

최 중  
연구보고서

마 장기 안전저장 방법 및 신선편이 제품 개발  
Development of long-term storage  
method and fresh-cuts of yam tubers

경북농업기술원 생물자원연구소  
안동대학교 식품영양학과  
북후농업협동조합

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “마 장기 안전저장 방법 및 신선편이 제품 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007년 4월 24일

주관연구기관명 : 경북농업기술원 생물자원연구소

총괄연구책임자 : 이 봉 호

세부연구책임자 : 이 봉 호

연 구 원 : 강 동 균

연 구 원 : 박 상 조

연 구 원 : 신 종 희

연 구 원 : 배 정 숙

협동연구기관명 : 안동대학교 식품영양학과

협동연구책임자 : 손 호 용

연 구 원 : 배 경 화

연 구 원 : 김 영 숙

연 구 원 : 금 은 주

연 구 원 : 류 희 영

참여기업체명 : 북후농업협동조합

협동연구책임자 : 박 해 인

연 구 원 : 이 정 우

# 요 약 문

## I. 제 목

마 장기 안전저장 방법 및 신선편이 제품 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

건강식품 및 약용으로 사용되고 있는 마의 고부가가치 제품개발 및 유통산업 지원을 목표로 하며, 마의 1년 주기의 재배생산에 따른 제품개발 및 유통의 한계를 극복하고자, 생마의 단기, 장기 저장방법을 개발하고, 뿌리 썩음 및 부패억제 방안을 확보하고자 한다. 또한 생마의 소비자 접근성 및 생마의 고부가가치화를 위해 생마 신선편이, 기호성, 기능성 강화 생마 신선편이 및 마꿀차 등 다양한 고부가가치 제품개발의 상업화 지원연구를 목표로 한다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

- 생마 저장중 발생하는 곰팡이, 세균의 분리, 동정, 제어 기술 개발
- 단기 및 장기저장 생마의 식품 안전성 확보와 관능성 유지기술 개발
- 저장, 수세, 세척, 거피, 소독 등의 신선편이 제품개발 공정 개발
- 생마 저장특성과 저장방법 구멍 포장제 선발, 유통한계 설정
- 생마 신선편이 제품 개발, 유통한계 설정 및 기호도 조사

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

##### ○ 기술적측면

- 생마 장기저장중 부패원인 곰팡이 및 부패무름 원인 세균 분리 동정
- 부패원인 곰팡이 및 부패무름 원인 세균 제어 기술 확보
- 생마 단기 장기저장조건 확립
- 세척생마 및 생마 신선편이 제조기술 확보
- 고부가가치 생마 제품 (꿀마차, 기능성 및 기호성 강화 신선편이제품) 개발

##### ○ 경제산업적 측면

- 생마 장기저장 가능으로 인한 생마 연중판매시스템 구축 가능
- 생마 장기저장에 따른 가격 안정 기대
- 마꿀차 제조에 따른 지역경제 도움
- 신선편이 제품개발에 따른 마의 소비 촉진 및 고부가가치 제품 생산 가능
- 생마, 신선편이 제품의 관능성, 저장성, 영양성 증대로 마의 소비 유통 촉진
- 생마 장기저장 관련기술 (저장기술, 안전성 확보기술, 선도유지기술 등)의 확립과 서류와 근채류 등과 같은 유사 작물에 응용
- 관능성 유지기술, 가려움 원인물질 제거기술의 확립과 기타 식물로의 응용 (예 반하 등)
- 문화산업과 연계한 CBT 산업 활성화 및 관련 농가의 실질적 소득 증대

## SUMMARY

The objective of this project was to develop the manufacturing processes of fresh-cuts, storage methods and support of distribution in fresh yam. Putrefactive fungi and bacteria were isolated and identified from yam tubers. The techniques to control the growth of putrefactive fungi and bacteria were suggested by using organic acid, natural extract and chemicals. The controlled conditions for long-term and short-term storage of fresh yam were elucidated. Also, the skills to improve storage, preference and bio-activity of fresh-cut yam were established

The results for this project were follows

- Putrefactive fungi and bacteria from yam tubers
- Controlling the growth the fungi and bacteria on yam tubers
- The condition of storage for fresh yam tubers
- Package methods of fresh yam tubers
- Manufacturing processes of fresh-cut yam and washed yam
- Preference of consumers
- Patent pending
- Inhibition of browning and putrefacting of yam and fresh-cut yam.  
(10-2007-0026907)
- Manufacturing process of ice cream using fresh yam tubers.  
(10-2007-0026906)
- Inhibition of yam putrefaction and functional fresh-cut yam using clove oil and method for manufacturing thereof.(10-2007-0026904)
- Bio-active fresh-cut yam treated with natural spice and method for manufacturing thereof.(10-2007-0023564)

# CONTENTS

Chapter 1	Summary of Project	1
Chapter 2	The Present State of Domestic and International Development about Project	7
Chapter 3	Project Contents and Results	23
Chapter 4	Degree of Achievement and Contribution Related Field	146
Chapter 5	The Plan of Application of Developed Results	147
Chapter 6	International Scientific Information Collection	150
Chapter 7	References	151

# 목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	1
제 2 장	국내외 기술개발 현황	7
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	23
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	146
제 5 장	연구개발결과의 활용계획	147
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	150
제 7 장	참고문헌	151

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1절 연구개발의 목적 및 필요성

마는 백합목 마과의 덩굴성 여러해살이풀로 높이는 1m 정도이며, 그 지상부는 덩굴이며, 지하부의 뿌리는 약용 및 식용으로 사용된다. 전 세계적으로 장마, 단마, 환마, 참마, 산마, 부채마, 단풍마 등 600 여종이 알려져 있으며, 그 중 10 여종이 식용 및 약용으로 사용되어 왔으며, 중국, 한국, 중국, 타이완, 일본 등지의 산지에서 자생하기도 한다.

마의 뿌리를 건조시켜 말린 것은 한방에서 중요한 약재로 사용되는데 (식약청이 식품원료로 지정한 한약제), 이를 산약 또는 서예라고 하며, 당뇨, 설사, 대하증 등에 이용되며 마의 성분으로는 수분함량 74 ~ 76%, 전분 15 ~ 20%, 단백질 1 ~ 1.5%, 총지질 ~ 1%, 회분 ~ 1.25%, 총질소함량 ~ 0.4%, 수분함량 ~ 74%이며, 점질다당류(acetylated glucomannan), 비타민, 미네랄, 기타 다양한 생리활성물질 등을 포함하고 있다. 보고된 약용성분으로는 Amylose, Cholin, Saponin, Mucin, Ararginine, Yonogenin, Kryptogenin, Diosgenin 등이 있으며 먹는 피임약과 성호르몬 생산에 이용되며, 또한 관절염 치료제의 원료로 사용되고 있다.

최근의 마의 성분과 기능성 등에 대한 연구로 콜레스테롤 저하, 항산화작용, 당뇨병, 대장암 예방 등의 생리효능이 있는 것으로 밝혀지고, 알칼리성 식품으로 여러 가지 소화효소가 함유되어 있어서 생으로 먹어도 소화가 잘 되어 건강기능식으로 소비가 지속적으로 증가되고 있다.

마는 사질의 통풍이 잘되는 지역에서 재배 가능하며, 이러한 토양 특성에 따라 안동, 진주 등 한정된 지역에서 그 대부분이 생산되고 있으며, 마의 건강증진 도움 인식과 가격상승에 따라 앞으로 마 재배면적과 생산량은 크게 증가될 것으로 판단되며 국내에서의 마의 재배 및 생산은 안동, 의성, 군위, 영천을 포함하는 경북지역권과, 진주로 대표되는 경남지역권, 그 외 전남, 강원지역권으로 구분할 수 있으며, 448.9 ha의 재배면적에, 4,311톤 정도 생산되며, 전국 생산의 70% 이상을 안동을 중심으로 한 경북 북부지역에서 생산하고 있다.



표 1. 마의 1인당 소비량, 총 수요량, 소요재배면적 및 수량 추이

구 분	1995	1997	1999	2004
1인당 소비량 (kg)	0.05	0.07	0.09	0.11
총수요량 (천M/T)	2,24	2,675	2,735	2,886
소요재배 면적(ha)	35	403	395	375
수량 (kg/10a)	633	663	693	769

마는 통상 11월부터 수확하기 시작하여 지역에 따라 다음해 3월까지 수확하고, 움 저장, 밀폐된 창고, 저온시설에 저장을 하고 있으며, 마의 가장 일반적인 소비 형태는 생마와 마즙 형태이므로, 대부분의 농가에서 수분손실을 최소화하기 위해 밭에서 수확 후 바로 상자에 담아서 저장고로 운반하여 저장하고 판매시 건조한 흙을 떨어내고 포장하여 판매하고 있다. 따라서, 저장기간 중 토양중의 곰팡이에 의한 마 뿌리의 부패가 발생하며, 저장 중 뿌리의 수분손실과 갈변이 상품성을 떨어뜨리는 주요 요인된다. 또한, 저장 측면에서는 토양을 제거하지 않은 비세척 상태로 저장하면 유리한 면이 있으나, 소비자 측면에서는 비위생적이고 불편한 단점이 있음. 소비자의 반응조사에서 특히, 거피과정 중 피부 가려움증을 대부분 경험한 것으로 나타났으며 식용의 어려움을 가진다(Kubo et al. 1988, Park et al. 1994).

최근 소비자의 다양한 요구와 식품가공기술의 발달에 힘입어, 생마로서 상품성이 다소 떨어지는 경우 이를 거피, 건조, 조쇄, 미세하여 건조분말로 판매할 수 있으며, 마 미세분말 및 마 추출물 함유 드링크 등 다양한 형태의 제품으로 개발되고 있다 (본 사업의 참여기업인 북후농협이 주요 생산회사임).

따라서, 본 사업은 마의 소비 촉진과 농가의 소득 증대 및 국민 건강증진을 위해, 별도의 수세, 거피작업이 없이 소비자가 바로 식용 가능한(Ready to Eat; RTE), 또는 바로 조리 가능한 (Ready to Cook: RTC) 즉석 식용 생마 (신선편이)의 개발 및 저장, 유통방법을 개발하며, 마 신선편이 및 건조편을 이용한 다양한 고부가가치 마 제품 (생마 paste, 기능성 생마 신선편이, 꿀마차, 생마 아이스크림 등) 개발을 목표로 하였다.

이를 위해서는 수확 후 11개월에 이르는 장기 저장기술 개발, 세척 후 저장, 건조, 가공기술 개발, 마 뿌리의 불규칙한 모양에 따른 경제적 거피 작업, 세척 시 성분 유실의 보완기술, 생리활성 성분의 규명 등이 필요하며, 상기의 문제점을 원천적으로 보완하는 품종선발 및 가공방법의 개선이 필요하다.

## 가. 기술적 측면

마는 4~5℃의 저온저장으로 장기간 저장할 수 있으나, 수분이 마 뿌리의 표면에 응결되는 경우 절단 또는 상처부위에 곰팡이가 증식하여 부패가 유발되며, 현재 이에 대한 부패 원인균의 동정과 방제방법이 규명되지 않은 상태이며 현재는 뿌리를 세척하지 않고 저장하여 판매하고 있으나 소비를 활성화하기 위해서는 세척 후 신선하게 저장하는 방법과 거피 후 포장하여 유통시키는 방법이 연구 개발되어야 한다.

식용 마의 일반성분 중 가장 많은 양을 차지하는 전분은 보통 19.5% 정도로 고구마 전분 10.6%, 토란전분 10.3%, 칩전분 16%에 비해 그 함량이 높으며, 또한 소화개시온도는 전분 전처리방법에 따라 변화되나 52.9도에서 69.7도로 다른 전분에 비해 낮거나 유사한 것으로 보고되어 쉽게 소화되어 점성이 증대되는 특성이 있으며, 소화 및 흡수가 용이한 것으로 보고되어 있다.(최일숙 등, 1992, Korean J. Soc. Food. Sci. 8, 57-63; 권중호 등, 1998, Korean J. Soc. Food. Sci. 27:908~913).

마 분말의 수분을 제외한 일반성분 분석 결과를 보면 81.6~84.6%가 당질이며, 조섬유는 5.7~5.9%, 조지질의 경우 0.3~1.2%, 조단백은 10.2~12.0%, 회분은 4.8~5.3%로 보고되어 있으며 (정혜영, 1995, Korean J. Food Sci Technol. 27:36-40), 유리당은 과당, 포도당, 설탕이 알려진 당 전체의 90% 정도를 차지하고 있다.

따라서 과거부터 마의 당질을 이용하여 우수한 제품을 만들려는 시도로서 마 술, 마 간장, 마 된장 등과 같은 마 함유 발효제품 생산이 민간에서 지속적으로 시도되어 왔으며, 미국 등에서는 마 전분의 낮은 소화온도와 우수한 소화흡수성으로 인하여 어린이나 노약자를 위한 건강식품 제조 원료로 사용되어 왔다.

그러나, 마의 점성 및 다양한 생리활성 물질을 이용하려는 생마 및 마 미세분말을 포함하는 액상 파우치의 개발은 시도된 바 없으며, 이를 위해서는 효율적인 건조기술, 갈변방지 기술, 고품질 분쇄기술, 관능성 증대기술, 신선도 유지기술 및 식품학적 특성 등이 먼저 규명되어야 한다. 따라서 본 사업을 수행하며, 이러한 농작물 저장, 가공기술, 식품소재 개발 기술 및 식품 사업화 기술을 개발, 축적하고자 한다.

## 나. 경제·산업적 측면

우리나라의 마 재배는 1,286 농가에서 448.9 ha의 면적에서 4,311.1 M/T을 생산하고 있으며, 생마, 한약제인 산약, 단순가공으로 건조 분말화하여 고상 또는 반액상 제품으로 유통되며, kg 당 평균 가격 3,000원으로 약 130억원~150억원의 생산이 있으며, 낮은 저장, 가공기술로 경제적 손실이 크고 고부가가치화에 어려움이 있다.

따라서 적합한 부패 방지 등의 저장, 가공기술의 개발 및 항비만, 노화방지, 면역증강 활성, 항암기능 등의 기능성의 과학적인 규명으로 인해 즉석 식용 생마 및 액상 파우치 개발이 이루어지면 획기적으로 마의 소비 촉진 및 고부가가치 제품 생산이 가능하다.

특히, 마의 가공품으로 가장 일반적인 형태인 마 미세 분말은 기타 가공식품의 재료로도 이용 (예, 10%, 5% 포함 선식, 마 포함 요구르트, 마 포함 국수 등) 가능하므로, 관련 식품 산업의 활성화에도 기여할 수 있다.

안동시에서는 특산품의 하나인 마(산약)의 산업을 활성화하기 위해 마(산약)특구를 지정하여 관광산업과 연계한 마(산약)의 생산, 가공, 유통 등의 분야에 사업비를 지원하고 있다.

2005년 북후면 지역에 산약특구마을로 지정된 이후 TV 홈쇼핑과 각종 박람회를 통한 홍보로 국민들에게 생마의 우수성이 알려져 대표적인 참살이 건강식품으로 알려지면서 수요가 급증하고 있으며, 안동시에서는 2006년에 산약생산 기반조성사업을 위해 19억 6천3백만원을 투입한 데 이어, 2007년에도 25억 4천4백만원을 들여 산약 특구마을 및 산약생산 기반조성사업을 지원하고 있다.

안동시와 안동봉화 축산업 협동조합이 공동 연구 개발한 “안동 참마돼지”가 2006년 8월 롯데백화점 안양점과 잠실점에 입점하여 참마의 우수성을 널리 홍보하고 있으며, 안동 참마돼지를 전문적으로 판매하게 될 브랜드 축산물 전문직판장이 안동시 옥야동에 개장하여 마의 소비 및 건강성이 강조되고 있다.

## 다. 사회·문화적 측면

마의 주산지인 경북 북부지역이 청정농업환경과 어우러진 마 특산지로의 지역 특화가 가능하며(전국 마 재배농가 1,286호 중의 91.5%, 재배면적 448.9 ha의 78.4%, 생산량 4,311.1 M/T의 52.7%) (농림부 2004, 경상북도 내부자료 2004), 저장 중에 발생하는 곰팡이의 방제방법, 세척 후 장기저장법, 가공 시에 발생하는 갈변 등의 문제점이 해결되면 기능성에 걸맞는 위생과 이용상의 편리함이 부각되어 소비를 더욱 활성화시켜 생산농가의 실질적 소득증대를 기대할 수 있다. 또한 생산지와 소비자 간의 상호연결과, 안동, 풍기, 영주, 문경을 중심으로 하는 경북 북부지역의 풍부한 관광자원과 지자체의 관광 문화사업과 맞물려, 체험 농업 및 함께 하는 농업의 모델을 제시할 수 있다.

## 제 2절 연구범위

본 연구의 가장 큰 목표는 마의 장기 안전저장을 가능하게 하며, 이를 이용한 생마의 신선편이 제품을 개발하고자 하는 것으로 구체적인 연구목표는 다음과 같다.

- 마의 저장중에 발생하는 뿌리의 부패를 방지하기 위하여 부패를 유발하는 곰팡이 균을 분리 동정하고, 뿌리썩음 억제방법을 개발
- 단기 및 장기저장 마의 식품 안전성 확보와 영양성분, 관능 평가지표 설정에 따른 영양성, 관능성 유지기술 개발
- 저장, 수세, 헹굼, 거피 단위가공 공정 중 가려움증 원인물질 확인/제거도 검토 및 원재료 손상방지 기술개발
- 생마 신선편이 및 생마 고부가가치 가공제품(생마 paste, 기능성 생마 신선편이, 마꿀차, 생마 아이스크림 등)의 개발 및 저장성, 영양성, 관능성 평가에 이은 상업화 지원

이를 위한 구체적인 연구범위는 다음과 같이 설정하였다.

### □ 생마의 단기, 장기 저장방법 개발 부분

1. 생마의 위해성 평가 (Risk assessment),
2. 부패관련 미생물 분리 동정, 제어 방법 개발(화학적 제어 및 생물학적 방제법 개발)
3. 생마의 세균성, 곰팡이성 부패 방지
4. 단기, 장기 저장 생마의 관능성 영양성 손상 방지 기술 개발을 목표로 하였다.

### □ 생마를 이용한 고부가가치 제품개발 부분

1. 생마의 저장, 세척, 거피, 제균 및 소독, 절단 등 단위가공 확립
2. 거피 생마의 가려움증 억제
3. 생마 신선편이의 부패 및 갈변 방지기술 개발
4. 기능성 생마 가공품 개발(생마 paste, 기능성 생마 신선편이, 마꿀차, 생마 아이스크림 등)
5. 개발 제품의 유통 안전성 평가에 따른 상업화 지원을 목표로 하였다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### □ 생마의 단기, 장기 저장 및 생마 위해성 평가 분야

- 생마는 국내의 경우 11월경에 수확하여, 3월까지 단기저장은 가능하며, 주로 토양에 묻어 보관하거나, 움 저장 및 저온창고 저장을 하고 있는 상태임.
- 생마는 상자 또는 소형의 날개포장으로 유통되고 있으나, 흙이 묻어 있는 상태에서 포장 되므로 절단면 또는 상처부위에 부패가 발생하고 있으며, 또는 세척 후 진공포장으로 유통되는 제품의 경우 곰팡이 또는 세균 등에 의한 부패의 우려가 있어서 이의 억제를 위한 기술적인 검토가 이루어 져야 함.
- 최근에는 왕겨 또는 톱밥을 충전한 제품이 주를 이루고 있으나, 이 또한 곰팡이에 오염이 심각한 상태로 평균 폐기율은 20%에 달함.
- 마의 장기저장에 대한 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이며, 저온저장 및 건조기술은 주로 본 연구팀에서 이루어져 왔으며, 마의 저온저장은 5℃, 80% RH가 적합하고, 필름으로 포장 시 마의 저장력을 향상시킬 수 있음을 보고한 바 있음 (정상환 등. 1997).
- 생마의 위해성 평가는 국내에서 이루어진 바 없으나, 생마 분말제품의 안전성 평가는 진행된 바 있음.
- 본 연구에서 미생물학적 위해평가, 중금속 위해평가, 잔류농약 위해평가를 진행한 바, 미생물학적으로는 외부로부터 세균 및 곰팡이가 오염되지 않은 경우 생마 조직에서 미생물이 검출되지 않았으며, 중금속 또한 문제가 없었다. 잔류농약의 경우, 지하부를 식용으로 사용하며, 또한 화학농약을 거의 사용하지 않음으로 인해 잔류농약 위해성도 나타나지 않았다.

## □ 생마 부패세균, 부패곰팡이 분리 및 제어 분야

- 본 연구의 시작단계에서는 마의 저장중 부패 원인균과 이의 발생에 대한 피해 및 위해성 평가는 전혀 이루어지지 않은 상태임
- 현재까지, 감자, 양파, 인삼, 감귤 등에서 부패균을 분리, 동정하여 그 특성을 보고(Chung etc, 1982; Lee et al., 2005; Yang et al., 1985)한 경우는 있음.
- 본 연구를 통해, 생마의 부패 미생물중 저온 부패성 곰팡이 *Fusarium oxysporum* 등 21종을 국내 최초로 분리, 동정하였으며, 또한 생마 신선편이 및 가공제품 제조에 있어 심각한 부패를 야기할 수 있는 저온 부패성 세균들을 분리 동정하여 보고하였다 (Ryu et al., 2006; Ryu et al., 2007).

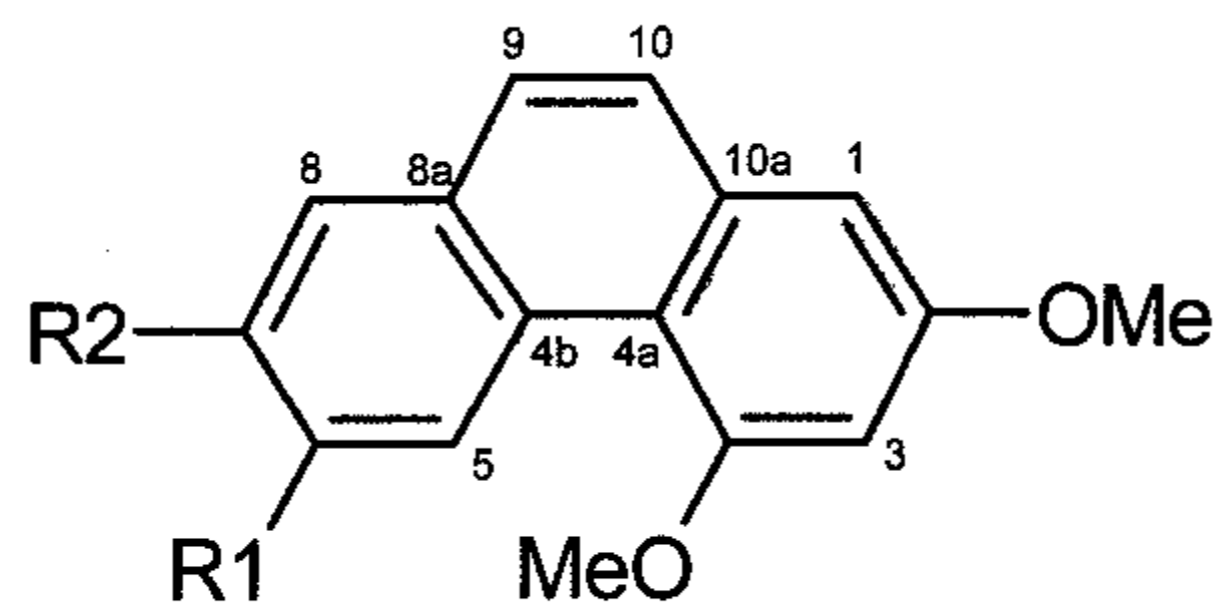
## □ 생마로부터 유용 성분 분석분야

- 마의 지하괴근은 15~20%의 전분질, 1~1.5%의 단백질, 1%의 지질, 미량의 미네랄 및 비타민을 포함하고 있으며, saponin, tannin, polyphenol, allantoin, uronic acid, chellidonic acid, sitosterol, mucin, araginine, yonogenin, kryptogenin, diosgenin 등 다양한 생리활성물질들을 포함하는 것으로 보고되어 있다(Kim M. W. 2001; Kwon et al., 2003; Stohs et al., 1975).
- 또한 생마의 지하부는 steroidal saponin [Cai, et al., 2002. Biol. Pharm. Bull.], beta-sitosterol, antifungal bibenzyls, antifungal phenanthrenes [Coxon et al., 1982, Phytochemistry; Takasugi et al., 1987, Phytochemistry], 및 immune cell stimulating mucopolysaccharide [Choi et al., 2004, J. Ethnopharmacol.]도 보고되어 있다.
- 최근에는 마의 유용 생리활성 물질에 의한 콜레스테롤 저하효과, 항산화작용, 항당뇨, 항대장암 효과 및 항돌연변이 활성[Ahn et al., 2005, Kor. J. Plant Biotechnol., Kim, M. W. 2001, Kor. J. Soc. Food Cookery Sci. Kwon et al., 2003, Biosci. Biotechnol. Biochem; Kwon et al., 1999, Kor. J. Food Nutr. Kwon et al., 2001, Kor. J. Food Sci. Technol.]등의 효능이 밝혀지면서 소비가 급격히 증가되고 있는 실정이며, 유용성분에 대한 관심은 지속적으로 증가하고

있다.

- 본 연구에서는 처음으로 생마의 영여자로부터 3종의 phenanthrenes과 2종의 phenanthraquinones을 분리하였으며, 이들의 항균 및 항암력을 측정하여 보고한 바 있다(Kum, et al. 2006, J. Life Sci). 분리된 물질의 구조는 다음에 나타내었다. 생마 및 생마 잎, 영여자들로부터 유용성분의 분리 및 분석은 지속적으로 계속될 것으로 판단된다.

(a)

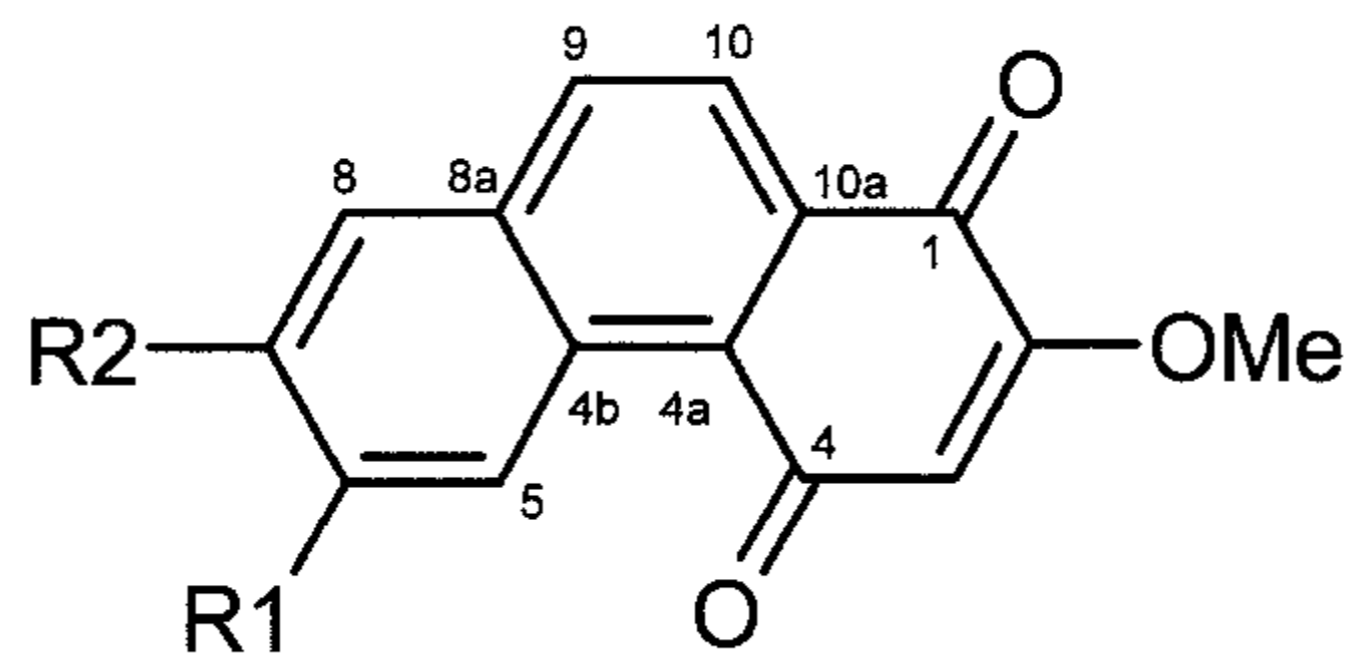


SJO-3: R1=OH, R2=OMe (6-hydroxy-2,4,6-trimethoxyphenanthrene)

SJO-11: R1=OMe, R2=OH (7-hydroxy-2,4,6-trimethoxyphenanthrene)

SJO-12: R1, R2=OH (6,7-dihydroxy-2,4-dimethoxyphenanthrene)

(b)



SJO-7: R1=OH, R2=OMe (6-hydroxy-2,7-dimethoxy-1,4-phenanthraquinone)

SJO-10: R1 =OMe, R2=OH (7-hydroxy-2,6-dimethoxy-1,4-phenanthraquinone)



## □ 세척생마 제조분야

본 연구과제를 시작하는 단계에서는 세척생마 제품은 개발되지 않았으나, 2006년 후반기부터 간편야채로 생마를 진공포장한 제품이 한얼영농에서 개발 판매되기 시작하였으며, 현재 E-mart를 통해 유통매되고 있다.

[간편야채] 마(300g)(진공포장)

상품구성

- 상품명 : [간편야채] 마

- 중량 : 300g

제조사 : 한얼영농

가격 : 3,580원 (이마트)



한편 일본에서는 생마를 일상적으로 섭취하고 있으며, 이에 따라 수확된 생마가 진공포장되어 판매되고 있으며, 부분적으로 세척생마의 진공포장 제품이 출시되고 있다.

## □ 거피 생마 및 생마 신선편이 제조 분야

- 현대 사회의 산업화, 1인 가정의 증가 및 인구의 고령화에 따라, 식품 소비 패턴이 급격히 변화되고 있으며, 그 대표적인 변화는 칼로리 및 영양 위주에서 건강지향과 편의 위주의 식품소비 패턴이다. 이러한 변화는 식품 생산, 판매 및 유통 전반에 걸쳐 나타내고 있으며, 바로 이용 가능하거나(RTC: Ready To Cook) 또는 바로 섭취 가능한(RTE: Ready To Eat) 형태의 간편식 제품이 점차 증가하고 있다[2, 13]. 최근에는 신선함을 주요 품질인자로 하는 과일, 채소류의 경우에도 소량 포장된 RTC 및 RTE 제품이 판매되고 있으며, 그 대표적인 예로 신선편이(Fresh-cut) 제품을 들 수 있다.
- 생마 신선편이를 포함한 농산물 신선편이는, 생산지에서 세척, 선별, 절단 및 부가적인 가공공정을 거쳐 소비자가 바로 섭취할 수 있도록 제조된 식품을 말하며, 시간적, 공간적 제약이 있는 단체급식소 및 일반가정에서 이용되고 있다.

따라서 농산물 신선편이는 미리 비가식 부위를 제거한 상태로 배출 쓰레기의 감소, 경제적 구매가 가능하며 소포장, 저온 유통 시스템 이용 등으로 안전성 증대 및 폐기율의 감소 등의 이점을 가진다. 그러나, 농산물 신선편이 제조를 위해서는 세척, 거피, 선별, 절단 및 분할 등의 다양한 공정중의 조직파괴로 인해 효소적 갈변, 호흡량 증가, 미생물 증식이 가속화되므로, 적절한 저온 저장, 포장 및 부패 미생물 제어가 필수적이다. 현재 일부 뿌리채소의 세척, 선별, 절단 후 봉지 포장제품, 또는 박피 후 진공포장제품 등이 유통되고 있으나, 생마 신선편이 제품은, 부패 및 이취 발생 문제로 인해 개발되어 있지 않다. 따라서 생마 신선편이 제품 개발을 위해서는 부패방지 및 갈변억제를 위한 식품보존료의 처리가 필수적이다.

- 국내의 경우 사회적 웰빙 분위기와 급격한 고령화 사회 진입에 따라 마의 소비와 생산은 지속적으로 증가되고 있으며, 마의 생산, 저장, 가공기술 및 간편식 형태의 제품개발이 이어질 것으로 예상된다.
- 조리의 편의성, 여성의 사회진출 확대, 청결성 등으로 신선편이 식품에 대한 소비자의 선호도 증가와 단체급식 및 외식산업의 발달로 신선편이 제품에 대한 수요가 증가하고 있으며, 이와 관련된 제품화 기술개발이 활발히 이루어지고 있음.
- 그러나, 생마의 세척 후 저장방법, 건조방법 등 즉석식용생마 개발 연구는 시도된 바 없으며, 거피 생마의 경우 미생물성 부패 및 갈변 현상으로 인해 제조가 어려우며, 생마 신선편이의 경우에는 거피 생마보다 더욱 심각한 부패와 갈변이 나타나므로 국내외적으로 시도된 바 없음.
- 본 연구진에서 최초로 생마 신선편이의 미생물성 부패억제와 갈변현상을 최소화하는 기술을 개발하였으며 (Ryu et al., 2007, Kor. J. Microbiol. Biotechnol.; Ryu et al., 2007, J. Life Sci. In press, Ryu et al., 2007, Kor. J. Microbiol. Biotechnol.- In press), 이 경우 저온유통 (온도제어) 및 항균성의 향신료, 유기산을 이용하여 생마 신선편이 제조가 가능함 (대한민국 특허출원 10-2007-0026907호, 유기산을 이용한 생마 및 생마 신선편이의 갈변억제 및 부패방지 방법; 10-2007-0026904호, 클로버오일을 이용한 생마의 부패억제 및 기능성 생마 신선편이 제조방법; 10-2007-0023564호, 천연향신료를 처리한 기능성 생마 신선편이 및 그 제조방법).

## □ 거피 생마 및 생마 신선편이 갈변억제 분야

- 생마의 단순 가공제품에 발생하는 갈변억제 기술은 외국의 경우에도 개발되어 있지 않은 실정임.
- 그러나, 기타 근채류 및 과채류 식품산업에서 사용되는 기술(예, 동결건조, 식염 처리, 환원제 및 유기산 처리 등)과 식품 소재화 기술은 개발되어 있으며, 이를 외국으로부터 도입할 필요가 있음.
- 국내의 연구로는, 생마를 갈았을 경우 갈변이 심하게 발생하며 갈변은 polyphenol oxidase와 관련이 있고, NaCl 처리시 갈변을 억제할 수 있음을 보고 하였음 (정상환 등. 1997).
- 건조분말 가공 시 진공건조하면 갈변과 성분의 변화를 억제할 수 있으나 열풍건조 시에는 분말의 갈변과 성분 조성이 변화함을 보고하였음 (권중호 등. 1998, 이부용, 김현구 1998).
- 또한 거피생마를 건조하는 경우에도 역시 공기중에 노출되어 갈변이 나타나며, 이를 억제하기 위해서는 cysteine(1000 ppm), citric acid (500 ppm), NaCl 용액에 1분간 dipping 하고 건조시킨 경우 갈변이 억제됨 (정신교 등, 1996).
- 생마를 제외한 과일이나, 채소류에 사용되어 온 갈변억제제로는 아스코르빈산과 구연산 또는 이들의 복합물이거나, 인산계열의 제품을 주로 사용하여 왔다. 그러나 이들은 부패억제와 갈변방지에 효과적이지 못하였으며, 사용상의 제약이 있으며, 처리 후 60시간 이후에는 무처리와 동일한 갈변이 나타나는 문제점이 보고되어 있음(공개특허 10-2004-0037653, 공개특허 1995-0000457).
- 이들의 문제점을 보완하는 갈변방지법이 개발되고 있으며, 최근에는 염화마그네슘을 사용하거나, 구연산, 아스코르빈산, 소금, 염화마그네슘 혼합물을 사용하는 방법 (공개특허 10-2004-0037653),또는 이삼염의 함량 조절, pH, 킬레이트값등의 조절을 통한 유리상 폴리인산나트륨 (공개특허 1995-0000457)의 사용이 알려져 있다. 한편 천연물을 이용한 갈변억제제로 감초, 산약, 녹차, 황기, 천궁, 칩, 오약, 백출, 진피, 구지자 중 어느 하나 또는 그 이상을 건조, 추출하여 사용하는 방법 (공개특허 10-2004-0070729) 및 가죽나무 잎, 대나무 잎, 소나무 잎을 건조 추출하여 과채류의 저장성을 향상시키는 천연향균제 (등록특허 10-0465831)도

보고되어 있다. 그러나 현재까지 사용방법이 복잡하고, 생마를 대상으로 유기산, 특히 초산 또는 말레산을 이용한 효과적이면서 간편한 갈변억제 및 부패억제방법은 보고된 바 없다.

- 최근, 본 연구팀에서는 다양한 유기산을 처리하여, 껍질을 거피한 생마 및 생마 신선편이의 갈변 억제기술을 개발하였으며, 이 경우 초산 및 말레산 처리가 유의적이었으며, 경제성 및 사용상의 문제점을 고려할 때, 초산처리가 갈변억제에 효율적으로 판단됨(대한민국 특허출원: 10-2007-0026907, 유기산을 이용한 생마 및 생마 신선편이의 갈변억제 및 유폐방지 방법)

#### □ 기능성 생마 신선편이 제조 분야

- 전 세계적으로 기능성 생마 신선편이 제조에 대한 연구는 보고된 바 없음.
- 본 연구진에서는 고가의 생마 신선편이에 향미와 풍미를 더하고, 부패와 갈변을 억제하며, 또한 기능성을 부여하기 위해, 국내외에서 식용으로 이용되고 있는 향신료들의 생리활성 (항산화력, 항균력, 항혈전 활성)을 평가하여, 항산화력, 항혈전능 및 항균력이 우수한 페퍼민트와 계피를 선정하고, 이들의 추출물에 생마 신선편이를 침지하여 제조한 기능성 생마 신선편이를 개발하였음 (Ryu et al., 2007, Kor. J. Microbiol. Biotechnol.; Ryu et al., 2007, J. Life Sci. In press,)
- 이에 대한 자세한 내용은 본연구진의 관련특허(대한민국 특허출원 10-2007-0026907호, 유기산을 이용한 생마 및 생마 신선편이의 갈변억제 및 부패방지 방법; 10-2007-0026904호, 클로버오일을 이용한 생마의 부패억제 및 기능성 생마 신선편이 제조방법; 10-2007-0023564호, 천연향신료를 처리한 기능성 생마 신선편이 및 그 제조방법)를 참조할 수 있음.

□ 생마 및 건조분말 추출물을 이용한 마꿀차 제조분야

- 일본의 경우, 마 분말을 이용한 다양한 식품소재화 산업이 활성화 되어 있어 이에 대한 부분적인 기술 도입이 필요함.
- 현재 국내에서도 마 분말을 이용한 다양한 선식, 첨가물, 마차, 마환, 마 정제 등이 개발되고 있음.
- 다음은 생마 분말을 이용한 제품들에 대한 국내 개발 제품의 예이다.

**제품명 : 마가루**

판매가격 : 7,000 원

제조회사 :인제건강약초

- ▶ 온가족의 강한 체력을 위하여.....
- ▶ 원 료 : 인제마 100%
- ▶ 용 도 : 차, 부침, 식사대용
- ▶ 우유나 요구르트 또는 물1컵에 마가루1~2큰스푼을 빈병에 넣어 잘 흔들어 드시면 됩니다.
- ▶ 칼국수,수제비,부침을 할때 마가루를 적당량 혼합하여 음식을 만들어 드세요...
- ▶ 주의사항 : 오리알과는 함께 드시지 마세요.
- ▶ 내용량 : 200g

**(산약)건마 1kg**

제조회사: 안동산약영농조합법인

판매금액: 25,000원

**안동 산약 건마 300g (8,900원)**

제조회사 : 정우식품

**(산약)마분말 600g**

제조회사: 산득건재약제사

판매금액: 30,000원

참사랑 은행마죽(팩), 버섯더덕마죽(팩), 브로커리마죽(팩), 은행마죽골드(팩) 등

판매가:13,500원 ~ 20,000원

규격: 1.5kg

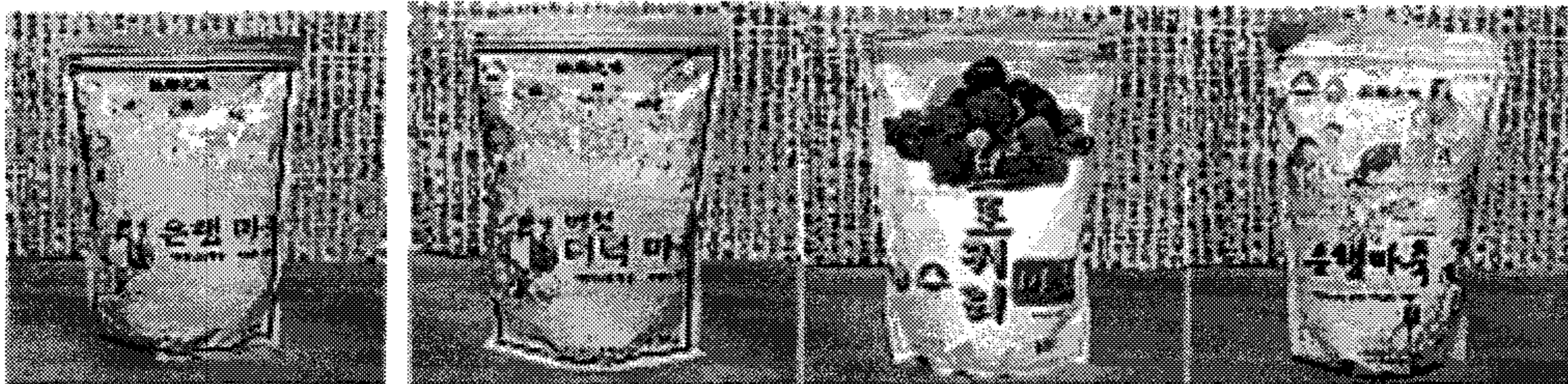
사이즈: 26cm x 35cm

박스입수 : 8ea

제조사 : (주)엔-초이스(강원도 횡성)

**제품특징** : 은행, 마, 등이 함유된 즉석 죽제품 - 끓이는 번거로움이 전혀없는 물만 부으면 바로 죽이되는 시간에 쫓기는 바쁜 현대인, 어린이, 노인들에게 간이식으로 적합한 제품

**음용법** : 컵이나 그릇에 냉수 또는 온수(200~250ml)를 붓고 적당량 (큰수저4~5스푼)의 마죽을 덜어서 잘저으면 맛있는 죽이 됩니다.



PET 형태 : 이상동일 제품

규격 : 1.2kg

가격 : 15,000

박스입수 : 12ea

**제품명**: 녹차와마늘마죽

규격: 200g

가격: 12,000원

제조사 : (주)엔-초이스

제품정보 : 녹차, 마늘, 마, 쌀 등이 함유된 즉석 죽제품

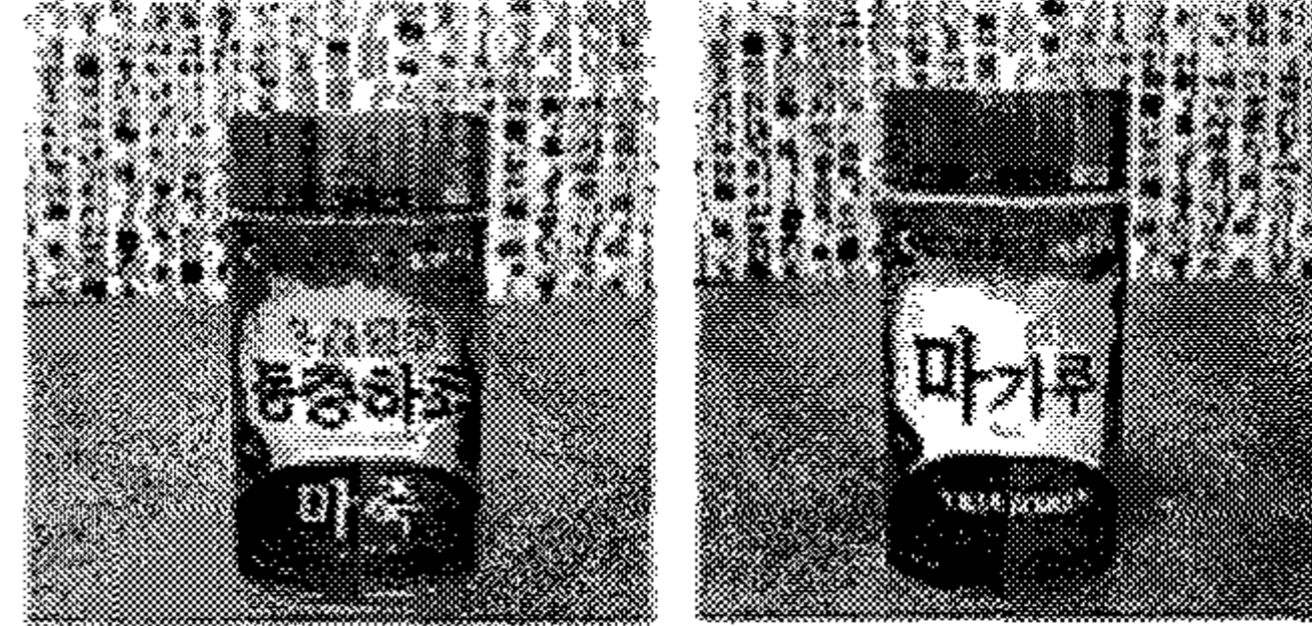
음용법 : 컵이나 그릇에 냉수 또는 온수(200~250ml)를 붓고 적당량(큰수저4~5스푼)의 마죽을 덜어서 잘저으면 맛있는 죽이 됩니다. 기호에 따라 꿀, 설탕, 소금을 가미하여 드시거나 우유나 두유에 타드시면 더욱 맛있습니다.



제품명: 동충하초마죽 200g

가격 : 18,000원

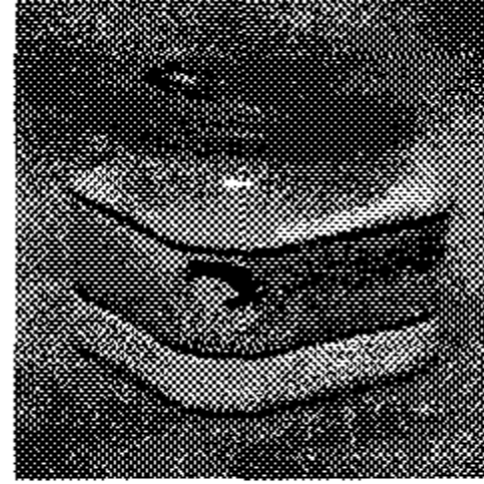
제조사 : (주)엔-초이스



제품정보 : 동충하초, 마, 쌀 등이 함유된 즉석 죽제품

마가루 200g

가격 : 13,000원



상품명: 은행 더덕 마 죽

상품종류: 죽류

규격:1kg\*2개

가격: 19,800원



주요성분: 의이인(국산)10%, 마(국산)10%, 은행(국산)5%, 찹쌀(국산)30%, 알파현미(국산)15%, 기타곡물(쌀, 보리, 옥수수, 밀, 조, 수수, 팥, 버섯, 울무, 녹두, 질금, 땅콩, 밤)10%, 알파전분5%, 식물성크리마-S, 포도당, 정제염

드시는 법: 1회에 큰 스푼 7~8개(약 45~50g)을 넣고 더운물 또는 우유 및 두유 200cc(우유 작은 것 1개 용량)를 넣고 잘 저어 드시면 됩니다. 기호에 따라 꿀 또는 소금을 넣으셔도 좋습니다.

보관방법: 방부제가 전혀 들어있지 않은 상품입니다. 직사광선을 피하고 건조하고 서늘한 곳에 보관하세요. 개봉 후에는 되도록 빨리 드시고, 냉장, 냉동 보관 하십시오.

**제품명 : 도라지은행마죽 .**

가격 : 13,000원

제품의 유형 : 즉석건조식품(무방부제/무설탕/무색소)

중량 : 1.3kg .

성분함량 및 원산지 현미분37%(국내산), 마10%(국내산), 도라지7%, 은행3%(국내산), 옥수수전분20%(수입), 기타 포도당. 소금. 식물성유지방 등 23% .

보관방법 : 직사광선이나 습기찬 곳을 피하고, 건냉한 곳에 보관하십시오.

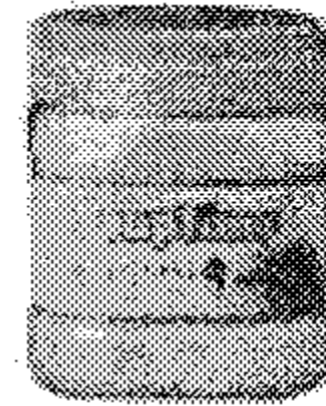
제조원 : 햇고을 \* 도라지은행마죽

음용법 컵이나 그릇에 냉수 또는 온수를 붓고 적당량의 도라지은행마죽을 숟가락으로 덜어서 잘 저으면 맛있는 죽이 됩니다. 끓이지 않으셔도 됩니다. 도라지은행마죽을 드시는 분 . 일상생활에 바쁜 학생 / 직장인의 아침, 점심, 저녁 . 운전자, 레저 / 여행하시는 분들의 간편한 식사 . 건강을 위하여 죽을 드시고자 하시는분 . 무엇을 먹을까 고민할 때 / 입맛이 없을 때 . 노약자 및 환자의 식사대용

**이름: 녹차야채마죽**

회사:자혜식품

가격:14,500원



주성분:녹차분말, 마분말, 콩분말, 땅콩가공분, 양파분말, 당근분말, 파분말, 식물성 크림외 5종

제품설명: 언제 어디서나 누구든지 부담없이 편리하게 즐길 수 있습니다.아침이 바쁜 학생, 직장인의 아침, 늦은시간 드시면 좋습니다

용도 및 용법: 녹차야채마죽 30~40g을 더운물 80cc~100cc에 넣어 고루 저어 드십시오

보관방법: 개봉후에는 뚜껑을 꼭 닫아 직사광선이나 습기를 피하고 서늘한 곳에 보관하여 주시고 냉장고에 보관 하시면 장기간 보관이 가능합니다





태양마차(낙타마트) 담터 단호박 마차

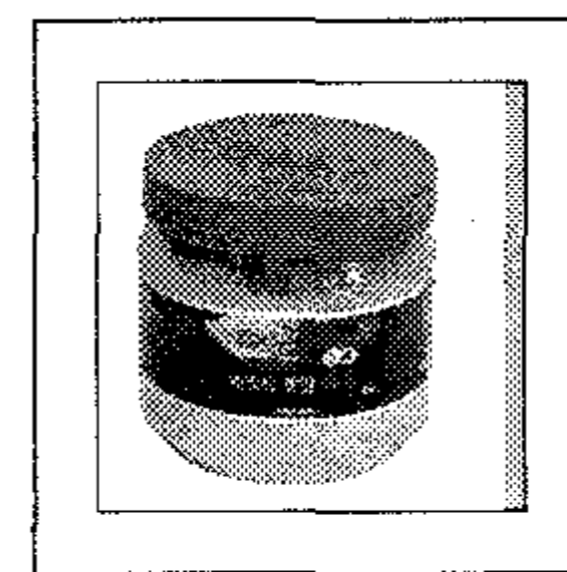
**제품명: [튼튼한아침] 메밀싹빵잎 마죽 골드**

제품유형 : 즉석 건조식품(무방부제)

중량: 500g

성분함량 및 원산지

메밀싹2%(국산), 빵잎 10%(국산), 마8%(국산), 알파미분38%(국산), 썬프리젤 23%, 포도당, 식염, 식물성유지방



**마은행호두죽 800g**

제조사 : 엄마사랑(경기)

가격 : 14,900원

제품유형: 즉석건조식품

원재료명: 마(국산) 8%

**웰빙마냉면(10인분 셋트)**

제조사 : 진미식품(대구)

중량 : 2kg

성분배합비율 : 마분 20%(국산 50%, 수입 50%), 감자전분 15%, 소맥분 47%, 수분 15%, 탄산수소나트륨 1%, 정제염 1%

가격 : 15,000원

### 가시오가피 골드

제조사 : 풀무원건강생활 (내추럴하우스)

가격 : 150,000원

포장단위 : 80ml x 60포 (4,800ml)

원재료명 : 혼합허브추출물 (고형분함량 4%) 97.53%, 그린엑스(고형분함량 57%)

※ 혼합허브추출물 : 가시오가피 81%(중국), 마, 당귀, 두충, 감초(중국), 대추, 산수유, 구기자

섭취방법 : 1일 2회, 1회에 1포씩 따뜻하게 또는 차게 하여 섭취하시기 바랍니다. 어린이의 경우 성인 섭취량의 1/2로 섭취하시기 바랍니다. 전자레인지용 용기에 옮겨 데우십시오.



### 매실추출물

제조사 : 풀무원건강생활 (내추럴하우스)

가격 : 일시중지

분류 : 건강기능식품

포장단위 : 150g(75gx2병)

원재료명 및 함량 : 매실추출물(고형분20%이상, 구연산으로써 25%이상)55%, 마분말, 칩분말, 하수오분말, 울무분말, 진피분말, 감초분말, 옥수수전분, 자몽종자추출물

섭취량 및 섭취방법 : 1일 2회, 1회 5환씩 씹어서 드십시오.

영양, 기능정보 (1회분량 200mgx5환) - 1회분량당 함량: 열량 5kcal, 탄수화물 1g미만(0.2%), 단백질 0g(0%), 지방 0g(0%), 나트륨 0mg(0%), 기능성분 또는 지표성분 유기산산도 130mg



### 동강마환

제조사 : 서남농업협동조합

판매가 : 10,000원

내용량 : 150g

섭취방법 : 1일 3회섭취(15~20알/회)/소인 (5~7알/회),

충분한 물과(200ml 이상)과 함께 섭취함.



용기재질 : HDPE

제조 및 판매원 : 서남농협동강인진속가공공장 강원도 영월군 남면

연당 1리 879

원재료 및 함량 : 미분말 62%(국산), 추출액 30%[마 87%, 삼주 13%(국산)]삼주 7%  
(국산), 인삼 1%(국산)

### 마와자라[마환]

제조사/판매원 : 강원FNB/강원F&B영농조합법인

가격 : 28,000원

제품규격 : 130g



제품성분 : 마(국산) 50%, 하수오(국산) 46%, 자라(수입산)2%, 찹쌀(국산)2%

섭취방법 : 1회에 15~20알씩 1일 2회 물이나 음료수와 함께 드시면 좋습니다.

### □ 생마 아이스크림 제조분야

○ 생마를 이용한 아이스크림 제조방법 10-2007-0026906호

□ 생마 가공 및 고부가가치화에 관련된 국내의 특허 출원 및 등록 동향 분석결과  
는 다음과 같다.

### [특허실용] 과일마(산약)차의 제조방법

출원번호: 10-1997-0066078(1997.12.01 ) 출원인: 경상북도농업기술원생물자원연구소

최종처분: 거절

### [특허실용] 마를 주로하는 백숙의 제조방법

2003. 8. 18. 등록

[특허실용] 양념을가미한종합영양분이함유된가래떡제조방법및그장치  
1998 거절-마(山藥)가루1~2%

[특허실용] 장어와 한약재를 주재료로 한 보약음료 및 그 제조방법  
( 2000.07.12 ) 등록 - 산약 0.5~2중량%

[특허실용] 혼합곡물 및 한약재 혼합음료 - 거절

[특허실용] 마 및 칩이 함유된 청결미 제조방법  
( 2001.07.25 ) 등록

[특허실용]'마'를 함유한 매주의 제조방법  
( 2000.04.11 ) 최종처분 : 공개

[특허실용] 마를 이용한 과자 제조방법  
( 1999.07.09 ) / 경상북도(승계청:경상북도농업기술원,관리청:경상북도도지사)/ 등록

[특허실용] 성인 식사대용 신규한 액상조합음료 및 그 제조방법  
( 2002.11.28 ) 마 2%(W/W) / 공개

[특허실용] 마과식물의추출물을함유하는화장료조성물  
( 1995.07.25 ) 거절

산채식초, 성장촉진용 조성물 - 거절

[특허실용] 고혈압개선작용을 갖는 건강식품조성물  
( 1994.06.13 ) 거절

[특허실용] 즉석토로로제조방법 ( 1994.02.17 ) 등록

본 발명은 마(산약)를 이용하여 즉석에서 물만 첨가하여 토로로를 제조하는 방법에 관한 것이다. 본 발명은 마의 대량 수확시기에 마의 점성이 유지되도록 적당히 건조시켜 분말화하면 저장 및 보관성이 매우 향상되어, 필요시 즉석에서 물만 첨가하여 1년 내내 생마를 마쇄하여 높은 상태의 점성을 갖는 마 페이스트를 제조할 수 있는 방법을 제공하며, 아울러, 점성이 유지되도록 건조된 마 분말에 계란분말, 김분말, 통참깨, 간장분말 등을 배합하여 물만 첨가하면 언제라도 즉석에서 간편하게 식음할 수 있는 분말상의 즉석 토로로를 제조하는 방법을 제공한다

**[특허실용] 마를 이용한 고추장 제조방법 ( 1998.11.30 ) 거절**

### 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

#### 제 1 세부과제 : 마 저장 중 부패방지법 및 세척마의 저장방법 구명

##### 1. 마 저장 실태 및 괴근썩음병 발병현황 조사

마 재배주산지역별 조사에서 저장방법에 있어서 조금의 차이는 있었지만 대부분의 농가에서는 저온저장고를 이용하고 있었다. 조사지역별로 저장창고에서 발생하는 마 괴근의 썩음병의 발생율은 표 2에서 보는 바와 같다. 안동시 생물자원연구소의 저온저장고내의 썩음병 발생률은 2006년에는 56%, 2007년에는 68%였고, 고령군 다산면의 농가저장고에서는 저온저장의 경우 2006년에는 44%, 2007년에는 52% 정도 썩음병이 발생하였고, 상온저장고에서는 2006년에는 92%, 2007년에는 84%의 썩음병이 발생하였다. 경남 진주시 지수면의 저장고에서는 2006년에는 13%, 2007년에는 16% 정도 발생하였다. 각 지역별, 연도별로 뿌리썩음병의 발생에 있어서 큰 차이를 보였는데 이는 수확시기가 지역별로 차이가 있으며 이에 따른 수확마의 숙성정도와 수확기의 기온 및 강우 등 기상환경과 농가의 저장고마다 다른 저장온도를 설정하고 있는 것에 기인한 것으로 추정된다.



그림 1. 마 저온저장고 내부.



그림 2. 상자단위로 마 저장.

남부지방에서 마의 노지저장을 위한 수확시험에서 수확시기가 늦어질수록 실내 상온 저장과 5℃저온저장고에서의 부패율이 크게 감소하는 것으로 조사된 결과와 유사하였다(1995, 경남농업기술원 영농활용자료). 저장조건 실험을 수행하는 과정에서 0℃, 5℃, 10℃로 저장고의 온도를 설정하여 60일간 저장하면서 발생하는 곰팡이를 조사한 결과 저장고의 온도 조건에 따라서 그 발생빈도 및 우점병균이 상당한 차이를 보였다.

표 2. 조사지역별 마 저장 중 썩음병 발생현황 (저장 90일후)

조사지역	전체썩음병 발생율(%)	
	2006년	2007년
안동시 생물자원연구소 저온저장고	56	68
고령군 다산면 저온저장고	44	52
진주시 지수면 저온저장고	13	16
고령군 다산면 상온저장고	82	84

표 3. 마 저장 중 썩음병 유발균의 분리빈도(저장 90일후)

분리병원균	병원균분리빈도(%)	
	2006년	2007년
<i>Penicillium</i> sp.	80	90
무름병( <i>Muccor</i> sp. <i>Rhizopus</i> sp.)	10	5
기타( <i>Fusarium</i> sp. <i>Botrytris</i> sp. 등)	10	5

각 저장창고에서의 마괴근썩음병을 유발하는 곰팡이를 수집하는 과정에서 그 분리빈도를 조사한 결과는 표 2.에서 보는 바와 같다. 대부분의 경우 마른썩음증상을 유발하는 *Penicillium* 속의 곰팡이가 80~90%정도 분리되었고, 그중 대부분이 푸른곰팡이였으며, 녹색곰팡이와 회색곰팡이도 분리되었다. *Penicillium* 속의 병원균에 감염된 괴근의 전형적인 병징은 초기에는 절단면과 상처부위에 흰색의 곰팡이가 자라다가 푸른색의 밀생하면서 내부는 갈색으로 물러지고 탈수된 것처럼 오그라들어 미이라화 되었다. 저장조건에 따라서 병반의 차이를 보였는데 5℃의 저온저장고에 저장할 때는 수분의 증발이 미약하여 발병이 심한 경우 무름증상과 동일한 병징으로 적갈색 혹은 자주색으로 썩는 증상을 보였지만 일반저장고에서는 감염된 마 괴근의

내부가 미이라화 되어 연갈색의 푸석푸석한 스폰지처럼 변하였고 갈라진 조직 사이에 병원균의 균사와 포자가 발생하였다. 그리고 전형적인 조직의 무름증상을 유발하는 *Muccor* sp.와 *Rhizopus* sp.에 감염된 마 괴근의 표면에는 털모양의 긴균사체가 밀생하는 것으로 쉽게 판별할 수 있었다. 털모양의 포자낭경의 기중균사가 길게 자라고 그 끝에 검은색의 포자낭을 형성하고 있었다. 병반부위는 연갈색으로 물러져 진물이 나오고 시큼한 냄새가 나기도 하였다. 감염된 부위는 조직을 따라서 내부 깊숙이 선모양의 갈색 병증을 나타내고 있었다. 장기간 저장된 괴근에서는 *Penicillium* 속의 병균이 감염된 것과 같은 병징처럼 말라서 미이라화된 증상을 보이며 내부에도 균사가 성장하고 분생포자를 형성하고 있었다. 기타 병반에서 *Fusarium* 속과 *Alternaria* 속, 및 젓빛곰팡이병균도 분리되었다(그림 3). 곰팡이의 발생부위는 대부분이 수확시 발생하는 상처부위였으며, 선충의 감염부위와 잔뿌리가 떨어져 나간 상처부위에서도 발생하였다.

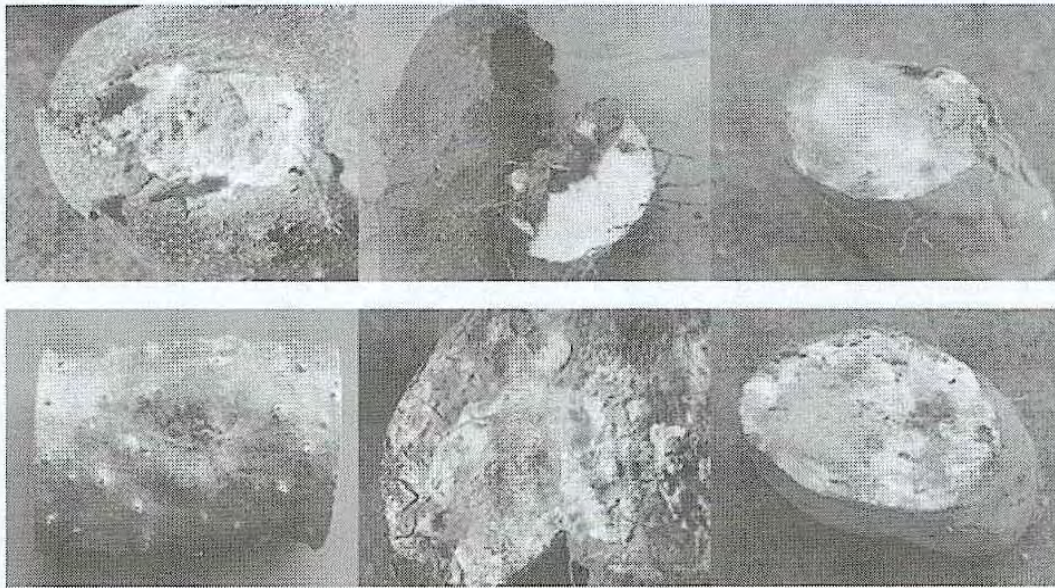


그림 3. 마 저장중 발생하는 썩음병 증상

미국에서 보고된 마의 주요 병해 중 괴근을 침해하는 것으로는 *Rhizopus stolonifer*에 의한 무름병, *Phymatotrichopsis omniivora*에 의한 root rot, *Fusarium* sp.에 의한 마름병 등이 보고되어 있다(Farr 등 1989). 마를 주식으로 하는 열대지역의 경우 저장조건에 따라서 50%이상의 감소를 보인다고 하였으며, 수확 후 저장기



간에 나타나는 병해로는 *Botryodiopodia theobromae*, *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp., *Sclerotium rolfsii*, *Muccor* sp., *Trichoderma* sp. 등의 곰팡이병과 *Erwinia carotovora*에 의한 무름병이 발생한다고 하였다(Amusa 등 2003). 그중 강한 병원성을 나타내는 것은 *Penicillium* sp.에 의한 것이라 보고했는데 이는 국내에서 수집 분리하여 병원성을 검정한 결과와 유사하였다.

채소류에 발생하는 저장병으로는 마늘 양파, 토마토, 딸기 등의 시설채소와 무우와 같은 근채류의 저장시 발생하는 병으로는 잿빛곰팡이병, 푸른곰팡이병, *Rhizopus*에 의한 무름병 등이 알려져 있다(김용기, 2002.). 그리고 마늘저장시 저장병의 주요 병원균은 푸른곰팡이병(*Penicillium hirsutum*), 마른썩음병(*Fusarium oxysporum*), 자주점무늬병(*Pleospora hervarum*) 등이 있으며 그 외에도 *Aspergillus niger*, *Botrytis* sp. 등이 발견되었다고 보고하였다. 마피근의 저온저장과정에서는 저장병을 유발하는 병원균 중에서는 *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Botrytis cinerea* 등이 검출된 것과 비교하면 다소 상이한 결과이다. 이는 토양중에 포함된 부생적 병원균이 마저장병의 주요한 원인균으로 작용하는 결과에 의한 것으로 추정된다. 그러나 많은 채소류의 저장병해로 나타나는 균핵병은 발견되지 않았다. 감귤의 유통저장중 발생하는 병해에는 *Penicillium* spp.에 의한 부패병(*P. digitatum*, *P. italicum*)이 가장 많으며 *Altnaria citri*에 의한 검은썩음병과 *Botrytis cinerea*에 의한 잿빛곰팡이병과 *Rhizopus* sp.에 의한 무름병도 경우에 따라서 많은 피해를 주는 것으로 보고되었다(농진청제주농업시험장, 2002). 그리고 과실 및 채소의 저장 중에 부패를 가져오는 저장병의 주요 원인균으로 무름병을 유발하는 *Rhizopus* sp., 갈색이나 검은색의 움푹 들어간 점무늬를 형성하는 *Alternaria* sp., 잿빛곰팡이썩음병을 유발하는 *Botrytis* sp., 저장 중 분홍 혹은 노란 곰팡이를 형성하는 *Fusarium* sp., 저장과실에 sour rot을 유발하는 *Geotrichum* sp., 푸른곰팡이병과 초록곰팡이병을 유발하는 *Penicillium* sp., cottony rot 혹은 watery soft rot을 유발하는 *Sclerotium* sp.가 잘 알려져 있으며 이와 함께 저장 중에 발생하는 곰팡이인 *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* 등은 생육 중에 균독소를 분비하여 인축에 심각한 균독소중독증을 유발한다고 하였다(Agrios, 1997). 본 연구과정에서 분리한 곰팡이 중에도 균독소를 분비할 것으로 의심되는 병원균이 포함되어 있어 차후 여기에 대한 자세한 연구가 보충되어야 할 것으로 생각된다.

## 2. 병 발생 및 병징의 특징

*Penicillium* sp.에 의한 푸른곰팡이에 감염된 마 괴근의 전형적인 병징은 수확시기에 생긴 절단표면과 상처부위에 처음에는 흰색의 곰팡이가 자라다가 점차 푸른색의 곰팡이가 밀생하며, 먼지 같은 분생포자를 날리고 감염부위의 내부는 갈색으로 물러지고 표면은 탈수된 것처럼 오그라들어 미이라화 되어졌다(그림 4A, 4B, 4C). 푸른곰팡이병에 감염된 마 조직은 저장조건에 따라서 병징이 다소 차이를 나타내었다. 5°C저온저장고에서는 수분의 증발이 미약하여 물기가 많이 남아있고 적갈색 혹은 자주색으로 마 괴근 조직이 썩는 증상을 보였고 심한 경우 무름병과 유사한 증상을 나타내었지만(그림 4B), 고령균 다산면의 일반창고에 저장된 마에 발생한 푸른곰팡이병은 저온저장시 발생하는 푸른곰팡이병의 병징과는 달리 마 괴근의 외부가 쪼그라들고 내부조직은 미이라 증상과 같이 탈수되어 연갈색의 푸석푸석한 스폰지형으로 변화하였으며 갈라진 조직사이에 푸른곰팡이병균의 균사와 분생포자가 발생하였다(그림 4C). 푸른곰팡이병으로 추정되는 감염부에서 분리한 균주는 배지상의 특징으로 분류했을 때 2개의 서로 다른 형태를 나타내었다.

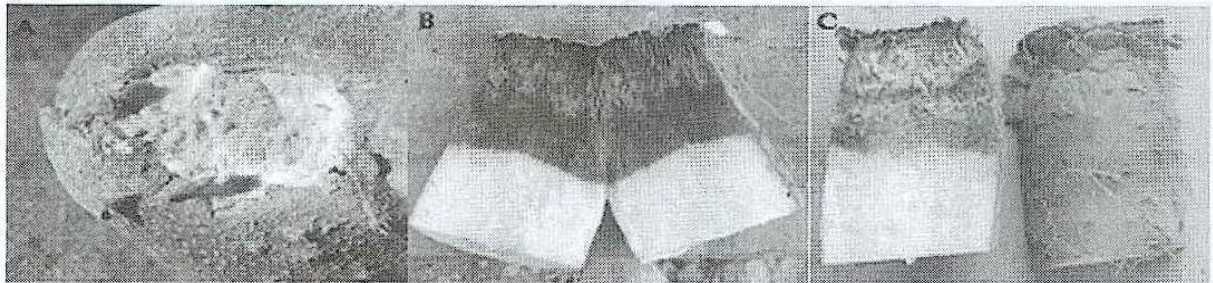


그림 4. 마괴근에 발생한 푸른곰팡이병의 병징. A; 괴근표면에 발생한 푸른곰팡이균사와 분생포자, B; 병의 진전과정에서의 내부조직썩음(저온저장고), C; 감염조직의 건조와 표면의 미이라화(일반저장고).

*Fusarium* sp.에 의한 병징은 주로 수확과정에서나 운반과정에서 형성된 상처부위에 흰색의 균사를 형성하며 내부로 썩어 들어가는 병징을 나타내었다. 이후 감염부위에 흰색의 균사가 성장하면서 괴근 조직이 외부로부터 연한 갈색에서 짙은 갈색으로 변화하였다(그림 5A, 5B). 병반이 확대되면서 푸른곰팡이병이나 무름병 증상과는

달리 외부표피조직이 함몰하면서 물러지는 증상을 나타내었다. 감염부위의 절단면에서는 감염부위와 병원균의 침입부위가 층을 이루면서 병징이 전개되었다(그림 5C). 분리된 곰팡이 중 *Fusarium* 속에 속한 균주는 마 괴경에서의 생육특징과 PDA배지에서의 생육 및 색소분비 등을 비교한 결과 모두 3종류로 분리되었으며, 이들 모두에 대한 병원성 검정 및 종동정은 앞으로 수행되어야 할 과제이다.



그림 5. *Fusarium* sp.에 의한 마괴근의 썩음병징. A; 상처부위에 형성된 병징과 균사, B; 수확시 절단면에 감염되어 형성된 균사피막, C; 단마의 저장과정에서 형성된 병반과 조직내부의 병징.

전형적인 무름병 증상은 *Rhizopus* sp.에 의해 발생하며 감염부위에 털 모양의 긴 균사체(포자낭경과 포자낭)가 밀생하는 것으로 쉽게 판별할 수 있었다(그림 6A). 털 모양의 포자낭경의 기중균사처럼 길게 외부에서 자라며 그 끝에 검은색의 포자낭을 형성하고 있었다. 감염조직은 연갈색으로 물러져 진물이 나오며, 외피조직이 쉽게 벗겨지고 오래된 감염부위는 시큼한 냄새가 나기도 하였다(그림 6B). 감염된 조직을 따라 병원균에서 분비된 효소의 작용으로 괴근조직이 붕괴되기 전에 내부 깊이 선모양의 갈색 병증이 전개되는 것을 발견할 수 있었다(그림 6C). 감염조직내부에서 갈라진 틈사이로 짧은 포자낭경을 만들고 포자낭을 형성하였다(그림 6D). 대부분의 *Rhizopus* sp.에 의한 무름병징은 다른 곰팡이가 미리 감염된 부위에 형성되어 복합 감염증상을 나타내었다. 그래서 저장 기간이 긴 저장고에서 발병빈도가 많았다. 수분의 증발에 따른 미이라화 증상을 나타내지 않는 것이 푸른곰팡이에 의한 썩음과 다른 점이였다.

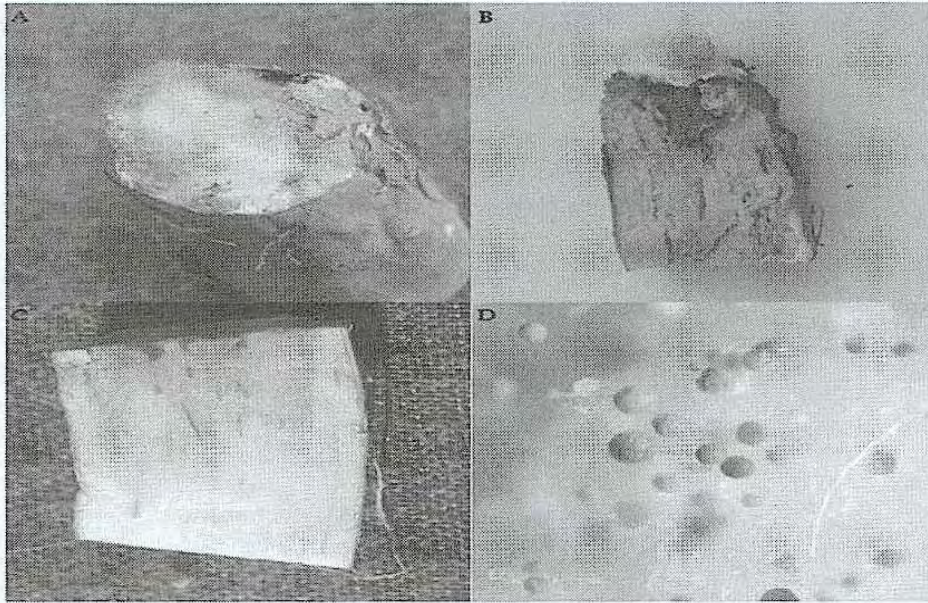


그림 6. 마 피근에 발생한 *Rhizopus* sp.에 의한 무름병. A; 감염조직에 발생한 병원균의 포자낭경과 포자낭. B; 병원균감염에 따른 마 피근조직의 썩음. C; 병원균에서 분비한 효소에 의한 조직 연화 및 갈변, D; 감염된 조직내부에 형성된 *Rhizopus* sp.의 포자낭경과 포자낭.

젯빛곰팡이병에 의한 병 증상은 병반부위가 수침상으로 썩으면서 회색의 균사가 밀생하고 흑색의 작은 균핵이 형성되었다(그림 7A). 병반부를 갈라보면 피근 내부가 썩어서 물러지고 조직은 갈색으로 변하였다(그림 7B). 4℃의 저온저장고에서는 젯빛곰팡이병이 발견되지 않았지만 상온저장창고와 시장출하 상태에서는 간혹 발견할 수 있었다.

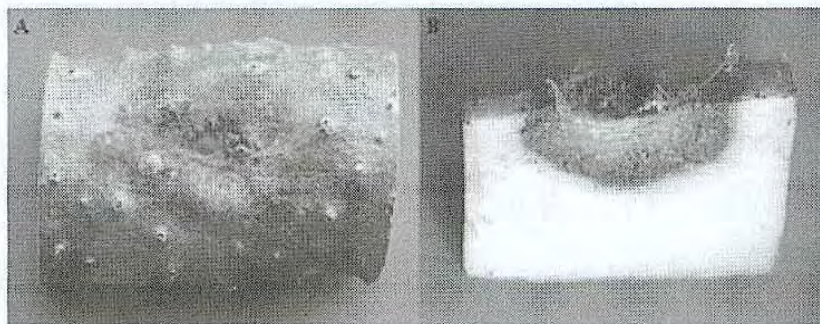


그림 7. *Botrytis* sp.에 의한 저장마의 젯빛곰팡이병. A; 마 피근에 형성된 병반 위의 균사 및 균핵, B; 감염 후 마 피근 내부의 썩음 증상

기타 마 괴근에 나타나는 곰팡이로는 수확과정에서 생긴 절단면이나 상처에 흑색의 균사를 형성하는 곰팡이(그림 8A)와 절단상처부위에 흰 솜털 같은 곰팡이가 자라는 증상(그림 8B)을 볼 수 있었으며 상처부위이외에 표피외부에 거미줄 같은 균사체를 형성하면서 자라는 곰팡이도 발견할 수 있었다. 이들은 상처부위가 아물면서 그 부위가 짙은 갈색으로 변하여 표면에 회색 혹은 흰색의 곰팡이층을 형성하고 있었다. 그러나 상처부위에서 자라지만 괴근의 내부로 침입하는 병원성을 보이거나 표피를 침입하여 썩음 증상과 같은 병징을 나타내지는 못하였다.

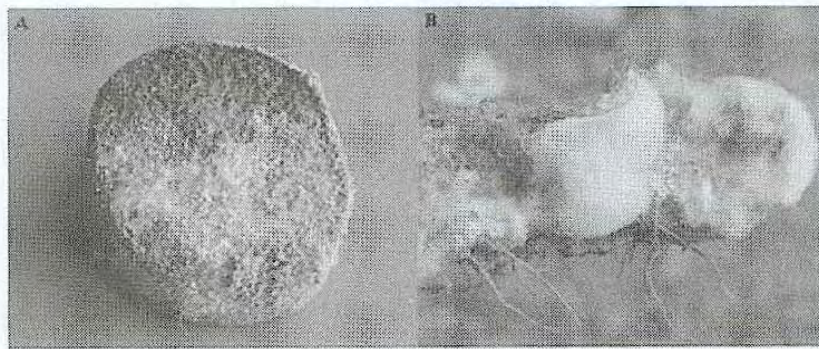


그림 8. 기타 마 괴근의 표면에서 자라는 곰팡이균사

마 저장과정에서 썩는 증상을 보이는 것 중에서 저장기간이 길어지면 흔하게 발견되는 병해는 *Penicillium* sp.나 *Fusarium* sp.에 의한 단일병원균에 의한 감염보다는 그림 9에서 보는 것과 같이 두 종류 이상의 곰팡이가 동시에 침해하는 복합감염에 의해 썩는 증상이었다. 복합감염의 주요 형태는 푸른곰팡이와 무름병균인 *Rhizopus* sp.에 의한 복합감염(그림 9A)과 *Fusarium* sp.와 *Rhizopus* sp.에 의한 복합감염(그림 9B)으로, 두 가지 경우 모두 하부층에 푸른곰팡이나 *Fusarium* sp.가 자라면서 그 위를 긴 털 모양의 *Rhizopus* sp.가 덮고 있는 형태였다. 이렇게 두 가지 이상의 곰팡이가 함께 침해한 괴근은 무름병 증상을 심하게 나타내었으며 썩은 조직에서 불쾌한 냄새가 심하게 나는 경우도 있었다. 이는 *Rhizopus* sp.가 감염된 후 세포벽과 같은 조직을 붕괴시키는 펙틴분해효소나 셀룰로오스 분해효소를 분비하여 무름병을 유발하여 이같은 증상을 나타내는 것으로 생각 된다. 병원성 검정을 위한 균 분리과정에서 이렇게 복합 감염된 부위에서는 병원성이 없는 곰팡이들도 여러 가지 분리되었다. 그 이유는 병원성이 강한 푸른곰팡이나 *Fusarium* sp., *Nectria* sp.가 침입하여

병반을 썩게 만든 후 저장창고내의 공기 중이나 마 괴근에 붙어서 들어온 토양에 존재하는 많은 부생균들이 함께 생육하기 때문으로 추정된다.

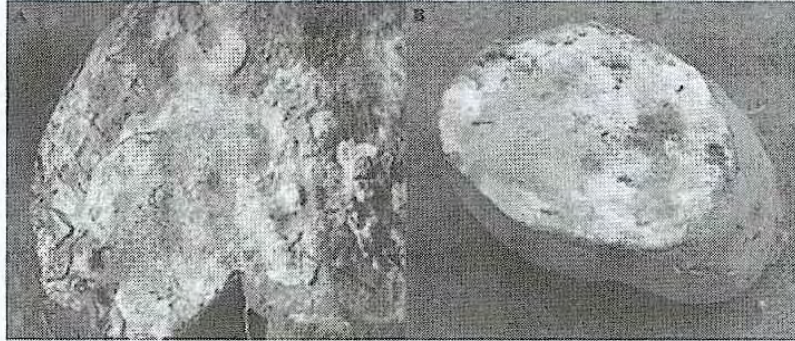


그림 9. 마 괴근의 곰팡이에 의한 복합감염 증상. A; 푸른곰팡이와 *Rhizopus* sp.의 복합감염, B; *Fusarium* sp.와 *Rhizopus* sp.의 복합감염

### 3. 병원균의 분리 및 병원성검정

마 저장과정에서 발생하는 썩음병징을 유발하는 병원균을 분리 동정하기 위하여 저장고내에서 물러져서 썩거나 마른상태의 썩음 증상을 나타내거나 상처부위와 표피에서 균사체를 형성하면서 자라는 균을 분리하여 PDA배지에 치상하여 20℃의 배양기에서 7일간 배양한 후 생육중인 균사의 말단부위를 다시 PDA배지로 옮겨서 10일간 배양하였다. 세척소독한 마 괴근을 5cm 크기로 자른 후 잘라진 단면에 배양한 곰팡이를 접종하여 15℃배양기에서 15일간 배양한 후 마 괴근의 단면에 형성된 병반의 크기와 괴근 내부로의 침해정도를 조사하였다.

표 4. 분리병원균의 병원성검정 (15°C, 15일간 배양)

병원균	발병 정도	병반크기	비고
<i>Fusarium</i> sp.	++	넓이 17.1±2.1mm, 깊이 9.6±1.7mm	
<i>Penicillium</i> sp.	+++	넓이 30.6±3.6mm, 깊이 27.2±1.5mm	
<i>Nectria</i> sp.	++	넓이 12.2±1.5mm, 깊이 7.5±1.5mm	
<i>Rhizopus</i> sp.	+	넓이 10mm, 깊이 5mm 이하	자체병원성 약함
<i>Botrytis</i> sp.	+	넓이 10mm, 깊이 5mm 이하	
<i>Aspergillus</i> sp.	+	넓이 10mm, 깊이 5mm 이하	
<i>Melanospora</i> sp.	-	-	25°C 병원성 有
<i>Schizophyllum</i> sp.	-	-	"

마 괴근의 썩음 정도에 따른 병원성을 검정한 결과 *Penicillium* sp.와 *Fusarium* sp., *Nectria* sp.에 의한 접종 후 병징이 최초 병징과 유사하게 나타나고 마 괴근의 썩음 정도가 심하여 병원성이 강한 것으로 조사되었고, *Rhizopus* sp.와 *Botrytis* sp., *Aspergillus* sp. 등의 병원균은 썩음 정도가 심하지 않았다. *Schizophyllum* sp., *Melanospora* sp.의 경우 접종 후 15°C에서 배양할 때는 접종부분에 곰팡이가 생육하기는 하지만 조직을 썩게 만드는 병원성이 거의 나타나지 않았다. 가장 강한 병원성을 나타내는 병원균은 *Penicillium* sp.으로 접종부위 전면에서 푸른색의 곰팡이가 자라면서 먼지 같은 분생포자를 형성하였다. 또한 곰팡이가 생육하는 주위에 조직이 수침상으로 변하였고, 내부 병징은 조직이 갈색으로 물러지고 썩으면서 표피부분까지 완전하게 썩는 증상을 나타내었다(그림 10B). 접종 후 15일 배양했을 때 병반 크기는 병반넓이 30.6±3.6mm, 병반깊이 27.2±1.5mm이었다.

*Fusarium* sp.와 *Nectria* sp.의 병징은 서로 비슷하게 조직내부가 짙은 갈색으로 변하면서 미감염부위에 연갈색의 색소층을 형성하고 있었다. 다만 *Fusarium* sp.에 의한 병반(그림 10C)이 *Nectria* sp.의 병반(그림 10D)에 비하여 좀더 크고 깊게 파인 형태를 나타내 *Fusarium* sp.의 병원성이 조금 더 강한 것으로 생각된다. 병반의 크기는 *Fusarium* sp.에 의한 병반은 넓이 17.1±2.1mm, 깊이 9.6±1.7mm 이었으며, *Nectria* sp.에 의한 병반은 넓이 12.2±1.5mm, 깊이 7.5±1.5mm 이었다.

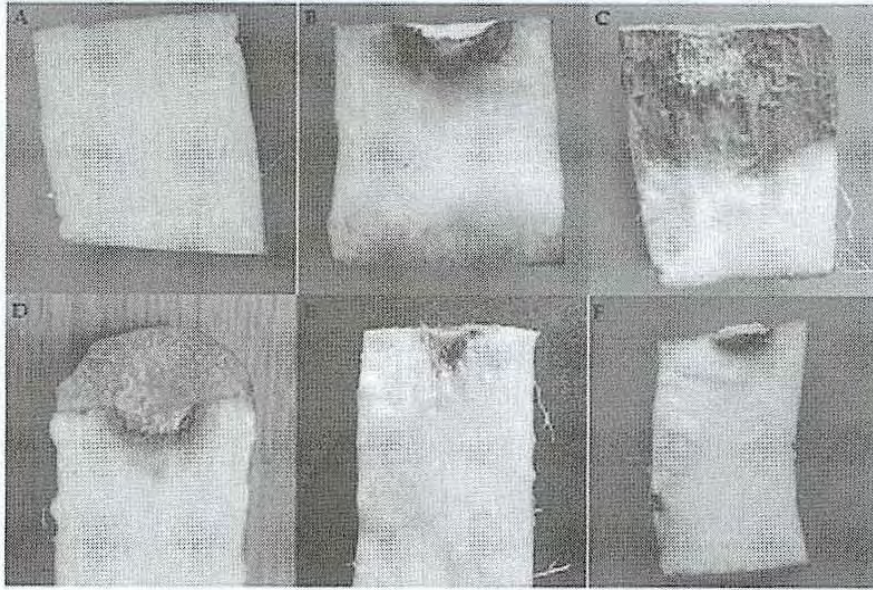


그림 10. 마 저장 중 괴근썩음병균에 대한 병원성검정(15℃, 10일간 배양). A; control, B; *Fusarium* sp.에 의한 마 괴근의 썩음병, C; *Penicillium* sp.에 의한 마 괴근의 썩음병, D; *Nectria* sp.에 의한 마 괴근의 썩음병, E; *Botrytis* sp.에 의한 마 괴근의 썩음병, F; *Aspergillus* sp.에 의한 마 괴근의 썩음병.

일반저장고에서 분리한 곰팡이 중 *Botrytis* sp.와 *Aspergillus* sp.가 15℃에서 인공 접종하여 병원성을 검정한 결과 마 괴근의 썩는 증상을 나타내었다. 두 병원균의 인공접종시 병반의 크기는 넓이 10mm, 깊이 5mm 이하였다. *Botrytis* sp.에 의한 병반은 주위에 수침상의 짙은 변색이 이루어지면서 내부 역시 갈색으로 썩었다(그림 10E). 균사가 자라는 표피부분에는 회색의 곰팡이가 자라면서 시간이 경과하면 검은색 부정형의 균핵까지 형성하였다. *Aspergillus* sp.에 의한 병징은 내부조직이 갈색으로 변하고 접종부위에 병원균이 자라면서 분생포자경을 형성하고 노란색의 분생포자를 만들었다(그림 10F). *Botrytis* sp.와 *Aspergillus* sp.는 5℃저온저장고에서 분리한 병원균 중에는 없었지만 10℃ 이상의 상온에 방치한 일반저장고에서는 발견되었으므로 출하 후 관리부분에 있어서 병원성을 나타내는 다른 곰팡이와 함께 고려해야 할 병원균이다.

저장고에서 심하게 무름병 증상을 나타내었던 *Rhizopus* sp.에 대한 병원성 검정에서는 단독으로 접종하였을 때는 발병정도가 약하거나 발병까지의 시간이 많이 소요되어 약한 병원성을 나타내었지만, *Penicillium* sp. 혹은 *Fusarium* sp.를 먼저 접종



하여 발병시킨 후 접종하거나 동시에 접종하였을 때는 다른 병원균에 비하여 썩음 정도가 심하게 나타났다. 이러한 결과는 *Rhizopus* sp.의 경우 자체 침입 병원성이 미약하여 단독 감염시 발병에 필요한 시간을 많이 필요로 하거나 타 병원균이 이미 기주와의 기생관계가 성립되어 썩음이 어느 정도 일어난 후 그 부위에 감염되어 정착한 후 무름병을 유발하는 효소를 분비하여 조직을 붕괴시키는 강한 병원성을 나타내는 것으로 생각된다.

병원성 곰팡이의 경우 생육조건 특히 생육온도에 영향을 많이 받으므로 저온저장고내의 저장온도인 5℃ 상태에서의 발병능력과 병원균의 생육최적 온도(약 25℃)에서의 생육할 때와 비교하여 발병능력에 차이가 있을 것이므로 이에 대해서도 고려되어야 할 것이다. 토양내 부생균으로 존재하는 *Melanospora* sp.와 치마버섯류인 *Schizophyllum* sp.에 의한 병원성 검정에서는 15℃ 배양시에는 병원성이 없는 것으로 조사되었다. 그러나 20℃ 이상의 온도에서 방치하였을 경우 약하게나마 썩는 병징을 유발하는 것으로 보아 병원균의 생육적온에 가까우면 부생적인 병원성을 발현할 수 있는 잠재력을 보유한 것으로 생각된다. 그러므로 저온저장고내에서는 생육이 미약하지만 출하 후 수송과정이나 판매과정에서 온도가 저온저장고보다는 높을 때에는 주의를 기울여야 할 것으로 생각된다.

#### 4. 분리병원균의 동정

##### 가. *Fusarium* sp.의 동정

썩은 마 괴경에서 분리한 *Fusarium* sp.는 길고 격막이 있는 분생포자경을 형성하고 있었으며(그림 11A), PDA배지에서 생육시 특별한 색소의 분비는 없었고 균사체는 흰색을 띄고 있었다. 낫끝형의 대형분생포자와 타원형의 소형분생포자를 모두 가지고 있었으며, 단포자인 소형분생포자의 크기는  $13.54 \times 3.9(\pm 1.5)\mu\text{m}$ 이었고, 격막이 여러 개인 대형분생포자의 크기는  $41.32 \times 5.86(\pm 10.6)\mu\text{m}$ 이었다(그림 11B). 대형분생포자의 경우 격막의 수에 따라 포자의 크기가 많은 차이를 보였다. 분생포자경은 격막이 2~3개 있으며 길이는 평균  $95.7\mu\text{m}$  정도였다. 이 균의 rRNA 염기서열을 분석하여 비교한 결과 *Fusarium oxysporum*와 99%의 상동성을 보였다. 또한 *F. tricinctum* 2종을 안동과 진주 마 저장고에서 분리·동정하였다.

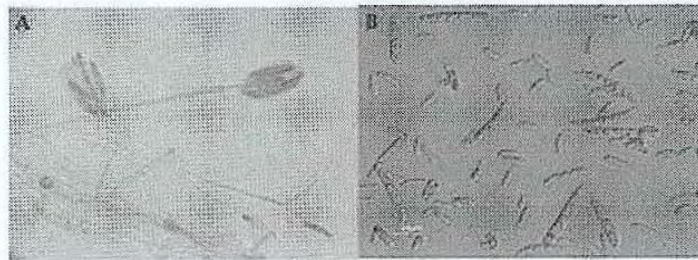


그림 11. *Fusarium oxysporum*의 형태적 특징. A; 분생포자경과 그 위의 분생포자, B; 소형분생포자와 대형분생포자

##### 나. *Penicillium* sp.의 동정

마 괴경에서 분리한 *Penicillium* sp.의 형태적 특징은 그림 12에서 보는 바와 같다. 분생포자는 분생포자경위에 분생포자형성세포인 모세포가 형성되며(그림 12A), 그 위에 기증분생포자가 염주상으로 수십 개씩 연속해서 형성되었다(그림 12B). 분생포자의 크기는  $3.04 \times 3.0\mu\text{m}$  정도였다. 이 푸른곰팡이균의 rRNA 염기서열을 분석하여 상동성을 비교한 동정에서 *Penicillium polonicum*과 100% 일치하는 것으로 나타났다. 또한 *P. aurantiogriseum*와 *P. verrucosum*, *P. giseofulvum*, *P. sclerotigenum*이 안동과 진주 마 저장고에서 분리·동정되었다..

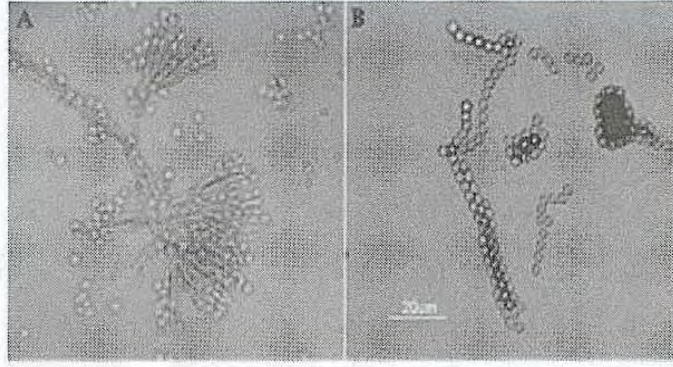


그림 12. *Penicillium polonicum*의 형태적 특징. A; *P. polonicum*의 분생포자경과 모세포, B; *P. polonicum*의 염주상의 분생포자.

#### 다. *Nectria* sp.의 동정

마의 썩은 괴경부위에서 분리한 *Nectria* sp.의 rRNA 염기서열을 비교한 결과 *Fusarium solani*의 유성세대인 *Nectria haematococca*와 100% 일치하는 것으로 동정되었다. *N. haematococca*의 형태적 특성은 균사의 선단이나 격막사이에 구형 혹은 타원형 후막포자가 단일형과 2개가 붙은 접촉형태로 되어 있으며, 주위에는 작은 돌기들이 형성되어 있었다. 단일형 후막포자는 대부분 구형으로 그 크기는 지름이  $10.34\mu\text{m}$  정도였다. 두개가 붙은 타원형의 경우  $18.57 \times 10.5\mu\text{m}$  정도였다(그림 13A). *N. haematococca*의 분생포자는 장타원형의 단포자 혹은 2포자로 그 크기는  $12.94 \times 4.28\mu\text{m}$  이었다(그림 13B). PDA 배지 상에서 자낭포자는 발견할 수 없었다.

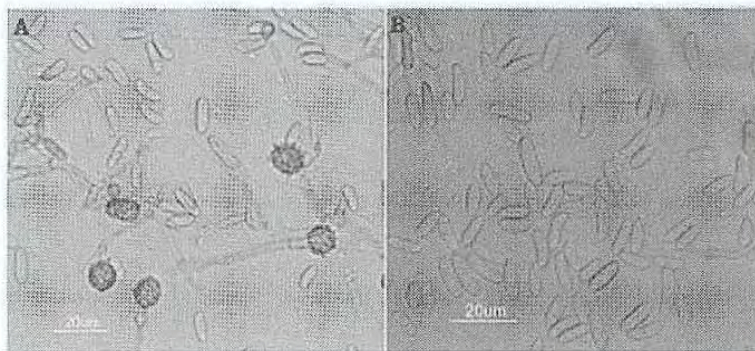


그림 13. *Nectria hamatococca*의 형태적 특징. A; *N. hamatococca*의 후막포자, B; *N. hamatococca*의 분생포자.

#### 라. *Rhizopus* sp.의 동정

무름병 증상을 유발하는 *Rhizopus* sp.의 균학적 특징은 그림 14에서 보는 바와 같다. 상처의 표면에서 자라는 균사는 포복균사와 가근을 형성하여 다른 부분으로 확장하며 긴 포자낭경을 형성하고 그 끝에 검고 둥근 모양의 포자낭을 형성하였다(그림 14A). 포자낭에는 구형의 작은 포자낭포자를 가지고 있으며, 그 포자의 크기는 직경이  $7.4\mu\text{m}$  정도였고, 포자낭의 표피가 터지면서 포자가 공기 중에 비산하였다(그림 14B).

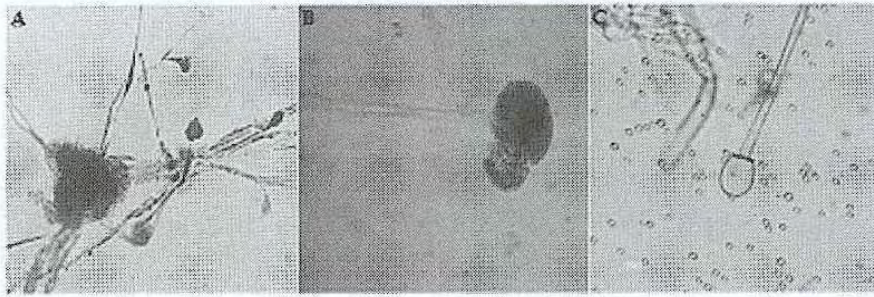


그림 14. *Rhizopus* sp.의 형태적 특징. A; 균사 및 포자낭경, B; 포자낭, C; 포자낭축과 포자낭포자.

#### 마. *Botrytis* sp.의 동정

상온에서 저장시 썩음병을 유발하는 잿빛곰팡이병원균이라 불리는 *Botrytis* sp.는 연회색 혹은 연갈색의 균사를 형성하고 있으며, 균사의 끝부분에 나뭇가지와 같은 짧은 분생포자경을 형성하고 그 위에 타원형의 분생포자가 형성되었다(그림 15A). 유리된 타원형의 분생포자는 구형 또는 타원형으로 한쪽에 균사체로부터 떨어져 나올 때 생긴 흔적을 볼 수 있으며 그 크기는  $10.6 \times 8.5\mu\text{m}$ 였다(그림 15B). 이렇게 분생포자의 크기와 형태 균사 및 분생포자경 등 균학적 특성을 조사한 결과 *Botrytis cinerea*로 동정되었다.

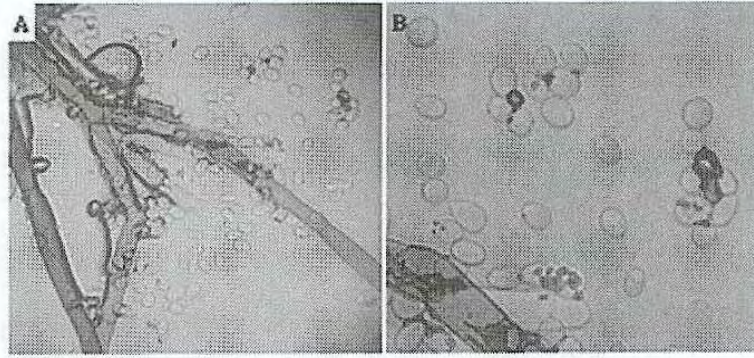


그림 15. *Botrytis* sp.의 형태적 특징. A; *Botrytis* sp.의 균사와 분생포자경, B; *Botrytis* sp.의 분생포자

#### 바. *Aspergillus* sp.의 동정

상온저장고에서 마 괴근의 썩음병 병징에서 분리한 *Aspergillus* sp.는 PDA배지에서 흰색의 균사를 형성하며 이후 짧은 분생포자경을 내고 그 위에 노란색의 분생포자를 형성하였다(그림 16). 분생포자의 형성은 균사에서 발달한 분생포자경 위에 반구형의 분생포자구를 형성하고, 그 끝부분에 단지형의 분생포자형성세포(모세포)를 형성하고 짧은 연쇄상으로 작은 구형의 분생포자를 형성하였다. 배지에서와 마찬가지로 썩음 부위의 병반에서도 황색의 분생포자를 형성하고 있었다(그림 16).

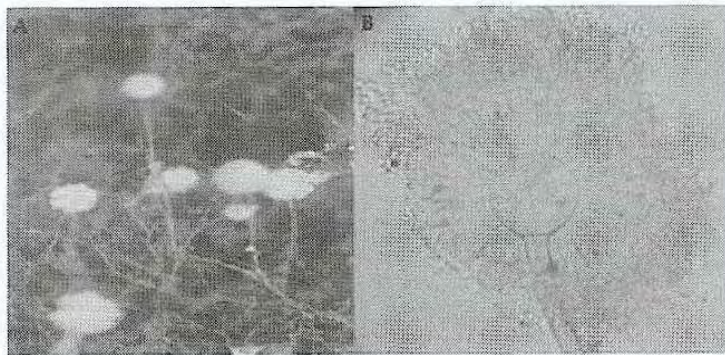


그림 16. *Aspergillus* sp.의 형태적 특징. A; *Aspergillus* sp.의 균사와 분생포자경, B; *Aspergillus* sp.의 분생포자경과 분생포자.

#### 사. *Melanospora* sp.의 동정

부생적으로 존재하는 *Melanospora* sp.는 15°C에서의 병원성 검정에서는 병원성을

나타내지 않았지만 25℃에서는 약하나마 병원성을 나타내었다. *Melanospora* sp.는 20℃이상의 PDA배지에서 빠른 성장을 보였으며, 배양 10일후에는 균사사이에서 흑색의 구형 자낭포자구를 형성하였고 그 크기는 직경이  $174.9 \pm 16.5 \mu\text{m}$ 였다(그림 17A). 자낭구내부에는 타원형의 자낭을 많이 가지고 있었으며 자낭의 내부에는 8개의 자낭포자를 가지고 있었다. 자낭의 크기는  $29.2(\pm 2.3) \times 17.9(\pm 0.8) \mu\text{m}$ 였다(그림 17B). 자낭내부에 있는 자낭포자는 타원형으로 양끝이 뾰족한 럭비공형태였고 크기는  $12.9 \times 7.8 \mu\text{m}(\pm 0.8)$ 였다(그림 17C).

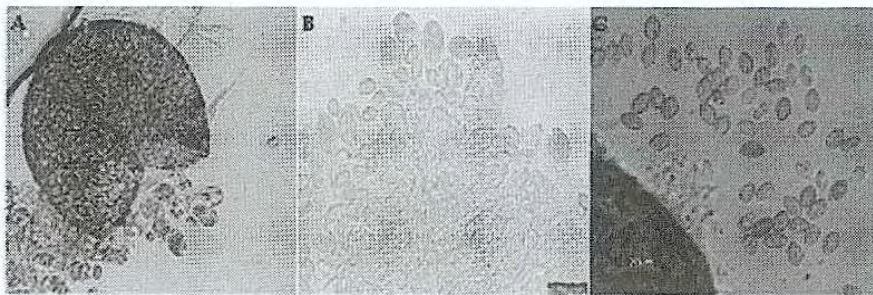


그림 17. *Melanospora* sp.의 형태적 특징. A; *Melanospora* sp.의 자낭구, B; *Melanospora* sp.의 자낭구에서 분출된 자낭, C; *Melanospora* sp.의 자낭포자

#### 사. 분리 곰팡이 ITS 유전자 등록

안동과 진주 마 저장고에서 총 21종의 곰팡이를 분리하여 그중 19종에 대한 internal transcribed spacer 1, 5.8S ribosomal RNA gene, internal transcribed spacer 2의 유전자 염기서열을 분석하고 농업생명공학연구원 NABIC 시스템에 염기서열을 등록하였다.

표 5. 마 저장에서 분리된 곰팡이 ITS 유전자 등록

NABIC 접근번호	등록 유전자 내역	등록날짜
NABIC:000000001	<i>Fusarium tricinctum</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000002	<i>Penicillium aurantiogriseum</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000003	<i>Alternaria</i> sp. ITS	2007-04-12
NABIC:000000004	<i>Rhizopus</i> sp. ITS	2007-04-12
NABIC:000000005	<i>Penicillium verrucosum</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000006	<i>Alternaria</i> sp. ITS	2007-04-12
NABIC:000000007	<i>Schizophyllum commune</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000008	<i>Fusarium oxysporum</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000009	<i>Penicillium polonicum</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000010	<i>Nectria haematococca</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000011	<i>Penicillium griseofulvum</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000012	<i>Fusarium tricinctum</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000013	<i>Penicillium polonicum</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000014	<i>Penicillium sclerotigenum</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000015	<i>Mucor racemosus</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000016	<i>Aspergillus ochraceus</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000017	<i>Penicillium aurantiogriseum</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000018	<i>Epicoccum nigrum</i> ITS	2007-04-12
NABIC:000000019	<i>Botryotinia fuckeliana</i> ITS	2007-04-13

## 5. 병원균의 점염경로

마를 저장하고 있는 저장고내의 곰팡이 분포여부를 알아보기 위해 생물자원연구소의 저온저장고에 PDA배지를 1시간 방치하여 공기 중의 곰팡이포자를 채집하여 배양하였다. 5℃저장고에서는 대부분이 *Penicillium* sp.이었고, 10℃저장고에서는 *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. 및 *Botrytis* sp.가 분리되었다. 재배토양 중의 곰팡이 존재여부는, 재배토양을 채취하여 희석수로 희석한 다음 PDA배지에 배양하여 확인하였다. 토양에서는 *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Nectria* sp., *Rhizopus* sp., 및 역병균 등이 검출되었다. 따라서 *Fusarium* sp., *Nectria* sp., 및 *Rhizopus* sp. 등의 곰팡이는 수확과정에서 토양으로부터 전염원을 가지고 저장되거나, *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. 및 *Botrytis* sp. 등은 수확과정과 저장 중에 공기 중에 비산되어 있는 포자체에 의한 감염으로 생각된다.

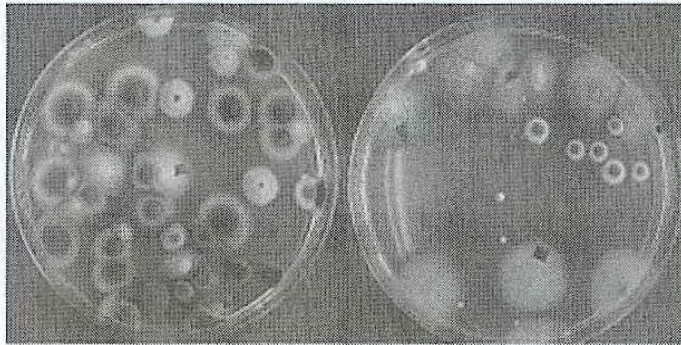


그림 18. 마 저장고내 공기 중의 병원균 검출.

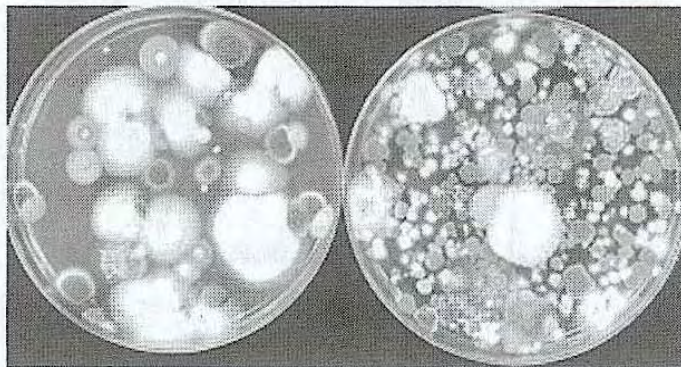


그림 19. 마 재배 토양 중의 병원균 검출



## 6. 부패 원인균의 방제약제 선발

마의 부패를 일으키는 곰팡이의 방제에 적합한 약제를 선발하기 위하여 식물체를 이용한 검정을 수행하였다. 검정에 사용한 식물체로는 30-40mm 굵기의 마의 괴근을 수세한 후 1% NaOCl 용액에 10분간 소독한 후 멸균수로 세척하고 40mm의 길이로 절단하여 사용하였다. 시험약제로는 Difenoconazlo, Propineb, Bitertanol, Trifloxystrobin, Fenarimol, Tebuconazole, Azocystrobin, Iminoctadine triacetate, Iminoctadine tris(albesilate)을 사용하였으며, 이들 약제를 1000배액으로 희석하여 균접종 전과 균접종 후에 각각 침지처리하였다(그림 20).

약제처리에 의한 부패원인 곰팡이균의 방제효과는 표 6, 7과 같다. 이 실험에서 사용한 5종의 균에 대해서 처리시기와 관계없이 우수한 방제효과를 보인 약제는 Tebuconazole이었으며, 균접종 후 방제효과를 보인 약제는 Propineb과 Trifloxystrobin이었고, 균접종 전에 예방적으로 처리한 경우에는 Difenoconazlo, Azocystrobin 및 Iminoctadine tris(albesilate)이 효과적이었다. *Fusarium* sp.는 약제를 처리하기 전에 뿌리에 접종하였을 경우에는 방제가 잘 안되었으나 균접종 전에 예방적으로 처리하였을 경우 이 실험에서 사용약제로 방제가 가능하였다. *Nectria* sp.는 균접종 전처리보다 균접종 후처리에서 방제효과가 더 높게 나타났다.

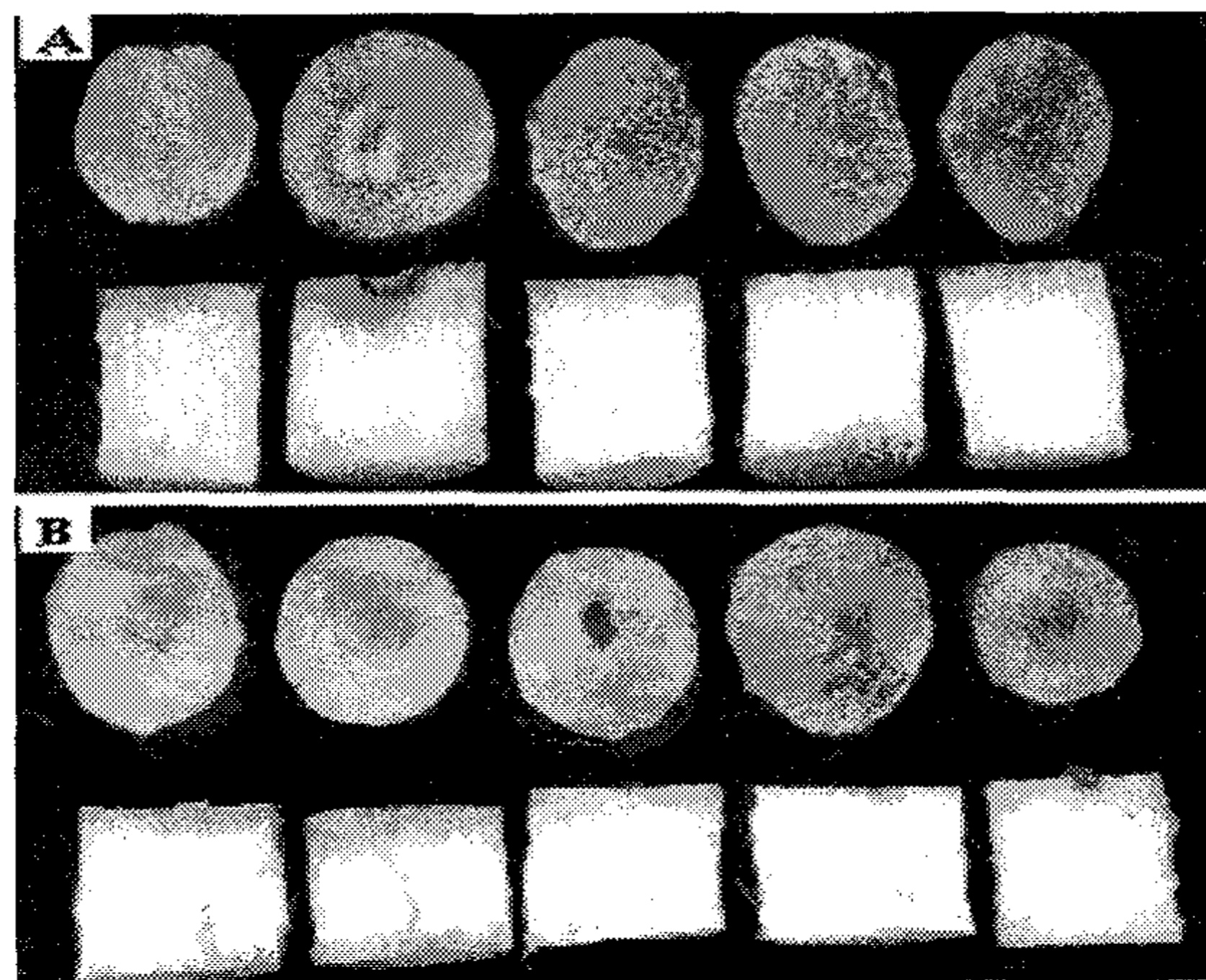


그림 20. 마에서 분리한 균의 약제방제를 위한 식물체 검정. A; 균접종 후 약제처리, B; 약제처리후 균접종. 왼쪽부터 *Schizophyllum* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Melanospora* sp., *Nectria* sp.를 접종하여 실온에서 검정.

표 6. 균접종 후 약제처리에 의한 방제효과.

약 제	방제율(%)				
	<i>Schizophyllum</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Melanospora</i> sp.	<i>Nectria</i> sp.
Difenoconazlo	100	49	39	100	100
Propineb	100	100	100	100	100
Bitertanol	100	56	100	100	100
Trifloxystrobin	100	100	100	100	100
Fenarimol	100	62	100	100	100
Tebuconazole	100	100	100	100	100
Azocystrobin	100	37	100	100	100
Iminoctadine triacetate	100	36	40	100	100
Iminoctadine tris(albesilate)	100	60	100	100	38

표 7. 균접종 전 약제침지처리에 의한 방제효과.

약 제	방제율(%)				
	<i>Schizophyllum</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.	<i>Melanospora</i> sp.	<i>Nectria</i> sp.
Difenoconazlo	100	100	100	100	100
Propineb	100	100	100	0	100
Bitertanol	100	100	100	100	68
Trifloxystrobin	100	100	100	100	67
Fenarimol	100	100	100	100	66
Tebuconazole	100	100	100	100	100
Azocystrobin	100	100	100	100	100
Iminoctadine triacetate	0	100	100	100	0
Iminoctadine tris(albesilate)	100	100	100	100	100

## 7. 세척마의 포장 및 저장방법

세척마의 필름포장 후 저장온도에 따른 제품의 저장기간을 비교하였다. 원료마를 지하수로 수세한 다음 멸균수로 헹구었으며 물기를 제거한 후에 필름포장을 하였다. 진공포장한 마는 발효 등에 의한 가스발생이 제품의 품질을 떨어뜨리는 가장 큰 결점이었으며, 두께 0.03mm인 PE필름 포장에서는 절단면이 갈변하는 것과 표면에 발생하는 곰팡이가 4주 이상의 장기저장을 어렵게 하는 요인이었다. 곰팡이의 발생은 마의 표면이 거칠고 상처가 난 것일수록 발생정도가 심하였으며, 표면이 매끄럽고 상처가 없는 것은 곰팡이가 거의 발생하지 않는 경향이었다. 곰팡이의 발생을 억제하기 위하여 염소수에 소독하여 필름에 포장할 경우 개봉 후에 잔존한 염소수의 냄새가 발생하여 품질을 떨어뜨리는 요인으로 작용하였다. 진공포장하여 4℃에 저장하면 다른 저장온도보다 제품을 비교적 안전하게 4주까지 저장할 수 있었으며, PE필름에 포장한 것은 절단면이 갈변하는 단점은 있으나 2주간 곰팡이의 발생없이 저장이 가능하였다. 10℃에 진공포장하여 저장한 경우 4주부터 포장내부에 가스가 발생하였으며 8주부터는 급격히 증가하는 경향이었다. PE필름포장하여 10℃에 저장한 것은 4주부터 곰팡이의 발생이 심하였다. 세척마의 저장에는 진공포장이 PE필름포장보다 우수하였으며, 저온일수록 절단면의 갈변, 포장지내의 가스발생 및 곰팡이의 발생이 억제되었다. 따라서 세척마를 진공포장하면 4℃에서는 4주 이상, 10℃에서는 2주까지 유통이 가능할 것으로 생각되며, PE필름포장은 10℃이하에서 1주간 유통이 가능할 것으로 판단되었다.

표 8. 세척마의 포장방법 및 저장온도별 가스발생 반응.

저장온도	포장방법	발생율 (%)			
		처리후 1주	처리후 2주	처리후 4주	처리후 8주
4℃	진공	0	0	0	7
	0.03mm PE필름	0	0	2	0
10℃	진공	0	0	7	64
	0.03mm PE필름	0	0	0	0
25℃	진공	7	13	53	100
	0.03mm PE필름	73	87	100	100

표 9. 세척마의 포장방법 및 저장온도별 절단면의 갈변 반응.

저장온도	포장방법	발생율 (%)			
		처리후 1주	처리후 2주	처리후 4주	처리후 8주
4℃	진공	0	0	0	7
	0.03mm PE필름	4	29	49	47
10℃	진공	0	0	0	64
	0.03mm PE필름	7	53	100	100
25℃	진공	0	0	0	7
	0.03mm PE필름	60	73	100	100

표 10. 세척마의 포장방법 및 저장온도별 곰팡이 발생율.

저장온도	포장방법	발생율 (%)			
		처리후 1주	처리후 2주	처리후 4주	처리후 8주
4℃	진공	0	0	0	0
	0.03mm PE필름	0	0	16	56
10℃	진공	0	0	0	0
	0.03mm PE필름	0	0	53	100
25℃	진공	0	0	7	0
	0.03mm PE필름	13	13	93	100

표 11. 세척마의 포장방법 및 저장온도별 부패 발생율.

저장온도	포장방법	발생율 (%)			
		처리후 1주	처리후 2주	처리후 4주	처리후 8주
4℃	진공	0	0	0	2
	0.03mm PE필름	0	0	0	0
10℃	진공	0	0	0	0
	0.03mm PE필름	0	0	0	0
25℃	진공	0	0	0	7
	0.03mm PE필름	0	0	0	0

## 8. 마 분리 곰팡이의 독소 분석

마 부패부위에서 분리한 *Botrytis* sp., *Botryotinia fuckelianna*, *Penicillium griseofulvum*, *Fusarium tricinctum*, *Penicillium polonicum*, *Penicillium sclerotigenum*, *Mucor racemosus*, *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium aurantiogriseum*, *Epicoccum nigrum*, *Fusarium tricinctum*, *Alternaria* sp., *Rhizopus* sp., *Penicillium verrucosum*, *Schizophyllum commune*, *Fusarium oxysporum*, *Nectria haematococca*, *Melanospora* sp. 18종에 대한 곰팡이 독소생성 유무 확인을 위하여 AgroQuant<sup>®</sup>(Romer사) test kit을 사용하여 검사하였다.

Aflatoxins, Deoxynivalenol, Zearalenone, Ochratoxin 4종의 독소에 대하여 18종의 곰팡이를 껍질이 제거된 마에 접종한 후 1주일 정도 배양한 다음 병반이 있는 부위에서 시료를 채취하여 3반복으로 제조사에서 제공하는 방법에 따라 competitive ELISA를 수행한 결과 모든 시료에서 음성으로 나타나서 마에 발생하는 곰팡이에 의한 독소생성의 위험성은 없는 것으로 판단되었다.

## 9. 생마 세척방법

겉질을 제거한 생마의 세척을 위한 세척방법 확립을 위하여 적정 세척공정 및 세척제 처리농도, 보존온도에 대한 연구를 수행하였다. 세척공정은 마를 수돗물로 수세한 다음 겉질을 제거한 후 소독액(NaOCl용액 200ppm, 600ppm)에 5분 정도 침지 처리한 다음 또는 그대로 멸균수로 3~4회 세척한 후 5분 정도 건조시킨 것을 진공 포장하여 4, 10, 25℃에서 3주간 보존하면서 품질변화를 조사하였다(표 12).

표 12. 소독액 처리 및 저장온도에 따른 거피 생마의 총균수 변화

경과주수	0	1	2	3
무소독 4℃	$1 \times 10^4$	$5.2 \times 10^6$	$4.8 \times 10^7$	$2.6 \times 10^7$
무소독 10℃	$1 \times 10^4$	$1.2 \times 10^7$	$3.2 \times 10^7$	$2.7 \times 10^7$
무소독 25℃	$1 \times 10^4$	$8.3 \times 10^6$	$1.3 \times 10^8$	$1.1 \times 10^8$
NaOCl 200ppm 4℃	$5.7 \times 10^2$	$7.6 \times 10^4$	$3.7 \times 10^6$	$1.1 \times 10^7$
NaOCl 200ppm 10℃	$5.7 \times 10^2$	$3.1 \times 10^5$	$2.3 \times 10^6$	$1.4 \times 10^6$
NaOCl 200ppm 25℃	$5.7 \times 10^2$	$5.8 \times 10^5$	$8.7 \times 10^7$	$6.9 \times 10^7$
NaOCl 600ppm 4℃	$7 \times 10$	$2.5 \times 10^3$	$4.3 \times 10^4$	$6.6 \times 10^4$
NaOCl 600ppm 10℃	$7 \times 10$	$2.0 \times 10^5$	$3.1 \times 10^5$	$3.1 \times 10^5$
NaOCl 600ppm 25℃	$7 \times 10$	$3.6 \times 10^5$	$1.2 \times 10^6$	$6.8 \times 10^7$

거피생마는 미생물이 번식하기 쉬운 상태로 총균수  $10^4$  이하로 유지시키기 위해선 NaOCl 600ppm으로 소독하여 4℃에서 1주 정도 가능한 것으로 판단된다. 육안으로 식별가능한 부패정도는 4℃ 처리구 모두에서 없었고 10℃에선 NaOCl 소독 처리구에 선 확인할 수 없었다. 또한 육안으로 식별 가능한 gas발생 변화도 부패율 변화와 비슷한 경향을 보여 4℃ 처리구에선 4주 까지 관찰할 수 없었다(그림 21, 22).

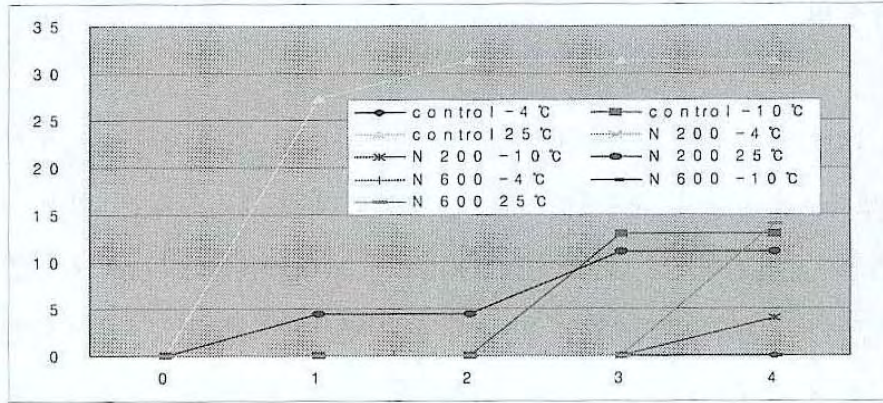


그림 21. 소독액 농도 및 저장온도에 따른 거피 생마의 부패율(%)

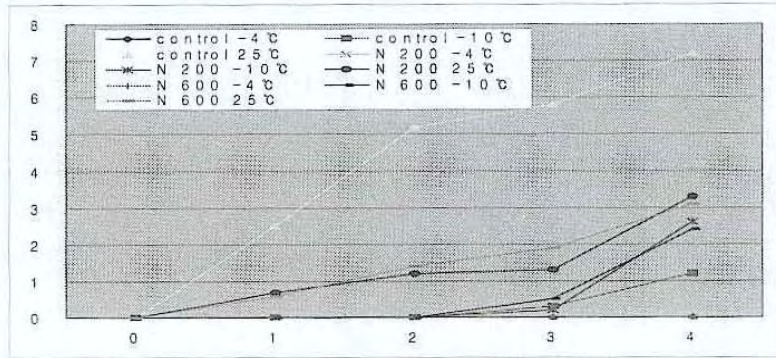


그림 22. 소독액 농도 및 저장온도에 따른 거피 생마의 gas 발생(0-9)

## 10. 생마 호흡율 분석

생마의 호흡율을 분석하기 위하여 수확 후 2일 경과한 마를 세척, 건조한 다음 밀폐용기에 담아 저장 온도별로 저장고에 입고한 후에 온도별로 개방 저장하면서 1시간 용기를 밀폐하여 가스를 채취하여 CO<sub>2</sub>농도를 측정하였다(그림 23).

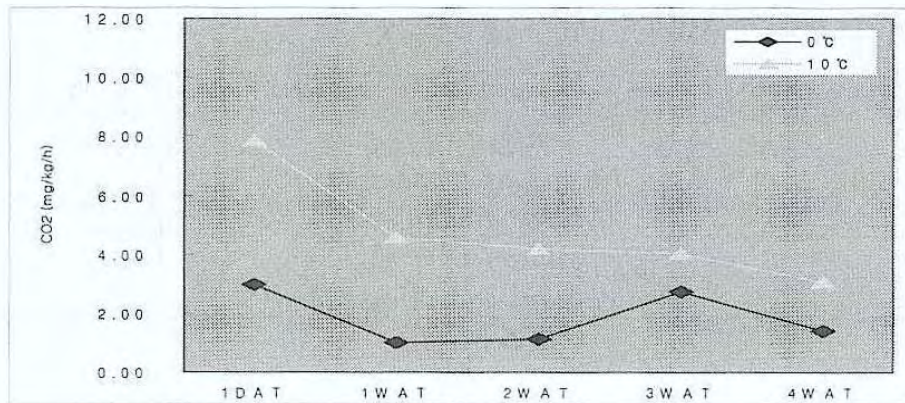


그림 23. 생마의 저장온도에 따른 호흡율 변화

생마를 0°C에 저장할 경우 저장 1일째 CO<sub>2</sub>농도는 2.96mg/kg/hr에서 저장일수가 증가함에 따라 감소하여 4주째 1.42mg/kg/hr까지 낮아졌고 10°C에 저장된 생마의 CO<sub>2</sub>농도는 저장 1일째 7.84mg/kg/hr에서 저장 4주째 3.06mg/kg/hr로 감소하였다.

수확 후의 호흡량, 즉 생체 1kg이 1시간 동안 배출하는 CO<sub>2</sub>의 mg수는 생체의 종류 및 품종, 속도, 저장환경 조건 등에 따라 다른데 대체로 생장이 왕성하고 저장력이 약한 것, 즉 식물의 영양체가 바로 수확의 대상이 되는 엽채류의 호흡량은 저장기관이 대상인 근채류에 비하여 훨씬 크고 과채류는 중간 정도이다. 수확 후 저장기간 중의 호흡량의 변화추세는 종류에 따라 큰 차이가 있으며, 각기 어느 일수가 지나면 대체로 안정된다. 수확 직후의 호흡량이 대단히 많은 것은 수확작업에 따른 상처와 수확시의 품온에 기인하는 것으로 생각된다.

생마의 호흡량은 10°C 1일 저장 후 CO<sub>2</sub>농도는 7.84mg/kg/hr으로 도라지 10°C에서의 초기 호흡속도 25mg/kg/hr, yam bean (*Pachyrrhizus erosus* L. Urb) 12.5°C에서의 호흡속도 15 ~ 28mg/kg/hr 보다 낮아 상대적으로 저장성이 강한 것으로 판단된다.



## 11. 마 저장병해의 경감대책 및 생물방제균 선발

마 장기 저장 중에 발생하는 병해의 피해 경감과 생물방제균 선발을 위한 시험을 위하여 저장병해를 유발하는 병원균 중 병원성이 강한 6균주를 대상(표 13)으로 관행저장방법의 개선과 생물적 방제를 위한 길항균 선발 시험을 수행하였다.

표 13. 마 저장 중에 발생하는 병원균 및 병원성

선발병원균주	병원균명	병원성정도*
Ma2	<i>Fusarium oxysporum</i>	++
GR1-2	<i>Fusarium tricinctum</i>	+++
#12	<i>Mucor racemosus</i>	+++
#15-3	<i>Penicillium verrucosum</i>	++
#20	<i>Penicillium sclerotigriseum</i>	+++
#21	<i>Botrytis</i> sp.	++

\* -:없음, +:약, ++:중, +++:강

시험에 사용된 균주는 25℃, PDA배지에서 10일간 배양하여 각 시험에 사용하였다. 관행저장방법의 개선을 위하여 저장온도를 0℃, 5℃, 10℃로 설정하였고, 수확 후 저장방법은 농가의 관행대로 비닐봉지로 밀봉한 것과 개봉된 상태에서의 저장, 세척 후 밀봉, 세척 후 개봉, 유향훈증, 농약침지 등의 방법을 이용하였다.

저장병원균에 대한 길항균 선발을 위하여 국내에서 생물방제균으로 상용시판 되는 균주와 마 토양 및 표면에서 분리한 균주를 사용하였다(표 14). 분리한 길항균은 PDA +NA배지에서 25℃, 7일간 배양하여 사용하였다.

표 14. 저장병원균에 대한 길항균선발에 사용된 균주

시판균주 및 분리균주	균주명	비고
페니트리콤	<i>Paenibacillus polymyxa</i> + <i>Trichoderma viride</i>	남보
락토-엔자임	<i>Lactobacillus acidophilus</i> + <i>Saccharomyces cerevisiae</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	서울환경산업
Biontech	<i>Bacillus subtilis</i> Y1336	농우
에코제트	<i>Bacillus subtilis</i> QST-713	동부한농
자체분리균주	<i>Bacillus</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp. 10종	마토양 및 표면

분리한 길항균의 길항력 검정은 PDA+NA 배지에서 병원균과 등치배양하여 길항력을 조사하였고, 길항균 추출물의 길항력 검정은 PDA배지에 paper disc(8mm, Advantec.)를 놓고 병원균 포자와 균사를 접종하여 포자발아 및 균사생장 억제력을 조사하였다.

**가. 상용 미생물제제의 항균활성 test 결과 (25℃, 10days, upon plate)**

상용미생물제제의 마 저장 중 부패를 유발하는 병원균에 대한 항균활성효과는 표 5에서 보는 바와 같다. PDA배지 상에서 병원균과 길항균을 등치배양하여 각 병원균에 대한 항진균 활성를 조사한 결과는 Biontech(농우)의 균주인 *B. subtilis* Y1336가 #15-3(*Penicillium* sp.), Ma 2(*Fusarium* sp.), #12(*Mucor* sp.), #21(*Botrytis* sp.)균주에 대한 길항력이 우수하게 나타났다.

표 15. 상용미생물제제의 마저장 중 부패를 유발하는 병원균에 대한 항균활성효과\*

미생물제제 병원균	페니-트리콧	락토-엔자임	Biontech(B-T)	에코제트(Eco-z)
#15-3	+	+	+++	++
#20	+	-	+	+
Ma2	+	-	+++	++
GR1-2	++	-	+	++
#12	++	+	+++	++
#21	++	+	+++	++

\* -:없음, +:약, ++:중, +++:강

표 16. 마 분리 세균의 마저장 중 부패 유발 병원균에 대한 항진균 활성\*

분리균주 병원균	YAM2**	YAM5	YAM6	YAM8
#15-3	+	-	-	-
#20	++	-	-	-
Ma2	+++	-	-	-
GR1-2	+++	-	-	-
#12	+++	-	-	-
#21	+++	-	-	-

\* -:없음, +:약, ++:중, +++:강

\*\* YAM2 : *Pseudomonas cepacia*, YAM5-- *Acinetobacter iwoffii*, YAM6 : *Brevibacillus brevis*, YAM8 : *Stenotrophomonas maltophilia*

마 표면에서 분리한 4가지 균주의 항균활성 시험을 PDA+NA배지에서 25℃, 10일간 등치배양하면서 병원균의 균사신장을 억제하는 효과를 검정하였다(표16). 마표면에서 분리된 균주들 중 YAM2(*Pseudomonas cepacia*)이 Ma2, GR1-2, #12, #21 병원균에 대해 높은 항균활성을 나타내었다 그러나 *Penicillium* 속인 #15-3과 #20균주에 대한 항균활성은 낮았다. 다른 분리균주는 병원균에 대한 항균활성을 나타내지 않았다.

나. 마 토양에서 분리한 세균의 항진균 활성(25℃, 10days, upon plate)

표 17. 마 토양에서 분리한 세균의 부패병원균에 대한 항진균 활성\*

분리균주 병원균	P-1	P-3	P-4	P-5	P-7	P-8	P-9	P-11	P-15
#15-3	++	++	+++	++	++	++	+	+	+
#20	+	+	++	++	+	+	+	+	+
Ma2	+++	+++	++	+++	++	++	+++	++	++
GR1-2	+++	++	+++	+++	+	++	++	+	++
#12	+++	++	++	++	+	+	++	+	++
#21	++	++	++	++	+	+	++	+	+

\* -:없음, +:약, ++:중, +++:강.

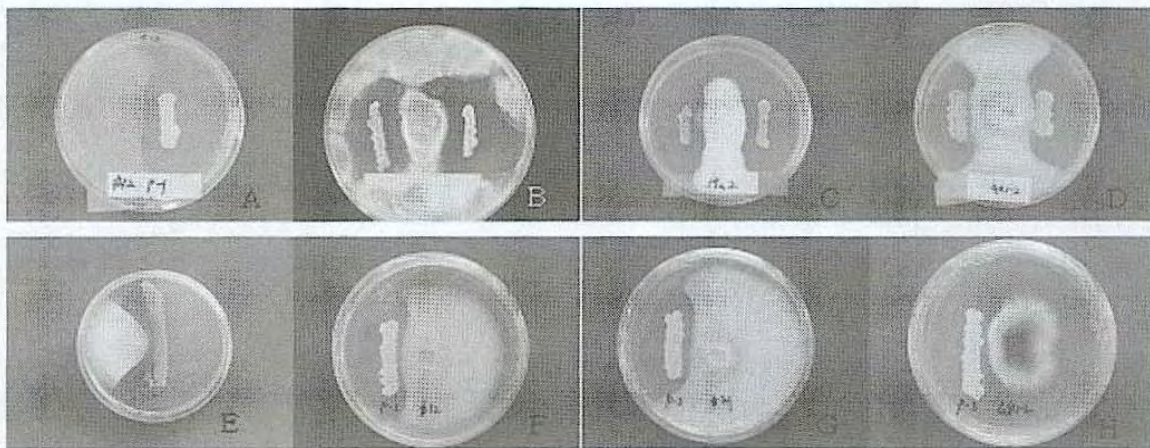


그림 24. 마 토양에서 분리한 세균의 부패병원균에 대한 항진균 활성. A; P-1:#12, B; P-2:#20, C; P-2:Ma2, D; P-3:GR1-2, E; P-7:#20, F; P-2:#12, G; P-2:#21, H; P-5:GR1-2

마 토양에서 분리한 세균 15종에 대한 항진균활성 시험을 PDA+Na배지에서 25℃, 10일간 등치배양하면서 병원균의 균사신장을 억제하는 효과를 검정하였다 15가지의 분리균주 중 P-1, P-3, P-4, P-5, P-7, P-8, P-9, P-11, P-15번 균주가 병원성 곰팡이에 대한 항진균활성을 나타내었다. 이들 중 P-4, P-5균주가 가장 높은 길항력을 나타내었고, P-1균주도 높은 길항력을 나타내었다. 대부분의 길항력을 나타내는 길항균은 마표면에서 분리한 길항균 YAM2와 유사하게 *Penicillium* 속에 대해서는 길항력이 약하게 나타났다. 이는 *Penicillium* 속의 병원균이 길항세균에 대해 항생물질분비와 같은 항진균력을 나타내기 때문으로 추정된다.

**다. 길항균 YAM2(*P. cepacia* YAM2)의 배양액 및 세포추출물의 항진균활성 test(upon plate)**

표 18. 길항균 YAM2(*P. cepacia* YAM2)의 배양액 및 세포추출물의 항진균활성\*

병원균	YAM2의 배양액			
	살균액†	여과액‡	배양농축액§§	세포추출물∫
#15-3	-	-	+	++
#20	-	-	+	+
Ma2	-	-	++	++
GR1-2	-	-	++	++
#12	-	-	++	++
#21	-	-	++	++

\* -:없음, +:약, ++:중, +++:강. † - 25℃, 10days 배양 후 Autoclaving 121℃, 15min.  
‡ - 25℃, 10days 배양 후 여과(0.25µm 필터). §§ - 25℃, 10days 배양 후 아세톤으로 추출하여 농축. ∫ -plate 배양(25℃, 10days)후 세포추출물(아세톤 및 메탄올)

마 표면에서 분리한 길항균 YAM2를 동정한 결과 *Pseudomonas cepacia* 였으며, 이 균주를 NB 및 NA에서 각각 배양하여 항진균활성을 검정한 결과 배양액의 경우 살균 및 여과시 항진균활성이 없었으나 배양농축액과 세포추출물의 경우 항진균활성을 나타내었다.

라. 길항세균 추출물의 항진균활성 (upon plate)

표 19. 길항세균 추출물의 부패 병원균에 대한 군사생육억제 효과\*

분리균주		control		P-2		B-T		P-7	P-11	<i>Pseudomonas</i> sp.	
		water	EtoAc	EtoAc	Me-OH	water	EtoAc	water	EtoAc	EtoAc	
추출물 희석배수	원액	-	-	++	++	++	++	+++	+++	+++	+++
	2배	-	-	+	++	++	++	+++	+++	+++	++
	4배	-	-	-	+	+	+	+	++	++	+
	16배	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	가열후	-	-	±	+	+	+	-	++	+	+

\* -:없음, +:약, ++:중, +++:강.

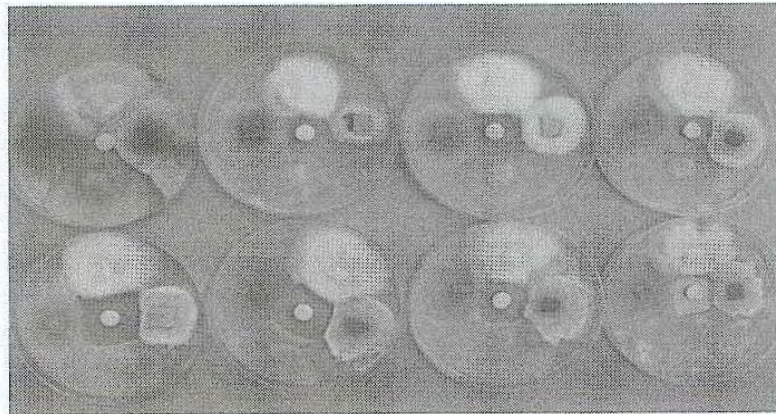


그림 25. 길항세균 추출물의 부패 병원균에 대한 군사생육억제 효과.

분리한 길항세균을 NA배지에서 25℃, 10일간배양 후 배지 및 균층을 수거하여 분획하여 *Fusarium* sp., *Penicillium* sp. *Botrytis* sp. *Mucor* sp.에 대하여 항진균성을 조사한 결과 B-T 물층, P-7 EtoAc 층, P-11 EtoAc 층의 물질에서 높은 항진균성을 나타내었다. 분획한 성분들을 4배 희석한 후 120℃, 20분간 가열하여 항진균성을 조사한 결과는 P-7의 EtoAc층의 물질에서 항진균성을 나타내었다.

길항세균의 배양액과 세포추출물이 마피근 부패 병원성 곰팡이균의 포자발아를 억제하는 효과에 대한 결과는 위의 표와 같다. 병원성곰팡이의 포자발아 억제 효과는 P-7균주의 EtoAc 층의 추출물이 가장 큰 효과를 나타내었으며, 열에 대해서도 안정적인 효과를 나타내었다.

표 20. 길항세균 추출물의 부패 병원균에 대한 포자발아억제 효과\* (for *Penicillium* sp.)

분리균주		control		P-2		B-T		P-7	P-11	<i>Pseudomonas</i> sp.	
		water	EtoAc	EtoAc	Me-OH	water	EtoAc	water	EtoAc	EtoAc	EtoAc
추출물 회석배수	원액	-	-	+	+	+	+	+	++	+	-
	4배	-	-	±	+	-	+	-	++	+	-
	가열후	-	-	±	+	-	+	-	++	+	-

\* -:없음, +:약, ++:중, +++:강.

표 21. 마 저장 병원균에 대한 길항균 추출물처리효과\*

추출액	처리농도	GR1-2 (포자)	#12	#12 (포자)	#20	#20 (포자)	#21	#21 (포자)
P2-2 EtoAc층	10000ppm	-	+	-	-	-	-	-
	5000ppm	-	-	-	-	-	-	-
	1000ppm	-	-	-	-	-	-	-
P-7 EtoAc층	10000ppm	-	+	-	+	-	-	+
	5000ppm	-	+	-	-	-	-	-
	1000ppm	-	-	-	-	-	-	-
P-11 EtoAc층	10000ppm	+	++	+	+	-	+	-
	5000ppm	-	+	-	+	-	-	-
	1000ppm	-	-	-	-	-	-	-
P2-2물층	10000ppm	-	-	-	-	-	-	-
	5000ppm	-	-	-	-	-	-	-
	1000ppm	-	-	-	-	-	-	-
P-11물층	10000ppm	-	+	-	-	-	-	-
	5000ppm	-	-	-	-	-	-	-
	1000ppm	-	-	-	-	-	-	-

\* -:없음, +:약, ++:중, +++:강.

표 22. 마 재배토양에서 분리한 길항균의 마부패 병원성 검정\*

분리균주		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-7	P-8	P-9	P-11	P-15	<i>Pseudomonas</i> sp.
		병원성	15℃	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25℃	-		+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
30℃	+		+	-	-	-	-	-	-	+	-	+

\* -:없음, +:약, ++:중, +++:강.

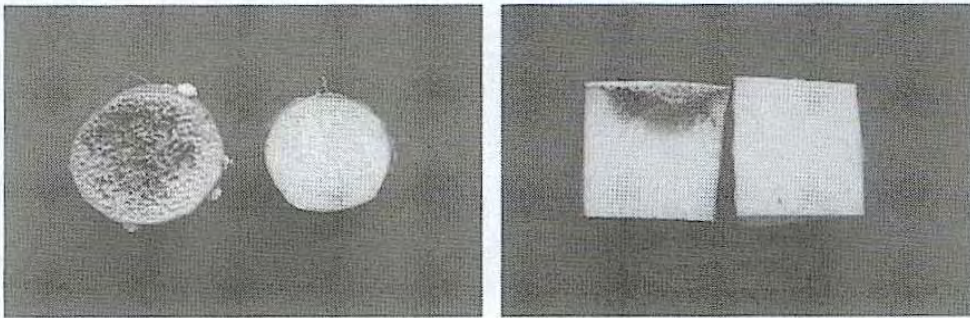


그림 26. 마 재배토양에서 분리한 길항균의 마부패 병원성 검정.

마재배토양에서 분리한 길항균의 마에 대한 병원성검정은 15℃, 25℃, 30℃에서 15일간 배양하여 병원성을 검정하였다. P-1균주는 30℃ 배양시, P-2와 P-11, *Pseudomonas* sp.균주는 25℃와 30℃에서 배양할 때 접종부위가 갈변하면서 물러지는 약한 병원성을 나타내었고 다른 균주는 병원성을 나타내지 않았다.

#### 마. 마괴근에서의 저장병원균에 대한 YAM2의 항진균활성

저장중인 마 괴근에 부패를 유발하는 병원성 곰팡이균에 대한 항진균 활성을 나타내는 YAM2균주를 마 표면에서 분리하였다. 이 균주를 NB배지에서 25℃에서 10일간 배양하여 마 괴근에 분무한 후 병원성 곰팡이를 접종하여 병원균의 생육억제효과와 부패병징의 억제효과를 조사하였다. 표 23에서 보는 것과 같이 P-2균주를 마 괴근에 분무하여 24℃에서 12시간 배양한 후 병원균을 접종한 구에서 가장 높은 활성을 나타내었다.

특히 #21 병원균에 대한 항진균 효과에서는 90%이상의 높은 길항력을 나타내었다.

표 23. 부패병원균에 대한 YAM2이 항진균활성(upon yam tuber)

병원균	Fungi		YAM+fungi		YAM2배양 후 fungi	
	병반넓이 (mm)	병반깊이 (mm)	병반넓이 (mm)	병반깊이 (mm)	병반넓이 (mm)	병반깊이 (mm)
#15-3	27.5	8.9	25.3	7.8	15.7	4.5
#20	35.0	13.8	35.0	16.2	20.0	7.7
Ma2	28.4	13.0	27.2	10.5	13.2	7.2
GR1-2	23.1	7.1	23.4	4.9	14.5	3.2
#12	24.5	8.5	22.4	3.7	16.4	1.4
#21	26.5	9.0	21.2	12.3	3.4	0.8

#20, Ma2 GR1-2, #21은 15°C, 10days 배양 후 조사

#12, #15-3은 15°C, 10days 배양시 생육속도가 느려 25°C에서 배양 후 조사

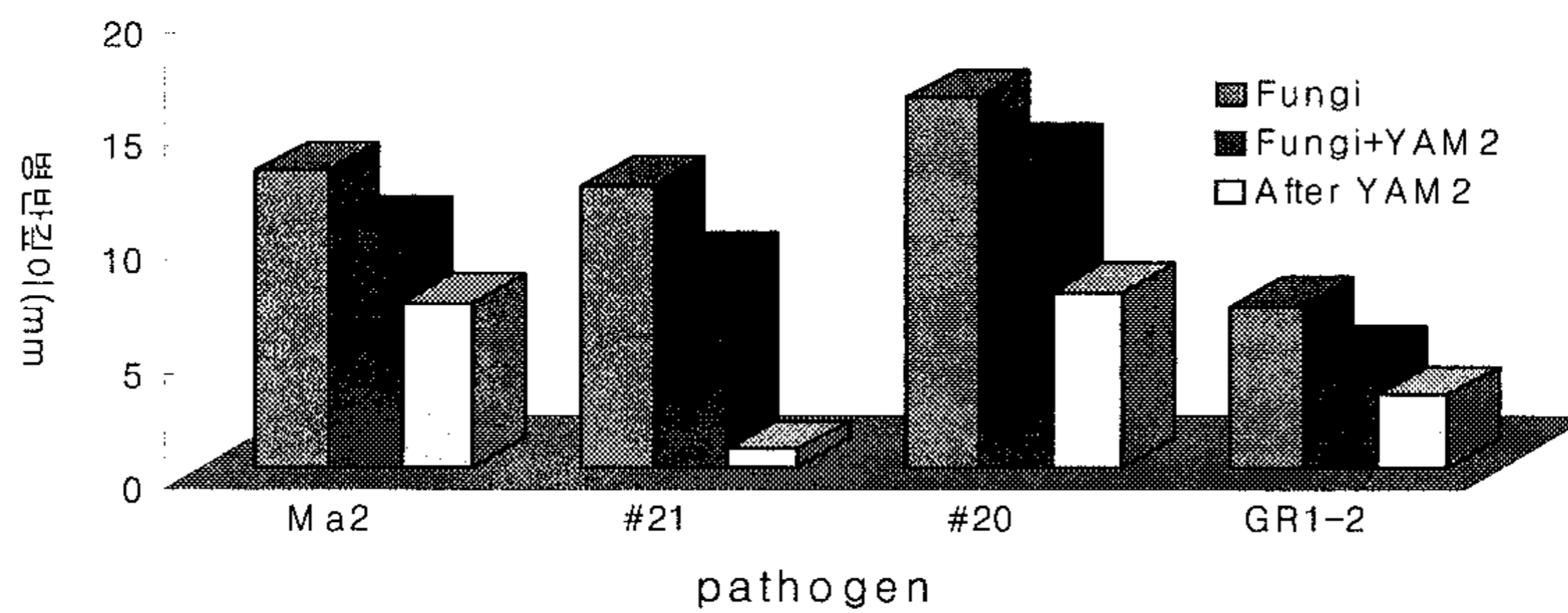


그림 27. YAM2에 의한 마 부패균의 보호효과.

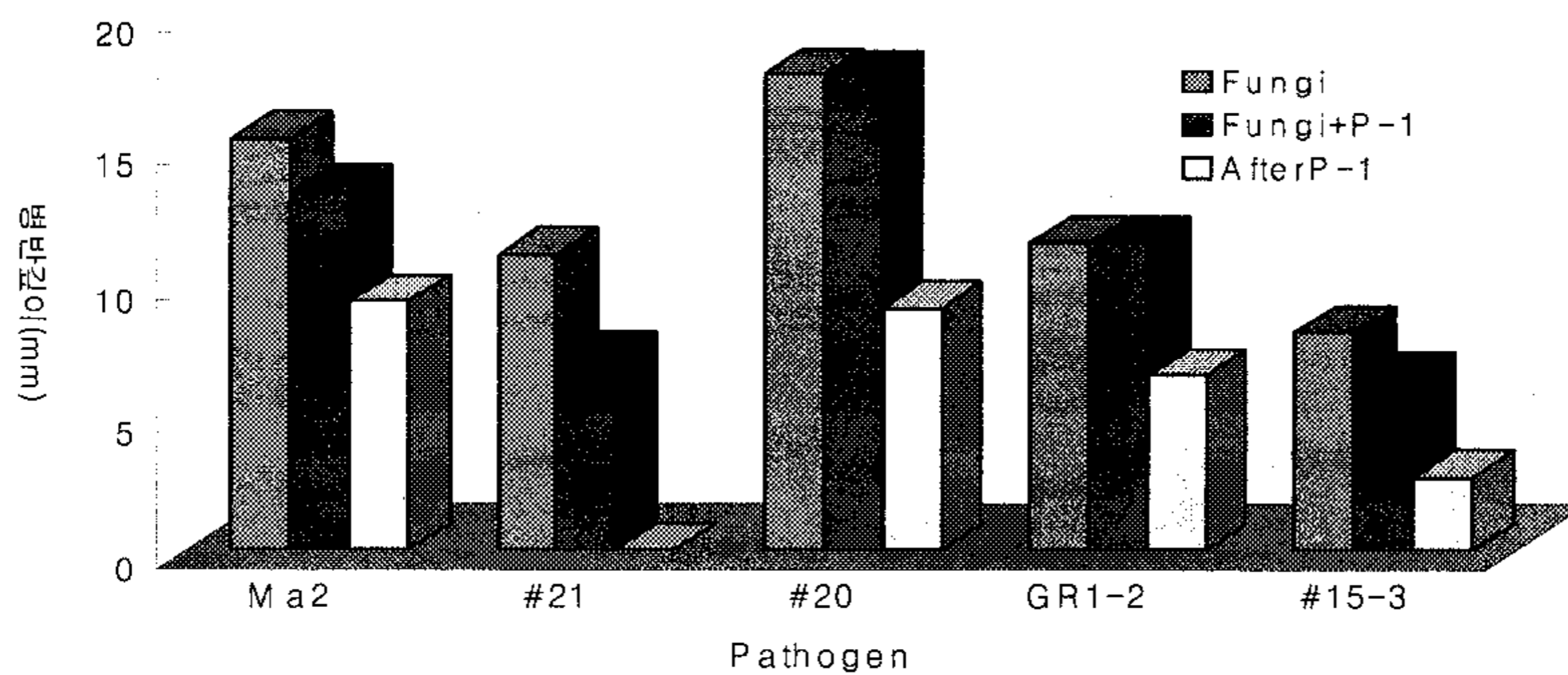


그림 28. P-1에 의한 마 부패균의 보호효과.



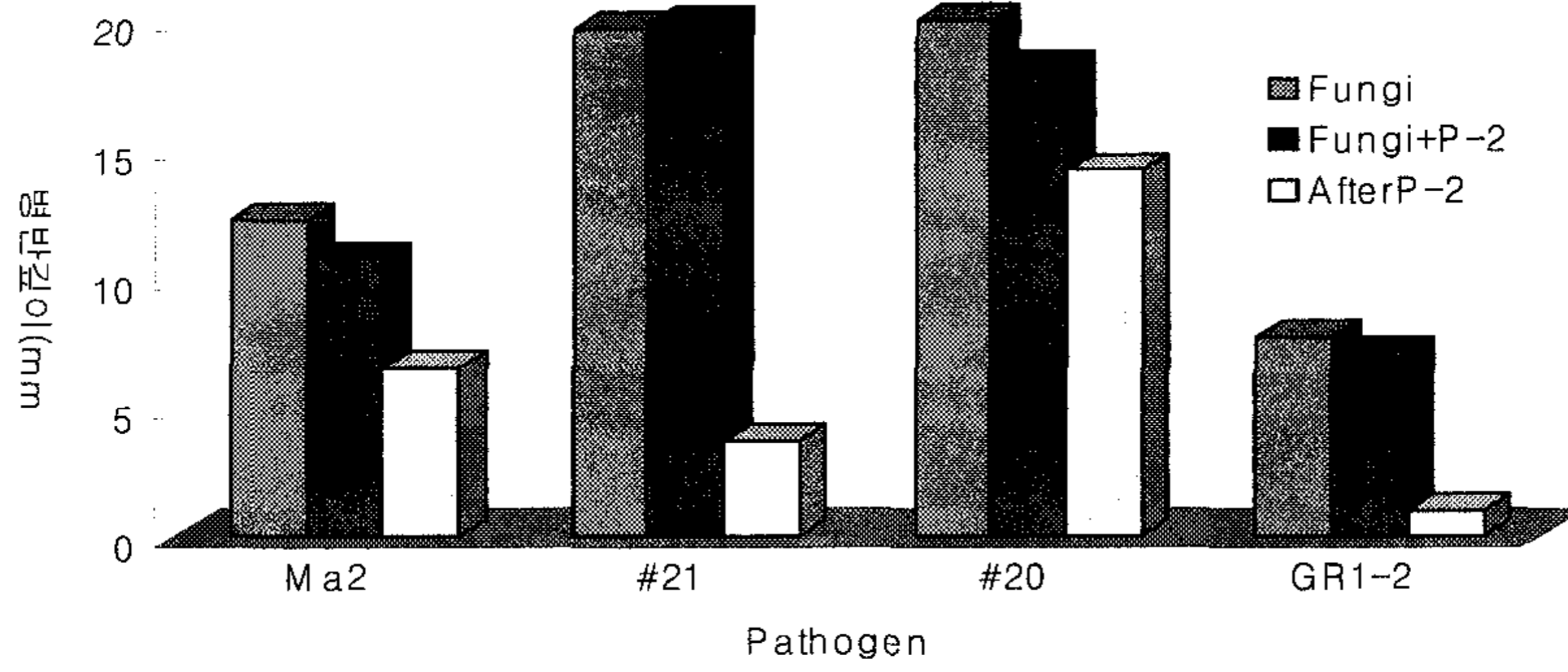


그림 29. P-2에 의한 마 부패균의 보호효과.

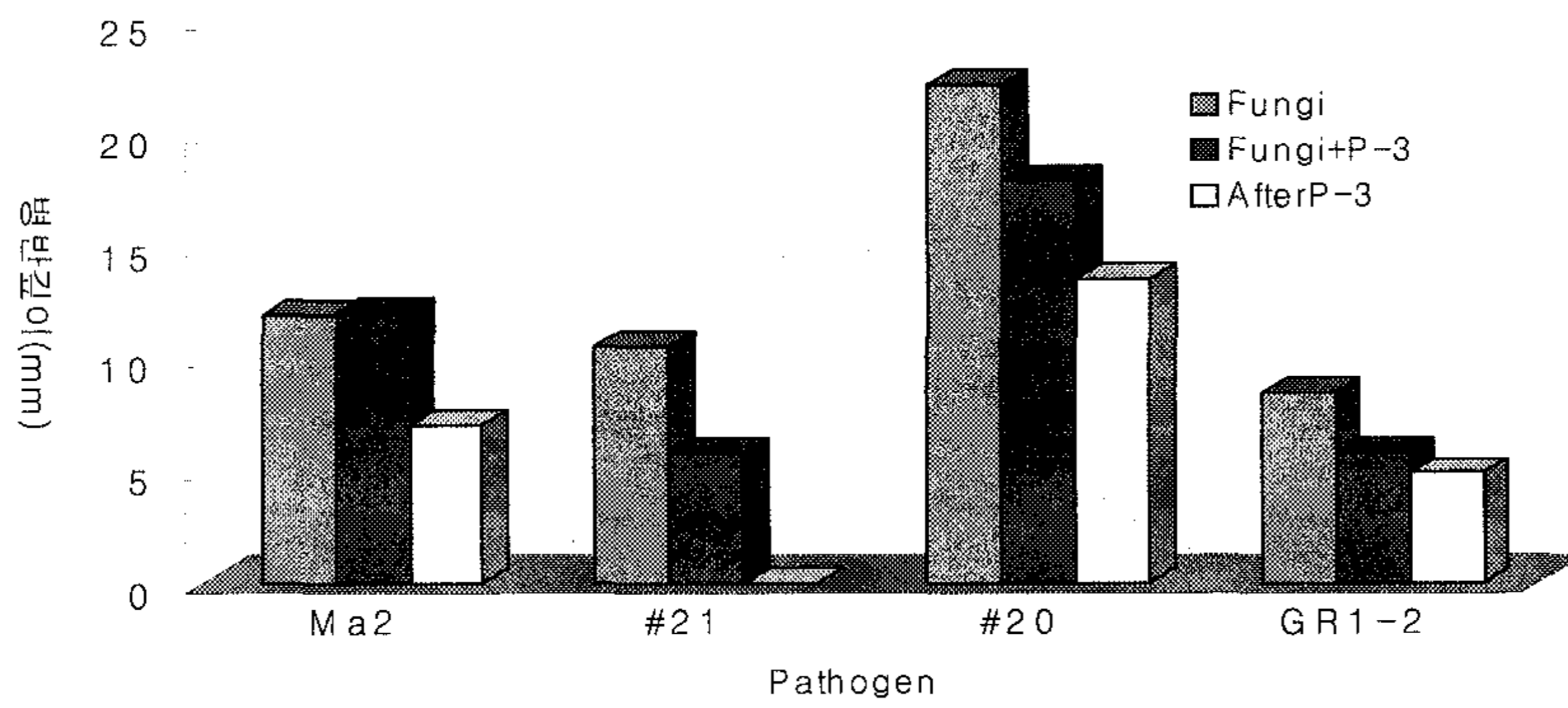


그림 30. P-3에 의한 마 부패균의 보호효과.

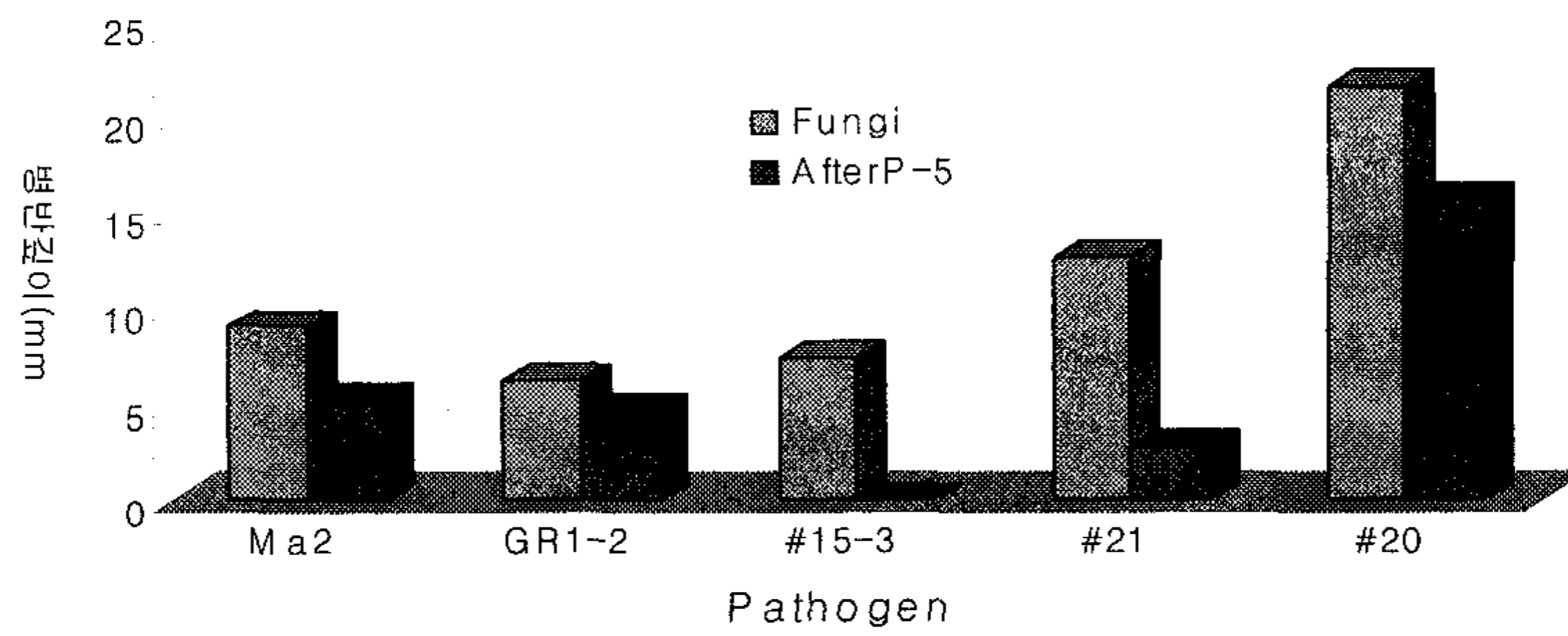


그림 31. P-5에 의한 마 부패균의 보호효과.

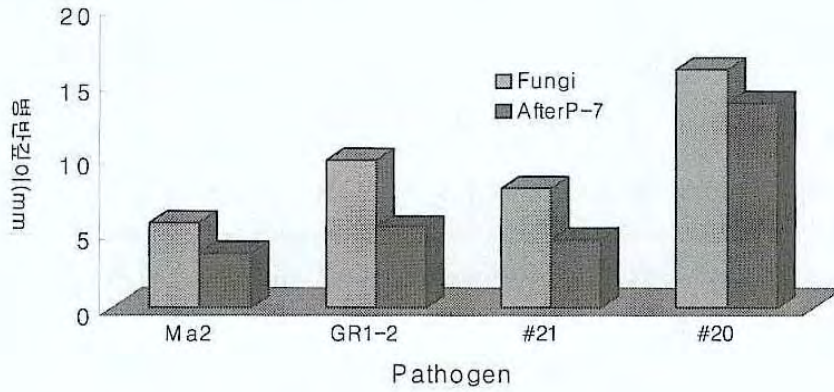


그림 32. P-7에 의한 마 부패균의 보호효과.

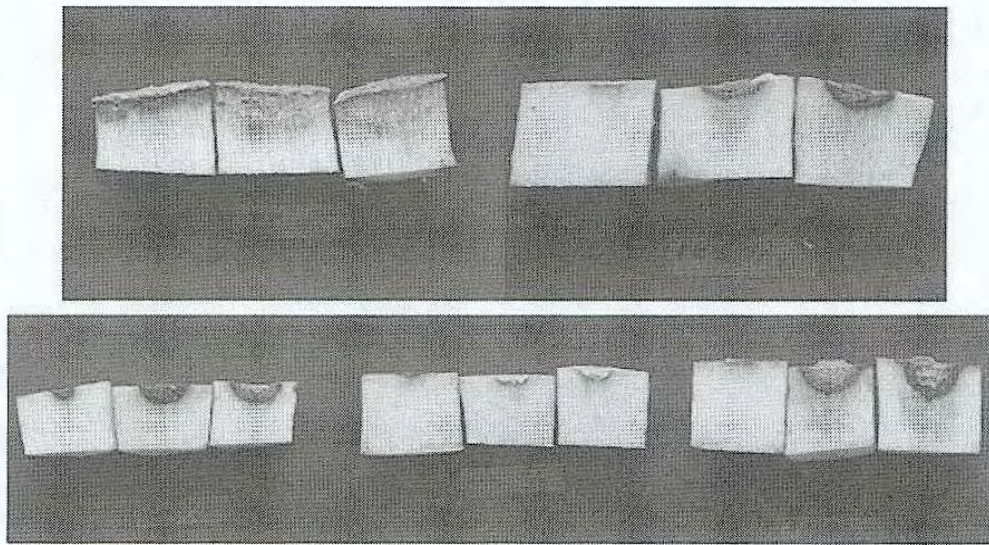


그림 33. 길항균 처리에 따른 마 괴근썩음병의 진행. A:#20에 P-4처리, B:#15-3에 P4 처리, C:Ma2에 P-11처리, D:GR1-2에 P-1처리, E:#21에 P-11처리.

#### 바. 세척 저장 및 세척후 큐어링 저장

세척 후 저장방법은 마 괴근에서 흙을 제거할 정도로 수세한 후 상온에서 2시간 정도 건조하여 외부물기를 제거하였다. 세척 후 큐어링방법은 괴근을 수세한 후 30°C의 온풍으로 5시간 건조하였다. 세척후 비닐밀봉은 괴근을 수세한 후 2시간 정도 상온에서 건조한 후 마 괴근 하나마다 비닐봉지를 씌워 밀봉하여 저장하였다. 시험의 수행은 5°C저온저장고에서 세척 후 건조구와 큐어링구는 개방된 상태로 저장하면

서 10일간격으로 1개월까지 병의 발생상황을 조사하였고, 2개월 까지의 병 발생상황 과 병원균의 발생빈도를 조사하였다.

표 23. 세척저장시 처리방법에 따른 부패병원균의 발생양상(5℃저장. open 상태)

저장기간	세척 후 건조	세척 후 큐어링	세척 후 비닐밀봉
10일(2/11)	-	-	-
20일(2/21)	P, M 5/30	P, M 3/30	-
30일(3/2)	P, B, M 30/30	P, M 30/30	-
60일(3/22)	P,B,M,F 30/30	P, M 30/30	-

P; *Penicillium* sp., M; *Mucor* sp., B; *Botrytis* sp.. F; *Fusarium* sp.

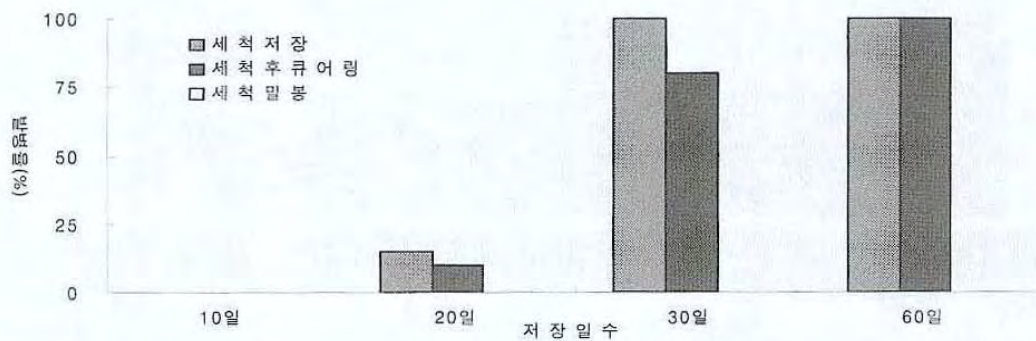


그림 32. 세척 후 저장방법에 따른 저장중 마씩음병원균의 발생율(%).

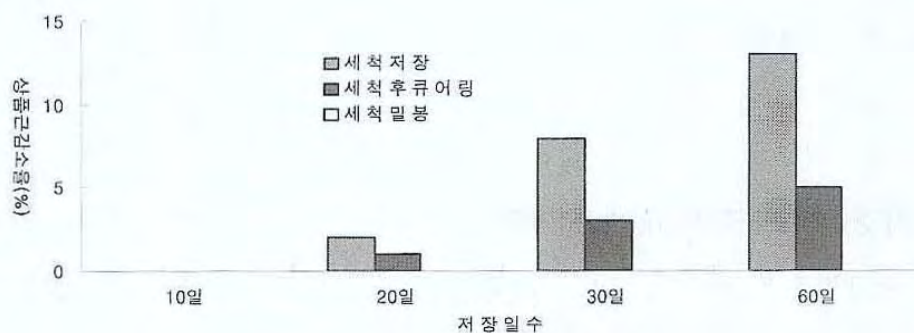


그림 33. 마피근의 세척 후 저장방법에 따른 저장중 상품근감소율(%)

세척저장시 처리방법에 따른 부패병원균의 발생양상은 세척 후 상온건조와 30℃의 온풍으로 5시간정도 큐어링처리, 세척 후 비닐밀봉하여 저장온도 5℃ 저장창고에서 밀봉하지 않은 상태로 저장하면서 병원균의 발생과 피해정도를 조사하였다. 세척 후 건조시에서는 10일 저장 후까지는 건조구와 큐어링 구에서 아무런 병원균도 발생하지 않았다. 20일 저장 후부터 *Penicillium* sp.와 *Mucor* sp.가 발생하였다. 건조구에서는 15%정도 발생하였고, 큐어링한 구에서는 10%정도로 발생하였다. 30일 저장 후부터는 건조구에서 *Botrytis* sp.가 추가로 발생하였다. 상처부위의 부패병원균의 발생률은 100%로 증가하였다. 세척 후 비닐밀봉 저장한 구에서는 저장 60일 후까지 아무런 부패 병징이 발생하지 않았다.

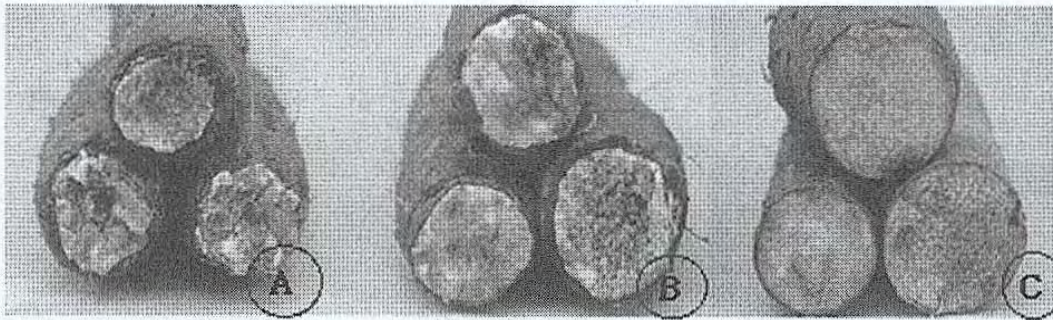


그림 34. 세척후 처리방법에 따른 마괴근썩음병 발생.

A: 세척후 건조저장(상온2시간), B: 세척후 큐어링 (온풍 35℃, 5시간), C: 세척후 비닐밀봉저장

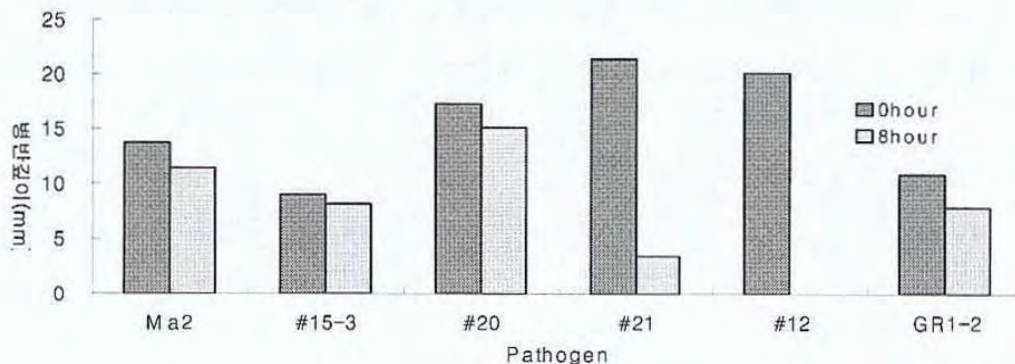


그림 35. 마 저장과정에서 발생하는 병원균에 대한 큐어링 효과.

세척 후 큐어링에 의한 부패병원성곰팡이의 피해정도를 조사한 결과는 그림 35과 같다. 마 괴근을 물세척 직후 절단면에 병원균을 접종시켰을 때와 30℃ 온풍에서 2, 4, 8시간 건조시켜서 병원균을 접종하였다. 2시간 및 4시간 건조하였을 때는 세척 후 접종구와 큰 차이를 보이지 않았지만 절단표면의 물기가 제거되고 상처부위가 딱딱해진 8시간 정도의 큐어링 혹은 온풍건조효과는 *Mucor* sp.인 #21과 *Botrytis* sp.인 #12 에서 부패병징의 깊이가 크게 감소하였고 특히 *Botrytis* sp.의 경우 병반이 거의 형성되지 않았다.

마 재배농가의 저장 방법을 개선하기 위한 시험으로 수확 후 신문지등으로 포장하여 저장하는 방법과 비닐봉지로 밀봉하는 방법에 따른 괴근썩음병의 발생상황을 조사하였다(그림 36). 대부분의 농가에서처럼 수확후 흙을 제거하지 않은 상태에서 마 괴근을 저장 상자에 담아서 60일간 저장고 온도별로 저장하면서 병의 발생과 부패 정도 및 상품수량의 감소 등을 조사하였다(표 24, 그림 37).

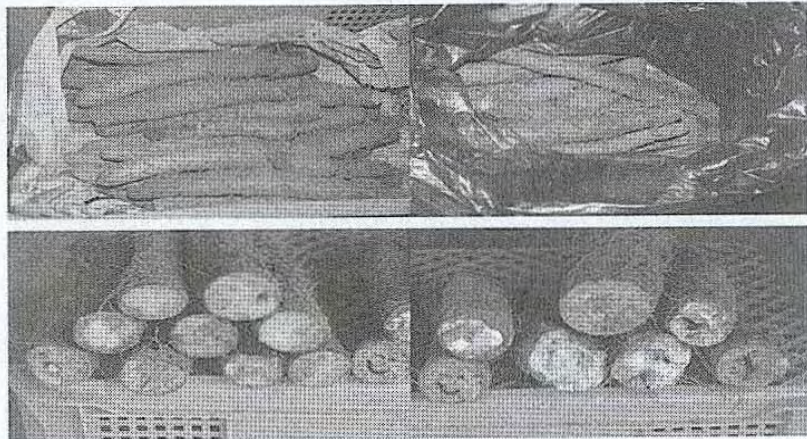


그림 36. 관행저장방법에 따른 마 괴근의 저장 중 곰팡이 피해정도.

표 24. 0°C 저온저장고에의 마 저장 중 부패병원균의 발생양상

저장기간(0°C)	밀봉 상태	개봉 상태
	병원균	병원균
0일	-	-
10일	P, 3/30	-
20일	P, B, 5/30	-
30일	P,B,F 5/30	-
40일	P,B,M,F 10/30	-
50일	P,B,M,F 10/30	-
60일	P,B,M,F 15/30	P, B 3/30

P; *Penicillium* sp., M; *Mucor* sp., B; *Botrytis* sp., F; *Fusarium* sp.

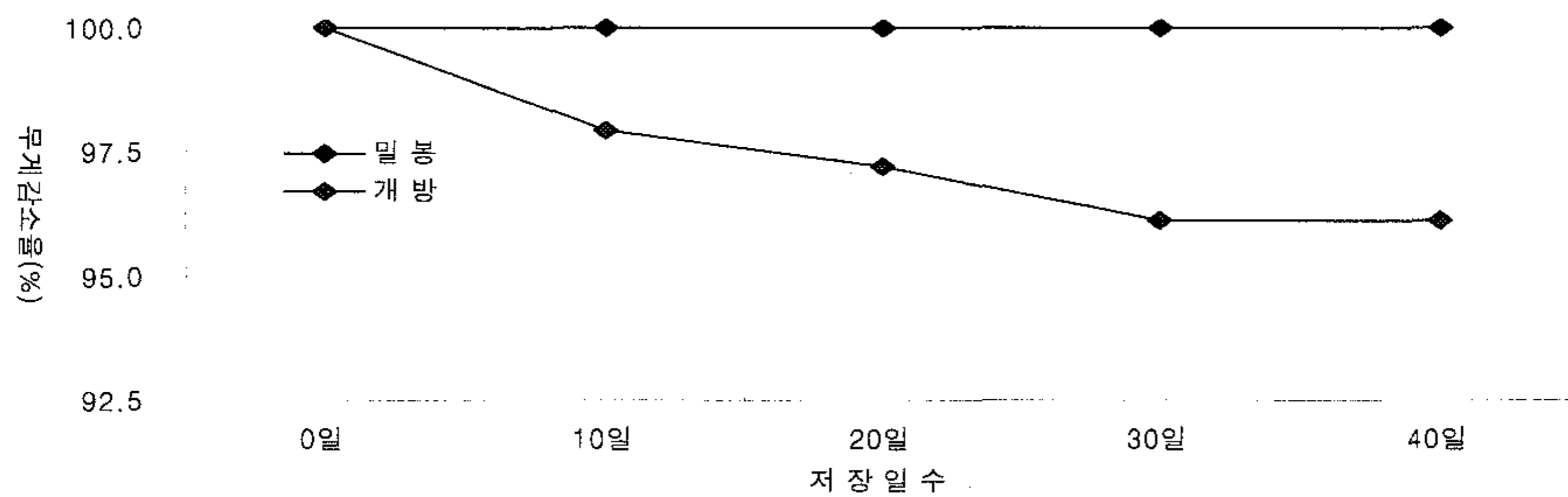


그림 37. 마 0°C 저온저장 일수에 따른 무게변화.

0°C 저온저장의 경우 저장 후 10일이 경과하면서 밀봉한 구에서 *Penicillium* sp.가 발생하기 시작하였고 밀봉하지 않은 구에서는 아무런 곰팡이가 발생하지 않았다. 밀봉된 구에서 20일 경과 후에는 *Botrytis* sp.가 추가적으로 발생하였고 30일 경과 후에는 *Fusarium* sp.도 발생하였다. 병 발생정도는 저장기간이 길어지면서 증가하였으나 부패정도는 침입부위에서 1cm 내외로 그렇게 심각하지 않았다. 발생균의 빈도를 보면 *Penicillium* sp.(녹색곰팡이가 주류)가 90%이상을 차지하였고 기타 균들이 10%정도였다. 이와 같이 비닐 밀봉한 구보다 개봉된 구에서 병 발생이 감소한 것은 개봉구에서는 상처부위가 냉풍에 의하여 큐어링되고 저온상태가 유지되어서 병원균의 포자가 발아하지 못하여 병의 발생이 적었고, 비닐봉지에 밀봉한 상태에서는 병원균의 생육에 적합한 수분상태가 지속적으로 유지되어 저온성 병원균이 지속적으로 생육하는 것으로 추정된다.

표 25. 5°C 저온저장고에의 마 저장 중 부패병원균의 발생양상

저장기간(5°C)	밀봉 상태	개봉 상태
	병원균	병원균
0일	-	-
10일	M, P, F 1/30	P, M 3/30
20일	P, B, M, F 7/30	P, M, B, F 7/30
30일	P, B, F, M 10/30	P, B, M, F 20/30
40일	P,B,M,F 10/30	P,B,M,F 30/30
50일	P,B,M,F 20/30	P,B,M,F 30/30
60일	P,B,M,F 30/30	P,B,M,F 30/30

P; *Penicillium* sp., M; *Mucor* sp., B; *Botrytis* sp., F; *Fusarium* sp.

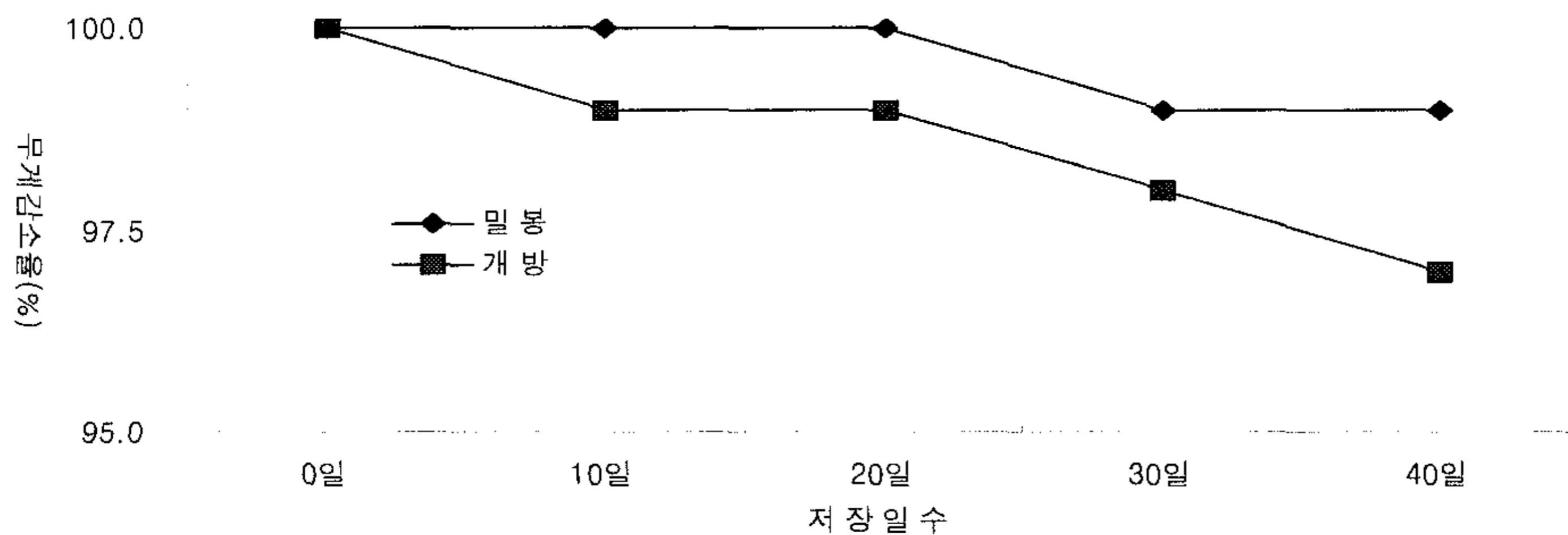


그림 38. 마 5°C 저온저장 일수에 따른 무게변화.

5°C 저장의 경우 저장 10일 후부터 *Penicillium* sp., *Mucor* sp., *Fusarium* sp.가 발견되었고, 밀봉구에서의 발생빈도는 3%정도, 개봉구에서는 10%정도 발생하였다. 0°C와의 차이는 *Mucor* sp.가 발생한 것으로 다른 균에 비하여 피해가 큰 것으로 나타났다. 20일 경과 후에는 *Penicillium* sp., *Botrytis* sp., *Mucor* sp., *Fusarium* sp.가 발생하였다. 밀봉구와 개봉구에서 20% 정도였다. 저장 30일 경과 후에는 밀봉구에서는 30% 정도, 개봉구에서는 60% 정도로 발생율이 급격히 증가하였다. 각 병원균의 발생빈도는 0°C와 유사하였고, *Penicillium* sp.의 경우 녹색곰팡이와 푸른곰팡이가 함께 발생하였다. 부패정도는 0°C와 비교하여 3~5 cm 정도로 피해가 증가되었다.

표 26. 10℃ 저온저장고에의 마 저장 중 부패병원균의 발생양,

저장기간(10℃)	밀봉 상태	개방 상태
	병원균	병원균
0일	-	-
10일	B, P, F 1/30	P 1/30
20일	B, P, F 5/30	P 3/30
30일	P,M,B,F 5/30	P 7/30
40일	P,B,M,F 10/30	P 10/30
50일	P,B,M,F 10/30	P 15/30
60일	P,B,M,F 15/30	P,B 15/30

P; *Penicillium* sp., M; *Mucor* sp., B; *Botrytis* sp., F; *Fusarium* sp.

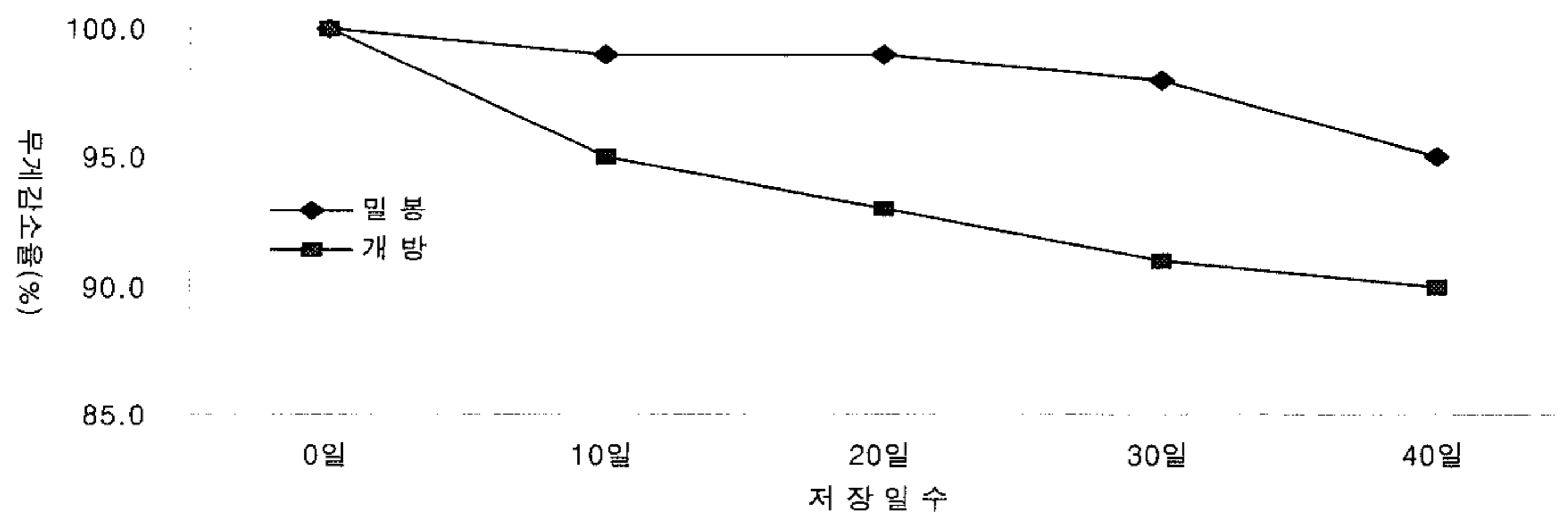


그림 39. 마 10℃ 저온저장 일수에 따른 무게변화.

10℃ 저장의 경우 저장 10일 후부터 밀봉구에서는 *Penicillium* sp., *Botrytis* sp., *Fusarium* sp. 등이 발생하였고, 개봉구에서는 *Penicillium* sp.가 발생하였다. 저장기간이 길어지면서 밀봉구에서는 *Mucor* sp.가 추가로 발생하였고 전체발생량은 15% 정도였고, 개봉구에서는 *Penicillium* sp.만 발생하였고 발생량은 25%정도였다. 밀봉처리구와 개봉구에서의 병원균의 발생상이 다른 것은 밀봉구에서는 상처표면의 건조속도가 느리고 개방된 구에서는 상처표면이 빠르게 건조하여 감염포자의 발아에 영향을 준 것으로 추정된다. 그러나 0℃, 5℃ 저장고의 마 괴근과 비교해 볼 때 건조과정에서 수분이 지속적으로 감소되어 마의 무게감소와 함께 저장 품질이 저하되는 것을 볼 수 있었다(그림 40).



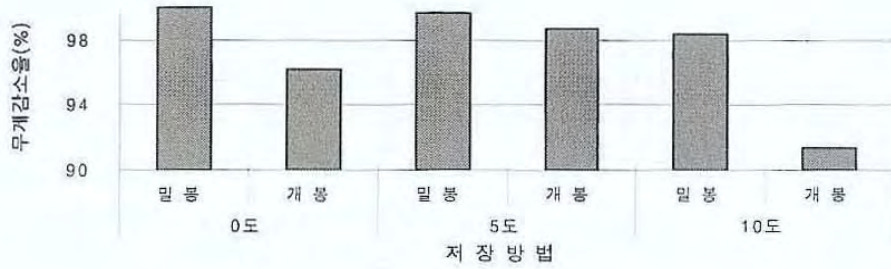


그림 40. 저장방법에 따른 마피근이 수량감소율(저장30일후).

저장방법과 온도에 따른 마 피근의 수량감소정도는 그림 40에서 보는 바와 같다. 비닐로 밀봉한 저장고에서는 무게 감소가 거의 없었지만 개봉된 상태에서의 저장에서는 0°C저장고에서는 5% 정도 감소하였고, 10°C저장고에서는 8%정도의 무게가 감소되었다.

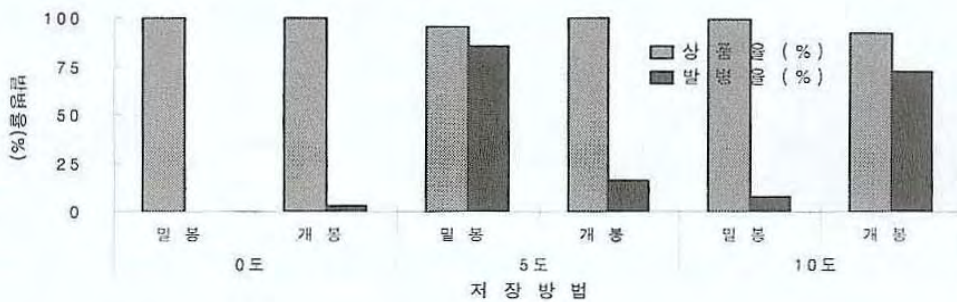


그림 41. 저장방법에 따른 상품율 및 부패병균 발병율(저장 후 30일 경과).

저장방법에 따른 저장마의 부패병원균 발병율과 상품비율의 감소정도를 조사한 결과는 그림 41과 같다. 0°C 저장시에는 비닐봉지로 밀봉하거나 개봉된 상태로 저장할 경우에도 병원균의 감염이 적고 마 피근의 수분증발도 작아서 상품수량의 감소가 미약하였다. 5°C저장고에서는 비닐밀봉한 처리에서 개봉저장처리보다 더 많은 부패병원균의 감염을 나타내었고 이에 따른 상품수량 역시 크게 감소하였다. 10°C저장고의 경우 5°C저장고와는 상반된 결과를 보였다. 밀봉처리구에서는 발병율이 10%이하로 낮았고 이에 따라 상품비율의 감소도 미약하였지만, 개봉처리구에서는 발병율이 75%정도로 높게 나타났으며 상품비율이 30%이상 감소하였다. 이같이 저장온도에 따른 변이가 크게 나타나는 것은 저장온도에 따라 부패병원성곰팡이의 생육조건이 상

이하에 부패를 유발하는 주된 병원균이 다르기 때문인 것으로 추정된다. 온도별로 생육 및 병원성에서 큰 차이를 보이는 것은 *Penicillium* sp.와 *Mucor* sp.로 이들 병원균에 의한 피해 역시 가장 크게 나타났다.

표 27. 유향훈증에 따른 마 저장중의 부패병원균 발생양상(유향훈증 20g/1m<sup>3</sup>, 5시간)

저장기간(0℃)	control	밀봉 상태	개봉 상태
		병원균	병원균
10일	-	-	-
20일	P,B,A 5/30	B 1/30	P,B,A 5/30
30일	P,B,A 30/30	P,M,B,F 5/30	P,B,A 10/30
40일	P,B,A,M 30/30	P,M,B,F 7/30	P,B,AF13/30
50일	P,B,A,M 30/30	P,M,B,F 9/30	P,B,A,F20/30
60일	P,B,A,M 30/30	P,B,A,M 20/30	P,B,A,M 30/30

P; *Penicillium* sp., M; *Mucor* sp., B; *Botrytis* sp., F; *Fusarium* sp.

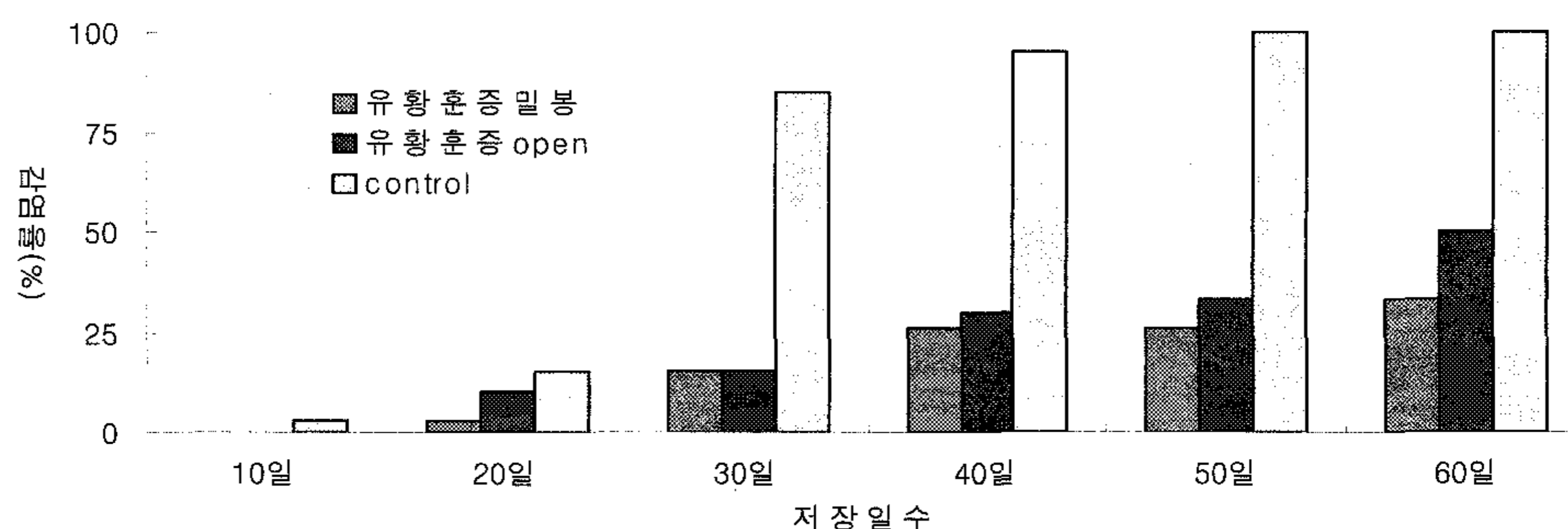


그림 42. 유향훈증에 따른 마 저장중의 부패병원균 발생양상.

마 피근의 저장성 향상을 위해 수확 후 유향훈증 처리(20g/1m<sup>3</sup>, 5시간)하여 5℃ 저온저장고에 저장하면서 부패병원균의 발생정도를 조사한 결과는 표 27와 그림 42에서 보는 바와 같다. 저장 30일 후 조사에서는 control 구에서는 90%정도의 병 발생을 나타내었지만 유향훈증한 구에서는 20% 내외의 발병율을 나타내었다. 병원균의 발생빈도는 훈증처리구와 미처리구에서 큰 차이를 나타내지 않았지만 피해정도는 훈증하지 않은 구에서는 상품의 감소정도가 10% 내외였고 훈증구에서는 3% 정도로 큰 차이를 나타내었다.

표 28. 농약침지에 의한 마 저장 중 부패병원균의 발생양상(터부코나졸1000배액)

저장기간(5℃)	Control	처리구	
		병발생정도	병원균종류
10일		-	-
20일	P 5/30	-	-
30일	P,M,B,F 20/30	1/30	P
40일	P,M,B,F 20/30	3/30	P
50일	P,M,B,F 30/30	3/30	P
60일	P,M,B,F 30/30	10/30	P

P; *Penicillium* sp., M; *Mucor* sp., B; *Botrytis* sp., F; *Fusarium* sp.

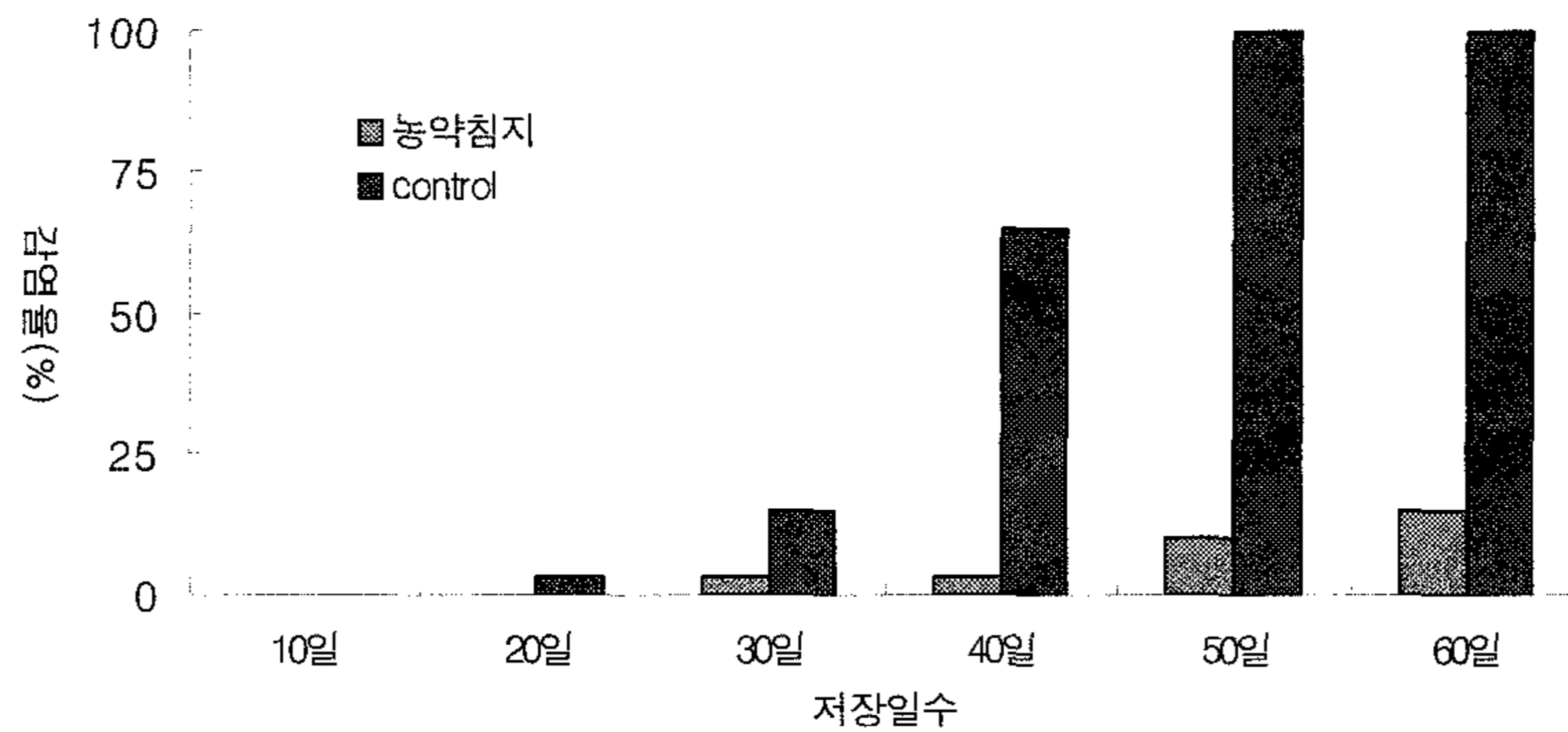


그림 43. 농약침지에 의한 마 저장 중 부패병원균의 발생양상.

약제처리에 의한 마 괴근의 저장 중 발생하는 병해의 경감을 위한 시험을 수행하였다. 수확한 마 괴근을 수세한 후 터부코나졸 1000배액으로 3분간 침지소독하여 상온에서 2시간 건조한 후 5℃의 저온저장고에 저장하면서 병 발생여부를 조사하였다. 저장 10일까지는 병이 발생하지 않았지만 20일후에는 소독하지 않은 control 구에서 *Penicillium* sp.가 15%정도 발생하였다. 저장 30일후에는 control 구에서 *Penicillium* sp., *Mucor* sp., *Botrytis* sp., *Fusarium* sp. 모두 발생하였고 발생율은 65% 정도였으며, 소독처리한 구에서는 *Penicillium* sp.이 3%정도 발생하였다.

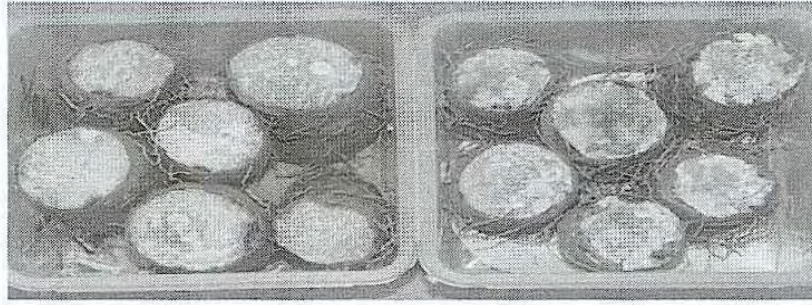


그림 44. 살균제 침지에 따른 저장마의 괴근썩음병균 피해발생

## 12. 생마 신선편이 시제품 제작 및 기호도 조사

### 가. 생마 파우치

생마를 쉽게 섭취할 수 있게 하기 위하여 거피 생마를 갈아서 파우치에 담아 포장하였다. 제조공정은 생마를 수세한 후 NaOCl 600ppm으로 5분간 소독한다음 멸균수로 5~6회 세척한 다음 5분간 건조시킨 것을 거피한 후 믹서기로 30초 정도 분쇄한 다음 진공포장지에 적당량을 담아 밀봉하였다. 생마 파우치 제품은 살균과정을 거칠 수 없기 때문에 저장성이 취약할 것으로 판단되어 저장온도를 -20, 4, 25℃로 하여 미생물의 번식과 gas 발생유무, 색도 변화를 20일간 조사하였다.

생마 파우치의 총균수 변화를 조사해 본 결과 저장온도 -20℃에서는 20일간 관찰되지 않았고 4℃에서는 저장 18일까지  $10^3$  이하의 미생물수를 유지하였으나 25℃에서는 저장성이 없는 것으로 나타났다. gas 발생양상도 총균수변화와 유사하게 -20℃에서는 발생이 없었고 4℃에서는 12까지 발생되지 않았으며 25℃에서는 저장 3일부터 관찰되었다. 생마 파우치의 색도변화를 통한 갈변양상을 조사한 결과, -20℃에서는 L, a, b 값모두 저장 20일까지 큰 변화 없이 잘 유지되었으나 저장온도 4℃의 경우, L값은 1일 이후 서서히 감소하였고 a, b 값은 1일 이후 급격히 증가하는 경향을 보였다. 25℃의 경우 2일 이후 너무 심한 갈변이 발생하였다. 위의 결과를 종합한 결과, 생마 파우치의 적정 저장온도는 -20℃가 적당한 것으로 판단되었다.

-20℃로 냉동된 생마 파우치의 적정 해동방법의 선호도 및 해동후 gas, 냄새 발생양상과 총균수변화를 살펴보았다. 행동방법으로선 전자레인지의 해동기능을 이용한 것이 가장 높게 나타났고 해동후 냄새 발생 및 미생물 증식은 1일 후 발생하여 냄새

는 2일 후 확인되어 냉동 생마 파우치는 해동 후 즉시 섭취해야 하며 1일 이상 방치하는 것이 위생상 해로울 것을 판단된다.

표 29. 생마 파우치의 저장온도에 따른 총균수 변화

경과일수	0	1	2	3	4	6	10	12	14	18	20
영하 20℃	0	0	0	0	0	0	0	0	10 <sup>1</sup>	0	0
4℃	0	0	0	0	0	0	5×10 <sup>1</sup>	5×10 <sup>2</sup>	6.7×10 <sup>1</sup>	1.4×10 <sup>3</sup>	7.1×10 <sup>4</sup>
25℃	0	2×10 <sup>4</sup>	2.3×10 <sup>7</sup>	4.0×10 <sup>8</sup>	2.2×10 <sup>9</sup>	-	-	-	-	-	-

표 30. 생마 파우치의 저장온도에 따른 gas발생(0-9)

경과일수	0	1	2	3	4	6	10	12	14	18	20
영하 20℃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4℃	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	2.1	2
25℃	0	0	0	2.3	9						

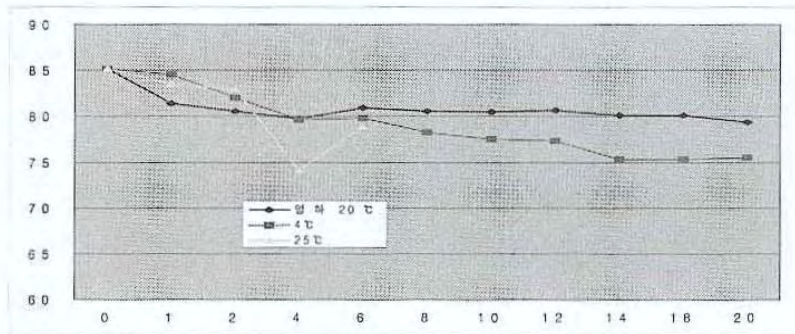


그림 45. 생마 파우치 저장온도에 따른 색도 L값 변화

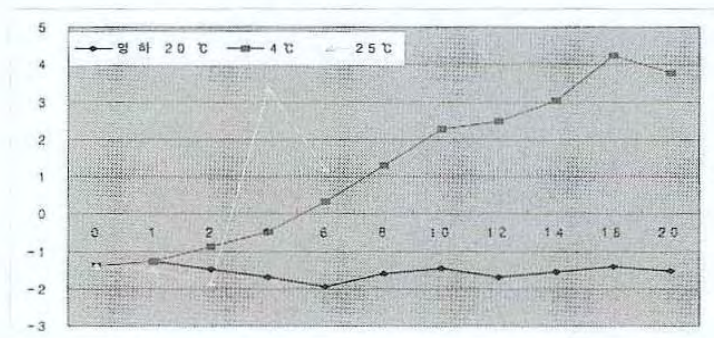


그림 46. 생마 파우치 저장온도에 따른 색도 a값 변화

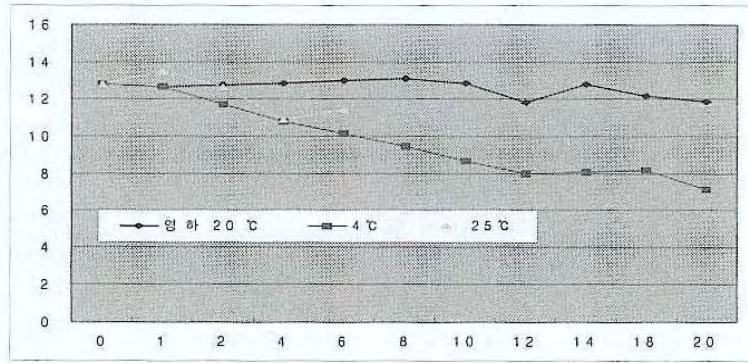


그림 47. 생마 파우치 저장온도에 따른 색도 b값 변화

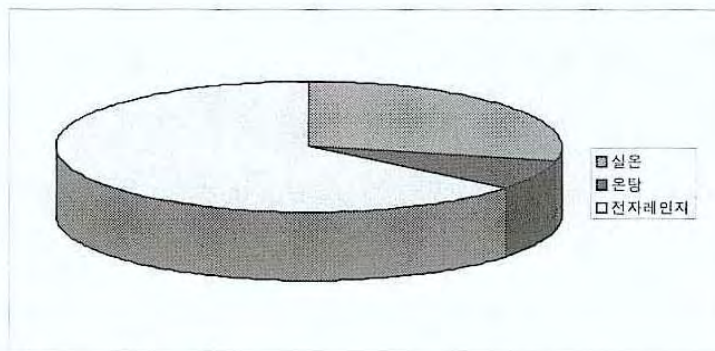


그림 48. 냉동 생마 파우치 동결후 해동방법 선호도

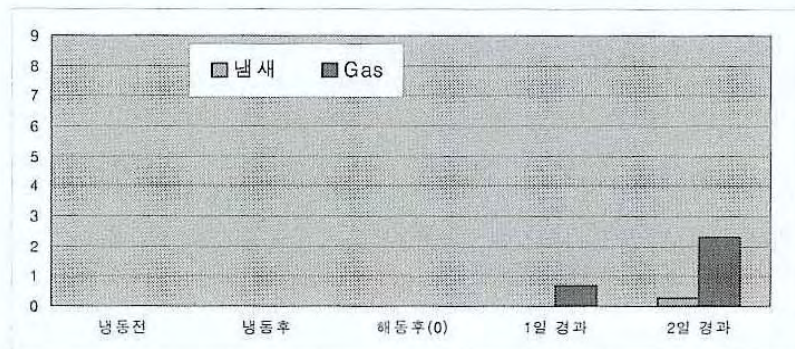


그림 49. 냉동 생마 파우치 해동후 경과일수에 따른 gas 및 냄새발생 변화

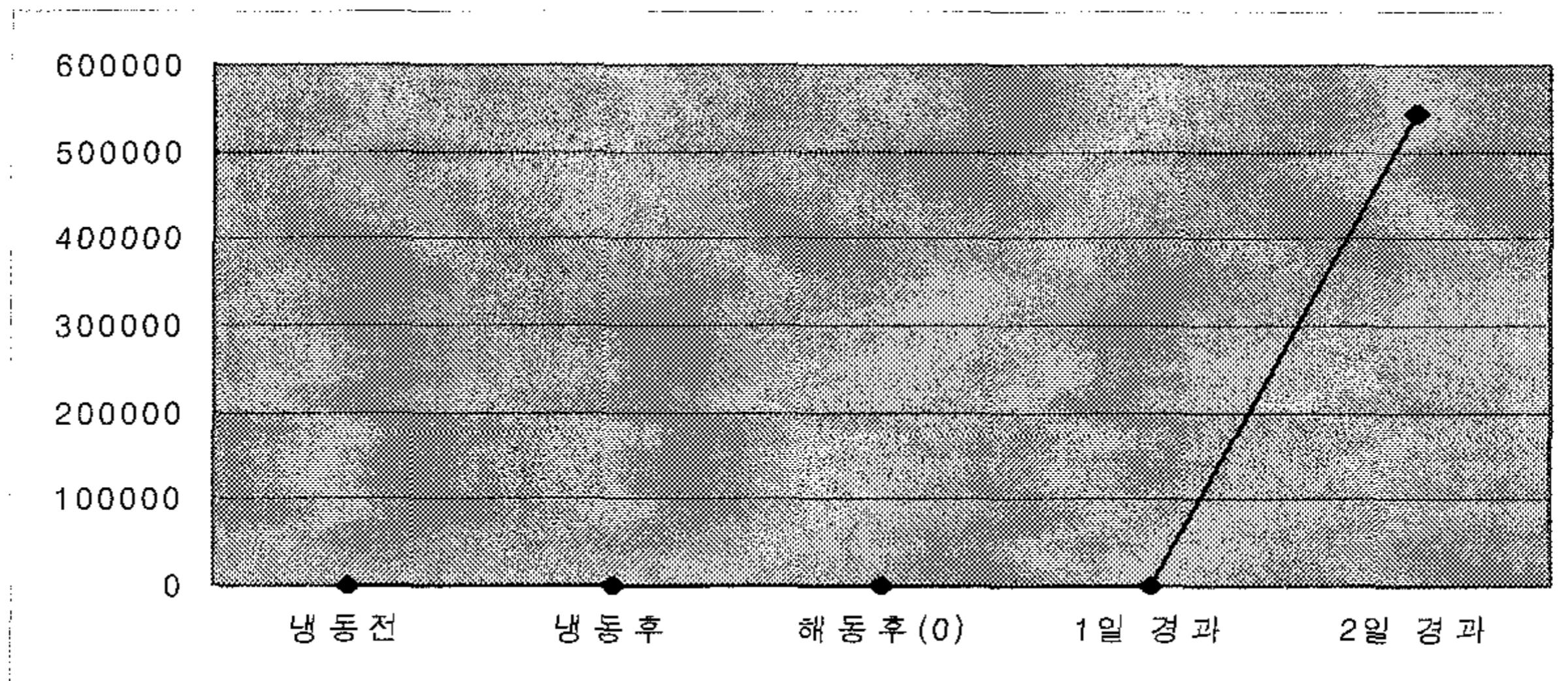


그림 50. 냉동 생마 파우치 해동후 경과일수에 따른 총균수 변화

#### 나. 거피 생마 흑초(바로 마시는 생초-북후농협가공공장산) 침지

식물 생체의 식초절임은 조미를 겸한 저장법으로 특수한 경우를 제외하고는 단기간 보존에 이용되고 사용하는 산의 종류는 초산, 유산, 구연산 등이며 레몬 등의 고즙도 사용되고 있다. 미생물의 생육은 배지의 pH에 따라 영향을 받으며 일반적으로 세균류는 중성부근에서 잘 생육하고 pH 4.5 이하에서는 생육하지 못한다. 그러나 효모나 곰팡이는 약한 산성에서 잘 생육하며, pH 2.5 부근까지 생육이 가능하다고 한다. 초산균이나 유산균과 같이 산성에 잘 번식하는 세균류도 존재한다. 식초절임의 방부작용은 수소이온 농도에 따른 세포 단백질의 응고현상으로 생각되며 살균력도 가진다. 그러나 같은 pH의 경우에 염산이나 황산과 같은 강산 보다도 초산이나 유산과 같은 유기산이 미생물의 생육억제 효과가 크다. 이것으로 보아 pH의 영향뿐만 아니라 음이온과 불해리 분자도 영향을 미치는 것으로 생각된다. 유기산은 무기산에 비하여 향미가 좋고 생리적으로도 우수하며 실용면에서 대단히 좋은 경우가 된다.

본 실험에 사용한 흑초는 초산농도가 4%로 pH가 2.3 정도로서 미생물의 생육제어 효과가 클 것으로 기대하고 거피 생마를 침지처리하여 4, 25℃에서 3주간 품질변화를 조사하였다. 침지된 생마와 침지액 각각에 대한 미생물수의 변화는 저장초기 생마에 부착된 것이 조금 관찰되었으나 초산에 의해 1주 후에는 모두 사멸되는 효과를 보였다. 또한 4, 25℃ 모두에서 미생물의 증식이 관찰되지 않아 생마 보존재로서 매우 우수한 것으로 생각된다. 그러나 25℃로 저장된 거피 생마의 경우 조직이 단단해져서 식감의 손상을 유발함으로 4℃ 정도의 저온으로 유통하는 것이 좋을 것으로

판단되었다.

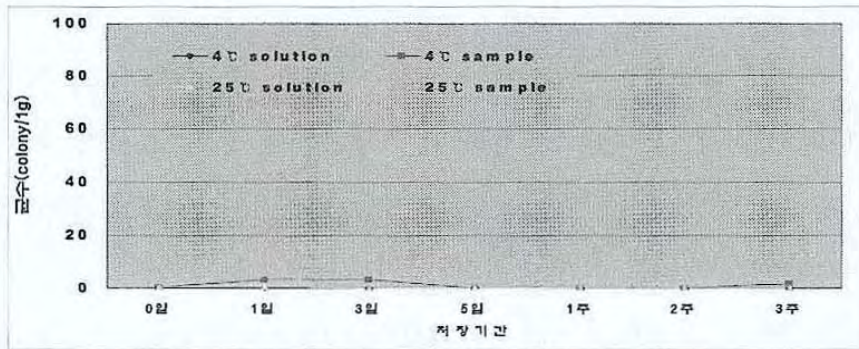


그림 51. 거피 생마 흑초용액(초산 4%)침지 후 총균수 변화

#### 다. 생마 신선편이 제품 기호도 조사

거피 생마의 보존성과 기능성을 향상시키기 위하여 1.5% 계피용액, 1.5% 페파민트 용액, 흑초용액(초산4%)에 침지처리한 신선편이 제품에 대한 기호도를 조사하였다.

계피는 기혈의 순행이 잘 안 되면 통증이 나타나서 복통, 관절통 등의 증상이 나타나는데 이때에도 효과가 좋다. 그리고 어혈을 없애는 효과가 있어 산후에 어혈로 인한 복통이나 화농이 있을 때에도 이를 치료하는 작용이 있다. 계피의 주성분은 주로 씨나몬유라고 하는 계피정유로서 1~2%를 함유하고 있다. 계피는 심장운동을 흥분시켜 수축력과 심장박동을 빠르게 하며 혈관을 확장시키는 작용이 있다. 또 혈액 응고를 방지하고 진정, 진통, 해열작용 등이 있다. 소화기에도 작용하는 데 장운동을 촉진하고 소화액 분비를 높이며, 장 내에 축적된 노폐물을 배출시킨다. 그리고 항균 작용도 있다. 기관지천식, 만성기관지염에 좋은 효과 나타내 계피는 비록 식품이기는 하지만 위와 같은 다양한 약리작용을 가지고 있어 가벼운 질환에 사용하면 꽤 효과가 있는 한약재 중 하나이다. 우선 계피는 기관지천식이나 만성기관지염으로 기침을 오래 할 때 효과가 있다. 이때 나타나는 기침은 한의학적으로 쉽게 설명하자면 찬 기운으로 인하여 폐장에 기의 순환이 잘 안 되어서 기가 폐장 밖으로 새어나오는 허증의 기침이라고 할 수 있다. 이때 계피를 먹으면 폐장을 따뜻하게 하고 기순환을 촉진시키기 때문에 기침이 멎을 수 있다. 계피는 진통효과가 크기 때문에 어혈로 인한 요통이나 기타 관절통 등에도 효과가 있다. 감기 몸살 약에 계피가 들어가는 경우가 많은데 이것은 계피에 해열효과가 있지만 진통효과도 커서 온몸이 쭈신 증상을



완화해 주기 때문이다. 그리고 계피는 피부질환인 건선이나 두드러기에도 좋으며, 소화가 잘 안 되는 위장장애의 경우에도 좋다. 계피는 해독작용이 있어서 부자증독 등에도 사용된다.

페파민트는 여러 나라의 약전에도 올라 있는 귀중한 약초(藥草)로, 위장병, 두통, 콜레라, 히스테리, 신경통, 류마티스, 치통, 산욕열, 산통 등에 효과가 있고, 항염, 진통, 발한제 및 방부제로 쓰인다. 옛날에는 감기나 위장병에 약으로 달여서 마시거나 차로 만들어 마셨으며, 가을부터 꾸준히 마시면 겨울철 감기예방에 좋다

계피, 페파민트, 흑초 침지처리 생마 신선편이 기호도 조사에서 나이, 성별, 마를 먹은 경험에 관계없이 흑초 침지처리가 가장 높은 점수를 받아 기호성이 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 생마 파우치(마즙) 제품에 대한 기호도를 조사한 결과, 76%의 응답자가 '아주좋다' 또는 '좋다'로 평가하여 제품으로 개발할 가치가 높은 것으로 판단되었다.

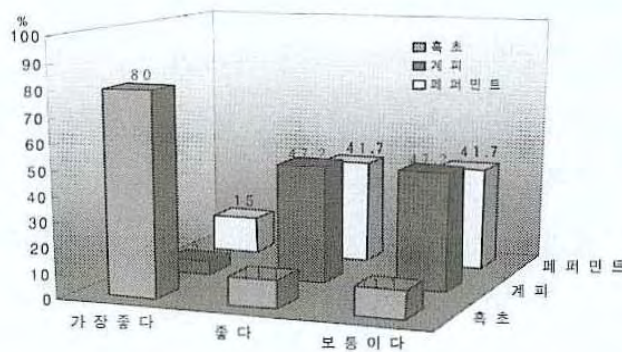


그림 52. 흑초, 계피, 페파민트처리 마 신선편이 제품 기호도

표31. 나이에 따른 마 신선편이 제품 기호도

나 이	기호도(%)		
	흑초	계피	페파민트
20대	100.0	0.0	0.0
30대	71.4	0.0	28.6
40대	54.5	18.2	27.3
50대	75.0	0.0	25.0

표 32. 성별에 따른 마 신선편이 제품 기호도

성 별	기호도(%)		
	후초	계피	페퍼민트
남	77.8	0	22.2
여	81.8	9.1	9.1

표 33. 마 먹은 경험에 따른 마 신선편이 제품 기호도

마 먹은 경험	기호도(%)		
	후초	계피	페퍼민트
없다	100	0	0
1~2번	73.3	0	26.7
가끔	92.3	0	7.7
거의 매일	66.7	16.7	16.7

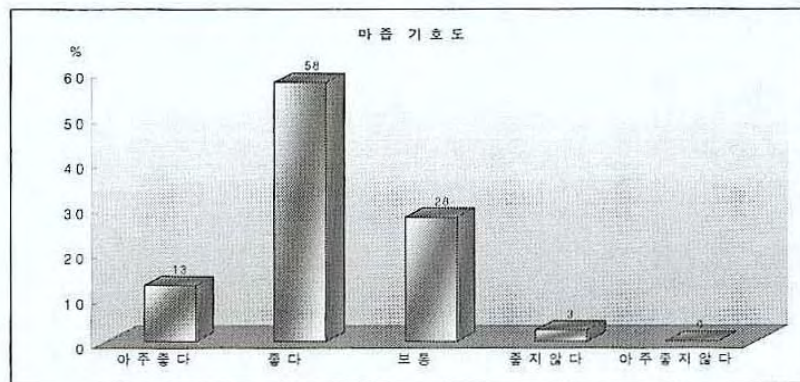


그림 53. 마 파우치(마즙) 제품에 대한 기호도

# 생마 신선편이 식품 설문지

안녕하십니까?

이 설문은 마 신선편이 식품 개발을 위한 연구의 일환으로 실시하는 것입니다. 바쁘시더라도 본 연구가 후일 마 신선편이 식품의 활성화에 일익을 한다는 점을 감안하시어, 각 문항에 성실한 답변을 부탁드립니다.

경상북도농업기술원 생물자원연구소

※ 각 문항 내용을 읽어 보시고 해당번호를 ( )에 적어 주시기 바랍니다.

1. 귀하의 성별은? ( ) ① 남 ② 여
2. 귀하의 연령대는? ( ) ① 20대 ② 30대 ③ 40대 ④ 50대 ⑤ 60대이상
3. 마를 드신 경험은? ( ) ① 없다 ② 1~2번 ③ 가끔 ④ 거의 매일

4. (시식) 마즙 제품 시식 후, 본인의 기호도 정도를 √ 표시해 주세요.



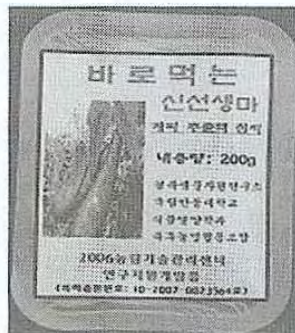
- ( ) 아주 좋다
- ( ) 좋다
- ( ) 보통이다
- ( ) 좋지 않다
- ( ) 아주 좋지 않다

5. (시식) 마 저장성 향상을 위한 천연저장액 종류입니다. 시식 후, 3가지 중 본인이 가장 좋아하는 순서대로 번호를 적어 주세요. 가장 좋다 ( ) 좋다 ( ) 보통 ( )

① 흑초

② 계피

③ 페퍼민트



※ 기타 좋은 의견이 있으시면 ( )  
- 대단히 감사합니다 -

그림 54. 생마 신선편이 기호도 조사 설문지

## 제 2 세부과제 : 생마 및 신선편이 제품의 공정별 안전성 구명

### 제 1절 연구 접근방법

1. 생마 재료 준비 : 주관 연구기관인 경북 생물자원연구소 내의 포장 및 인근 재배지에서 생산한 마를 아래 각 시험에 사용하며, 필요에 따라 저장고, 건조실, 세척실, 행굼장치, 파쇄기,포장기 등은 북후 마 가공공장 및 안동대학교 식품영양학과 기기 및 시설들을 사용함.
2. 생마 세척, 행굼, 거피, 건조, 소독 과정 개발
  - 세척과 행굼은 음용수로 가능한 지하수를 이용
  - 세척 방법 : 침지 수세, 고압살수 등 경제적이고 자동화 가능한 방법을 개발한다.  
실제 토양 및 이물질의 제거는 브러쉬로 제거하고 세척하는 것이 유리함,
  - 세척수 온도 : 세척수 온도별 세척력과 갈변정도 분석으로 제품의 안정성을 높인다.  
실제 세척온도는 지하수 (~15℃ 전후)를 사용하며, 15~30℃ 사이의 일반적으로 사용하는 온도범위내에서는 세척수의 온도와 세척정도 및 세척후 갈변도와는 무관함을 확인
  - 행굼 과정: 세척후 행굼 과정은 세척수와 동일한 조건으로 행굼
  - 건조 및 소독: 음건에서 물기만 건조 후, 시판 제1종 세척제로 소독함 (이 경우 2차적인 행굼과정이 필요 없음). 사용한 1종 세척제(L사, 한국)는 No-rinse제제로 구연산과 미량의 계면활성제로 구성되어 있음.
3. 부패 원인균 및 식품 위해 요소 평가
  - 부패 원인균 동정 및 부패 방지 대책 개발
    - 마의 절단 부위에 기생하는 균을 채집하여 인공배지에 접종 배양하여 단일 포자를 분리 동정하고, 재배 토양과 저장실 내에서 채집한 포자와 비교하여 균의 발생 원인을 분석한다.
    - 또한 마의 상처부위 및 수확부위에서는 곰팡이 이외에 부패성 세균이 존재하므

로 이에 대한 원인균 분리, 확인

- 특히 저온유통 및 저온 저장 시스템을 고려할 때 저온성 부패세균에 대한 연구가 필요함.
- 부패 방지 대책 개발 : 균제의 혼증처리에 의한 방제와 톱밥, 왕겨 등 부산물을 이용한 균발생 억제 방법을 개발한다. 또한 미생물의 생육을 억제하는 유기산 침지처리 및 천연물 항균제인 각종 향신료 추출물을 이용한 부패억제 개발

○ 식품 위해요소

- 저장 중에 인체에 해로운 대장균, 살모넬라, 시켈라 등의 식중독 위해세균 및 곰팡이 증식에 따른 위해 요소를 평가한다.

4. 거피, 수세, 행굼 등 단위공정별 손실, 성분 변화 분석

- 가공공정별 원재료의 손실 및 구성성분(Mucin 등)의 손실율을 평가하여, 단위공정의 효율적인 배치 및 순서를 확인한다. 실험에 사용한 공정은 다음과 같다.

가. 생마 단기 및 장기 저장공정

생마 수확 - 토양, 이물질 제거 (brushing) - 수세 - 소독 (1종 세척제) - 행굼-건조 - 저장 (4~8℃)

나. 생마 신선편이 가공 공정

1	저장생마 - 거피 - 수세 - 절단 - 유통 저장생마 - 거피 - 수세 - 절단 - 침지 (유기산, 향신료) - 포장 - 유통
2	생마 수확 - 토양, 이물질 제거 (brushing) - 수세 - 소독 (1종 세척제) - 행굼- 거피 - 소독 (1종 세척제) - 행굼 - 절단 - 포장 - 유통 (4~8℃)
3	생마 수확 - 토양, 이물질 제거 (brushing) - 수세 - 거피 - 소독 (1종 세척제) - 행굼- 절단 - 포장 - 유통 (4~8℃)
4	생마 수확 - 토양, 이물질 제거 (brushing) - 수세 - 거피 - 수세 - 절단 - 포장 - 유통 (4~8℃)
5	생마 수확 - 토양, 이물질 제거 (brushing) - 거피 - 수세 - 절단 - 포장 - 유통
6	생마 수확 - 토양, 이물질 제거 (brushing) - 거피 - 수세 - 절단 - 침지 (유기산, 향신료) - 포장 - 유통

5. 저장기간별 마의 가공품질 분석

- 장기저장에 따른 마의 견고성, 응집성, 부착성, 탄력성 등의 텍스처, 균질물의 물성 등을 조사하였다.

- pH, 무게감소, 수분함량의 변화 및 유리당, 총당, 단백질 함량의 변화를 검토하고, 저장기간에 따른 마의 색차 변화 등 관능적 품질을 분석한다.

#### 6. 생마 및 마 분말에서의 유용성분 추출 및 분석

- 식품산업에서 허용된 열수 추출물 및 주정, 에탄올 추출물을 이용하여 이들의 향암 및 항균, 항산화 효과를 조사하여 활성이 높은 분획물 또는 순수 물질을 추출 분리한다

- 생마의 유용성분이 생마 고부가가치 제품에 나타날 수 있도록 첨가량을 결정하며, 최종제품에서 유용기능을 확인한다.

#### 7. 생마의 관능성 증대, 신선도 유지기술, 무갈변 가공기술 개발

- 생마 가공품에 유기산, 향신료 및 시판 첨가물, 음료등을 이용하여 제품의 색깔과 맛을 조절하고 소비자를 대상으로 관능성을 검사한다.

- 생마 또는 생마 가공품의 선도 유지에 적합한 포장재를 선별하고, 제품의 포장방법과 포장 후 보관에 적합한 조건을 온도별로 조사한다.

- 가공과정에서 발생하는 마의 갈변을 방지하고 고유의 색을 유지하기 위하여 저온가공 공정과 유기산과 같은 갈변방지제 등의 효과를 분석한다.

#### 8. 생마 신선편이 및 생마 paste 파우치 제품 개발

- 마를 즉석에서 간편하게 먹을 수 있는 제품의 단순가공 방법, 첨가물의 종류 및 농도, 살균과 같은 위해요소 제거 방법, 포장 용기 등의 제품화기술을 개발한다.

- 생마 paste (갈아만든 생마)의 갈변 방지 및 관능성 증대방안을 개발한다.

#### 9. 다양한 시제품 생산 및 제품화 준비

- 상기에서 개발된 기술을 바탕으로 다양한 시제품 (생마 paste, 기능성 생마 신선편이, 마꿀차, 생마 아이스크림 등)을 제작하고, 소비자 선호도 조사 및 제품화를 위한 공정을 검토한다.

## 제 2절 연구 내용

- 생마 장기저장 중 곰팡이, 세균에 의한 식품위해성 제고방안 검토
- 생마 저온 부패미생물 분리, 확인 및 제어방법 개발
- 생마 단기 및 장기저장중 영양성분, 관능성 변화 검토
- 장기저장중 마의 영양성분, 관능성 손상 방지기술 개발
- 마의 가려움 원인물질 규명 및 저장, 가공조건에서의 변화 검토
- 생마의 세척, 탈피, 세절, 살균, 포장 공정 개발
- 생마 신선편이 개발 및 기능성 생마 신선편이 개발
- 생마 paste, 마꿀차, 생마 아이스크림 등 고부가가치 제품 개발
- 개발제품의 유통안전성, 기능성 평가

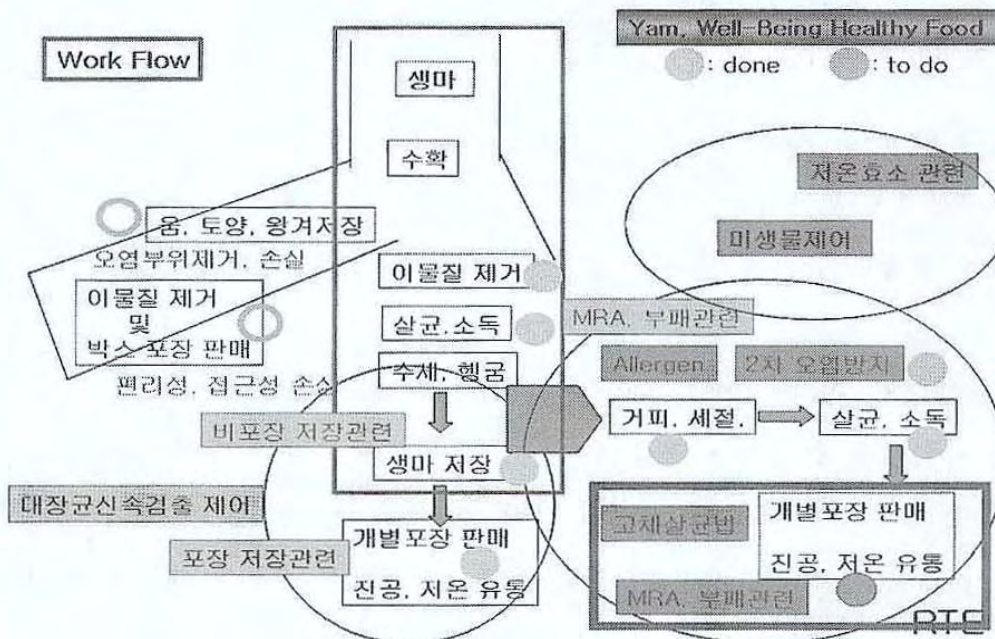


그림 55. 생마, 저장, 신선편이 제조, 오염균 확인과 관련된 연구 진행, 진척도

## 1. 생마 (원재료)의 위해성 평가

생마, 또는 생마를 이용한 신선편이 제품의 유통을 위해서는 원재료인 생마의 안전성부터 확보되어야 하므로, 생마 원재료의 안전성을 평가하였다. 평가는 미생물위해요소 평가 (MRA: Microbial Risk Assessment), 중금속 위해요소 평가(HMRA: Heavy Metal Risk Assessment), 잔류농약 위해요소 평가(RPRA: Residual Pesticide Risk Assessment)로 나누어 실시하였으며, 일반적으로 미생물에 의한 식품건강장해 위험도가 가장 높으므로, 미생물위해요소 평가를 중점적으로 실시하였다.

식품의 건강장해 위험도:

미생물 > 영양실조 > 환경오염물 > 자연독 > 잔류농약 > 식품첨가물

현재까지 다양한 신선편이에서 *Salmonella* sp, *Listeria monocytogenes* 등의 잠재적 위험성이 보고되어 있으므로, 총 세균수 검출뿐만 아니라, SS agar medium 및 oxford medium을 사용하여 *Salmonella* sp, *Listeria monocytogenes* 균주 검출을 시도하였다.

그 결과, 생마 절편은 미생물 위하는 없는 것으로 확인하였다. 또한 조직내에서 세균 등 다른 미생물도 관찰되지 않았다.

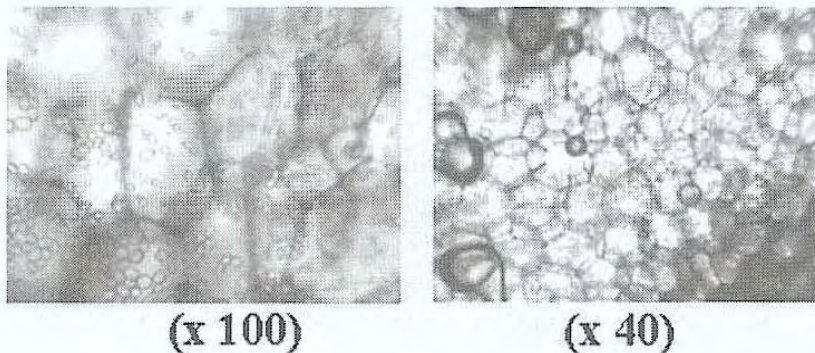


그림 56. 생마 조직의 무균상태 확인

중금속의 경우 재배환경, 재배지 토양 및 재배법에 따라 다양하게 나타날 수 있으며, 검사는 마와 마 분말을 회화 후 원자흡광분석기 (AAS)와 유도결합플라즈마 분석기 (ICP)를 이용하여 미량원소와 중금속으로 나누어 평가하였다. SRM 분석은 다음과 같았다.



표 34. 마 건조분말 1g당 미량원소 및 중금속 함량

Mineral	SRM analysis (%) <sup>1</sup>
Trace mineral	
Zn	86.0±8.1
Mn	83.1±6.2
Fe	92.4±5.5
Cu	83.7±2.5
Se	-
Cr	-
Heavy metal	
Cd	115.5±23.5
Pb	-
As	-

분석결과 건조분말 1 g당 미량원소인 Zn은 18.3±1.1 ug, Mn 은 11.9±0.4 ug, Fe 는 36.0±1.4 ug, Cu는 3.7±0.3 ug, Cr은 1.27±0.2 ug으로 나타나, 생마가 우수한 미량원소 공급원으로 작용할 수 있음을 확인하였으며, 중금속의 경우 Cd, Cr, As, Pb, Ni, Sn의 경우 각각 40.9±1.0 ug, 1.27±0.2 ug, 101.1±90 ug, 0.46±0.1 ug, 1.0±0.0 ug, 8.13±0.0 ug을 나타내어 각각 국내 일반 판매되는 곡류와 비교하여도 더욱 낮은 수치를 나타내어 중금속 안전성은 확보된 것으로 확인되었다.

또한 재배지 토양의 경우에도 기타 지역에 비해 중금속 오염이 나타나지 않은 것으로 확인되었다.

표 35. 마 재배지 토양의 중금속 함량

위 치	Cu	Cr	Pb	Cd	Ni	Zn	As
안동시 북후면 연곡리	4.96	1.92	0.86	0.05	3.31	78.28	0.14
안동시 북후면 대현 1리	0.72	0.18	0.55	0.06	2.64	64.98	0.09
안동시 서후면 광평 1리	2.83	0.18	0.96	0.01	3.44	103.46	0.07
안동시 북후면 응천 3리	2.49	0.10	0.89	0.02	1.44	70.01	0.13
안동시 와룡면 서현 1리	2.32	0.21	0.67	0.02	1.77	82.10	0.07
안동시 녹전면 서삼 1리	2.93	0.73	0.75	0.05	7.26	67.75	0.12
안동시 북후면 도촌 1리	3.39	0.60	1.47	0.03	4.44	94.57	0.08
안동시 풍천면 구담 1리	1.30	0.15	0.95	0.01	10.44	54.29	0.36
안동시 서후면 광평 1리	1.55	0.07	0.24	0.01	1.85	135.15	0.07
소계	22.49	4.14	7.34	0.26	36.59	750.59	1.13
평균	2.50	0.46	0.82	0.03	4.07	83.40	0.13
표준편차	1.26	0.59	0.34	0.02	2.98	24.61	0.09

잔류농약은 GC-ECD와 GC-NPD를 이용하여 분석하였으며, 그 결과 모두 검출되지 않아 안전성은 확보된 것으로 확인하였다. 검출에 사용된 잔류농약 표준품은 다음과 같다.

**Gas chromatography-ECD:** ethoprophos, BHC-1, -2, -3, -4, dimethoate, quintozone, chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, chlorpyrifos, dicofol, phendimethalin, phenthoate, procymidone, endosulfan-a -b, imazalil, EPN, bifenthrin, tetradifon, cyhalothrin, fenarimol, permethrin-2, fenvalerate

**Gas chromatography-NPD:** dichlorvos, terbufos, diazinon, chlorpyrifos-methyl, parathion-methyl, metalaxyl, chlorpyrifos, parathion, fenthion, cyprodinil, prothiofos, chlorfenapyr, mepanipyrim, fludioxonil, triazophos, pyrazophos

## 2. 생마 부패 관련 세균의 분리, 동정 및 제어

생마의 경우 수확 후 주로 곰팡이에 의해 부패가 진행되는 반면, 이물질, 부착토양 및 곰팡이를 제거한 후 세척 포장 [세척마], 또는 신선편이 제조용으로 거피한 경우에는 곰팡이 보다는 저온성 부패세균에 의한 오염이 지배적이며, 특히 일반포장 (PE 포장의 경우에도)에서 부패발효가 나타나는 것이 가장 큰 문제로 판단되었다.

따라서 부패관련 세균의 분리를 하고 이를 다양한 방법으로 동정하였으며, 균학적 특성을 검토한 후, 이들을 효율적으로 제어하는 방법을 검토하였다. 오염세균은 총 13종을 분리하였으며, 이들을 동정한 결과 *Pseudomonas sp.*, *Agrobacterium sp.* 등이 확인되었다(표 36). 이들 중 Yam 10, Yam 12 (*Pseudomonas putida*, *Pseudomonas cepacia*) 두 균주가 저온성 균주이며, 저온보관 시 생마 부패에 중요한 역할을 하는 것으로 확인하였다.

생마는 2005년 경북 안동 및 고령에서 수확한 마(*Dioscorea batatas*)를 이용하였으며, 4개월간 4°C 냉장창고에서 보관중인 마를 구입하여 부패 부위로부터 세균을 분리하였다. 분리된 세균을 대상으로 한 생마 부패실험의 경우, 생마 표면의 이물질을 제거한 후, 음용수로 세척하고, 시판 1종 세척제에 5분 동안 침지한 후, 다시 음용수로 세척제를 제거하였으며, 음건후 사용하였다.

부패균의 분리 및 동정: 다양한 부패 생마의 부패 부위를 멸균 칼로 도려내어, 이를 멸균수에 적당히 현탁한 후, 0.1 mL를 Nutrient agar 배지(Difco Co., USA)에 도말하고, 35°C에서 2일간 배양하였다. 성장된 세균의 콜로니 중 육안판정으로 서로 다른 세균 13종을 분리하였으며, 이들은 건전 생마를 대상으로 다양한 조건에서 부패력을 평가하였다. 분리된 세균들은 BBL crystal 동정시스템 (BD BBL Crystal™, USA)과 세포막 지방산 조성분석 (Gas Chromatography HP 5890, USA), 16S rDNA 염기서열 분석 및 Bergey's manual 기준에 의거하여 각각 동정하였다 [Bulter1986, Bergey's manual of sytematic bacteriology].

순수분리된 13종의 세균을 BBL 균주 동정시스템 및 세포막 지방산 분석을 통해 동정된 결과는 표 36에 나타내었다. 13종의 세균 중 YAM-1, -2, -10, -12균주는 *Pseudomonas* sp.로 확인되었으며, YAM-8, -9는 *Stenotrophomonas* sp.로 동정되었다. 그 외 *Corynebacterium* sp., *Agrobacterium* sp. 및 *Acinetobacter* sp.도 확인되었다. 이들의 최적 생육온도를 4, 12, 20, 25, 30 및 37°C에서 48시간 배양 후 측정결과 YAM-3, -5, -8, -9, -11균주의 경우에는 37°C에서 최대생육을 나타내었으나, YAM-1, -2, -6, -7, -12균주의 경우에는 30°C에서 최대생육을 나타내었다. 또한 YAM-4, -10, -13균주는 30°C 및 37°C보다 오히려 25°C에서 최대생육을 나타내었다. 그러나 분리균주 13종은 4°C 저온 저장창고의 부패된 마로부터 분리되었으며, Champagne 등의 정의[Champagne, 1994, Psychrotrophs in dairy products; their effects and their control]에 따라 7°C에서 10일간 배양시 성장이 가능하여 저온성 세균으로 인정되었다.

생마 부패 활성 검색: 부패생마에서 순수 분리된 13종의 세균을, 600 nm에서의 흡광도가 0.1이 되도록 멸균수로 조정된 후, 세균 현탁액 0.1 mL를 생마 절편(3.5 cm×3.5 cm×4 mm)에 도포하였다. 사용한 생마 절편은 건전한 생마절편을 멸균 칼로 절단한 것 (무처리구), 생마절편을 NaOCl (100 ppm) 용액에 5분동안 침지하여 살균하고, 이를 멸균수로 5분간 헹궈하고 물기를 제거한 것(락스 살균), 및 생마절편을 121°C에서 5분동안 고압증기멸균한 것(고압멸균)을 각각 사용하였다. 세균 현탁액을 도포한 생마절편들은 멸균 페트리디시(55×12 mm, 녹십자의료공업, 한국)에 넣어 수분증발을 억제한 후 각각 4, 12, 20, 30, 37°C의 배양기에 넣어 배양하면서 7일 동안 부패진행도를 관찰하였다. 이때 세균 현탁액 대신 멸균수를 0.1 mL 도포한 경우와,

부패활성이 없는 *E. coli* KCTC 1682 현탁액을 0.1 mL 도포한 경우를 대조구로 설정하였다. 한편 부패세균이 생마부패에만 특이적으로 관련하는지 확인하기 위해 양파 절편을 무처리구, 락스살균, 고압멸균 처리후 동일한 방법으로 부패세균 현탁액을 도포하여 각각 부패력을 측정하였다.

### 생마 지온부패 원인균 (지온 세균) 분리, 동정



락스처리 및 무처리 생마절편을 이용한 부패실험에서 주로 부패를 유발하는 균주는 YAM-10과 YAM-12로 확인되었다. 20°C와 30°C의 3일간 배양시에 고압멸균 처리한 경우에는 가장 빨리 부패가 진행되었으며, 무처리구 및 락스처리구에서도 부패가 나타났다. 대조구로 사용된 멸균수 도포의 경우 시간경과에 따라 부패는 나타나지 않았으나, 고압멸균 처리경우를 제외하고는 갈변현상이 나타났으며, 이는 20°C보다 30°C에서 강하게 나타났다. 또한 대장균을 각각의 생마절편에 도포한 경우에는, 고압멸균후 30°C에서 배양한 경우에만 성장이 확인되었다. 따라서 YAM-10 및 YAM-12를 제외한 일반세균들은 생마의 조직과 효소계를 고압멸균하여 파괴하지 않는 경우, 부패에 직접 관련하지는 않을 것으로 판단되었다.

Table 36. Identification and characterization of psychrotrophic bacteria isolated from rotted yam.

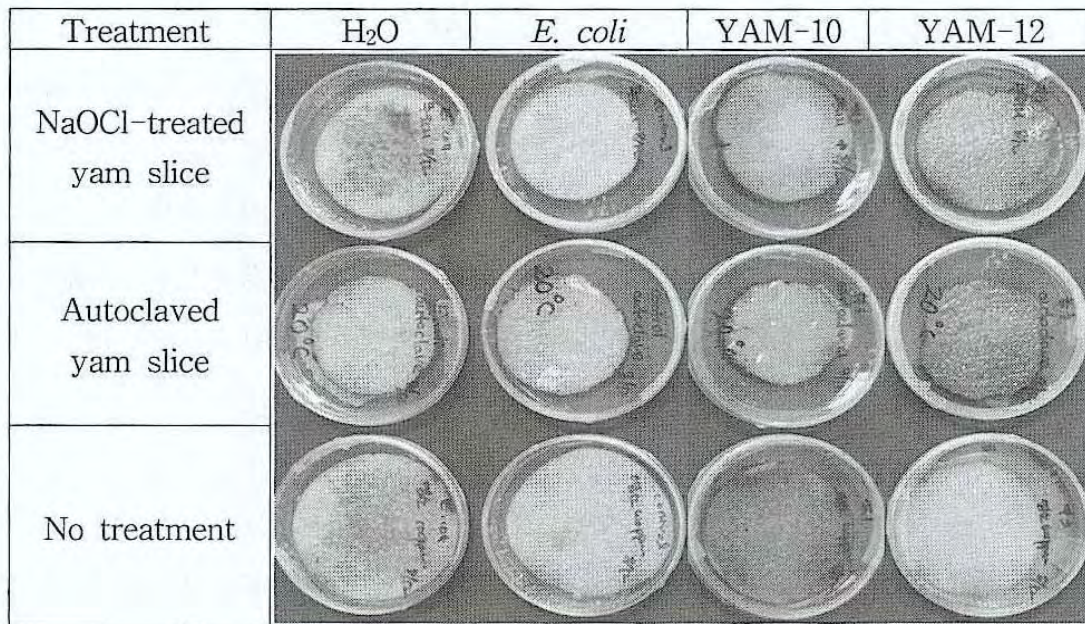
No.	Identification	Optimum growth temperature (°C)	Putrefaction		
			4°C	20°C	30°C
YAM-1	<i>Pseudomonas</i> sp.	30	- <sup>a</sup>	-	-
YAM-2	<i>Pseudomonas</i> sp.	30	-	-	-
YAM-3	<i>Corynebacterium jeikeium</i>	37	-	-	-
YAM-4	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	25	-	-	-
YAM-5	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	37	-	-	-
YAM-6	<i>Brevibacillus brevis</i>	30	-	-	-
YAM-7	<i>Flavimonas oryzihabitans</i>	30	-	-	-
YAM-8	<i>Stenotrophomonas</i> sp.	37	-	-	-
YAM-9	<i>Stenotrophomonas</i> sp.	37	-	-	-
YAM-10	<i>Pseudomonas</i> sp.	25	+ <sup>b</sup>	++ <sup>c</sup>	+++ <sup>d</sup>
YAM-11	<i>Yokenella regensburgei</i>	37	-	-	+
YAM-12	<i>Pseudomonas</i> sp.	30	+	++	++
YAM-13	<i>Pantoea agglomerans</i>	25	-	-	-

The optimum growth temperature was determined by measuring of cell growth OD at 600 nm after 2 days cultivation in nutrient broth at 4, 12, 20, 25, 30, and 37°C, respectively.

Putrefaction was determined by cell growth and tissue destruction after spray of bacterial suspension on fresh yam slice and NaOCl (100 ppm) treated yam slice.

-<sup>a</sup>: no putrefaction, +<sup>b</sup>: weak, ++: medium, and +++: strong putrefaction.

(a)



(b)

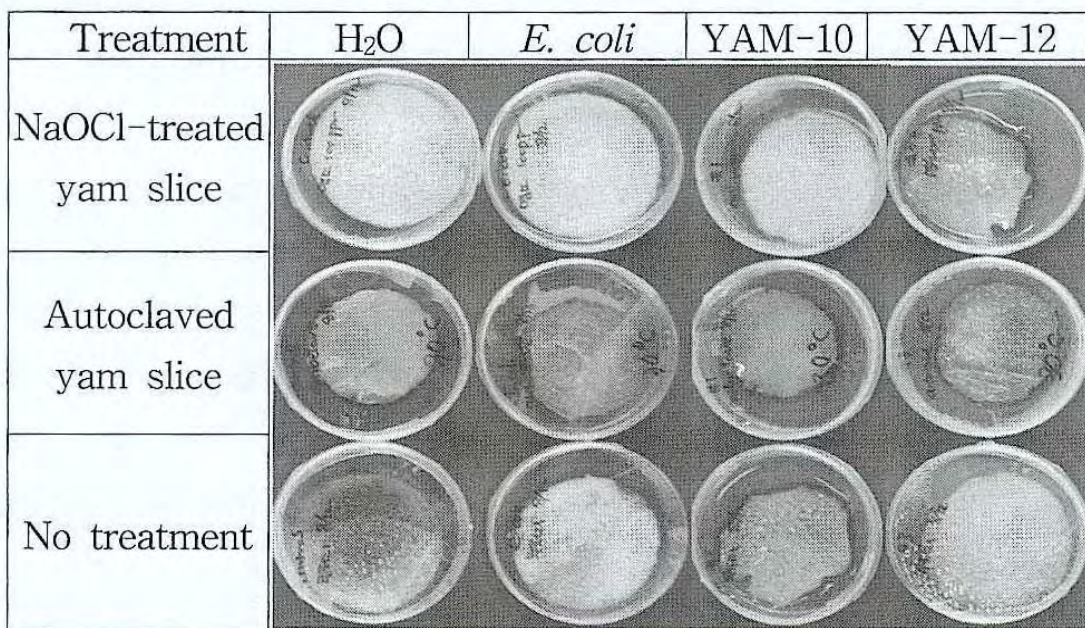


Fig. 57. Yam putrefaction assay using yam slices after spray of different bacteria.

The NaOCl was treated for 5 min at 100 ppm and autoclaved conditions were 121°C for 5 min, respectively. After spray of bacterium, the yam slices were incubated at (a) 20°C and (b) 30°C for 3 days.

부패균의 생육특성: 저온저장, 저온 유통중 생마부패에 직접 관련되는 YAM-10 및 YAM-12 균주의 최적 생육온도 및 최적 생육 pH를 검토하였다. 사용배지는 Nutrient broth (Difco Co., USA)를 사용하였으며, 4, 12, 20, 25, 30, 37°C에서 48시간 정치배양 후 생육도를 측정하였다. 최적 생육 pH의 경우에는 Nutrient broth (Difco Co., USA)의 초기 pH를 0.1 N HCl, 또는 0.1N NaOH를 사용하여 각각 pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 및 10 으로 조정 후, 20°C에서 48시간 배양 후 생육도를 측정하였다. 세균의 생육도는 600 nm에서 흡광도로 측정하여 상대생육도(%)로 나타내었으며, 대조구로는 *E. coli* KCTC 1682를 사용하였다.

효소활성측정: 시판 생마 분말(마분말 100%, 복후농협, 안동)을 1% (w/w) 되게 포함시킨 최소배지 [0.5% glucose, 0.2% (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0.1% KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0.1% K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0.05% MgSO<sub>4</sub>, 0.05% CaCl<sub>2</sub>, 0.05% NaCl]에 분리세균을 각각 접종하여 20°C에서 5일간 진탕배양(120 rpm, VS-8480SF, Vision Co., Korea)후 배양액을 원심분리하여 균체를 제거한 상등액을 효소원으로 사용하였다. 균의 성장은 배양 종료 후, 배양액 0.1 mL를 Nutrient agar 배지에 도말하고 배양하여 콜로니를 계수하여 나타내었다. 최종 amylase 활성은 1% starch 용액을 기질로, carboxy methyl cellulase (CMCase) 활성은 1% CMC를 기질로, polygalacturonase (PGase) 활성은 1% sodium polygalacturonic acid를 기질로, xylanase 활성은 1% xylan을 기질로 사용하였다. 효소 활성은 각각의 기질 0.5 mL와 McIlvain buffer(pH 5.0) 0.5 mL, 효소 0.5 mL를 혼합 후 40°C에서 60분간 반응 후, 유리되는 환원당을 DNS법으로 정량하였다[Miller, 1959. Anal. Chem.]. 효소 반응의 대조구는 100°C에서 10분간 가열한 효소를 사용하였으며, 효소의 상대활성은 흡광도 값으로 비교하였다[Lee. et al., 2005, Kor. J. Microbiol. Biotechnol].

13종의 분리세균들의 효소활성과 생마부패 활성과의 관련성을 검토하였다. 1% 마분말을 포함하는 최소배지를 이용하여, 20°C에서 5일간 배양 결과 전반적인 세균 성장은 양호하였으며, YAM-10 및 YAM-12균주 배양의 경우에는 예상대로 불용성 마분말이 분해되어, 배양기간이 길어질수록 배양액이 투명화되는 현상을 나타내었다. 최종 배양 pH는 균주마다 다르게 나타났으며, YAM-1, -4, -6, -9, -10, -11, -12의 경우에는 3~4.5로 감소한 반면, 나머지 균주들은 초기 pH를 유지하였다. 각 균주의 배양상등액을 이용하여 생마 조직파괴 및 부패에 직접 관련될 것으로 예상되는

amylase, CMCCase, PGase, 및 xylanase 활성을 측정한 결과 (Table 37), amylase 활성은 YAM-10, YAM-12에서 우수하였으며, CMCCase 활성은 YAM-7, -10, -11, -12, 및 -13에서, PGase 활성은 YAM-4, YAM-5에서, xylanase 활성은 YAM-1, -5, 및 -12에서 각각 우수하였다. 생마부패력이 강력한 YAM-12균주는 amylase, CMCCase, xylanase 활성이 전반적으로 우수하였으며, 이러한 강력한 다당류 분해능은 생마부패와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 한편 생마 부패력이 약한 YAM-5 및 YAM-7의 경우 각각 PGase 및 CMCCase 활성은 우수하나, amylase 활성이 미약함을 알 수 있으며, 이러한 결과는 생마의 주 성분이 전분질임을 감안할 때, 저온에서 강력한 amylase 활성을 나타내는 균이 생마 저온 장기저장시 부패원인균으로 작용함을 제시한다. 한편 양파부패에 관련된 *Pseudomonas* sp.의 경우 CMCCase와 PGase 활성이 부패에 중요한 것으로 보고되어, 각각의 저온저장 대상 식물체의 특성에 따라 주요부패균의 효소활성이 다르게 나타남을 알 수 있다.

Table 37. The cell growth, final pH and various enzyme activities of psychrotrophic bacteria isolated from rotted yam.

The bacteria were cultured at 20°C for 5 days in minimal medium containing 1% yam-powder.

No.	Final pH	Cell Growth (Log CFU/mL)	Relative activity (%)			
			Amylase	CMCase <sup>a</sup>	PGase <sup>b</sup>	Xylanase
YAM-1	3	8	- <sup>c</sup>	-	-	100
YAM-2	6	9	19	1	-	-
YAM-3	7	9	-	-	-	-
YAM-4	3	8	3	0	40	-
YAM-5	7	9	37	0	100	61
YAM-6	4.5	8	70	0	-	14
YAM-7	7	8	7	100	11	-
YAM-8	7	8	5	12	10	38
YAM-9	4.5	8	7	-	-	14
YAM-10	4	8	98	80	2	4
YAM-11	3	8	7	57	-	-
YAM-12	3	8	100	57	1	82
YAM-13	7	9	1	77	-	-

<sup>a</sup>CMCase: carboxy methyl cellulase, <sup>b</sup>PGase: polygalacturonase

<sup>c</sup>-: no activity



저온 장기저장시 주요 생마 부패균으로 고려되는 YAM-10 및 YAM-12의 생육특성을 검토하였다. 대조구로 사용된 *E. coli*의 경우 4~12°C의 범위에서 생육이 나타나지 않은 반면 YAM-10, YAM-12균주는 최적 생육온도인 25~30°C에 비해 약 20~46%의 성장을 나타내었다. 또한 두 균주의 경우 37°C에서는 생육이 오히려 감소하였으며, 특히 YAM-12의 경우 심각한 생육저해가 나타나 전형적인 저온균의 특성을 나타내었다. 20°C에서 최적 생육 pH를 검토한 결과 초기 pH 6~9 사이에서 정상적인 생육을 나타내었으나, pH 5 이하에서는 거의 성장이 나타나지 않았다. 따라서 생마의 저온 장기저장시 20도 이하의 저온에서도 중성 pH의 생마에서는 지속적인 세균성 부패가 일어날 수 있음을 추측케 하며, 이러한 결과는 식초 및 구연산 처리에 의한 생마가공식품 개발과 장기보존 연구에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 현재 저온부패성 *Pseudomonas* sp.의 제어 및 저온 활성의 amylase, CMCase의 특성규명 및 효소저해에 대한 연구가 진행중이며, 향후 산장, 당장, 염장 생마 가공식품 개발연구도 필요하리라 판단된다.

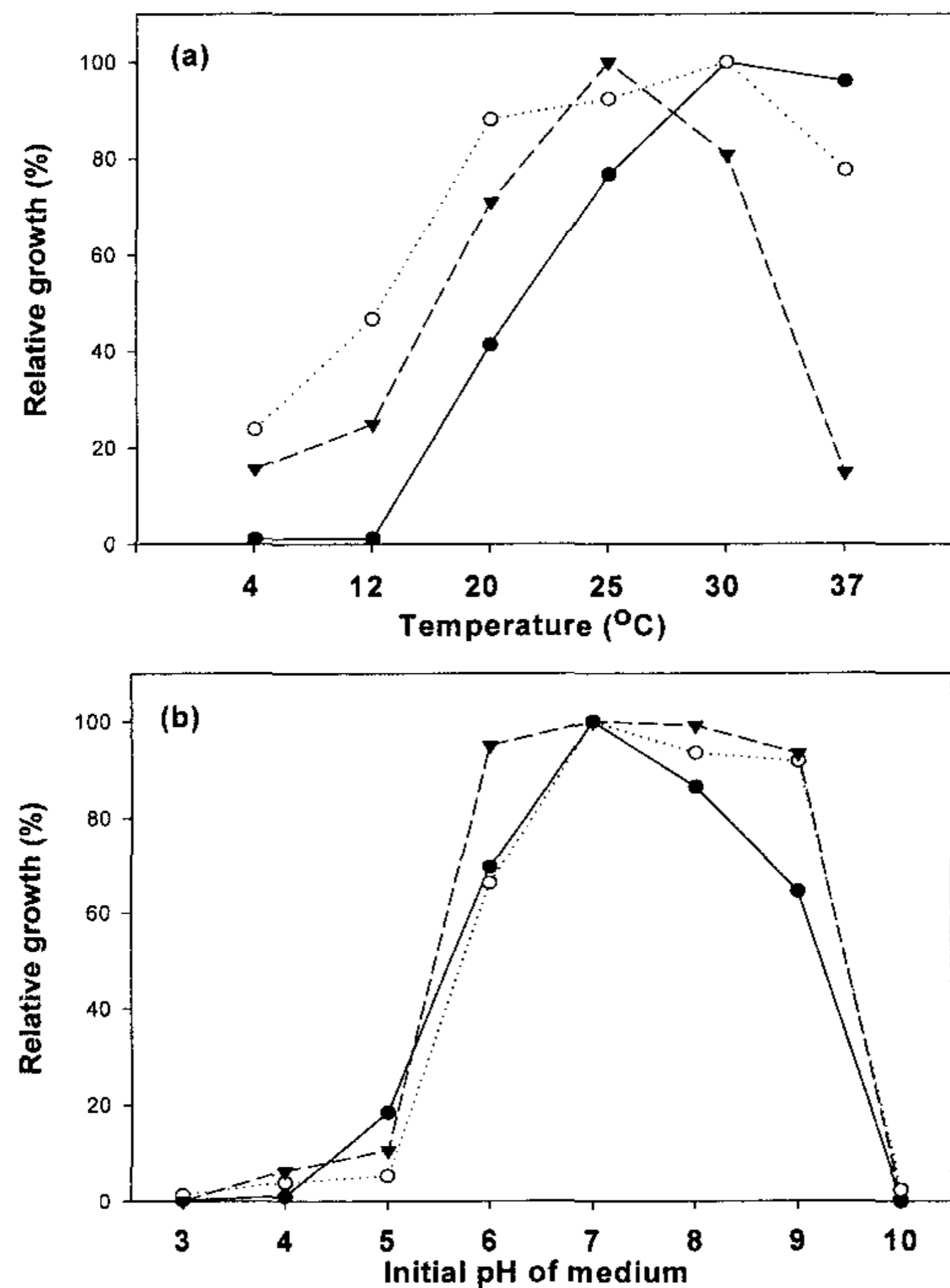


Fig. 58. Relative growths of YAM-10 (○), YAM-12 (▼) and *E. coli* (●) at (a) different temperatures and (b) different initial pHs of medium.

이러한 부패균주들은 저온에서 30℃, 37℃의 중온에서보다 더욱 생육이 우수하였으며, 고분자 물질의 분해능도 저온에서 강력한 것으로 나타났다. 이들의 효율적인 제어를 위해서 염소계 살균제, 항생제, 유기산 등을 사용하였으나, 효율적인 생육억제는 나타나지 않았다.

Table 38. The effects of antibiotic substances against yam-putrefactive bacteria.

agar diffusion method (단위 : clear zone(mm))

Reagent	ug/disc	Inhibition zone diameter(mm)	
		YAM-10	YAM-12
Nalidixic acid	30	11	22
Amikacin	30	16	18
Tetracycline	30	18	20
Kanamycin	30	18	18
Gentamicin	10	11	13
Ceftriaxone	30	11	NA
Ciprofloxacin	5	24	35
Streptomycin	10	NA	13
Sulfamethoxazole	23.75	NA	16
Chloramphenicol	30	NA	NA
Cefoxitin	30	NA	NA
Ampicillin(sulbactam)	20	NA	NA
Ampicillin	10	NA	NA
Cephalothin	30	NA	NA
Ticarcillin	75	NA	NA
Elavulanic acid	30	NA	NA
clove oil	728	11	13
	364	7	10.5
	182	7	7

생마 부패 및 생마 조직변화를 억제하는 천연물을 선별하고자, 본 연구팀에서 보유한 약 800여종의 천연물 추출물[Kwon et al., 2004, Kor. J. Life Sci. ; Sohn et al., 2005, J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr; Sohn et al., 2003. J. Life Sci.; Sohn et al., 2005, Kor. J. Pharmacogn., Sohn 2004, Kor. J. Pharmacogn.)을 이용하여 *P. rhodesiae* YAM-12를 대상으로 항균활성을 평가하였다. Nutrient agar (Difco Co.,

USA)에 멸균 disc-paper (지름 6.5 mm, Whatman No.2)를 이용한 생육저지환의 크기를 측정하여 항균 활성을 측정하였으며, 시료는 DMSO (dimethylsulfoxide)를 이용하여 희석하고, disc당 70 µg이 되도록 처리하였다. 대조 항균제로는 ampicillin (Sigma Co., USA) 및 erythromycin (Sigma Co., USA)을 사용하였으며, disc당 1~10 µg이 되도록 처리하였다. 한편 균주 대조구로는 *Pseudomonas aeruginosa* KACC 10186 및 저온 부패균인 *P. cepacia* YAM-10을 사용하였다. 그 결과, 대조균으로 사용된 기존의 광범위 항생제인 ampicillin과 erythromycin의 경우 1 µg/disc 농도에서 *P. aeruginosa*, *P. cepacia* YAM-10, 및 *P. rhodesiae* YAM-12에서 항균 활성을 나타내지 못하였으며, ampicillin의 경우 10 µg/disc 농도에서도 활성이 인정되지 않았다. 반면 erythromycin 10 µg/disc 농도에서는 강한 항균력을 확인하였다 (표 38). 이는 생마 저온부패균인 *Pseudomonas* sp.의 강한 항생제 저항성을 의미하며, 향후 항생제의 적절한 사회적 사용이 요구됨을 제시한다. 생마 저온 부패균에 대한 천연물의 항균활성을 검토한 결과 대부분의 천연물은 항균활성을 나타내지 않았으며, 일반적인 보고와는 달리 단삼, 방기, 연교, 죽자초, 향부자 등에 대해서도 *P. rhodesiae* YAM-12는 상당한 저항성을 나타내었고, 클로버 추출물에서만 강력한 활성을 확인되었다. 클로버 오일의 경우 서양에서는 향신료로 널리 사용되어 왔으며, 식품에는 카레 등에 이용되고 있으며, 항균, 항산화, 항혈전, 항돌연변이 효과가 확인되어 있어 부가적으로 기능성 및 관능성을 증대시키는 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단되었다. 따라서 생마 신선편이의 천연 방부제로 클로버 추출물을 최종 선정하였으며, 대량조제의 용이성을 고려하여 시판 클로버 오일로 대체하였다. 시판 클로버 오일은 eugenol이 83.3~87.4%, β-caryophyllene이 7.4~10.0% 포함되어 있어 본 실험의 클로버 추출물과 유사한 성분조성[Yoo et al., 2006, Kor.J. Food. Sci. technol)과 항균활성을 나타내었다.

Table 39. Antibacterial activity of natural and medicinal plant extracts against yam-putrefactive bacteria (From Yam-1~ Yam-9).

Sample	conc. (ug/disk)	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	# 7	# 8	# 9	<i>B. subtilis</i>	<i>E. coli</i>
		Clear Zone(mm)										
멸균증류수	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DMSO	-	8	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ampicillin	1	-	8	30	-	-	-	-	22.5	25	22	11
	5	-	8	38	-	-	-	-	28	31	27	17
붉나무 MeOH ext.	100	7	8	7.5	8.5	-	8	8	10.5	10	10	-
	250	11	10	8	10	8	9	9	10.5	11	11	7.5
붉나무 EtoAC fr.	100	11	11	11	11.5	13	11	12	12	13	11	-
	250	14	14	13.5	14	18	12.5	13.5	13	15	12.5	8
가죽나무 MeOH ext.	100	7.5	7	8	18	-	6.5	8.5	13	12	11.5	8
	250	12	8	10	21	12	10	11	15	13	12.5	8
가죽나무 Hexane fr.	100	-	8	11	16	9	6.5	9	13	10	11	7.5
	250	7.5	8	11	16	9	8	9	15	10	11	8.5
가죽나무 EtoAc fr.	100	11	7	10	19	12	9	11	13	11.5	12	8
산초 MeOH ext.	100	7	8	7	8	8.5	7.5	-	8	7	9	-
	250	-	8	8	8.5	10	8.5	7.5	8	7	9	8
산초 Hexane fr.	100	-	8	6.5	9	8.5	8	8	8	7.5	8	-
	250	-	8	7	9	8.5	8	8	8	7.5	8	-

클로버 오일의 생마 부패억제 평가: 최종 선정된 클로버 추출물은 대량으로 조제할 수 없는 문제점으로 인해 거의 유사한 조성의 시판 클로버 오일(Sigma Co., USA)로 대체하여 생마 부패억제력을 평가하였다. 먼저 클로버 오일이 생마 신선편이에 미치는 영향을 평가하기 위해, 1/10 (10%), 또는 1/100 (1%)로 희석된 클로버 오일 용액에 준비된 생마 신선편이를 3분간 침지한 후, 멸균 페트리디시에 넣어 4°C에서 31일 동안 부패진행도와 색차 변화를 측정하였다. 대조구로는 멸균 증류수에 3분간 침지한 신선편이를 사용하였다. 한편 초기 미생물에 오염된 생마를 가정한 경우에는, *P. rhodesiae* Yam-12 현탁액( $1 \times 10^5$  CFU/ml)에 준비된 생마 신선편이를 3분간 침지하고, 이후 1% 클로버 오일 용액, 100 ppm NaOCl (Kanto Chemical Co., Japan), 또는 멸균 증류수에 각각 3분간 재침지하여 살균하거나 수세한 후, 멸균 페트리디시에 넣어 4°C에서 31일 동안 부패진행도와 색차 변화를 측정하였다. 실험군 별로 10개의 각각 조제된 생마 신선편이를 사용하였다.

Table 40. Antibacterial activity of natural and medicinal plant extracts against yam-putrefactive psychrotrophic bacterium, *Pseudomonas rhodesiae* Yam-12.

Korean name	Scientific name	part used	<sup>1</sup> Ext. Sol.	<sup>2</sup> <i>P. a</i>	<sup>3</sup> YAM-10	<sup>4</sup> YAM-12
control	ampicillin-10 µg/disc			-	-	-
	erythromycin-10 µg/disc			10.5	10.5	11.5
클로버	<i>Eugenia caryophyllata</i>	flower	H	13.2	9.5	9.5
오수유	<i>Evodia officinalis</i>	whole	E	11.5	7.5	-
사상자	<i>Torilis japonica</i>	whole	M	10.0	10.0	-
산약	<i>Dioscorea batatas</i>	root bark	M	9.9	8.0	8.0
오미자	<i>Schizandra chinensis</i>	whole	M	8.5	9.0	8.5
작약	<i>Paeonia lactiflora</i>	petal	M	9.3	7.5	8.0
청피	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	whole	W	9.3	7.0	7.5
신이화	<i>Magnolia liliflora</i>	whole	E	8.6	-	-
구기자	<i>Lycium chinense</i>	whole	M	-	-	-
단삼	<i>Salvia miltiorrhiza</i>	whole	M	10.5	-	-
방기	<i>Sinomenium acutum</i>	whole	E	-	-	-
연교	<i>Forsythia koreana</i>	whole	B	-	-	-
죽자초	<i>Macleaya cordata</i>	whole	M	-	-	-
향부자	<i>Cyperus rotundus</i>	whole	M	-	-	-

<sup>1</sup>Ext. Sol. Extraction solvent. M: methanol extract, H: hexane fraction, E: ethylacetate fraction, B: butanol fraction, W: water residue.

<sup>2</sup>*P. a*: *Pseudomonas aeruginosa* KACC 10186, <sup>3</sup>YAM-10: *P. cepacia* Yam-10, <sup>4</sup>YAM-12: *P. rhodesiae* YAM-12.

The concentrations of extracts used were 70 µg/disc, respectively.

생마 신선편이, 클로버 오일 처리한 신선편이, 부패균주를 도포한 후 클로버 오일을 처리한 신선편이의 색차는 색차계 (Colormeter, Tokyo Denshoku Co., super color SP-80, Japan)을 사용하여 표면의 명도 (lightness, *L*), 적색도 (redness, *a*), 황색도 (yellowness, *b*)를 측정하였다. 이때의 표준 백색판은 *L*값이 94.01, *a*값이 0.00, *b*값이 1.50으로 기준을 정하였으며, 시료당 3회 측정하여 평균값을 구하여 비교하였다. 무처리 신선편이와 클로버 오일 처리한 신선편이의 경도는 Texture

analyzer(TA-XT2, Stable Micro System, Haslemere, England)를 이용하여 기존보고와 동일한 방법[Chung et al., 2006. Kor. J. Hort. Sci.]으로 측정하였다.

거피한 생마 신선편이에 클로버 오일을 처리한 후, 부패억제능과 갈변저해 활성을 평가하였다. 먼저 멸균수로 3분간 침지후 4°C에서 24일 동안 저장한 경우, 지속적으로 명도의 감소, 황색도의 증대가 나타났으며, 특히 19일째부터는 명도감소 및 황색도의 급격한 증대가 두드러져 종합적 색차가 급격하게 증가되었다. 또한 미생물 오염의 경우 초기에는 검출되지 않았으나, 1일 후  $10^4$  CFU/g 이상, 19일째에는  $10^7$  CFU/g 이상으로 나타나 19일 이후에는 상품성을 상실하였다. 반면 1% 클로버 오일에 3분간 침지한 경우에는 저장기간의 연장에 따라 명도의 감소, 적색도, 황색도 값이 서서히 증가되었으나, 멸균수 처리보다 그 변화가 미약하였으며, 특히 황색도는 거의 변화하지 않았다. 따라서 24일 이후에도 종합적 색차는 미미한 변화를 나타내었으며, 특히 미생물 오염은 24일 및 31일 저장기간 중 나타나지 않았다. 클로버 오일 처리에 의한 신선편이 강도 변화를 측정한 결과, 처리전  $2,292 \pm 126$ (G)에서 24일 후  $2,186 \pm 151$ (G)로 감소하였으나, 감소정도는 5% 이하로 관능성에 별 다른 영향을 미치지 않으며, 오히려 향미를 부여하는 것을 확인하였다. 한편 클로버 오일 농도를 10%로 증가시킨 경우에도 색차변화 및 부패억제는 거의 동일하게 나타났다. 이러한 결과는 클로버 오일이 생마 신선편이의 심각한 색차 변화없이 미생물오염을 효율적으로 억제할 수 있음을 제시하고 있다.

한편 생마 신선편이에 저온부패균이 초기 오염된 경우, 클로버 오일의 부패억제 및 갈변억제능을 확인하기 위해 *P. rhodesiae* Yam-12 현탁액에 신선편이를 3분간 침지하고, 1% 클로버 오일 용액을 처리한 경우 1주일 저장 후부터 명도의 감소, 황색도 증대가 인정되었으나, 무처리, 멸균수 처리, NaOCl 처리에 비해 매우 미미하였다. 한편 처리구 모두 적색도의 변화는 미미하였다. 종합적 색차의 변화 역시, 클로버 오일을 처리하고 1주 및 2주 저장한 경우 색차 변화는 각각 3.31 및 4.68의 미미한 증가였으나, 무처리 및 멸균수 처리의 경우에는 각각 6.68, 15.80, 및 8.50, 19.26으로 2주 후 급격한 증가가 나타났다. 특히 NaOCl 처리 후 1 주 및 2주 저장시에는 색차 변화가 5.51 및 23.83으로 나타나 2주 저장 후 가장 많은 색차변화를 나타내었다. 또한 14일 저장 후 클로버 오일 처리구에서는 미생물 증가가  $10^3$  CFU/g에서  $10^4$  CFU/g로 거의 증가되지 않은 반면 무처리, 멸균수 및 NaOCl구에서는 모두

10<sup>8</sup>CFU/g 이상으로 나타나, 클로버 오일 처리가 이미 오염된 절편에서의 저온미생물 성장 억제에도 효과적인 것으로 나타났다. 또한 클로버 오일 처리의 경우 pH 변화 및 brix의 변화도 거의 나타나지 않은 반면, 다른 경우에는 pH 증가 및 brix의 급격한 감소가 나타났다. 이는 *P. rhodesiae* Yam-12의 성장시 pH가 증가되며, 당류의 소모가 나타난 것으로 판단된다. 이러한 결과는 클로버 오일을 처리한 생마 신선편이제조가 유통안전성 및 부패억제, 관능성 향상에 기여할 수 있음을 나타내고 있다.

Table 41. The color changes and microbial growth in fresh-cut of yam by clove oil treatment during long term storage.

Treatment*	Color values and growth	Storage time (day)					
		0	1	12	19	24	31
Water	<sup>1</sup> L	80.39	73.47	73.09	63.26	60.72	58.06
	<sup>2</sup> a	-0.16	-1.16	-0.88	3.58	3.79	4.56
	<sup>3</sup> b	14.9	1.10	3.78	20.51	19.28	20.31
	<sup>4</sup> ΔE	-	15.47	13.32	18.41	20.53	23.45
	Log CFU/g	-	4	4	7	6	6
Clove oil	L	80.39	74.88	68.78	67.4	66.02	65.56
	a	-0.16	6.38	7.46	7.73	8.67	9.03
	b	14.9	0.84	2.44	2.92	3.33	3.57
	ΔE	-	16.45	13.91	15.26	16.96	17.57
	Log CFU/g	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup>L: degree of lightness (white +100~0 black), <sup>2</sup>a: degree of redness (red +100~-80 green), <sup>3</sup>b: degree of yellowness (yellow +70~-80 black), <sup>4</sup>ΔE: overall color difference ( $\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ )

\*The fresh-cut of yam slices were dipped into sterilized water or 1% clove oil for 3 min, respectively, and stored at 4°C for 31 days.

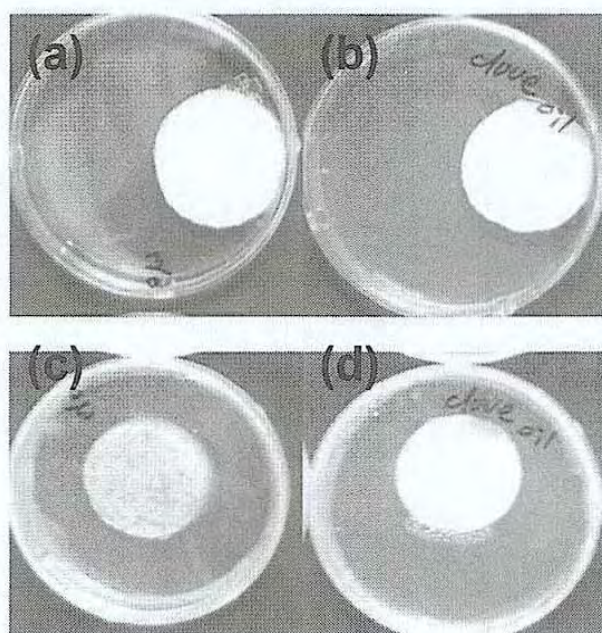


Fig. 59. Inhibitory activity of clove oil against putrefaction and color changes in fresh-cut of yam.

(a) fresh yam slice and (c) 24-days stored yam at 4°C after sterilized water treatment, and (b) fresh yam slice and (d) 24-days stored yam at 4°C after 1% clove oil treatment.

Table 42. The changes of pH, brix, amount of reducing sugar and microbial growth (Log CFU/g) in fresh-cut of yam treated with psychrotrophic bacterium and clove oil during 4°C storage for 14 days.

Analysis	0 day	14 day			
		No treatment	*Treatment		
			Distilled water	NaOCl (100 ppm)	Clove oil (1%)
pH	6.2	7.6	8.2	7.7	5.7
brix (%)	6.0	2.8	3.4	1.8	6.0
reducing sugar (mg/g-yam)	10.7	8.8	1.2	3.6	5.6
Log CFU/g	3	8	8	8	4

\*The fresh-cut of yam were dipped into the suspension of *Pseudomonas rhodesiae* Yam-12 ( $1 \times 10^5$  CFU/ml) for 3 min, and then treated with distilled water, NaOCl, or clove oil for 3 min, respectively.



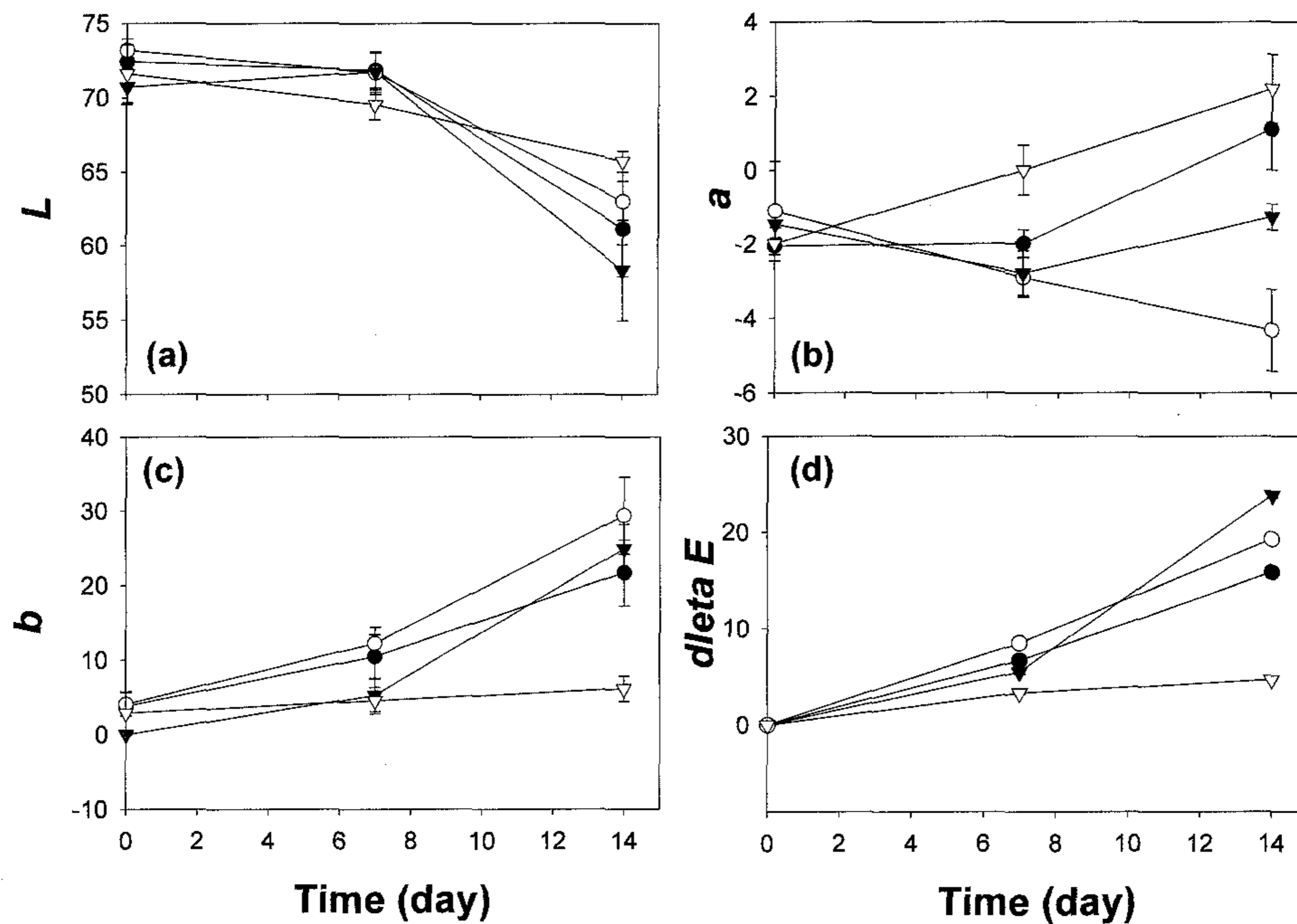


Fig. 60. The color changes of psychrotrophic bacterium infected yam slices after clove oil treatment.

The fresh-cut of yam was dipped into the suspension of *Pseudomonas rhodesiae* Yam-12 ( $1 \times 10^5$  CFU/ml) for 3 min, and then treated with distilled water ( $\circ$ ), 100 ppm NaOCl ( $\blacktriangledown$ ), or 1% clove oil ( $\nabla$ ) for 3 min, respectively. Treated samples and without-treated yam slice ( $\bullet$ ) were stored at sterilized petri-dish and stored at  $4^\circ\text{C}$  for 14 days.

$L$ : degree of lightness (white +100~0 black),  $a$ : degree of redness (red +100~-80 green),  $b$ : degree of yellowness (yellow +70~-80 black),  $\Delta E$ : overall color difference ( $\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ )

마부패 오염균의 in vitro 실험에서 활성이 있던 항균물질의 직접처리 효과  
( 30도, 3일간 배양 )

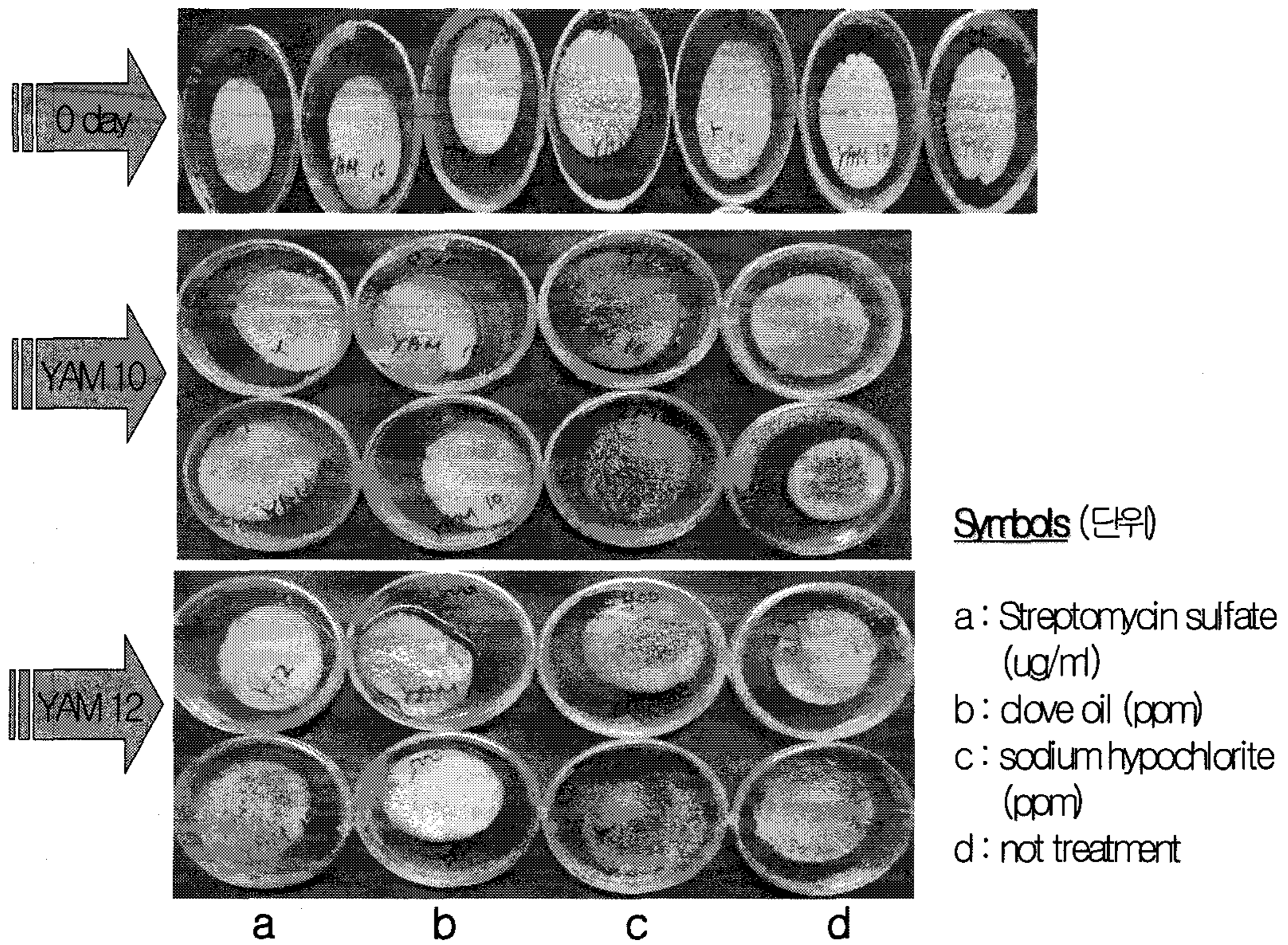


Fig. 61. 마부패 오염균에 대한 항균물질의 생마 직접처리 효과

### 3. 생마의 단기, 장기저장중 성분변화 평가

생마를 이물질 제거 및 세척, 살균, 개별 포장하여 판매되는 과정을 고려하여 9주 동안 저장하면서, 또한 1년 동안 저장하면서 저장 최적조건과 공정을 검토하였다. 최적공정은 다음과 같다.

생마 수확 - 토양·이물질 제거 (brushing) - 수세 - 소독 (1종 세척제) - 헹굼 - 건조 - 저장 (4~8℃)
---

먼저 생마 저장실험의 공정도는 다음과 같으며, 표면 토양을 제거하지 않는 경우 수세과정에서 어려움이 나타나며 (이 경우 여러방법을 사용하였으나, 브러싱이 가장 효율적임), 세척의 경우에는 식품위생법에 규정된 1종 세척제를 사용하였다. 1종 세척제 또는 락스 소독을 처리하지 않는 경우 심각한 세균 오염이 발생하므로, 장기보존을 위해서는 세척, 헹굼 과정이 필수적임을 확인하였다. 보존조건은 실온조건과 16℃ 조건, 4℃ 냉장조건, -20℃ 냉동조건을 고려하였으며, 9주간, 또는 1년간 저장하면서 평가하였다. 온도는 9주 동안의 맹아율, 부패율 냉해를 조사한 결과 4℃~12℃의 저장온도가 가장 이상적임을 확인하였다. 12도 부근에서는 맹아 또한 억제되며, 호흡률, 수분손실, 미생물 세균오염 등에서 20℃ 이상보다 우수하였으며, 4℃ 저장보다 실제적인 경제성이 있으리라 판단되었다. 본 확립방법과 공정을 적용하는 경우 생마의 9주 이상 1년간 장기저장, 유통이 가능하리라 판단된다.

생마 저장 실험

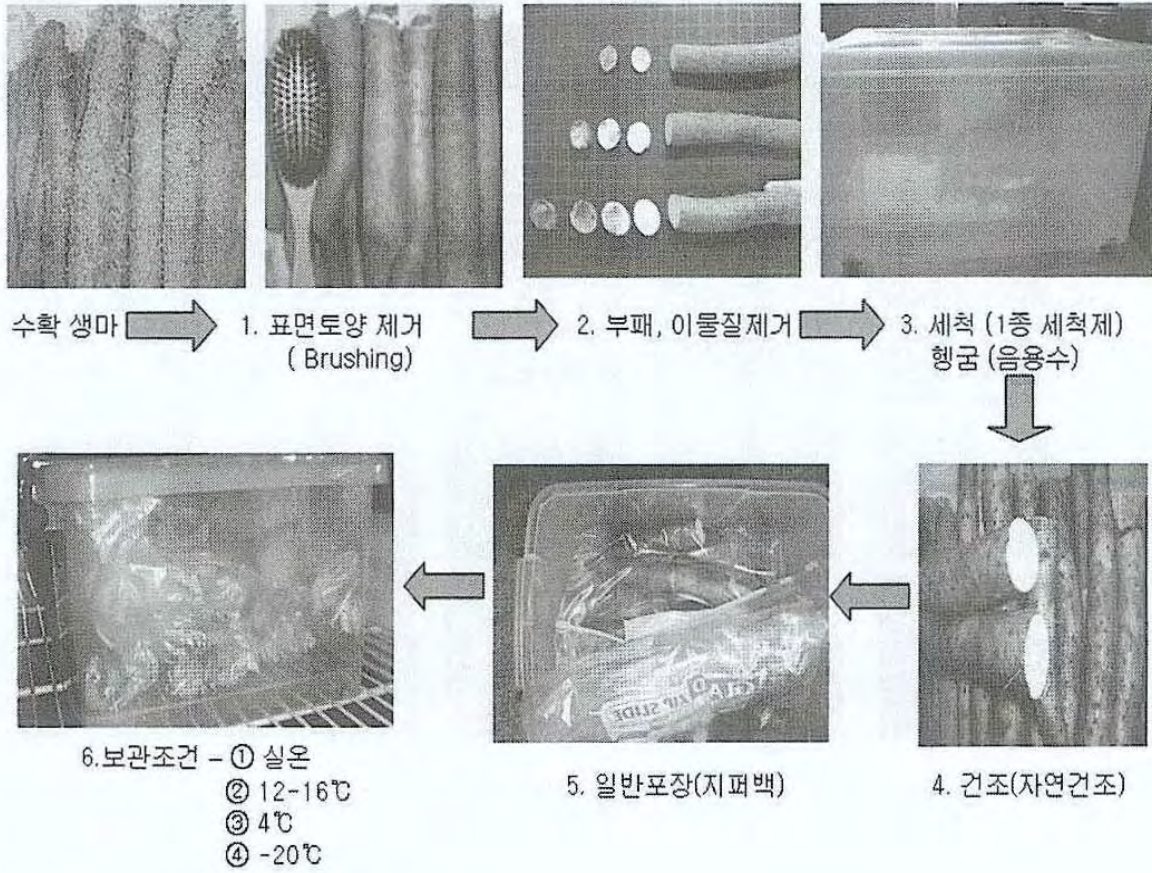


그림 62. 세척 생마 저장 공정

저장온도별 멥아 및 부패도 비교

Yam: Well-being healthy food.

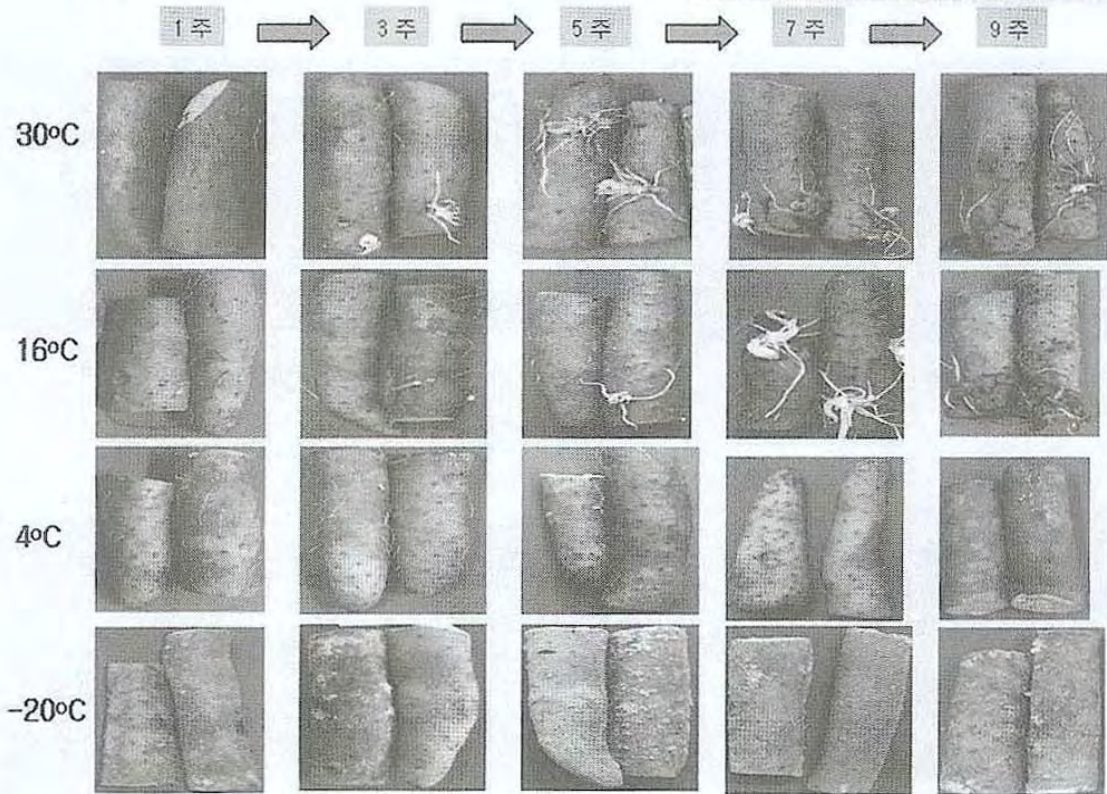
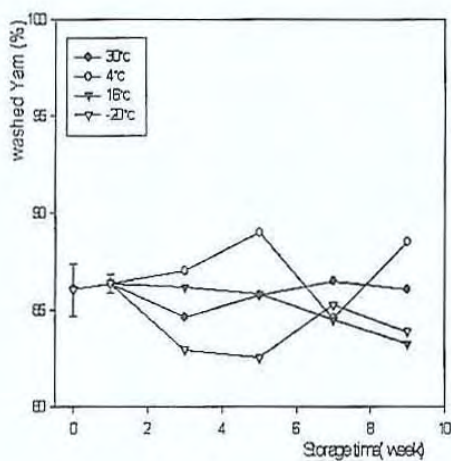


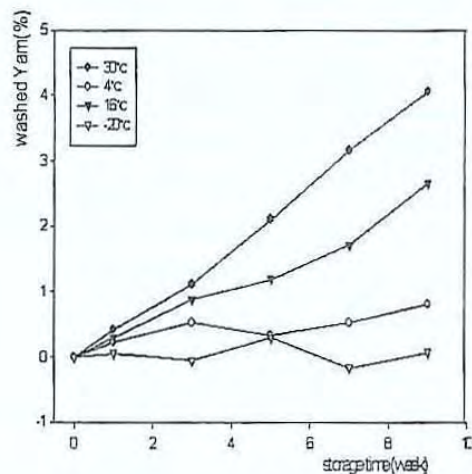
그림 63. 생마 저장온도에 따른 멥아 및 부패도 비교

수분함량의 변화

무게 손실율



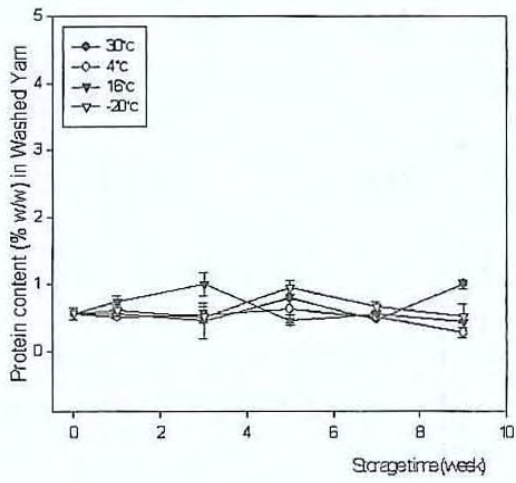
A



B

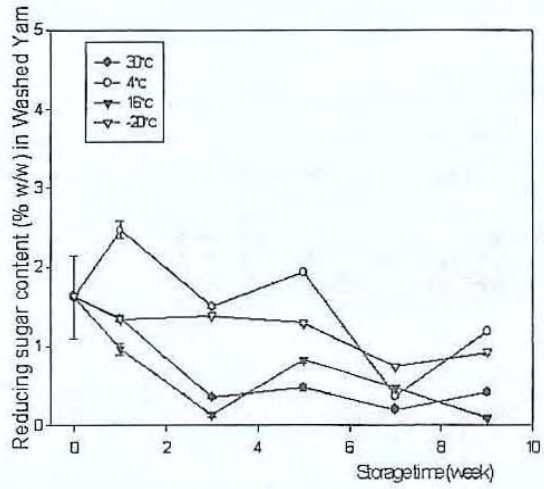
그림 64. 저장온도별 저장기간에 따른 수분함량(A) 및 무게 손실율(B) 변화

단백질 변화



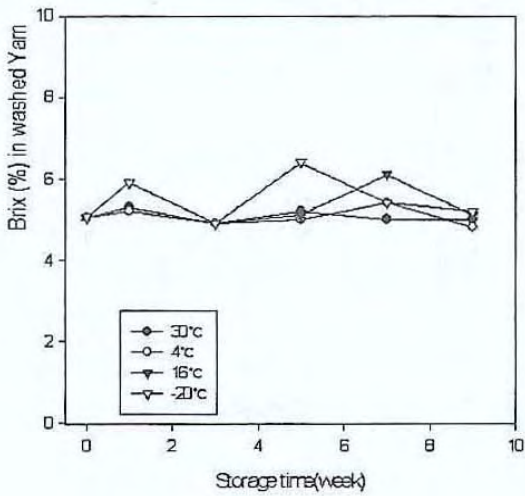
A

환원당 변화



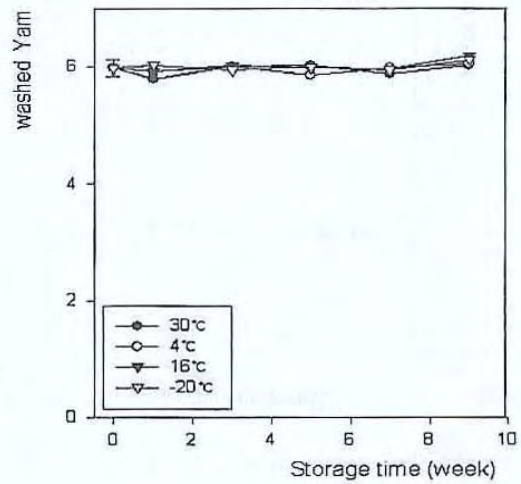
B

당도 변화



C

pH 변화

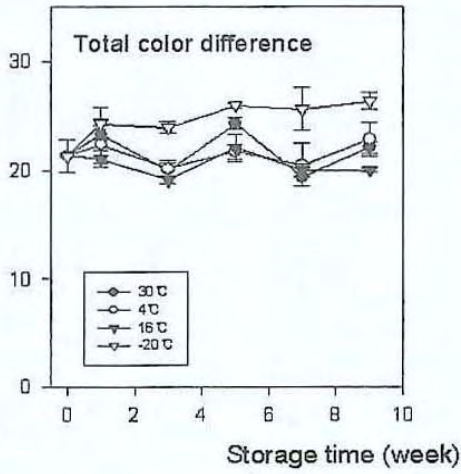


D

그림 65. 저장온도별 저장기간에 따른 단백질(A), 환원당(B), 당도(C), pH(D) 변화

색도의 변화

종합적 색도



명도

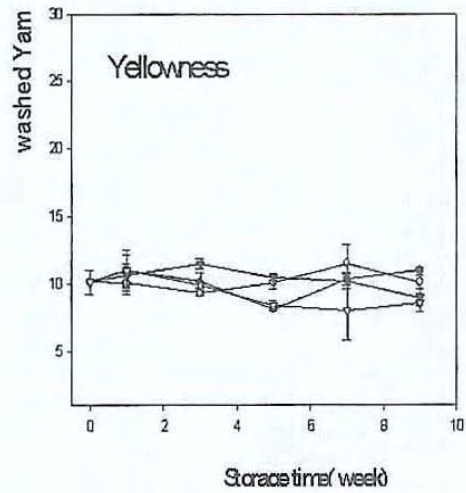
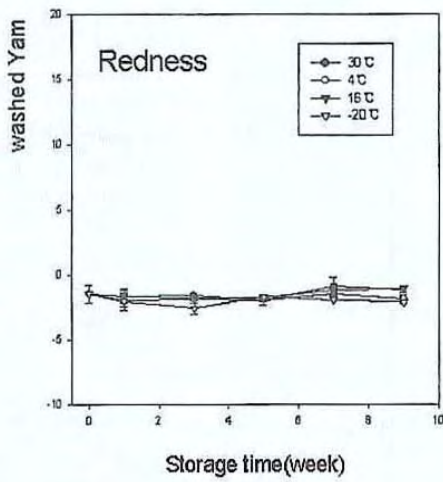
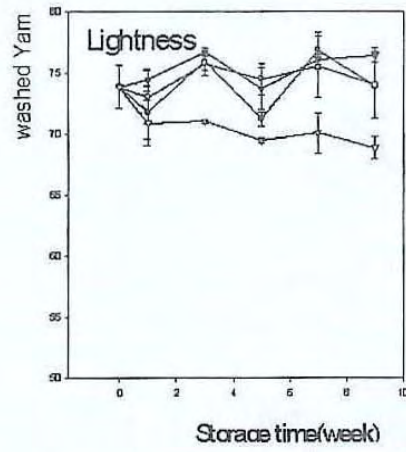


그림 66. 저장온도별 저장기간에 따른 색도변화.

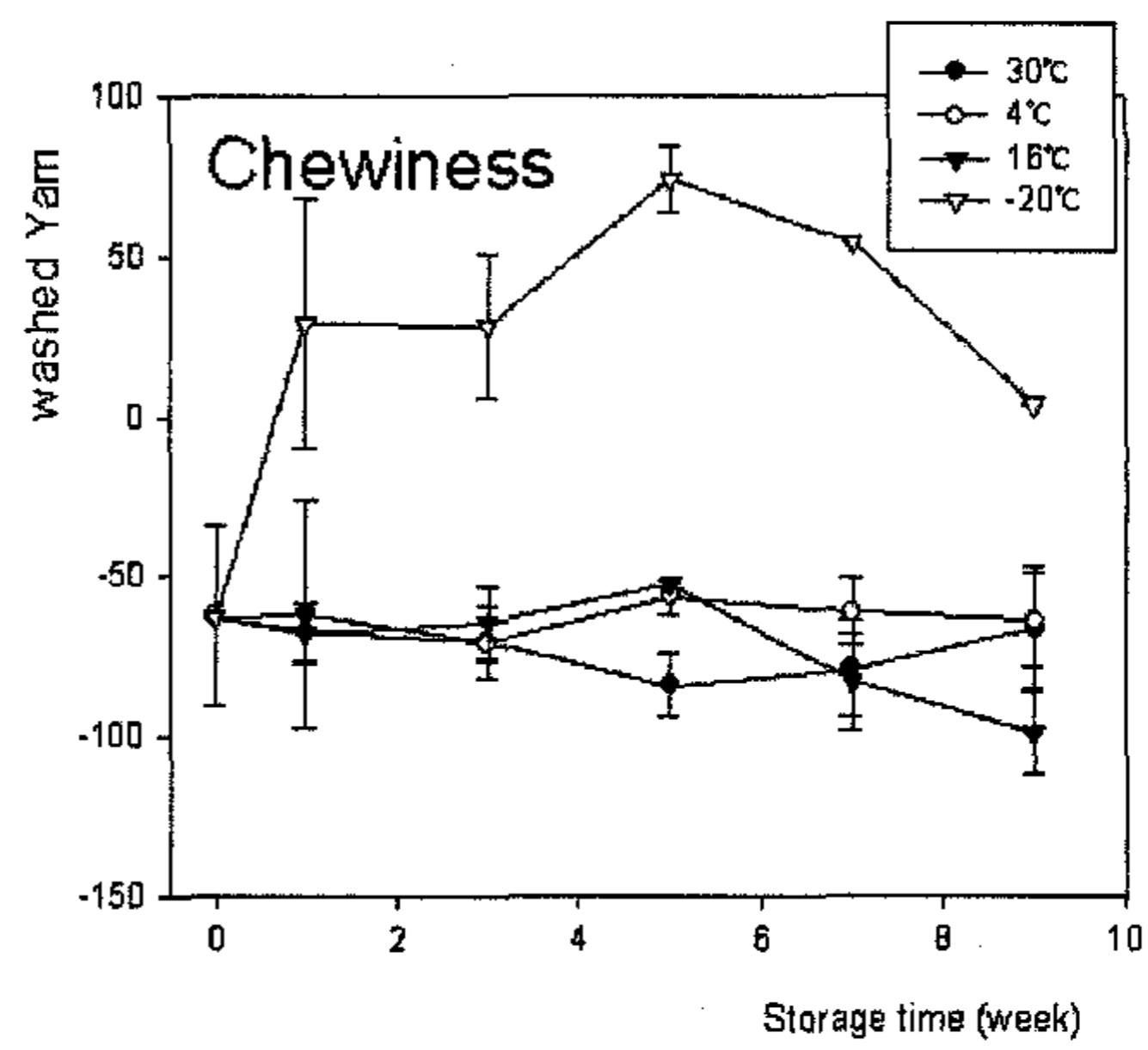
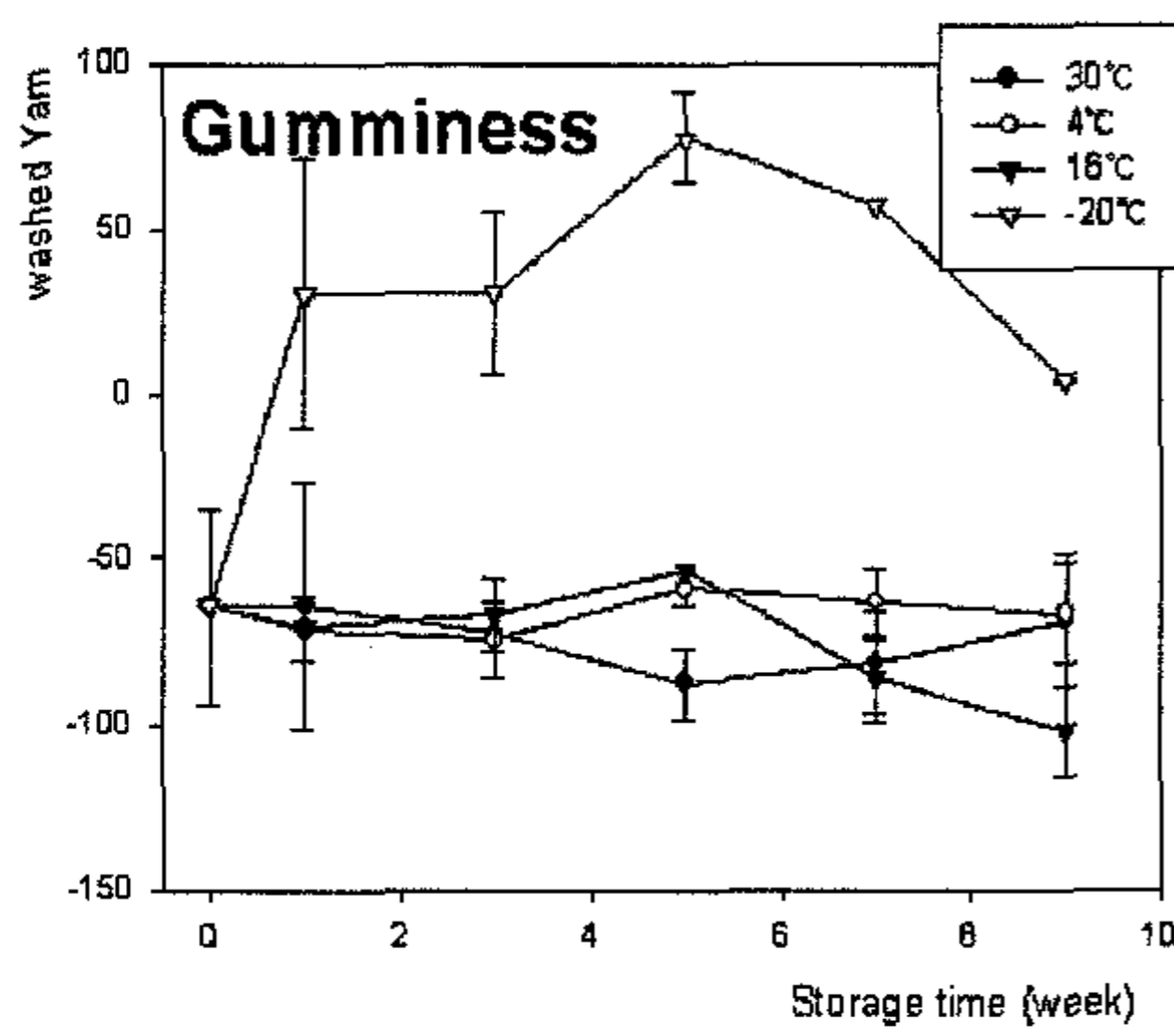
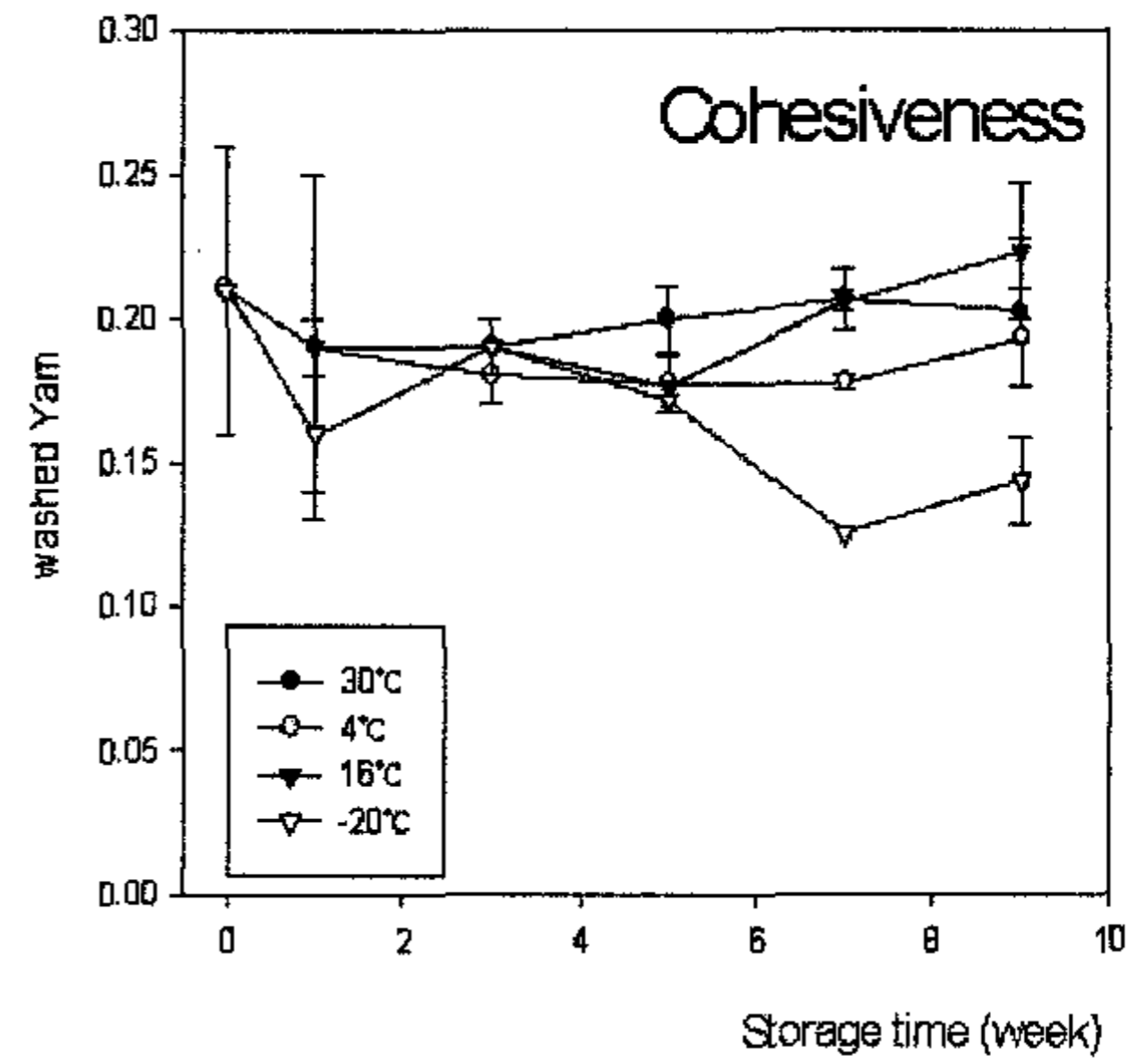
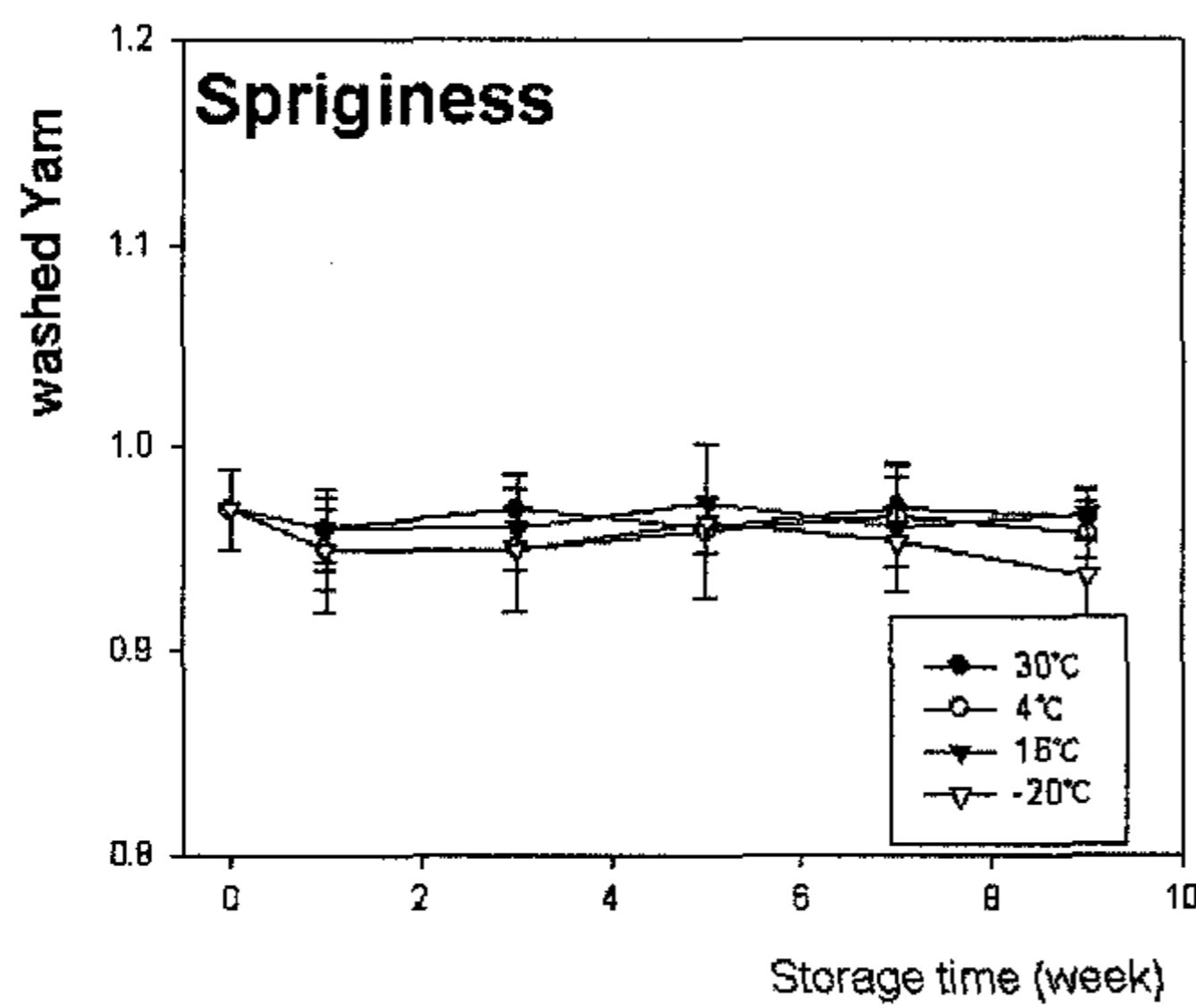
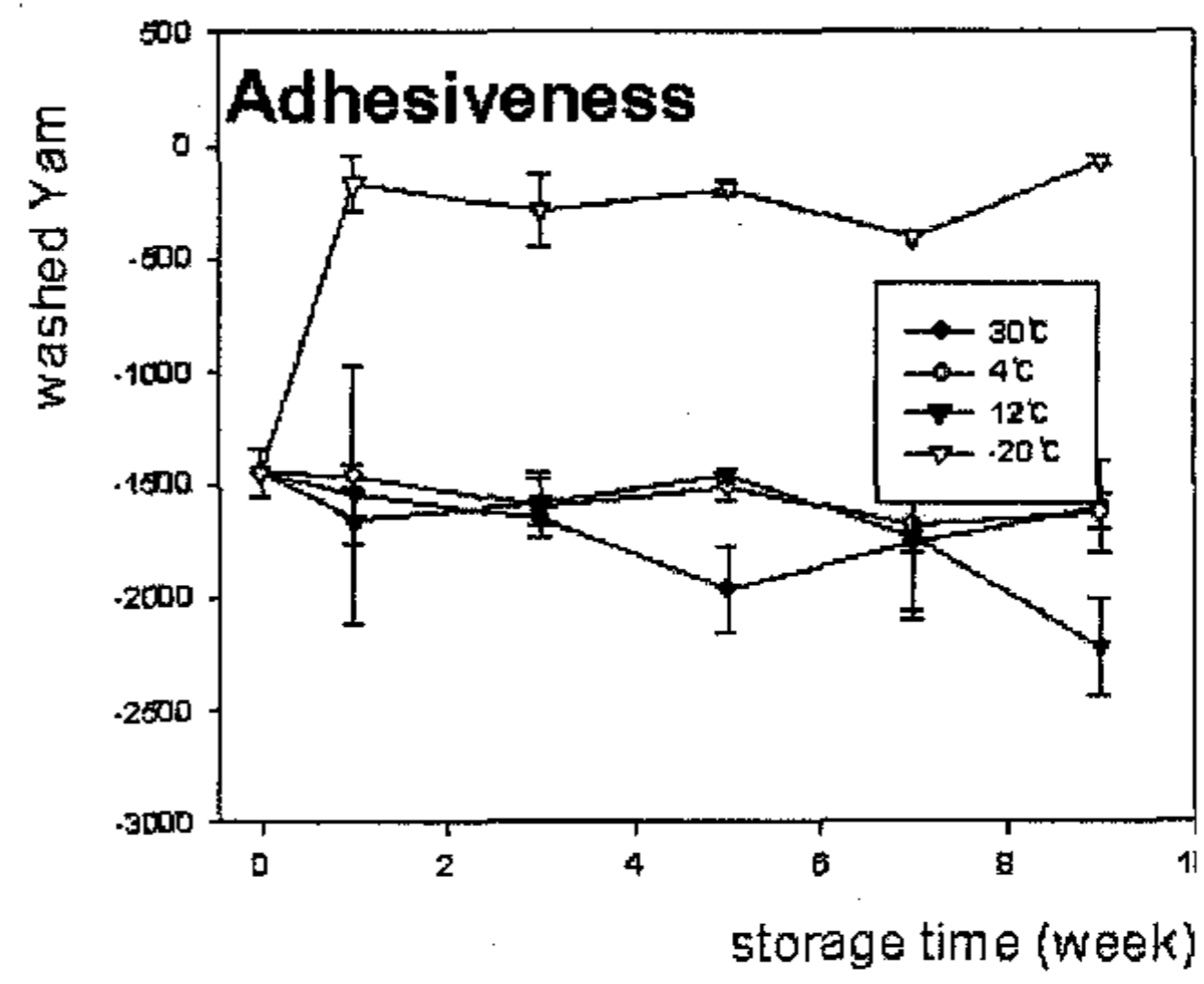
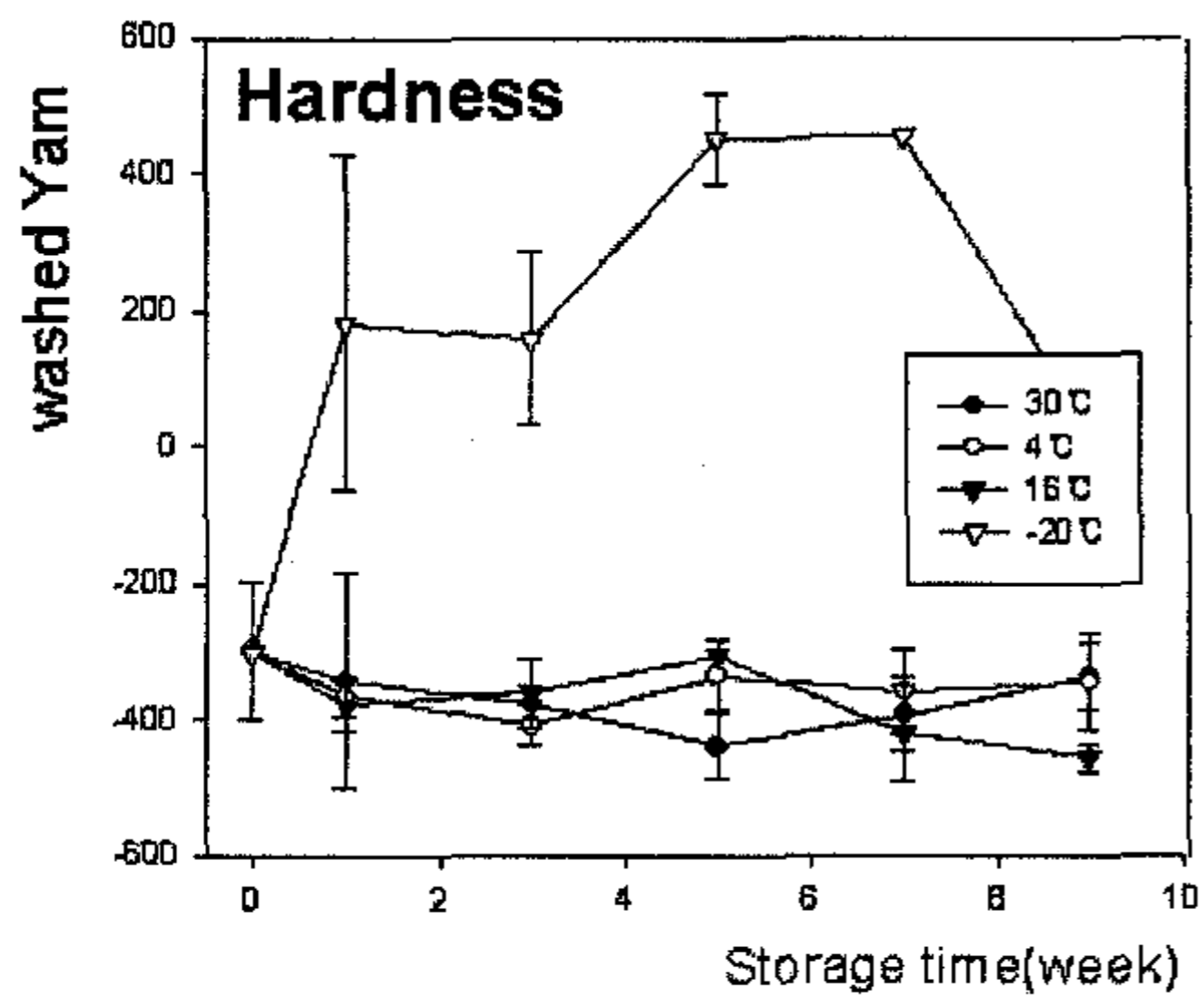


그림 67. 저장온도별 저장기간 경과에 따른 재료의 물성변화



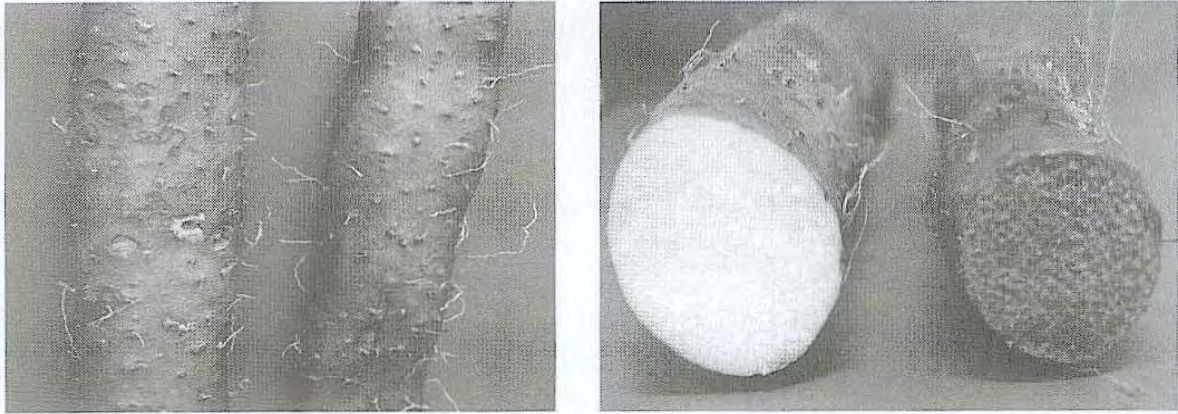


Fig. 68 4~8℃ 저온고에서 1년간 보관한 생마 (갈변 및 무게감소, 멍아 없이 저장 가능)

Table 43. 48주 저장 생마의 품질변화 평가

저장기간(w)	수분 함량 (%w/w)	무게 감소 률(%w/w)	pH	총당 (brix%)	%, w/w		색차계			
					단백질	환원당	L	a	b	ΔE
0	85.43	0	5.98	5.05	0.28	0.81	73.89	-1.45	10.15	21.36
9	86.94	1.08	6.06	4.95	0.32	1.11	72.79	-1.50	11.18	23.49
17	88.55	ND	5.95	5.5	0.157	1.01	71.35	-1.94	9.57	24.16
48	83.79	2.05	5.9	5.4	0.46	0.85	75.40	-1.32	10.88	20.9

기타 hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness 의 변화는 거의 인정되지 않아, 세척 소독한 생마를 4℃에서 1년 저장하는 경우에, 생마의 관능성 손상은 거의 없는 것으로 확인하였다.

한편 4℃ 저온저장고에서 1년 저장한 생마와 신선 생마의 batatasin I을 정량하였다. Batatasin I은 생마의 지표물질로 제안된 물질로서, 생마의 휴면 타파에 관여한다고 알려져 있다.

생마의 batatasin I의 정량 (batatasin I : 생마 지표 물질 추천 (2005년, 2006년))에 사용한 분석시료 및 분석방법은 다음과 같다.

분석시료 1: 신선생마 root bark : 메탄올 추출 (추출효율 : 4.56% (w/w))

1.12 g - dry extract/ 24.53 g -root bark

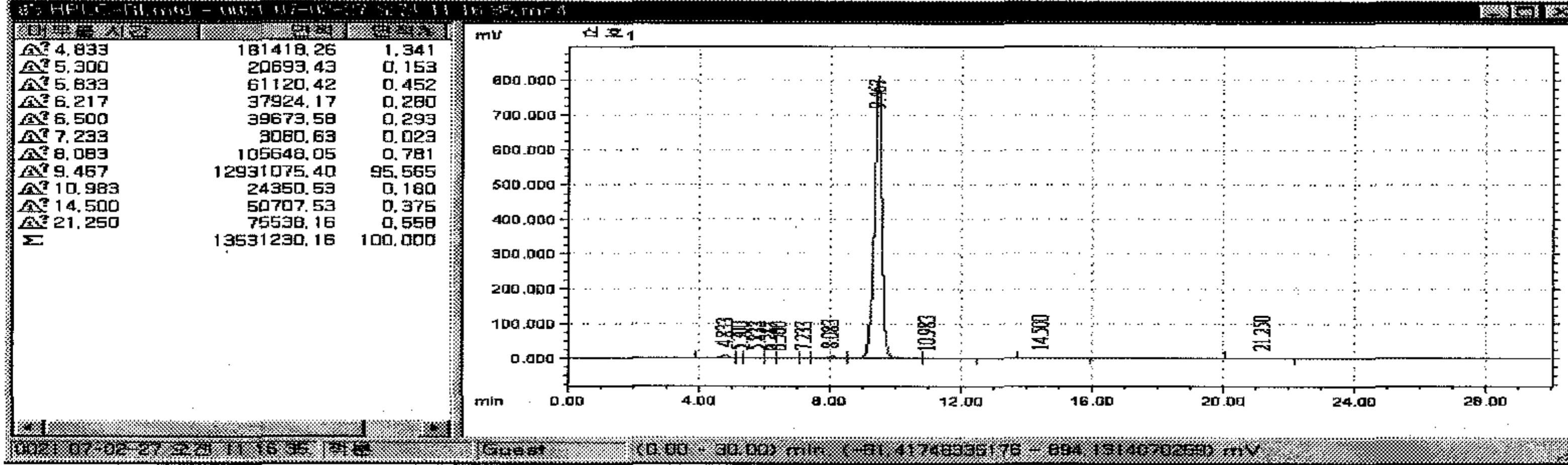
분석시료 2: 1년 저장생마 root bark : 메탄올 추출 (추출효율 : 6.57% (w/w))

2.28 g - dry extract/ 34.7 g -root bark

- HPLC 분석

Shimadzu HPLC, C18, UV 218nm, acetonitrile: water (75:25)

Flow rate 0.5 ml/m, Inj. 20 ul



생마의 (추천) 지표물질 : batatasin I 의 HPLC-UV (218nm) 분석

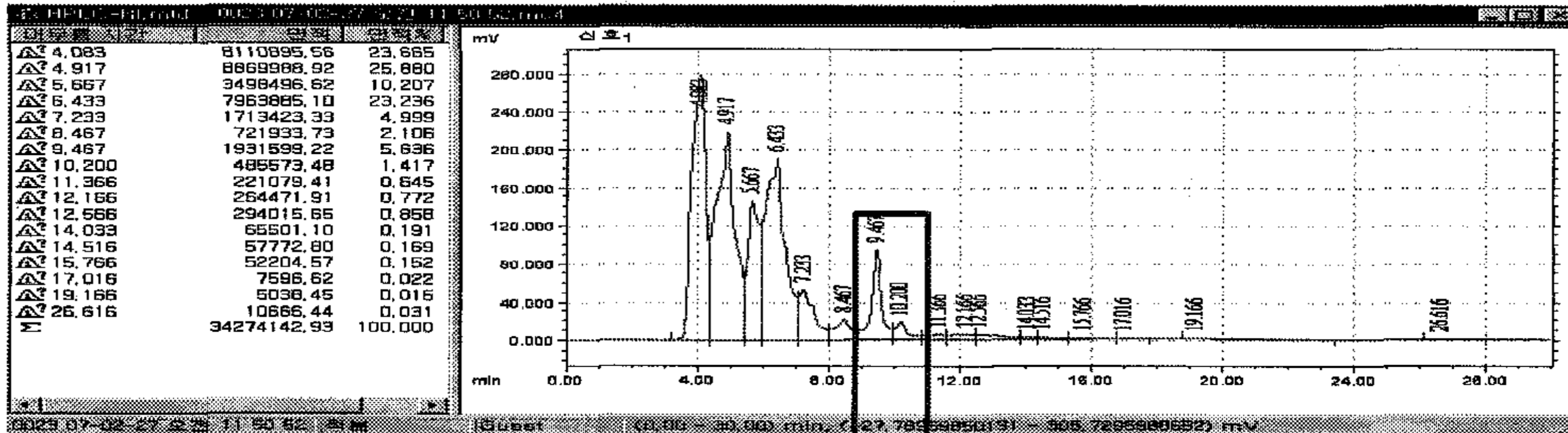
RT: 9.467 nm (  $y=8,620,716 x$  )

신선생마: (농도: 0.22 mg/ml: 원 시료의 14.0%); 전체 root bark의 0.639%

1년 저장생마: (농도: 0.083 mg/ml: 원 시료의 5.28%); 전체 root bark의 0.347%

즉 1년 저장생마에서 batatasin I의 양은 절반수준으로 감소되어 있었다.

수확 후 신선한 생마의 root bark 추출물 (1.57 mg/ml)



4C 1년 저장 생마의 root bark 추출물 (1.57 mg/ml)

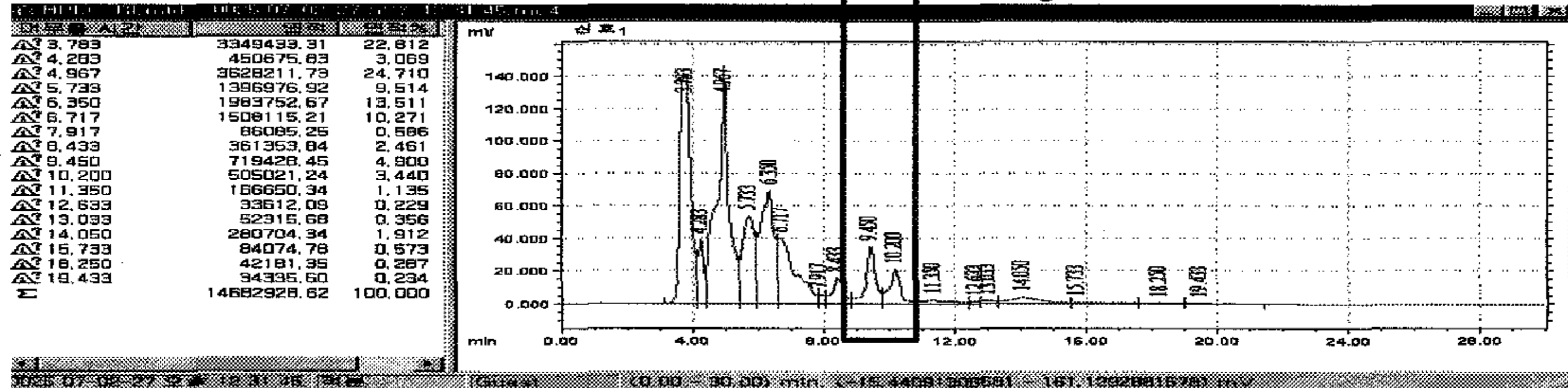


그림 69. 신선생마와 1년 저장생마의 root bark 추출물내의 batatasin I 함량

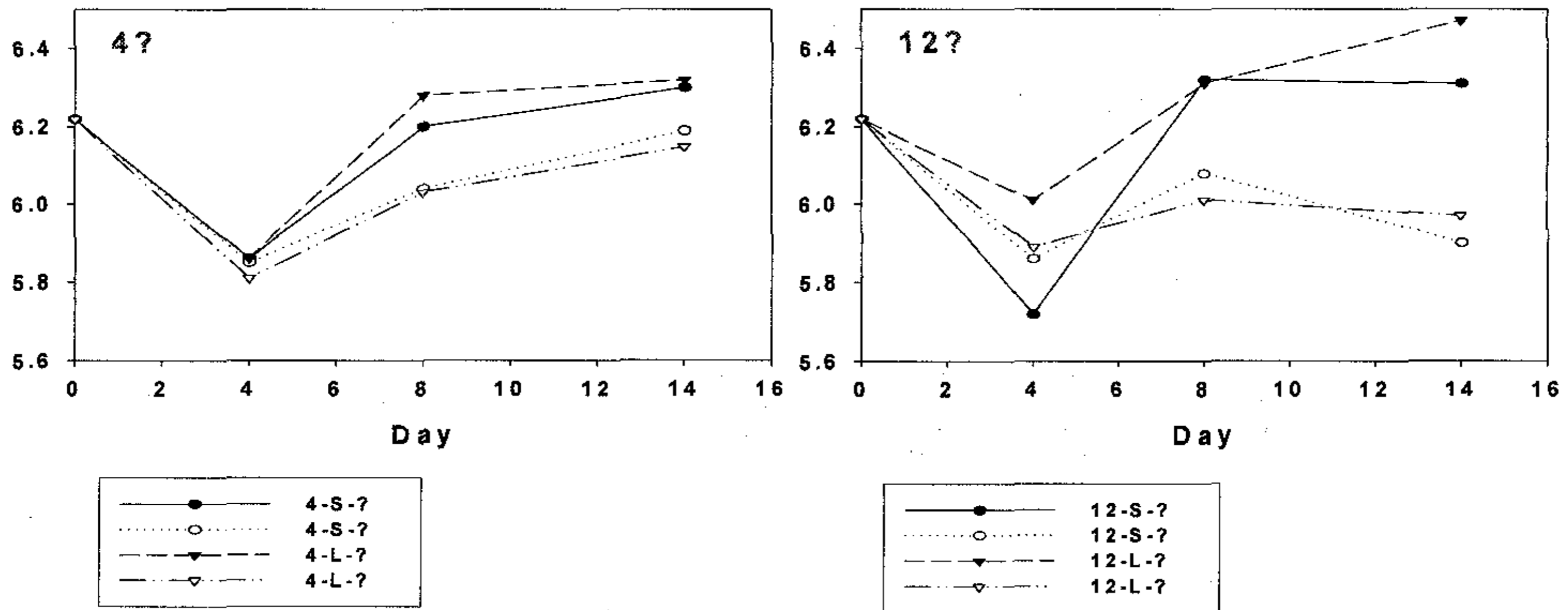
#### 4. 신선편이 제품의 저장조건 확립

신선편이의 유통을 고려하여 14일 동안 보존하면서 4℃와 12℃에서 일반 포장과 진공포장에서의 pH, 환원당, 수용성 polyphenol, 미생물 오염도 조사 결과는 다음과 같다.

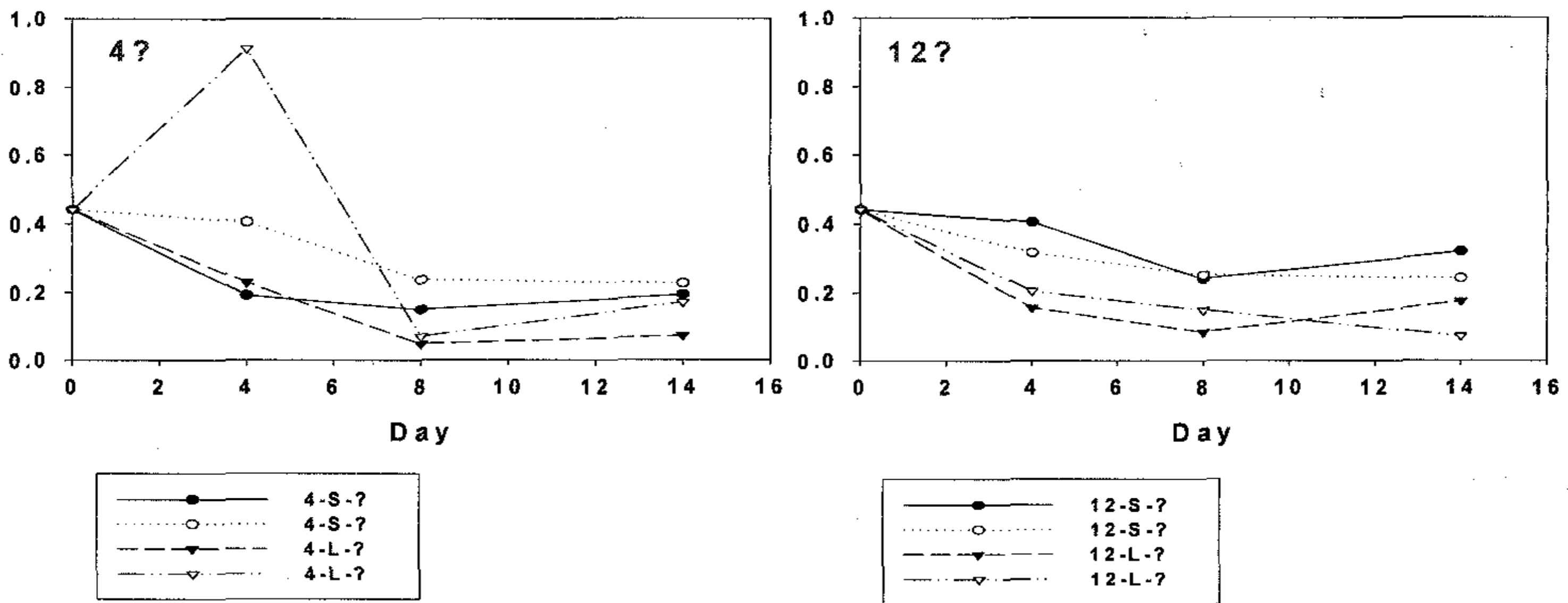


그림 70. 온도 및 포장방식에 따른 저장 기간별 제품의 변화

3. pH



6. 환원당 (Reducing sugar); DNS method



8. Soluble polyphenol

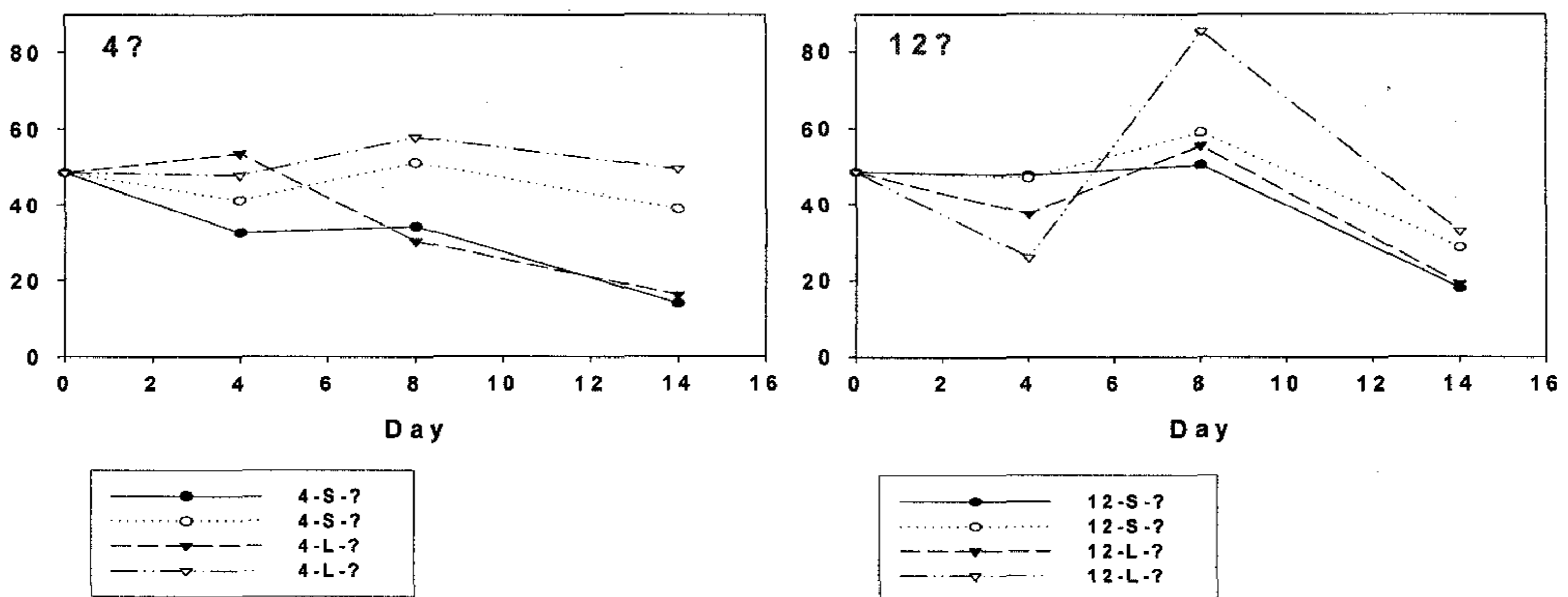


그림 71. 거피생마 포장방법 및 온도별 유통기간경과에 따른 pH, 환원당, 수용성 polyphenol 변화

상기 결과와 같이 14일의 유통기간 목표 하에서는 12℃에서는 진공 포장 필수적이며, 일반 포장의 경우 미생물 오염 및 갈변도 억제가 필요하며, 4℃ 유통에서는 진공포장이 우수하지만 일반포장도 가능성을 보여주었다.

표 44. 거피 생마 포장방법 및 온도에 따른 온도별 미생물 오염도

저장	N x10 <sup>2</sup> cfu/g	EMB	Oxford agar	SS	Cetrimid e agar	PCA
0 일	-	3	7	-	-	35
14일	4-S-진공	4	-	-	-	9
	4-S-일반	35	-	33	22	46
	4-L-진공	3	-	-	-	2
	4-L-일반	12	1	-	-	13
	12-S-진공	2	-	-	-	56
	12-S-일반	422	-	45	17	360
	12-L-진공	8	-	3	-	4
	12-L-일반	9	1	-	7	23



그림 72. 거피 생마의 오염 미생물 종류

따라서 생마 신선편이의 경우, 저온에 의한 온도조절은 물론 갈변억제와 또한 부패억제를 위한 유기산 저장법 및 천연 항균제 처리를 목적으로 하였으며, 이미 선정된 clove oil 이외에 식용으로 이용되고 있는 향신료를 이용하여 항균 효과는 물론, 관능성이 우수한 기능성 생마 신선편이를 제조하고자 하였다.

## 5. 유기산을 이용한 생마 신선편이의 갈변억제법 개발

생마 신선편이 제품개발에 있어 가장 큰 문제는 저온유통시의 부패에 직접 관여하는 저온부패세균과 거피, 절단시의 갈변현상이다. 특히 부패와 함께 갈변은, 소비자들에게 신선도 및 품질을 결정짓는 중요한 구매조건이 되므로, 생마 자체의 특유한 밝은 흰색을 그대로 유지하는 것이 중요하다. 현재 과일, 채소류의 갈변 억제 및 부패방지제로 아스코르빈산 또는 구연산등의 유기산이 주로 이용되고 있으나[Hwang, et al., 2003, Kor. J. Food. Sci. Technol., Kang et al., 2003, Kor. J. Food. Sci. Technol.], 생마의 경우 사용된 적은 없다. 따라서 본 연구에서는, 관능성이 우수하면서 장기 보존 및 저온 장기 유통이 가능한 생마 신선편이 제조를 목표로, 다양한 유기산 처리시의 부패방지 및 갈변 억제효과를 건전 생마 또는 초기 오염된 경우의 생마를 이용하여 4℃ 및 30℃에서 평가하였다.

생마 및 생마 신선편이: 생마는 2006년 경북 안동 및 고령에서 수확한 마 (*Dioscorea batatas*)를 이용하였으며, 4℃ 냉장고에서 보관하며, 실험 직전 멸균칼로 거피하여 사용하였다. 거피 생마는 지름 35 mm, 두께 4.5 mm로 절단하여, 생마 신선편이를 조제하였다.

유기산 처리: 유기산에 의한 신선편이의 갈변 및 부패 억제효과를 평가하기 위해, 조제된 생마 신선편이를 1% (v/w) 농도의 초산용액, 말레산 용액, 구연산 용액 및 아스코르빈산 용액에 각각 침지 처리하였다. 구연산 및 아스코르빈산은 생마에 사용된 적은 없으나, 과채류의 갈변억제에 가장 많이 이용되고 있으며[Hwang, et al., 2003, Kor. J. Food. Sci. Technol., Kang et al., 2003, Kor. J. Food. Sci. Technol.], 초산은 갈변억제보다는 식중독 세균에 대한 항균활성이 우수한 것으로 알려져 있다 [Kong et al., 2001, Kor. J. Food. Sci. Technol.; Kim et al., 1998, Kor. J. Food. Sci. Technol.]. 말레산은 푸마르산의 광학적 이성질체로, 식품산업에서는 오일 보존제 및 산도 조절제로 사용되고 있다. 유기산에 각각 3분간 침지한 신선편이는 건져내어 멸균 페트리디시(55×12 mm, 녹십자의료공업, 한국)에 넣어 수분증발을 방지하고, 4℃의 배양기에서 14일간 저장하면서 갈변 및 부패진행도를 관찰하였다[Ryu et al., 2006, Kor. J. Microbiol. Biotechnol., Ryu et al., 2007, Kor. J. Microbiol. Biotechnol.]. 한편 대조구로는 멸균수에 3분간 침지시킨 신선편이를 이용하였으며,

한편 기존에 사용되고 있는 차아염소산 나트륨(NaOCl, 100 ppm), 과산화수소수(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 100 ppm) 및 계면활성제와 구연산이 주성분인 야채, 과일용 1종 세척제(L사, 한국) 용액에 각각 3분간 침지 처리한 신선편이를 유기산 처리 신선편이와 비교하였다. 이때 침지 용액의 pH는 pH meter (320 pH meter, Mettler Toledo InLabR 413, UK)로 측정하였으며, 멸균수 6.4, NaOCl 용액 10.4, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액 5.1, 시판 1종 세척제 7.3, 초산용액 2.6, 말레산 용액 1.6, 구연산 용액 2.2 및 아스코르빈산 용액 2.7로 나타났다. 한편 초기의 건전생마 분쇄액의 pH는 6.0~6.2이었다.

생마 신선편이 색차 분석: 생마 신선편이, 화학 살균제를 처리한 신선편이 및 유기산 처리 생마 신선편이의 색차는 색차계(Colorimeter, Tokyo Denshoku Co., super color SP-80, Japan)을 사용하여 표면의 명도(lightness, *L*), 적색도(redness, *a*), 황색도(yellowness, *b*)를 측정하였다. 이때의 표준 백색판은 *L*값이 94.01, *a*값이 0.00, *b*값이 1.50으로 기준을 정하였으며, 시료당 3회 측정하여 평균값을 구하여 나타내었고, 색차( $\Delta E$ )는 다음의 식을 이용하여 계산하였다[Ryu et al., 2007, Kor. J. Microbiol. Biotechnol].

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}.$$

생마 신선편이 부패 평가: 건전한 생마 신선편이 및 이미 오염된 생마 신선편이를 대상으로 실험을 진행하였으며, 생마 신선편이에 다양한 화학 살균제 및 유기산을 처리한 후, 멸균 페트리디시에 넣고 4°C의 배양기에서 14일간 저장하면서 미생물의 증식을 평가하였다. 초기 오염된 생마 신선편이의 경우에는, 생마 저온부패균으로 보고[Ryu et al., 2006, Kor. J. Microbiol. Biotechnol., Ryu et al., 2007, Kor. J. Microbiol. Biotechnol.]된 *Pseudomonas rhodesiae* YAM-12 및 *Pseudomonas cepacia* YAM-10를 Nutrient broth (Difco Co., USA)에 20시간 배양하고, 균체를 회수한 후 멸균 증류수에 재현탁하여 균체수를 10<sup>6</sup> CFU/ml로 조정하여 각각의 용액에 신선편이를 3분간 침지하여 제조하였다. 14일간 저온 저장 후, 각각의 신선편이 10 g을 취하여 무균백(Model 400, Closure Bags 6041)에 넣고, 분쇄기(Stomacher 400, Seward Limited, England)로 분쇄, 균일화 한 후 pH와 brix(Atago N-1E, Japan)를

측정하였으며, 생마 분쇄액에 40 ml의 멸균수를 첨가하여 균일화 한 후 Nutrient broth를 이용하여 최확수법에 따라 시료내의 총균수를 측정하였다.

유기산의 생마 신선편이 갈변 및 부패 억제 활성평가: 먼저 건전한 생마 신선편이를 1% 농도의 초산용액, 말레산 용액, 구연산 용액 및 아스코르빈산 용액에 각각 3분간 침지 후 4°C에서 14일간 저온 저장한 결과, 아스코르빈산 용액 처리구에서 약간의 갈변이 나타났으나, 초산, 말레산, 구연산 처리구에서는 거의 변화가 나타나지 않았다(그림 73). 대조구로 사용된 멸균수 처리, 과산화수소 처리, NaOCl 처리, 1종 세척제 처리구에서는 미약한 갈변현상이 나타났으며, 특히 시판 1종 세척제와 멸균수 처리구에서 가장 갈변이 심하였다. 색차계를 이용한 색차 분석결과, 말레산과 초산, 과산화수소수를 처리한 경우 색차는 1.29, 3.78, 3.17로 가장 낮았으며, 구연산과 NaOCl 처리구는 4.77~4.87의 색차변화가 나타났고, 1종 세척제와 아스코르빈산 처리구는 7.99 및 6.29의 색차로 갈변이 심하였다(표 45). 또한 생마의 경우 미생물의 증식에 따른 부패시에 pH의 급격한 상승이 동반되는데, 14일 저장 신선편이의 pH는 초산 및 말레산 처리구에서 5.0 및 5.6으로 나타나 낮은 pH를 유지한 반면, 구연산 및 아스코르빈산 처리의 경우 6.2, 6.5를 나타내어 무처리 또는 멸균수 처리구와 유사한 pH를 보였다. 미생물의 성장 역시, 초기 무처리 생마에서  $10^{2-3}$  CFU/g의 세균이 초산 및 말레산 처리에서는 14일 후  $10^3$  CFU/g 이하로 나타나 부패억제능이 나타났으며, 그 외 처리구에서는  $10^6$  CFU/g 이상으로 증식되어, 부패 억제능이 미약함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 생마에서 갈변현상과 미생물 성장이 동일하게 진행되지는 않음을 나타내며, 현재 사용되고 있는 1종 세척제와 NaOCl, 과산화수소 및 아스코르빈산 처리가 생마 신선편이의 미생물 제어와 갈변억제에는 효과적이지 못함을 나타낸다.

한편 인위적으로 저온부패균 YAM-10 및 YAM-12를 오염시킨 생마 신선편이에 동일하게 유기산을 처리하고 14일간 저온 저장한 경우에는, 초산 및 말레산 처리를 제외한 모든 처리구에서 심한 갈변현상이 나타났으며, 특히 YAM-12 처리구에서는 더욱 심한 갈변 및 부패가 나타났다(그림 73). 초산 및 말레산 처리구 중에서는 말레산 처리구가 더욱 우수한 갈변 억제효과를 나타내었다. YAM-10 오염 및 YAM-12 오염의 경우, 멸균수 처리구에서 색차 변화는 각각 19.43 및 17.61로 매우 심각하였으나, 말레산 처리구에서는 각각 1.36 및 2.37로 색차변화가 미미하였다(표 46). 또한



미생물 총균수 역시, 초기  $10^5$  CFU/g에서 멸균수 처리시  $10^7$  CFU/g 이상으로 증가되었으나, 말레산 처리구에서는 오히려  $10^3$  CFU/g 이하로 감소되어 살균효과가 있음을 알 수 있었다. 말레산 처리구의 pH는 초기 생마 pH 6.2에서 5.64~5.78로 약산성을 나타내었으나, 멸균수 처리구에서는 pH 8.4~8.5의 알카리 상태를 나타내어 저온부패균에 의한 부패가 심각함을 확인하였다.

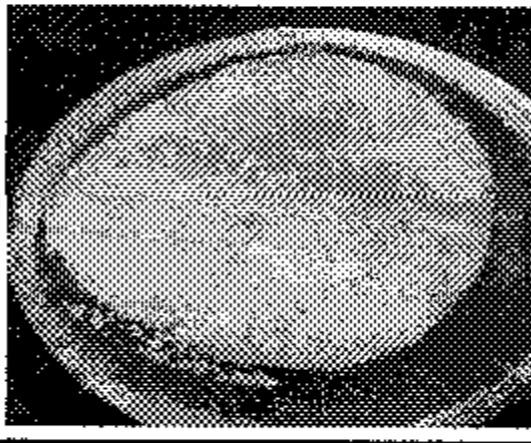
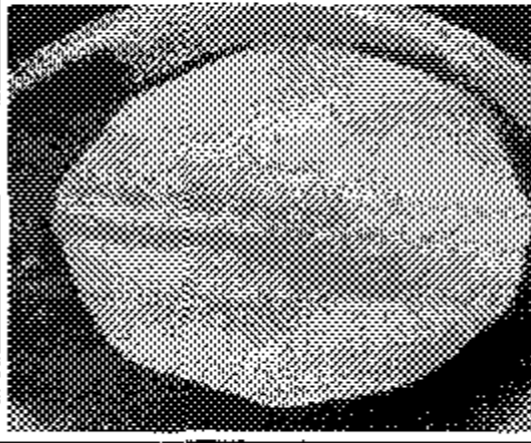
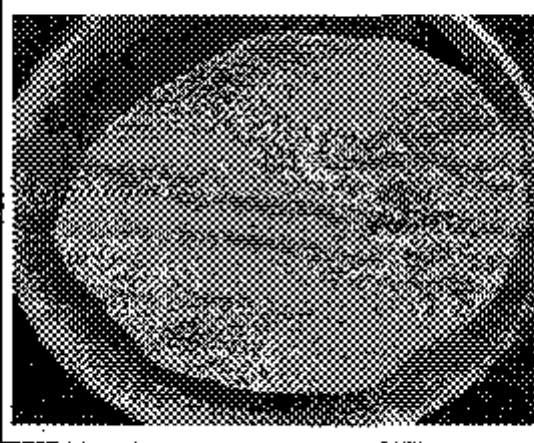
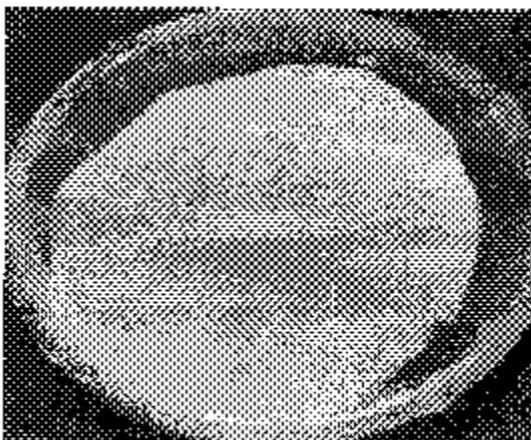


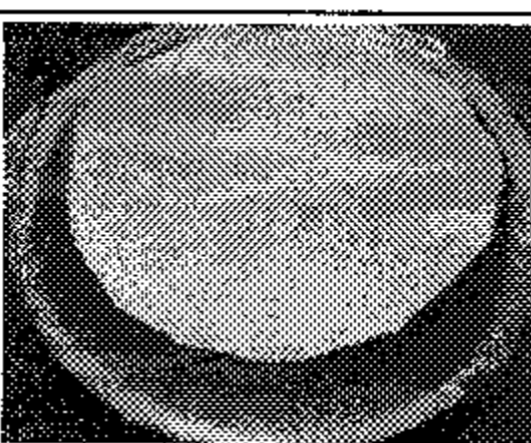
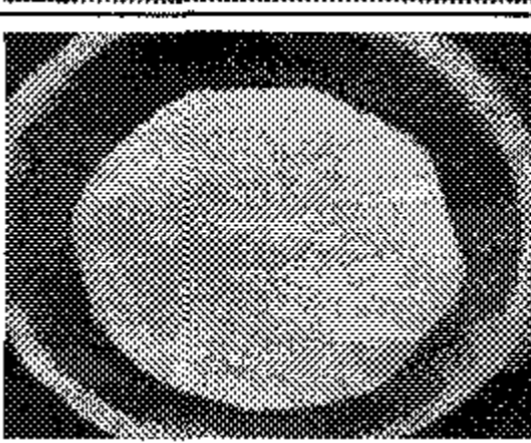

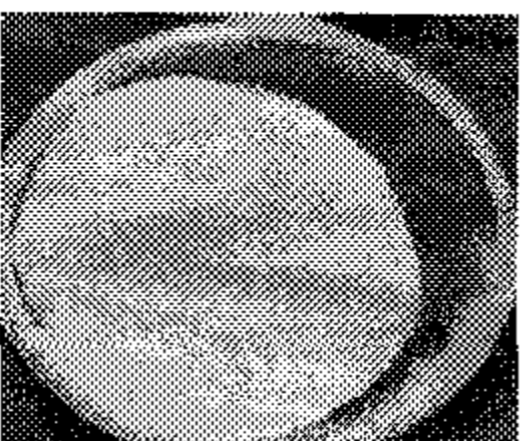
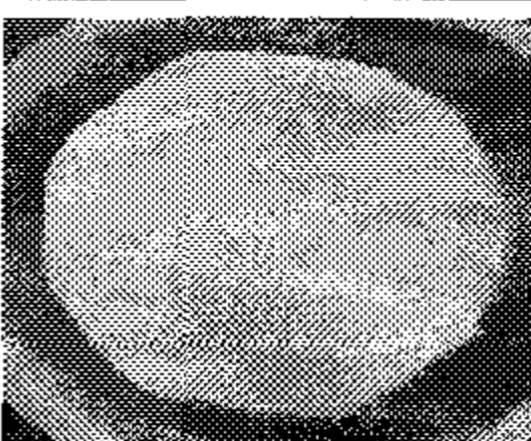




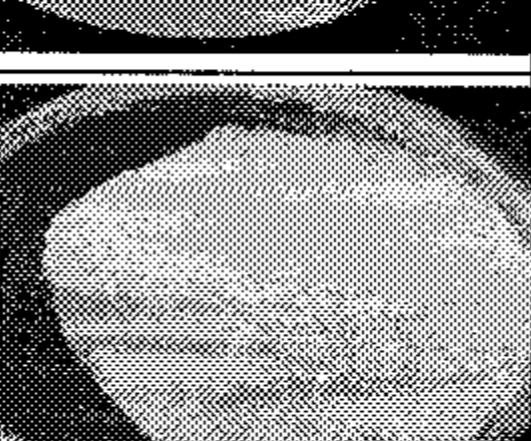








Treatment	(a) Without inoculation	(b) YAM-10 <sup>2</sup> inoculation	(c) YAM-12 <sup>3</sup> inoculation
Sterilized water			
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (100 ppm)			
Grade-1 washing solution <sup>1</sup>			
NaOCl (100 ppm)			
1% Acetic acid			
1% Maleic acid			
1% Citric acid			
1% Ascorbic acid			

Fig. 73. Photographs of fresh-cut yams, which were treated with different chemical preservatives or organic acids, after 14-days storage at 4°C.

<sup>1</sup>Grade-1 washing solution: The product (KFDA approved) was consisted of detergent (27%) and citric acid (73%), <sup>2</sup>YAM-10: *Pseudomonas cepacia* YAM-10, <sup>3</sup>YAM-12: *Pseudomonas rhodesiae* YAM-12.

Table 45. Changes of color, pH, and microbial growth in fresh-cut yam by treatment of chemical preservatives or organic acids.

Color, pH and microbial growth	Fresh-cut yam after 14 days storage at 4°C								
	0 day	Treatments							
		S.W <sup>1</sup>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> <sup>2</sup>	G-1 <sup>3</sup>	NaOCl <sup>4</sup>	AA <sup>5</sup>	MA <sup>6</sup>	CA <sup>7</sup>	AsA <sup>8</sup>
<i>L</i>	75.4	71.98	75.05	69.35	72.14	73.15	76.38	71.25	70.11
<i>a</i>	-1.32	0.34	1.71	2.15	1.76	1.58	-0.95	-0.98	-1.16
<i>b</i>	10.88	7.36	10	14.79	12.78	9.97	10.13	13.21	14.24
$\Delta E^9$	-	5.18	3.17	7.99	4.87	3.78	1.29	4.77	6.29
pH	6.2	6.4	7.8	6.2	6.2	5.0	5.6	6.2	6.5
Log CFU/g	2~3	7~8	7~8	6	8	3	3	6	7~8

<sup>1</sup>S. W: sterilized water, <sup>2</sup>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: 100 ppm hydrogen peroxide, <sup>3</sup>G-1: Grade-1 washing solution, <sup>4</sup>NaOCl: 100 ppm sodium hypochlorite, <sup>5</sup>AA: acetic acid, <sup>6</sup>MA: maleic acid, <sup>7</sup>CA: citric acid, <sup>8</sup>AsA: ascorbic acid. <sup>9</sup> $\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ , where *L*, *a*, and *b* represent lightness, redness, and yellowness, respectively.

Table 46. Changes of color, pH, and microbial growth in artificially contaminated fresh-cut yam by treatment of sterilized water or maleic acid.

Color, pH and microbial growth	Artificially contaminated fresh-cut yam after 14 days storage at 4°C				
	0 day	YAM-10 <sup>1</sup> inoculation		YAM-12 <sup>2</sup> inoculation	
		S.W <sup>3</sup>	MA <sup>4</sup>	S.W	MA
<i>L</i>	75.4	66.57	74.66	61.41	74.76
<i>a</i>	-1.32	3.20	-0.72	3.32	0.11
<i>b</i>	10.88	27.59	9.90	20.52	9.09
$\Delta E^5$	-	19.43	1.36	17.61	2.37
pH	6.2	8.5	5.78	8.4	5.64
Log CFU/g	5	8	< 3	7	< 3

<sup>1</sup>YAM-10: *Pseudomonas cepacia* YAM-10, <sup>2</sup>YAM-12: *Pseudomonas rhodesiae* YAM-12. <sup>3</sup>S. W: sterilized water, <sup>4</sup>MA: maleic acid, <sup>5</sup> $\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ , where *L*, *a*, and *b* represent lightness, redness, and yellowness, respectively.

유기산 처리농도에 따른 생마 저온 부패균의 생육억제: 생마 신선편이의 갈변 및 부패억제를 위한 유기산의 처리농도 결정을 위해, 생마 저온부패균을 제어할 수 있는 초산 및 말레산의 최소 처리농도를 결정하였다. *P. rhodasiae* YAM-12 및 *P. cepacia* YAM-10을 각각 Nutrient broth에 접종하여 30°C에서 24시간 동안 전배양한 후, 이를 Nutrient broth에 재접종하여 600 nm에서의 흡광도가 0.1이 되도록 조정하고, 각각의 유기산을 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 0.75%, 및 1.0% (v/v)되도록 첨가하였다. 이후, 4°C에서 96시간, 또는 30°C에서 24시간 배양 후 균주의 생육도를 microplate reader (Asys Hitech, Expert96, Asys Co., Austria)를 사용하여 600 nm의 흡광도를 측정하여 평가하였다. 유기산의 대조구로는 시판 항균제인 ampicillin (Sigma Co., USA)을 0, 1, 5 및 10 µg/ml 농도로 사용하였으며, 균주 대조구로는 *Escherichia coli* KCTC 1682를 사용하였다.

그 결과. 먼저 4°C에서 배양한 경우, 시판 항생제인 ampicillin은 대장균의 경우 1 µg/ml 농도에서부터 생육억제가 나타났으나, 생마 부패균들에서는 거의 영향을 미치지 않았다(그림 74). 이러한 현상은 4°C 배양보다 대장균의 생육이 활발한 30°C에서 배양한 경우 더욱 두드러지게 나타났으며(그림 74), 생마 부패균들이 저온성이며 항생제 내성을 가지고 있음을 알 수 있었다. 한편 말레산 및 초산 처리구에서는, *P. cepacia* YAM-10을 4°C에서 배양한 경우를 제외한 모든 실험구에서 0.1% 농도로도 대장균과 생마 부패균에 모두 강력한 생육저해를 나타내었다(그림 74). 유기산의 항균작용이 유기산의 이온화와 관련되며 균주에 따라 내성이 달라지지만[Kong et al., 2001, Kor. J. Food. Sci. Technol], 생마 저온 저장 중 저온 부패균 YAM-10을 제어하기 위해서는 최소한 0.1% 이상의 말레산 또는 0.2% 이상의 초산처리가 필요함을 알 수 있으며, 30°C의 상온 저장 중에는 0.1% 농도 처리로 저온균에 의한 부패를 억제할 수 있을 것으로 추측된다.

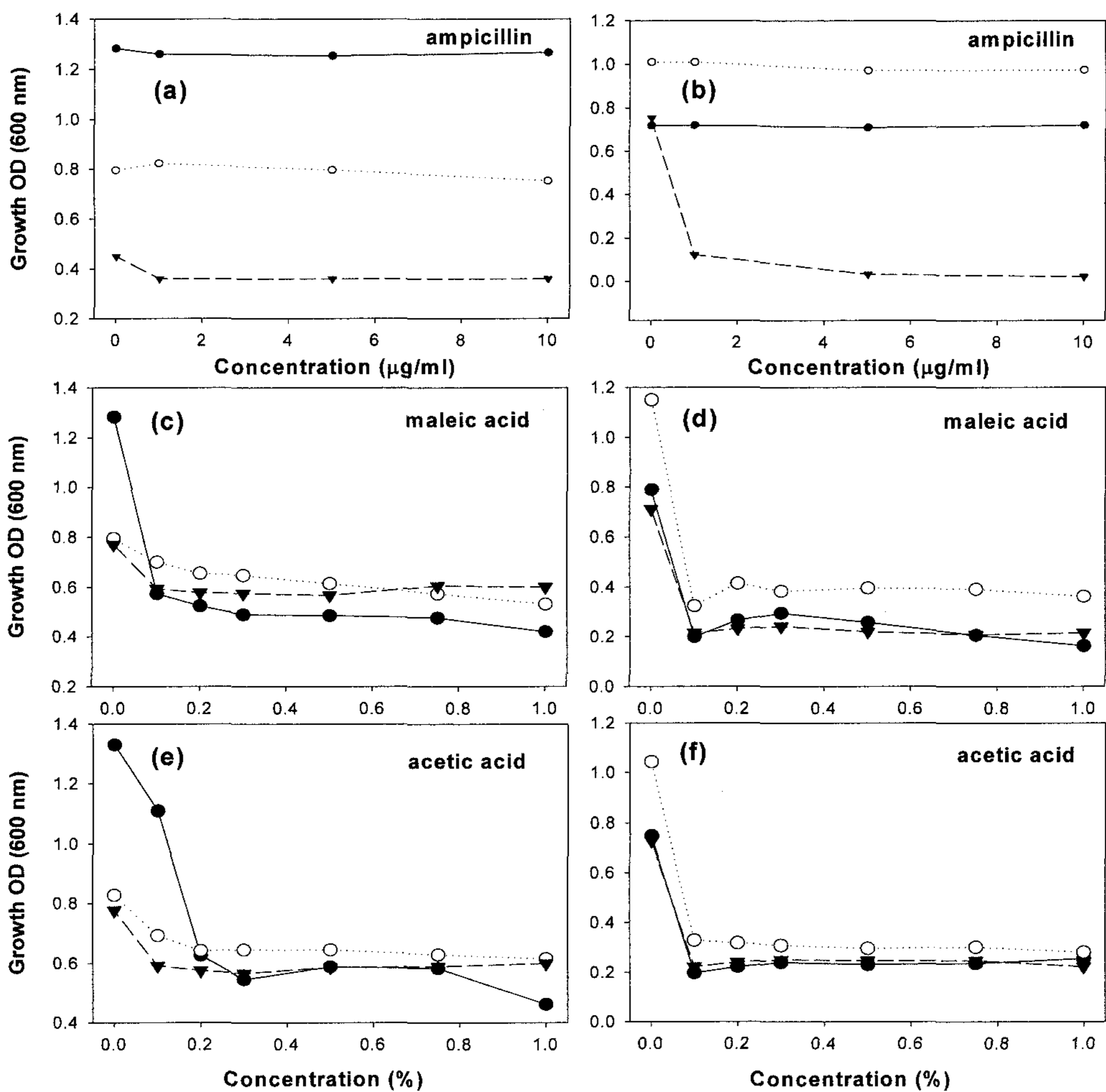


Fig. 74. Cell growth inhibition at 4°C (a, c and e) and 30°C (b, d, and f) by treatment of ampicillin (a and b), maleic acid (c and d) and acetic acid (e and f) against psychrotrophic yam putrefactive bacteria [*Pseudomonas cepacia* YAM-10 (●) and *Pseudomonas rhodasiae* YAM-12 (○)], and *Escherichia coli* (▼).

0.1% 말레산 또는 초산용액 처리 신선편이의 갈변억제 및 부패방지 효과: 생마의 부패 및 갈변 억제능이 우수한 초산 및 말레산의 최소처리 농도 0.1% 용액에, 건전 생마 신선편이를 각각 3분간 침지 처리한 후, 4도에서 14일 동안 저장하면서 갈변억제와 부패 방지를 평가한 결과는 하기표에 나타내었다. 무처리 및 멸균수 처리의 경우, 색차변화는 8.74 및 6.37로 갈변이 진행된 반면, 초산 및 말레산 처리의 경우 각각 1.25 및 2.79의 색차로 갈변이 거의 나타나지 않았다. pH 측정의 경우에도 초산 및 말레산 처리시에 5.5~5.6을 나타내어 부패가 진행되지 않았음을 알 수 있었으며, 미생물 총균수 역시, 초기  $10^2$  CFU/g 이하에서, 무처리 및 멸균수 처리구에서는  $10^8$  CFU/g으로 증가되었으나, 0.1% 초산 및 말레산 처리구에서는  $10^5$  CFU/g을 나타내어 부패 억제효과를 확인하였다(표 47). Brix 변화에 있어서는 무처리, 멸균수, NaOCl, 초산 및 말레산 처리구 모두가 5.9에서 5.0~5.1로 감소하였다. 한편 생마 신선편이에 저온 부패균 *P. rhodasiae* YAM-12를 인위적으로 접종하여 오염시킨 경우, 14일간의 저장 후, 무처리, 멸균수 처리 및 NaOCl 처리 생마 신선편이에서 색차변화가 각각 21.38, 27.36 및 25.39로 심각하게 갈변되었으며, pH는 7.6~8.4로 증가되고 미생물 총균수는  $10^8$  CFU/g 이상으로 나타나 상품성을 완전히 상실하였다(표 48). 그러나, 초산 및 말레산 처리구에서는 색차변화가 각각 20.93 및 15.21로 갈변정도가 감소되었으며, pH 7.5~7.6의 미약한 증가와 함께 미생물 증식은  $10^5$  CFU/g으로 나타났다. Brix 측정 결과, 무처리 및 NaOCl 처리구가 초기 5.9에서 2.8 및 1.8로 감소한 반면, 멸균수, 초산 및 말레산 처리구에서는 각각 3.4, 4.0 및 3.4로 감소정도가 상대적으로 미미하였다. 이러한 결과는 생마 자체가 심각하게 오염 되지 않은 경우, 0.1% 초산 및 말레산 처리가 생마 신선편이의 갈변 억제 및 부패억제에 효율적임을 제시하고 있다. 향후 진공포장 또는 저농도 유기산 침지포장 등의 적절한 포장방법의 개량과 풍미 향상방안이 마련된다면, 유기산을 처리하여 생마 및 근채류 신선편이의 갈변 및 부패억제를 통한 장기간 저온 유통이 가능할 것으로 판단된다.

Table 47. Changes of color, pH, brix and microbial growth in fresh-cut yam after treatment of 0.1% acetic acid or 0.1% maleic acid. After treatments, the fresh-cut was stored at 4°C for 14 days.

Color, pH and microbial growth	Without treatment		Treatments							
			Sterilized water		NaOCl (100 ppm)		Acetic acid (0.1%)		Maleic acid (0.1%)	
	0	14d	0	14d	0	14d	0	14d	0	14d
<i>L</i>	75.20	73.02	74.96	74.61	74.68	74.90	74.89	74.84	75.13	74.35
<i>a</i>	-1.96	-0.09	-2.04	-1.61	-1.44	-1.65	-1.82	-0.78	-2.44	-0.31
<i>b</i>	3.71	11.96	4.18	10.05	2.58	4.90	2.52	3.90	2.44	5.79
$\Delta E^1$	-	8.74	0.53	6.37	1.35	1.26	1.24	1.25	1.36	2.79
pH	6.16	6.16	6.15	6.65	6.82	6.67	5.60	5.55	5.65	5.62
Brix (%)	5.9	5.1	5.9	5.0	5.9	5.0	5.9	5.0	5.9	5.0
Log CFU/g	< 2	8	< 2	8	< 2	8	< 2	5	< 2	5

$^1\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ , where *L*, *a*, and *b* represent lightness, redness, and yellowness, respectively.

Table 48. Changes of color, pH, brix and microbial growth in artificially contaminated fresh-cut yam by treatment of 0.1% acetic acid or 0.1% maleic acid. Initial microbial contamination with *Pseudomonas rhodasiae* YAM-12 was adjusted to 10<sup>6</sup> CFU/g-yam, and the fresh-cut was stored at 4°C for 14 days.

Color, pH and microbial growth	Without treatment		Treatments							
			Sterilized water		NaOCl (100 ppm)		Acetic acid (0.1%)		Maleic acid (0.1%)	
	0	14d	0	14d	0	14d	0	14d	0	14d
<i>L</i>	72.43	61.15	73.19	63.00	70.72	58.36	73.54	65.19	73.64	68.13
<i>a</i>	-2.05	1.12	-1.10	-4.32	-1.46	-1.26	-1.94	-2.83	-1.94	-2.31
<i>b</i>	3.82	21.70	4.09	29.40	0.01	24.94	2.96	23.44	3.68	18.41
$\Delta E^1$	-	21.38	1.24	27.36	4.22	25.39	1.41	20.93	1.22	15.21
pH	6.16	7.65	6.16	8.43	6.98	7.69	5.68	7.52	5.90	7.60
Brix (%)	5.9	2.8	5.9	3.4	5.9	1.8	5.9	4.0	5.9	3.4
Log CFU/g	6	8	4	8	4	8	4	5	4	5

$^1\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ , where *L*, *a*, and *b* represent lightness, redness, and yellowness, respectively.

## 6. 천연 향신료를 이용한 관능성이 강화된 기능성 생마 신선편이 제조

전 세계적으로 널리 사용되고 있는 천연 향신료들은, 식품의 관능성 증대는 물론, 병원성 세균 및 식품부패균에 대한 천연보존료로 사용 가능하며[Bozin et al., 2006, J. Agric. Food Chem; Lee et al., 2006, J. Food Microbiol.; Yoo et al., 2006, Kor. J. Food Sci. Technol.] 부가적으로 항바이러스[Kang et al., 1999, The J. Appl. Pharmacol], 항산화[Dragland et al., 2003, J. Nutr.], 항혈전 활성화[Jang et al., 2005, Kor. J. Nutr] 등 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 알려져, 천연 향신료를 이용한 천연보존료 개발 연구가 최근 집중되고 있다[Chung et al., 2001, Kor. J. Soc. Food Cookery Sci., Han et al., 2006, Kor. J. Medicinal Crop Sci. Kim et al., 2004, J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr., Kim et al., 2006, J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem. Yoo et al., 2006, Kor. J. Food Sci. Technol.]. 따라서 생마 신선편이 제조에 있어서 천연 향신료를 이용한 생마의 부패 및 갈변억제가 가능하리라 판단되며, 관능성이 강화되면서 유용생리활성을 가진 신선편이 제조를 목표로, 화학 식품보존료를 사용하지 않으면서, 유통 안정성 강화, 관능성 증대 및 기능성이 강화된 신선편이 제조 가능성을 검토하였다. 국내외에서 사용되고 있는 11종의 천연 향신료의 항균, 항산화 및 항혈전 활성을 평가한 결과, 계피 및 페퍼민트 추출물에서 우수한 항산화, 항혈전 활성을 확인하였으며, 이를 이용한 생마 신선편이 제조가 가능한지 검토하였다.

실험에 사용한 향신료는 국내에서 주로 사용하는 생강(*ginger, Zingiber officinale*), 고추냉이(*wasabi, Wasabia japonica*), 후추(*black pepper, Piper nigrum*), 겨자(*mustard, Brassica juncea*), 계피(*cinnamon, Cinnamomum zeylanicum*), 산초(*chinese pepper, Zanthoxylum piperitumv*), 마늘(*garlic, Allium sativum*) 및 서양에서 주로 사용되는 타임(*thyme, Thymus vulgaris*), 로즈마리(*rosemary, Rosmarinus officinalis*), 카모마일(*chamomile, Anthemis nobilis*), 페퍼민트(*peppermint, Eucalyptus piperita*)의 11종이며, 각각 100% 순도의 시판 제품을 구입하여 사용하였다. 각각의 향신료는 건조무게의 10배의 물, 또는 메탄올을 가하여 실온에서 24시간 동안 교반 추출하였으며, 타임, 로즈마리, 카모마일 및 페퍼민트의 경우에는 건조무게의 20배의 물, 또는 메탄올을 가하여 추출하였다. 각각의 추출액은 2,000 rpm에서 10분간 원심분리(HA-1000-3, Hanil Science Ind. Co. Ltd. Korea)하여 상등액을



회수하고, 여과지(Whatman No. 2)로 여과하였다. 추출효율 및 환원당, 단백질, 폴리페놀 함량 등의 추출물 성분분석은 각각의 여과액을 40~43℃에서 원심 감압농축(Centra-Vac VS-802, Vision, Korea)한 추출물 분말을 이용하여 분석하였으며, 결과는 무게 %로 나타내었다. 생리활성 측정의 경우 물 추출물은 여과액을 사용하였으며, 메탄올 추출물의 경우에는 추출물 10 ml를 감압건조하여 메탄올을 제거한 후, 2 ml의 DMSO (dimethylsulfoxide)에 녹여 사용하였다.

시판 향신료로부터 추출물의 조제 및 추출물 성분분석: 물 및 메탄올을 추출 용매를 이용한 11종 향신료의 평균 추출 수율은 표 49에 나타내었다. 물을 이용한 경우, 마늘에서 3.69%의 추출율을 나타내었으나, 전반적으로 0.37~1.91% (w/w)의 다소 낮은 추출율을 보였다. 반면 메탄올 추출의 경우, 마늘의 0.49% 추출율을 제외하면 2.45~21.74% (w/w)로 비교적 높게 나타났다. 특히, 케모마일, 페퍼민트 및 와사비에서는 19.19%, 21.74% 및 10.41%로 매우 높은 수율을 나타내었다. 이는 사용된 시판 향신료에서 지용성 성분이 상당량 포함되어 있음을 의미하며, 또한 마늘 추출물의 경우에서와 같이 향신료의 종류에 따라 각기 다른 추출용매가 선정되어야 함을 나타내고 있다. 물 추출물의 성분을 분석한 결과, pH는 5.0~6.5의 약산성을 나타내었으며, 후추 추출물은 pH 7.0을 나타내었다(표 50). Brix는 1.0~4.3의 범위였으며, 마늘의 경우 8.1을 나타내었다. 반면 환원당의 경우 생강에서 가장 높은 9.08%를, 후추에서 가장 낮은 0.87% 함량을 보였다. 단백질 함량은 서양에서 주로 사용하는 로즈마리, 케모마일, 페퍼민트 및 타임에서 3.80~6.46%의 비교적 높은 함량을, 나머지 국내에서 주로 사용하는 향신료들은 1.61~2.3%의 낮은 함량을 보였다. 총 폴리페놀의 경우, 역시 로즈마리, 케모마일, 페퍼민트 및 타임에서 1.05~1.77%의 높은 함량을, 기타 향료에서는 0.15~0.73%의 낮은 함량을 보였다. 이러한 결과는 향신료 물 추출물이 관능 향상뿐만 아니라, 생리활성에도 기여할 수 있음을 제시하고 있다.

Table 49. Extraction yields of different natural spices by water or methanol.

Natural spices	Extraction yields (% w/w)	
	Water extract	Methanol extract
Rosemary	0.73 <sup>1)</sup>	2.69
Chamomile	1.75	19.19
Peppermint	0.93	21.74
Thyme	0.92	4.21
Ginger	1.18	4.65
Cinnamon	0.37	5.56
Black pepper	0.37	2.45
Wasabi	1.85	10.41
Mustard	1.91	2.77
Garlic	3.69	0.49
Chinese pepper	0.54	4.30

<sup>1)</sup>Values are mean of triplications.

Table 50. Compositions and pHs of the water extract from different natural spices.

Natural spices	pH	Brix degree	Reducing sugar (% w/w)	Protein (% w/w)	Total polyphenol (% w/w)
Rosemary	6.0	1.0	4.18	5.43	1.42
Chamomile	5.0	2.2	5.46	3.80	1.05
Peppermint	6.5	1.4	6.17	5.85	1.77
Thyme	6.0	1.4	6.32	6.46	1.72
Ginger	5.5	2.8	9.08	1.77	0.54
Cinnamon	5.5	1.3	5.23	1.82	0.49
Black pepper	7.0	1.0	0.87	2.30	0.53
Wasabi	4.0	3.4	4.82	2.15	0.47
Mustard	5.5	4.3	5.10	1.91	0.15
Garlic	6.0	8.1	1.48	2.20	0.21
Chinese pepper	6.0	1.7	2.88	1.61	0.73

조제된 천연 향신료 추출물을 대상으로 항균력을 포함한 유용활성 정도를 평가하였다. 항균력 이외에는 항산화력 및 항혈전 활성을 각각 평가하였다.

항균활성 측정을 위하여 생마의 주요 저온부패균으로 보고된 *Pseudomonas cepacia* YAM-10 및 *Pseudomonas rhodesiae* YAM-12 균주를 사용하여 향신료의 항균활성을 평가하였으며, 대조구로는 그람 음성균으로 *Escherichia coli* KCTC1682를, 그람 양성균으로는 *Streptococcus mutans* JC-2를 사용하였다. 먼저, 균주를 Nutrient broth (Difco Co., USA)에 접종하여 37°C에서 24시간 동안 배양한 후, 각 균주를 O.D.<sub>600</sub> 0.1로 조정하여 Nutrient agar (Difco Co., USA)에 100 µl 도말하고, 각각의 추출물 조제시료 7 µl를 멸균 disc-paper (지름 6.5 mm, Whatman No.2)에 가하여, 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 항균 활성은 생육저지환의 크기를 측정하여 평가하였으며[Kim et al., 2005, J. Life Sci. Sohn et al., 2006, Kor. J. Microbiol. Biotechnol.], 대조 항균제로는 ampicillin (Sigma Co., USA)을 사용하였다.

항혈전 활성 측정: 각각의 추출물의 항혈전 활성은 thrombin time을 측정하여 평가하였다. 트롬빈 저해 활성은 Amelung coagulometer KC-1A (Japan)를 이용하여 혈액 응고시간을 측정하여 평가하였다[Sohn et al., 2006, J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.; Sohn et al., 2005, J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.]. 37°C에서 0.5 U 트롬빈 (Sigma Co., USA) 50 µL와 20 mM CaCl<sub>2</sub> 50 µL, 다양한 농도의 시료 추출액 10 µL를 coagulometer의 튜브에 혼합하여 2분간 반응시킨 후, 혈장 100 µL를 첨가한 후 혈장이 응고될 때까지의 시간을 측정하였으며, 시료 대조구로는 아스피린(Sigma Co., USA)을, 용매 대조구로는 DMSO를 사용하였다. DMSO의 경우 33초의 응고시간을 나타내었으며, 트롬빈 저해에 따른 항혈전 활성은 3회 이상 반복한 실험의 평균값으로 나타내었다.

DPPH free radical 소거활성 측정: 각 추출물의 항산화 활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) radical에 전자를 공여하여 자유기를 소거하는 활성을 측정하여 평가하였다. 먼저, 다양한 농도로 희석한 시료 20 µL에 99.5% 에탄올에 용해시킨  $2 \times 10^{-4}$  M DPPH 용액 380 µL를 넣고 혼합하여 37°C에서 30분 동안 반응시킨 후, 516 nm에서 microplate reader (Asys Hitech, Expert96, Asys Co., Austria)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 butyl hydroxytoluene, vitamin C 및 vitamin E (Sigma Co., USA)를 사용하였다. DPPH free radical 소거능은 시료첨가구와 비첨가구의 백분율로 표시하였으며, IC<sub>50</sub>는 50% 소거능을 나타내는 농도로 계산하였다.

$$\text{DPPH scavenging activity(\%)} = \{1 - (\text{Sample O.D.}) / (\text{Control O.D.})\} \times 100$$

향신료 추출물의 항균, 항혈전 및 항산화 활성 평가 결과: 기능성 신선편이 제조를 위한 향신료 선정을 위해, 조제된 향신료 추출물들의 항균, 항혈전 및 항산화 활성을 평가하였다. 향신료 물 추출물들의 생마 저온 부패균에 대한 항균 활성은 나타나지 않았으며, *E. coli* 및 *S. mutans*에 대해서도 항균활성은 인정되지 않았다(표 51). 반면 대조구로 사용된 ampicillin의 경우 *E. coli* 및 *S. mutans*에서 강력한 활성을 나타내었으나, 생마 저온 부패균에 대한 항균활성은 나타나지 않아, 생마 부패균주 *Pseudomonas* sp.들의 ampicillin 내성을 추측할 수 있었다.

한편 향신료 물 추출물들의 트롬빈 타임은 대조구로 사용된 DMSO와 유사하였으나 페퍼민트에서는 860초 이상의 트롬빈 타임 연장효과를 확인하였다. 이는 혈행 개선제로 사용되고 있는 아스피린이 1,500 µg/mL의 농도에서 약 82~100초의 트롬빈 타임을 나타내는 것[Sohn et al., 2006, J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.; Sohn et al., 2005, J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.]을 감안한다면 매우 강력한 활성임을 알 수 있다.

향신료 물추출물들의 DPPH 소거능의 경우 계피 추출물과 로즈마리 추출물에서 각각 61.3 µg/ml, 84.3 µg/ml의 IC<sub>50</sub>를 나타내어 우수한 항산화력이 인정되었다. 성분 분석결과와 비교할 때, 향신료의 총 폴리페놀 함량과 항산화력은 일치하지 않았으며, 이는 향신료 물 추출물에서는 폴리페놀성 물질이외의 다양한 물질에 의한 항산화력이 나타남을 의미한다.

향신료 메탄올 추출물의 경우, 로즈마리 추출물에서 강력한 항충치균 활성이 나타났으며, 타임, 생강 및 계피 추출물에서 생마 부패균 YAM-12에 대한 항균활성이 인정되었다(표 52). 이러한 결과는, 추출조건은 다르나, 정 등[Chung et al., 2001, J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.]이 보고한 로즈마리와 타임 추출물의 그람양성 특이적 항균활성과도 잘 일치하였다. 트롬빈 저해활성 측정 결과 계피 및 산초 추출물에서 183.9초 및 243.6초의 우수한 트롬빈 타임 연장효과를 보였으나, 페퍼민트 물 추출물에 비해 상대적으로 약한 활성을 보였다. DPPH 소거능은 타임 및 계피 추출물에서 각각 15.5 µg/ml 및 17.2 µg/ml의 IC<sub>50</sub>를 나타내어 vitamin E에 상당하는 우수한 항산화 활성이 확인되었으며, 이는 타임과 계피에서 항산화활성을 확인한 기존의 보고와 잘 일치하였다[Kim et al., 1993, Kor. J. Food Sci. Technol.].

Table 51. Antimicrobial, antithrombosis and DPPH scavenging activities of the water extract from different natural spices.

Natural spices	Antimicrobial activity (mm)				Thrombin time (sec)	DPPH scavenging activity (IC <sub>50</sub> , µg/ml)
	Yam -10 <sup>1</sup>	Yam -12 <sup>2</sup>	<i>E. c</i> <sup>3</sup>	<i>S. m</i> <sup>4</sup>		
Ampicillin	- <sup>5</sup>	-	12	19	ND	ND
Vitamin C	ND <sup>6</sup>	ND	ND	ND	ND	8.6
BHT <sup>7</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	18.5
Rosemary	-	-	-	-	33.4	84.3
Chamomile	-	-	-	-	30.4	538.8
Peppermint	-	-	-	-	> 860	236.3
Thyme	-	-	-	-	49.2	169.3
Ginger	-	-	-	-	39.2	734.8
Cinnamon	-	-	-	-	34.3	61.3
Black pepper	-	-	-	-	38.1	300.0
Wasabi	-	-	-	-	33.3	989.1
Mustard	-	-	-	-	34.7	599.9
Garlic	-	-	-	-	33.0	2,500.0
Chinese pepper	-	-	-	-	42.9	136.1

<sup>1</sup>Yam-10: *Pseudomonas cepacia* YAM-10, <sup>2</sup>Yam-12: *Pseudomonas rhodesiae* YAM-12, <sup>3</sup>*E. c*: *Escherichia coli* KCTC1682, <sup>4</sup>*S. m*: *Streptococcus mutans* JC-2, <sup>5</sup>-: No activity, ND<sup>6</sup>: Not Determined, BHT<sup>7</sup>: Butylhydroxytoluene

Table 52. Antimicrobial, antithrombosis and DPPH scavenging activities of the methanol extract from different natural spices.

Natural spices	Antimicrobial activity (mm)				Thrombin time (sec)	DPPH scavenging activity (IC <sub>50</sub> , µg/ml)
	Yam -10 <sup>1</sup>	Yam -12 <sup>2</sup>	<i>E. c</i> <sup>3</sup>	<i>S. m</i> <sup>4</sup>		
Ampicillin	- <sup>5</sup>	-	12	19	ND	ND
Vitamin E	ND <sup>6</sup>	ND	ND	ND	ND	20.7
Rosemary	-	-	-	25.0	40.8	818.5
Chamomile	-	-	-	-	44.5	121.4
Peppermint	-	-	-	-	37.3	76.3
Thyme	-	9.0	-	10.1	32.1	15.5
Ginger	-	9.5	7.5	-	44.1	149.7
Cinnamon	-	10.1	-	-	183.9	17.2
Black pepper	-	-	-	-	33.3	300
Wasabi	-	-	-	-	36.1	1,200
Mustard	-	-	-	-	25.8	234.6
Garlic	-	-	-	-	37.7	85
Chinese pepper	-	-	-	-	243.6	170.9

<sup>1</sup>Yam-10: *Pseudomonas cepacia* YAM-10, <sup>2</sup>Yam-12: *Pseudomonas rhodesiae* YAM-12, <sup>3</sup>*E. c*: *Escherichia coli* KCTC1682, <sup>4</sup>*S. m*: *Streptococcus mutans* JC-2, <sup>5</sup>-: No activity, <sup>6</sup>ND: Not Determined,

기능성 생마 신선편이 제조: 2006년 경북 안동 및 고령에서 수확한 건전한 생마 (*Dioscorea batatas*)를 거피, 수세, 절단하여 생마 신선편이(지름 40~50 mm, 두께 4.5 mm)를 조제하였다. 신선편이 100g당 계피 또는 페퍼민트 물 추출액 150 ml를 가하여 30℃에서 1시간 침지 후 회수하였다. 생마 신선편이는 절단표면에 끈적끈적한 점질물질을 가지고 있어, 과량의 침지액을 균일하게 제거하기 어려우며, 또한 일반적인 풍건방법으로는 풍건시간이 너무 소요되므로 원심분리를 통해 과량의 침지액을 제거하였다. 침지 처리한 기능성 신선편이는 50 ml falcon tube에 넣어 2,000 rpm에서 5분간 원심분리(HA-1000-3, Hanil Science Ind. Co. Ltd. Korea)하여 신선편이

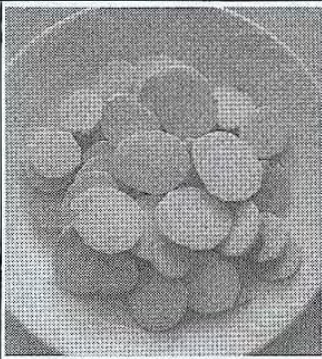
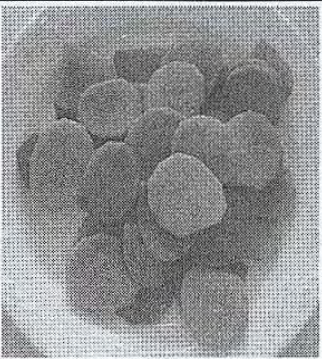

에 묻은 과량의 침지액을 균일하게 제거하였으며, 침지액이 제거된 상태의 신선편이  
를 멸균 핀셋을 이용하여 회수하고, 4°C에서 24시간 보존하였다. 이후 처리한 신선편  
이 각각 20g을 취하여 분쇄기(Stomacher 400, Seward Limited, England)로 분쇄, 균  
일화 하였다. 조제된 생마 주스 상태의 균질액으로부터, 생마가 보유한 수분 및 향신  
료 성분을 회수하기 위해 생마 분쇄액을 원심분리(2,000 rpm, 10분)하였으며, 유출된  
용출액을 회수하였다. 실험에 사용한 생마의 수분함량은 80~82%로, 생마 분쇄액이  
다량의 수분을 보유하고 있지만, 상기의 원심분리 과정을 통해, 향신료 처리 신선편  
이 분쇄액으로부터 각각 3 ml의 용출액을 회수하였으며, 이를 항산화 활성 및 항혈  
전 활성의 평가시료로 사용하였다. 기능성 신선편이 제조의 대조구로는 향신료 추출  
액 대신 멸균 증류수에 1시간 침지한 시료를 사용하였다.

기능성 생마 신선편이 제조를 위한 향신료 추출물로서 페퍼민트와 계피를 최종 선  
정하였으며, 생마의 처리 편이성을 고려하여 물 추출물을 사용하여 신선편이를 침지  
하여 조제하였다. 생마 신선편이를 멸균수 또는 향신료 추출물에 1시간 침지한 경우,  
무름 현상 등 외관의 손상은 나타나지 않았으며(표 53), 멸균수 처리의 경우 생마의  
밝은 흰색을 유지하였으며, 계피 및 페퍼민트 추출물의 경우 명도가 감소되고, 관능  
성을 자극하는 적색도 및 황색도의 증가가 나타났다(표 53). 특히 계피 추출액의 처  
리보다 페퍼민트 추출액 처리한 경우, 명도의 감소가 두드러졌으며, 적색도와 황색도  
의 증가는 유사하게 나타났다.

한편 침지액을 제거한 후 4°C에서 24시간 보관한 신선편이를 분쇄, 균질화한 생마  
주스 용출액의 잔존 항산화 활성을 측정된 결과, 증류수 처리구가 거의 항산화력이  
없는 반면 페퍼민트 처리 및 계피 처리 신선편이에서는 각각 87.1% 및 74.1%의 우  
수한 DPPH 소거능을 나타내었다(그림 75). 이는 20 µg/ml 농도의 vitamin E에 상당  
하는 DPPH 소거능으로, 향신료의 항산화 활성이 침지 및 저온저장 중에 상실되지  
않음을 알 수 있다. 또한 신선편이의 항혈전 활성 평가를 위한 트롬빈 타임 측정의  
경우에도 페퍼민트 처리 및 계피 처리 신선편이에서 각각 65.1초, 및 46.0초의 트롬  
빈 저해를 확인하였다(Fig. 64b). 이는 항혈전제로 이용되고 있는 아스피린의 각각 1  
mg/ml 및 0.5 mg/ml 농도 처리 시에 나타나는 트롬빈 타임 연장 효과[Sohn et al.,  
2006, J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.; Sohn et al., 2005, J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.]  
에 상당하므로, 페퍼민트 또는 계피 처리 신선편이는 아스피린과 같은 위장 장애 등

의 부작용 없이, 효율적으로 혈전생성 예방에 기여할 것으로 판단된다. 본 연구결과는 향신료를 이용한 저장성이 우수하면서, 기능성, 관능성이 강화된 신선편이 제조가 가능함을 제시하고 있으며, 향후, 기능성 증대를 위한 계피 및 페퍼민트 분말 향신료의 처리방법, 또는 기능성 생마 신선편이의 포장 및 저온유통에 대한 연구가 진행된다면 생마 신선편이 개발에 따른 고부가가치 제품개발이 가능하리라 판단된다.

Table 53. The photographs and color values of fresh-cut yam treated with distilled water, the water extract of peppermint, and the water extract of cinnamon.

Treatment	Distilled water	Peppermint	Cinnamon
Photographs			
lightness ( <i>L</i> )	73.47	52.91	61.83
redness ( <i>a</i> )	-1.16	6.84	4.36
yellowness ( <i>b</i> )	1.10	36.41	37.16



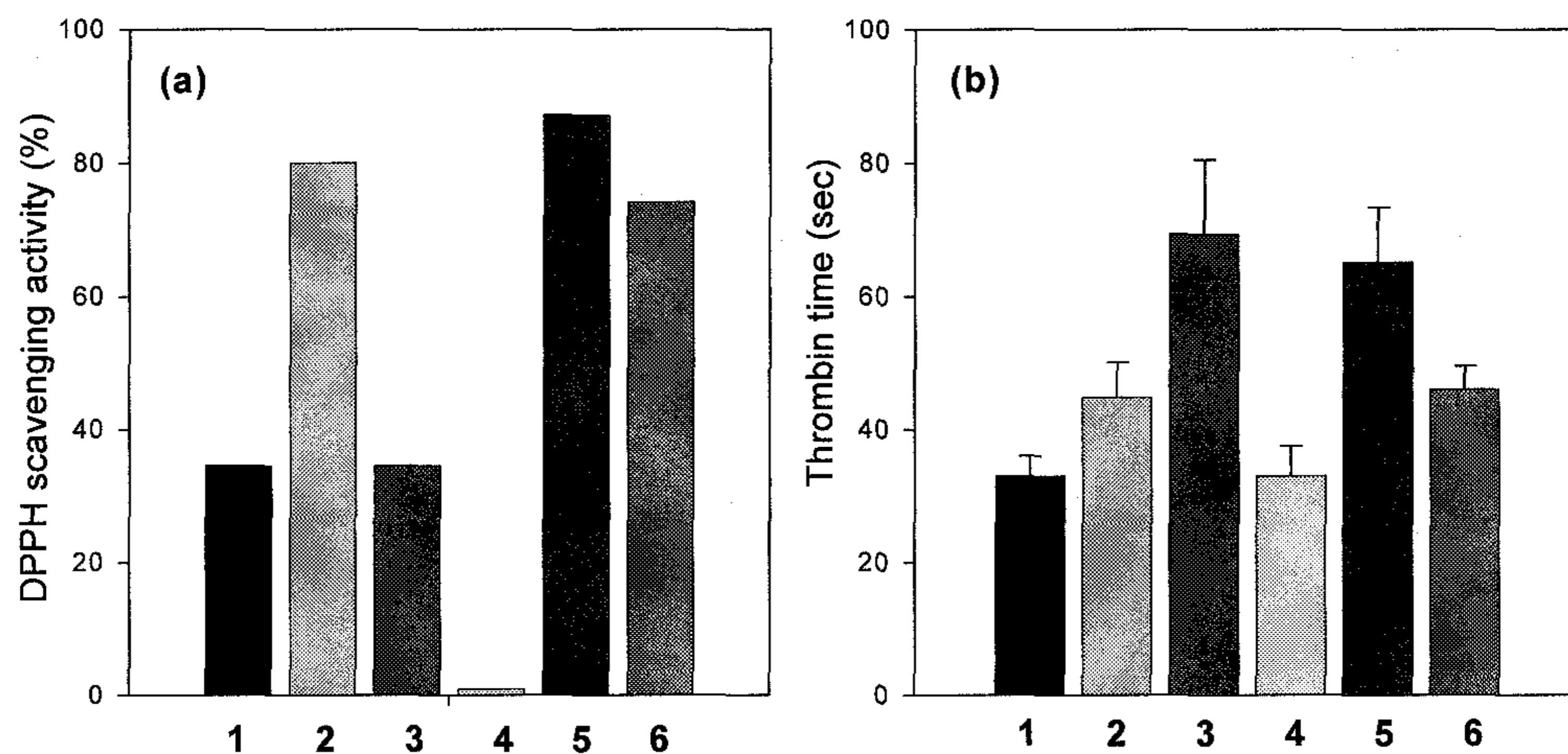


Fig. 75. DPPH scavenging and antithrombosis activity of the functional fresh-cut yam prepared by treatment of the water extract of natural spice.

(a) 1: DMSO, 2: aspirin (0.5 mg/ml), 3: aspirin (1.0 mg/ml), 4: fresh-cut yam treated with distilled water, 5: fresh-cut yam treated with peppermint extract, 6: fresh-cut yam treated with cinnamon extract.

(b) 1: vitamin C (20  $\mu\text{g/ml}$ ), 2: vitamin E (20  $\mu\text{g/ml}$ ), 3: butylhydroxytoluene (20  $\mu\text{g/ml}$ ), 4: fresh-cut yam treated with distilled water, 5: fresh-cut yam treated with peppermint extract, 6: fresh-cut yam treated with cinnamon extract.

## 7. 생마의 알러지 원인물질 규명

통상 식품으로부터 유발되는 알러지는 IgE를 매개로 하는 전신적인 과민반응을 유도하여 식품의 효율적인 이용을 저하할 뿐만 아니라 감수성 환자에게는 고통과 대상 식품의 기피를 야기하며, 비감수성인에게도 막연한 두려움을 나타내게 한다.

현재까지 알러젠을 함유한다고 알려진 천연물, 특히 약용식물로는 천궁, 반하, 강황, 당기, 군광, 옷나무, 산약 등을 들 수 있으며, 산약의 경우 현재까지 8종 이상의 단백질 성분과 oxalic acid 결정이 알러젠에 관여한다고 알려져 있다.

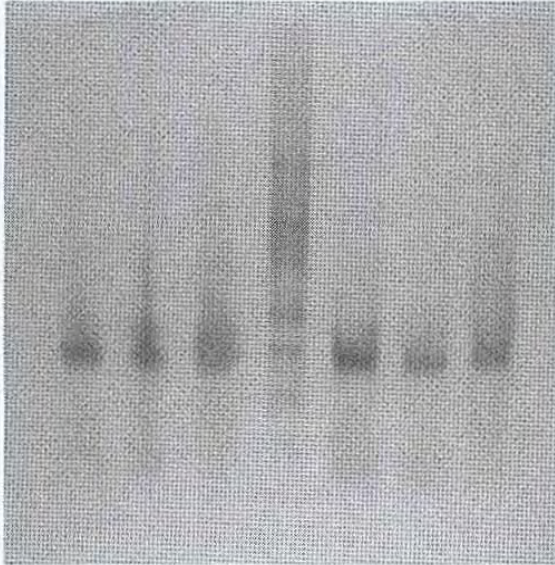
생마의 알러젠 성분을 확인하기 위해 생마를 stomacher로 대량 분쇄한 후 이를 isopropanol 등의 유기용매로 침전, 분획,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  염석 후 투석하여 단백질을 회수하였고, 이들을 sephadex G-75를 통해 분획하였다. 한편 흰쥐를 ether로 마취하여 복강에 PBS를 넣어 마사지 후 복강세포를 회수하고, 이를 tyrod buffer에 현탁하였다.

회수된 복강세포를  $1 \times 10^6$  cell/ml의 농도로  $37^\circ\text{C}$ 에서 30분간 전처리후 단백질 분획물들을 첨가하고 다시  $37^\circ\text{C}$ 에서 30분간 처리하였다. 이후  $4^\circ\text{C}$ 에서 10분간 반응 종결 후, 원심분리하여 상등액을 수거하고 histamine을 정량하였다. 대조구로는 compound 48/80을 사용하여 동일하게 처리하였다.

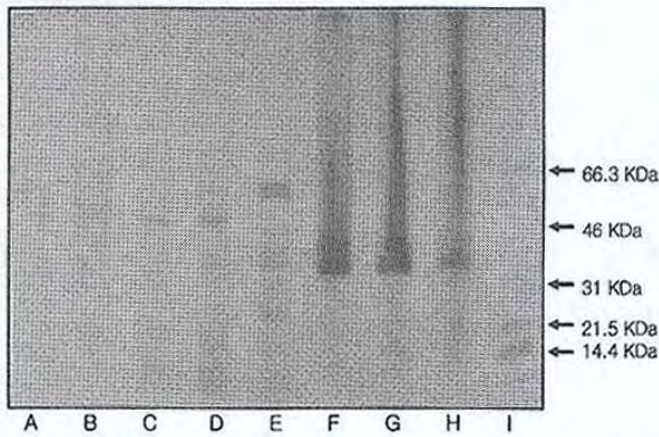
histamin의 정량은 원심분리한 상등액에 6N NaOH, butanol-chloroform(3:2), NaCl을 첨가후 재 원심분리하고, 그 상등액에 n-heptane 3ml와 0.1 N HCl 1.2ml 를 넣고 혼합한 후  $100^\circ\text{C}$ 에서 10분간 끓인 후 3000rpm에서 5분간 원심분리 후 아래층을 회수하였다. 회수액은 0.1N HCl, (1ml), 1 N NaOH (0.3ml), 0.2% OPT (0.2ml)를 넣고 45분간 반응 후 형광측정기(excitation 350nm, emission 440nm)로 확인하였다.

Histmain 유리활성이 강한 fraction을 SDS-PAGE (8%)로 전기영동한 결과 35 Kd 부근의 단백질임을 확인하였다(그림 76).

염석1, 2, 3 SM 침전1, 2, 3



SDS-PAGE (8% separating gel) : denaturing protein sep.



A: YAM12\_5일 배양액 상등, B: A의 acetone ppt., C: 30% 염석, D: 30~60%염석,  
E: 60~90% 염석, F: 갈변생마 상등, G: 신선생마 상등, H: G의 acetone ppt.  
I: size MARKER

### 8% SDS-PAGE analysis

그림 76. 알러지 유발 단백질 SDS-PAGE (8%)로 전기영동한 결과

한편 같은 산약에 같은 실험자이지만, 과민반응을 나타내는 경우가 다르며, 이는 산약 절편의 미세구조인 차이와도 관련 있는 것으로 추측된다(그림 77).

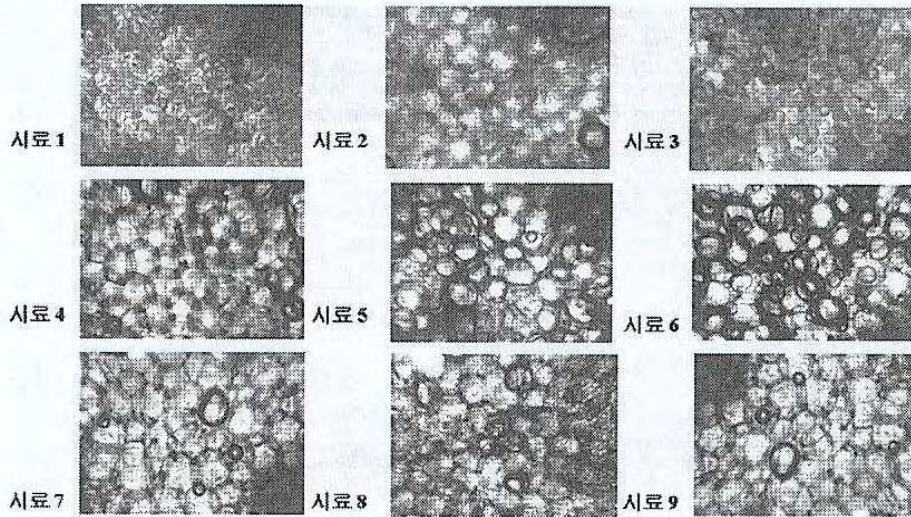


그림 77. 마시료 절편의 미세구조

### 8. 마꿀차의 성분, 효능평가 및 안전성 평가

현재 판매품 (품명:산약촌 꿀마차, 영업신고번호:경북안동 제72호)에 포함된 마농축액 (7%)의 일반성분 분석과 생리활성 검정 결과, 수용성 polyphenol, 단백질, 환원당, 올리고당이 다량 포함되어 있으며, dioscin과 같은 암세포 생육억제 물질과 강력한 항산화능이 확인되었다. 꿀마차는 이취와 이물이 없으며, 대장균 등의 세균 검사 결과도 검출되지 않아 안전성이 확보되어 있다.

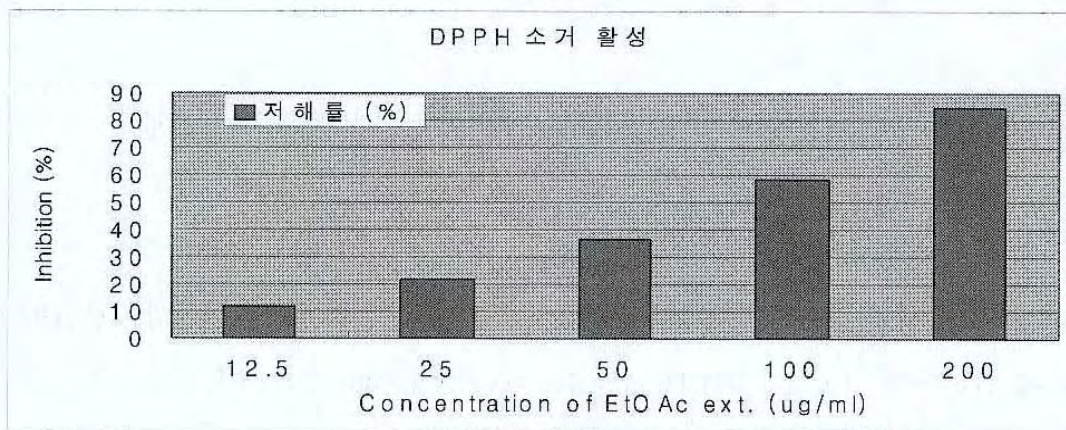


그림 78. 꿀마차 마 추출물의 항산화 활성

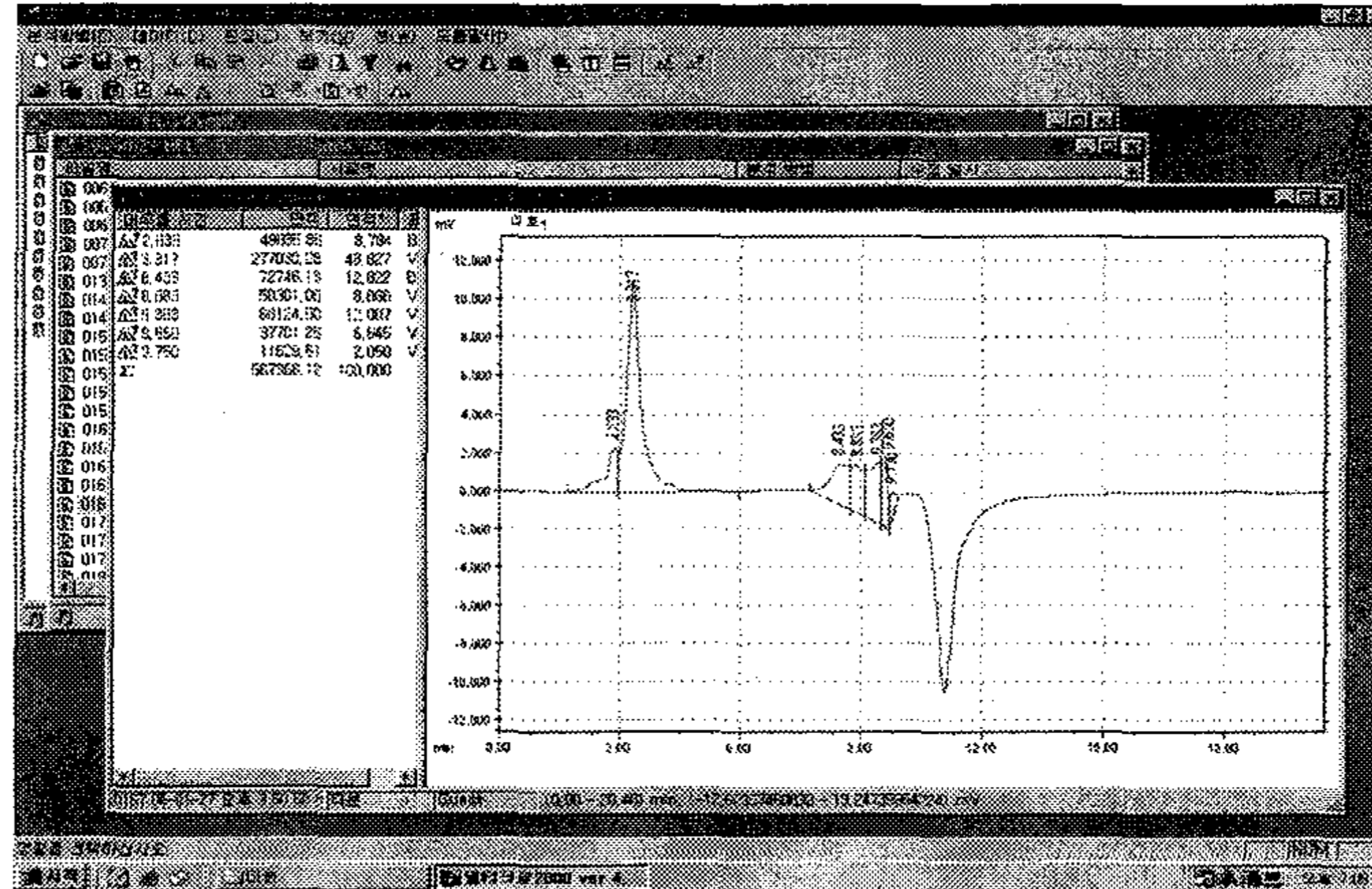


그림 79. 마 추출물의 당 분석 결과 (HPX-aminex Biorad)

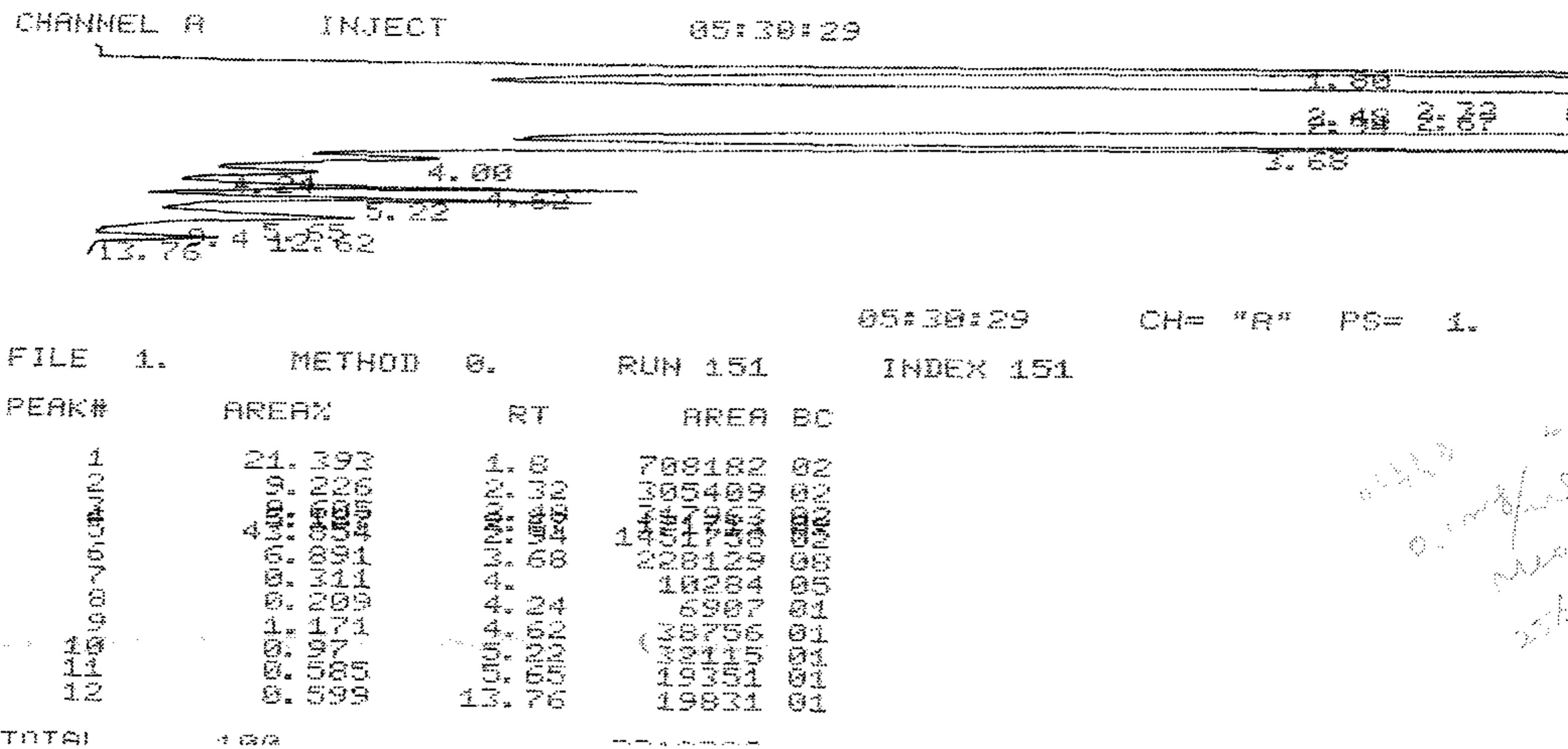


그림 80. 마 추출물의 C18 (Mightsil) HPLC 분석 결과 (Acetonitrile : water : 7:3 v/v)

RT =5.2 min, Dioscin.

마 추출물의 항균, 항암, 항산화능을 평가하였으며, 그 결과 매우 강력한 DPPH 소거능을 확인하였다. (IC<sub>50</sub> = 80.93 μg/ml). 이는 Vitamin C와 BHT의 IC<sub>50</sub>이 각각 9.22μg/ml, 96.6μg/ml 임을 고려할 때 매우 강력한 항산화능임을 알 수 있다.

### 제 3 세부과제 : 신선편이/마꿀차 제품 개발

#### 1. 마에 대한 소비자의 반응 조사

식품으로서 마에 대한 소비자의 인지도를 설문으로 조사하였다. 안동에 거주하는 총 100명의 소비자를 대상으로 조사하였으며, 설문응답자의 성별, 연령대별 구성은 표 54과 같다. 응답자의 82.6%가 한 두 번 이상 마를 먹어본 경험이 있었으며 매일 먹고 있는 사람은 50대 이상이며 5.7%로 조사되었다. 가끔 이상 먹은 소비자 52% 중에서 마를 먹는 이유로는 건강, 속병, 성인병 등에 좋다고 하는 이유 때문에 먹고 있는 사람들이 대부분이었다. 응답자의 56% 이상은 마를 먹은 후 속병 등에 효과가 있다고 긍정적으로 느끼고 있었으며, 속병, 성인병, 건강 순으로 효과가 있다고 반응하였다.

표 54. 설문에 응한 소비자의 성별, 연령대별 구성.

연령대	응답자수 (명)		
	남자	여자	계
20대	9	16	25
30대	13	5	18
40대	7	8	15
50대	13	14	27
60대이상	7	8	15
총	49	51	100

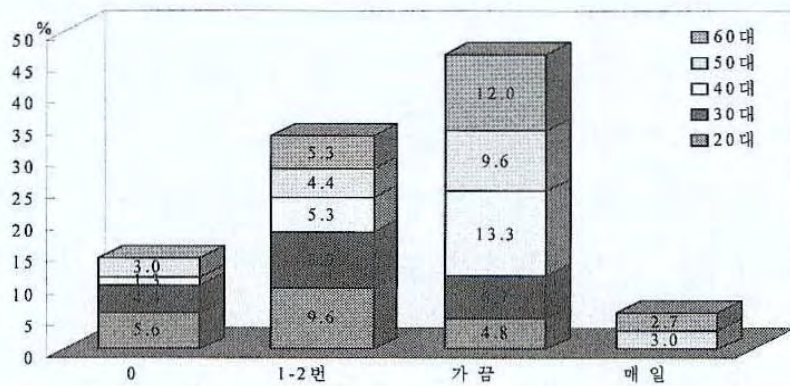


그림 81. 마를 먹는 횟수에 대한 소비자의 반응.

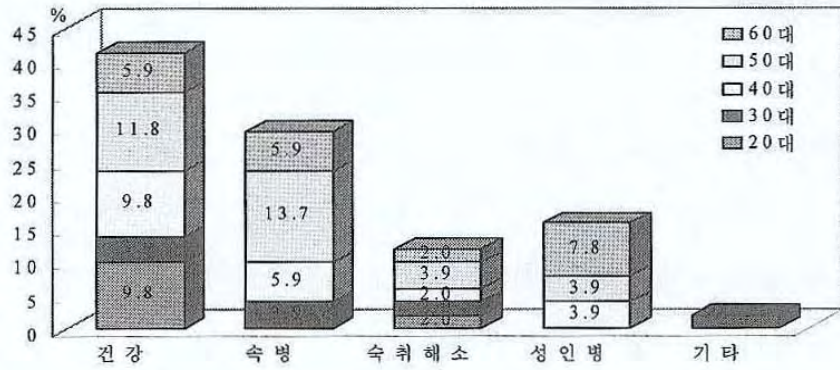


그림 82. 마를 먹는 이유에 대한 소비자의 연령대별 반응.

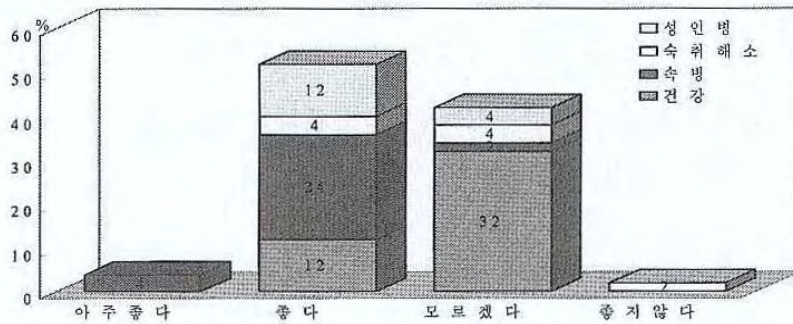


그림 83. 마를 먹은 후 효과에 대한 소비자의 반응.

먹는 방법으로는, 마를 갈아서 음료와 혼합하여 먹고 있다고 응답한 사람들이 59%로 가장 높았고, 응답자의 73%이상이 생으로 소비하는 것으로 조사되었으며, 이외의 소비형태로는 건조분말, 죽, 삶거나 찌서 먹고 있는 것으로 조사되었다. 앞으로 마를 먹을 계획이 있다고 적극적으로 응답한 사람들이 72% 이상으로 나타나, 마에 대한 소비의향은 매우 높은 것으로 조사되었다. 생마를 세척하여 포장한 것에 대해서 67%이상이 구매의향이 있는 것으로 조사되어 마를 위생적으로 포장유통하는 것에 대한 소비자의 호응도가 높은 것을 보여주었다. 마의 가공제품 형태로는 즉석식품과 소형으로 포장한 제품의 형태에 대해 각각 복수응답자의 33%와 30%가 선호하는 것으로 조사되었다. 생마제품의 포장형태에 대해서는 응답자의 41%가 껍질을 벗기고 진공포장한 제품을 선호하는 것으로 나타났으며, 그 다음으로 26%가 세절한 형태의 제품을 선호하였다. 따라서 소비자들이 선호하는 생마제품의 형태로는 탈피한 후 소형으로 진공포장한 제품으로 조사되었다.

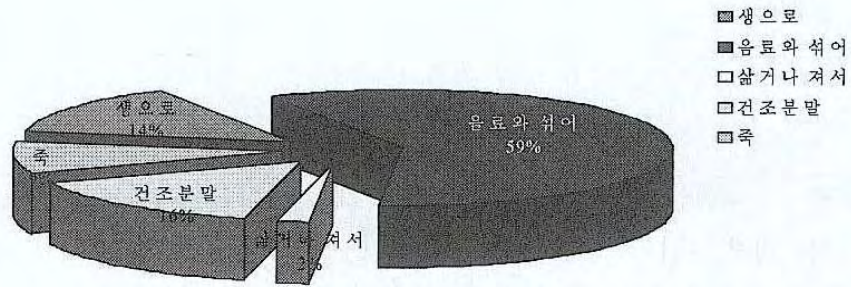


그림 84. 마를 소비하는 방법에 대한 반응.

표 55. 앞으로 마를 먹을 계획에 대한 반응.

소비의향	있다	모르겠다	없다	계
소비자반응(%)	72	25	3	100

표 56. 세척마 제품에 대한 구매반응.

구매의향	있다	모르겠다	없다	계
소비자반응(%)	67	26	7	100

표 57. 마 가공제품형태에 대한 반응.

가공형태	즉석식품	소형제품	차/음료	김치/장아찌	건강죽	젤리사탕	계
선호도(%)	32.8	30.3	27.7	3.1	4.1	2.1	100

표 58. 마 제품의 포장형태별 소비자의 선호도.

선호도(%)	14.6	18.8	40.6	26.0
마 포장형태				





## 2. 생마의 세척, 탈피, 세절, 살균, 포장 공정 개발

생마의 저온(4°C~12°C) 장기보존이 가능하며, 공정자체의 안전성도 확보하였으므로 이를 소비자에게 접근성이 강화된 세척생마 및 생마 신선편이 개발로 상품화 할 수 있다고 판단된다.

생마의 장기저장에 이은 신선편이 제조 및 유통에 따른 가공공정 및 저장조건을 확립하고자 하였다. 저장된 생마의 껍질을 제거한 후, 이를 60g의 원통형 거피생마(길이 9cm)와 12g의 절편(2.7cm)으로 제조하였으며, 포장방법은 일반포장과 진공포장, 저장온도는 4°C와 12°C를 선정하였다. 전반적인 실험과정은 다음과 같다.

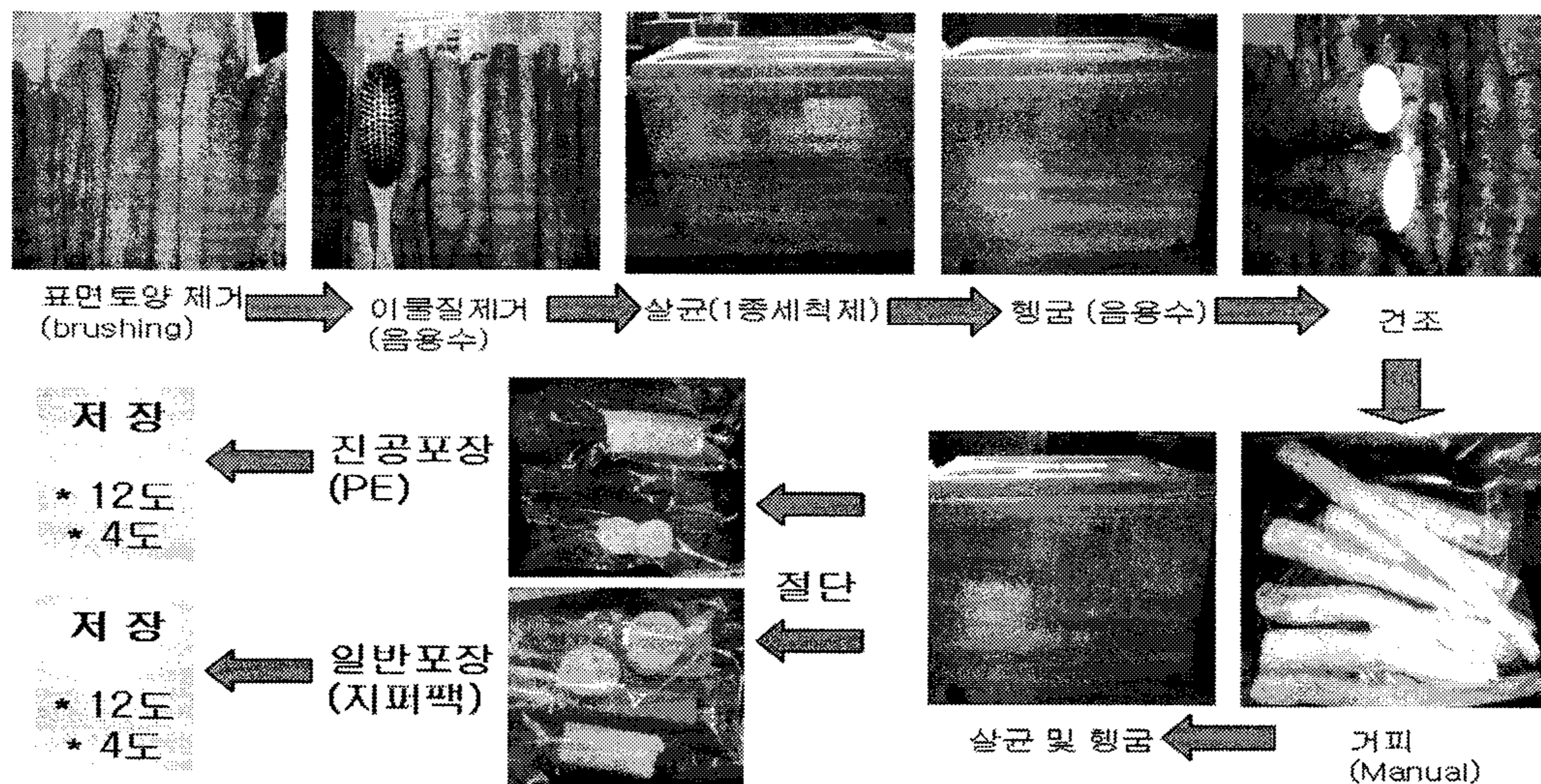


그림 85. 마 신선편이 가공공정 및 저장조건 실험

실제 효율성을 위해 생마의 이물질 제거, 브러싱 이후의 1종 세척제를 이용한 살균, 과정은 생략가능. 그러나 음용수, 지하수를 이용한 이물질 제거 후 헹굼 및 건조 과정은 생략할 수없음. 생략하는 경우 거피과정에서 심한 오염과 관능성의 손상, 갈변이 심해짐.

신선편이의 경우 껍질 제거 후 세척, 살균 과정이 필수적이며, 이 경우 거피전 세척, 헹굼 과정을 생략할 수 있음을 확인하였다.

최종 공정은 다음의 실험 공정 중에서. 저장생마의 경우 1번 공정, 재배지에서 수확한 생마의 경우는 5번 및 6번 과정으로 결정하였다.

1	저장생마 - 거피 - 수세 - 절단 - 유통 저장생마 - 거피 - 수세 - 절단 - 침지 (유기산, 향신료) - 포장 - 유통
2	생마 수확 - 토양, 이물질 제거 (brushing) - 수세 - 소독 (1종 세척제) - 헹굼- 거피 - 소독 (1종 세척제) - 헹굼 - 절단 - 포장 - 유통 (4도 ~ 8도)
3	생마 수확 - 토양, 이물질 제거 (brushing) - 수세 - 거피 - 소독 (1종 세척제) - 헹굼- 절단 - 포장 - 유통 (4도 ~ 8도)
4	생마 수확 - 토양, 이물질 제거 (brushing) - 수세 - 거피 - 수세 - 절단 - 포장 - 유통(4도 ~ 8도)
5	생마 수확 - 토양, 이물질 제거 (brushing) - 거피 - 수세 - 절단 - 포장 - 유통
6	생마 수확 - 토양, 이물질 제거 (brushing) - 거피 - 수세 - 절단 - 침지 (유기산, 향신료) - 포장 - 유통

### 3. 마꿀차 제조방법 개발

마꿀차의 제조과정은 먼저 신선편이 및 마농축액 제조와 제품화 공정으로 나눌 수 있으며, 신선편이를 첨가한 경우 균질혼합의 어려움과 대량첨가의 문제점이 나타나 1차년도에는 우선 마 추출물의 농축액 첨가를 통한 꿀마차를 제품화하였다.

마농축액의 첨가농도는 제품의 색, 맛 등을 고려하였을 때, 7%가 가장 알맞은 농도였다.

먼저 꿀 마차 제조공정은 다음과 같다.

1. 원료 마 세척
2. 세절/헹굼
3. 열풍건조 (60℃)
4. 건조한 마에 물을 넣고 90℃에서 12시간 가열한 후 2회 추출
5. 전분질 분해 : 당화효소를 첨가하여 70℃에서 3시간 분해


6. 농축 : 150℃까지 온도를 높여주면서 30mbar의 진공압에서 50° brix까지 농축
7. 액상과당, 정백당, 꿀, 마농축액 및 첨가물을 80℃로 가열 교반
8. 살균한 병에 주입
9. 밀봉
10. 냉각
11. 상표부착 (유통)



그림 86. 판매 제품 : 산약촌 꿀마차

마 꿀차에 대한 일반검사를 실시한 결과, 무염가용성 고형분이 26.5%, 고형분 26.1%로 나타났으며 품질검사 결과, 타르색소는 불검출, 납 2.0mg/kg 이하, 대장균균 음성, 세균수 음성, 성상으로 고유의 색택과 향미를 가진 것으로 '적합' 판정을 받았다.

### 일반검사 시험 성적서

발급번호	달안 2017-003	검수번호	07-052
과목명	미생물학	검사항목	내부 장고균
의뢰인	연락처	북부농업진흥청	대표자명
	소재지	경상북도 영천시 북안면 유전로 919-3	박성진
검사내용	2017년 02월 23일	검사일자	2017년 02월 23일
참고사항	본 성적서는 시험결과에 한하며, 검사목적 이외의 사항에 대한 책임은 인정되지 않습니다.		
시험결과 및 판정			
시험항목	검출결과	기준	비고
내부 장고균	28.53%	0.04%	
고형분	28.81%	0.25%	
- 결 론 -			
<p>(주) 경북바이오산업연구원 시험결과서(시험일자) 2017년 02월 23일</p> <p>2017년 02월 23일</p> <p><b>(주) 경북바이오산업연구원</b></p> <p>식품의약품안전처 지정 시험기관(ACI) 제 254호</p> 			

### 품질검사 성적서

주 수 영 호	2017-000000-10117	주 수 호	2007000000000
과 목 명	북부농업진흥청	의뢰인명	가정경제
의뢰자주소	190-890 경북 영천시 북안면 유전로 900-2		
과 목 명	산학협력센터		
제 조 자	영천농업진흥청	유 전 기 한	2006년 07월 01일
적 용 규격	적용규격 없음		
이 용 시 설 적			
검 정 항 목	적용		
검 사 항 목	과 목 명	검사항목	판정
	영천농업진흥청	내부 장고균	적합
	2017년 02월 23일	내부 장고균	적합
	2017년 02월 23일	고형분	적합
	2017년 02월 23일	내부 장고균	적합
	2017년 02월 23일	고형분	적합

비 고: 본 성적서는 2017년 02월 23일 검사결과에 한하며, 검사목적 이외의 사항에 대한 책임은 인정되지 않습니다.

2007000000000

**농협중앙회 식품안전연구원장**

이 성적서 효력이 발생하며, 효력이 발생하지 않은 경우 효력이 발생하지 않습니다.

2017년 02월 23일

식품의약품안전처 지정 시험기관(ACI) 제 254호

#### 4. 생마 아이스크림 제조방법 개발

생마가 첨가된 아이스크림은 아이스크림 전체 무게 300g당 계란 50~67g, 설탕 42~58g을 혼합한 것에 80℃ 정도로 데워진 우유 142~192g을 혼합과 동시에 교반하여 재료가 잘 섞이게 한 후 80~90℃에서 30분간 가열처리하여 재료가 용해되면서 점성이 생기도록 하였다. 이때 수분증발에 따른 무게감소정도는 계란, 설탕, 우유 혼합물 전체무게에 21~22%정도 된다. 상기 혼합물을 급속 냉각시킨 후 생크림 35~47g과 생마를 15~120g(5~40중량%)첨가 하였는데 이때 첨가한 생마는 생마 껍질의 껍질을 제거한 다음 멸균수로 3회 세척한 다음 분쇄기로 덩어리가 없을 때까지 갈아서 제조하는 과정으로 이루어진다. 이후 과정은 통상의 아이스크림 제조과정으로 균질화, 냉각, 숙성, 동결, 강화, 포장, 경화과정 거쳐 생마를 이용한 아이스크림을 제조하였다.

생마를 함유한 아이스크림의 제조과정을 공정별로 상세히 설명하면 다음과 같다.

##### 제1공정: 생마 가공 처리공정

생마는 생마껍질의 껍질을 칼로 제거한 다음 멸균수로 3회 세척한 후 전기믹서기로 갈아서 덩어리가 없는 점질성 액체상태로 만들었다.

##### 제2공정: 원료의 혼합공정

상기 제2공정에서는 아이스크림 전체 무게 300g당 계란 50~67g, 설탕 42~58g을 혼합한 것에 80℃ 정도로 데워진 우유 142~192g을 혼합과 동시에 교반하여 재료가 잘 섞이게 한다. 본 공정에서는 생마를 혼합함으로써 인해 기존에 아이스크림을 제조할 때의 설탕 사용량에 비해 대략 3~30% 정도의 설탕 사용량을 줄일 수 있는 것으로 확인되었다.

##### 제3공정: 가열공정

상기 제2공정에 의해 얻은 혼합물을 80~90℃에서 30분간 가열처리하여 재료가 용해되면서 점성이 생기도록 한다. 이때 30분간의 열처리로 수분증발에 따른 무게감소정도는 계란, 설탕, 우유 혼합물 전체무게에 21~22%정도 된다.

##### 제4공정: 급속 냉각공정

상기 제3공정에서 얻은 가열한 혼합물을 상온으로 급속 냉각시킨다. 이러한 과정은 이후 첨가될 생마성분의 열처리에 의한 손실을 방지한다.

제5공정: 생마 첨가 공정

상기 제4공정에서 얻은 혼합물에 생크림 35~47g과 생마를 15~120g(5~40 중량%) 첨가 한다. 생마 5%미만 첨가시 아이스크림의 조직감 개선이나 생마성분에 따른 효능을 기대하기 어렵고 40%를 초과할 경우 아이스크림의 고유특성인 부드러움이 약해지며 제품의 가격이 상승하게 된다(생마 가격 : 1만원/kg 정도).

제6공정: 균질화 공정

상기 제5공정에서 얻은 혼합물이 잘 혼합되고 아이스크림의 조직을 부드럽게 하기 위하여 잘 섞어 준다. 이때 열을 가하지 않고 섞어줌으로서 생마성분의 손실을 방지한다.

제7공정: 냉각 및 숙성공정

상기 제6공정에서 얻은 균질 혼합물을 0~4℃로 서서히 냉각시킨 후 4시간 동안 숙성시켰다.

제8공정: 동결공정

상기 제7공정에서 얻은 혼합물을 교반하면서 온도를 내려 얼리게 된다. 이 과정에서 공기가 조직속으로 혼입되어 부피가 증가하고 부드러워 진다.

제10공정: 포장, 경화공정

상기 제8공정에서 얻은 아이스크림을 적당용기에 넣고 -25~-35℃로 경화시켜 아이스크림을 제조하였다.

표 59. 실시예에 사용한 생마 아이스크림 재료 첨가량

구분	재료의 첨가량(g)						
	계란	설탕	우유	생크림	생마	전체무게	아이스크림무게
비교예 1	71	60	202	49	0	387	300
실시예 1	67	58	192	47	15	379	300
실시예 2	61	52	172	42	45	372	300
실시예 3	50	42	142	35	90	359	300

상기 실시예 및 비교예에서 제조된 아이스크림에 대하여 식감의 기호도를 시험하

였다. 식감의 기호도 판정은, 다양한 연령대의 남녀 12명이 실시예 및 비교예에서 제조된 아이스크림을 시식하고 기호도에 따라 아주 좋음(1), 좋음(2), 보통(3), 나쁨(4) 아주 나쁨(5)의 5단계로 평가하고, 그 평균점으로 판정하였다. 실시예 2, 3은 15% 30% 마을 함유한 아이스크림으로 가장 기호도가 높게 나타났으며 또한 마가 함유되어 있지 않은 비교예 1 보다도 높은 기호도를 나타내었다.

표 60. 실시예에 따른 생마 아이스크림 기호도

구분 성별		생마 아이스크림 기호도			
		연령	비교예 1	실시예 1	실시예 2
남	6	2	4	1	3
남	40	3	2	1	4
남	60	1	2	4	3
여	11	2	1	3	4
남	30	4	3	1	2
남	27	1	2	4	3
남		4	3	2	1
여	42	3	4	2	1
여	40	4	3	2	1
남	30	2	3	4	1
남	30	2	3	1	4
여	35	4	3	2	1
합계		32	33	27	28
평균		2.7	2.8	2.3	2.3



## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

- 생마 저장 및 신선편이 제품개발에 따른 마의 소비 촉진 및 고부가가치 제품 생산 가능
- 생마 장기저장 관련기술 (저장기술, 안전성 확보기술, 선도유지기술 등)의 확립과 서류와 근채류 등과 같은 유사 작물에 응용
- 관능성 유지기술, 가려움 원인물질 제거기술의 확립과 기타 식물로의 응용 (예, 반하 등)
- 문화산업과 연계한 CBT 산업 활성화 및 관련 농가의 실질적 소득 증대

### 가. 기술적 측면

- 마의 저장 중에 발생하는 위해 균의 발생방지와 안전 저장 기술, 생마의 단순가공품과 분말의 제품화 기술, 선도유지 기술의 개발은 서류와 근채류 등과 같은 유사 작물의 저장과 가공 제품화에 크게 기여할 수 있을 것이다.

### 나. 경제 · 산업적 측면

- 적합한 부패 방지 등의 저장, 가공기술의 개발 및 항비만, 노화방지, 면역증강 활성, 항암기능 등의 기능성의 과학적인 규명으로 인해 즉석 식용 생마 및 액상 파우치 개발이 이루어지면 획기적으로 마의 소비 촉진 및 고부가가치 제품 생산이 가능함.
- 마의 가공품으로 가장 일반적인 형태인 마 미세 분말은 기타 가공식품의 재료로도 이용 (예, 10%, 5% 포함 선식, 마 포함 요쿠르트, 마 포함 국수 등) 가능하므로, 관련 식품 산업의 활성화에도 기여함.
- 저장 중에 발생하는 곰팡이의 방제방법, 세척 후 장기저장법, 가공 시에 발생하는 갈변 등의 문제점이 해결되면 기능성에 걸맞는 위생과 이용상의 편리함이 부각되어 소비를 더욱 활성화시켜 생산농가의 실질적 소득증대를 기대할 수 있음.
- 또한 생산지와 소비자 간의 상호연결과, 안동, 풍기, 영주, 문경을 중심으로 하는 경북 북부지역의 풍부한 관광자원과 지자체의 관광 문화사업과 맞물려, 체험 농업 및 함께 하는 농업의 모델을 제시할 수 있음.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

### 제 1절 연구활용계획

- 저장 중 마의 부패 방지기술의 농가보급으로 현장애로기술 해결
- 마의 CA 저장 기술 보급
- 마 분말의 제품화 및 관련 기술의 특허출원 및 기술이전
- 생마 가공품의 제품화 및 관련 기술이 특허출원 및 기술이전
- 생마 무균 포장기술 이전
- 생마 살균 기술 이전
- 마의 기능성 입증으로 고부가가치 마제품 개발의 활성화

### 제 2절 연구성과

- 특허출원
  1. 유기산을 이용한 생마 및 생마 신선편이의 갈변억제 및 부패방지 방법  
(제10-2007-0026907호)
  2. 생마를 이용한 아이스크림 제조방법(제10-2007-0026906호)
  3. 클로버오일을 이용한 생마의 부패억제 및 기능성 생마 신선편이 제조방법  
(제10-2007-0026904호)
  4. 천연향신료를 처리한 기능성 생마 신선편이 및 그 제조방법(제10-2007-0023564호)
- 논문게재
  1. Eun-Joo Kum, Sang-Jo Park, Bong-Ho Lee, Jong-Sik Kim, Kun Ho Son, Ho-Yong Sohn. 2006. Antifungal Activity of Phenanthrene Derivatives from Aerial Bulbils of *Dioscorea batatas* Decne. *J. Life Sci.* 16. 647-652.
  2. 류희영, 김영숙, 박상조, 이봉호, 권순태, 손호용. 2006. 생마 저온부패 원인세균의 분리 및 부패균의 특성. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* 34, 109-114.
  3. Hee-Young Ryu, Sang-Jo Park<sup>1</sup> Bong-Ho Lee<sup>1</sup>, and Ho-Yong Sohn. 2007.

- Control of yam-putrefactive psychrotrophic bacterium using clove oil and preparation of functional fresh-cut. Kor. J. Microbiol. Biotechnol. 35, 66-72.
4. Hee-Young Ryu, Kyung Hwa, Bae, Eun-Joo Kum, Sang-Jo Park<sup>1</sup> Bong-Ho Lee<sup>1</sup>, and Ho-Yong Sohn. 2007. Evaluation for the Antimicrobial, Antioxidant and Antithrombosis activity of Natural spices for Fresh-cut yam. J. Life Sci. 17. 652-657.
  5. Hee-Young Ryu, Sang-Jo Park<sup>1</sup> Bong-Ho Lee<sup>1</sup>, and Ho-Yong Sohn. 2007. Inhibition of Browning in Yam Fresh-cut and control of yam-putrefactive bacterium using acetic acid or maleic acid. Kor. J. Microbiol. Biotechnol. 35.

○ 학술발표

1. Changes of component and Rheological characteristics of cultivated Yam during long-term storage at different temperatures. 2005 International meeting of the federation of korean microbiological societies, p. 286. Seoul (Kyoyuk MunHwa Hoekwan). 2005. 10. 13 ~ 2005. 10. 14.
2. Isolation and characterization of Yam-Putrefactive psychrophiles during low temperature long-term storage of Yam. 2005 International meeting of the federation of korean microbiological societies, p. 282. Seoul (Kyoyuk MunHwa Hoekwan). 2005. 10. 13 ~ 2005. 10. 14.
3. Antimicrobial, Antioxidant and Antithrombosis Activities of different Natural Spices. 한국생명과학회, 2006. 9. 28. 2006년 생명과학회 추계 국제학술대회. p82.
4. Control of yam-putrefactive psychrotrophic bacteria by clove oil and the role of polygalacturonase in yam putrefaction. 한국생명과학회, 2006. 9. 28. 2006년 생명과학회 추계 국제학술대회. p81.
5. 유기산을 이용한 생마 신선편이의 부패방지 및 갈변억제. 2007 한국식물생명공학회 춘계학술대회 2007. 4. 20. 서울 메리어트 호텔
6. 기능성 생마 신선편이 제조를 위한 천연 향신료의 유용 활성 평가 및 신선편이 제조. 2007 한국식물생명공학회 춘계학술대회 2007. 4. 20. 서울 메리어트 호텔

○ 마 신선편이 시식행사

1. 제 1차 생마 신선편이 시식행사

경북북부원 농특산물 공동홍보전시관:  
생마신선편이 및 기능성 신선편이 홍보 및 시식회



2. 제 2차 생마 신선편이 시식행사(안동대학교, 2007.04.13)



## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

○ 없음

## 제 7 장 참고문헌

권은경, 최은미, 구성자. 마(*Dioscorea batatas* DECENE). 2001. 점질물이 Alloxan 유발 당뇨 마우스의 혈당 및 지질 성분에 미치는 영향, 한국국식품과학회지 33:795-801.

권중호, 이기동, 이수종, 정신교, 최종옥. 1998. 동결건조 및 열풍건조 방법에 따른 마의 성분과 물리적 성질 변화. 한국식품영양과학회지, 27, 908-913.

권정숙, 손인숙, 심지형, 권인숙, 정구민. 1999. 마(*Dioscorea*)의 콜레스테롤 저하작용 및 그 기전작용. 한국영양학회지 32(6):637-643.

김동호, 송현파, 육홍선, 정영진, 김영지, 변명우. 2002. 유통 생식제품의 미생물 분포 및 감마선 조사를 이용한 위생화. 한국식품영양과학회지, 31: 589-593.

김명화, 임숙자. 1998. 참마 분획물이 당뇨 유발 흰쥐의 혈당 및 에너지대사물농도에 미치는 영향. 한국영양학회지 31:1093-1099,

김미혜, 김정수, 소유섭, 정소영, 이종옥 (B). 2004. 국내유통 과일류 중 유해중금속 함량. 한국식품과학회지 36:523-526,

김미혜, 이운동, 박효정, 김은정, 이종옥 (A). 2004 .유통감각류 중 중금속 함량. 한국식품과학회지 36:375-378,

김용기. 2000. 마늘.양파 저장병 발생생태 및 피해경감연구. 2000. 작물보호연구. 농업과학기술원

김용기. 2002. 채소 저장병해 생물적 방제기술 농업과학기술대전 .농촌진흥청.

김용기, 김령희, 류재당, 류재기, 이상엽, 최용철. 1998. 사과저장병의 발생 및 방제. 한국농약과학회지. 2(2) pp. 83-89.

김용선, 김상순, 김철재, 권중호. 1995. 한국산 마지질의 분획 정량과 지방산 조성. 한국식품과학회지 27(5):652-657.

김주희, 이왕휴, 정성수, 최정식, 류정, 최영근. 2002. 수확 후 배 푸른곰팡이병을 일으키는 *Penicillium* 속의 종류 및 특성. 식물병연구 8(2): 107-112.

김형열, 이근보. 2004. 잔류농약, 무기물 분석에 의한 유기농 채소의 판별; 유기농 채소의 잔류농약 함량. 한국식품저장유통학회지. 11: 57-62.

농림부 2004, 경상북도 내부자료 2004

농진청 제주농업시험장. 2002. 감귤병해충의 진단과 방제. Page 226.

대한민국 공개특허 10-1995-0000457.

대한민국 공개특허 10-2004-0037653, 갈변방지제

대한민국 공개특허 10-2004-0070729, 갈변저해제 및 그의 제조방법

대한민국 등록특허 10-0465831, 대한민국 특허출원: 10-2007-0026907, 유기산을 이용한 생마 및 생마 신선편이의 갈변억제 및 유패방지 방법

오소영, 정일민, 백수봉, 유승헌. 1999. 수확후 과실류에 발생하는 진균독소의 탐색 및 방제 1. 사과, 배, 감귤, 포도에서 분리한 *Penicillium*이 생산하는 주요 진균독소. 식물병과 농업. 5(2) : 100-104.

육홍선, 변명우, 김정옥, 김종근, 이현자. 1997. 신선초 분말의 위생화를 위한 오존처리와 감마선 조사와의 비교 연구. *J. Fd Hyg. Safety* 12: 111-116.

이부용, 김현구. 1998. 건조방법에 따른 마의 품질특성. *한국식품과학회지*, 30, 877-882.

이부용, 박동준, 구경형, 김현구, 목철균. 1994. 초미세분쇄/공기분급을 이용한 마의 점질물 분리. *한국식품과학회지* 26:596-602.

이선영, 김창순, 송양순, 박재희. 2001. 마(Dioscorea)를 첨가한 스펀지 케이크의 품질 특성에 관한 연구. *한국식품영양과학회지* 30:48-55.

이선영, 김창순. 2001. 마(Dioscorea) 첨가가 우리밀과 수입밀을 이용한 식빵 품질특성에 미치는 효과. *한국식품영양과학회지* 30:56-63.

이임선, 정세영, 신창섭, 구성자. 1995. 돌연변이원에 대한 마(Dioscorea batatas DECENE) 추출물의 억제효과. *한국조리과학회지* 11:351-355,

임선아, 김영희, 오승희, 하태익, 이만정. 1995. 국내산 마의 성분비교 및 아프리카 마의 쓴맛 물질에 관한 연구. *한국영양식량학회지* 24:74-81,

정신교, 정용열, 정우식. 1996. 단마(*Dioscorea aimadoimo*)의 열풍건조 시 갈변억제 방안 연구. *한국농화학회지*, 39, 384-388.

정혜영. 1995. 한국산 마의 당질 분석. *한국식품과학회지* 27:36-40.

최일숙, 이임선, 구성자. 1992, 마 (*Diosoreia batatas* DECAISNE) 전분의 Rheology 및 열적 특성에 관한 연구. *Korean J. Soc. Food. Sci.* 8, 57-63.



Aboagye-Nuamah, F., S. K. Offei, E. W. Cornelius and R. D. Bancroft. 2005. Severity of spoilage storage rots of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). *Annals of Applied Biology* 147:183-190.

Ahn J.-H., K.-H. Son, H.-Y. Sohn, and S.-T. Kwon. 2005. In vitro culture of adventitious roots from *Dioscorea nipponica* Makino for the production of steroidal saponins. *Kor. J. Plant Biotechnol.* 32: 217-223.

Amuse, N. A., Adegbite, A. A., Muhammed S., and Baiyewu R. A. 2003. Yam disease and its management in Nigeria. *African journal of Biotechnology* Vol. 2(12), PP. 497~502.

Barnett H. L., Barry B. Hunter. 1998. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4th edition. APS press. USA. P. 218.

Brian C. Sutton. 1980. *The Coelomycetes*. CMI press. Great Britain. P.696.

Chen, H., C. Wang, C. T. Chang, T. Wang. 2003. Effects of Taiwanese yam (*Dioscorea japonica* Thunb var. *pseudojaponica* Yamamoto) on upper gut function and lipid metabolism in Balb/c mice. *Nutrition* 19:646-651.

David E. Earr, Gerald F. Bills, George P. Chamuris, Amy Y. Rossman. 1987. *Fungi on plants and plant products in the united states*. APS press, USA. P.252

George N. Agrios, 1997. *Plant pathology* 4th edition, Academic Press USA. P. 635

Hong, S. I., S. M. Son, M. S. Chung, and D. Kim. 2003. Storage quality of minimally processed onions as affected by seal-packaging methods. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 35: 1110-1116.

Hou, W. C., F. L. Hsu, M. H. Lee. 2002. Yam (*Dioscorea batatas*) tuber mucilage exhibited antioxidant activities in vitro. *Planta Med.* 68:1072-1076.

Hou, W. C., M. H. Lee, H. J. Chen, W. L. Liang, C. H. Han, Y. W. Liu, Y. H. Lin. 2001. Antioxidant activities of dioscorin, the storage protein of yam (*Dioscorea batatas* Decne) tuber. *J. Agric. Food Chem.* 49:4956-4960.

Hwang, J. B., D. B. Shin, and Y. C. Lee. 2003. The inhibition of green discoloration in garlic by conditioning. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 35: 1007-1016.

Kang, K. J., G. S. Oh, Y. S. Go, I. W. Seo, Y. J. Kim, and D. H. Park. 2003. Inhibition of enzymatic browning in medicinal herbs(crude drug materials) by organic acid. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 35: 532-535.

Kim, C. R., J. S. Kim, D. H. Koh, W. J. Choi., K. R. Lee. U. R. Kang, and K. H. Kim. 1998. Microbiological evaluations of refrigerated flatfish treated with organic acids. *Kor. J. Food. Nutr.* 11: 329-333.

Kim, D. M., and S. I. Hong. 2004. The current status and development of fresh-cut agricultural products. *Food Storage Processing Industry.* 3: 18-22.

Kim M. W. 2001. Effects of H<sub>2</sub>O-fraction of *Dioscorea japonica* Thunb and selenium on lipid peroxidation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Kor. J. Soc. Food Cookery Sci.* 17: 344-352.

Kong Y. J., B. K. Park, and D. H. Oh. 2001. Antimicrobial activity of *Quercus mongolica* leaf ethanol extract and organic acids against food-borne microorganisms. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 33: 178-183.

Kubo Y, S. Nonaka and H. Yoshida. 1988. Allergic contact dermatitis from *Dioscorea batatas* Decaisne. *Contact Dermatitis* 18(2):111-112.

Kum, E. J., S. J. Park, B. H. Lee, J. S. Kim, K. H. Son, and H. Y. Sohn. 2006. Antifungal activity of phenanthrene derivatives from aerial bulbils of *Dioscorea batatas* decne. *J. Life Sci.* 16: 647-652.

Kwon, C. S., H. Y. Sohn, S. H. Kim, J. H. Kim, K. H. Son, J. S. Lee, J. K. Lim, and J. S. Kim. 2003. Anti-obesity effect of *Dioscorea nipponica* Makino with lipase-inhibitory activity in rodents. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 67: 1451-1456.

Kwon, E. G., E. M. Choe, and S. J. Gu. 2001. Effects of mucilage from yam (*Dioscorea batatas* DECENE) on blood glucose and lipid composition in alloxan-induced diabetic mice. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 33: 795-801.

Kwon, J. Y., B. S. Kim, and G. H. Kim. 2006. Effect of washing methods and surface sterilization on quality of fresh-cut chicory. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 38: 28-34.

Larry L. Singleton, Jeanne D. Mihail. 1992. Methods for research on Soilborne Phytopathogenic Fungi. APS Press. USA. P.265.

Lee, B. Y., and H. K. Kim. 1998. Quality properties of korean yam by various drying methods. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 30: 877-882.

Lim, J. H., J. H. Choi, S. I. Hong, M. C. Jeong, and D. Kim. 2005. Quality changes of fresh-cut potatoes during storage depending on the packaging treatments. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 37: 933-938.

Miguel Ulloa and Richard T. Hanlin. 2000. Illustrated Dictionary of Mycology. APS Press. USA. P. 448.

Niba, L. L. 2003. Processing effects on susceptibility of starch to digestion in some dietary starch sources. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 54:97-109.

Park, H. S., M. J. Kim and H. B. Moon. 1994. Occupational asthma caused by two herb materials, *Dioscorea batatas* and *Pinellia ternata*. *Clin Exp Allergy* 24:575-581.

Richard T. Hanlin. 1997. Illustrated genera of Ascomycetes. Volume I, II. APS press USA. P. 263, P. 258.

Robert E. Paull and Nancy jung chen. 1988. Compositional changes in yam bean during storage. *HortScience* 23(1):194-196

Shin, S. R. 2004. Changes on the components of yam snack by processing methods. *Kor. J. Food Preservation* 11: 516-521.

Shewry, Peter R.. 2003. Tuber storage proteins. *Annals of Botany* 91:755-769.

Stohs, J. S., C. L. Wegner, and H. Rosenberg. 1975. Steroids and sapogenins of *Dioscorea deltoidea* tissue cultures. *Planta Med.* 28: 101-105.

Wolfgang Gerlach, Helgard Nirenberg. 1982. The Genus *Fusarium*-a Pictorial Atlas. Berlin-Dahlem. Germany. P. 406.

Yamamoto, Scient. Rep. Hyogo Univ. Agric., Agric. Biol. Ser. 2, 1: 69 (1955)- *P. sclerotigenum* - rotting tuber of *Dioscorea batatas*, Japan