J. Fd Hyg. Safety 10(4), 263 - 270(1995)

생물학적 처리방법에 의한 경남산 단감의 저장성 향상을 위한 기술개발

조성환* · 김영록
경상대학교 식품공학과

Development of biological methods for improving the storage qualities of sweet persimmon harvested in Gyeongsangnam-do

Sung-Hwan Cho* and Young-Rok Kim
Department of Food Science and Technology, Gyeongsang National University, Chinju, 660-701, Korea

ABSTRACT — In order to promote the prevention of microbial and enzymatic spoilage and to retain the freshness, sweet persimmons harvested in Gyeongsangnam-do were treated with grapefruit seed extract(GFSE)-$CaCO_3$ mixture and stored in the proper packaging conditions. A low concentration of GFSE showed effective growth inhibition of plant pathological bacteria and fungi, *Enterobacter pyrinus* and *Fusarium* sp., which were involved in the decay of fruits and vegetables. GFSE was stable to heat treatment; its antimicrobial activity was not changed by heat treatment upto 100 °C. However, when the temperature was raised to 120 °C, about 90% of total activity was retained within 30 min. GFSE was also highly stable to broad pH changes; its activity was not changed in the range of pH 2.0 to pH 12.0. The physiological function of cell membrane in the spores of *Bacillus cereus* and the hyphae of *Fusarium* sp. was destroyed by treating with GFSE. It was observed that treating sweet persimmons with GFSE mixture and storing them in strech-wrapped packages could prolong the freshness of sweet persimmons and reduce quality deterioration.

Key words □ grapefruit seed extract, freshness, sweet persimmon, antimicrobial activity

단감은 경남 김해군 진영읍을 중심으로 경남전역에서 생산되어 전국수요를 충당하고 있으며, 단감의 재배면적도 전국 전재배면적의 약 70%이상을 차지하고 있어 경남산지 전략 농산물로 인정되고 있다. 우리나라의 단감재배면적은 1980년대이후부터 경제성장과 더불어 급격한 증가세를 보여, 현재, 사과, 감귤, 포도, 복숭아와 같이 5대 과수의 위치를 차지하게 되었다. 한편, 단감의 주산국인 일본의 현황과 비교해 볼 때, 단위 면적당 생산량은 우리나라와 큰 차가 없으나 가격은 국내산 단감보다 20%정도 더 비싼 가격으로 수출되고 있어, 금후 수량증대 및 품질향상에 주력하고 생산비를 절감시킴으로써 국내의 소비확대는 물론 국제 경쟁력 강화에 의한 수출증대로 단감재배의 전망은 밝은 것으로 판단된다. 그러나, 단감은 수확후 상온저장하면 대개 20일 정도, 5 °C에서는 40~50일 정도, 0~2 °C의 조건에서 저장할 경우 겨우 2개월까지 저장이 가능하다. 특히, 저장전에 과실에 물이 묻으면 과피흑변과의 발생이 현저히 높아지므로 이슬이 마른 후 수확하여야 하고, 수확한 과실은 그늘에서 예냉처리하여 저장해야 한다. 또한, 감의 저장을 어렵게 하는 가장 큰 이유중의 하나는 수확후 과육부가 쉽게 연화되어 상품가치를 잃게 하는 것이다. 감표면에는 wax질로 구성된 반들반들한 물질이 덮혀 있어 호흡은 꼭지부분에서 한다. 따라서, 꼭지부분이 상했거나 병충해를 입은 것은 저장중 바로 연화되며 수확후 감을 수송할 때 상처를 받은 것도 저장성이 크게 떨어지게 된다. 저장중, 단감이 불량품으로 판정되는 요인으로는 중량손실, 과육부의 연화현상, 과피흑변과의 발생 등을 들 수 있으나 가장 주된 변패현상은 과실부에 오염된 곰팡이, 효모 또는 여러 종류의 세균의 이상생리에 따른 부패현상이라고 볼 수 있다. 현재 저온저장시설이 제대로 갖추어져 있지 않은 농촌실정때문에 매년 수확기에 일시적으로 홍수출하되는 많은 양의 단감은 수확후 짧은 기간동안에 판매가 이루어 지지 않는 경우, 수확기의 높은 상대습도로 인해 병충해로 폐기처분되

* To whom correspondence should be addressed.

는 어려움에 직면하고 있다. 본연구에서는 천연항균제로 과채류의 선도유지에 효과가 있는 Grapefruit종자추출물(Grapefruit Seed Extract: 이하 GFSE라 칭함)[1-5]을 조제하여, 단감을 변패시키는 부패성 미생물에 대한 항균성 검사를 실시하고, GFSE항균성분의 열 및 pH 안정성을 검토함과 동시에, 공시균주에 대한 생육저해농도곡선을 측정하여 GFSE의 항균효과를 확인하였다. 아울러, GFSE활성성분이 미생물세포막 또는 세포벽의 유동성에 미치는 영향을 전자현미경을 이용하여 검토함으로써 GFSE의 항균작용을 확인하였다. 이와같은 GFSE의 항균력을 단감저장에 활용할 목적으로, GFSE를 $CaCO_3$에 혼합, 첨가하여 분말상으로 조제한 천연항균제재(GFSE혼합제재)를 저장단감에 처리하고 선도유지 기능성을 가진 포장소재에 포장하여 환기상태가 양호한 간이저장저장고에 저장하면서 단감의 선도유지 효과를 비교 · 검토하였다.

재료 및 방법

GFSE의 조제

본실험에 사용한 grapefruit종자추출물은 전보[6,7]에 준하여 추출 · 조제하고, GFSE용액을 $CaCO_3$에 혼합하여 분말상으로 조제한 GFSE혼합제재를 단감저장용 처리제로 사용하였다.

항균력 시험

변패된 단감에서 분리한 변패미생물에 대한 GFSE의 항균력 시험은 전보[8,9]와 같은 방법에 준하여서 균주의 특성 및 분리능에 따라 방법을 선택하여 실시하였다.

GFSE의 열 및 pH 안정성 조사

GFSE의 열안정성을 측정하기 위하여 40 ℃~120 ℃까지 1시간동안 열처리한 후, 처리온도별로 GFSE 1000 ppm농도가 되게한 다음 paper disk를 *Staphylococcus aureus* 및 *Bacillus cereus*가 도말된 potato dextrose agar위에서 35 ℃에서 24시간동안 배양시킨 다음 disk 주위의 생육저해환을 측정비교하였다. 또한 pH안정성을 측정하기 위하여 pH 2~12까지 조정한 후 37 ℃에서 1시간 방치한 다음, 다시 pH 7로 중화시켜 열안정성실험과 같은 방법으로 생육저해환을 측정하였다.

GFSE의 미생물 생육저해 농도곡선 측정

GFSE를 membrane filter(0.2 μm)로 제균시키고, Tryptic soy broth(TSB)에 GFSE를 여러가지 농도단위로 첨가한 후, 각 공시균주의 slant에서 배양된 균주 1백금이를 취하여 10 m*l* TSB에 접종, 30 ℃에서 24시간동안 배양시키고, 이 배양액 0.1 m*l*를 취해 다시 10 m*l* TSB에 접종하여 30 ℃에서 24시간동 배양한 배양액 0.1 m*l*를 0, 10, 20, 40, 60, 80 ppm농도의 GFSE가 함유된 TSB시험용액에 접종하고 35 ℃에서 48시간동안 배양후, 일정배양시간별로 1ml씩 Plate count agar(PCA)에 도말한 다음 35 , 24시간 배양한후에 colony를 count하였다.

변패미생물의 에너지 생성에 미치는 GFSE의 억제 효과에 관한 실험.

미생물을 배양한 후, 최적 생장기에 세포를 수집하고, 인산완충용액으로 여러번 세척한 후 0.1 M phosphate buffer (pH 6.8)를 가하고, 초음파 분쇄기로 파쇄한 후, 원심분리(3000g × 10 min)하여 상층액을 효소원으로 사용하였다. 변패미생물의 에너지 생성관련효소로서 glucose-6-phosphate dehydrogenase, hexokinase, succinate dehydrogenase 및 malate dehydrogenase의 활성을 전보[10]에 준하여 측정하였다.

전자 현미경학적 실험방법

수확한 단감에 오염되어 변패를 일으키는 부패성 및 병원성 미생물에 대한 GFSE의 항균작용을 조사하기 위하여, GFSE용액으로 처리한 미생물균체 또는 포자를, 처리하지 않은 대조구와 함께, 전보[11,12]와 같은 방법에 준하여 전자현미경 촬영시료로 조제하고 투과전자현미경(Hitachi-600 Transmission Electon Microscope)으로 검경하여 GFSE용액이 부패성 및 병원성미생물의 세포형태 및 세포막기능변화에 미치는 영향을 중심으로 그 항균작용을 조사하였다.

단감 포장소재의 선택실험

단감의 포장에 요구되는 산소 및 이산화탄소의 투과도를 isostaic 방법[13]에 의하여 측정하고 포장내의 가스 성분의 측정은 gas chromatography방법[14]을 이용하였다.

단감의 선도유지를 위한 천연항균제재의 처리효과

경남지역에서 생산되고 있는 단감을 수확한 직후, 단감을 GFSE를 주성분으로 하는 천연항균제재에 250 ppm 및 500 ppm 농도수준별로 혼합처리한 후, 서늘한 장소에서 짧은시간동안 방치하였다가 선도유지의 기능성이 확인된 포장소재에 넣고, 일정규격의 plastic상자에 담아 반지하식 간이저장고[2,4]에 보관하면서, 단감의 저장중, 변패도, 조직감등을 측정하여 포장시스템의 효과를 확인하였다. 이때 저장단감의 변패도는 다음과 같은 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{단감의 변패도}(\%) = \frac{\text{변패된 단감의 중량합계}}{\text{각 시험구별 저장단감의 총중량}} \times 100$$

아울러, 농장에서 수확한 저장실험용 단감 시료를 대조구와 함께, 일정한 농도의 천연항균제재로 처리하여 종류별로 일정기간 저장하는 동안 오염된 미생물의 총균수는 Anderson의 방법[15]에 준하여 측정하였다.

결과 및 고찰

GFSE의 항균력시험

GFSE의 항균력을 측정하기 위하여 과채류의 변패성 공시균주 *Enterobacter pyrinus*에 대한 GFSE의 항균성은 Disk method를 사용하였다. 공시균주인 *Enterobacter pyrinus*를 TSA에 접종하여 이균주에 대한 GFSE의 항균성을 검토한 결과는 Fig. 1과 같다. GFSE용액의 희석배수를 달리하며 희석한 용액 일정량을 filter paper에 놓은 후, *Enterobacter pyrinus*와 co-cultivation한 결과, *Enterobacter pyrinus*의 생육이 현저하게 저해받음으로서 GFSE용액이 존재하는 부위에서는 Enterobacter pyrinus이 전혀 생육하지 못한다는 사실을 알 수 있었다. 즉, GFSE 100 ppm 이상의 즉, GFSE 100 ppm 이상의 농도에 침지처리한 paper disk주위에는 균의 증식이 억제되어 clear zone을 형성함으로써 GFSE의 항균력을 뚜렷하게 관찰할 수 있었다.

한편, 과채류 건부병을 일으키는 곰팡이균주로 알려진 *Fusarium* sp. 를 대상으로 GFSE의 항균활성을 알아보기 위하여 같은 방법으로 실행한 실험결과에서 보는 바와 같이 GFSE의 농도가 진해질수록 곰팡이의 생육이 뚜렷하게 억제되어 GFSE의 항진균효과를 확인할 수 있었다(Fig. 2).

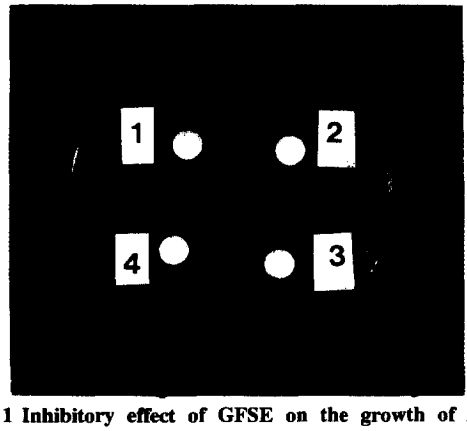

Fig. 1 Inhibitory effect of GFSE on the growth of *Enterobacter pyrinus*.
1: 200 ppm 2: 100 ppm 3: 50 ppm 4. 0 ppm of GFSE (Control)

GFSE의 열 및 pH의 안정성

GFSE의 열 및 pH의 안정성을 측정한 결과는 Fig. 3, Fig. 4 및 Fig. 5와 같았다. 즉, 열안정성 실험결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같이, *Staphylococcus aureus*의 생육저해환의 지름은 처리온도와 관계없이 대체로 20 mm정도였으며, *Bacillus cereus*의 경우에는 처리온도와 관계없이 대체로 15 mm로 광범위한 처리온도범위에서 GFSE는 뚜렷한 항균력을 나타냈다. 이와함께 GFSE의 항균성 물질에 대한 열안정성은 과채류 변패균주인 *Collectotrichum fragariae*에서도 관찰할 수 있었다. 즉, GFSE용액을 100배 희석한 후 이용액을 100℃에서 일정시간동안 열처리한 후 *Collectotrichum fragariae*와 함께 배양한 결과, Fig. 4에서 보는

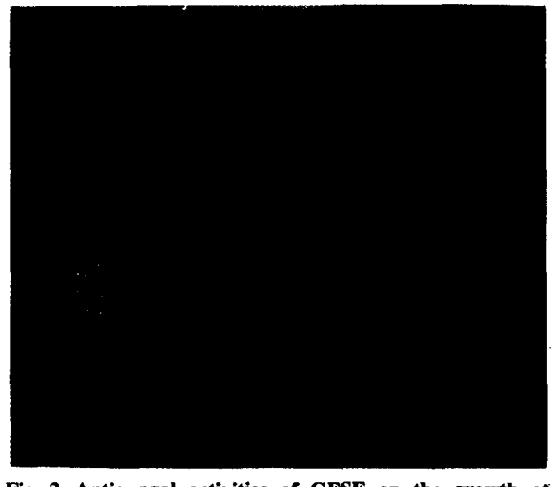

Fig. 2. Antigungal activities of GFSE on the growth of *Fusarium* sp.
1. 500 ppm 2. 250 ppm 3. 100 ppm 4. 50 ppm 5. 0 ppm of GFSE (Control)

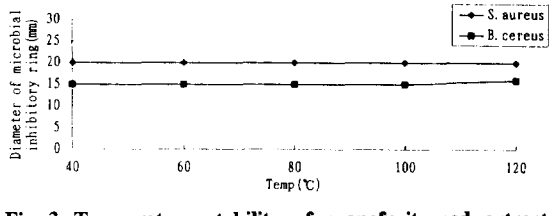

Fig. 3. Temperature stability of grapefruit seed extract on the growth inhibition of *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus*.

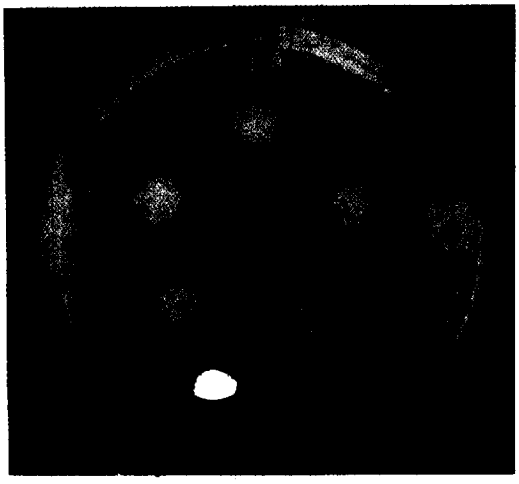

Fig. 4. Temperature stability of grapefruit seed extract on the growth inhibition of *Collectotrichum fragariae*.
1) not heat-treated 2) 5 min-treated 3) 10 min-treated 4) 20 min-treated 5) 30 min-treated at 100℃ to GFSE

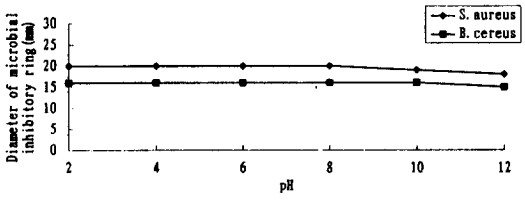

Fig. 5. pH stability of grapefruit seed extract on the growth inhibition of Staphylococcus aureus and *Bacillus cereus*.

바와 같이, 30분동안 열처리하더라도 GFSE의 항균력에 거의 변화가 없음을 알 수 없음으로서 GFSE항균성분이 열처리에 대하여 상당히 안정한 물질임을 알 수 있었다. 또한 GFSE는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 넓은 pH범위에서 안정성을 보여, *Staphylococcus aureus*의 생육저해환의 지름은 대체로 20 mm정도이고, *Bacillus cereus*의 경우, 생육저해환의 지름은 대체로 16 mm정도로 나타나 GFSE의 항균활성물질은 열 및 pH에 안정하고, 또 유기용매에 노출되어도 활성이 변화되지 않음을 알 수 있었다.

공시균주의 생육저해농도 곡선

공시균주인 *Bacillus subtilis* 및 *Escherichia coli*에 대한 최소농도의 항균효과를 알아보기 위하여, 공시균주를 각각

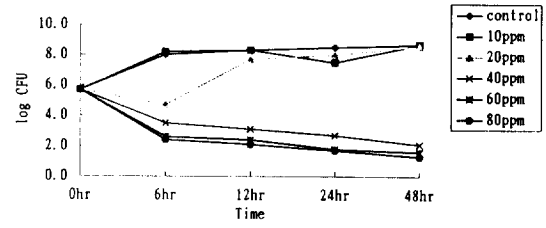

Fig. 6. Growth curve of *Bacillus subtilis* in GFSE-TSB medium.

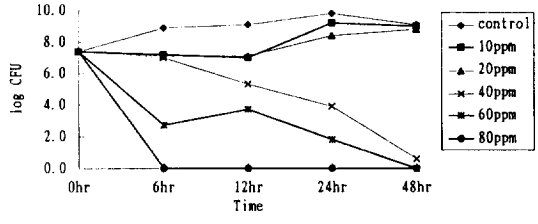

Fig. 7. Growth curve of *Escherchia coli* in GFSE-TSB medium.

TSB에 접종한 후, 30℃에서 24시간 계대배양시킨 다음, 이 배양액 0.1 m*l*를 일정농도의 GFSE-TSB시험용액에 접종·배양한 후, 일정배양시간별로 1 m*l*씩 PCA에 도말한 다음 35℃, 24시간동안 배양한 후에 colony를 count하였다. Fig. 6 및 Fig. 7에서 보는 바와 같이 *Bacillus subtilis* 및 *Escherchia col* 모두 GFSE의 농도가 높아질수록 생육이 크게 억제되었으며 40 ppm이상의 GFSE농도에서는 급격히 균의 생육이 억제되어 48시간이후 균의 증식이 거의 중지되었다.

단감변패미생물의 에너지 생성에 미치는 GFSE의 억제효과에 관한 연구

세포의 생장이 GFSE 존재하에서 심하게 저해 받는다는 실험 결과를 토대로, GFSE의 항균 활성이 세포의 효소의 활성을 저해하기 때문인가를 알아 보기 위하여, 몇가지 효소의 활성에 미치는 GFSE의 영향을 살펴 보았다. GFSE를 효소 반응시 농도를 달리하여 첨가한 후 효소 활성을 측정하였다. 대조구로는 이들 물질을 첨가하지 않고 정상적인 효소 활성을 나타내는 것을 사용하였으며 효소에 미치는 영향은 대조구와 각 효소 반응의 차이로 결정하였다. Table 1에서 보듯이 먼저 Glucose 6-phosphate dehydrogenase의 활성에 미치는 GFSE의 영향을 조사하였다. 반응액으로는 30 mM Tris-HCl (pH 9.0), 6 mM $MgCl_2$, 0.24 mM $NADP^+$, 1 mM Glucose-6-phosphate를 사용하였으며 효소 활성은 생성 NADPH의 양을 340 nm에서 흡광도

로 측정하였다. GFSE는 효소의 활성을 크게 억제하지 못하였다. GFSE의 최종농도가 0.001%와 0.01% 에서 각가 약간의 효소활성이 억제 되었으나, 유의성은 없었다. Malate Dehydrogenase에 미치는 영향 조사 하기 위하여 반응액으로는 20 mM Phosphate 완충용액 (pH 7.4), 0.43 mM NAD^+, 30 mM Nicotinamide, DPIP (2,6-Dichlorophenolindophenol), 7.1 mM Na-malate, 0.86 mM KCN을 사용하였으며 효소 활성은 DPIP가 환원될 때 620 nm에서 감소되는 흡광도로 측정하였다. Malate dehydrogenase의 경우도 이렇다할 억제 현상을 관찰할 수 없었다. Hexokinase에 미치는 GFSE의 영향을 조사하기 위하여 반응액으로는 40 mM Tris-HCl (pH 7.6), 220 mM Glucose, 8 mM . $MgCl_2$, 0.91 mM $NADP^+$, 0.64 mM ATP, 1 U/ml Glucose-6-phosphate dehydrogenase를 사용하였으며 효소 활성은 생성 NADPH의 양을 340 nm에서 흡광도로 측정하였다. 이때 얻은 결과도 마찬가지로 억제 현상을 찾아보기 어려웠다. 다만 Succinate dehydrogenase에 미치는 GFSE의 영향을 조사하였더니 약간의 영향을 관찰하였다. Succinate dehydrogenase의 활성을 측정하기 위한 반응액으로는 50 mM Phosphate 완충 용액. 1 mM KCN, 0.04 mM DPIP (2,6-Dichlorophenolindophenol), 20 mM Na-succinate (pH 7.0)을 사용하였으며 효소 활성은 DPIP가 환원될 때 620 nm에서 감소되는 흡광도로 측정하였다. 이 결과로 GFSE는 soluble한 효소에는 영향을 주지 않으나, membrane에 존재하는 효소에 영향을 주는 것이 membrane의 perturbation에 기인할 것이라는 가정을 하게 하였다.

Table 1. Effect of grapefruit seed extract on the activity of microbial metabolic enzymes

	Concentration (%)	G-6-P DH (%)	SDH (%)	MDH (%)	HK (%)
CONTROL		100	100	100	100
GFSE	0.001	75	94	93	104
	0.01	72	86	106	100

*Enzymatic activities were represented as percentages assuming the control as 100.
G-6-P DH: Glucose-6-phosphate dehydrogenase
SDH: Succinate dehydrogenase
MDH: Malate dehydrogenase HK: Hexokinase

전자현미경을 이용한 단감변패미생물의 형태변화

변패된 단감에서 분리한 *Bacillus cereus*를 100 ppm농도의 GFSE용액으로 처리한 것을 처리하지 않은 대조구 균주와 함께 전자현미경 촬영시료로 조제하여 촬영한 결과는 Fig. 8과 같다. 즉, Fig. 8에서 보는 바와 같이, GFSE를 처리한 *Bacillus cereus*균체세포는 세포막의 기능이 파괴되어 세포내용물이 균체외부로 유출되어 균체의 생육이 억제되며, 세포막의 투과기능이 깨어져 속이 빈 ghost 형태의 균체수가 증대함을 알 수 있었다. 또한, *Bacillus cereus*의 세포내에 형성되어 있는 내생포자도 포자막의 생리기능이 파괴되어, 포자로서의 증식기능마저 상실되어 GFSE의 뚜렷한 항균효과를 보여 주었다.

한편, 단감에 오염되어 병해의 요인이 되는 곰팡이 *Fusarium* sp.의 균사체를 GFSE용액으로 처리한 것과 처리하지 않은 대조구 균주와 함께 전자현미경 촬영시료를 조제하여 촬영한 결과는 Fig. 9와 같다. 즉, 세균의 경우, 세포내용물이 균체 밖으로 유출되어 사멸하는 반면, 균사체를 형성하는 곰팡이의 경우, GFSE용액을 처리함으로 해서 균사체 세포벽이 파손 또는 분열되어 미생물생리가 중단되어 생육이 억제되는 것을 볼 수 있었다. 이것은 GFSE가 미생물의 세포내 생리활성효소의 기능을 약화시키고, 세포벽 및 세포막의 기능이 상실되어 포자내용물의 소실 등으로 인한 GFSE의 항균작용에 기인하는 것으로 생각된다.

신선도 유지의 기능성을 가진 단감 포장소재의 선택

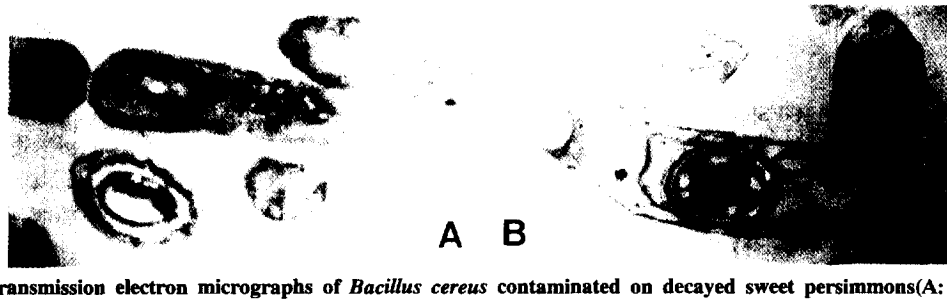

Fig. 8. Transmission electron micrographs of *Bacillus cereus* contaminated on decayed sweet persimmons(A: Control) and *Bacillus cereus* treated with grapefruit seed extract(B: 100 ppm). (Magnification: ×17,000)

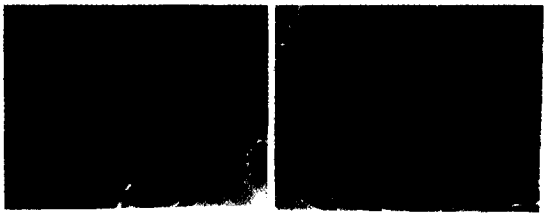

Fig. 9. Mycelial morphology of *Fusarium* sp. isolated on decayed sweet persimmons(A: Control) and *Fusarium* sp. treated with 1,000 ppm of grapefruit seed extract(B). (Magnification: ×35,000)

Table 2. Gas permeability, gas composition, weight loss and microbial count of sweet persimmons packages after 3-week-storage at 10°c~15°C.

Film	Gas permeability ($ml \cdot \mu m/m^2 \cdot h \cdot atm$)		Gas composition (%)		Weight loss (%)	Microbial count (log CFU/g)
	O_2	CO_2	O_2	CO_2		
A	5694	24252	13.5	4.2	9.2	7.3
B	4245	20478	12.1	3.7	6.5	8.2
C	2570	12263	3.8	5.0	3.6	8.8

*CFU means colony forming unit.

단감의 선도향상을 위한 포장소재를 선택하기 위하여 시중에서 판매되고 있는 포장film재료에 단감을 넣고 10°C-15°C의 온도가 유지되는 간이저장고에서 3주간 저장한 후, gas의 투과도, 포장내의 대기조성, 중량손실, 미생물 오염도 등을 측정한 예비실험 결과는 Table 2와 같다. 실험결과에서 보는 바와 같이, A film포장의 경우, 산소 및 이산화탄소의 투과도가 양호하여 포장내의 가스조성비가 과채류의 CA(Controlled Atmosphere)저장조건에 준하며, 적당한 수분투과성을 가져 미생물의 증식도가 낮아 미생물에 의한 변패를 억제할 수 있었다. 따라서, 단감포장용 재료film으로 A film을 이용하여 단감의 저장중 선도유지효과를 관찰하였다.

단감의 선도유지를 위한 GFSE처리 및 포장시스템의 적용시험

경남지역에서 생산되고 있는 단감을 수확직후, GFSE혼합제재에 농도수준별로 과피에 분무처리 하고, 서늘한 장소에서 짧은 시간동안 방치, 풍건하여, 앞실험에서 우수한 포장소재로 판명된 0.1 mm 두께의 A film포장봉지에 넣고 밀봉한 다음, 일정규격의 plastic상자에 담아, 자연저온(10°C-15°C)이 유지되는 반지하식 간이저장고에 보관하면서 부패율, 연화율등 품질상태를 비교·검토하였다. 저장실험결과, Fig. 10에서 보는 바와 같이, 무처리구인 대조구 실험단감에 비하여 병해발생율을 크게 감소 시킬 수 있었으며, 대체적으로 6주이상 상당기간동안 선도를 유지하고 조직감이 뒤떨어지지 않아 상품가치를 부여할 수 있게 하였다.

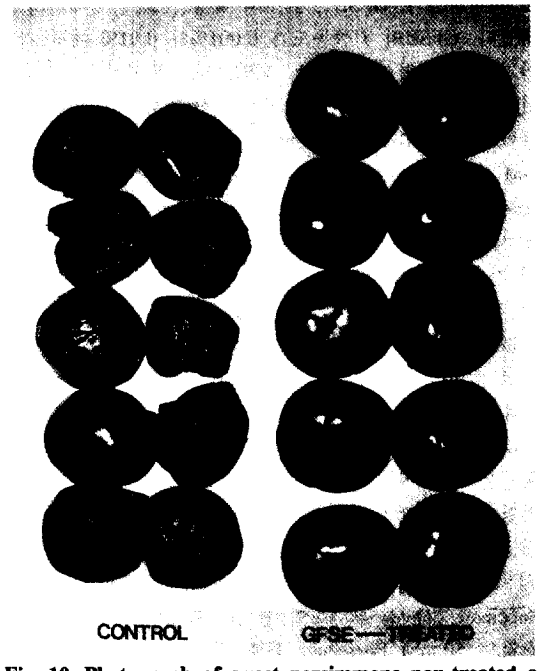

Fig. 10. Photograph of sweet persimmons non-treated or treated with grapefruit seed extract mixture and stored for 6 weeks at 10°C~15°C.

Table 3. Inhibitory effect of GFSE treatment on the decay of sweet persimmonspes stored in 10°C~15°C.

GFSE Concentration (ppm)	% of decayed sweet persimmons warehousing time in weeks						
	0	1	2	3	4	5	6
0(Control)	0.0	3.7	6.8	12.5	28.6	37.9	63.4
250	0.0	0.0	3.6	7.5	10.6	12.4	15.7
500	0.0	0.0	0.0	2.4	6.3	7.7	8.5

GFSE혼합제재(GFSE처리농도: 250 ppm, 500 ppm)를 처리한 시험구 단감과, 무처리한 대조구 시험 단감을 10~15°C로 유지되는 반지하식 간이저장고에 저장하면서 단감의 변패도를 측정한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3에서 보는 바와 같이, 대조구뿐아니라 GFSE혼합

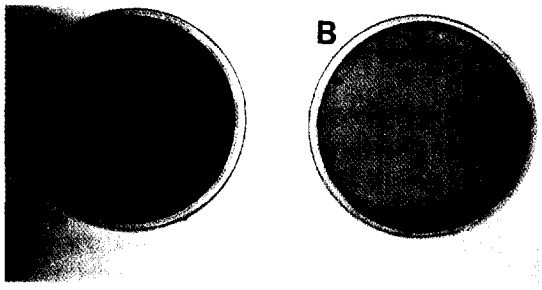

Fig. 11. Colony count of microorganisms contaminated on sweet persimmons stored for 6 weeks at 10 °C ~15 °C.

(A) Control (B) Persimmons treated with GFSE mixture

제재처리구 모두 저장기간이 길어질수록 단감의 변패도가 증가되였다. 특히, 대조구의 경우, 저장 3주째부터 12.5%가 변패되어 단감의 표피색조가 흥변화하고 과육부의 연화도가 심화되어 조직감을 상실하여 상품가치가 떨어졌으며, 저장 4주이후 6주까지 변패도가 크게 진행되어 28.6%에서 63.4%로 급격하게 증가되는 것으로 나타났다. 반면에, GFSE혼합제재처리구의 경우, 저장 3주째 GFSE 250 ppm 처리구에서 5.5%, 500 ppm처리구에서 2.4%의 변패도를보였고, 저장 6주까지 변패속도가 낮은 편으로 250 ppm처리구에서 15.7%, 500 ppm처리구에서 8.5%로 그 변패율이 각각 대조구의 24.8%, 13.4%에 불과한 것으로 나타나, GFSE혼합제재처리가 단감의 변패도 감소에 뚜렷한 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 저장 6주째 단감에 오염된 미생물 총균수를 측정한 결과는 Fig. 11과 같다. 즉, 대조구의 경우, 오염된 미생물의 총균수는 2.4×10^8인데 반하여, GFSE혼합제재처리구의 경우, 4.5×10으로 나타나, 저장단감의 변패도와 일치하는 결과를 보여 주었다.

이상과 같은 실험결과로 미루어 볼때, GFSE혼합제재처리와 적절한 포장시스템의 적용은 단감의 병해방지뿐아니라 단감과육부의 효소활성을 억제하여 단감의 선도유지에 탁월한 효능을 나타내고 있어, 본실험에서와 같이 일반 농가의 간이저장고에서 실행할 수 있는 10 °C~15 °C의 온도보다 저온에서 저장할 경우, 단감의 선도유지기간을 훨씬 길게 연장할 수 있을 것으로 생각된다. 물론, 이와 같은 신선도 유지효과 및 항균능력은 직접적인 GFSE자체처리 실험결과로 확인될 수 있었으나 그 효능을 나타내는 물질의 분리나 작용기작 등의 계속적인 연구가 진행되어야 할 것이며, GFSE의 방부제로서의 역할과 살균제로서의 탁월한 효능을 분자적인 수준에서 이해하려함에 그 목표를 두어 효능물질의 분리 및 기능을 연구할 필요가 있을 것이다.

감사의 말씀

이 논문은 1995년도 교육부 학술연구조성비에 의하여 연구된 것으로 이에 깊은 감사를 드립니다.

국문요약

경남산 단감의 수확후 병해방지 및 선도유지를 증진시키기 위하여, 단감을 천연항균제인 grapefruit종자추출물(GFSE)-$CaCO_3$혼합제재로 처리하고 film포장하고 농가용 간이저장고에 저장하여 단감의 품질향상을 유도하고자 하였다. GFSE는 과채류 변패성 미생물인 *Entrerobacter pyrinus* 및 *Fusarium* sp.에 대하여 500 ppm이하의 낮은 처리농도로 균의 증식을 억제함으로써 뚜렷하게 GFSE의 항균효과를 관찰할 수 있었다. GFSE의 열 및 pH 안정성 실험결과, 폭넓은 범위에서 안정한 것을 확인할 수 있었다. GFSE는 100 °C까지 열처리하여도 항균활성이 변화하지 않았으며, 120 °C에서 30분 열처리할 경우, 90%정도의 활성이 잔류하였다. 또한, pH 2.0-pH 12.0 범위에서 항균활성이 변화하지 않았다. 단감 변패미생물의 에너지 생성대사중, GFSE는 succinate dehydrogenase효소활성을 억제하는 것으로 나타났다. 아울러,투과현미경을 이용하여 변패된 단감에서 분리한 *Bacillus cereus* 및 *Fusarium* sp.의 세포막 기능이 파괴되어 포자 및 균체의 증식기능이 상실되는 것을 관찰할 수 있었다. 한편, 선도유지기능성을 가진 film포장재료를 선택하여 GFSE혼합제재로 분무처리한 단감을 포장하고, 10 °C~15 °C의 온도가 유지되는 간이저장고에 저장하여 저장단감의 변패도를 크게 감소시켜 선도유지기간을 연장할 수 있었다.

참고문헌

1. 조성환, 이현철, 서일원, 김재욱, 장영상, 신재익: Grapefruit종자추출물을 이용한 밀감의 저장효과. 한국식품과학회지, **23**, 614 (1991).
2. 조성환, 서일원, 이근희: 천연항균제처리에 의한 과채류의 선도유지 및 병해방지에 관한 연구 - 저장중 병리적 장해 방지를 중심으로 - 한국농화학회지, **36**, 265 (1993).
3. 조성환, 김기옥, 이근희: 천연항균제처리에 의한 과채류의 선도유지 및 병해방지에 관한 연구 -Grapefruit종자추출물로 부터 활성물질의 분리를 중심으로- 한국농산물저장유통학 회지, **1**, 1 (1994).
4. 조성환, 정진환, 류충호: 천연항균제처리를 병용한 과채류의 자연저온저장기술개발에 관한 연구. 한국영양식량학회지, **23**, 315 (1994).
5. 조성환, 이상열, 서일원, 이근희: 농축산물 및 그 가공제품의 자연식물성 항균제를 이용한 저장효과. 농업논문집 ('92농업산학협동), **35**, 275 (1993).
6. 조성환, 서일원, 최종덕, 주인생: 자몽종자추출물이 *Penicillium islandicum*생육 및 독소성 분 skyrin생합성에 미치는 저해효과. 한국농화학회지, **33**, 169 (1990).
7. Harich, J.: DF-100. U. S. *Patent* 1,354,818 (1985).
8. Piddock, L.J.V.: Techniques used for the determination of antimicrobial resistance and sensitivity in bacteria. *J. Appl. Bacter.*, **68**, 307 (1990).
9. 조성환, 정덕화, 서일원, 이현숙, 황보혜, 박우포: Grapefruit종자추출물을 이용한 *Aspergillus parasiticus*의 생육 및 Aflatoxin생성억제효과. 한국식품위생학회지, **7**, 15 (1992).
10. 이태호, 정수정, 이상열, 김재원, 조성환: Grapefruit종자추출물이 *Enterobacter pyrinus*의 생리기능에 미치는 저해효과. 한국식품과학회지, **27**, 985 (1995).
11. 조성환, 서일원, 최종덕, 전상수, 라택균, 정수근, 강동훈: 천연항균성물질을 이용한 *Vibrio vulnificus*의 살균 및 독소생성 억제효과. 한국식품위생학회지, **7**, 99 (1992).
12. Pyliotis, N. A., Withecross, M. J., and Jacobsen, J. V.: Localization of gibberlic acid-induced acid phosphorylase activity in the endoplasmic reticulumn of barley aleurone cells with the electron microscope. *Planta*, **147**, 134 (1979).
13. Karel, M., Issenberg, P., Ronsivalli,L. and Jurin, V.: Application of gas chromatography to the measurement of gas permeability of pacakging materials. *Food Technology*, **17**, 91 (1963).
14. Van der Vlist, E. and Van der Meijden, J.: Determination of adsorption isotherms of the components of binary gas mixtures by gas chromatography. *Journal of Chromatography*, **79**, 1 (1973).
15. Anderson, M. E.and Marshall, R.T.: Interaction of concentration and temperature of acetic acid solution on redution of various species of microorganisms on beef surfaces. *J. Food Protect.*, **52**, 312 (1989).