

수확한 과채류의 선도유지를 위한 저장소재의 개발

조성환* · 류충호* · 정순경**

(*경상대학교 농과대학 식품공학과 교수 · **경상대학교 농과대학 식품공학과 대학원생)

Development of Preserving Materials to Keep the Freshness of Harvested Fruits and Vegetables

Sung-Hwan Cho* · Chung-Ho Ryu* · Sun-Kyung Chung**

*.**Dept. of Food Science and Technology, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

적 요

수확한 과채류의 선도유지를 위한 저장소재를 개발할 목적으로 약용식물추출물을 저장과채류에 처리하고 선도유지 기능을 가진 포장소재에 포장하여 과채류의 선도유지효과를 비교·검토하였다. 항균력 측정실험결과, 황금추출물 및 자몽종자추출물의 항균력이 탁월하여 paper disk법에 의하여 얻어진 결과에서 가장 큰 생육억제저해환을 보여 주었다. 황금추출물과 자몽종자추출물의 열안정성 및 pH안정성을 검토한 결과, 넓은 영역의 열처리의 온도(40~180°C)와 pH 범위(pH 4~10)에서 항균력을 보임으로써 열과 pH에 안정한 것으로 나타나 광범위한 용도의 도말제재 및 포장소재로서 그 효과를 활용할 수 있을 것으로 예상되었다. 따라서, 과채류의 저장유통중발생하는 미생물적 변패를 억제할 수 있는 포장필름 소재로서 자몽종자추출물과 황금추출물을 가스 투과도가 큰 LDPE에 1%농도로 첨가하여 필름을 제조하고, 항균제 무첨가구인 LDPE 필름과 항균효과 및 과채류의 선도유지효과를 비교하였다. 먼저, 제조된 항균필름의 뚜렷한 항균력을 확인할 수 있었으며, 항균제로 처리·포장된 포도와 피망을 각각 5°C에서 65일간 또는 42일간 저장하면서 미생물증식, 부패율, 기체조성 그리고 화학적 품질변화를 측정하였다. 실험결과, 항균필름 포장소재는 변패 미생물에 대하여 뚜렷한 항균효과를 나타내었다. 포도의 저장 실험에서는 대조구에 비교해서 항균성 포장필름이 포도의 총균수, 효모수에서 미생물의 생육을 억제하였고, 부패율은 65일째 통기성 포장과 MAP 포장에서 각각 31%와 19%로 낮은 부패율을 얻을 수 있었다. MAP 포장의 내부 가스조성은 65일까지도 O₂, CO₂ 농도가 각각 4.5%, 17.6%로 포도의 저장성에 도움을 주었다. 한편, 피망의 경우에도 항균소재로 처리하여 저장한 것이 무처리구에 비하여 부패율을 50%이하로 감소시킬 수 있었다.

1. 서론

과채류는 수확후 저장중에 호흡작용, 증산작용등의 생리작용뿐만 아니라 곰팡이를 비롯한 식물병리미생물의 오염 및 성장으로 부패현상을 일으키고 과채류 자체의 경도가 저하되며, 수분, 비타민, 유기산, 당분, 색소함량 등이 떨어져서 부패되지 않은 것이라도 외

관, 맛, 신선도 등이 떨어져서 제값을 받을 수 없게 된다. 최근, 과채류의 소비가 계속적으로 증대하고 있고, 시설원예의 발달로 생산량이 늘어가고 있는 상황에서 저온저장시설이 제대로 갖추어져 있지 않은 농촌실정 때문에 매년 수확기에 일시적으로 홍수출하하는 많은 양의 과채류를 병충해로 폐기처분하게 되고 변패되기 전에 낮은 가격으로나마 수확 즉시 신속하게 판매처리해야할 어려움에 직면하고 있다. 따

라서, 저렴하고 단순한 처리저장기술을 개발하여 산지농가에 보급, 활용케함으로써 과채류의 수확시기나 유통수에 상관없이 연중내내 신선도를 유지한 과채류를 공급할 수 있는 상황이 시급히 도래할 필요성이 요구되고 있으며, 과채류의 생리활성을 적극적으로 지속시키면서 선도를 유지시킬 수 있는 선도유지제의 개발이 시급한 실정이다. 과채류의 선도를 향상시키는 방안으로서 안전성에서 우수한 천연 항균제를 이용하는 것이 좋은 대안의 하나이다. 현재 세계적으로 검토되고 있는 천연항균제로는 식물추출물, 특정 단백질 및 효소류, 유기산류, bacteriocin 등을 들 수 있으며, 본연구자의 예비실험¹⁻⁴⁾에서도 약용식물 추출물(Medicinal herb extracts: 이하 MHE라 칭함)은 천연 식품보존제와 살균제로서 폭넓은 사용범위가 예상되는 물질이며, 특히 인체에 독성이 없으므로 그 실용 가치가 클 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 MHE의 항균활성성분이 과채류 변패미생물 세포막 또는 세포벽의 유동성에 미치는 영향을 검토하는 한편, 변패미생물 세포에서 일어나는 에너지 합성대사를 살펴봄으로써 우수한 항균력이 확인된 MHE를 과채류에 처리하고, MHE를 함유한 항균성 포장필름에 포장하여 환기상태가 양호한 간이저장저장고에 저장하면서 과채류의 선도유지효과를 비교·검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 약용식물추출물(MHE)의 조제 및 항균력 검사

가. 약용식물추출물의 조제

본실험에 사용되는 항균물질추출용 약용식물은, 중약대사전(中藥大辭典)이나 한국약용식물론 등에서 뚜렷한 항균작용 또는 항진균작용이 있는 것으로 소개되고 있고, 우리나라에서 재배 또는 생육하고 있는 약용식물들을 선별하여 전국 각지에서 채집 또는 구입한 후, 음건한 것이나 생것을 세절하여 추출시료로 하였다. 먼저, 세절한 추출시료에 일정량의 물을 첨가하고, homogenizer로 마쇄하여 냉각관을 연결한 환류 비등조에 넣은 후, 100°C의 water bath상에서 교반·침출시킨 후 1차 추출하고, 다시 일정량의 물을 동일

한 추출시료에 가하여 같은 방법으로 2차 추출한 후, 추출액을 합하여 Whatman No.2로 여과하였다. 이 추출여액을 50°C-60°C water bath상에서 감압·농축하고 5°C의 냉장고에서 하룻밤 방치한 후, 원심분리하여 침전된 불순물을 제거하고 층분리시켜 약용식물추출물(MHE)을 수집하였다. 이때 얻어지는 추출물은 자외선이 조사되는 무균실에서 특정온도, 압력, 저장시간등의 조건하에서 품질관리 방법에 의한 검사를 실시하여 일정한 규격의 제품이 되도록 하여 사용목적에 알맞도록 각각의 추출용매로 희석한 일정농도의 MHE를 실험용 시료로 사용하였다.

나. MHE의 물리, 화학적 특성분석

MHE의 화학조성 성분 및 물리적 특성은 일반 방법에 준하여 분석하였다.

다. 항균력 시험

저장중, 과채류의 변패에 원인이 되는 미생물에 대한 MHE의 항균력 시험은 disc plate method⁵⁾를 사용하여 측정하였으며, paper disc주변의 clear zone의 직경(mm)을 측정하여 항균효과를 비교하였다.

라. MHE의 열 및 pH 안정성 조사

항균활성물질의 열안정성을 측정하기 위하여 MHE를 40°C에서 180°C까지 30분동안 열처리한 후, 살균냉각한 Potato dextrose agar 또는 Tryptic soy agar에 1,000ppm이 되도록 첨가한 다음, disc plate method로 대조구와 같이 공시균주의 생육저해환을 측정·비교하였다. 또한, pH안정성은 염산이나 수산화나트륨으로 pH 4에서 pH 10까지 조정한 후 37°C에서 1시간 방치한 다음, 다시 pH 7로 중화시켜서 열안정성과 동일한 방법으로 생육저해환을 측정·비교하였다.

마. MHE의 미생물 생육저해 농도곡선 측정

MHE를 membrane filter(0.2 μ m)로 제균시키고, Tryptic soy broth(TSB)에 MHE를 여러가지 농도단위로 첨가한 후, 각 공시균주의 slant에서 배양된 균주 1백균이를 취하여 10ml TSB에 접종, 30°C에서 24시간동안 배양시키고, 이 배양액 0.1ml를 취해 다시

10ml TSB에 접종하여 30°C에서 24시간동 배양한 배양액 0.1ml를 여러 농도의 MHE이 함유된 TSB에 접종한 후 배양하였다. MHE첨가 농도별 항균성 효과는 미생물의 생육정도를 spectrometer(620nm에서)로 흡광도를 측정하고, MHE를 넣은 TSB를 blank로 사용하였다.

바. 공시균주의 최소저해 농도측정

부패성 및 병원성 공시균주를 Tryptic soy broth (TSB)배지에 접종하고 30°C에서 24시간동안 배양한 후 phosphate buffer(pH 7.0)로 희석하여 접종균주로 배양하였다. 희석된 배양액 0.1ml를 MHE가 일정한 농도로 함유되어 있는 TSB배지에 첨가하고, 30°C에서 3일간 배양하였다. 각 시험구의 배양액 1ml씩을, plate count agar상에 평판도말하고 30°C에서 3일동안 배양하여 생존균수의 유무를 확인하여, 공시균주의 최소저해농도를 측정하였다.

2. 변패미생물의 에너지 생성에 미치는 MHE의 억제 효과

저장포도의 변패 미생물인 *Botrytis cinerea*를 영양배지에서 20시간 배양하고 원심분리하여 세포만을 수집하였다. 세포를 10mM EDTA를 포함한 10mM Tris-HCl (pH 7.5) 완충 용액에 현탁시키고, 초음파 파쇄기로 파쇄한 후 3000×g에서 15분간 원심 분리하여 상등액을 모으고 이를 효소원으로 사용하였다. glucose-6-phosphate dehydrogenase의 활성은 이 등의 방법⁶⁾에 따라 측정하였고, hexokinase의 효소 활성은 효소 반응액에 glucose를 기질로 하여 정제된 glucose-6-phosphate dehydrogenase를 첨가하여 주고 생성된 D-glucose-6-phosphate를 coupling assay 방법⁷⁾으로 정량하여 결정하였으며, malate dehydrogenase와 succinate dehydrogenase의 활성은 주등의 방법⁸⁾에 따라 측정하였다. 이 때, MHE를 각각 효소반응시 농도를 달리하여 첨가한 후 효소활성을 측정하였다. 대조구로는 MHE를 첨가하지 않고, 정상적인 효소활성을 나타내는 것을 사용하였으며 효소에 미치는 영향은 대조구에 대한 각 효소반응의 백분율로 결정하였다.

3. 변패미생물의 세포막 기능성에 미치는 MHE의 영향

MHE가 세포막에 미치는 영향을 알아보기 위하여 세포를 파쇄하지 않고 toluene과 MHE존재시에 과채류변패 공시균주의 β -galactosidase가 정량되는가의 여부를 살펴 보았다. 과채류변패 공시균주가 β -galactosidase를 가지고 있음은 IPTG와 X-gal을 함유한 배지에서 확인하였다⁹⁾. 과채류 변패 공시균주를 영양배지에 접종한 뒤, 30°C에서 12시간 배양한 후 M9 medium으로 옮겨 주고 600nm에서의 흡광도가 0.5-0.7이 되도록 배양한 다음, 0°C에 방치하여 성장을 억제하였다. 배양액 1.5ml에 같은 부피의 Z 완충용액 (조성 : 100mM sodium phosphate buffer (pH 7.0), 10mM KCl, 1mM MgSO₄ · 7H₂O, 50mM β -mercaptoethanol)을 가하고, 최종 농도가 3%가 되도록 각각 증류수, toluene, SDS, chloroform을 처리하고, 10초간 세게 흔들어 주었다. toluene 제거를 위해 37°C에서 40분간 방치하고 28°C로 옮겨 5분간 더 방치한 후, 0.6ml의 ONPG(o-nitrophenyl- β -D-galactopyranoside, 4mg/ml)를 가하여 주었고 28°C에서 18시간동안 방치하였다. 1M Na₂CO₃ 1.5ml를 가하여 반응을 정지시키고, 원심분리하고 상등액의 흡광도를 420nm에서 측정하였다. 증류수를 넣은 경우를 0으로 하고 toluene을 넣어준 경우를 100으로 하여 MHE가 세포막에 미치는 영향을 비교하였다.

4. MHE의 항균력에 의한 미생물세포의 전자현미경학적 형태변화 조사

과채류에 오염되어 변패를 일으키는 부패성 및 병원성 미생물에 대한 MHE의 항균작용을 조사하기 위하여, 전자현미경 촬영시료를 조제하여 MHE처리전 후의 미생물의 세포형태와 세포막 기능의 변화를 검토하였다. 즉, 과채류에 오염되어 부패를 초래하여 과채류의 저장성을 상실케 하는 식물병리미생물들을, 특정배지에서 일정시간동안 배양한 다음, 배양균주의 일부를 MHE용액에 30분간 침지처리하고 원심분리하여 비교적 순수한 공시균주로 분리한 후, 전보^{10,11)}의

방법에 따라 전자현미경 촬영시료를 조제하여 SEM (Scanning electron microscope : DS-130C, ISI ABT) 및 TEM(Transmission electron microscope : Hitachi H-600)으로 검경하였다. 이때, 일정한 농도로 희석한 MHE용액에 처리한 균체세포를, MHE용액에 처리하지 않은 대조구 균체세포와 그 형태변화를 비교하여, MHE용액이 부패성 미생물의 세포형태 및 세포막 기능변화에 미치는 영향을 중심으로 그 항균작용을 조사하였다.

5. 신선도 유지의 기능성을 가진 과채류 포장시스템의 개발실험

가. 항균성 포장필름의 가스투과도 측정

우수한 항균활성이 있는 것으로 확인된 자몽종자 추출물(Grapefruit seed extract : 이하GFSE라 칭함)을 저밀도폴리에틸렌(LDPE) 수지(Grade 5302, 밀도 0.921 g/cc)에 1% 농도로 혼합되어 압출하여 제조한 두께 30 μ m 내외의 항균성 필름을 과채류의 포장에 사용하였다. 동일한 저밀도폴리에틸렌(LDPE)에 아무런 첨가없이 제조한 두께 30 μ m 필름을 대조구 필름의 하나로 사용하였다. 실험에 사용된 필름의 산소 및 이산화탄소 투과도를 준등압법(isostatic method)¹²⁾에 의하여 ml/m²atm · hr의 단위로 측정하였다.

나. 포장내 기체조성 측정

5°C 냉장고에 저장하면서 포장내 기체조성과 과채

류의 품질변화를 측정하였다. 포장내 산소및 이산화탄소 농도는 포장내 기체 1ml를 취하여 가스크로마토그래프(Hitachi Model 163, Hitach사, Tokyo, Japan)에 의해서 측정하였다. 가스크로마토그래프의 조건은 Table 1과 같다.

다. 과채류의 포장 및 저장

포도와 피망은 진주지역의 농가에서 1998년 9월 수확된 것을 실험실로 운반하여 하루밤 보관한 후, 부패된 과채류를 골라내고 손질하여 포도는 직접, 피망은 5분간 MHE용액에 침지하여 풍건한 후, 같은 넓이로 재단된 항균성 필름 혹은 대조구 LDPE필름을 간 폴리스틸렌 트레이(18 x 13cm) 위에 400 \pm 10g씩을 담았다. 이를 40 x 30cm 크기의 항균성 혹은 대조구 저밀도폴리에틸렌 필름 봉지에 넣고 밀봉하여 포장하였다. 그리고 또다른 포장처리구로 항균성 필름의 포장조건에 대해서 직경 0.5mm의 핀홀을 두개 내어 외부와의 통기성을 가져서 포장내부의 기체조성이 통상공기와 같도록 한 포장 상태이다. 이렇게 포장된 포도와 피망을 간이식 저온저장고에서 각각 65일간 또는 42일간 저장하면서 포장내 포도와 피망의 품질변화를 측정하였다. 이 때, 실험용 과채류의 저장고는 높이의 1/3이 지하에 있는 반지하식 저장고를 전보¹³⁾와 같이 설치하여 이용하였다.

라. 품질변화의 측정

포도 표면에서의 미생물수를 측정하기 위하여 포장

Table 1. Gas chromatographic conditions for the analysis of O₂ and CO₂ gases

Items	Conditions
G.C.	HP 5890A
Column	Alltech CTR I columnHe
Carrier gas flow rate	30 mL/min
Reference gas flow rate	He 30 ml/min
Detector	He 40 ml/min
Oven Temp.	TCD
Injection Temp.	40°C
Detector Temp.	70°C
	90°C

필름과 접촉된 포도송이에서 포도알맹이를 따서 homogenizer(Moder AM-7, Nihonseiki Kaisha LTD., Japan)에서 15,000rpm으로 3분간 마쇄하였다. 이 마쇄액을 순차적으로 희석하여 영양배지에 도말배양하였다. 호기성 총균수는 Plate Count Agar(Difco Laboratories, Detroit, USA)에 도말하여 30°C에서 3일간 배양하였다. 효모수는 시료용액을 chloroamphenicol을 첨가시킨 PDA배지(Difco Laboratories, Detroit, USA)에서 도말하고 25°C에서 5일간 배양하였다. 실험은 3반복의 시료에 대하여 수행하였다. 부패율 측정은 각각의 포장에서 부패현상을 나타내거나 곰팡이가 핀 포도를 골라서 전체에 대한 개수의 비율로써 표시하였다. 저장 65일째는 대조구 및 처리구 각각 20개의 포장에 대하여 이루어졌다. 가용성고형분은 굴절당도계(Atago사, Japan)에 의하여 °Brix농도로 측정했다. pH는 마쇄된 포도즙액에 대하여 pH meter(Model 230A, Orion research Inc., Boston, MA, USA)로 측정하였다. 총산은 포도 5g을 물 100mL와 합하여 homogenize시킨후 0.1N NaOH로서 pH 8.1이 될 때까지 pH meter로 적정하여 주석산 %로 나타내었다. 한편, 피망의 부패율은 6주간 저장하는 동안, 변패된 피망의 중량을 전체에 대한 중량비율 즉, 백분율로 표시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 약용식물추출물(MHE)의 조제 및 항균력

가. 약용식물추출물의 조제

약용식물추출물(12종)을 동결건조기로 건조하여 조제한 MHE의 추출수율은 다음 Table 2 와 같다. 추출수율은 건물중으로 2.7%~37.6% 범위에서 다양하게 나타났으며 자초가 37.6%로 가장 높은 값을 보였으며, 항균력이 우수한 것으로 확인된 황금추출물은 29.2%, 자몽종자추출물(GFSE)은 16.8%로 비교적 높은 수율로 나타났다.

나. MHE의 물리·화학적 특성

예비실험결과에서 항균력이 뛰어난 것으로 밝혀진 황금추출물 및 GFSE의 물리·화학적 특성을 분석한 결과는 다음 Table 3과 같다. 즉, 황금추출물은 건물중으로 회분 3.7%, 총당 21.4%, 지방 7.3%, 총질소 15.4%이고, GFSE은 회분 6.2%, 총당 17.6%, 지방 5.2%, 총질소 7.5%로 나타났으며, 황금추출물은 수용액상태에서 pH 5.5의 갈색물질이고, GFSE는 수용액상태에서 pH 3.2의 옅은 황갈색물질이었다. 인화점은 각각 195°C와 252°C로 비교적 열에 안정한 것을 알 수 있었다.

Table 2. The extraction yields of medicinal herbs as dry weight basis.

Name of medicinal herb	Scientific name	Extraction yields(%)
夏枯草	<i>Prunella vulgaris</i> L.	13.8
赤芍藥	<i>Paeonia lactiflora</i> Pall.	9.8
黃 芩	<i>Scutellariae radix</i>	29.2
白 芷	<i>Angelica dahurica</i> (Fisch, ex Hoffm.) Bebh, et Sav.	17.2
木 通	<i>Akelia trifoliata</i> Koidz. var <i>australis</i> Rehd.	9.6
甘 草	<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch.	10.9
知 母	<i>Anemarrhenae apphodeloides</i>	13.2
香附子	<i>Cyperus rotundus</i> L.	7.0
紫 草	<i>Lithospermum erythrorhizon</i> Sieb. et Zucc.	37.6
決明子	<i>Cassia tora</i> L.	2.7
白芥子	<i>Brassica alba</i>	12.3
子夢種子	<i>Citrus paradisi</i>	16.8

다. MHE의 항균력
 수확한 과채류의 저장중, 변패의 원인이 되는 일부 미생물에 대한 MHE의 항균력을 시험한 결과는 다음 Table 4와 같다. 즉, 본 실험시료로 선택한 MHE중

넓은 영역의 변패미생물에 대하여 항균력이 뛰어난 것은 황금, 자몽종자, 목통, 하초등의 추출물로 나타났으며, 적작약추출물도 뚜렷한 항균력을 보였다. 이들중 황금추출물 및 GFSE의 항균력이 탁월하여

Table 3. Chemical components and physical properties of *Scutellariae radix* extract and grapefruit seed extract.

Chemical components	Dry weight basis(%)	
	<i>Scutellariae radix</i> extract	grapefruit seed extract
Ash	3.7	6.2
Total sugar	21.4	17.6
Fat	7.3	5.2
Total nitrogen	15.4	7.5
Physical properties	<i>Scutellariae radix</i> extract	grapefruit seed extract
Color	Brown	Yellowish brown
pH at 25°C (aqueous soln.)	5.5	3.2
Flash point(°C)	195	202

Table 4. Medicinal herbs selected for the extraction of antibacterial substances.

Name of medicinal herb	Scientific	Antibacterial effect			
		A	B	C	D
夏枯草	<i>Prunella vulgaris</i> L.	○	○	○	○
赤芍藥	<i>Paeonia lactiflora</i> Pall	○	○	△	△
黃 芩	<i>Scutellariae radix</i>	○	○	○	○
白 芷	<i>Angelica dahurica</i> (Fisch, ex Hoffm.) Bebh, et Sav.	×	×	×	×
木 通	<i>Akelia trifoliata</i> Koidz, var australis Rehd.	○	○	○	○
甘 草	<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch.	×	○	△	△
知 母	<i>Anemarrhenae apphodeloides</i>	△	△	×	×
香附子	<i>Cyperus rotundus</i> L.	×	×	×	×
紫 草	<i>Lithospermum erythrorhizon</i> Sieb, et Zucc.	×	×	×	×
決明子	<i>Cassia tora</i> L.	×	×	×	×
白芥子	<i>Brassica alba</i>	×	×	△	△
子夢種子	<i>Citrus paradisi</i>	○	○	○	○

○ : very strong effective △ : effective × : not effective
 A : *Bacillus cereus* B : *Pseudomonas syringae*
 C : *Corynebacterium xerosis* D : *Fusarium sp.*

paper disk법에 의하여 얻어진 결과에서 가장 큰 생육 억제저해환을 보여 주었다(Fig. 1 및 Fig. 2). 아울러, 이들은 과채류의 부패 미생물에 대해서는 농도에 비례하여 항균력이 증가하는 것을 알 수 있었다. 황금

추출물은 500ppm이상의 농도에서 뚜렷하게 미생물의 생육을 억제하였으며, GFSE는 100ppm에서도 폭넓은 생육저해환을 제시하고 있어, 강력한 항균효과를 추정할 수 있었다.

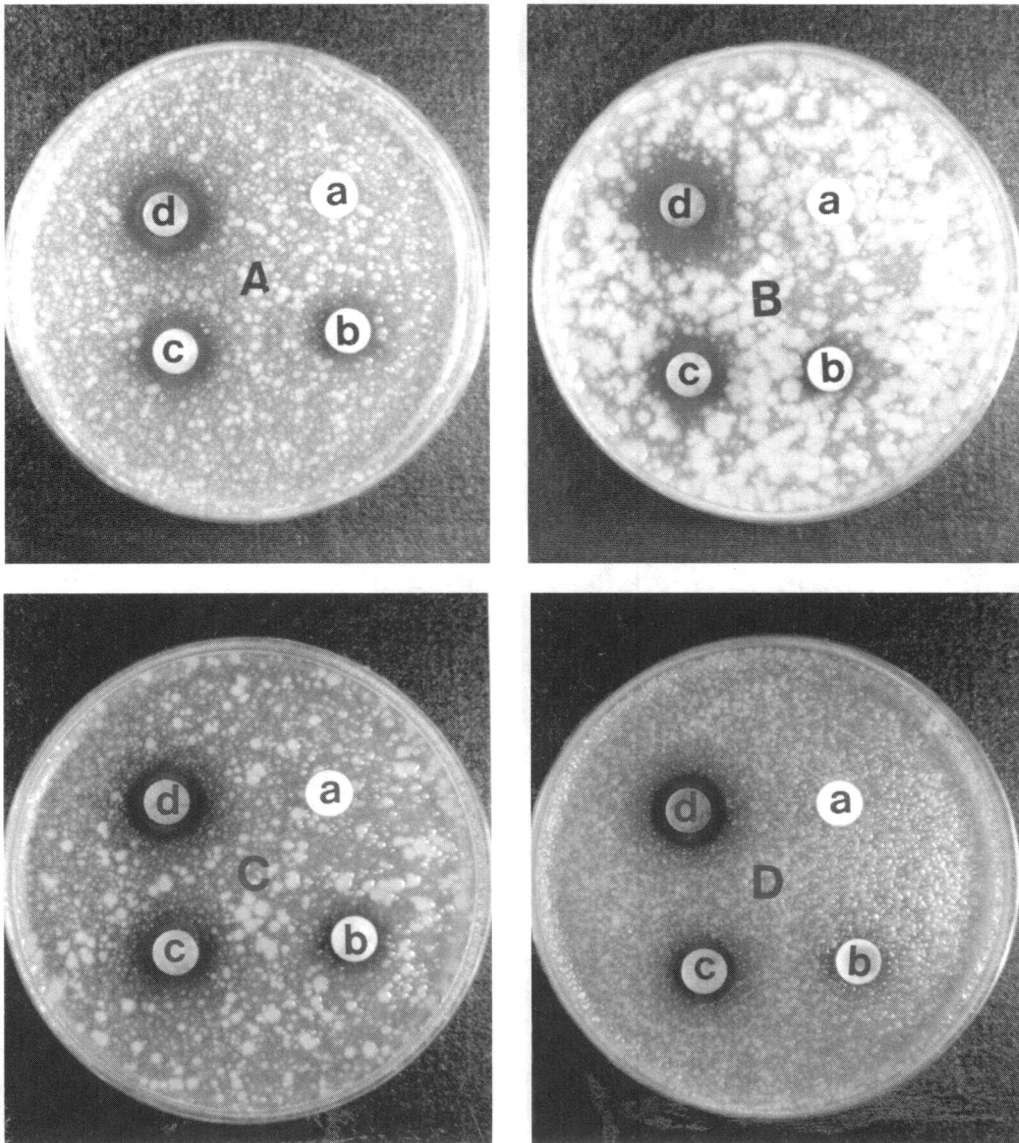


Fig. 1. Inhibitory effect of *Scutellariae radix* extract on the growth of microorganisms.

A : *Bacillus cereus*

B : *Pseudomonas syringae*

C : *Corynebacterium xerosis*

D : *Candida albicans*

a : 0 ppm(Control)

b : 250 ppm

c : 500 ppm

d : 1,000 ppm

라. MHE의 미생물 생육저해 농도곡선

MHE의 항균력 시험에서 항균력이 입증된 황금추출물과 GFSE의 공시균주의 생육억제를 확인하기 위

하여 측정된 생육저해 농도곡선은 각각 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다. 즉, 황금추출물이 농도별로 첨가된 배지에서 배양된 공시균주인 *Bacillus cereus* 및 *Pseudomonas*

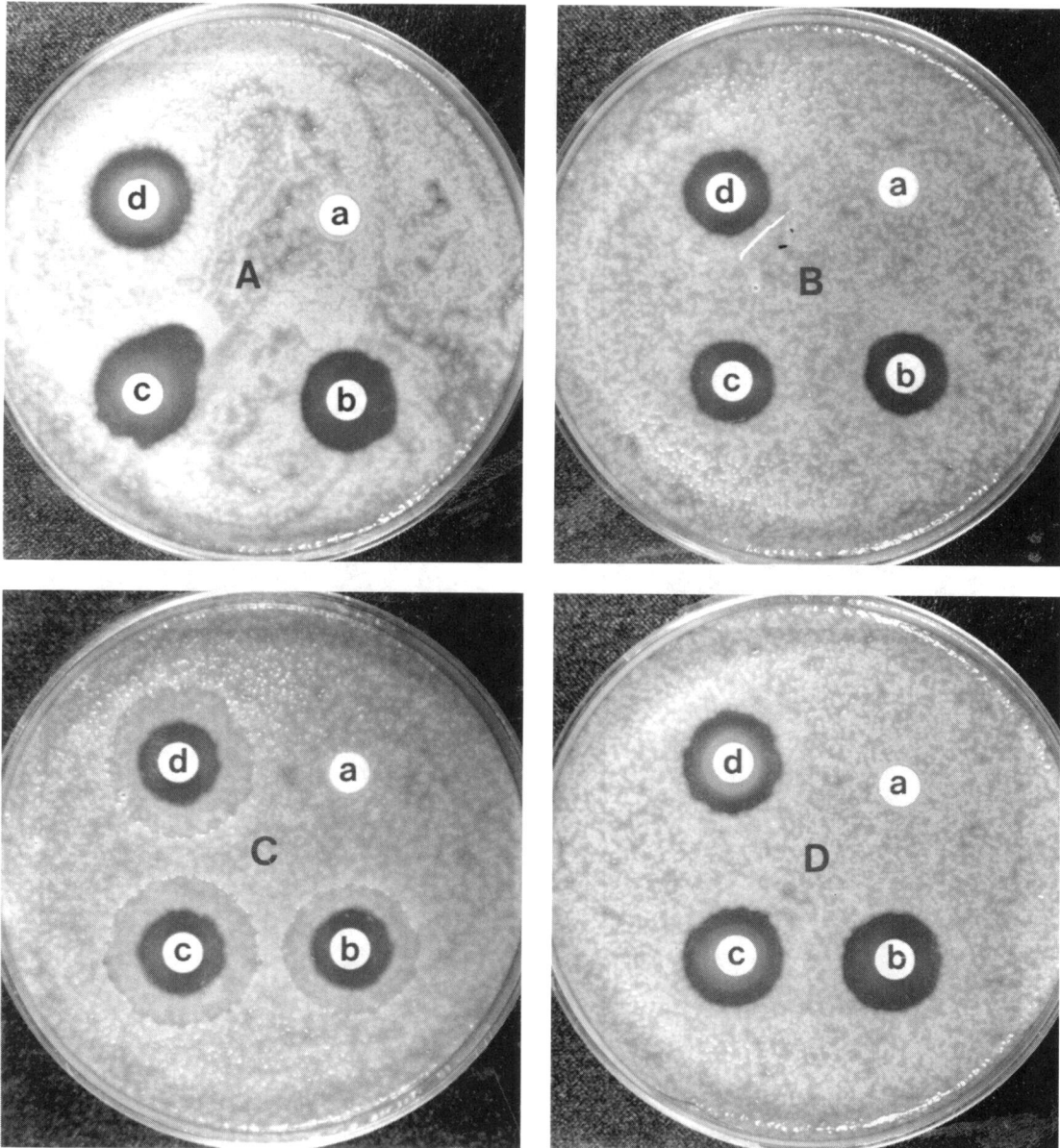


Fig. 2. Inhibitory effect of Grapefruit seed extract on the growth of microorganisms.

A : *Bacillus cereus*

B : *Pseudomonas syringae*

C : *Corynebacterium xerosis*

D : *Candida albicans*

a : 0 ppm(Control) b : 100 ppm,

c : 250 ppm, d : 500 ppm

syringae 모두 250 ppm의 농도배지에서는 배양 24시간까지 생육이 크게 억제되지 않은 채 생육도가 증가하는 것으로 나타났으나, 500 ppm이상의 농도배지에서는 생육이 크게 억제되어 배양 12시간이후 생육의

증식도가 감소하는 경향을 보여 주었다. 한편, GFSE가 농도별로 첨가된 공시균주 *Corynebacterium xerosis*나 *Candida albicans*를 배양한 경우, 1000 ppm농도이상의 첨가배지에서 생육도가 뚜렷하게 저해되는 것을

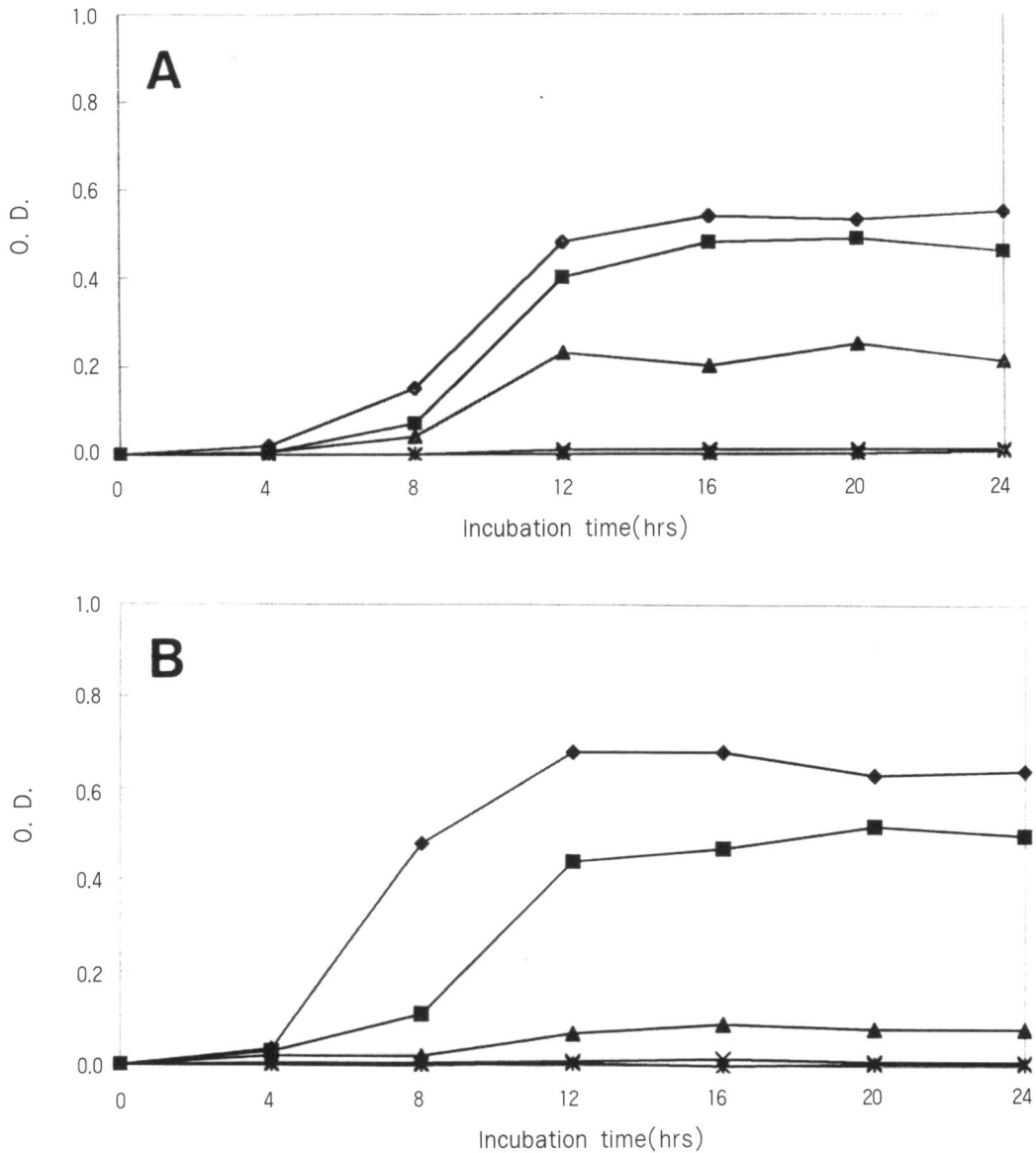


Fig. 3. Microbial growth curve in the medium containing *Scutellariae radix* extract.

A : *Bacillus cereus*

B : *Pseudomonas syringae*

◆ : Control

■ : 250 ppm

▲ : 500 ppm

× : 1,000 ppm

* : 2,500ppm

관찰할 수 있었으며, 24시간의 전배양기간동안 증식이 억제되었으며, 이와같은 미생물 생육억제농도곡선은 항균력 실험결과와 일치하는 것으로 나타났다.

paper disc method에 의하여 항균력이 가장 우수한 것으로 나타난 황금추출물과 GFSE의 열안정성 및 pH안정성을 검토한 결과는 각각 Fig. 5와 Fig. 6과 같다. 즉, 처리농도가 두 추출물 모두 1,000ppm인 결과, GFSE의 생육저해환이 황금추출물의 생육저해환에

마. MHE의 열 및 pH 안정성

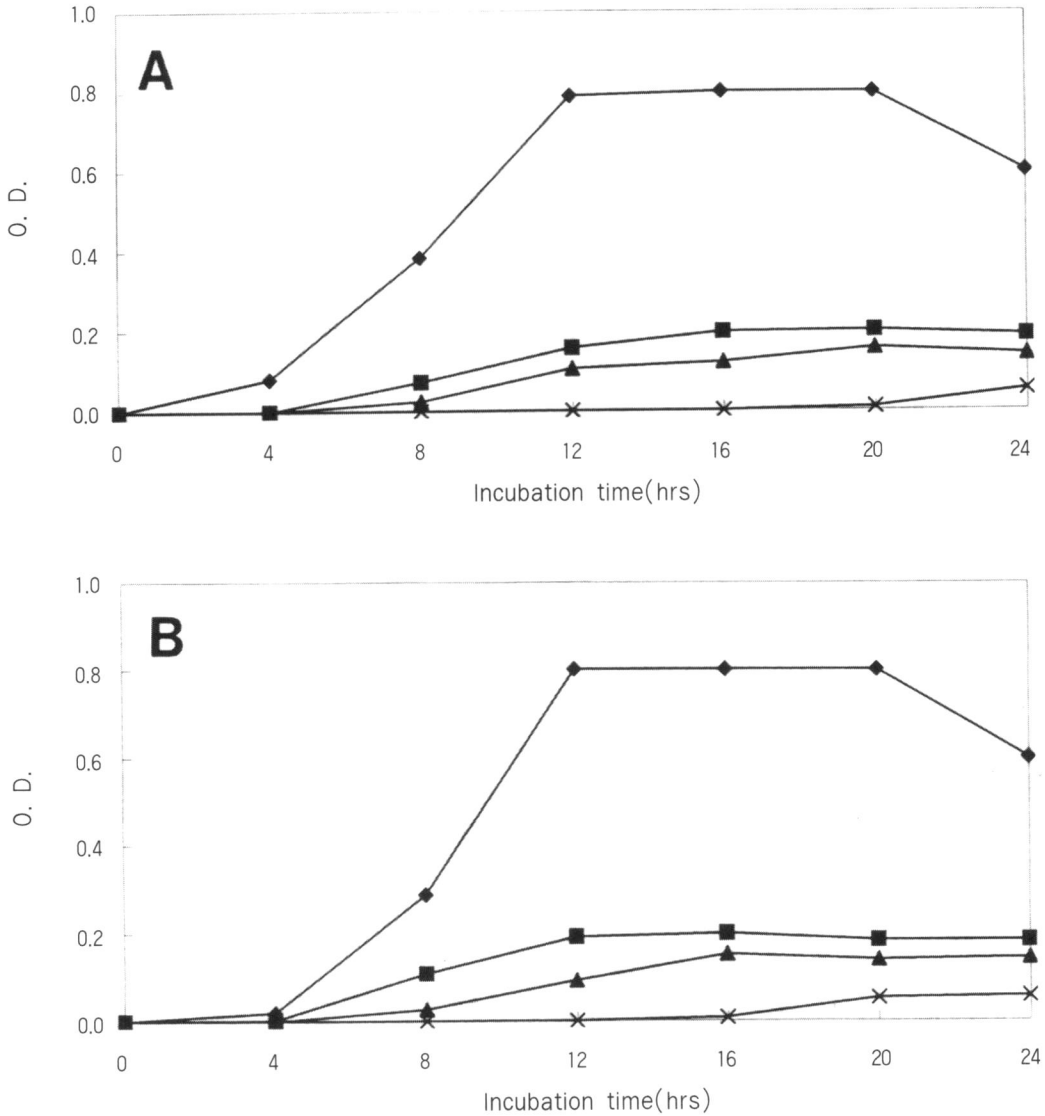


Fig. 4. Microbial growth curve in the medium containing grapefruit seed extract.

A : *Corynebacterium xerosis* B : *Candida albicans*
 ◆ : Control ■ : 100 ppm ▲ : 250 ppm × : 500 ppm

비하여 선명한 경계면을 보여 주고 있기는 하나, 두 추출물은 모두 넓은 영역의 열처리의 온도(40~180

°C)와 pH 범위(pH4~10)에서 항균력을 보임으로써 열과 pH에 안정한 것으로 나타났다.

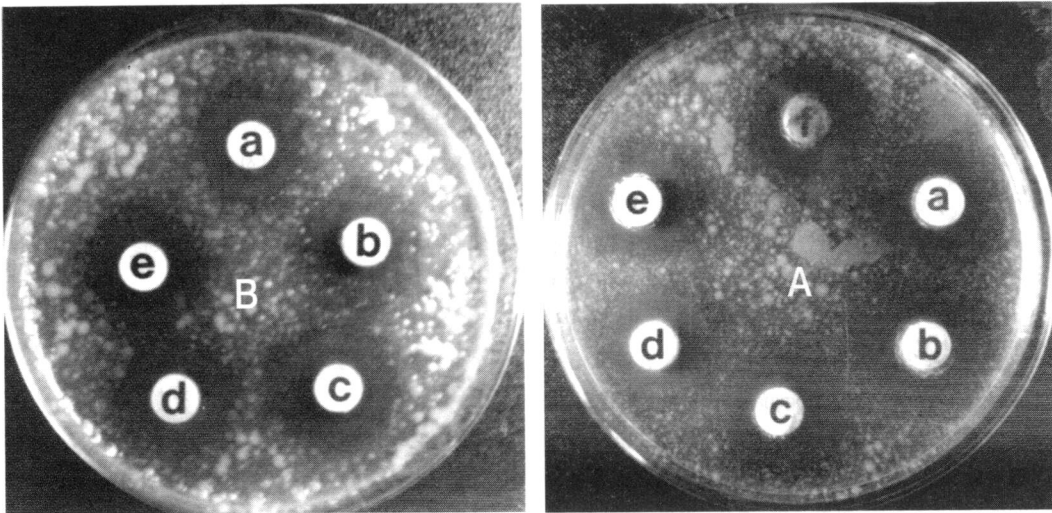


Fig. 5. Thermal stability(A) and pH stability(B)of *Scutellariae radix* extract for the growth inhibition of *Bacillus cereus*.

(A) a : 40°C b : 60°C c : 80°C d : 100°C e : 120°C f : 180°C
 (B) a : pH 4 b : pH 6 c : pH 7 d : pH 8 e : pH 10

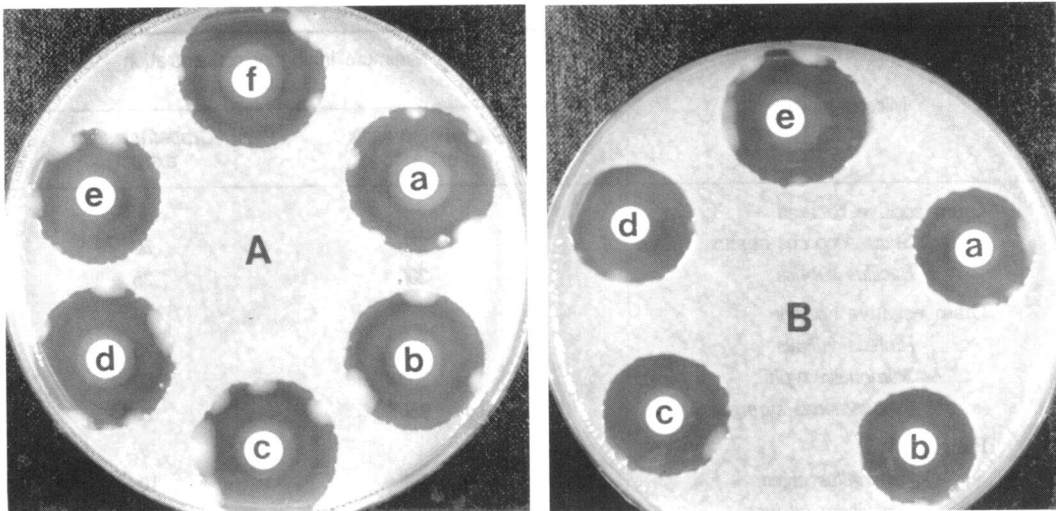


Fig. 6. Thermal stability(A) and pH stability(B) of *Grapefruit seed* extract for the growth inhibition of *Bacillus cereus*.

(A) a : 40°C b : 60°C c : 80°C d : 100°C e : 120°C f : 180°C
 (B) a : pH 4 b : pH 6 c : pH 7 d : pH 8 e : pH 10

바. 공시균주의 최소화해 농도

변패된 과채류에서 분리·동정되거나 일반적으로 부패성 공시균주에 대한 황금추출물 및 GFSE의 최소화해농도를 측정 한 결과는 Table 5와 같다.

2. 변패미생물의 에너지 생성에 미치는 MHE의 억제 효과

GFSE와 황금추출물의 첨가배지상에서 미생물세포의 생육이 크게 억제된다는 실험결과를 토대로, 미생물에 대한 황금작용의 방식을 알아보고자 여러가지 효소 활성에 미치는 영향을 조사하였다. Table 6에서 보는 바와 같이, 미생물 에너지대사 관련효소중 glucose-6-phosphate dehydrogenase의 활성은 GFSE와 황금추출물의 어느 경우에도 각각 약간의 효소활성이 억제되었고, succinate dehydrogenase효소활성은 GFSE와 황금추출물 첨가구의 경우, 각각 약간의 효소활성이 억제되었으나 유의성은 없었다. malate dehydrogenase효소활성도 GFSE와 황금추출물 첨가

구의 경우, 각각 80%와 85%로 나타나, 변패미생물의 에너지 생성대사에 미치는 GFSE와 황금추출물의 효소활성 억제효과를 예상할 수 있었다. 아울러, hexokinase효소활성의 경우, GFSE와 황금추출물의 첨가시험구는 대조구에 비하여 각각 65%와 72%로 나타나, 뚜렷한 효소작용의 억제효과를 볼 수 있었다. 이 결과로 GFSE와 황금추출물은 일부 에너지 생성대사의 효소활성에 영향을 미치는 것으로 나타나, GFSE와 황금추출물이 세포내로 침투되어 membrane에 존재하는 효소의 활성을 억제하는 것으로 추정할 수 있었다.

3. 세포막기능에 미치는 MHE의 영향

GFSE와 황금추출물을 세포에 처리하였을 때, 세포막에 영향을 주는가를 알아보기 위하여 GFSE와 황금추출물의 존재하에서 공시균주인 *Staphylococcus epidermis*의 β -galactosidase의 활성을 측정하였다. *Staphylococcus epidermis*가 β -galactosidase를 생성하는

Table 5. Minimum inhibitory concentration of *Scutellariae radix* extract and *Grapefruit seed* extract against putrefactive and pathogenic microorganisms

Microorganism	Minimum inhibitory concentration (ppm)	
	<i>Scutellariae radix</i> extract	<i>Grapefruit seed</i> extract
Gram positive bacteria		
<i>Staphylococcus aureus</i>	250	50
<i>Bacillus subtilis</i>	200	25
Gram negative bacteria		
<i>Proteus vulgais</i>	300	25
<i>Salmonella typhi</i>	250	50
<i>Pseudomonas syringae</i>	250	20
Fungi		
<i>Aspergillus niger</i>	750	100
<i>Penicillium citrium</i>	500	50
<i>Fusarium moniliforme</i>	5,000	1,000
Yeasts		
<i>Candida albicans</i>	250	25
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1,000	100

가를 알아보기 위하여 IPTG와 X-gal을 가하여 준 배지에서 배양하여 이를 확인하였다. 세포를 배양한 후, ONPG와 세포 혼합액에 증류수, toluene, chloroform, GFSE 및 황금 추출물을 각각 가하여 주었다. 측정하고자 하는 효소 β -galactosidase가 내에 존재하므로 GFSE가 세포막에 영향을 주지 않는다면, 증류수를 가하여 준 대조군에서처럼 β -galactosidase의 활성을

측정할 수 없고, 이와는 반대로 세포막에 영향을 주어 세포막이 손상을 받아 β -galactosidase가 세포 밖으로 유출이 되면, toluene을 가하여 준 대조군에서처럼 효소 활성이 검출될 것이다. Fig. 7에 나타난 바와 같이, 증류수를 가해준 대조군에서의 값을 0으로 하고 toluene을 가하여 준 대조군을 100으로 하였을 때, GFSE 및 황금추출물의 경우, 각각 94% 및 72%의

Table 6. The relative activities of *Grapefruit seed* extract and *Scutellariae radix* extract on various metabolic enzymes concerned with microbial energy production.

	Glucose-6-phosphate dehydrogenase	Succinate dehydrogenase	Malate dehydrogenase	Hexokinase
CONTROL	100	100	100	100
<i>Grapefruit seed</i> extract	87	90	80	65
<i>Scutellariae radix</i> extract	93	95	85	72

* Enzymatic activities were represented as percentage assuming the control as 100.

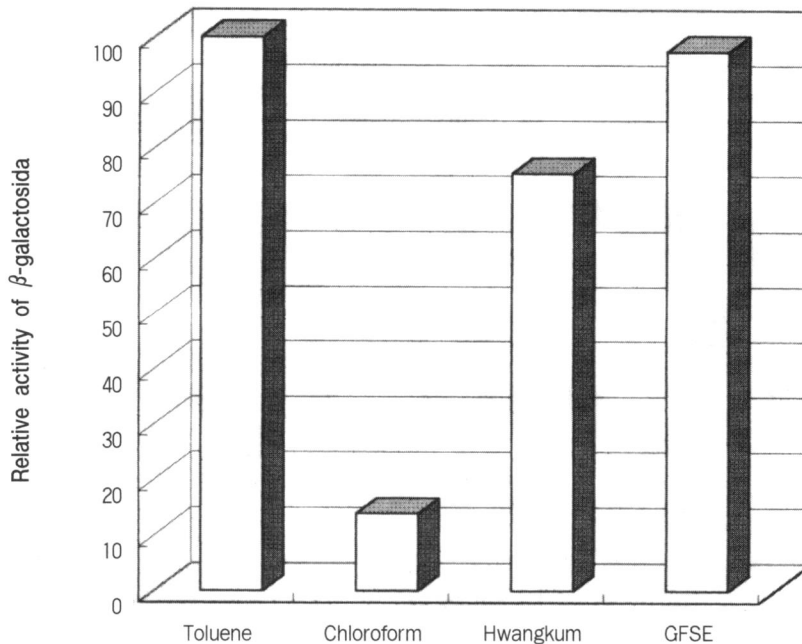


Fig. 7. The effect of GFSE and *Scutellariae radix* extract on the membrane perturbation of *Staphylococcus epidermis*.

The cells were treated with the reagents including toluene, chloroform, GFSE and *Scutellariae radix* extract in the media containing ONPG as substrate for β -galactosidase.

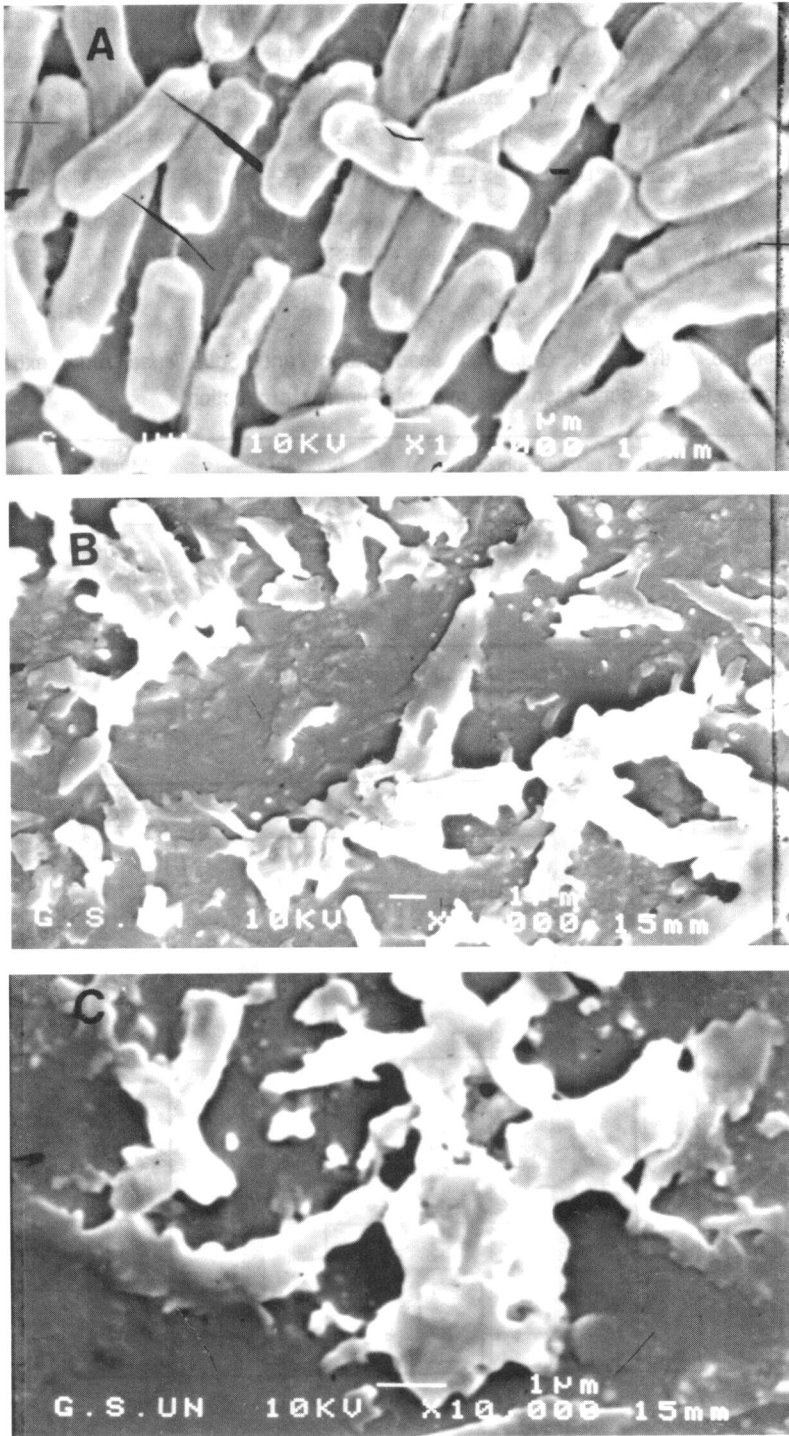


Fig. 8. Scanning electron micrographs of *Pseudomonas syringae* not-treated(A : Control) and treated with GFSE(B) and *Scutellariae radix* extract(C). (Magnification : x 5,000 or x 10,000)

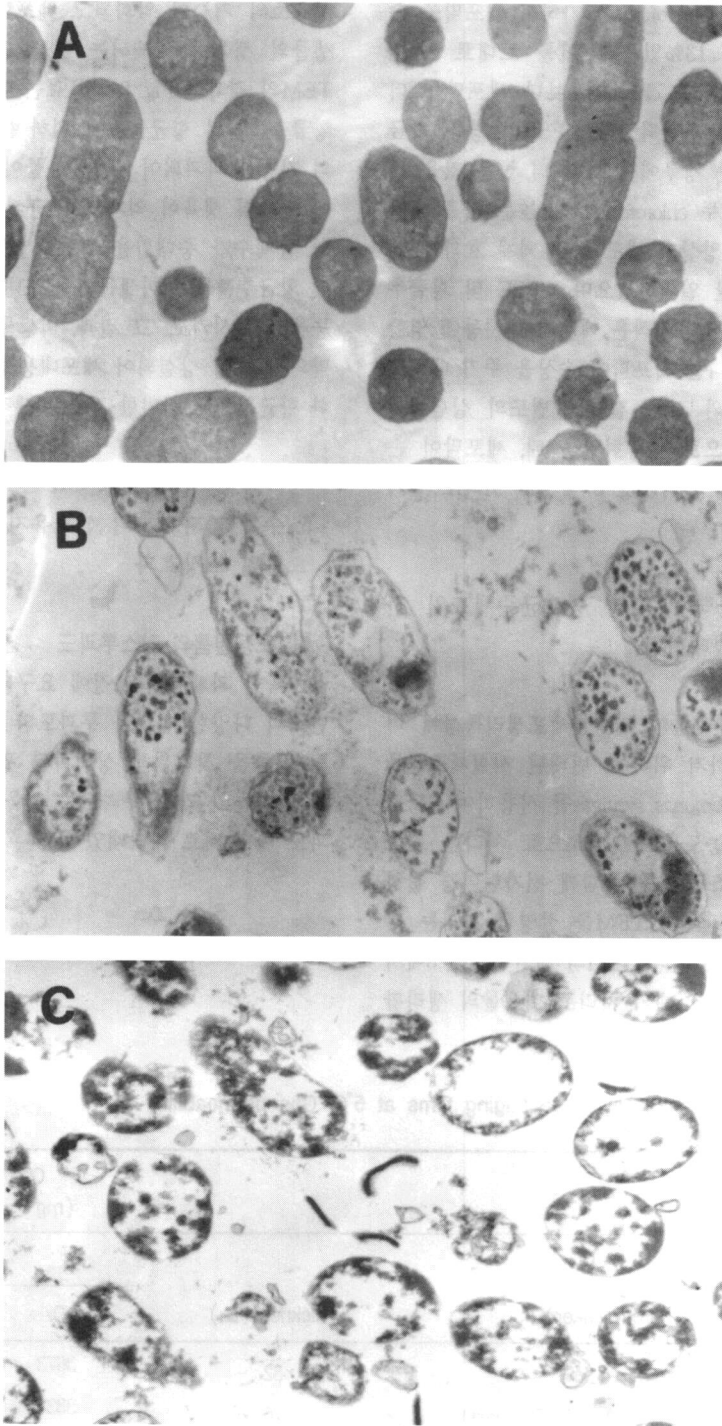


Fig. 9. Transmission electron micrographs of *Pseudomonas syringae* not-treated(A: Control) and treated with GFSE(B) and *Scutellariae radix* extract(C). (Magnification : x 25,000)

활성이 검출되었다. Chloroform을 가하여 세포막을 손상하여 얻은 값이 13%였는데 이를 토대로 보면, GFSE 및 황금추출물은 chloroform보다 세포막을 더 손상 시키는 것으로 판단되었다. GFSE의 경우, 황금추출물을 가하여 준 경우에서 보다 더 높은 값을 보였으나, 두 경우 모두 chloroform보다 높은 값을 나타내었다. 이 결과의 양상과 세포 성장 억제 효과 (Fig. 3과 4)의 결과는 잘 일치하였으며, GFSE 및 황금추출물의 항균성분의 작용기작은 에너지 대사등에 영향을 주는 것이기 보다는 세포막에 손상을 주기 때문으로 생각되었다. 이와 같은 결과는 별도의 실험에서 전자현미경적 방법으로 관측하였을 때, 세포막이 손상을 받았다는 실험 결과(Fig. 8 및 Fig. 9)와도 일치하였다.

4. MHE의 항균력에 의한 공시균주세포의 전자현미경적 형태변화

GFSE 및 황금추출물이 미생물세포생리특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여, 변패된 시설채소산물에서 분리된 *Pseudomonas syringae*를 사용하여 GFSE 및 황금추출물의 농도를 1000ppm으로 처리한 것을 처리하지 않은 대조구 균주와 함께 전자현미경 촬영 시료로 조제하여 SEM과 TEM을 촬영한 결과는 각각 Fig. 8 및 Fig. 9와 같다. SEM의 결과인 Fig. 8에서 보는 바와 같이, 항균소재의 처리로 미생물의 생리활

성효소의 기능이 약화되고 세포형태가 변화되어, 미생물의 생육이 억제되는 것을 볼 수 있었다. 또한, TEM의 결과는 Fig. 9에서 보는 바와 같이, GFSE 및 황금추출물의 항균물질에 의하여 균체세포는 세포막의 기능이 파괴되어 세포내용물이 균체외부로 유출되어 균체의 생육이 억제되며, 균체내부가 빈 세포형태의 균체수가 증대함을 알 수 있었다. 이것은 GFSE 및 황금추출물이 미생물의 세포내 생리활성효소의 기능을 약화시키고, 그 결과, 미생물의 세포벽 및 세포막의 기능이 상실되어 세포내용물의 소실 등으로 인한 항균작용에 기인한 것으로 생각된다.

5. 수확한 과채류의 선도유지를 위한 항균성 필름의 포장효과

가. 포장필름의 가스투과도

수확한 과채류의 포장에 요구되는 산소 및 이산화탄소의 다양한 선택적 투과도의 범위를 갖는 플라스틱 필름을 찾기위해 상업화된 필름을 수집하여 5°C에서 이들의 가스 투과도는 다음식 (1)에 의하여 투과도 계수 P_f 로 나타내었다.

$$q_i = \frac{S_f P_f \Delta P_i}{L} \quad (1)$$

Table 7. Gas permeabilities of packaging films at 5°C Gas permeability

Film	Thickness(μm)	Gas permeability (mg · μm/m ² · h · atm)	
		5°C	
Material name(Maker)		O ₂	CO ₂
LDPE*(Daelim, Korea)	32	3673	34220
HDPE** Clean Bag (Clean Wrap, Korea)	10	3332	28046
Polyolefin MPD 2055 (Cryovac, USA)	15	1548	11736

* : low density polyethylene, ** : high density polyethylene

여기서 q_i 는 단위시간당 i 기체의 투과속도(mg/h 혹은 mol/h), S_i 는 포장의 표면적(m^2), P_{i0} 는 i 기체에 대한 포장필름의 투과도(mol $\mu m/m^2$ h atm), Δp_i 는 포장필름을 경계로한 i 기체의 분압의 차(atm), 그리고 L 은 포장필름의 두께(μm)이다. 측정된 투과도 값은 Table 7과 같다.

나. 항균성 포장필름

앞에서 얻어진 결과를 토대로, 가스투과도가 가장 높은 저밀도폴리에틸렌(LDPE)에 항균력이 뛰어난 천연의 GFSE와 현재 식품보존료로 허가된 Sorbic acid를 1%농도로 혼입하여 30 μm 의 필름으로 제조하고 이들의 항균특성을 측정하였다. 항균특성의 시험은 미생물이 접종된 평판배지 위에 제조된 필름을 얻고 미생물 억제영역을 관찰하였다. 결과는 Table 8에서 보여주듯이 1%의 GFSE를 함유한 LDPE 필름에서는 *Bacillus subtilis*와 *Escherchia coli*에서 약간의 항균활성을 나타내고 있으며, *Staphylococcus aureus*와 *Pseudomonas syringae*에서 강한 항균력을 나타내었다. 그리고 1% Sorbic acid 함유한 필름에서는 *Escherchia coli*와 *Staphylococcus aureus*에서 약간의 항균활성을 갖는 것으로 확인하였다. 따라서 이들 항균 필름은 일부의 균에 대하여 항균활성을 가지고 있으므로 과채류의 포장시 미생물에 대한 억제효과를 나타낼 것으로 기대하는 바이다.

다. 수확한 포도의 품질열화특성

포도를 5°C에서 저장 중 환경기체조절포장의 내부 가스조성은 저장 65일 까지도 O₂ 농도를 4.5% 가까이 유지하고, CO₂ 농도는 시간에 따라 점차 증가를 보여 17.6%에 달하였다. 이는 환경기체조절포장에서 저장성에 도움을 주는 O₂ 농도와 CO₂ 농도의 조성에 적합한 내부 가스조성을 보여주고 있는 것으로 판단된다. 이러한 공기조성이 미생물 증식억제(Fig.10)와 부패율(Fig. 11)에 기여하는 것으로 보여진다. GFSE를 1% 농도로 첨가시켜 제작된 항균필름으로 포장된 포도의 저장 중 미생물수의 변화를 Fig. 10에서 보여 주고 있다. 저장 초기의 총균수 변화에서 항균필름에 대한 효과보다는 환경기체조절포장에 대한 효과가 있는 것으로 나타났으나, 저장 18일 이후부터는 항균필름에 의해 낮은 미생물 증식을 보여주고 있다. 또한 효모수의 변화에 있어서는 저장초기에는 MAP와 항균필름의 효과가 없는 것으로 보여지나 저장 18일 이후부터는 역시 총균수와 마찬가지로 증식을 억제하는 것으로 나타나고 있다. 이러한 항균성 필름에 의한 미생물 증식의 억제효과는 Lee 등¹⁴⁾의 상추와 콩나물 실험에서의 결과와 비슷한 것으로 나타났다. 이는 항균필름과 포도와의 밀착포장으로 인하여 항균필름이 포도표면의 미생물 증식을 억제하고 있는 것이기 때문이라고 생각된다. 포도의 저장 중에 나타나는 부패율에 있어서도 이러한 미생물 증식의 억제효과가 기

Table 8. Antimicrobial action of test packaging films as observed by disk test

Film Material	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Clostridium botulinum</i>	<i>Escherchia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas syringae</i>
LDPE	-	-	-	-	-
LDPE containing 1% GFSE	+	-	+	++	++
LDPE containing 1% Sorbic acid	-	-	+	+	-

- : no reaction, + : clear zone of 1.0 ~2.0 mm, ++ : 2.0~5.0 mm,

여하는 것으로 보여진다. Fig. 12은 포도를 5°C에서 저장 65일째 부패율을 나타내고 있다. 5°C에서 50일간의 저장 중에는 부패가 관찰되지 않았고, 65일째 대조구 LDPE 필름을 사용한 포장에서 72%정도의 부패를 보인 반면, 항균성 포장필름인 통기성 포장과 MAP 포장에서 각각 31%, 19%로 낮은 부패율을 얻을 수 있었다. 이는 Fig. 10에서의 미생물 증식의 결

과와 유사하게 잘 일치하는 것으로서 항균성 필름에 의하여 포도와 밀착시킨 형태로 포장하면 저온에서의 저장 유통 중 미생물 성장을 억제하고 이는 부패를 현저하게 낮추어 줄 수 있다는 것을 확인하는 것이다. 포장된 포도의 저장 중 pH, 총산 및 가용성 고형분의 변화를 Table 9에서 보여주고 있다. 포도를 65일 저장하는 동안 pH는 3.73에서 3.35~3.55로 감소

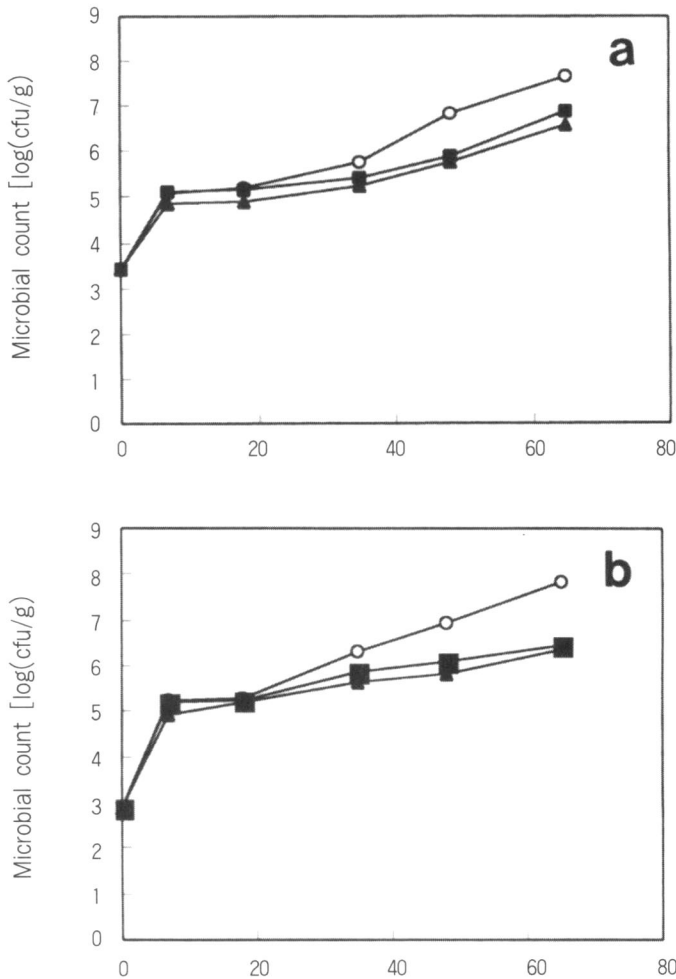


Fig. 10. Effect of packaging film on microbial growth of grapes stored at 5°C.

(a) : Total aerobic bacteria(b) : Yeast

○ : Control (LDPE film),

■ : Air packaging in LDPE film containing 1% grapefruit seed extract,

▲ : MAP in LDPE film containing 1% grapefruit seed extract

하였고, 총산도 0.8%에서 0.69%~0.71%로 감소하였다. 또한 가용성 고형분은 13.46°Brix에서 10.2~11.9로 감소하였다. 포장 처리구간에 pH와 총산에 있어서는 뚜렷한 차이를 보이지 않으나 가용성 고형분에 있어서는 대조구에 비교해서 항균필름의 포장에서 약간의 차이를 보이고 있다. 이러한 결과는 정 등의 딸기 실험¹⁵⁾에 있어서의 결과와 상이한 점을 가지고 있다.

따라서 결과에 대하여 좀 더 연구점을 남겨두고 있다. 결론적으로 GFSE 1% 농도를 첨가시킨 항균필름은 포도의 포장에 있어서 포도와 필름간에 접촉되는 포장조건에서 미생물의 증식을 억제하고 이로 인하여 부패를 낮추어 주었다. 그리고 화학적 품질변화에서도 부정적인 영향은 나타내지 않았다.

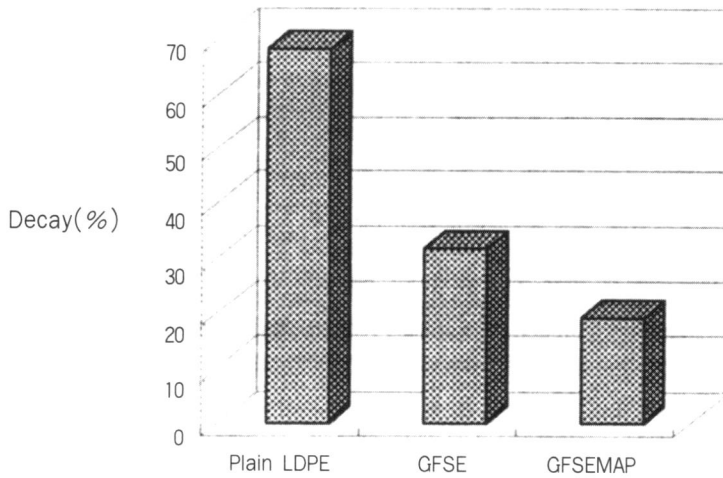


Fig. 11. Decay ratio of grapes packaged in different films and stored at 5°C for 65 days.

Table 9. Changes in pH, titratable acidity and soluble solid of grapes packaged in LDPE film containing 1% of grapefruit seed extract and stored at 5°C

Film Packaging	Quality attribute	Storage time (days)				
		0	7	18	35	48
Control(plain LDPE film packaging)	pH	3.73	3.64	3.63	3.58	3.55
	Acidity(%)	0.80	0.76	0.74	0.73	0.71
	Soluble solid(°Bx)	13.46	13.0	12.8	12.0	11.4
Air packaging in antimicrobial film	pH	3.73	3.69	3.68	3.68	3.63
	Acidity(%)	0.80	0.77	0.76	0.76	0.75
	Soluble solid(°Bx)	13.46	13.3	13.2	12.8	12.6
MAP in antimicrobial film	pH	3.73	3.65	3.65	3.74	3.64
	Acidity(%)	0.80	0.76	0.75	0.68	0.72
	Soluble solid(°Bx)	13.46	13.2	13.0	13.0	12.8

라. 수확한 피망의 선도유지를 위한 MHE처리 및 포장효과

경남 지방에서 수확되는 과채류중, 수확량이 크게 증가하고 있는 피망을 선택하여 MHE처리 및 포장에 의한 선도유지효과 실험을 실시한 결과는 Table 10과 같다. 처리별 효과를 결정하기 위하여 실험재료들을 6주 이상동안 간이저장소에 보관한 채, 매주 검사를 실시하였으며, 부패율은 피망에 기생하여 변패를 유도하는 미생물의 성장으로 피해를 입은 비율로 표시하였다. 이때, 미생물의 성장으로 인한 피망의 변패를 방지하기 위하여 GFSE 및 황금추출물처리법과 병용하여 무처리 대조구를 비교·검토한 실험결과는 Table 10과 같다.

즉, Table 10에서 보는 바와 같이, 처리후 6주의 저장기간동안 대체적으로 MHE처리에 의하여 포장된 피망은 싱싱하고 상한 곳이 적었으며, 천연항균소재의 뚜렷한 미생물 살균효과를 살펴 볼 수 있었다. 저장 6주일후 무처리 대조구는 45%가 변패된 것에 비하여, GFSE처리구 1.6%, 황금추출물처리구 2.0%로 나타나, 천연항균제처리구인 GFSE(300ppm) 또는 황금추출물(1,000ppm)로 처리하고 포장하는 방법이 부패율을 무처리구의 50%이하로 감소시킬 수 있었다.

IV. 결론

본 연구는 과채류 선도유지기능을 가진 천연항균제와 포장시스템을 개발하는데 그 목적이 있다. 먼저, 과채류의 선도유지효과를 가진 천연항균물질을 약용

식물추출물로부터 추출, 조제하여 그 항균력을 검토하고 항균기작을 구명하고 과채류 선도유지의 가능성을 확인하여 국내산 과채류의 경쟁력 향상을 위한 고부가가치 과채류 저장소재를 개발하고자 하였다. 이러한 관점에서, 항균효과가 뛰어난 약용식물추출물은 천연항균제와 살균제로서, 폭넓은 사용범위가 예상되는 물질이며, 특히 인체에 독성이 없으므로, 그 실용가치가 무궁무진할 것으로 예측되었다. 본 과제는 앞으로 계속해서 진행될 연구과제를 통하여, 활성물질의 분리와 동정, 세포내 항균작용을 분자수준에서 이해하고, 그 안전성을 검토함과 동시에, 수확한 과채류의 선도유지 및 병해방지를 위한 산지농가에서의 직접적인 처리효과실험을 실시하여 본 과제의 응용가능성을 확인할 수 있을 경우, 과채류를 비롯한 농산물이나 축산물등 부패성 식품원료의 저장, 보존에 사용할 선도유지제의 역할, 각종 농수산 가공식품에 대한 식품보존료의 개발, 새로운 항균 메카니즘을 가지는 항균성 의약품 개발 등의 성과를 기대할 수 있을 것이다.

인용문헌

- 1) 조성환, 이현철, 서일원, 김재욱, 장영상, 신재익, 1991, Grapefruit중추출물을 이용한 밀감의 저장효과, 한국식품과학회지 23(5), pp.614-618.
- 2) 조성환, 이상열, 서일원, 이근희, 1993, 농축산물 및 그 가공제품의 자연식물성 항균제를 이용한

Table 10. Effect of MHE treatment and packaging on pimentos for the control of contaminated microorganism.

Treatment	% of damaged by microorganisms warehousing time in weeks						
	0	1	2	3	4	5	6
Control	0.0	0.3	0.8	1.3	1.9	2.8	4.5
GFSE	0.0	0.0	0.3	0.4	0.5	0.8	1.6
<i>Scutellariae radix</i> extract	0.0	0.0	0.4	0.5	0.7	1.4	2.0

- 저장효과, 농업과학논문집(농업산학협동편) 35, pp.275-282.
- 3) 조성환, 서일원, 이근희, 1993, 천연항균제처리에 의한 과채류의 선도유지 및 병해방지에 관한 연구 - 저장중 병리적 장애 방지를 중심으로 -, 한국농화학회지 36(4), pp.265-270.
 - 4) 조성환, 김기욱, 이근희, 1994, 천연항균제처리에 의한 과채류의 선도유지 및 병해방지에 관한 연구-Grapefruit중자추출물로 부터 활성물질의 분리를 중심으로-, 한국농산물저장유통학회지 1, pp.1-7.
 - 5) Piddock, L. J. V., 1990, Techniques used for the determination of antimicrobial resistance and sensitivity in bacteria, *J. Appl. Bacterio*, 68, p.307.
 - 6) Robbins, E. A. and Boyer, P. D., 1957, *J. Biol. Chem.*, 224, p.121.
 - 7) Noltmann, E. A. and Bruns, F. H., 1959, *Biochem. J.*, 331, p.436.
 - 8) Joo, C. N. and Han, J. H., 1976, *Korean Biochem. J.*, 9, p.43.
 - 9) Miller, J., 1972, Assay of β -galactosidase. *Experiment in Molecular Genetics*, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, N. Y., pp.352-355.
 - 10) Bendayan, M., 1984, Protein-A-gold electron microscopic immunocytochemistry : methods, applications and limitations, *J. Elect. Microsc. Tech.* 1, pp.243-270.
 - 11) Pylotis, N. A., Withecross, M. J., and Jacobsen, J. V., 1979, Localization of gibberlic acid-induced acid phosphorylase activity in the endoplasmic reticulum of barley aleurone cells with the electron microscope, *Planta*, 147, 134.
 - 12) Karel, M., Issenberg, P., Ronsivalli, L. and Jurin, V., 1963, Application of gas chromatography to the measurement of gas permeability of pacakging materials, *Food Technology*, 17(3), pp.91-94.
 - 13) 조성환, 정진환, 류충호, 1994, 천연항균제처리를 병용한 과채류의 자연저온저장 기술개발에 관한 연구, *한국영양식량학회지* 23(2), pp.315-321.
 - 14) Lee, D. S., Hwang, Y. I., and Cho, S. H., 1998, Developing antimicrobial packaging film for curled lettuce and soybean sprouts, *Food Sci. Biotechnol.*, 7(2), pp.117-121.
 - 15) 정순경, 조성환, 이동선, 1998, 항균성 포장필름이 딸기의 저장성에 미치는 영향, *산업식 품공학회지* 2(2), pp.157-161.