 현상이 상품성을 소실하는 주요 요인으로 먼저 작용하기 때문인 것으로 간주되었다.

Fig. 1-5는 고구마의 적정 저장조건을 구명하기 위하여 여러 온·습도 조건에서 저장기간별 중량 감소율의 변화를 측정된 결과이다.



(1) storage at 10 and 12°C



(2) storage at 18 and 20°C

Fig. 1-5. Changes in weight loss during storage of sweet potato at different temperatures and relative humidities

고구마의 중량감소율은 저장기간이 경과함에 따라 증가하는 경향이였다. 각 저장조건에서 상품성 종료시점까지의 고구마의 중량감소율은 5.7~14.6%의 값으로, 저장 온·습도의 영향이 크게 나타났다.

중량감소율에 미치는 상대습도의 영향은 12°C 80%RH의 저장구를 제외하고는 동일온도에서 상대습도가 낮을수록 중량감소율도 증가하는 경향을 보여주었다. 이러한 경향은 저온장해온도인 10°C에 저장한 고구마에서 분명하게 나타났는데, 이는 저습조건보다 고습조건에서 고구마의 중량손실이 억제되고 Ip의 생성도 억제된다는 Shima등(Shima, Y등, 1996)의 연구결과와도 유사성이 있다.

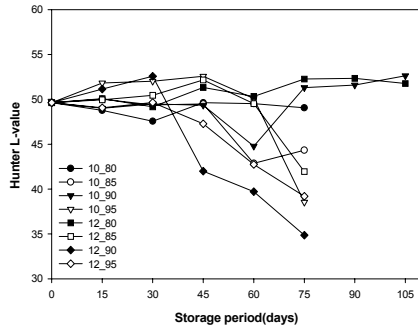
저장 온도별 중량감소율은 10°C에서 가장 크게 나타나고 그 다음으로 12°C, 18°C 및 20°C의 순이었다. 10°C에서 중량감소율이 가장 크게 나타난 원인은 타 보문(생장저장조건 6~7)에서 보고된 바와 같이 고구마의 저온장해에 의한 표피층의 미생물 번식과 내부 조직의 붕괴에 따른 결과로 판단되며, 1

8℃와 20℃에서 중량감소율이 낮게 나타난 것은 저장초기의 신속한 부패작용으로 충분한 기간 동안 저장실험이 불가능한 실험 방법상의 문제에 기인하였다. 일반적으로 고구마의 발아온도인 18℃와 20℃와 같은 고온에 저장할 경우에는 높은 호흡작용과 더불어 발아 등의 성장작용을 위한 영양 급원으로서 자체 성분을 소모하기 때문에 중량감소율이 더 높게 나타나게 된다. 그러나 이들 저장온도에 고구마를 저장할 경우에는 저장초기에 곰팡이, 짓무름 및 발아 등의 신속한 부패작용으로 발아된 싹이 충분히 성장하기 이전에 종료될 수 밖에 없었으며, 더불어 발아작용에 의한 위조와 고온에 의한 건조 등에 기인한 중량감소율이 나타나지 않은 것으로 판단된다. 또한 고구마의 적정 저장온도인 12℃에서의 중량감소율은 상대습도별로 상품성이 모두 유지된 저장 75일경 80%RH가 약 5.8%로 가장 안정된 반면 85%RH이상의 조건에서는 8.2~8.8%의 범위로 상대적으로 높았으며 저장 105일후의 80%RH조건에서의 10.0%의 중량감소율을 나타내고 있었다.

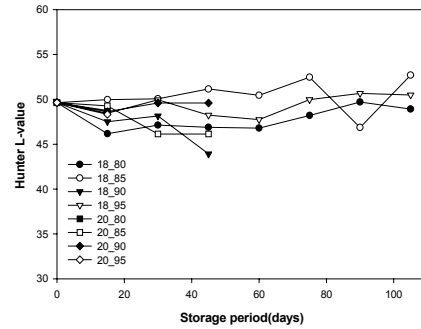
따라서 저장온·습도별로 저장한 고구마의 중량감소율을 기준으로 하여 볼 때 고구마의 적정 저장조건은 12℃에서 80% 정도의 비교적 낮은 상대습도를 유지시켜줄 필요가 있는 것으로 판단되었다.

색상변화

Fig. 1-6~1-8은 여러 온·습도 조건에서 각각 저장한 고구마의 표면색을 Hunter 색차계로 측정된 결과이다. 고구마의 저장 중 표면색 변화는 전반적으로 Hunter L-value(lightness, 명도)는 완만하게 감소하거나 거의 일정한 경향을 보인 반면 Hunter a-value(redness, 적색도)는 다른 색 특성과 달리 변화가 크게 감소하고 있었으며 Hunter b-value(yellowness, 황색도)는 증가하는 경향을 보여주고 있다. 이러한 색의 변화경향은 표면색의 갈변 및 암색화되는



(1) storage at 10 and 12°C

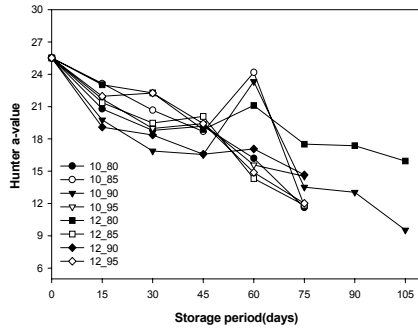


(2) storage at 18 and 20°C

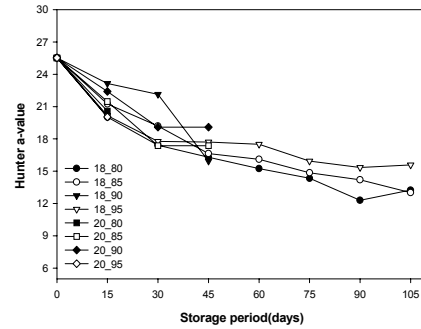
Fig. 1-6. Changes in Hunter L-value during storage of sweet potato at different temperatures and relative humidities

것으로 간주될 수 있다.

Fig. 1-6의 저장 온·습도별 고구마 저장 중 Hunter L-value의 변화는, 18°C와 20°C에 저장한 고구마에서는 초기치와 큰 변화가 나타나지 않았으나 10°C와 12°C에 저장한 고구마에서는 상대습도에 따라 L-value의 차이가 있었다. 즉 12°C 80%RH와 10°C 80%RH, 10°C 90%RH에 저장한 고구마에서는 저장 초기의 밝기상태를 유지하고 있었으나 기타 나머지 저장조건에서는 저장기간이 증가함에 따라 L-value의 감소현상이 두드러졌다. 따라서 10°C와 12°C의 저장온도에서 고구마의 밝은 색을 유지하기 위해서는 상대습도 조건을 80%로 유지하는 것이 바람직하였다. 또한 20°C에 저장한 고구마에서는 상대습도에 관계없이 짧은 저장기간동안에도 감소하는 경향을 나타내고 있었는데, 이는 고구마의 연부병 증세에 의한 짓무름 현상으로 표면색이 짙은 암갈색으로 변해가고 있음을 나타내고 있다. 그러나 18°C에 저장한 고구마에서 명도의 변화가 적었던 원인은 고구마의 발아현상은 전구에 걸쳐 발생하였으나, 발아된 싹의 길이가 저장기간 동안 성장하지 않고 초기상태를 유지하고 있었기 때문에



(1) storage at 10 and 12°C

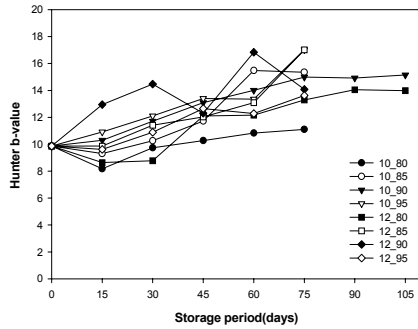


(2) storage at 18 and 20°C

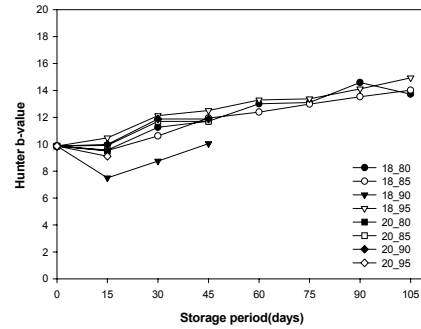
Fig. 1-7. Changes in Hunter a-value during storage of sweet potato at different temperatures and relative humidities

상대적으로 고구마의 표면색 변화가 작았으며 더불어 명도의 변화도 작았던 것으로 간주된다.

Fig. 1-7은 고구마의 저장조건별 적색도의 변화를 나타낸 결과이다. 고구마의 독특한 표면색인 자색성분은 antocyanin이 주성분으로서 외기조건에서 산화가 신속히 일어나서 퇴색되는 특성을 나타내는데, 본 실험에서도 각 저장조건별 Hunter a-value의 감소는 매우 급속히 감소하고 있었다. 즉, 10°C와 12°C에 저장한 고구마의 적색도 변화는 12°C 80%RH를 제외한 다른 모든 온·습도구에서 거의 같은 속도로 감소하고 있었으며, 저장온도별 감소속도는 10°C가 12°C보다 다소 크게 나타나고 있었다. 이러한 원인은 열대성 채소류의 저온 저장시 발생될 수 있는 저온장애 현상의 하나로 판단되는데, 실제 고구마의 경우 외부 표면 함몰 현상과 곰팡이의 번식 등에 의한 부패 현상이 일어나고 표피층에 tannin등 polyphenol류 등이 축적되어 갈변 및 흑변화되는 현상이 발생하는 것으로 알려져 있다(22). 또한 18°C와 20°C에서도 적색도는 저장기간의 증가에 따라 감소하고 있었으며 감소정도는 다른 조건들과 유사한



(1) storage at 10 and 12°C



(2) storage at 18 and 20°C

Fig. 1-8. Changes in Hunter b-value during storage of sweet potato at different temperatures and relative humidities

정도였다.

Fig. 1-8은 고구마의 황색도 변화를 조사한 결과로서, 저장기간이 증가함에 따라 황색도도 증가하는 경향을 나타내고 있었다. 저장기간 중 10°C 80% RH에 저장한 고구마가 저장 75일 동안 초기치 기준으로 가장 변화가 적었으며 그 다음으로 12°C 80%RH에 저장한 조건이었으며 기타 나머지 저장조건에서는 거의 유사한 수준으로 변화하고 있었다.

3. 고구마의 저장조건 확립

저장온도와 상대습도를 달리하여 고구마를 저장한 결과 10°C 이하의 온도에서는 저온장해 현상에 의한 짓무름 및 곰팡이의 번식 등 부패현상이 문제가 되었으며 18°C 온도에서는 발아현상이 두드러진 가운데 곰팡이 및 짓무름 현상이 상품성 소실원인으로 지적되었으며 20°C에서는 짓무름 현상에 의한 상품성

소실이 문제가 되었다. 고구마의 적정 저장온도라고 알려진 12℃에서도 85% 이상의 높은 상대습도 조건에서는 저장 75일경부터 높은 짓무름 현상이 많이 나타나 저장 한계요인으로 작용하였으며 12℃, 80%RH에서 저장한 고구마가 다른 조건에 비하여 부패율과 중량감소율을 억제하면서 표면색의 퇴색작용도 억제되는 효과가 있었다.

제 2 절 고구마의 저장 전처리기술 개발

1. 서설

고구마는 주로 열대 및 아열대 지역에서 재배되는 메꽃과에 속하는 다년생 초본식물의 근경이며(송홍선, 1988), 국내에서는 현재 간식용과 향수식품으로서 수익성이 높은 고소득 작물이다. 국내에서 재배된 고구마는 일반적으로 수확하여 줄기를 절단한 후 흙이 묻어 있는 채로 포전에서 단기 건조하거나 큐어링 시설에서 전처리 한 다음 저장고에 입고하여 익년 4~5월까지 저장한다. 금방 수확한 고구마의 줄기절단부위는 연하고 축축하며, 표면은 표피층의 발달이 불완전할 뿐만 아니라 표피도 잘 벗겨지기 때문에 전처리 과정에서 물리적인 상처를 입기 쉬워서 고구마의 저장 및 유통 중에 곰팡이나 세균 등의 토양미생물에 의한 부패발생이 쉽게 일어난다.

수확된 고구마는 플라스틱 컨테이너 상자에 담아 10~15℃로 설정된 저장실 내에 저장하는데, 저장고내의 상대습도는 입고된 고구마의 양에 따라 차이가 있으며, 저장고의 적재용량보다 초과 적재되는 저장 초기에는 90~100%의 과습상태를 유지하고 있다. 이와 같은 과습조건에서 저장된 고구마는 수확과정에서 초래된 손상부위의 조직을 통하여 토양미생물의 침입으로 인한 부패가 발생할 우려가 매우 높을 뿐만 아니라 이미 발생된 곰팡이 발생은 저장 중인 전체 고구마에 영향을 미치게 된다. 이와 같이 저장고내 상대습도를 인위적으로 조절하지 않고 고내 입고량에 따라 실시되고 있는 고구마 저장방법은 효율적인 저장관리를 매우 어렵게 하며, 특히 춘절기 입고량이 감소하는 시점에서의 곰팡이와 세균에 의한 부패율의 발생은 매우 돌발적이고 또한 저장기간의 예측을 불가능하게 함으로써, 주산단지에서 체계적이고 능동적인 계획 출하는 요원한 실정이다.

따라서 흙이 묻어 있는 채로 저장, 유통되고 있는 고구마의 저장성을 증진

시킴을 위해서는 고내 습도를 인위적으로 조절이 가능한 새로운 저장시스템의 개발과 접근이 요구되고 있으며, 더불어 일반 근채류의 저장 전처리 기술로서 많이 채택되고 있는 큐어링 기술을 확립할 필요가 있다.

큐어링(이세은, 1994)이란 원래 치료의 의미로서 수확시 또는 운반 중에 입은 상처를 치료하기 위한 것이 주목적이다. 큐어링 하는 동안 상처입은 부위는 대개의 경우 코르크 층이 형성되며 wound periderm의 형성으로 치료된다(Kasmire and Cantwell, 1992). 즉, 구근류에서 상처입은 표피 및 표피 바로 밑에 형성된 2차 조직인 주피(periderm)가 새로운 표피조직(epidermal tissue)으로 발전하면서 코르크층을 형성하여 상처를 치료하는 과정을 일컫는다(Ryall and Lipton, 1984). 이러한 연구배경으로서는 수확시 인위적으로 성취시킨 다음 큐어링 처리후 저장한 결과, 일일에틸렌 생산량, 세포의 리그닌화 및 손상된 주피의 형성간에는 R^2 가 0.73으로 유의적인 상관성이 인정되나 품종간에는 상당한 차이가 있다고 한 StAmand(1991) 등의 연구가 있으며, Blankenship 등(2002)은 30℃에서 50~85%RH에서 큐어링처리하는 일반적으로 표피의 부착력을 향상시켰으며, 저습도에서는 중량손실이 높게 나타나는 문제가 있다고 하였다.

그러므로 고구마, 양파, 마늘같은 근채류들은 저장 전 큐어링 같은 전처리를 실시하여 외부조직을 강하게 만들어 저장한다. 상처를 치료하고 외부 조직을 강하게 만드는 전처리 방법으로서 고온고습한 조건에서 행하는 큐어링이외에 마늘 양파와 같이 표면건조에 의한 방법도 있다.

고구마의 큐어링 방법에 관한 연구는 Sowley(2002)등이 incubator(29~32℃, 85~95% RH), polyethylene (25~30℃, 40~100% RH) 및 the sun(22~35℃, 20~80% RH)처리한 다음 22~23℃, 45~82% RH의 헛간에 저장한 결과, 고구마의 곰팡이 부패균은 *Aspergillus ochraeus*, *Botryodiplodia theobromae*, *Fusarium moniliforme*, *F. oxysporum* and *Rhizopus stolonifera*로 동정되었으

며 고구마의 손상부위의 표피두께는 큐어링 방법별로 각각 270.5, 232.2 and 17.6 μm 로 조사되었다고 하였다. 또한 큐어링 방법별로 처리한 고구마를 저장한 결과 부패율은 인큐베이터에 저장한 고구마의 경우 저장 13주 후 10%미 만이었고 저장 18주 후에는 약 35%의 부패를 보인 반면 PE백이나 일건한 고구마의 경우에는 저장 36주 후 약 60%이상의 많은 부패현상을 나타내었다고 하였다.

특히 뿌리작물인 고구마는 수확 후 고온다습한 상태에 방치하여 신속하게 손상부위에 크르크층을 형성시킴으로서 흑반병 및 연부병 등을 야기하는 병원성 세균의 침입을 방지하는 것을 제 1의 목적으로 하고 있다. 이렇게 함으로써 단순히 상처만 치료하는 것이 아니라 저장 중의 증산억제와 저온에 대한 저항력이 증가하여 저장성이 우수하게 된다.

실제로 Stewart등(2000)이 고구마의 큐어링 조건에 따른 물리적 및 열 특성을 품종별로 조사한 결과 큐어링하지 않은 고구마의 호흡속도는 15°C와 30°C에서 각각 14.34 and 40.16 $\text{mg CO}_2/\text{kg} \cdot \text{hr}$ 인 반면 큐어링처리에 의해 호흡율이 각각 10.66 and 32.8 $\text{mg CO}_2/\text{kg} \cdot \text{hr}$ 로 감소되었다고 보고한 바 있다.

고구마의 경우 큐어링 조건은 온도 32~35°C, 상대습도 85~95%에서 4일 동안 실시하며, 코르크의 생성은 그 이하의 저온에서나 36°C 이상의 고온에서도 좋지 않는 것으로 보고(박무현 등 1999)되고 있다.

그러나 상기 큐어링 조건과 방법들은 모두 외국에서 사용한 경우로서 표피층이 특히 약한 한국산 고구마에게는 적합하지 않을 뿐만 아니라 적정 큐어링 조건들에 대한 정확한 data도 국내 저장 및 유통업체에 제시하지 못하고 있는 실정이다.

따라서 국내 유통업체에서 실시하는 큐어링 방법은 외국 자료에 근거하여 경험적인 방법에 의존하고 있으며, 습도조절방법도 큐어링실의 일정 공간에 고구마를 과잉 적재하면서 바닥에 물을 뿌려주는 방법이 그래도 선진화된 수

준이었다. 또한 과잉적재에 의한 공기의 유동공간 부족으로 저장고 내에 축적된 호흡열이나 증산수의 배출이 어렵기 때문에 큐어링 실의 습도는 과포화상태에 이르게 되고 고내 온도도 40℃이상으로 승온하여 적정 큐어링 조건을 유지하지 못하는 실정이다. 이러한 습도조절의 어려움과 고구마 유통업체의 영세성은 국내 큐어링 시설의 보급 확대에 장애요인으로 작용하여 현재 고구마의 큐어링 공정을 채택하고 있는 조합이나 단체는 전국 2개소에 지나지 않는다.

현행 고구마 저장업체에서는, 하절기부터 10초순까지 수확되는 고구마는 표피의 발달이 불충분하고 저장성이 낮기 때문에 단기 저장에 그치고 있으며 10월 중순부터 동절기 서리가 올 때까지 수확된 고구마를 구매하여 장기저장한다. 그러므로 저장용 고구마의 입고는 단기에 집중 처리할 수 있는 큐어링실의 증축이 불가피한 실정이나 설비투자비의 과다 부담과 연중 낮은 가동율이 일반 농가수준에서 큐어링실을 채택하기에는 많은 어려움이 따른다. 이와 같은 문제로 인하여 현재 일반 농가의 전처리 방법은 수확직후의 고구마를 포전에 방치하여 표면건조시킨 다음 저장하고 있는데, 이는 앞서 서술한 바와 같이 고구마의 저장성 증진에 큰 도움이 되지 않는다.

따라서 본 절에서는 우리 나라의 고구마 저장 및 유통업체들이 큐어링 공정의 필요성과 큐어링 작업 시 정확한 온·습도 유지의 중요성에 대한 인식도를 제고시키는데 도움이 되고자, 여러 큐어링 온도와 습도 및 처리기간을 달리 처리하였을 때 실제 저장성을 조사 비교하여 적정 큐어링 조건과 주변 큐어링 온도와 상대습도에 따라 고구마의 저장성이 변화하는 정도를 제시하고자 하였다. 또한 대부분의 생산농가의 영세한 저장규모를 고려하여 큐어링 기술을 대체할 수 있는 방법으로서, 단기에 집중수확되는 고구마를 동시 처리할 수 있는 표면살균기술을 개발 제시하고자 하였으며, 기술개발 범주로서는 토양미생물의 제균 및 살균처리에 중점을 두고 접근하고자 하였다.

2. 큐어링 기술

가. 큐어링 조건별 처리과정에서의 품질변화

표 2-1은 고구마의 적정 큐어링 조건을 확립하기 위하여 여러 온·습도 조건별로 구축된 chamber내에 고구마를 넣고 3, 5 및 7일 동안 큐어링 시켰을 때의 곰팡이 발생율, 발아율 및 연부병 발생율을 조사한 결과이다.

일반적으로 고구마 저장 시 부패율로 고려되는 품질인자로서는 흰색 곰팡이가 발생하거나 고구마의 한 부분에서 짓무러지는 연부병 그리고 온도관리 미숙에 따른 발아현상 등이 대표적이다. 특히 곰팡이 발생은 고구마의 줄기절단 부위의 주변에서 주로 발생하게 되는 데, 이는 본 서설에서 밝힌 바와 같이 토양미생물이 줄기절단 부위의 연약 조직으로 침투가 용이하기 때문이며, 이를 억제하기 위해서는 큐어링 처리가 일반적으로 실시되고 있다(이세은 등, 1994).

본 실험에서는 고구마의 적정 큐어링 조건을 조사하기 위하여 여러 온·습도 및 처리기간에 따라 조사한 바, 30℃와 35℃의 큐어링 온도보다 40℃의 높은 온도에서 곰팡이 발생과 발아현상이 많이 발생하고 있었다. 30℃의 큐어링 온도에서는 상대습도에 관계없이 3일과 5일의 기간 내에는 큰 문제가 없었다. 그러나 30℃에서 7일 동안의 큐어링 처리는 상대습도와 관계없이 곰팡이 발생이 약 20% 정도 발생하였으나, 짓무름 현상은 상대습도가 높을수록 증가하는 경향으로 약 95%RH에서는 약 60% 정도로 높은 연부병 발생율이 나타났다. 따라서 30℃에서의 큐어링 처리는 상대습도에 관계없이 5일 이내 처리하는 것이 바람직한 것을 알 수 있었다. 또한 35℃의 큐어링 처리는 상대습도와 처리기간에 관계없이 큐어링 기간 동안 가장 안정된 품질상태를 유지하고 있었다.

표 2-2는 큐어링 조건별 큐어링 처리중의 중량감소율을 나타낸 것으로, 40

표 2-2. 고구마의 온·습도 조건별 큐어링 완료직후 곰팡이, 발아율 및 연부병 발생을 변화

Curing condition			Sensory evaluation ^{*)}		
Temperature	Humidity	Days	fungi	soft rot	sprouts
(°C)	(%RH)				
30	75	3	.	.	.
		5	.	.	.
		7	+	.	+
	85	3	.	.	.
		5	.	.	.
		7	+	.	++
	95	3	.	.	.
		5	.	.	.
		7	+	.	+++
35	75	3	.	.	.
		5	.	.	.
		7	.	.	.
	85	3	.	.	.
		5	.	.	.
		7	.	.	.
	95	3	.	.	.
		5	.	.	.
		7	.	.	.
40	75	3	.	+++	.
		5	.	+++++	.
		7	.	+++++	.
	85	3	.	.	.
		5	+	+	+
		7	++	+++	.
	95	3	.	++	.
		5	.	++++	.
		7	.	+++++	.

*: +는 강도를 나타냄

°C에서 75% RH에서 3, 5, 7일 큐어링 처리한 고구마와 40°C, 85%RH에서 7일 및 95%RH에서 5일과 7일 처리한 고구마에서는 짓무름 현상이 너무 진행된

표 2-3. 고구마의 온·습도조건별 큐어링 완료후
중량감소율 변화

큐어링온도 (℃)	상대습도 (% RH)	큐어링기간 (일)	중량감소율 (%)
30	75	3	1.25
		5	1.49
		7	1.86
	85	3	1.01
		5	1.03
		7	1.16
	95	3	0.55
		5	0.84
		7	1.18
35	75	3	0.63
		5	0.66
		7	1.88
	85	3	0.43
		5	0.55
		7	1.08
	95	3	0.23
		5	0.66
		7	1.03
40	75	3	2.00
		5	-
		7	-
	85	3	2.00
		5	6.01
		7	-
	95	3	1.24
		5	-
		7	-

관계로 실험에서 제외하고 기타 나머지 조건들에 대하여 조사한 결과이다.

큐어링 조건을 달리한 큐어링 처리시 중량감소율은 큐어링 온도가 높아질수

록, 큐어링 기간이 증가할수록, 그리고 동일한 큐어링 온도와 큐어링 기간에서 상대습도가 낮아질수록 중량감소율은 증가하는 경향이였다.

이와 같은 원인은 환경온도가 높을수록, 상대습도가 낮을수록 호흡 및 증산 작용이 왕성해지는 호흡 및 증산특성에 기인한 것으로 판단된다.

처리조건별 중량감소율은 전반적으로 약 1.0% 부근대에 나타나고 있었으나, 35℃, 95% RH에서 3일 처리조건이 0.25%, 30℃, 95%RH에서 3일 처리조건의 0.55%가 가장 낮은 값을 보인 반면 큐어링 처리조건에서 가장 열악한 조건인

표 2-4. 고구마의 온·습도조건별 큐어링 완료후 표면색 변화

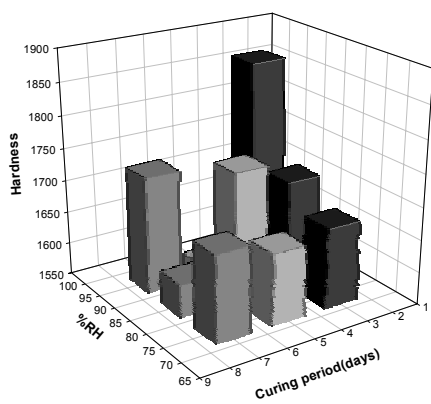
Temp.	Humidities	Periods	ΔL	Δa	Δb	ΔE
30	75	3	1.718	-4.176	3.566	5.75
		5	4.014	-6.418	4.212	8.66
		7	2.930	-6.774	3.412	8.13
	85	3	3.762	-8.648	3.396	10.02
		5	3.786	-8.562	4.636	10.45
		7	1.730	-6.644	3.676	7.79
	95	3	1.802	-8.146	3.072	8.89
		5	-0.948	-3.336	3.508	4.93
		7	0.002	-2.844	3.608	4.59
35	75	3	0.632	-0.08	1.778	1.89
		5	0.480	-1.856	2.662	3.28
		7	1.218	-2.81	1.83	3.57
	85	3	0.402	-4.958	4.312	6.58
		5	2.246	-4.582	4.502	6.80
		7	1.376	-3.656	2.832	4.82
	95	3	0.146	-0.048	2.304	2.31
		5	-0.552	-1.998	2.956	3.61
		7	3.356	-2.796	2.718	5.14
40	85	3	0.830	-2.29	3.202	4.02
		5	-1.04	-11.358	2.574	11.69
	95	3	0.146	-7.172	4.238	8.33

40℃ 85%RH에서 5일간의 처리조건에서는 중량감소율이 6.01%로 매우 높은 결과를 나타내고 있었다.

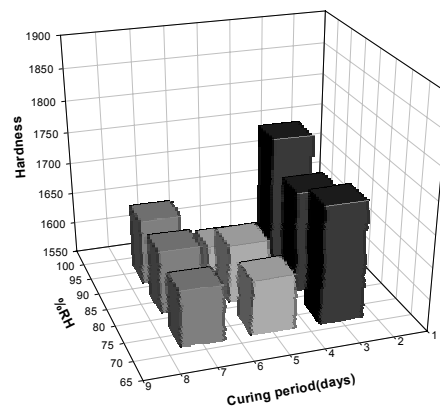
표 2-3은 큐어링 온도, 습도 및 처리기간에 따른 고구마의 큐어링 중 Hunter 표면색의 변화를 조사한 결과이다.

고구마의 큐어링 직후 표면색은 초기보다 밝기는 증가하고 적색도는 감소하며 황색도가 증가하는 전반적인 갈변반응을 보여주고 있다. 저장온도가 표면색에 미치는 영향은 40℃, 30℃ 및 35℃의 순으로 변화가 크게 일어났으며, 초기 표면색에 대한 종합적인 색차(色差)는 35℃, 75%RH에서 3일 처리조건이 ΔE 가 1.89로 가장 변화가 적었던 반면 40℃ 85%RH에서 5일 처리조건이 ΔE 가 11.69로 가장 높게 나타났다.

표 2-4와 그림 2-1은 큐어링 조건에 따른 고구마의 큐어링 중의 표면경도



(a) 30℃



(b) 35℃

그림 2-1. 큐어링 온도에서의 상대습도 및 처리기간에 따른 표면경도 변화

표 2-5. 고구마의 온·습도조건별 큐어링 완료후 표면경도 변화

Temp (°C)	Humidities (%)	Periods (days)	Initial (g · force)	After Curing (g · force)
30	75	3	1664.78±340.28	1671.78±292.39
		5		1657.45±149.92
		7		1681.24±208.29
	85	3		1710.02±163.97
		5		1745.38±239.79
		7		1598.79±247.20
	95	3		1865.62±197.93
		5		1567.00±170.07
		7		1727.92±248.13
35	75	3	1664.78±340.28	1731.96±205.50
		5		1635.28±128.91
		7		1635.24±202.39
	85	3		1708.98±154.82
		5		1641.09±143.35
		7		1646.51±147.12
	95	3		1753.76±219.06
		5		1591.66±445.08
		7		1650.39±245.42
40	85	3		1901.71±259.22
		5		2414.77±405.37
	95	3		2109.96±425.34

변화를 조사한 결과이다.

일반적으로 농산물들은 주변환경의 온도와 습도에 따라 표면경도가 증감하는 경화작용과 연화작용이 진행되게 된다(Kim, 1989). 즉 고온에서는 표면건조현상에 의한 경화현상이 발생하게 되고 고습 조건에서는 반대로 연화현상이 예상될 수 있다.

본 실험에서도 큐어링 온도가 높은 40°C에서 초기경도보다 약 477.3g · force 정도 증가하는 결과를 보인 반면 30°C에서 약 22.4g · force, 35°C에서 1.3g · force로 감소하는 경향을 보였으나, 전반적으로 증가하는 경향을 보였다.

처리조건별 증감경향은 40℃ 85%RH, 5일 처리조건에서 초기 경도보다 약 750.0g · force정도 증가하는 가장 높은 경화현상이 나타난 반면 30℃ 95%RH, 5일 처리조건에서 표면경도가 초기보다 97.78g · force정도 감소하는 가장 높은 연화현상을 보였다. 이들 조건에서 표면경도의 변화가 가장 작은 처리구는 30℃, 75%RH, 3일 처리구로서, 경도 변화값이 약 7.0g · force정도 였다.

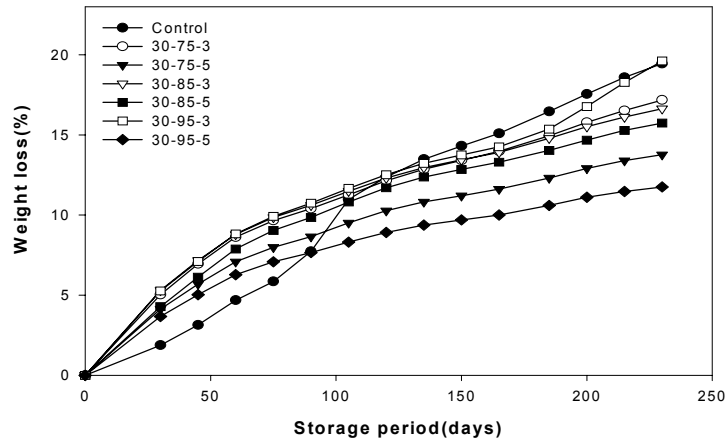
이상에서 살펴본 바와 같이 고구마의 큐어링 처리는 큐어링 완료 후 고구마의 표면색을 밝게 하고 경도를 증가시키는 유익한 결과를 나타내었으며, 온 · 습도 조건별 큐어링 처리효과는 30℃에서 7일간 처리하는 경우 모든 상대습도 조건에서 큐어링 기간 중에 발아와 곰팡이의 발생 등으로, 40℃에서의 모든 실험조건에서는 짓무름 현상 등으로 적절하지 못한 것으로 나타났다.

나. 큐어링 조건별 고구마의 저장성 검토

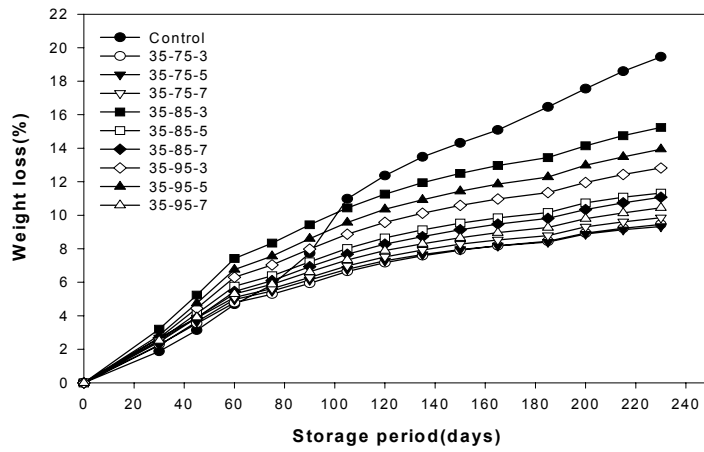
고구마의 큐어링 처리 직후 신선도 연장효과가 있는 것으로 간주된 30℃의 75%, 85%, 95%RH에서 3일, 5일 처리하는 방법과 35℃에서 75%, 85%, 95%RH에서 3일, 5일 및 7일 처리하는 방법으로 고구마를 큐어링 한 다음 12℃, 85%RH로 조절된 항온항습실에서 240일 동안 각각 저장하면서 큐어링 처리조건에 따른 고구마의 저장성 증진효과를 조사하고자 하였다.

그림 2-2는 30℃와 35℃의 큐어링 온도에서 각각 상대습도별 처리기간에 따른 중량감소율의 변화를 조사한 결과이며, 대조구로서 큐어링 처리하지 않은 고구마를 동시 나타내었다.

고구마의 저장 중 중량감소율은 대조구의 경우 저장 230일 후 약 19.5%의 높은 감모율을 나타낸 반면 30℃큐어링 처리는 11.8~19.6%로 많은 차이를 보였고 35℃에서의 큐어링 처리는 9.3~15.2%로 비교적 낮은 분포를 나타내고



(a) 30°C의 Curing 온도



(b) 35°C의 Curing 온도

Fig. 2-2. 각 온도에서의 상대습도 및 처리기간별로 큐어링 처리한 고구마의 저장 중 증량감소율의 변화

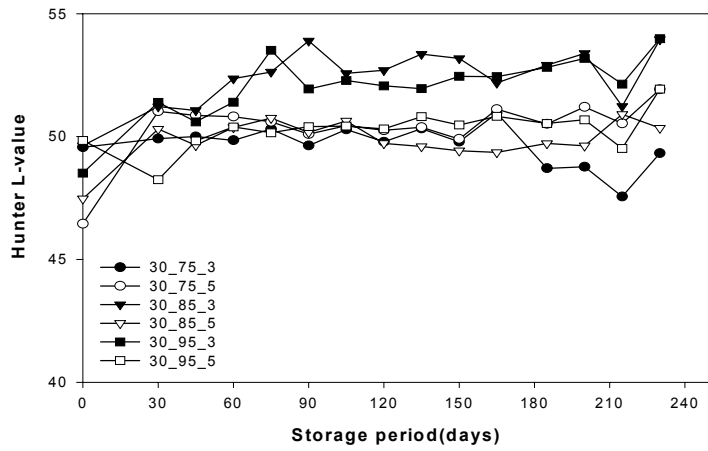
있었다. 처리 조건별 중량감소율을 살펴보면, 30℃의 큐어링 온도에서는 95%RH에서 5일 처리조건이 약 11.8%로 가장 낮은 중량감소율을 보인 반면 기타 나머지 습도와 처리기간에서는 거의 15%대 이상의 높은 중량감소율을 보이고 있었다. 35℃의 큐어링 온도에서 상대습도 및 처리기간별 중량감소율은 35℃ 75% RH에서 9.3~9.9%로 가장 낮은 분포를 나타내고 있으며, 그 다음으로는 35℃, 95%RH의 7일 처리조건이 10.5%, 35℃, 85%RH의 5일과 7일 처리조건이 각각 11.3, 11.7%의 중량감소율을 억제하는 효과가 있었다.

따라서 고구마의 큐어링 처리는 큐어링 과정에서 발생하는 중량감소는 피할 수 없으나, 큐어링 처리에 따른 고구마의 표면조직이 경화됨으로써 호흡 및 증산작용이 억제되고 이에 따라 고구마를 저장시에는 큐어링 처리하지 않은 고구마에 비하여 약 2배 가까이 중량감소율이 억제됨을 알 수 있었다.

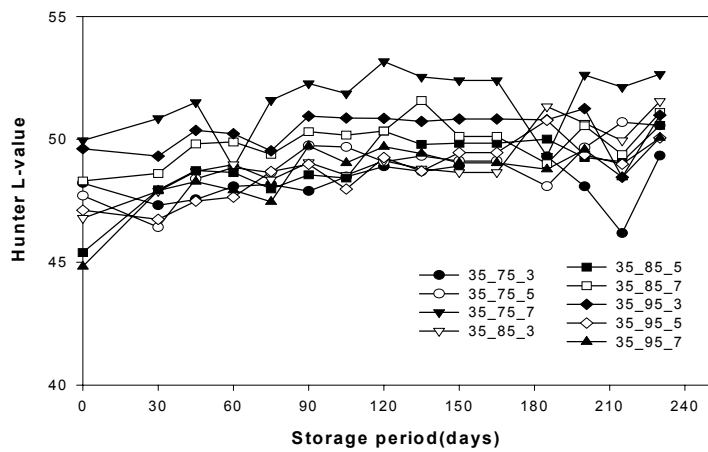
Fig. 2-3은 30℃와 35℃의 큐어링 온도에서 각각 상대습도 및 처리기간에 따라 고구마를 큐어링한 다음 12℃, 80%RH의 저장고에서 230일 동안 저장하면서 표면색의 변화 중 Hunter L-value의 변화를 나타낸 결과이다.

고구마의 저장 중 표면색의 변화는 전반적으로 밝기를 나타내는 Hunter L-value와 밝기를 나타내는 Hunter b-value는 증가하고 적색도를 나타내는 Hunter a-value는 감소하는 경향이였다. 이와 같은 원인은 고구마의 표면색의 구성성분인 antocyanin이 대기에 노출됨으로써 발생하는 산화작용에 근거하는 것을 알 수 있다. 따라서 현장의 고구마 유통업체에서는 저장 고구마의 퇴색 작용은 소비자의 구매시점에서 신선도가 저하된 것처럼 보이기 때문에 변색방지에 많은 관심을 갖고 있는 사항이 되고 있다.

큐어링 처리조건별로 처리한 고구마의 저장 중 Hunter L-value의 변화는 저장 230일 후 대조구가 초기치 50.456에서 저장말기의 53.624의 값으로 3.168 정도 증가한 반면, 30℃, 95%RH에서 3일처리구와 35℃, 85%RH, 5일처리구, 35℃, 95%RH, 7일 처리구에서 초기치에 비하여 5.2~5.5 정도로 가장 많이 증



(a) 30°C의 큐어링 온도



(b) 35°C의 큐어링 온도

Fig. 2-3. 각 온도에서 상대습도 및 처리기간별로 큐어링 처리한 고구마의 저장 중 Hunter L-value의 변화

가하는 경향을 보였으며, 30℃, 85%RH, 3 일 처리구와 35℃, 85%RH, 3일 처리구가 각각 4.3 및 4.8로 비교적 높은 증가율을 보인 반면 기타 나머지 처리구는 1.1~2.9의 다소 낮은 증가율을 보이고 있었다.

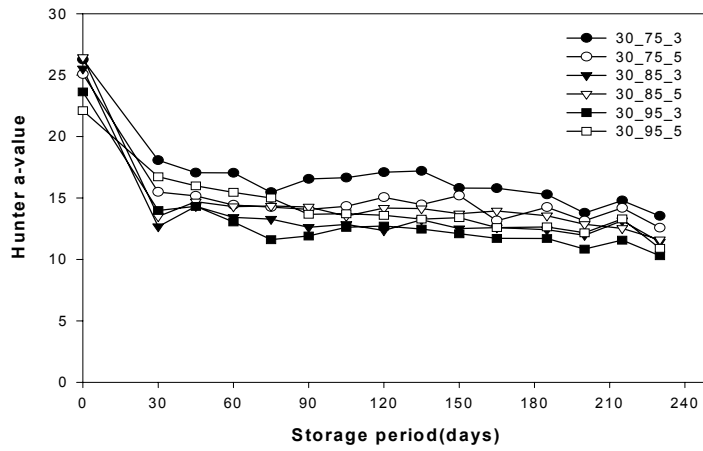
또한 저장기간에 따른 명도값의 증가속도상수는 대조구가 0.003907인 반면 35℃, 85%RH, 3일 처리구와 35℃, 95%RH, 5일 처리구와 35℃, 75%RH, 5일 처리구, 그리고 35℃, 85%RH, 5일처리구가 각각 0.0138, 0.0136, 0.0110, 0.00958의 값으로 증가속도가 높은 조건에 속하였으며, 상대적으로 30℃, 75%, 3일 처리구와 30℃, 85%RH, 5일 처리구의 경우 명도의 증가속도가 -0.00728과 -0.00099의 값으로 오히려 감소하는 경향을 나타내고 있었다.

따라서 고구마의 큐어링처리후 저장은 표면색의 밝기를 전반적으로 증가하는 경향을 나타내고 있으나 명도의 증가율 기준으로는 30℃보다 35℃에서의 큐어링이 바람직한 것으로 사료되었으며, 35℃에서도 상대습도와 저장기간을 75%RH에서는 5일, 85%RH에서는 3일과 5일 처리 그리고 95%RH에서는 5일 처리하는 것이 우수한 결과를 얻었다.

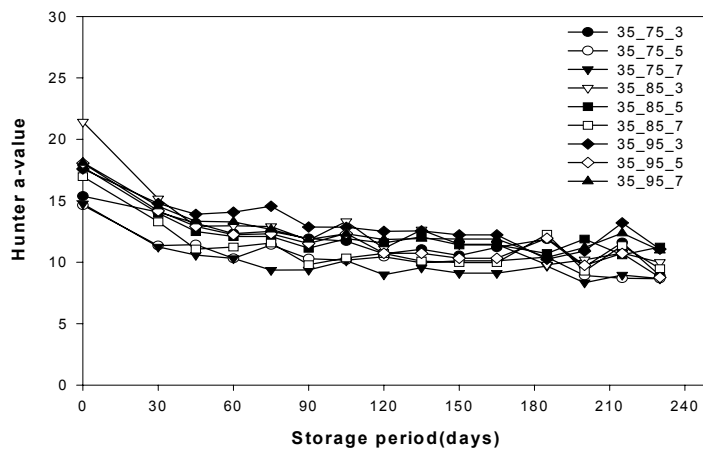
Fig. 2-4의 적색도 변화는 저장 초기의 30일 후 비교적 급속한 감소경향을 보인 직후부터 저장 230일 동안 서서히 감소하는, 전반적인 감소경향을 나타내고 있었다.

큐어링 처리조건별로 처리한 고구마의 저장 중 Hunter a-value의 변화는 저장 230일 후 대조구가 초기치 19.47에서 저장말기의 9.60의 값으로 9.9정도 감소한 반면, 30℃큐어링 처리구에서 11.2~14.8정도의 비교적 높은 적색도의 감소경향을 나타내었으며, 35℃의 온도처리는 5.98~11.43으로 상대적으로 낮은 적색도의 변화를 나타내었다.

특히 30℃ 큐어링 온도에서는 85%RH에서 3일 처리구가 14.83으로 가장 높은 변화치를 나타내었고 30℃ 95%RH 5일 처리조건이 11.21의 가장 낮은 값을 기록하였다. 35℃의 경우에는 85%RH에서 3일 처리구가 11.43으로 가장 높



(a) 30°C의 큐어링 온도



(b) 35°C의 큐어링 온도

Fig. 2-4. 각 온도에서 상대습도 및 처리기간별로 큐어링 처리한 고구마의 저장 중 Hunter a-value의 변화

은 변화치를 나타내었고 35℃ 75%RH 5일 처리조건이 5.98의 가장 낮은 값을 기록하였다.

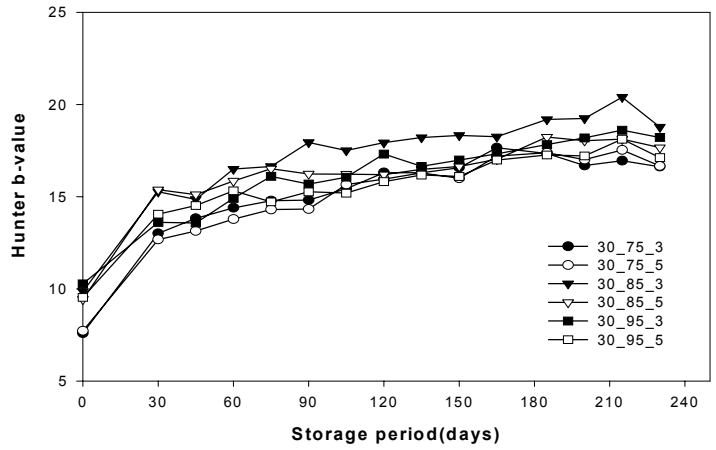
또한 저장기간에 따른 Hunter a-value의 변화속도를 고려할 경우 대조구의 적색도의 저하속도상수가 0.0361인 반면 30℃에서는 30℃, 75%RH, 5일 처리조건의 0.0265에서 30℃, 75%RH, 3일 조건의 0.0335의 범위 내에 있었으며, 35℃에서는 35℃, 85%RH, 5일 처리구의 0.0165에서 35℃, 95%RH, 5일 처리구의 0.0277의 범주에 속하였다.

따라서 고구마의 큐어링 처리는 대조구에 비해서 고구마의 저장 중 적색도의 저하속도를 전반적으로 감소시킬 뿐만 아니라 적정 조건의 채택시에는 저장 고구마의 적색도 변화를 약 2배 가까이 억제할 수 있음을 알 수 있었다. 그러나 큐어링 온도로서 30℃의 채택은 고구마의 저장 중 적색도의 감소경향을 억제하는 데 효과적이지 않는 것으로 나타났다.

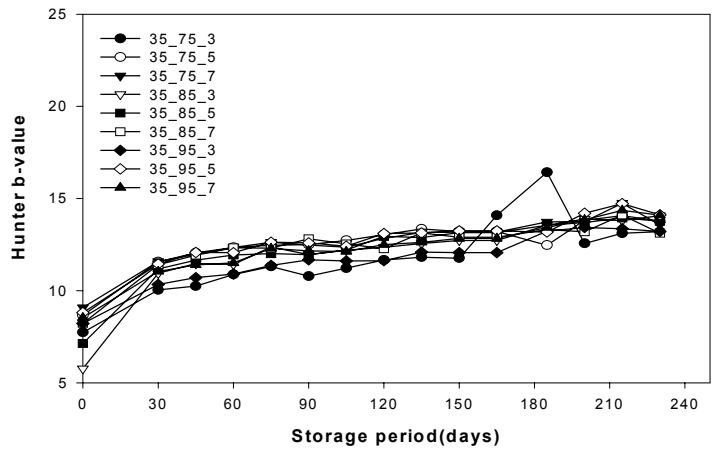
적색도의 저하속도 기준으로 한 적정 큐어링 조건은 초기치 대비 저장말기의 적색도 차이 값 기준으로 35℃, 75%, 5일 처리와 35℃, 75%RH 7일 처리구, 35℃, 85%, 5일 처리구가 각각 -5.98, -6.09 및 -6.52로 효과적인 것으로 판단되었으며, 저장기간에 따른 저하속도를 기준으로 고려할 때는 35℃, 85%RH, 5일 처리구가 0.01645로 가장 우수하였으며, 그 다음으로는 35℃, 75%RH, 7일 처리, 35℃, 85%RH, 7일 처리구 및 35℃, 75%RH, 5일 처리구 순이었다.

Fig. 2-5의 황색도 변화는 저장 30일 까지 비교적 급속한 증가경향을 보인 직후부터 저장 230일 동안 서서히 증가하는 경향을 나타내고 있었다.

큐어링 조건을 여러 가지로 달리 처리한 고구마의 저장 중 Hunter b-value의 변화는 저장 230일 후 대조구가 초기치 11.42에서 저장말기의 15.50의 값으로 4.09정도 증가한 반면, 30℃ 큐어링 처리구에서 7.58~9.03의 분포로 대조구보다 높은 증가경향을 나타내었으며, 35℃의 온도처리는 4.49~8.30의 값으로



(a) 30°C의 큐어링 온도



(b) 35°C의 큐어링 온도

Fig. 2-5. 각 온도에서 상대습도 및 처리기간별로 큐어링 처리한 고구마의 저장 중 Hunter b-value의 변화

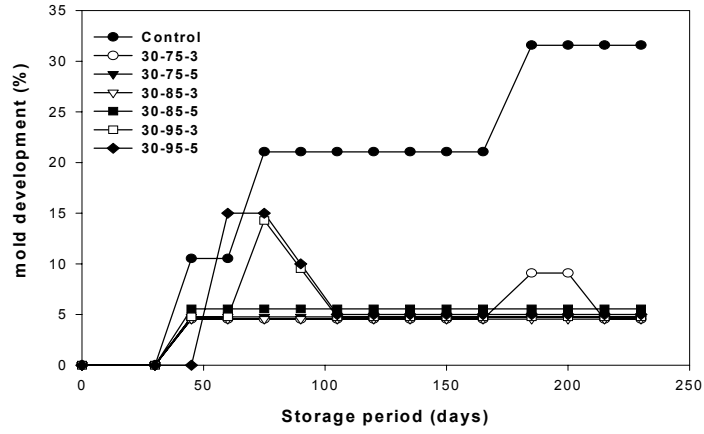
대조구보다는 비교적 높은 값을 보였으나 30℃ 큐어링 온도보다 낮은 적색도의 변화를 나타내었다.

저장기간에 따른 Hunter b-value의 증가속도는 대조구의 경우 0.0229의 수준으로 나타났으나 30℃ 큐어링 온도에서는 0.0229~0.0312의 수준으로 대조구보다 상대적으로 높았으며, 35℃의 온도에서는 0.0144~0.0227의 분포로 대조구보다 억제되는 경향이 나타났다. 특히 황색도의 증가속도가 가장 낮은 처리 조건은 35℃의 큐어링 온도에서 실시한 처리구로서 상대습도 85% RH에서 7일과 75%RH에서 5일 동안 처리한 고구마가 0.0144로 가장 낮은 반면 그 다음으로는 75%RH에서 7일 처리조건과 95%RH에서 5일 처리조건이 각각 0.0158과 0.0161의 값으로 우수한 수준을 나타내었고 전반적인 품질유지에 우수한 결과를 보인 35℃, 85%RH, 5일 처리구에서는 0.0179의 값으로 비교적 우수한 수준을 나타내고 있었다.

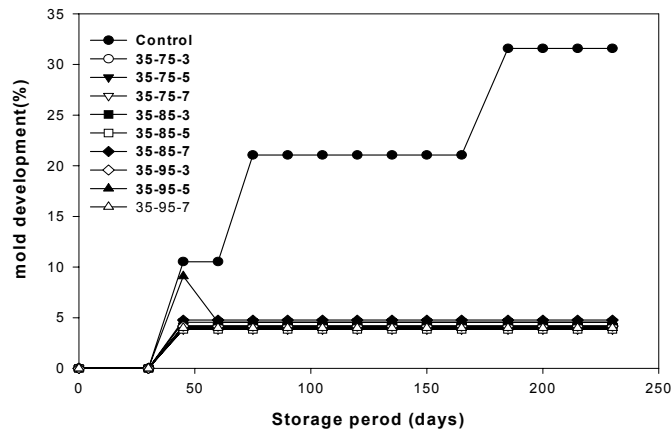
그림 2-6은 30℃와 35℃의 큐어링 온도에서 상대습도와 처리시간을 달리하여 큐어링 처리한 고구마를 $12\pm 1^\circ\text{C}$ 와 80%RH로 조절된 저장고에서 230일 동안 저장하면서 저장 중 곰팡이 발생율의 변화를 조사한 결과이다.

대조구의 경우에는 저장 45일 후에 10%대의 곰팡이 발생율을 나타내었다가 저장 75일 후 20%대, 저장 185일 후 30%이상의 값으로 단계적으로 증가하는 경향으로 저장 말기에 높은 곰팡이 발생율을 나타내고 있었다. 이상과 같이 곰팡이 발생율이 단계적으로 발생하는 현상은 초기 오염시 저장물의 전체로 급속히 번식·부패되는 일반 농산물과는 대치되는 현상이나, 고구마 저장 현상에서는 흔히 발생하는 현상이다.

처리조건별 곰팡이 발생율은 30℃ 온도영역에서는 4.55~5.56%, 35℃에서의 발생율은 3.85~4.55의 값으로 조사되어, 고구마를 30℃와 35℃의 온도에서 큐어링 처리한 후 저장할 경우에는 모두 대조구보다 상당히 억제하는 효과가 있음을 알 수 있었으나 30℃보다 35℃에서의 큐어링 처리가 비교적 우수한 효과



(a) 30°C의 큐어링 온도



(b) 35°C의 큐어링 온도

Fig. 2-6. 각 온도에서 상대습도 및 처리기간별로 큐어링 처리한 고구마의 저장 중 곰팡이 발생을 변화

를 얻을 수 있었다.

본 실험조건에서 곰팡이 발생율을 억제하는 효과적인 조건으로서는 35℃,85%RH,5일과 35℃,75%RH,7일의 처리조건이 저장 말기에 각각 3.85%로 가장 우수한 효과를 나타내었으며, 그 다음으로 35℃,75%RH,3일 처리구가 4.0%의 발생율로 비교적 효과적인 결과를 나타내었다.

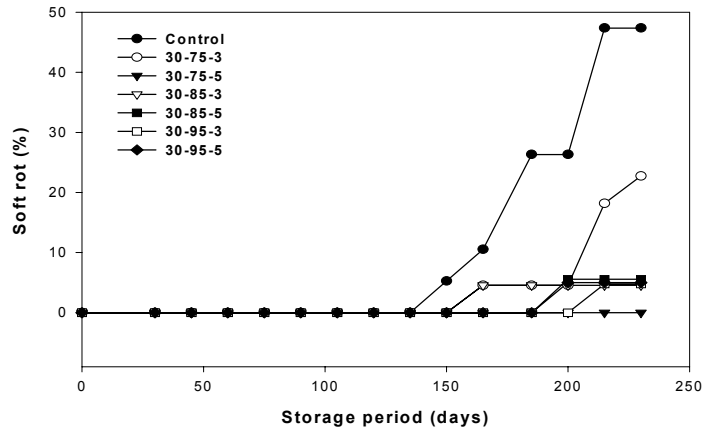
Fig. 2-7은 30℃와 35℃에서 상대습도 및 처리기간별로 큐어링 처리한 고구마를 230일 동안 저장하면서 짓무름 현상의 경시적 변화를 조사한 결과이다.

고구마의 짓무름 현상은 현장에서 상품성을 저하하는 가장 심각한 문제의 하나로서 저온장해를 받거나 수확 후의 처리과정에 충격, 상처 등의 물리적 손상에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다.

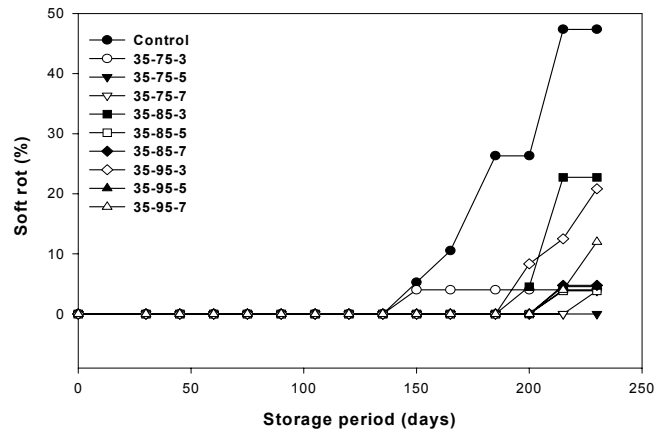
본 실험에서도 큐어링 하지 않은 대조구의 경우에는 저장 150일경 약 5.3% 정도 발생하였다가 저장 165일경 10.5%, 185일 경 26.3%, 그리고 저장말기에는 약 47.4%로 급속히 증가하는 경향을 보였으며, 짓무름 발생율도 상당한 정도였다.

큐어링 처리조건별 짓무름 발생율의 변화는 그림 (a)의 30℃에서는 75%RH, 3일 처리조건에서 저장말기 약 22.7%의 발생율을 보인 것을 제외하고는 4.5~5.0%의 수준을 유지하고 있는 반면 30℃,75%RH,5일 처리구에서는 저장 전기간에 걸쳐 짓무름현상이 발생하지 않는 결과를 나타내었다. 또한 그림 (b)의 35℃ 큐어링 처리온도에서는 짓무름 현상이 전기간에 걸쳐 발생하지 않은 35℃,75%RH,5일 처리구를 제외하고는 3.85~22.7%의 짓무름 발생율을 보이고 있었다.

따라서 고구마의 큐어링 처리는 연부병에 의한 짓무름 발생을 억제하기 위한 하나의 효과적인 방법이라 할 수 있으며, 적정 큐어링 조건으로서는 30℃,75%RH,3일과 35℃,75%RH,5일 처리조건이 가장 우수하였고, 그 다음으로 35℃,85%RH,5일과 35℃,75%RH,7일 처리조건이 저장말기에 약 3.85%로 비교



(a) 30°C의 큐어링 온도



(b) 35°C의 큐어링 온도

Fig. 2-7. 각 온도에서 상대습도 및 처리기간별로 큐어링 처리한 고구마의 저장 중 썩무름 발생을 변화

적 우수한 효과를 나타내었다.

Fig. 2-8은 30℃와 35℃에서 상대습도 및 처리기간별로 큐어링 처리한 고구마를 12±1℃, 80%RH의 저장조건에서 230일 동안 저장하면서 발아율의 변화를 조사한 결과이다.

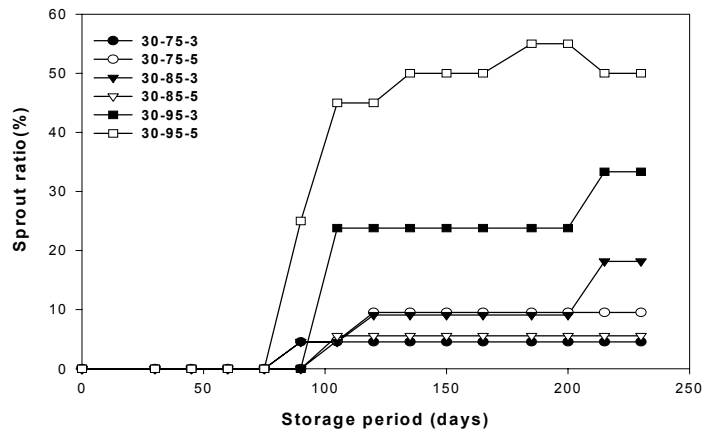
고구마의 발아현상은 일반 농산물과 같이 저장온도에 크게 영향을 받으며 보통 15℃이상의 온도에서는 쉽게 발아하는 특성을 보인다. 그러나 일반적인 저장 및 유통환경에서 발아된 싹은 일반 근채류와 달리 지속적인 성장을 하지 않고 정지된 상태를 유지하다가 고구마의 위조와 건조 및 짓무름 현상에 부패하게 되는 특성이 있다.

본 실험에서도 큐어링 하지 않은 대조구의 경우에는 저장 230일 동안 발아 현상이 나타나지 않는데, 이는 고구마의 발아 등의 성장작용이 시작되기 이전에 곰팡이와 짓무름 현상에 의한 부패작용이 먼저 발생한 결과에 기인하는 것으로 판단된다.

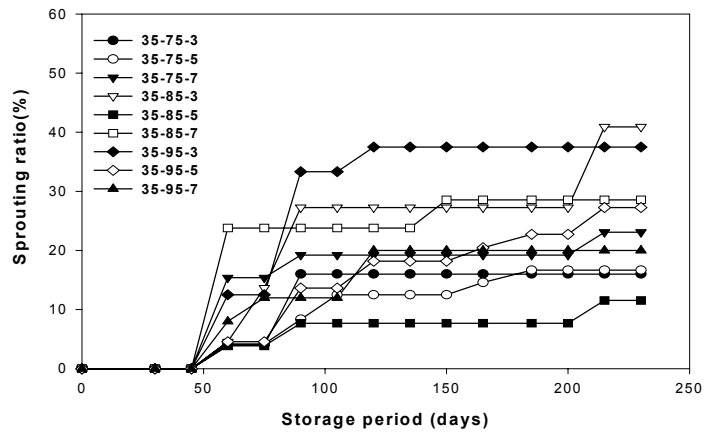
큐어링 처리조건별 발아율 변화는 그림 (a)의 30℃에서는 4.5~50%의 값으로 주변습도 및 처리기간에 따라 큰 차이를 나타내고 있었다. 30℃의 큐어링 온도에서 발아율이 가장 낮게 나타난 처리구로서는 30℃,75%RH,3일과 30℃,85%RH,5일 처리조건이 각각 4.55 및 5.56%로 가장 우수하였다. 그러나 30℃95%RH,3일과 30℃95%RH,5일 처리구와 같은 고습환경에서는 발아율이 각각 33.3%와 50.0%의 높은 발아율을 나타내고 있었다.

또한 그림 (b)의 35℃ 큐어링 온도에서는 상대습도 및 처리기간에 따라 발아율의 분포가 11.54~40.9%로 큰 차이를 보였으며, 특히 35℃,85%RH,5일 처리구가 11.54%로 가장 낮은 발아율의 값을 나타내었다.

따라서 큐어링 처리는 발아율 제어를 위한 효과적인 방법이라 할 수 없으나 비교적 고습에서 장기간에 걸쳐 큐어링을 하는 방법은 바람직하지 않는 것으로 판단되었다.



(a) 30°C의 큐어링 온도



(b) 35°C의 큐어링 온도

Fig. 2-8. 각 온도에서 상대습도 및 처리기간별로 큐어링 처리한 고구마의 저장 중 발아율 변화

다. 고구마의 큐어링 기술 확립

고구마의 큐어링 처리는 장기저장시 중량감소율 억제효과와 곰팡이 및 짓무름 발생율을 억제하는 현저한 효과가 있었으며, 이중 특히 30℃, 85%RH에서 5일간 큐어링하는 방법이 신선도 유지에 가장 효과적인 것으로 조사되었다. 상기 조건에서의 큐어링처리는 큐어링 기간동안 곰팡이, 연부병 및 발아현상이 발생하지 않으며, 중량감소도 0.55%로 매우 낮은 수준이었다. 특히 큐어링 조건으로서 30℃에서 7일간 처리하는 방법은 발아와 곰팡이의 발생 등으로, 40℃의 큐어링 온도는 짓무름 현상 등이 큐어링 작업 중에 심각하게 발생하므로 실시하지 않아야 할 것이다.

또한 35℃, 85%RH에서 5일간 큐어링한 고구마를 12℃, 80%RH에 저장한 결과 큐어링 하지 않은 고구마에 비하여 중량감소율을 약 30%정도 억제하면서 표면색을 밝게 유지하는 특성외에 곰팡이 발생율과 짓무름 현상을 약 10배 이상 억제하는 효과를 얻을 수 있었다.

3. 세척, 표면살균기술 개발

가. 살균제의 선정 및 조건 확립

고구마의 저장 중 부패현상은 줄기절단부위에서의 곰팡이 침입과 조직내부에서 발생하는 연부병 원인균에 의한 짓무름 현상이 대표적이다. 이러한 부패현상을 억제하기 위한 방법으로는 고구마와 근채류의 수확 및 취급과정에서 초래된 상처부위를 치료하여 곰팡이 및 세균류의 침입을 방지하는 큐어링 방법이 가장 일반적으로 사용되고 있으며, 보다 적극적인 방법의 하나로서는 살

균제에 의한 부패 원인균을 초기에 제거하는 방법을 고려할 수 있다. 따라서 본 장에서는 큐어링을 대체할 수 있는 기술의 하나로서, 살균매체를 활용한 표면살균기술을 이용하는 저장 전처리 기술을 개발해보고자 하였다.

본 실험에 사용한 살균제로서는 현재 농산물의 살균제로서 많이 사용되고 있는 ClO_2 , 곰팡이에 대한 효과적인 살균제로 보고되고 있는 Sodium hypochlorite, 최근 천연살균제로서 국내 유통량이 확대보급되고 있는 자몽씨 추출물과 주정, 수처리제로서 최근 많이 홍보되고있는 전해산화수, 오존수 등을 적용하여 보았으며, 기타 수처리제로서 살균효과가 기대되고 있는 4급 암모니아수, 칼슘하이포크로리아트 등의 효과를 조사하여보았다.

고구마의 표면살균 효과를 조사하기 위한 실험방법으로서는 표면 흠이 부착된 고구마 껍질 부위를 일정크기로 절단한 다음 살균수 용액에 일정시간 침지하여 고구마의 표면 미생물 수를 측정함으로써 살균효과를 조사·평가하였다.

표 2-5는 Sod. hypochlorite와 ClO_2 를 농도별로 조제한 살균수에 고구마를 20분간 침지한 다음 조사한 총균수와 곰팡이의 수를 대조구와 대비한 결과이다.

Sod. hypochlorite는 0.1~0.2%의 농도범위에서 총균수를 1 log cycle 정도로 총균수에 대한 살균효과는 크지 않았으나 곰팡이에 대한 살균력은 0.1%의 농도에서도 멸균시키는 우수한 효과를 발휘하였다. 그러나 이염화수소, 즉 염소수는 0.1~0.2%의 높은 농도에서도 총균수와 곰팡이에 대한 살균효과가 대조구에 비하여 나타나지 않았다.

표 2-6은 4급 암모니아수를 동일 방법으로 조사한 결과이다. 암모니아수의 조사농도로서는 0.05%와 0.1%의 비교적 낮은 농도로 조사하였는데, 각 농도에서 총균수와 곰팡이의 오염율을 2 log cycle 정도 억제하는 효과가 나타났다.

표 2-7은 전해산화수와 오존수의 효과를 대조구에 대비하여 나타낸 결과이다.

표 2-5. Sod. hypochlorites와 ClO₂의 농도별 고구마 표면살균효과

살균제	총균수	곰팡이	살균제	총균수	곰팡이
control	1.1×10 ⁴	1.2×10 ⁴			
S.H. 0.1%	8.0×10 ³	-	ClO ₂ 0.1%	1.4×10 ⁵	2.2×10 ⁴
S.H. 0.15%	9.0×10 ³	-	ClO ₂ 0.15%	5.0×10 ⁴	1.8×10 ⁴
S.H. 0.2%	2.0×10 ³	-	ClO ₂ 0.2%	1.3×10 ⁴	1.2×10 ⁴

S.H. : Sodium hypochlorite

표 2-6. 암모니아수의 농도별 고구마 표면살균효과

살균제	총균수	곰팡이
control	2.1×10 ⁵	6.0×10 ⁴
0.05% AW	8.0×10 ³	4.0×10 ²
0.1% AW	3.0×10 ³	

표 2-7. 전해산화수와 오존수의 농도별 고구마의 표면살균효과

살균제	총균수	곰팡이
control	1.0×10 ⁶	1.0×10 ⁶
전해산화수 pH2	3.0×10 ⁴	1.0×10 ⁵
전해산화수 pH8	1.0×10 ⁴	3.0×10 ⁴
오존 7ppm	3.0×10 ⁵	4.0×10 ⁵
오존 10ppm	4.0×10 ⁵	8.0×10 ⁵

다. 전해산화수는 동일 ORP에서 pH의 정도를 강산성과 강알칼리 조건에서 조사한 바 pH 2의 강산수에서는 총균수만 1 log cycle 정도 억제한 반면 pH 8의 알칼리수에서 총균수와 곰팡이의 오염율을 각각 약 1 log cycle을 억제하는 미소한 효과가 조사되었다. 그러나 최근 수처리제로서 높은 살균력을 갖고 있는 것으로 알려진 오존수의 경우에는 강한 산화력과 냄새로 인하여 사용이 불가능한 정도인 7ppm과 10ppm의 농도에서도 대조구에 비하여 살균효과가 전혀 나타나지 않았다.

표 2-8은 천연살균제로서 현재 산업체에서 이용율이 높은 자몽씨추출물 단물물질과 주정 및 자몽씨추출물의 혼합 살균제의 효과를 조사한 결과이다.

자몽씨 추출물은 0.5~5.0%의 농도범위에서 초기 미생물의 총균수 및 곰팡이를 각각 1 log cycle 정도의 살균력을 나타내었으며, 주정 및 자몽씨 추출액은 10% 농도 이상의 범주에서만 총균수의 살균효과가 1 log cycle 정도일 뿐 곰팡이의 생육을 억제하는 효과가 없었다.

이상의 결과로부터 수확 후 토양이 부착된 고구마를 표면살균처리하기 위한 살균제로서는 sodium hypochlorite와 암모이나수가 가장 효과적이었으며, 약

표 2-9. 자몽씨추출물과 주정의 농도별 고구마의 표면살균효과

살균제	총균수	곰팡이
control	2.0×10^6	4.0×10^6
자몽씨추출물 0.5%	4.0×10^5	4.0×10^5
자몽씨추출물 1.0%	2.0×10^5	1.0×10^5
자몽씨추출물 5.0%	1.0×10^5	2.0×10^5
주정+자몽씨추출물 1%	1.0×10^6	3.0×10^6
주정+자몽씨추출물 10%	4.0×10^5	2.0×10^6
주정+자몽씨추출물 50%	2.0×10^5	1.0×10^6

알칼리성의 전해산화수와 자몽씨 추출물도 다소의 살균효과가 인식되었다. Sodium hypochlorite와 AW의 처리조건은 각각 0.1%의 농도에서 20분간 침지하는 방법이 적절한 것으로 판단되었다.

이상과 같이 본 실험에 사용한 살균매체 중 비교적 표면 살균효과가 있는 것으로 나타난 0.1% sodium hypochlorite, 0.1%의 AW, 알칼리성 전해산화수 (pH8)를 먼저 선정한 다음 살균수와 고구마의 접촉시간에 따른 살균효과를 조사하여 각 살균제별 적정 처리시간을 확립하고자 하였다.

표 2-9는 고구마에 대한 살균수의 적정 처리시간을 구축하기 위하여 고구마와 살균수의 접촉시간을 살균수별로 각각 5분, 10분 및 20분으로 처리하였으며, 처리 직후 고구마의 표피에 부착된 생균수와 곰팡이의 수를 측정하여 대조구에 대비한 살균효과를 나타낸 결과이다.

조사된 3종의 살균제는 생균수와 곰팡이에 대한 살균효과를 나타내었으며, 특히 sod. hypochlorite를 제외하고는 접촉시간이 경과함에 따라 살균효과도 증가하는 경향이였다. 전해산화수와 암모니아수는 고구마와 약 20분간 접촉시 생균수와 곰팡이 모두 2 log cycle정도 감소하는 결과를 나타내었다.

따라서 고구마의 표면살균제로서는 pH 8의 약알칼리성 전해산화수와 0.1%의 암모니아수로 약 20분간 처리하는 것이 처리직후 감균효과가 높은 것으로 나타났다.

나. 표면살균기술의 저장효과

Fig. 2-9는 상기 3종의 살균수로 고구마를 각각 20분간 처리한 다음 12℃, 85%RH의 저장실에 산물저장하면서 처리방법간의 저장성 연장효과의 하나로써 중량감소율의 변화를 조사·비교한 결과이다.

고구마를 살균수의 종류별로 처리한 다음 저장한 결과 중량감소율은 저장

표 2-10. 고구마와 살균수의 접촉시간에 따른 살균효과 조사

살균제	농도	침지시간 (min)	총균수	곰팡이
Control			3.0×10^6	2.0×10^6
S.H.	0.1%	5	3.0×10^5	3.0×10^5
		10	2.0×10^5	2.0×10^5
		20	1.0×10^5	1.0×10^5
전해산화수	pH8	5	3.0×10^5	3.0×10^5
		10	2.0×10^5	6.0×10^4
		20	8.0×10^4	7.0×10^4
AW	0.1%	5	1.0×10^5	5.0×10^4
		10	1.0×10^5	9.0×10^4
		20	1.0×10^4	6.0×10^4

12일 동안 4.9~5.8%의 범위로서 큰 차이가 없었으나 저장 말기인 20일 경에는 대조구가 약 8.6%인 반면 전해산화수가 6.5%로 가장 안전하였고 기타 암모니아수와 sod. hypochlorite액 처리는 11.8%로 비교적 높은 중량감소율을 보여주었다.

Fig. 2-10은 동일 방법으로 처리한 고구마의 저장 중 연부병에 의한 짓무름 발생률의 변화를 조사한 결과이다.

고구마의 저장 중 짓무름 발생율은 저장 초기부터 발생하기 시작하여 저장 20일 동안 급속히 진행되고 있었다. 이와 같은 결과는 동절기 유통되고 있는 고구마에서 흔히 발생하는 경우로서, 일반 고구마 유통업체에서는 유통 2~3일 후에 짓무름 현상에 의하여 상품유통이 실제적으로 매우 곤란한 실정에 있다. 본 실험에 사용한 고구마도 동절기에 유통업체에서 출하직후의 것을 구입하여 사용한 관계로 저장상태의 불량하였거나 수송 중에 저온장해 등의 이화

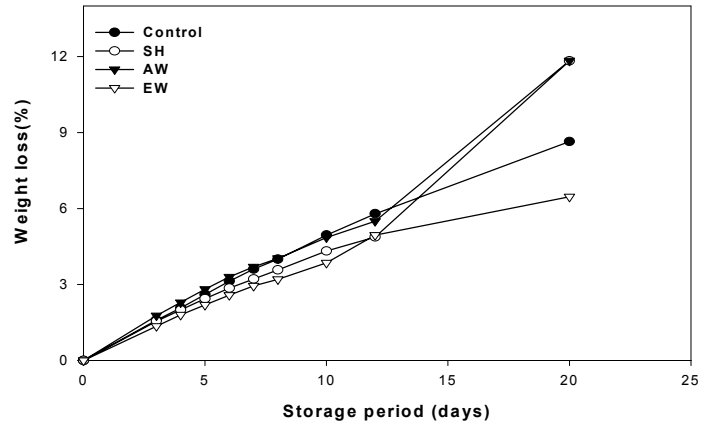


Fig. 2-9. 여러 살균수로 처리한 고구마의 저장 중 중량감소율 변화

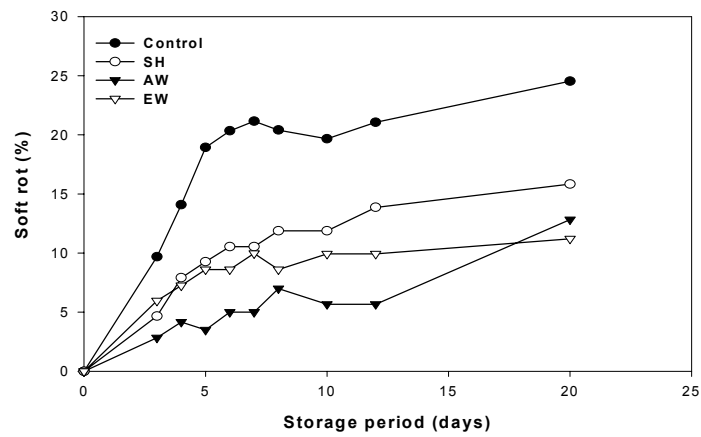


Fig. 2-10. 여러 살균수로 처리한 고구마의 저장 중 연부병 발생을 변화

학적 품질저해작용을 받은 것으로 판단되었다.

대조구의 짓무름 발생률은 저장 6일 경에 약 20%로 급속히 진행되었다가 이후부터는 점진적인 증가경향으로 저장 말기인 20일경에는 약 25.0%의 높은 짓무름 발생율을 나타내었다. 살균수의 종류별 짓무름 발생을 억제하는 효과는 저장 말기인 20일경에는 전해산화수가 약 12.8%로 가장 효과적인 반면 sod. hypochlorite용액은 약 15.8%로 살균제 중에서 가장 낮은 효과를 나타내었고 암모니아수는 12.8%로 중간수준이었다. 그러나 저장기간 전반에 따른 짓무름 발생을 억제효과는 그림에서 보는 바와 같이 0.1%의 암모니아수가 가장 효과적이었고 그 다음으로 전해산화수 및 sod. hypochlorite 순이었다.

Fig. 2-11은 동일방법으로 처리한 고구마를 20일 동안 저장하면서 곰팡이 발생율을 비교·조사한 결과이다.

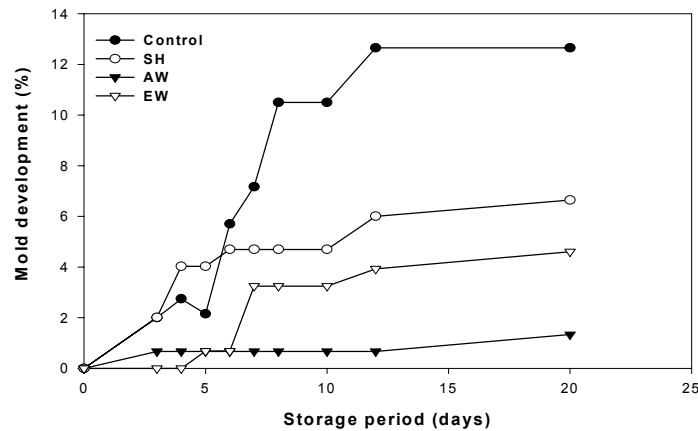


Fig. 2-11. 여러 살균수로 처리한 고구마의 저장 중 곰팡이 발생율 변화

일반적으로 저장중인 고구마에서 곰팡이 발생은 줄기절단부위에서 흔히 발생되나, 타 작물과 같이 주변작물에 대한 곰팡이 전파속도는 매우 낮은 특성을 지닌다. 본 실험에서도 살균수에 침지하지 않은 고구마의 경우 곰팡이 발생률은 저장 8일 동안 약 9.1% 정도로 급속히 증가하다가 이후부터는 발생속도가 다소 낮아져 저장 말기인 20일경에는 약 12.6%정도 곰팡이 발생율을 보이고 있었다. 고구마의 저장 중 곰팡이의 생육을 억제하는 가장 효과적인 살균수는 그림에서 보는 바와 같이 암모니아수, 전해산화수, sod. hypochlorite용액의 순이었다. 암모니아수는 저장 20일 동안 약 1.3%의 곰팡이 발생율을 보인 반면 전해산화수와 sod. hypochlorite용액은 각각 4.6%와 6.6% 정도였다.

표 2-10은 고구마의 살균수 처리시 표면색의 변화여부를 조사하기 위하여, 여러 살균수로 처리된 고구마를 12℃의 저장온도에 산물저장하면서 표면색의 변화를 Hunter colorimeter로 측정한 결과이다.

일반적으로 고구마를 장기저장하면 표면색 중의 적색도가 감소하고 황색도가 증가하는 것으로 나타나는데, 이는 고구마 표면색의 주성분인 antocyanin의 퇴색작용으로 선홍빛이 사라지고 탁한 적색을 띠게 되어 상품성을 떨어뜨리는 것으로 보고되고 있다. 그러나 본 실험에서는 저장기간이 짧았던 관계로 살균수에 침지하지 않은 대조구의 고구마 표면색은 Hunter L, a 및 b값의 변화가 저장기간 동안 나타나지 않았다. 또한 살균수로 세척한 고구마의 경우에도 표면색 중 밝기와 적색도 및 황색도의 값에서 저장기간에 따라 평균치의 변화는 다소 보여졌으나 이들 값의 표준편차를 고려할 경우에는 저장 중의 표면색 변화는 초기치와 거의 차이가 없는 것으로 인식될 수 있다.

이상의 결과로부터 고구마의 살균제로서는 sod. hypochlorite용액, 암모니아수 및 전해산화수가 선정되었으며, sod. hypochlorite용액은 0.1%의 농도에서 약 20분 처리시 생균수와 곰팡이를 약 1 log cycle정도 억제하는 살균력을 나타내었으며, 저장 고구마에서는 짓무름 및 곰팡이 발생율을 대조구에 비하여

표 2-11. 여러 살균수로 처리한 고구마의 저장 중 표면색의 변화

표면색	기간(일)	Control	SH	AW	EW
L-value	0	56.77±3.71	52.35±1.47	51.05±2.26	54.80±2.84
	3	57.17±3.41	53.11±1.74	51.62±2.47	55.76±3.40
	4	57.19±3.26	53.26±1.79	51.71±1.95	55.43±3.54
	5	57.31±2.65	53.09±1.64	51.92±2.24	56.03±3.15
	6	56.73±3.43	52.94±1.77	51.79±1.92	55.42±2.76
	7	57.08±3.23	53.11±1.6	51.98±2.06	55.48±2.93
	8	56.78±3.00	52.90±1.81	51.75±1.72	55.76±3.11
	10	56.87±2.64	53.13±1.63	52.19±2.08	55.70±3.06
	12	56.65±2.93	53.44±1.92	52.34±2.09	55.79±2.94
	20	56.80±2.92	52.99±1.71	52.45±2.00	54.98±2.81
a-value	0	8.12±2.91	11.21±2.75	10.37±2.40	11.75±2.39
	3	7.80±2.53	10.57±2.27	9.94±2.06	11.02±2.55
	4	7.73±2.67	10.56±2.37	10.00±2.00	10.90±2.49
	5	7.27±2.05	10.51±2.31	9.84±2.35	10.62±2.65
	6	7.76±2.38	10.55±2.31	9.84±1.98	10.68±2.42
	7	7.51±2.00	10.31±2.16	9.63±2.00	10.71±2.43
	8	7.61±1.98	10.41±2.35	9.82±2.00	10.42±2.39
	10	7.52±1.97	10.12±2.11	9.17±1.55	10.86±2.09
	12	8.14±1.97	10.42±2.23	9.30±1.85	10.55±2.41
	20	8.12±1.88	10.38±2.14	9.44±1.93	10.97±2.30
b-value	0	14.01±1.92	14.01±1.75	14.55±1.96	13.67±2.74
	3	13.86±2.21	14.00±1.79	14.76±1.75	13.69±±3.29
	4	13.61±1.98	13.85±1.97	14.61±1.98	13.80±3.15
	5	13.51±1.93	13.66±1.87	14.27±1.95	13.17±2.96
	6	13.45±1.93	13.64±2.06	14.63±1.91	13.52±2.71
	7	13.41±1.93	13.91±1.84	14.74±1.94	13.53±3.07
	8	13.89±2.16	13.69±2.13	14.31±1.89	13.59±3.03
	10	13.49±1.97	13.90±1.87	14.66±1.80	13.23±2.73
	12	13.80±2.51	13.79±2.14	14.64±1.74	13.39±2.90
	20	14.23±2.67	13.80±1.97	14.95±2.01	13.06±2.72

각각 37%와 50% 정도 억제하는 효과를 나타내었으나 중량감소율의 억제효과는 없었다.

암모니아수의 경우에는 0.1%농도에서 20분 처리시 생균수와 곰팡이를 약 2 log cycle정도의 높은 살균력을 나타내었으며, 저장 중에는 짓무름 및 곰팡이 발생율이 대조구에 비하여 각각 40%와 10% 수준으로 매우 높은 부패억제력을 보여주었다.

전해산화수의 경우에도 처리과정에서 암모니아수와 유사한 결과의 살균력이 조사되었으며, 저장 중에는 짓무름 및 곰팡이 발생율이 대조구에 비하여 각각 50%와 30% 수준으로 우수한 부패억제력을 보여주었다.

따라서 고구마의 표면살균용 매체로서는 암모니아수에 의한 처리가 가장 효과적으로 나타났으며 처리조건으로서 0.1%의 농도에서 20분간 처리하여 주는 것이 바람직한 것으로 조사되었다.

다. 고구마의 순간 표면살균기술

고구마와 같은 농산물들은 일반적으로 단기에 걸쳐 집중수확되는 특성을 지닌다. 특히 고구마와 같이 단위중량이 크고 bulky한 특성은 저장 전처리 작업으로서 공간적 및 시간적인 제한을 받는다. 따라서 국내 저장용으로 10월 하순부터 서리가 오기 전까지 단기에 집중 수확되는 고구마를 일정온도에서 5일 동안 큐어링하는 방법은 저장업체에서의 활용성에 많은 제약이 따르며, 표면 살균처리 또한 고구마를 20분 동안 일정 용량의 살균수에 침지하는 것도 용이한 작업은 아니다.

따라서 본 항에서는 고구마의 수확시 살균작업 편의성과 신속성을 부여하기 위하여 암모니아수보다 강력한 살균효과를 나타내는 cal. hypochlorites와 CS의 살균매체를 예비실험결과 선정하였으며, 이들 살균수를 고구마에 직접 분

표 2-12. 살균수의 종류 및 방법에 따른 고구마 분무시 살균효과 조사

세척방법	살균제 종류	총균수	곰팡이
	0.05%CH+0.05%CS	2.5×10^4	4.0×10^2
일반 상수 세척후 살균제 처리	0.05%CH+0.01%CS	3.5×10^4	3.4×10^3
	0.03%CH+0.05%CS	3.0×10^4	1.0×10^3
	0.03%CH+0.01%CS	6.6×10^4	2.0×10^3
	0.03%CH	6.2×10^3	5.0×10^2
	0.05%CH	5.0×10^3	1.0×10^2
전해산화수 세척후 살균제 처리	0.05%CH+0.05%CS	3.8×10^3	4.0×10^2
	0.05%CH+0.01%CS	8.1×10^3	1.3×10^2
	0.03%CH+0.05%CS	5.3×10^3	1.9×10^2
	0.03%CH+0.01%CS	1.1×10^4	3.1×10^2
일반 상수	대조구	8.0×10^5	9.0×10^4

무처리하였을 때의 표면미생물의 살균효과와 저장성을 검토하여 보았다.

표 2- 11은 살균수를 고구마에 분무처리하였을 때의 세균수와 곰팡이의 살균효과를 조사한 결과이다. 세척방법은 1차 세척수에 의한 세척공정과 2차 살균수에 의한 분무공정으로 접근하였다. 세척공정은 고구마에 부착된 흙을 제거하는 제토작업외에도 물에 씻겨 내려가는 세균효과를 얻고자 하였으며, 더불어 세척수로서 살균력이 있는 것으로 알려진 전해산화수에 의한 살균효과의 상승작용을 도모하였다. 살균수는 고구마와의 접촉시간이 순간적으로 이루어

지는 특성으로 인하여 CH와 CS를 단독 및 혼합처리하는 방법으로 조합하였다.

표에서 보는 바와 같이 수도수에 의한 고구마의 세척작업 후 표면 미생물수는 생균수가 10^5 , 곰팡이가 10^4 으로, 이전 조사한 대조구와는 어느 정도 제균효과가 있음을 알 수 있었다. 수도수에 의한 살균수 처리는 혼합매체의 조성비와 무관하게 생균수가 1 log cycle, 곰팡이가 1~2 log cycle 정도 감소시키는 효과가 있었다. 반면 전해산화수로 1차 세척한 다음 살균수로 처리한 고구마의 표면미생물 수는 단순 세척 고구마에 비하여 최대 2 log cycle정도 억제하는 효과가 있었다.

따라서 고구마를 순간적으로 표면살균하는 방법으로서는 1차 상수로 표면부토를 제거한 다음 전해산화수로 다시 한번 헹궈주고 살균수로 분무처리하는 방법이 효과가 있음을 알 수 있었다. 살균수의 조성으로서는 대조구에 비하여 생균수와 곰팡이를 각각 2 log cycle 정도로 억제하는 최대 효과를 나타낸 방법 중에서 가장 경제적이다 판단되는 0.03%의 CH 단독물질을 이용하는 것이 적절한 것으로 판단되었다.

그림 2-12에서 2-14는 전해산화수 세척 후 CH살균제 처리방법이 고구마의 저장성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수세척후 건조한 고구마와 물세척 후 CH처리된 고구마를 대조구로 하여 중량감소율, 짓무름 현상 및 곰팡이 발생율을 조사·비교하였으며, 저장온도는 가속실험을 위하여 20℃의 상온에 산물저장하면서 실험하였다.

그림 2-12의 수세척후 표면건조한 고구마(Control), 수세척후 CH처리한 고구마(WCH) 및 전해산화수 세척후 CH처리한 고구마(ECH)를 20℃의 상온실에 저장하면서 조사한 중량감소율의 변화이다.

세척 고구마의 저장 중 중량감소율 변화는 저장기간에 따라 증가하는 경향으로, 저장기간에 따른 중량손실율의 변화값은 결정계수가 0.98이상으로 1차

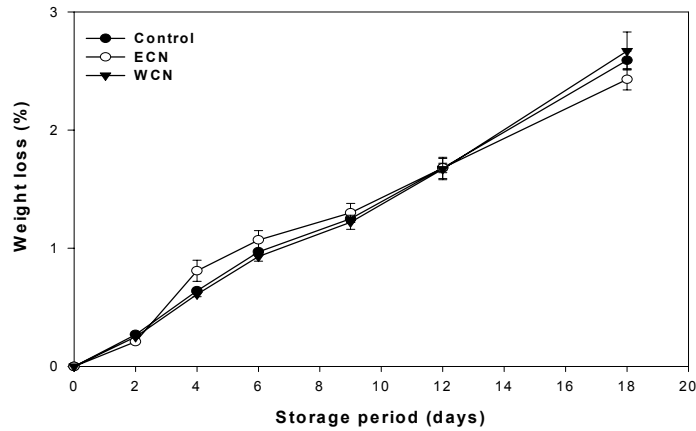


그림 2-12. 순간 표면살균방법별 고구마의 저장 중 중량감소율 변화

회귀식에 의해 해석될 수 있을 정도였다. 증가속도는 ECH가 0.13으로 가장 낮은 반면 대조구와 WCH가 각각 약 0.14와 0.15로 나타났으며, ECH가 고구마의 상온 유통 중 중량손실을 억제하는 가장 우수한 효과를 나타내었다. 그러나 저장과정과 말기의 세척방법별 중량손실을 차이는 최대 약 0.24%로서, 실용성에 있어서는 의미가 없는 것으로 간주된다.

그림 2-13은 전해산화수와 수도수로 1차 세척한 다음 CH으로 순간살균처리한 각각의 고구마를 20℃의 항온실에 저장하면서 짓무름 발생율의 변화를 조사한 결과이다.

순간 표면살균방법별 고구마의 저장 중 짓무름 발생율은 1차 회귀식에 의해 해석한 바, 저장기간에 따른 짓무름 발생율의 변화에 대한 결정계수(r^2)가 0.95~0.97로 가능하였다. 따라서 세척방법별 짓무름 발생율의 증가속도는 WCH가 1.23으로 가장 높은 반면에 WCH는 0.93으로 가장 낮았으며 대조구는 1.18

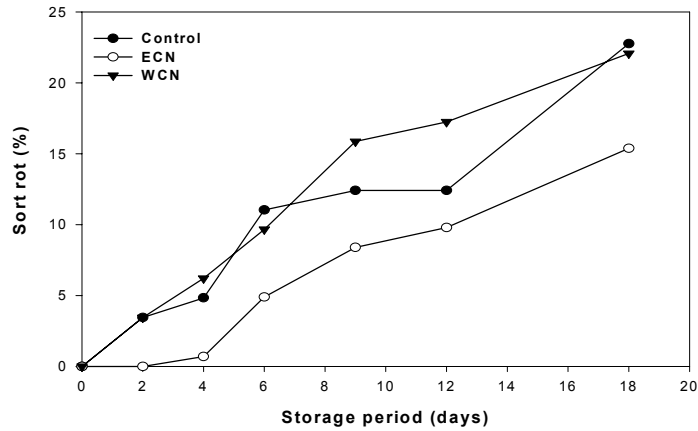


그림 2-13. 순간 표면살균방법별 고구마의 저장 중 썩무름 발생을 변화

로 WCH와 유사한 수준을 유지하고 있었다.

또한 저장시점에서의 세척방법별 효과로서는 저장 6일경 대조구 11.0%, WCH 9.7%, ECH가 5.0%의 연부병 피해가 발생하였으나 저장 말기인 18일 경에는 각각 22.8%, 22.1% 및 15.4%로서 높은 부패현상이 발생하였다.

그림 2-14는 전해산화수와 수도수로 1차 세척한 다음 CH으로 순간살균처리 한 각각의 고구마를 20℃의 항온실에 저장하면서 곰팡이 발생율의 변화를 조사한 결과이다.

순간 표면살균방법별 고구마의 저장 중 곰팡이 발생율은 1차 회귀식에 의해 해석될 수 있었으며, 결정계수(r^2)는 0.87~0.89의 수준이었다. 따라서 세척방법 별 곰팡이 발생율의 증가속도는 대조구가 0.88%/day로서 가장 빨랐던 반면 ECH가 0.40%/day로 가장 안전한 수준이었다. WCH는 0.61%/day로 대조구와 ECH의 중간수준을 유지하고 있었다.

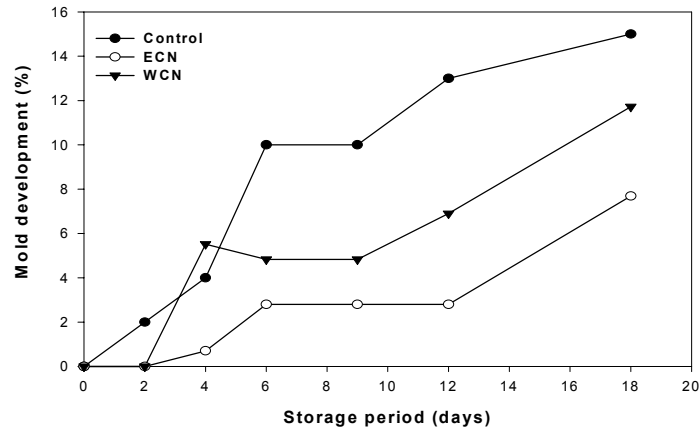


그림 2-14. 순간 표면살균방법별 고구마의 저장 중 곰팡이 발생을 변화

또한 저장시점에서의 세척방법별 효과로서는 저장 6일경 대조구 10.0%, WCN 4.8%, ECN가 2.8%의 곰팡이 피해가 발생하였으나 저장 말기인 18일 경에는 각각 15.0%, 11.7% 및 7.7%로서 높은 부패현상이 발생하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 수확시 단기 집중 입고되는 고구마를 단시간에 표면살균하는 방법으로서는 전해산화수로 1차 세척한 다음 0.03%의 CH 살균수로 분무세척하여 저장하는 경우가 가장 효과적이었으며, 그 효과를 20℃의 비교적 고온에서 저장실험을 수행한 결과 대조구에 비하여 썩무름 발생율과 곰팡이 발생율을 각각 0.7~2배 및 2~3배정도 억제하는 높은 효과가 있었으나 중량감소율의 억제효과는 대조구에 대비하여 다소 인식되어졌다.

제 3 절. 농가형 향온·항습 저장기술 개발

1. 서 설

고구마는 1톤당 발생하는 호흡열이 0℃에서는 300~615Kcal, 4.4℃에서는 431~844Kcal, 16℃에서는 1079~1588Kcal로서 감자의 2배에 이르며 저온일수록 호흡율은 작아지나 저장온도 10℃ 이하에서는 저온장애를 일으켜 내부갈변, 연화 및 흑반병에 걸리기 쉽고 부패하거나, 움푹 패여지는 좋지 않은 결과를 나타내고 15℃ 이상에서는 구근류의 발아현상이 일어나는 특성을 나타낼 뿐만 아니라, 95%RH 이상의 높은 습도 조건에서는 조직이 연화하여 토양미생물의 침입으로 인한 부패와 함께 곰팡이가 다량 발생하고 이는 저장된 전체 고구마에 영향을 미치며, 80%RH 이하의 습도 조건에서는 표면이 건조되어 건부병의 발생과 중량감소율이 높아 조직감이 약해져서 상품성을 소실하게 된다. 따라서 고구마의 저장온도는 12℃~15℃의 저장최적 온도범위를 유지하여야 하며, 상대습도는 85%RH~90%RH 범위에서 유지하여 주는 것이 바람직하다고 판단할 수 있다.

국내에서 상용화 되고 있는 저장고의 형태로는 환기저장, 저온저장, 환경기체 조성조절저장이 있으나 이 모든 저장 방법이 기체조성 및 온도에 초점을 맞추어진 저장 방법이며 저장고의 구조물 또한 철근콘크리트, 방열판넬조, 시멘트 벽돌조, 시멘트블럭조등으로 이루어져 방열과 방습에 중점을 둔 구조물로서 저장중 고습을 유지해 주어야 하는 고구마의 저장에 직접적으로 적용하기는 많은 문제점이 내포되어 있다. 그러므로, 저온·고습을 유지하기 위해서는 향온·항습의 원리를 적용한 저장고의 형태가 필요하며 이를 위해서 향온·항습 장치의 설비가 요구되고 있다. 그러나, 향온·항습장치가 고가일뿐 아니라, 유

지 관리에 많은 비용이 소요되기 때문에 농가에서 직접 적용하기에는 많은 어려움이 따르고 있는 실정이다.

따라서, 산지 및 농가에서 직접 사용할 수 있는 보다 효율적이고 경제적인 항온항습저장고의 개발의 필요성을 가지고 있어, 본 장에서는 편의성과 경제성을 겸비한 소재를 이용하여 외기의 영향을 차단하면서 온도 조절능력을 갖춘 저장고에 가습시스템을 부착하고 가습시스템에 의한 과습 및 저습현상을 방지하기 위하여 습도조절벽을 설치하여 외기를 차단함과 동시에 습도의 유지효과를 증진시키는 기술을 적용하여 산업적으로 활용될 수 있는 가능성을 실험해 보았다.

2. 습도조절벽의 소재선정 및 운영기술 개발

가. 습도조절벽의 선정

열대성 작물의 특성을 지닌 고구마를 효과적으로 저장하기 위해서는 온도와 습도의 유지가 필수적인데, 특히 습도를 80~90%RH 조건으로 높게 유지할 필요가 있다. 본 실험에서는 지상저장고에서 저장고 내부를 항상 고습도 상태로 유지하기 위한 방법의 하나로서 저장고 내부에 가습기를 설치하는 기본적인 방법 외에 습도 조절벽을 설치하여 고구마의 적정 저장조건을 구축하는 기술을 마련하고자 하였다.

따라서 본 실험에서는 온도조절능력을 갖춘 저장고 내부에 가습시스템을 부착한 다음, 저장고 내부에 습도조절력이 우수한 목재, 황토, 화학섬유 등을 이용한 습도조절벽을 저장고 상하면 및 양측면에 배치함으로써 저장고 내부의 습도를 항상 일정하게 유지할 수 있도록 하였으며, 특히 습도조절벽의 구성재

질로서는 일반 농가에서도 쉽게 이용할 수 있고 설치비용이 적으면서 다공성의 물질로 이루어져 내부가 과습할 경우에는 습기를 흡수하고 건조할 경우에는 습기를 토출하는 뛰어난 습도조절능력을 겸비하고 있는 황토씨트나 황토벽돌, 목재 및 보습력을 갖춘 화학섬유 등을 이용하여 저장고 내부의 온도와 습도를 매우 일정하게 유지하도록 하였다.

나. 가습시스템 결정 및 구축

고구마가 저장되는 저장실 내부의 습도조절방법은 습도조절벽으로 분리된 보습실을 구비하고, 보습실내에는 가습기 또는 가습파이프와 온도조절팬을 구성하여 고구마의 저장은 보습실내에서 저장하도록 하였다. 저장실 내부의 직접적인 습도조절방법은 직접가습방법과 간접가습방법으로 구분하였다. 직접가습방법은 저장실 내부에 고구마를 입고하기 전이나 입고초기에 저장실 내부에 직접 가습하는 방법으로, 저장실 내부의 실내습도를 적정조건으로 신속하게 도달토록 하는 작용을 갖으며, 간접가습방법은 직접 가습방법으로 저장실 내부의 실내습도를 조절한 다음 저장실 외부의 가습기 또는 가습파이프를 가동하여 미립자의 물을 습도조절벽 외부에 직접 분무해 줌으로써 습도조절실 내에 함유된 과잉의 수분이 고구마 저장고의 저장실 내부로 이동토록 하여 저장실의 내부습도를 일정하게 유지하는 방법으로서, 가습기 또는 가습파이프에서 분사되는 수분과 고구마의 직접적인 접촉을 방지함으로써 고구마의 항습저장 중 부패율을 억제하는 효과를 가지도록 하였다.

다. 적정 배치기술 확립

[도 1]은 저장고의 평면도로써 온도조절능력이 겸비한 일반 단열 저장고내에 습도조절벽으로 분리된 보습실을 구비하고, 보습실내에는 가습기 또는 가습파이프와 온도조절팬을 구성하였으며, 고구마는 보습실(12)내에 저장된다. 고구마가 저장되는 보습실 내부의 습도조절방법은 직접가습방법과 간접가습방법으로 구분되며 직접가습방법은 보습실내부에 고구마를 입고하기 전이나 입고초기에 보습실내부에 직접 가습하는 방법으로, 보습실내부의 실내습도를 적정조건으로 신속하게 도달토록 하는 작용을 갖으며, 간접가습방법은 직접 가습방법으로 보습실 내부의 실내습도를 조절한 다음 보습실 외부의 가습기 또는 가습파이프를 가동하여 미립자의 물을 습도조절벽(11) 외부에 직접 분무해 줌으로써 습도조절벽내에 함유된 과잉의 수분이 고구마 저장고의 보습실 내부로 이동토록 하여 보습실의 내부습도를 일정하게 유지하는 방법으로서, 가습기 또는 가습파이프(13)에서 분사되는 수분과 생강의 직접적인 접촉을 방지하는 효과를 가지도록 하였다.

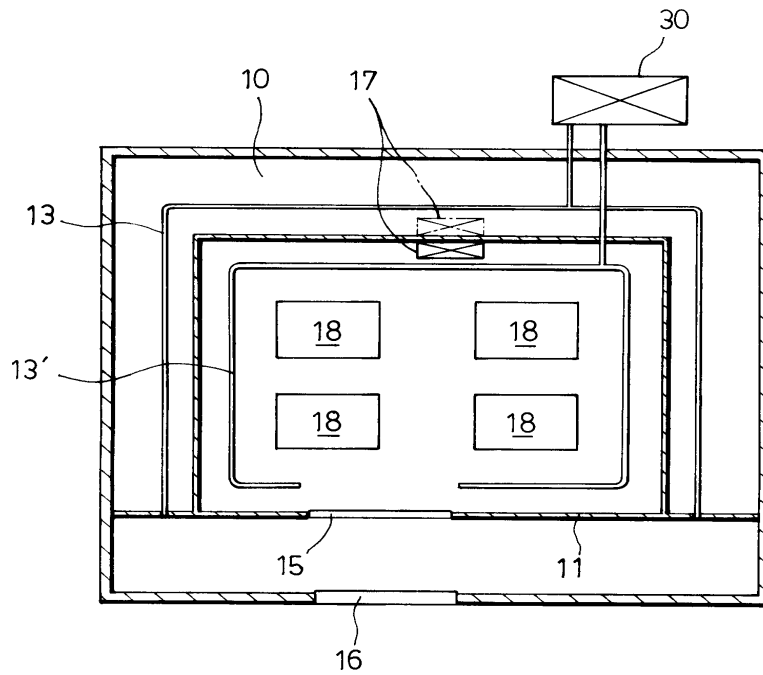
습도조절벽은 과습한 환경에서는 흡습하고 건조한 환경에서는 습기를 외부로 방출하는 뛰어난 보습력을 지니고 있는 황토씨트나 황토벽돌 제작되며, 배치는 [도 2]와 같이 저장고 내부의 양 측면이나 양 측면과 상·하면에 동시 설치한다. 또 보습실 내에도 보습실 출입문(15)을 설치하여 저장고의 출입문(16) 개폐에 따른 실내 온·습도의 변화를 억제토록 하였다.

고구마 보습실의 습도조절을 위한 바닥의 구성방법을 나타낸 [도3]은 최저부의 콘크리트나 벽돌, 시멘트 등의 바닥면에 자갈을 배치하고 그 위에 모래나 흙등으로 덮은 다음 나무판을 깔아 고구마 보습실내에 흙과 나무에 의한 조습작용을 이용함과 아울러 가습작용에 의한 과잉의 수분이 바닥면을 통하여 외부 배수관으로 연결되어 외부로 배출하게 하였다.

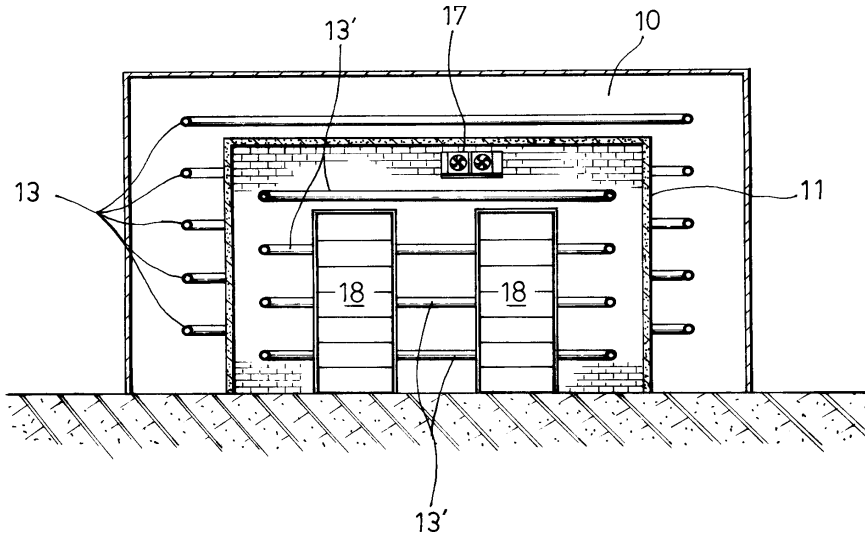
실험실규모의 항온항습실은 17.598m³의 크기의 heating and cooling기능을

겸비한 샌드위치 패널로 제조된 저장고 내부에 두께 15cm의 황토벽돌로 그림 3-2와 같이 고구마를 저장할 격벽을 쌓고 습도조절벽 내부의 습도조절은 초음파가습기, 습도센서 및 습도컨트롤러에 구성되는 가습시스템에 의하여 조절되도록 하였으며, 고구마의 저장은 저장 전처리를 수행한 후 저장용 플라스틱 컨테이너 박스(내용량 20kg)에 담아 산물로서 저장하였다.

【도 1】



【도 2】



【도 3】

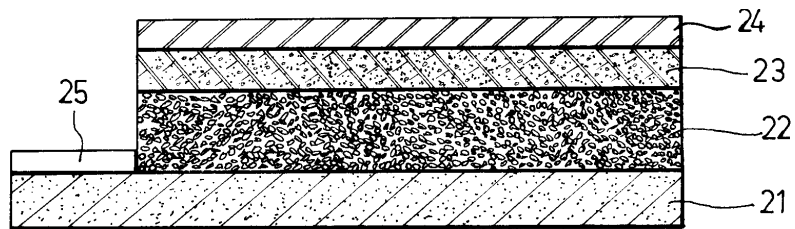


그림 3-1. 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- | | |
|------------------|--------------------------|
| 10 : 단열저장고 | 11 : 습도조절벽 |
| 12 : 고구마저장고 | 13, 13' : 가습파이프 (또는 가습기) |
| 15 : 고구마 저장고 출입문 | 16 : 저장고 출입문 |
| 17 : 온도조절팬 | 18 : 고구마 보관용기 |
| 21 : 바닥면 | 22 : 자갈층 |
| 23 : 흙 또는 모래층 | 24 : 나무판 |

25 : 배수관



그림 3-2. 항온항습시스템을 적용한 저장고의 고구마 저장모습

3. 실험실 규모의 농가형 항온항습 저장고 실증실험

Fig 3-3은 고구마의 저장 전 처리로서 살균제, Curing 및 살균제 처리와 curing 처리를 병행하여 처리한 후 온도 12°C, 습도 80%에서 저장하면서 각각의 중량변화율을 조사한 결과이다.

저장 중 중량감소는 물량의 손실이라는 것 외에도 증산의 증대에 의한 수분 손실로 인한 수축과 호흡작용에 의한 탄수화물의 분해, 대사에 의한 영양성분의 감소등에의해서 발생되고 이로 인한 외관의 변형 또는 조직감 변화에 따른 상품성의 저하에 큰 원인이 되고 있다.

항온항습저장 중 고구마의 중량감소율은 살균처리구에 있어서 가장 낮은 중량감소를 나타내고 있어, 저장 1개월에서 2.7%의 중량감소율을 나타낸 이후 매월 약2.9%의 중량감소율을 나타내었다. 이는 대조구의 저장 1개월에서 4.10

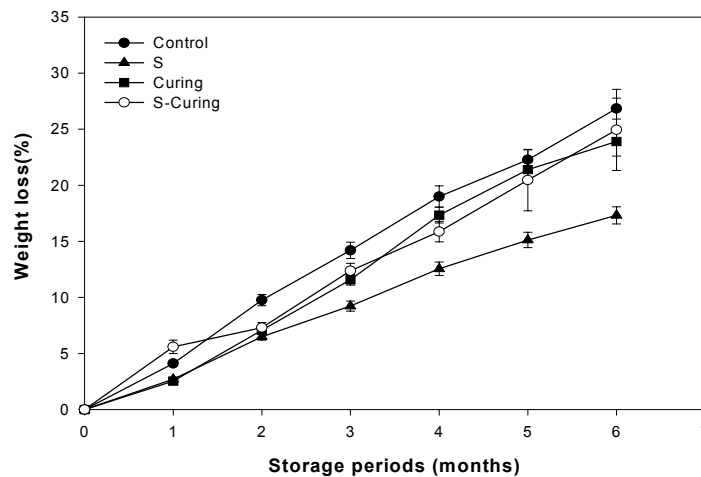


Fig. 3-3. Changes of weight loss during storage of sweetpotato treated by different pre-treatments at 12°C

S:sterilization treatment, S-Curing:Curing treatment after sterilization

%의 중량감소율을 나타낸 이후 약 4.55%의 중량감소율을 나타낸것과 비교하면 36.26%의 저장중 감모율의 억제 효과를 있는 것으로 나타났다. 이와는 달리 curing 처리구와 살균 및 curing 병행처리구는 저장 초기 1개월에서는 각각 2.53%와 5.59%로서 curing구는 낮은 중량감소율을 나타내었지만 살균 및 curing 병행 처리구는 높은 중량감소율을 나타내고 있었으며 저장중에서는 매월 약 4.27%와 3.87%의 중량감소를 나타내어 상이한 차이를 나타내어 curing 처리구의 경우 저장초기는 가장 우수한 효과를 나타내었다가 저장이 진행되면서 중량감소가 급속히 진행된 것을 알 수 있었다.

이런 중량감소는 곰팡이의 발생 및 조직의 연화와 증산 및 호흡작용과 매우 높은 관계가 있으며 대조구의 중량감소는 Fig. 3-4, Fig. 3-5에서 나타내는 것과 같이 저장 중 짓무름 및 곰팡이의 발생과 정도와 연관성이 있는 것으로 보여 곰팡이와 짓무름이 중량감소에 많은 영향을 미친것으로 나타내었다.

Fig. 3-2는 저장 전 처리를 시행한 고구마의 저장 중 곰팡이의 발생량을 조사하여 백분율로 나타낸 결과이다.

저장기간 중 고구마에서 발생하는 부패는 크게 곰팡이의 증식에 의한 부패(mold rot)와 세균에 의한 연화(soft rot)로 나타날 수 있다. 이런 부패는 고구마 표면의 상처를 코르크화 하여 균의 침입에 대한 저항성을 만드는 curing 처리와 고구마 표면의 부패균을 제거하는 살균처리가 효과를 나타내고 있는 것으로 알려지고 있다.

저장기간 중 고구마의 곰팡이 발생율은 대조구에서 저장 초기 1개월동안 18.00%까지 증가하였다가 이 후 매월 약 8.67%의 곰팡이 발생 증가를 나타내어 저장 6개월에서는 61.33%의 높은 발생율을 나타내었다. 특히 저장 3개월에서 4개월사이에 16.2%의 높은 증가율을 나타내었다. 살균처리 후 저장한 고구마의 경우 저장 1개월에서 6.93%의 곰팡이 발생율을 나타내고, 이 후 저장기간 중 4개월까지 24.44%까지 곰팡이가 발생한 이후 저장 6개월까지 25.37%로

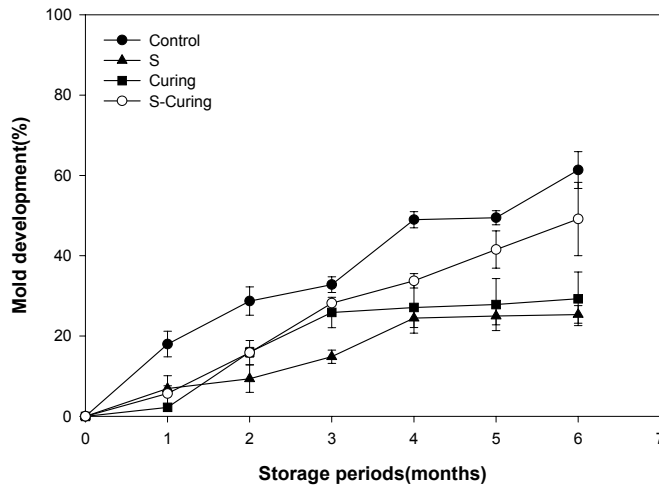


Fig. 3-4. Changes of mold development during storage of sweetpotato treated by different pre-treatments at 12°C

S:sterilization treatment, S-Curing:Curing treatment after sterilization

2개월 동안 곰팡이 발생율의 증가가 0.93%로 매우 낮게 나타나 대조구에 비해 35.96%의 곰팡이 발생 감소효과를 나타내어 실험구 중에서 가장 낮은 곰팡이 발생율을 나타내었다. curing 처리구에서도 살균처리구와 유사하게 저장 1개월에서 2.24%의 가장 낮은 곰팡이 발생율을 나타내어 대조구와 비교하여 8배 이상의 우수한 효과를 저장 1개월에서 얻을 수 있었으며 저장 3개월까지 증가하다가 이후부터는 곰팡이 발생이 증가율이 감소하여 저장 6개월에 29.26%의 발생율을 나타내어 대조구에 비하여 32.07%의 곰팡이 발생억제 효과를 나타내는 것으로 나타났다. 살균 및 curing 병행 처리구에서도 저장 초기 1개월에서는 살균처리구보다 낮은 5.69% 발생율을 나타내어 대조구에 비하여 3.16배의 효과를 볼 수 있었으나 저장 2개월에서 15.87%로 1.76배의 효과를 나타내었다. 살균 및 curing 병행 처리구는 살균처리구 및 curing 처리구와는 달리 저장 기간이 증가할수록 곰팡이의 발생율이 계속적으로 증가하고

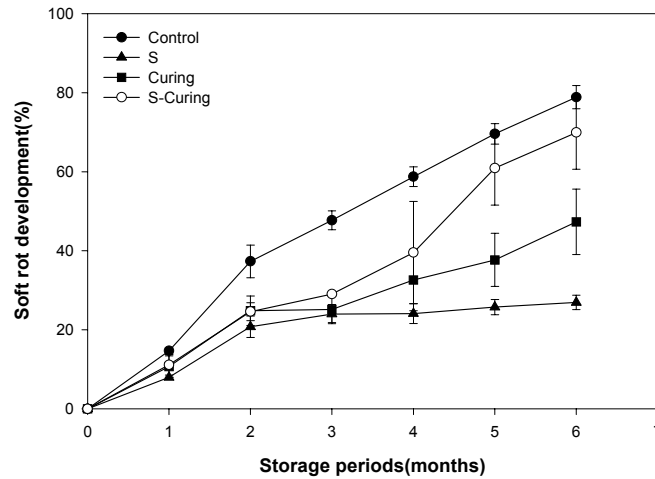


Fig. 3-5. Changes of soft rot development during storage of sweetpotato treated by different pre-treatments at 12°C

S:sterilization treatment, S-Curing:Curing treatment after sterilization

있었으며 저장 6개월 후에는 49.13%까지 증가하였다.

Fig. 3-5는 저장 전 처리를 시행한 고구마의 저장 중 무름현상의 발생량을 조사하여 백분율로 나타낸 결과이다. 전반적으로 저장기간 중 무름현상의 발생율이 가장 높게 증가하는 것은 대조구였으며, 살균 및 curing 병행처리, curing 처리, 살균처리순으로 무름현상의 증가율이 감소되었다.

대조구에서 저장기간 중 고구마의 짓무름 발생율은 저장 초기 1개월 동안 14.67%까지 증가하였다가 이 후 매월 약 12.84%의 곰팡이 발생 증가를 나타내어 저장 6개월에서는 78.86%의 높은 짓무름 현상을 나타내었다. 곰팡이의 발생과 무름현상의 발생은 처리구간의 비슷한 경향을 나타내고 있어 저장 초기 1개월내에 매우 높은 발생율을 보였으며, 곰팡이의 발생율이 무름현상의 발생율이 보다 높게 나타났다. 살균 및 curing 병행 처리구에 있어서 대조구와 유사하게 높은 발생율을 나타내었으나, 짓무름의 발생경향은 curing구와

유사한 경향을 나타내었다. 살균 및 curing 병행 처리구의 무름현상도 곱팡이의 발생율과 비슷한 경향을 나타내어 저장 2개월까지는 curing 처리구와 비슷한 증가율을 나타내었다가 저장 3개월부터는 지속적인 증가를 나타내어 저장 말기의 무름현상 발생율이 69.91%로 높게 나타내었다. curing 처리 후 저장한 고구마의 경우 저장 2개월에서 24.81%의 짓무름 발생율을 나타내어 대조구와 비교하여 12.48%의 짓무름 감소효과를 나타내었으며, 이 후 저장기간 중 6개월까지 완만한 증가를 보여 47.30%까지 짓무름이 발생하여 대조구에 대하여 2.49배의 효과를 나타내었다. 살균처리한 고구마의 저장 중 무름현상의 발생은 곱팡이의 발생율과 비슷한 경향을 나타내고 있으며, 저장 2개월 동안 20.75%의 무름현상을 나타내어 대조구에 비하여 16.54%의 효과를 나타내었고, 그 이후 4개월동안 6.17%의 증가율만을 보여 가장 우수한 효과를 나타내었다. 저장기간 6개월 까지의 총 짓무름 발생율은 26.92%로서 대조구에 비하여 51.94%의 효과를 가지고 있었으며 건전고구마에 대한 비율로는 3.46배의 효과를 나타내었다.

Fig. 3-6은 저장 전 처리를 시행한 고구마의 저장 중 표면색의 변화를 Hunter colorimeter로 조사하여 나타낸 결과이다.

과실의 표면색의 변화는 관능적인 품위에서 가장 먼저 나타나는 변화로서 저장 중 색의 퇴화를 나타내는 하나의 지표로서 hunter colorimeter를 이용하였다.

저장 중에 hunter L의 변화는 고구마의 저장 전 처리 방법에는 상관없이 거의 일어나지 않아 초기 대조구에서 48.26에서 저장 6개월 후 46.76으로서 거의 변하지 않았으며 살균처리구, curing구, 살균 및 curing 병행처리구에서 유사하게 각각 초기값이 52.23, 50.01, 50.63에서 저장 6개월 후 53.90, 50.63, 52.41로 변화한 것으로 나타나고 있어 대조구를 제외한 처리구에서는 모두 조금씩 증가하는 경향을 나타내었으나, 그 차이는 매우 미미하였다.

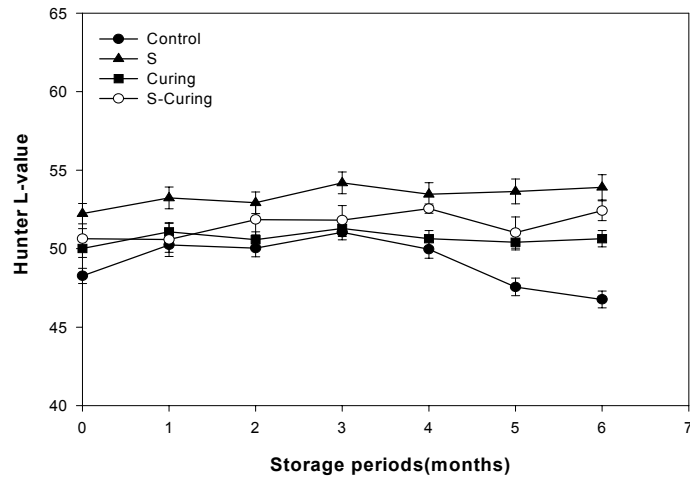


Fig. 3-6. Changes of Hunter L-value during storage of sweetpotato treated by different pre-treatments at 12°C

S:sterilization treatment, S-Curing:Curing treatment after sterilization

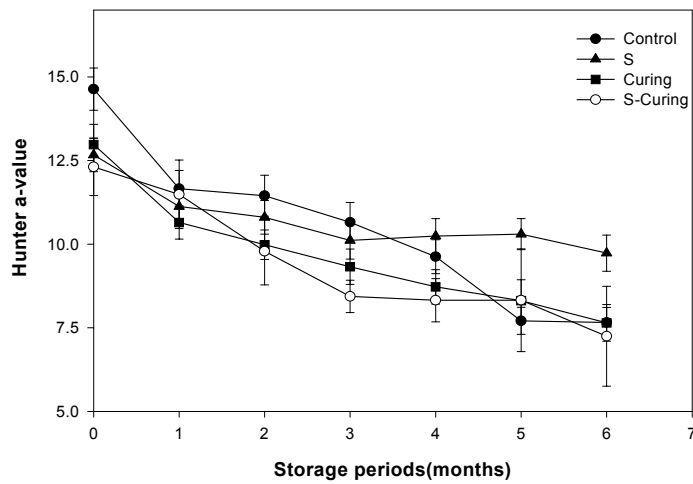


Fig. 3-7. Changes of Hunter a-value during storage of sweetpotato treated by different pre-treatments at 12°C

S:sterilization treatment, S-Curing:Curing treatment after sterilization

Fig. 3-7은 저장 전 처리를 시행한 고구마의 표면색의 변화를 Hunter colorimeter로 측정하여 적색도(Hunter a-value)를 나타낸 결과이다.

고구마의 관능품위에서 가장 큰 영향을 미치는 hunter a-value는 저장기간이 증가할수록 감소하였으며, 대조구에 있어서 hunter a-value의 저하 속도가 가장 큰 것으로 나타나 초기 14.63에서 저장 6개월 후에는 7.66로서 6.97의 변화를 나타내었으며, curing처리구와 살균 및 curing 병행처리구도 대조구와 비교해서 낮은 변화를 보이고 있으나, 유사한 경향을 나타내어 저장 초기에는 각각 12.98, 12.31에서 저장 6개월 후에는 각각 7.65, 7.24를 나타내어 각각 5.33, 5.07의 변화를 나타내었다. 살균처리한 고구마는 처리구 중에서 가장 낮은 hunter a-value의 저하 속도를 나타내고 있어 저장 6개월동안 12.66에서 9.73으로 2.93의 변화를 나타내었다. 적색도의 변화가 적은 것은 고구마의 적색색소의 변화가 적은 것으로 추정할 수 있으며 이는 고구마의 관능적 품질을 유지하는데 매우 효과적인 역할을 하는 것으로 간주할 수 있어 살균처리 후 항온항습저장고에 저장한 고구마가 보다 효과적인 것을 알 수 있었다.

Fig. 3-8은 저장 전 처리를 시행한 고구마의 표면색의 변화를 Hunter colorimeter로 측정하여 황색도(Hunter b-value)를 나타낸 결과이다.

고구마의 표면색의 황색도를 나타낸 hunter a-value는 저장기간이 증가할수록 시료구 모두 증가하는 경향을 나타내었으며, 대조구에 있어서 hunter b-value의 증가 속도가 가장 큰 것으로 나타나 초기 8.00에서 저장 6개월 후에는 12.68로 저장 6개월 동안 4.68의 변화를 나타내었다. curing처리구와 살균 및 curing 병행처리구도 대조구와 비교해서 낮은 변화를 보이고 있으나, 유사한 경향을 나타내어 저장 초기에는 각각 8.84, 9.69에서 저장 6개월 후에는 각각 10.30, 10.84로 증가하여 각각 1.46, 1.15의 증가를 나타내었다. 살균처리한 고구마에 있어서는 낮은 hunter b-value의 증가 속도를 나타내고 있어 저장 6개월동안 9.55에서 11.37로서 1.82의 변화를 나타내어 대조구에 비하여

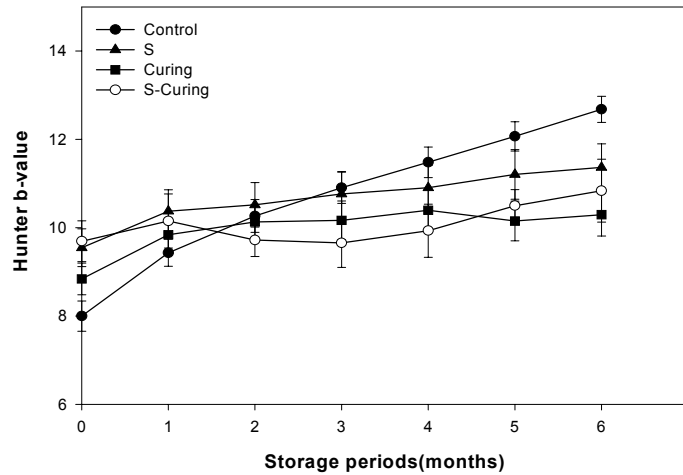


Fig. 3-8. Changes of Hunter b-value during storage of sweetpotato treated by different pre-treatments at 12°C

S:sterilization treatment, S-Curing:Curing treatment after sterilization

낮은 변화를 나타내었다.

저장 중 고구마의 전반적인 색택의 변화는 매우 미미하게 나타나는 것으로 보여지고 있으며 전반적으로 대조구에 비하여 저장전 처리를 수행한 고구마가 보다 색안정성적인 면에서 보다 우수한 효과를 나타내는 것으로 나타나, 저장 6개월동안의 ΔE 값의 변화가 대조구에서 8.53으로 가장 높게 나타나고 있으며 살균처리구에서는 3.70으로 가장 낮은 변화를 나타내었다. curing처리구와 살균 및 curing 병행처리구는 각각 ΔE 값이 5.56, 5.50으로 나타나 비슷한 변화 경향을 나타내어 살균처리구에서 가장 우수한 저장 안정성을 나타내는 것을 볼 수 있었다.

이상의 나타난 결과는 고구마에 저장 전 처리기술과 함께 항온항습저장시스템을 적용하였을 때 곰팡이 발생 및 짓무름 발생에 매우 효과적인 결과를 얻을 수 있었으며, curing처리시 저장 180일에서 대조구보다 각각 32.07%,

31.56%의 발생억제효과를 나타내고 있었다. 특히, 살균 처리구의 경우 곰팡이의 발생율, 짓무름 발생에서 대조구보다 각각 35.96%, 51.94%의 발생억제 효과를 나타내었으며, 색의 변화에서도 가장 우수한 안정성을 나타내어 항온항습시스템과 함께 저장 전처리 기술로서 매우 적합한 방법임을 알 수 있었다.

제 4 절 고구마의 유통기술개발

1. 서설

대부분의 농가에서는 10월 이후에 수확, 시장출하를 하고 있으나 시설재배에 의한 조기 출하가 점차 늘고 있다. 6월 하순경부터 출하되는 햇고구마의 경우 가격이 매년 오르는 추세이나, 8월 하순이후 급격히 하락하는 추세를 보인다.

고구마는 수확직후의 출하물량을 제외하고는 저장고에 저장하였다가 필요시마다 출하하고 있으며, 포장방법은 산물유통과 소포장 유통방법으로 구분된다. 고구마의 소포장은 내용량이 1kg으로 플라스틱 필름 포장이나 tray 형태의 용기에 고구마를 넣고 나일론 망으로 묶은 형태가 새로 선보이고 있다. 산물유통은 현재 PP포대나 골판지 상자가 주류를 이루고 있으며, 특히 최근에는 포장에서도 플라스틱 컨테이너 상자와 골판지 상자에 담아 출하하거나 유통하고 있는 실정이다. 골판지 상자는 12kg의 내용량이 주류를 이룬다.

또한 시장에 출하되고 있는 고구마는 예전에는 대부분이 흙이 묻어있는 채로 유통되었으나, 최근에는 고구마 유통업체들이 세척, 표면건조한 다음 유통하는 형태로 변화하고 있어 현재 고구마의 유통방법은 일반 농산물에 비하여 고급화된 수준이다.

세척 고구마의 유통 중 문제점으로서 플라스틱 필름에 의한 소포장 유통시 포장지 내부의 과습조건에 의하여 흑반병 및 무름병이 급속히 진행되어 겨울철에는 3일 정도, 그리고 익년 3~4월경의 봄철에는 2일 정도로 유통기간이 짧아지는 문제가 있으며, 골판지 박스에 포장하여 매대에 오픈 판매하는 경우에도 특유의 밝은 자색성분인 anthocyanin의 산화작용으로 표면색의 퇴색되어 상품가치를 훼손시키는 현상이 지적되고 있다.

또한 국내 유통되고 있는 고구마에 대한 소비자들의 반응을 조사한 유통공

사의 자료를 살펴보면 고구마 구입시 고려사항으로서 신선도와 품질이라고 반응한 비율이 각각 44.0%와 37.5%로 가장 중요한 인자로 여기고 있으며, 소비자의 불편사항으로서는 크기와 품질의 불균일성이 32.7%, 가격변동 23.3%, 신선도 저하 등 상품성 등이 21.2%, 소량구매의 어려움이 12.9%를 차지하고 있었다. 또한 소비자들이 요구하는 포장단위로서는 10kg이 37.2%로 가장 높고 1kg이 20.8%로 대부분을 차지하고 있었다.

이상과 같은 생산자 및 소비자의 측면을 고려한 고구마의 유통기술로서는 먼저 고구마의 등급규격화 작업을 통해서 크기와 형태가 유사한 제품을 소비자에 제공함과 아울러 신선도와 품질을 기존보다 더 연장할 수 있는 유통기술이 개발될 필요성이 제기되고 있으며 더불어 소포장 유통시에도 유통업체에서의 상품관리가 가능하도록 신선도를 연장할 수 있는 기술이 개발되어 국내 소포장 유통량의 보급확대를 꾀할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 기존 유통되고 있는 내용량 12kg의 골판지 상자 유통이 실시되고 있기 때문에 고구마의 소포장 유통시 신선도를 증진시킬 수 있는 관련기술 개발에 집중하고자 하였다. 연구개발 접근 방향으로서는 부패원인균의 생육을 억제할 수 있는 살균 및 세척기술개발과 포장지 내부의 환경조절을 통하여 부패현상을 간접 억제하는 포장기술에 초점을 두었다.

2. 살균기술의 검토 및 세척기술 개발

가. 코팅기술 개발

국내 수확된 고구마는 표피가 얇고 잘 벗겨지며 충격에 약하기 때문에, 표피에 부착된 토양 미생물로부터 쉽게 오염되어 무름병이나 흑반병 등의 부패

가 쉽게 발생한다. 저장 고구마를 세척하여 시장 출하하는 경우에는 운반, 세척 및 표면건조 등의 공정에서 충격을 받기 쉽기 때문에 부패가 촉진되는 원인이 되고 있다. 특히 고구마는 Holmes 등(2002)이 조사한 물리적 충격의 종류와 부패율 조사에서 충격이 puncture, broken 및 scrap 등의 물리적 손상보다 부패율이 더 높게 나타나며 저장 175일 후에는 발병율이 100% 전구에 걸쳐 진행된다고 한 연구에서도 뒷받침되고 있다.

또한 세척 고구마의 소포장 유통이 bulk포장보다 부패율이 더 신속히 발생하는 현상은 고구마의 호흡 및 증산작용의 결과 포장지 내부의 상대습도가 증가하여 고구마의 적정 저장환경조건을 유지하지 못하기 때문으로 판단되었다. 실제 현행 유통중인 플라스틱 포장필름에 고구마를 1kg을 넣고 포장지 내부 환경습도를 조사한 바, 그 결과는 그림 4-1과 같이 저장초기부터 거의 100%의 과포화 상태에 이르고 있었다.

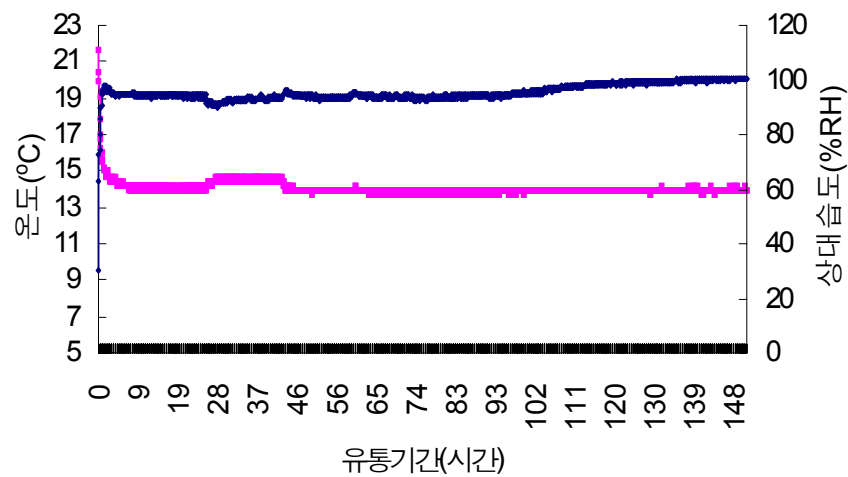


그림 4-1. 기존 포장지 내부의 온습도변화

본 결과는 고구마의 호흡 및 증산작용은 고온일수록 증가하는 특성으로 인하여 고구마의 가장 낮으면서 적정 저장온도인 12℃에서 측정한 포장지 내부의 온도 및 상대습도 결과이다. 포장필름의 재질은 polypropylene이 주성분이었으며, 포장지 내부의 과도한 습도 조절을 위하여 직경 0.5mm 크기의 기공이 포장지 표면에 7개정도 천공되어 있는 형태였다.

특히 상대습도 100%의 조건은 제 1절의 저장생리특성 조사에서 Fig. 1-3에 보고한 바와 같이 12℃ 저장온도에서 상대습도가 85%를 초과하는 경우에는 저장 75일경부터 높은 짓무름 현상이 많이 나타나 저장 한계요인으로 작용하는 것으로 보고한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 고구마의 소포장 유통을 위해서는 무름병을 억제하는 살균기술의 개발과 동시에 포장지 내부의 습도조절을 위한 포장기술 개발과 고구마의 호흡 및 증산속도를 억제할 필요가 있다.

고구마의 호흡 및 증산속도를 억제하기 위한 방법으로는 여러 가지가 있을 수 있으나 본 연구에서는 고구마의 표피가 얇고 잘 벗겨지는 특성과 고구



그림 4-49. 코팅처리된 고구마의 사진

마의 유통 중 표면색의 퇴색작용에 의한 상품성 저하 현상을 고려하여 고구마를 코팅하는 방법을 적용하고자 하였다. 고구마의 코팅처리는 고구마의 자체 호흡 및 증산속도를 억제함과 동시에 색소의 안정화를 도모할 수 있으며 더불어 고구마의 표면을 강산성 조건으로 유지하는 경우 유통 중 토양 미생물 등의 2차 오염을 억제할 수 있는 효과가 있다.

Fig. 4-2는 실제 고구마를 지용성 코팅물질로 피복한 다음 표면 pH를 1.5의 강산성 조건으로 유지하면서 유통하는 기술을 개발한 결과이다.

나. 코팅과 살균기술의 허들효과

코팅기술은 고구마의 신선도를 기존 세척 고구마 보다 2배 이상 연장하는 효과가 있으나, 신선도를 더 연장하는 방법의 하나로서 제 2절에서 조사된 살균매체를 코팅기술과 조합시킴으로써 무름병이나 곰팡이 발생을 억제하는 상승효과를 얻을 수 있을 것으로 생각되었다. 따라서 고구마의 전처리 기술(제 2절 참조)에서 살균효과가 있는 것으로 나타난 Sodium hypochlorite, 암모니아수 및 전해산화수를 이용하여 먼저 고구마를 표면살균처리한 다음 코팅처리함으로써 고구마의 표면살균효과를 증진시키고자 하였다. 고구마의 살균처리방법은 제 2 절에서와 같이 0.1%의 농도에서 20분간 처리한 다음 20℃에 저장하면서 처리방법별 신선도 연장효과를 상호 비교하였다.

Fig. 4-3은 코팅기술과 살균기술을 병용 처리하였을 때의 처리방법별 중량감소율 변화이다.

살균처리와 코팅처리를 하지 않은 대조구(ctrl)의 경우 저장 20일 후 중량감소율은 약 8.6%인 반면 Sodium hypochlorite(SHCC), 암모니아수(AWCC) 및 전해산화수(EWCC)의 살균제와 코팅처리를 병용한 고구마에서는 6.9~

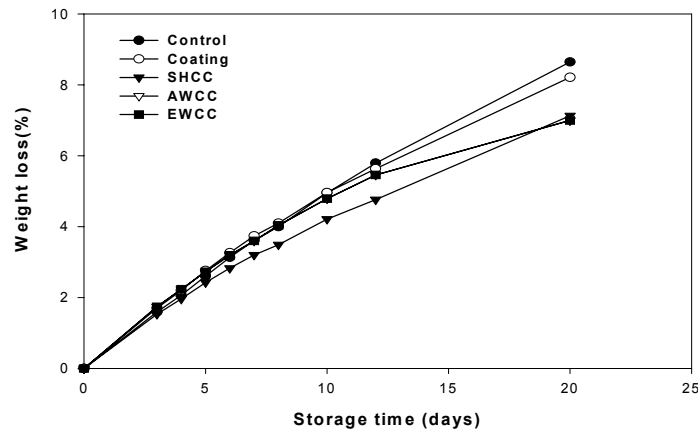


그림 4-3. 살균 및 코팅처리 방법에 따른 고구마의 저장 중 중량감소율 변화(20℃)

7.1%로서 대조구에 비하여 중량감소율을 억제하는 효과가 있었다. 그러나 살균제를 이용하지 않고 단순 코팅된 고구마(CC)의 경우는 8.2%의 중량감소율로 대조구와 거의 유사한 수준이었다.

또한 처리방법별 저장기간에 따른 고구마의 중량감소율 변화를 회귀분석해 본 결과 결정계수(R²)가 0.92~0.99로 매우 높아 1차 회귀방정식에 의해 해석될 수 있었다. 따라서 처리방법별 중량감소율의 증가속도는 대조구의 경우 0.43kg/day인 반면 살균제와 코팅처리를 병용할 경우에는 Sodium hypochlorite(SHCC), 암모니아수(AWCC) 및 전해산화수(EWCC)의 살균제 종류별로 각각 0.35kg/day, 0.35kg/day 및 0.33kg/day의 증가속도를 나타내어, 전해산화수 세척후 코팅처리하는 방법(EWCC)이 중량감소율을 억제하는 가장 높은 효과를 나타내었다. 그러나 살균제를 이용하지 않고 단순 코팅처리한 고구마(CC)에서는 중량감소율 억제속도가 0.40kg/day으로 살균제와 동시처리한

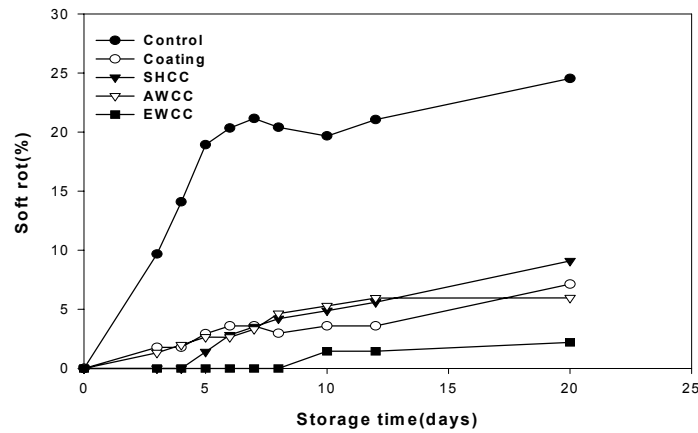


그림 4-4. 살균 및 코팅처리 방법에 따른 고구마의 저장 중 무름병 발생을 변화(20℃)

코팅구보다는 높았으나 대조구보다는 중량감소율의 억제효과가 다소 있는 것으로 조사되었다.

그림 4-4는 살균제의 종류별 코팅처리된 고구마의 소포장 유통 중 무름병 발생을 변화를 조사한 결과이다.

대조구의 경우에는 저장 3일 후 약 9.7%, 저장 20일 후 약 24.5%의 발병율을 보인 반면 코팅처리는 저장 3일 후 1.8%, 저장 20일 후 약 7.1%로, 대조구에 비하여 발병율을 억제하는 효과적인 방법으로 나타났으며, 특히 살균제와 코팅기술을 병용하는 SHCC의 경우에는 저장 20일 후 9.1%, AWCC 6.0%, EWCC 2.2%로 나타났다. 따라서 고구마의 소포장 작업시 무름병 발생율은 살균제의 종류에 따라 상당한 차이를 나타내었으나 적정 살균제를 병용할 경우에는 기존 방법보다 상당한 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 특히 본 실험에서 조사한 살균제 중 전해산화수 세척 후 코팅처리하는 방법(EWCC)은

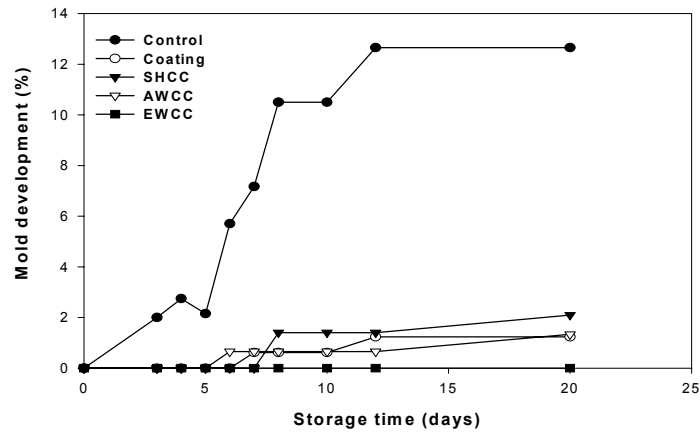


그림 4-5. 살균 및 코팅처리 방법에 따른 고구마의 저장 중 곰팡이 발생률 변화(20℃)

20℃에서 저장 20일 동안 가장 안전한 상태를 보였으며 특히 저장 8일 동안 무름병 현상이 전혀 나타나지 않는 우수한 효과를 나타내었다.

Fig. 4-5는 살균제의 종류별 코팅처리된 고구마의 소포장 유통 중 곰팡이 발생률 변화를 조사한 결과이다.

살균제와 코팅처리를 하지 않은 대조구의 경우에는 저장 3일 후 곰팡이가 발생되기 시작하여 저장 말기인 20일 경에 약 9.8%의 곰팡이 발생률이 나타난 반면 단순 코팅처리구(CC)는 저장 6일까지 곰팡이가 발생하지 않았으며 저장 20일 후 1.23%의 곰팡이 발생률을 나타내었다. 살균제와 코팅처리를 병용한 경우에는 저장 20일 후 0~2.1%로 살균제 종류별로 차이가 많았으나 전반적으로 대조구에 비하여 매우 낮은 곰팡이 오염율을 보여주고 있었다. 특히 살균제 중에서 sodium hypochlorite(SHCC)를 사용한 경우에는 짓무름 현상과

표 4-1. 살균 및 코팅처리 방법에 따른 고구마의 저장 중 표면색 변화

표면색	저장기간 (일)	Control	CC	SHCC	AWCC	EWCC
Hunter L-value	0	56.77 3.71	50.55±2.73	52.69±2.45	53.32±3.03	53.90±2.72
	3	57.17 3.41	51.75±2.61	53.41±2.21	53.93±2.81	54.43±2.99
	4	57.19 3.26	52.58±2.48	54.48±2.25	55.29±2.77	54.47±3.28
	5	57.31 2.65	52.42±2.54	53.66±2.36	53.99±2.81	54.33±3.15
	6	56.73 3.43	52.22±2.47	53.49±2.50	53.91±2.84	54.28±3.16
	7	57.08 3.23	52.63±2.55	53.5±2.41	53.86±2.58	54.21±3.23
	8	56.78 3	52.47±2.81	53.63±2.55	53.99±2.74	54.34±3.06
	10	56.87 2.64	52.39±2.56	53.14±2.62	53.69±3.05	54.55±3.34
	12	56.65 2.93	52.74±2.45	53.08±2.55	53.98±2.90	54.42±3.06
	20	56.8 2.92	52.37±1.87	52.11±2.14	53.21±2.67	53.71±2.89
Hunter a-value	0	8.12±2.91	23.49±2.97	22.09±2.95	20.34±3.99	21.35±3.02
	3	7.80±2.53	22.51±2.84	20.77±2.74	18.50±3.18	19.96±3.10
	4	7.73±2.67	22.48±2.39	20.58±2.76	17.98±3.12	19.85±2.88
	5	7.27±2.05	22.18±2.52	20.59±2.56	17.94±3.20	20.01±3.01
	6	7.76±2.38	21.94±2.47	20.28±2.48	17.70±2.83	19.86±2.94
	7	7.51±2.00	21.81±2.32	20.09±2.63	18.04±2.92	19.77±2.84
	8	7.61±1.98	21.49±2.12	19.68±2.65	17.27±3.07	19.41±2.50
	10	7.52±1.97	20.91±2.27	19.10±2.79	16.74±3.19	18.66±2.65
	12	8.14±1.97	20.74±2.61	19.11±3.17	15.81±3.16	18.37±2.81
	20	8.12±1.88	20.04±2.48	17.66±3.20	14.48±2.91	17.18±2.51
Hunter b-value	0	14.01±1.92	15.04±2.25	14.93±2.97	15.33±2.24	13.68±2.07
	3	13.86±2.21	14.38±2.36	14.15±2.84	14.67±2.37	13.61±2.21
	4	13.61±1.98	14.20±2.22	14.04±3.00	14.81±2.35	13.30±2.24
	5	13.51±1.93	13.73±2.14	13.82±2.89	14.43±2.61	13.33±2.25
	6	13.45±1.93	13.67±2.24	13.86±2.79	14.17±2.18	13.36±2.23
	7	13.41±1.93	13.95±2.22	14.12±2.89	14.20±2.22	13.63±2.26
	8	13.89±2.16	13.69±2.22	14.11±2.75	14.06±2.21	13.47±2.19
	10	13.49±1.97	13.54±2.02	13.89±2.90	13.88±2.33	13.33±2.14
	12	13.80±2.51	13.62±2.07	13.63±2.69	13.67±2.19	13.07±2.05
	20	14.23±2.67	13.60±1.99	13.40±2.63	13.98±2.37	13.13±2.21

같이 곰팡이 발생율도 2.1%로 가장 높았던 반면 전해산화수(EWCC)를 사용한 경우에는 저장 20일 동안 곰팡이 발생을 완전 억제하면서 가장 좋은 결과를 보여주고 있었다.

표 4-1은 살균제의 종류별 코팅처리된 고구마를 20℃에서 소포장 유통 중 표면색의 변화를 조사한 결과이다.

일반적으로 고구마를 장기저장하면 표면색 중의 적색도가 감소하고 황색도가 증가하는 것으로 나타나는데, 이는 고구마 표면색의 주성분인 antocyanin의 퇴색작용으로 선홍빛이 사라지고 탁한 적색을 띠게 되어 상품성을 떨어뜨리는 것으로 보고되고 있다. 그러나 본 실험에서는 저장기간이 짧았던 관계로 살균수와 코팅처리를 하지 않은 대조구의 표면색은 Hunter L, a 및 b값의 변화가 저장기간 동안 나타나지 않았다. 그러나 살균제 처리후 코팅처리한 고구마와 살균제 없이 단순 코팅한 고구마에서는 표면색 중 밝기와 적색도 및 황색도의 값에서 저장기간에 따라 평균치의 변화는 다소 보여졌으나 이들 값의 표준편차를 고려할 경우에는 저장 중의 표면색 변화는 초기치와 거의 차이가 없는 것으로 인식될 수 있다.

이상의 결과로부터 고구마의 코팅처리는 표면색 중 적색도를 증가시켜 소비자의 구매의욕을 고취시키는 장점 외에 무름병과 곰팡이 발생율을 대조구에 대비하여 각각 3배와 4배정도 억제하는 효과가 있었으며 중량감소율도 대조구에 비하여 약 7%정도 억제되는 효과가 있었다.

또한 코팅처리 전에 살균제로 1차 살균후 코팅하는 방법은 살균제의 종류에 따라 차이가 있었으나 본 실험에서는 전해산화수로 1차 세척후 코팅하는 방법이 가장 우수하였는데, 대조구에 비하여 중량감소율을 23.2%정도, 무름병을 10배 이상 억제하는 효과 외에 곰팡이 발생율을 저장 20일 동안 전혀 발생하지 않는 매우 우수한 효과를 가질 수 있었다.

다. 순간표면살균과 코팅기술

1) 세척방법과 살균제의 선정

고구마는 단위가격에 비하여 중량이 크고 bulky한 특성으로 인하여 유통업체에서 세척, 건조 및 소포장 작업을 일관시스템으로 구축하기에는 대규모의 작업 공간이 요구되고 있는 반면 작업량에 대한 인건비 등의 제반비용이 높아 시간적인 제한을 받는다. 따라서 국내 유통업체에서는 1일 출하량을 최대로 하여 1일 연속작업하고 있는 실정으로, 표면살균작업을 20분 동안 일정 용량의 살균수에 침지하는 것이 용이한 작업은 아니다.

따라서 표 4-2에서는 고구마의 출하 시 살균작업의 편의성과 신속성을 부여하기 위하여 고구마의 세척 시 전해산화수에 의한 세척과 살균제 및 코팅처리하는 방법을 병행하여 살균효과를 배가시키고자 하였으며, 살균제 처리시간은 침지 즉시 꺼내는 순간살균공정을 적용하였다. 본 실험에 이용된 살균제의 종류로는 암모니아수, Foodspot(50%의 sod. dichloroisocyanurate 복합제제), Foodsap(37%의 sod. dichloroisocyanurate 복합제제), CH, Cal.Sulfate를 0.5%의 동일 농도에서 검토하여 보았다. 실험에 이용된 세척수의 종류 및 세척방법으로는 일반상수로 세척한 다음 살균제 처리 후 코팅하는 방법과 전해산화수로 세척한 다음 살균제 처리 후 코팅하는 방법, 전해산화수에 살균제의 혼합용액으로 세척한 다음 코팅하는 방법을 적용하였으며, 이들 세척 및 살균방법을 단순 상수로 세척하는 방법과 물 세척 후 코팅하는 방법을 대조구로 하여 살균효과를 비교 검토하였다.

표에서 보는 바와 같이 수도수에 의한 고구마의 세척작업 후 표면 미생물수는 생균수가 10^5 , 곰팡이가 10^4 이었으며, 수세척후 코팅처리한 고구마는 생균수 및 곰팡이가 각각 10^3 으로 어느 정도의 살균효과가 있는 것으로 조사되었

표 4-2. 세척수와 살균제의 종류 및 세척방법에 따른 살균효과조사

작업방법	살균제	총균수	곰팡이
	무처리	1.3×10^4	1.3×10^3
전해산화수 세척후 살균제처리 및 코팅	Amm. water	1.4×10^4	-
	Foodspot	4.8×10^3	7.0×10^2
	Foodsap	8.0×10^3	1.5×10^3
	CH	6.0×10^2	1.0×10^2
	Cal. Sulfate	3.1×10^3	2.0×10^2
일반 상수 세척 후 살균제처리 및 코팅	Amm. water	3.8×10^3	7.0×10^2
	Foodspot	7.9×10^3	9.0×10^2
	Foodsap	4.6×10^3	1.2×10^3
	CH	2.1×10^3	1.0×10^2
	Cal. Sulfate	1.7×10^4	8.0×10^3
전해산화수에 살균제의 혼합수로 세척후 코팅	Amm. water	9.0×10^3	3.0×10^2
	Foodspot	3.5×10^3	3.0×10^2
	Foodsap	2.4×10^3	1.0×10^2
	CH	2.3×10^3	2.0×10^2
	Cal. Sulfate	1.7×10^3	6.0×10^2
수세척	대조구1	1.4×10^5	4.0×10^4
수세척후 코팅	대조구2	9.0×10^3	9.0×10^3

다.

세척수의 종류와 세척방법별 살균효과를 살펴보면 일반상수로 세척한 다음 살균제 처리 후 코팅하는 방법은 생균수가 $10^3 \sim 10^4$, 곰팡이가 $10^2 \sim 10^3$ 으로 감소되었으며, 전해산화수로 세척한 다음 살균제 처리 후 코팅하는 방법에서는 생균수가 $10^2 \sim 10^4$, 곰팡이가 $10^2 \sim 10^3$ 으로 감소되었고, 전해산화수에 살균제의 혼합용액으로 세척한 다음 코팅하는 방법에서는 살균제의 종류에 관계없이 생

균수가 10^3 , 곰팡이가 10^2 대로 유지되고 있었다.

따라서 고구마의 시장 출하 전 오염 미생물을 표면살균하기 위한 세척수의 종류와 방법은 전해산화수로 1차 세척한 다음 살균제로 순간처리하고 코팅처리하는 방법이 가장 우수하였으며, 살균제의 종류로는 CH의 물질이 가장 우수한 것으로 판단되었다.

2) 세척 및 살균방법의 조건선정

표 4-3은 상기 처리방법 중에서 표면살균효과가 가장 높은 CH를 농도에 따라 동일한 방법으로 처리한 다음 총균수와 곰팡이의 표면살균효과를 조사함과 동시에 살균작용 기작이 다른 calcium Sulfate의 경우에도 농도별로 살균효과를 조사한 결과로서, 대조구로서는 수세척 고구마와 수세척후 코팅한 고구마를 사용하였다.

표에서 보는 바와 같이 고구마의 표면살균효과는 전해산화수 세척 후 CH살균제 처리 및 코팅하는 방법이 생균수 10^3 , 곰팡이가 10^2 대로 나타나, 조사방법 중에서 가장 효과적인 것으로 판정되었다. 또한 CH의 농도차이에 따른 표면살균효과는 0.05~0.1%의 실험범위에서 없는 것으로 나타났다. 따라서 CH의 농도는 비교적 저농도인 0.05%가 적절한 것으로 판단되었다.

3) 세척 및 표면살균효과실험

고구마의 세척 및 포장공정을 일관작업공정으로 전환하기 위하여 살균작업 시간을 순간적으로 적용하였을 때 실제 유통 중의 신선도 연장효과를 조사하

표 4-15. CH살균제의 농도별 살균효과 조사

작업방법	살균제의 종류 및 농도	총균수	곰팡이
수세척	대조구1	2.1×10^5	2.0×10^3
수세척후 코팅	대조구 2	1.0×10^5	6.0×10^3
전해산화수 세척후 코팅	-	1.2×10^4	6.0×10^3
일반상수 세척 후	0.05% CH	1.5×10^4	1.0×10^3
살균제처리 및	0.1% CH	1.0×10^4	1.0×10^3
코팅	0.5% CH	9.0×10^3	9.0×10^2
	0.05% CH	9.0×10^3	1.0×10^2
전해산화수 세척	0.1% CH	3.0×10^3	3.0×10^2
후 살균제처리 및	0.5% CH	6.0×10^3	1.0×10^2
코팅	0.05% CS	1.0×10^4	8.0×10^2
	0.1% CS	1.5×10^4	8.0×10^2
	0.5% CS	1.0×10^4	7.0×10^2

고자 하였다. 실험에 이용된 고구마는 여주 산지의 고구마 저장고에서 240일 동안 저장된 저장말기의 것으로서, 기존 유통품의 경우 2~3일 정도에 심한 부패발생으로 상품성이 소실되는 문제가 보고되고 있다. 실험방법으로서는 살균제로서 가장 효과적으로 판명된 0.05% CH를 이용하여 전해산화수 세척, 살균제처리 및 코팅처리된 고구마(ECC)와 물세척, 살균제처리 및 코팅된 고구마(WCC)를 20℃의 상온 유통조건에서 15kg들이 플라스틱 컨테이너 상자에 산물저장하면서 중량감소율, 표면색, 곰팡이 및 짓무를 발생율을 조사하였으며, 대조구(control)로서는 단순 세척 건조한 고구마를 이용하였다.

그림 4-6은 전해산화수 세척, 살균제처리 및 코팅처리된 고구마(ECC)와 물

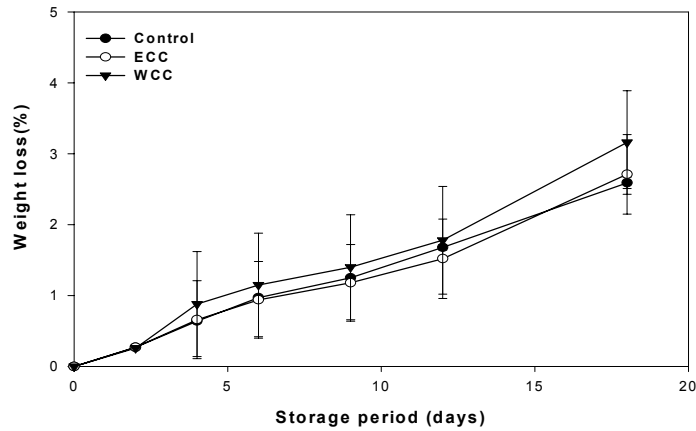


그림 4-53. 세척방법별 순간살균 및 코팅처리된 고구마의 유통중 중량감소율 변화

세척, 살균처리 및 코팅된 고구마(WCC) 및 단순 세척 건조한 대조구를 20℃에 저장하면서 조사한 중량감소율의 변화이다.

처리방법별 중량감소율은 표준편차를 고려할 경우 처리방법별 유의적인 차이가 인식되지 않았다. 저장종료시점인 18일 경 중량감소율은 대조구가 2.59±0.08%인 반면 ECC는 2.71±0.56, WCC는 3.16±0.732으로 나타났다. 이상과 같이 대조구의 중량감소율이 ECC나 WCC와 차이가 없는 원인으로는 본 실험에 이용한 고구마의 초기상태가 약 240일 동안 저장된 것으로서, 20℃의 비교적 높은 유통온도에서의 품질저하현상이 매우 빠르게 나타난 현상에 기인하는 것으로 추측된다.

그림 4-7은 세척방법별 순간살균 및 코팅처리된 고구마의 20℃ 유통 중 무름병 발생을 변화를 조사한 결과이다.

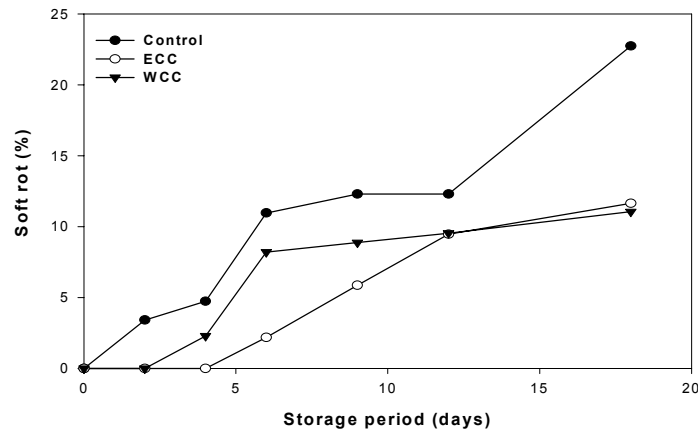


그림 4-54. 세척방법별 순간살균 및 코팅처리된 고구마의 유통중 중량감소율 변화

대조구의 경우 저장 2일 내에 발병율이 3.5%로 나타나기 시작하여 저장 6일 경에는 11.3%, 저장 말기인 18일 경에는 약 22.8%로 조사되었다. 그러나 ECC의 경우에는 저장 5일까지 무름병이 발생하지 않다가 저장 6일 후 약 2.2% 저장 18일 후 11.5%로 대조구에 비하여 2~3배정도 억제하는 효과가 있었다. WCC처리방법은 저장 4일 후 무름병이 약 2.2%로 ECC보다 빨리 발병 하였으나 저장 말기에는 약 10.9%로 ECC보다 다소 낮은 발병율을 보이고 있었다.

그림 4-8은 세척방법별 순간살균 및 코팅처리된 고구마의 20℃ 유통 중 곰팡이 발생율 변화를 조사한 결과이다.

대조구의 경우 저장 2일 내에 발병율이 0.7%로 시작하여 저장 6일 경에는 3.5%까지 상승하였다가 이후부터 저장 18일까지 곰팡이 발생율이 증가하지

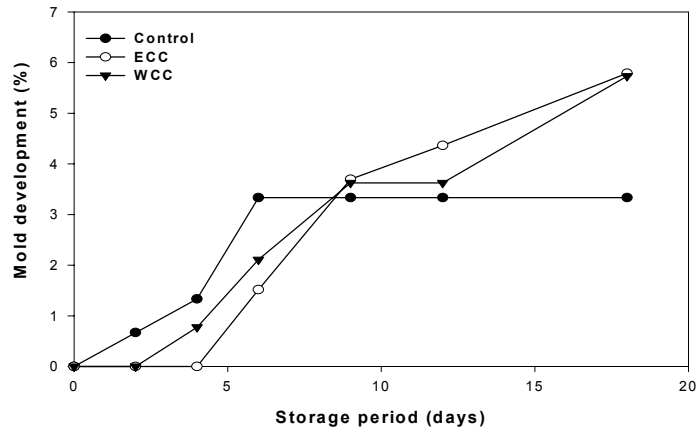


그림 4-55. 세척방법별 순간살균 및 코팅처리된 고구마의 유통중 중량감소율 변화

않는 결과를 나타내었다. 그러나 ECC의 경우에는 저장 5일까지 곰팡이가 발생하지 않다가 저장 6일 후 약 1.4%정도 발생한 다음부터는 점진적으로 증가하는 경향으로 저장 18일 후의 발생율이 5.8%로 대조구에 비하여 다소 높은 곰팡이 발생율을 보이고 있었다. WCC처리방법은 저장 4일 후부터 약 0.7%로 ECC보다 빨리 발병하였으나 저장 말기에는 약 5.8%로 ECC와 유사한 수준에서 곰팡이 발생율을 보이고 있었다.

표 4-4는 세척방법별 순간살균 및 코팅처리된 고구마의 20℃ 유통 중 표면 색의 변화를 Hunter 색차계로 조사한 결과이다.

저장 240일 후 출하된 고구마를 세척하여 건조한 대조구와 세척 후 순간살균하여 코팅한 고구마를 20℃에서 소포장 유통 시 Hunter L-value와 b-value의 변화는 처리방법에 관계없이 초기치와 큰 차이를 보이지 않았으나 적색도

표 16-4. 세척방법별 순간살균 및 코팅처리된 고구마의 유통 중 중량감소율 변화

표면색	저장일자	Control	ECC	WCC
L-value	0	48.22±2.32	47.49±3.78	49.29±3.23
	2	48.15±2.25	48.03±3.43	48.98±3.15
	4	47.85±2.19	48.07±3.27	48.78±2.97
	6	48.60±2.33	48.22±2.89	49.08±4.04
	9	48.75±2.26	47.54±3.11	49.12±3.07
	12	47.68±2.73	47.69±3.34	48.45±3.02
	18	48.27±2.75	47.80±3.25	48.54±2.84
	a-value	0	14.85±2.76	27.06±3.16
2		14.34±2.16	25.02±3.62	24.53±4.48
4		14.07±2.44	24.56±2.96	23.70±4.75
6		13.82±2.07	23.53±2.90	21.83±4.89
9		13.00±2.30	24.05±2.81	21.87±4.72
12		13.61±2.19	22.57±3.17	21.76±4.25
18		12.87±1.97	21.42±3.52	19.56±5.47
b-value		0	11.88±1.85	12.06±2.66
	2	12.03±1.53	11.63±2.53	12.85±3.44
	4	11.64±2.05	11.36±2.22	12.29±3.19
	6	11.76±1.93	11.34±2.15	12.67±3.03
	9	11.92±1.98	11.42±2.55	12.48±2.81
	12	11.96±1.85	11.45±2.11	12.60±3.07
	18	12.19±1.90	11.75±1.92	12.20±2.59

를 나타내는 Hunter a-value에서는 다소 저하하는 경향이였다. 그러나 적색도의 감소경향도 표준편차를 고려할 경우에는 유의성은 인식할 수 없는 것으로 나타났다.

따라서 고구마의 유통 중 신선도 제고를 위한 전처리 기술의 하나로서 전해 산화수에 의한 세척·살균·코팅하는 방법은 단순 세척 건조하는 기존의 방법과 대비하여 무름병과 곰팡이 발생시점을 기준으로 약 3배 정도 연장하는 효

과가 있었으나 중량감소율과 표면색의 변화는 대조구와 유사한 결과를 나타내었다. 살균방법으로는 ECC가 WCC보다 다소 효과적이었으나, 그 차이는 미미한 것으로 인식되었다. 따라서 고구마의 유통 중 신선도를 효과적으로 확보하기 위해서는 순간살균방법보다 약 20분 동안 고구마와 살균수를 접촉시키는 방법이 보다 안정적인 것으로 조사되었다.

3. 고구마의 소포장 기술 개발

가. 포장재질

수확한 청과물의 저장수명은 호흡속도와 증산속도 등으로 반영되는 대사작용에 영향을 받는다. 이들 호흡작용과 증산작용은 주변온도를 낮춤으로써 그 속도가 억제되어 노화의 지연, 수분손실에 따른 위조현상 방지 등으로 저장수명을 연장시키는 결과를 가져온다. 그러나 플라스틱 필름으로 이들 청과물을 밀봉 포장하면 청과물의 호흡작용으로 인하여 포장지내의 기체조성이 저산소, 고탄산가스 농도로 변화하는 MAP(modified atmospheric Packaging)환경으로 변화하게 되는 데, 이때 포장재의 기체 투과도와 호흡작용에 의한 기체조성이 일정하게 될 때 산소와 탄산가스에 의한 평형상태에 도달하게 된다. 이들 평형상태는 온도, 피 포장물의 호흡속도, 피포장물의 중량, 피포장물의 미생물 오염도, 포장재의 산소 및 CO₂투과도 등에 따라 차이가 난다. 포장재 내 적정 환경조건은 호흡속도를 최소화시키며, 미생물의 부패를 지연시키고 갈변 등의 생리적 품질변화를 억제하는 효과를 가져다준다. 그러나 포장재내의 산소농도가 청과물의 생육에 필요한 최소한의 산소농도 이하로 내려갈 경우에는 오히려 CO₂의 발산을 촉진시키고 고탄산가스 농도에서는 청과물의 특성에 따라

생리적 장애를 야기하거나, 산소 부족상태에서 자체성분을 분해시켜 호흡을 지속하는 혐기적 호흡작용에 의하여 에너지 획득 경로가 Krebs cycle에서 glycolytic pathway로 전환되고 이때 아세트알데히드와 이산화탄소, 궁극적으로 알코올이 생성되어 이취가 발생하기도 한다.

또한 MAP에서는 수분의 손실을 최소화하기 위하여 포장재 내의 상대습도 조절 또한 매우 중요한 특성을 지닌다. 보통 수분 손실에 의한 감모율이 3~6%로 일어나면 대부분의 청과물에서는 현저한 품질저하가 발생한 것으로 간주되고 있다. 더욱이 수분 손실에 의한 위조현상은 미생물의 오염보다 더 현저하게 부패를 촉진하는 것으로 보고되고 있다. 포장재의 수증기 투과속도가 높을 경우에는 급속한 수분 손실을 야기하고 반면 너무 낮은 수증기 투과 필름에서는 포장재 내의 결로 현상을 발생시켜 세균의 부패를 촉진하기 때문에 포장재의 수증기 투과속도를 정확히 파악할 필요가 있다. 일반적으로 청과물의 MAP 연구에서는 O_2 와 CO_2 에 대한 가스투과도만을 토대로 하여 포장재를 선택하고 있으나, 일부 연구에서는 포장재 내 습도조절을 위한 수분흡착재나 기공필름(perforated film)을 이용하여 포장재 내 높은 상대습도에 의한 결로 현상을 해결하기도 한다, 특히 표피의 발달이 불충분 고구마의 경우에는 증산속도가 높아 플라스틱 필름포장하여 저장하거나 유통할 경우에는 피 포장물의 호흡작용과 증산작용에 의하여 포장지 내부의 환경습도가 증가하여 과습한 상태로 변경됨으로써, Fig. 4-1과 같이 고구마의 적정 저장 상대습도인 80%RH를 초과할 가능성이 크다. 또한 고구마의 경우에는 열대성 작물특성을 지니며 75~80%의 다소 과습한 상대습도에서의 저장성이 우수하기 때문에 과포화 상태로 되기 쉬운 MAP가 좋지 못한 결과를 초래할 수도 있다.

따라서 본 실험에서는 고구마의 MAP 가능성 여부를 사전조사하기 위하여 수증기 투과도가 높은 여러 플라스틱 필름으로 고구마를 포장한 다음 20℃에

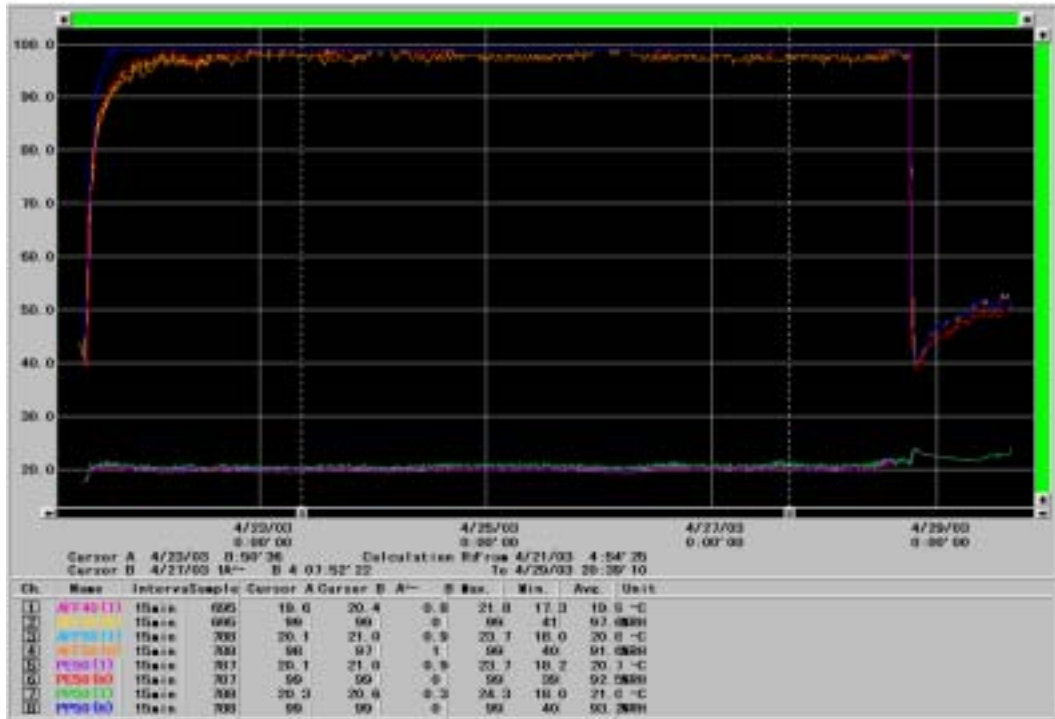


Fig 4-56. Changes of temperatures and relative humidities in package of sweet potato packed with different plastic films during storage at 20°C (I)

7일 동안 저장하면서 포장지 내부의 온·습도 변화를 data logger로 측정·조사하였다.

Fig. 4-9와 Fig. 4-10은 두께 50 μ m의 LLDPE필름, PP필름 및 두께 40과 50 μ m의 방담필름 및 PVC wrap 포장재로 포장하였을 때의 포장지 내부의 온·습도 변화를 조사한 결과이며, Table 4-5는 각 포장필름의 두께 및 가스투과율 등의 물리적 특성을 조사한 결과와 Fig. 4-9와 4-10의 포장지 내부의 온·습도변화를 요약한 결과와 저장 7일 후의 고구마 저장상태를 나타낸 결과이

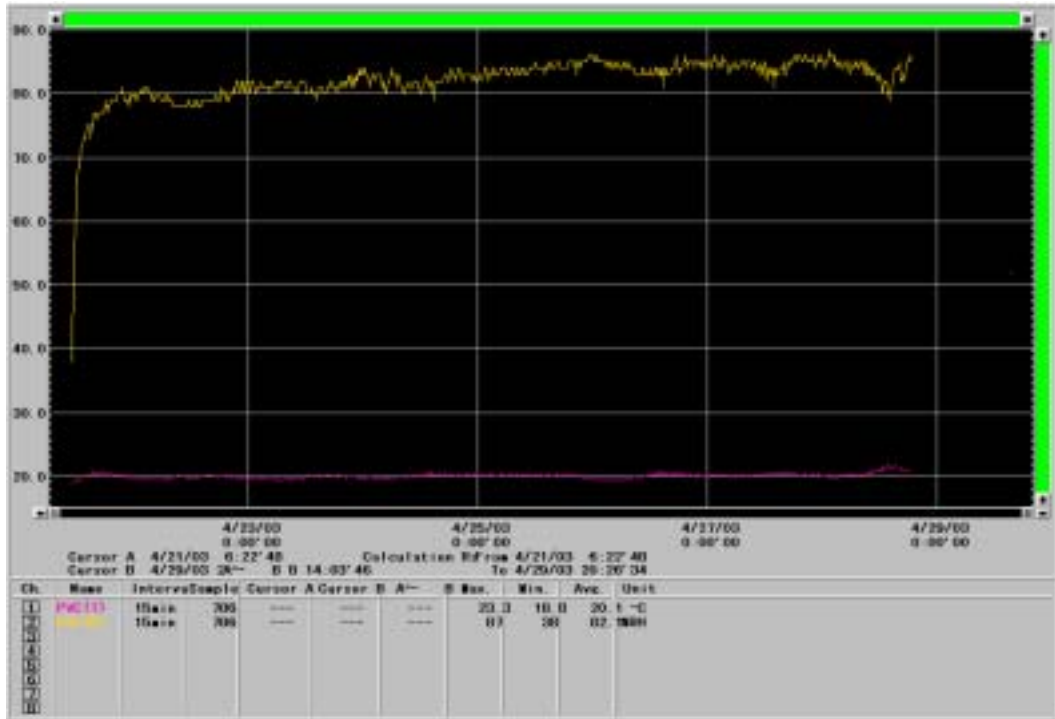


Fig 4-57. Changes of temperatures and relative humidities in package of sweet potato packed with different plastic films during storage at 20℃(I)

다.

상기 조사된 필름 5종류로 고구마를 포장한 경우 포장지 내부의 상대습도 변화는 필름의 재질에 따라 일부 차이가 있었다. 즉, 두께 30 μ m와 35 μ m의 방담 필름과 30 μ m의 LDPE 및 50 μ m의 OPP 필름에서는 포장지 내부의 상대 습도가 최대 99%이상의 포화상태로서 거의 일정한 반면 PVC wrap 포장에서는 최저 38.0%RH, 최고 87.0%RH범위에서 평균 82.1%RH로써, 포장지 내부의 환경습도를 일반 플라스틱계 필름보다 낮게 유지하는 특성이 있었다. 상기 포장재질

표 4-5. 고구마 포장재질별 물리적 특성과 포장지 내부의 온·습도 변화 및 저장 7일 후의 부패율 변화

Packing materials	PVC wrap	LLDPE50	OPP	Anti fogging film40	Anti fogging film50
Thickness (μm)	-	30 \pm 6	35 \pm 3	49 \pm 1	32 \pm 2
O ₂ 투과율	-	5.42 \pm 0.01	2.69 \pm 0.25	2.87 \pm 0.28	3.39 \pm 0.66
CO ₂ 투과율	-	17.05 \pm 0.34	9.63 \pm 0.76	8.85 \pm 0.31	9.20 \pm 0.36
CO ₂ /O ₂	-	3.15	3.58	2.71	3.08
Avg. Humidity(%)	82.1	92.5	93.2	97.6	91.6
Max. Humidity (%)	87.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Min. Humidity (%)	38.0	39.0	40.0	41.0	40.0
Avg. Temp. (°C)	20.1	20.7	21.0	19.9	20.8
Softening ratio(%)	12.5	30.0	33.3	32.5	37.1
Mold development (%)	0.8	0.9	0.8	0.7	0.7

로 각기 포장한 고구마를 7일 동안 저장한 다음 짓무름 현상과 곰팡이 발생을 조사한 결과 표 4-5와 같이 무름병 발생율은 PVC랩 포장이 12.5%인 반면 기타 필름포장에서는 30.0~37.1%로 유사하게 나타났으며, 곰팡이 발생율의 경우에는 0.7~0.9%로 포장재질별 차이가 인식되지 않았다. 그러나 PVC 랩포장도 포장 직후 포장지 내부의 환경습도의 평형화 도달시기까지의 저습영역을

제외하면 실제 포장지 내부의 평균상대습도는 약 85%RH 조건을 상회할 뿐만 아니라 포장지 자체의 박막성과 인쇄적성 등의 문제로 실제 유통에 이용하기는 용이하지 않다. 따라서 고구마의 신선도를 유지하기 위한 포장방법으로서 대기차단형 필름포장(airtight film packaging)하는 것은 적정 저장 및 유통조건인 12℃, 80%RH 조건을 상회하기 때문에 고구마의 신선도 연장에 효과를 나타내기 어려운 것으로 판단된다.

나. 포장방법

고구마의 포장시 포장지 내부의 상대습도를 저습으로 유지하면서 MAP효과를 얻기 위해서는 포장지 내부의 과습공기를 외부로 유출시킬 필요가 있으며, 이를 위한 적정 포장방법으로서는 플라스틱 포장필름에 pin-hole이 뚫려있는 기공필름을 활용하여 실험하고자 하였다. 기공필름은 미주, 유럽 등지에서는 MA포장재의 기능성 증진을 위한 방법으로 PE나 PP계통의 플라스틱 포장재에 핀홀(pin hole)을 뚫는 macroperforation이나 microperforation기술을 적용하여 포장재의 기체투과성을 조절함으로써 포장내부의 기체환경조성을 피포장물의 최적 가스농도로 조절하는 방법으로 진행되어 오고 있으며 일부는 상품화된 경우도 있다. 본 실험에서는 기공필름의 사용목적이 가스농도 조절보다는 기공을 통한 포장지 내부의 습도조절기능에 목적을 두었다. 기공필름으로는 국내 대형유통업체에서 자체 제작한 고구마용 기공필름과 기공의 크기 및 기공수를 차별화하여 제작 유통하고 있는 상업용 기공필름(cryovac)을 이용하였다. 기공필름의 기공특성과 포장지 내부의 실제 고구마 1kg을 넣고 12℃±1℃의 항온실에 7일 동안 저장하면서 포장지 내부의 평균 온·습도 변화

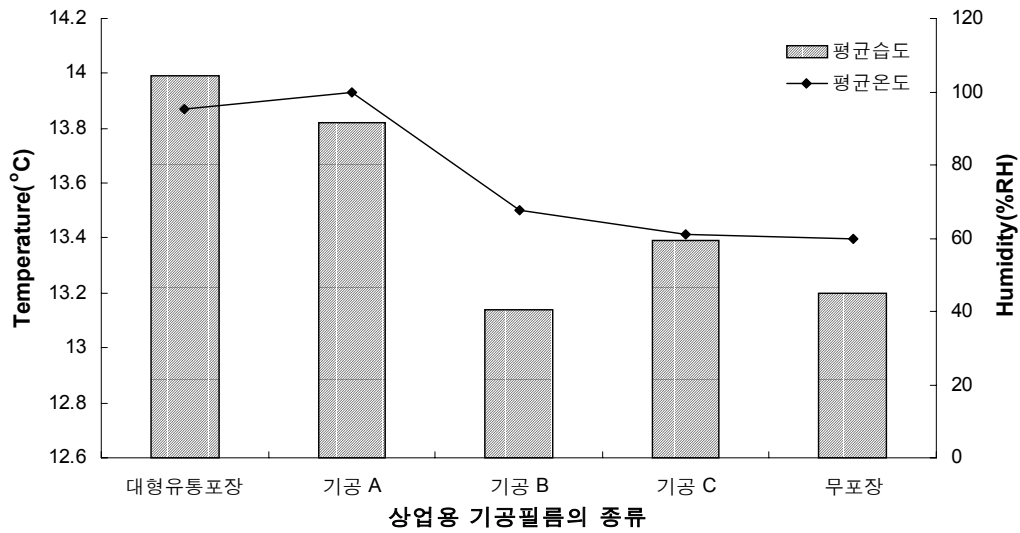


그림 4-58. 상업용 기공필름으로 포장한 고구마의 유통 중 포장지 내부의 평균 온·습도 변화(7일간 실험)

표 4-18. 국내 상업용 기공필름의 기공특성

기공필름 종류	Thickness (mm)	기공수 (ea/cm ²)	기공직경 (mm)	기공간격 (mm)	
				직선	대각선
기공A	0.019	1.12	0.50	직선	15.42
				대각선	10.5
기공B	0.018	4.20	0.76	직선	7.02
				대각선	5.14
기공C	0.017	25.84	0.66	직선	2.81
				대각선	3.78

를 조사한 결과는 그림 4-11과 같으며, 상업용 기공필름의 기공특성을 표 4-6에 나타내었다.

국내 유통되고 있는 상업용 기공필름은 포장지 내부의 평균습도를 95%RH 이상의 과습조건을 유지하거나 60%RH주변의 저습조건을 유지하는 결과를 보여줌으로써, 국내 고구마 유통용 기공포장재로서의 활용가치는 없는 것으로 사료되었다.

특히 국내에서 현재까지도 고구마용 기공필름으로 제조되고 있는 대형유통 포장의 경우에는 포장지 내부의 상대습도가 100%에 가까운 과포화상태를 유지하게 함으로써 고구마의 유통 중 부패현상의 발생속도를 촉진하게 되는 원인이 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 고구마의 저장적성에 알맞는 환경조건을 유지할 수 있는 기공필름을 제조하기 위하여 기공필름으로서는 두께 40 μ m와 50 μ m의 방담 필름을 주문제작한 다음 lab-scale에서 포장재의 표면적 대비 기공의 비율을 여러 가지로 조절하여 자체 제작하고자 하였다. 기공의 크기는 0.5cm로, 국내 유통되고 있는 외국계 기공필름의 기공크기보다는 크지만 기공 수를 조절함으로써 포장지 내부의 습도분포를 일정하게 하면서 고구마의 저장적성과 조화시키하고자 하였다. 기공의 배치방법 및 기공의 비율은 필름의 크기가 가로, 세로 30x35cm로 동일한 파우치 형태의 포장필름에 기공의 크기가 직경 0.5cm인 펀홀을 포장지의 중심점에서 횡축으로 6.4cm, 종축으로 9cm의 간격으로 펀칭을 하였으며, 최종 포장지의 기공 수를 8~11개를 펀칭한 기공필름을 각각 제조하였다.

그림 4-12는 상기 방법으로 lab-scale에서 기공의 개수를 9, 10 및 11개로 천공한 기공필름으로 실제 고구마를 소포장하여 실온에서 13일 동안 방치하였을 때의 포장재 내부의 온·습도 변화이다.

포장재가 적재된 외기 환경온도는 18.2~26.9 $^{\circ}$ C의 온도범위로서 평균 24.4 $^{\circ}$ C

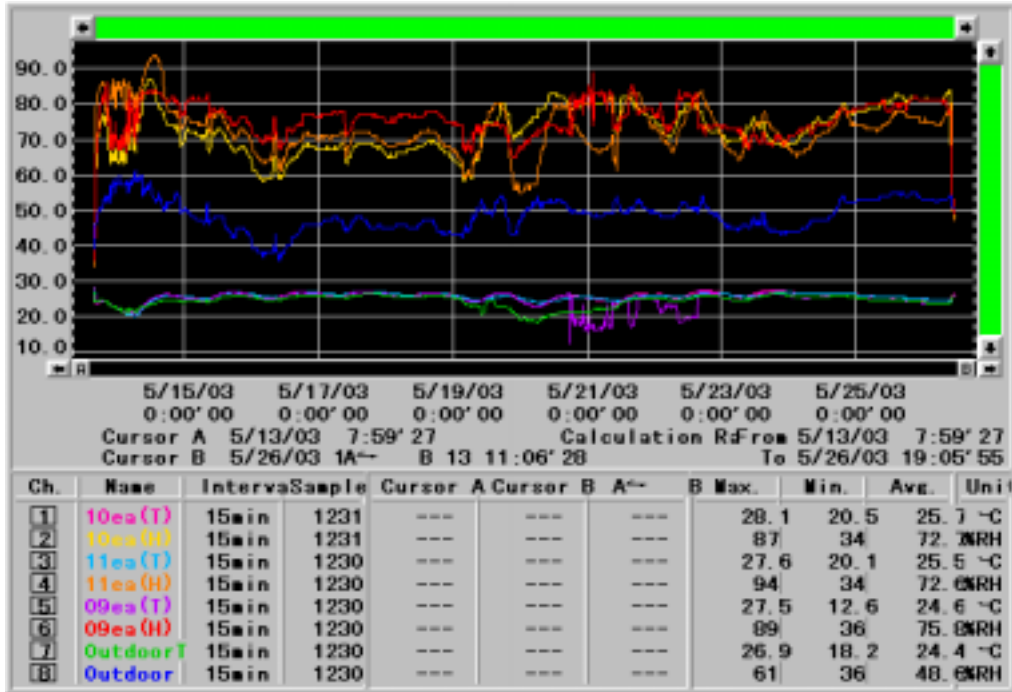


그림 4-59. 기공 수에 따른 두께 40 μ m의 방담필름 포장재 내부의 온·습도변화

를 유지하였고 외기 습도도 36~61%의 RH에서 평균 48.6% RH의 조건을 유지하고 있었다. 상기 환경조건에서 기공 개수별 포장지 내부의 환경습도 변화는 기공수가 9개인 포장재에서는 최대 89%RH를 유지하면서 평균상대습도가 75.8%인 반면 기공갯수가 11개인 기공필름 포장재에서는 최대 94%RH로 다소 높으면서 평균습도는 72.6%RH의 조건을 유지하게 하였다. 또한 기공갯수가 10개인 포장재에서는 최대 87%, 평균 72.7%로서 중간수준의 값을 나타내었다. 따라서 기공필름 포장재에서 기공갯수가 증가할수록 포장지 내부의 평균환경 습도는 낮아지는 경향을 보이고 있었다.

표 4-8은 기공갯수를 9,10 및 11개로 천공한 기공필름 포장 고구마를 실은

표 4-7. 기공수를 달리한 기공필름(40 μ m두께)으로 포장한 고구마의 13일 유통 후 중량감소율 및 부패율 변화

기공수	중량감소율	부패율
9	4.95 \pm 0.48	0.0
10	5.24 \pm 1.02	5.6 \pm 3.6
11	5.52 \pm 1.15	32.6 \pm 23.9

에 저장하면서 저장 13일 후 중량감소율과 부패율 변화를 조사한 결과이다.

기공수에 따른 중량감소율의 차이는 표준편차를 고려할 때 기공수에 따른 차이가 인식되지 않았으나 부패율의 경우에는 기공필름의 기공수에 따른 차이가 나타났다. 즉, 기공수가 9개인 기공필름에서는 저장 13일 후에도 부패가 전혀 발생하지 않은 반면 포장지의 내부 습도가 가장 높았던 기공수가 11개인 기공필름 포장 고구마에서는 32.6 \pm 24.0의 높은 부패율이 발생하였고 기공수가 10개인 포장지에서는 부패율이 약 5.6% 정도 발생하는 중간수준의 값을 나타내었다. 따라서 두께 40 μ m의 방담필름으로 고구마 유통용 기공필름을 제조할 경우에는 기공수를 9개 정도로 하여 포장지 전면에 일정비율로 배치하는 것이 포장지 내부의 환경습도를 일정하게 유지하면서 유통 중 부패율을 억제하는 좋은 방법으로 사료되었다.

그림 4-13는 기공의 개수를 9, 10 및 11개로 동일하게 제조된 기공필름의 두께를 50 μ m로 변화시켰을 때의 포장지 내부의 온습도 변화와 제품의 선도에 미치는 영향을 조사한 결과로서, 실험조건은 그림 4-12와 같이 실온에서 13일 동안 수행한 결과이다.

포장실험을 위한 외기 환경조건은 그림 4-12와 동일하였으며, 기공수에 따른 포장지 내부의 환경습도 변화는 기공수가 9개인 포장재에서는 최대99%RH



그림 4-60. 기공 수에 따른 두께 50 μ m의 방담필름 포장재 내부의 온·습도변화

를 유지하면서 평균상대습도가 88.1%인 반면 기공수가 11개인 기공필름에서는 최대 99%RH로 다소 높으면서 평균습도는 86.5%RH의 조건을 유지하고 있었다. 또한 기공수가 10개인 포장재에서는 최대 92%, 평균 79.4%로서 중간수준의 값을 나타내었다.

또한 기공수를 9, 10 및 11개로 천공한 50 μ m의 기공필름에 포장한 고구마를 실온에 저장하면서 저장 13일 후 중량감소율과 부패율 변화를 조사한 결과를 표 4-8에 나타내었다.

기공수에 따른 중량감소율의 차이는 기공수 10개인 포장 고구마에서 의외로 높은 중량감소율을 나타내었으며, 기공수 9개와 10개의 포장 고구마에서는 표

표 4-8. 기공수를 달리한 기공필름(50 μ m두께)으로 포장한 고구마의 13일 유통 후 중량감소율 및 부패율 변화

기공수	중량감소율	부패율
9	4.10 \pm 0.72	26.19 \pm 3.17
10	6.05 \pm 0.76	19.05 \pm 7.71
11	4.64 \pm 0.62	19.72 \pm 1.45

준편차의 범위 안에 있었다. 또한 부패율에서는 기공수에 따른 차이가 나타났는데 즉, 기공수가 9개인 기공필름 포장구에서 가장 높은 부패가 발생한 반면 낮은 반면 기공수가 10개와 11개인 기공필름 포장 고구마에서는 약 19%의 부패율로 유사한 결과를 나타내었다. 이상과 같이 기공수 10개인 기공필름에서는 포장지 내부의 상대습도가 실험기간 동안 전반적으로 고구마의 적정 상대습도인 80%RH범주를 유지하는 결과는 포장지 내부의 상대습도를 측정하는 방법상의 에러인 것으로 추측되었다. 즉, 이러한 결과는 기공수 10개인 포장구의 저장 13일 후 발생한 부패율에 근거하여 판단될 수 있으며, 또한 일반적으로 기공필름에서는 기공수가 증가할수록 포장지 내부의 평균환경습도는 낮아지는 경향을 나타내기 때문이다.

따라서 고구마 유통용 기공필름을 제조할 경우에는 기공수를 9개 정도로 하여 포장지 전면에 일정비율로 배치하는 것이 포장지 내부의 환경습도를 일정하게 유지하면서 유통 중 부패율을 억제하는 좋은 방법으로 사료되었다.

참고문헌

- Blankenship, S.M. and Boyette, M.D., 2002, Therdermal adhesion in five sweetpotato cultivars during curing and storage. *HortScience*, 37(2) 374-377
- Burton, W.G. 1982. Postharvest Physiology of Food Crops. Longmann Science and Technical Publising Co., New York.(1982)
- Clark, C.A. and Moyer, J.W. Compendium of sweetpotato diseases. The american phytopathological society
- Delate, K.M., Brecht, J.K. and Coffelt, J.A. 1990. Controlled atmosphere treatments for control of sweet potato weevil (*Coleoptera:Curculionidae*) in stored tropical sweet potatoes. *J. Economic Entomology*, 83(2), 461-465
- Farris. Paul L. November 1960. "Uniform Grades and Standards. Product Differentiation and Product Development." *Journal of Farm Economics* 42(4).
- Hayashi, T. and Todoriki, S. 1994. Effect of gamma-ray irradiation on starch in sweet potato roots. *Report of the National Food Research Institute* No. 58, 7-11
- Holmes, G.J., Stange, R.R., 2002. Influence of wound type and storage duration on susceptibility of sweetpotatoes to Rhizopus soft rot. *Plant Disease* 86 (4) 345-348
- Huang, Y.H., Picha, D.H., Kilili, A.W., and Johnson, C.E. 1999. Changes in

- invertase activities and reducing sugar content in sweetpotato stored at different temperatures. *J. Agric. Food Chem.*, 47(12), 4927–4931
- International Institute of Refrigeration. 1973 "Packing Stations for Fruits and Vegetables." Paris, France.
- Kasmire, R.F and Cantwell, M. 1992. Postharvest handling systems, Underground vegetables (roots, Tubers, and Bulbs). In "Postharvest Technology of Horticultural Crops", A.A.Kader, Univ. of California, Div. of Agriculture and Natural Resources
- Katayama, K. and Tamiya, S. 1999. Maturing period of sweet potato cultivars estimated by the changes in quality of storage root. *Japanese J. of crop science*, 68(2), 224~230
- Kendrick, J. G. and J. B. Hassler. November 1968. "Toward Effective Standardization of Hams." *American Journal of Agricultural Economics* 50(4).
- Kim, D.M., Baek, H.H., Yoon, H.H. and Kim, K.H. 1989. Effect of CO₂ concentration in CA conditions on the quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) during storage. *Kor. J. Fd. Sci. Technol.*, 21(4), 461
- Kohls. Richard L. and Joseph N. Uhi. 1990. Marketing of Agricultural Products. 7th ed. Macmillan Publishing Co., N. Y.
- Kotler, Philip and Gary Armstrong. 1991. Principle of Marketing. 5th ed. Prentice Hall : New Jersey.
- Lewthwaite, S.L. and Triggs, C.M., 1995. Sprout suppression in sweetpotato roots following immersion in sodium hypochlorite solutions. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 23(3), 283–287
- Lu, J.Y., White, S., Yakubu, P. and Loretan, P.A. 1989. Effects of gamma

- radiation on nutritive and sensory quality of sweet potato storage roots. In 'Trends in food product development', edited by Ghee, A. H. et al. Conference. Singapore. Oct. 1987. Singapore *Singapore Institute of Food Science & Technology*. pp. 224-228,
- Lu, J.Y., White, S., Yakubu, P. and Loretan, P.A. 1987. Effects of gamma radiation on nutritive and sensory quality of sweet potato storage roots. *Journal of food Quality*, 9(6), 425-435
- Macleod, A.J. And Pieris, N.M. 1984. *Phytochemistry*, 23, 353
- McMillen, E.C. 1981. The effects of curing, storage time, and culls and jumbos versus field run for two cultivars of sweet potatoes as used in a frozen convenience food. *dissertation-abstracts-international*, 42(11), 112
- Mukhopadhyay, S.K., Sen, H. and Jana, P.K. 1991. Storage of sweet potato tubers using locally available materials. *J. Root Crops*, 17(1), 71-72
- Price, David W. August 1967. "Discarding Low Quality Produce with an Elastic Demand," *Journal of Farm Economics*, 49(3).
- Ray, R.C. and Punithalingam, E., 1996, Spoilage of sweet potato tubers in tropics. II. Java black rot by *Botryodiplodia theobromae* Pat.: growth studies and mode of infection. *Advances in Horticultural Science*, 10(3) 151-157
- Ray, R.C., Chowdhury, S.R. and Balagopalan, C., 1994 Minimizing weight loss and microbial rotting of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.) in storage under tropical ambient conditions. *advances in Horticultural Science*, 8(3), 159-163
- Ray, R.C., Misra, R.S., and Ghosh, P.K., 1997 Spoilage of sweet potato

- tubers in tropics. III. Soft rot by *Rhizopus oryzae* L. *Advances in Horticultural Science*, 11(2), 103-107)
- Rhodes, v. James and Elmer R. Kiehl. February 1956. "On consumer Grades for Foods," *Journal of Farm Economics* 38(1).
- Ryall, A.L. and Lipton, W.J. : "Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables.", vol. 1, 2nd edition, AVI Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut. (1984)
- Shepherd, Geoffrey S. and Gene A. Futrell. 1969. Marketing Farm Products. 5th ed. The Iowa State University Press.
- Shima, Y., Nagahama, T., Suganuma, T., and Kitahara, K., 1996. Effects of storage conditions on deterioration of mechanically injured sweet potato tuberous roots, especially on induction of *ipomeamarone*. *Jap. J. Trop. Agricul.*, 40(4) 204-212
- Sowley, E.N.K. and Oduro, K.A. 2002, Effectiveness of curing in controlling fungal-induced storage rot in sweetpotato in Ghana. *Tropical-Science*, 42(1) 6-10
- StAmand, P.C. and Randle, W.M, 1991, Ethylene production as a possible indicator of wound healing in roots of several sweet potato cultivars. *Euphytica*, 53(2) 97-102
- Stewart, H.E., Farkas, B.E., Blankenship, S.M. and Boyette, M.D, 2000, Physical and thermal properties of three sweetpotato cultivars (*Ipomoea batatas* L.). *International J. Food Properties*, 3(3) 433-446
- Tomek, William G. and Kenneth L. Robinsen. 1990. Agricultural Product Prices, 3rd ed. Cornell University Press.
- Walter, W.M. and Hoover, M.W. Effect of pre-processing storage

- conditions on the composition, microstructure and acceptance of sweet potato patties. *J. of Food Science*, 49(5), 1258~1261(1984)
- Weichmann, J.:"Postharvest Physiology of Vegetables", Marcel Dekker Inc., New York. (1987)
- Yamaki:Mechanism of chilling injury in sweet potato 11 Irreversibility of gicade-toriation
- Zulauf, Carl ans Thomas L. Sporleder. 1994. "Assessing Federal Grades Criteria for Fruits and Vegetables : Should Nutrient Attributes be Incorporated?" Re-Engineering Marketing Policies for food and Agricultural, Daniel I. Padberg ed. Texas A&M University : Texas.
- 금준석. 1994. 고구마의 가열방법과 저장성에 따른 이화학적 성질, 한국농화학 회지, 37, 44
- 농림부, 2002, 주요작물 지역별 재배동향
- 농림수산부 1994, 농림부 품목별 대책
- 농시논문집. 1985. 작물편 제27집 2호. 174~178
- 박무현외 1999. 청과물의 저장, 농산물저장유통기술핸드북. p.297, 한국농산물 저장유통학회
- 송홍선, 1998, 고구마, 한국농작물백과도감, 풀꽃나무, p. 48-53
- 이세은, 정문철, 정태연. 1994. 생강의 저장기술 개발에 관한 연구, p. 153, 한 식연 보고서 E1294-0538
- 이춘영, 김호식, 김재욱. 1964. 한국산 고구마의 저장중 화학적 조성에 관한 연 구, 한국농화학회지, 5, 33
- 정문철, 이세은, 남궁배, 정태연, 김동철. 1998. 저장조건에 따른 생강의 품질변 화. 한국농산물저장유통학회지 5(3), 224-230
- 정병준, 2001, 고구마 수확후 관리 및 출하기술, 2001년도 임시총회 및 제 18

- 차 학술발표 발표논문 초록집, 한국농산물저장유통학회, p. 57
- 한국식품개발연구원. 1992 농산물저온저장관리기술교육, p.265
- 홍은희, 1988. 두류 및 고구마의 소비추세와 이용. 식품과 영양, 9(2), 24~28
- 홍희도, 김성수, 김경탁, 이부용 1999, 고구마를 이용한 식사대용 유동식 제품 개발, 한식연보고서 E1502-9904, p.17