

과실의 선도유지를 위한 Active Packaging의 개발

최용희

(경북대학교 식품공학과)

Development of Active Packaging Materials for the Retention of Fruit Freshness

Choi, Yong-Hee

Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University

적 요

본 연구에서는 천연제올라이트를 가공하여 에틸렌가스 흡착 및 제거용 소재로 이용하기 위하여 이를 기존에 유통되고 있는 골판지 포장에 여러 포장방법으로 적용하고자 하였다. 또한 이들 기능성 포장재를 이용한 참외의 선도유지 효과를 현재 유통되고 있는 포장재와 비교하여 상온에서의 저장기간 동안의 에틸렌가스 흡착 및 제거효과와 과실의 품질특성을 조사하여 그 효과를 비교·분석하였다.

천연제올라이트 분말시료를 1 N HCl, 1 N NaOH, 1 N HCl+1 N NaOH 용액으로 80°C에서 2시간씩 처리한 시료들 중 1 N HCl로 처리한 시료가 비표면적과 에틸렌가스 흡착량이 129.66 m²/g과 4.8ppm으로 가장 높은 값을 나타내었다. 이 소재를 기존에 유통중인 이중양면 골판지에 전분코팅 (ZSB), PVA코팅 (ZPB), Zeolite분말 등을 이용한 포장방법 (HS)으로 적용한 결과, 기존에 유통중인 이중양면 골판지 상자인 대조구보다 처리구가 골판지 상자의 품질지표인 압축강도, 파열강도 및 인장강도에서 모두 높은 값을 나타내었고 ZSB, ZPB, HS의 에틸렌가스 흡착량은 10일 후 17.90ppm, 17.5ppm, 14.4ppm으로 이때 에틸렌가스 초기 농도는 약 20ppm이었다.

이 같이 개발된 기능성소재를 이용한 포장재 (ZSB, ZPB, HS)를 이용하여 '금싸라기' 참외의 상온에서의 저장기간 동안 과실의 선도유지 효과를 분석한 결과 포장재들의 포장 내 O₂ 농도는 대조구보다 높고 CO₂ 농도는 대조구보다 낮지만 에틸렌 농도가 낮게 유지됨으로서 과실의 선도유지가 가능하다는 결론을 내릴 수 있었다.

I. 서론

국내 과수산업은 주로 수량증대와 주년 생산만을 위하여 꾸준히 발전되어 왔으며, 경영방식도 상업적인 영농을 추구하여 농가의 소득증대에 중요한 위치를 차지하고 있다. 그러나 최근 국제적으로 농산물 시장의 개방화에 따른 국내 과수산업도 자구책을 강구해야 되는 일대의 전환기에 놓여 있다. 즉, 생산위주의 영농에서 부가가치를 높일 수 있는 수확 후 선

별, 포장, 저장 등의 기술개발이 시급히 요청되어지고 있는 실정이다.

이에 과수작물의 저장 중 수분손실과 생리 장애 등의 문제를 적절히 해결하고자 가스환경제어를 통한 선도유지 방법인 CA(Controlled Atmosphere)와 MA(Modified Atmosphere)저장 등에 대한 기술적 개발이 활발하게 이루어지고 있다 (Lau and Yastremski, 1991). 그러나 CA저장의 경우 과다한 시설비와 유지관리 비용으로 인해 범용으로 쓰기에는 무리가 있고 더구나 소규모 유통과정에서 적절하게 사용할 수 없

는 문제점을 안고 있다. 또한 MA포장의 경우 유통 중 포장재 내에 축적되는 에틸렌가스로 인해 과실의 성숙과 노화를 촉진하여 과실에 큰 손실을 가져올 수 있다. 따라서 최근 국내외적으로 청과물의 선도유지 뿐만 아니라 소비자의 고품질 상품의 요구를 위해 기존의 포장재와 비교하여 특히 강화된 특정기능을 보유한 기능성 포장재의 개발이 이루어지고 있다 (한정훈 1997, Vermeiren *et al.*, 1999).

식물의 성장호르몬으로 알려져 있는 에틸렌가스(C_2H_4)는 수확 후 저장 중에도 호흡작용이 왕성하게 일어나 과일, 채소 등의 성숙 및 노화를 촉진시킨다 (Abbles *et al.*, 1992). 따라서 숙성된 과일이나 채소류의 신선도를 연장시키기 위해서는 에틸렌가스를 제거시키는 기술개발이 필요하며, 특히 대단위 저온저장시설이 아닌 상온 유통과정 중 과일이나 채소류에서 발생하는 에틸렌가스를 효과적으로 제거 및 흡착하는 기술개발은 중요한 과제이다.

에틸렌가스의 제어기술로는 에틸렌가스를 제거하거나, 발생억제, 유전조작, 환기, 연소, 감압저장, 흡수, 흡착 및 산화 등의 방법이 제시되고 있다. 에틸렌 분해 제거의 경우 효과적인 기제로는 silver nitrate, sodium thiosulfate, methylcyclo-propene (1-MCP) 등이 있으며, 산화기제로는 $KMnO_4$, 그 외에 UV램프, 촉매산화 등의 방법이 있다. 한편, 물리적 방법인 감압

처리는 통상 상압의 1/10 정도면 산소는 2% 정도 감소시킬 수 있으며, 흡착기제로는 활성탄, 제올라이트 분말, 기타 세라믹 등의 이용방법이 제시되고 있다 (Eun *et al.*, 1997).

따라서 본 연구에서는 천연제올라이트를 가공하여 에틸렌가스 흡착 및 제거용 소재로 이용하기 위하여 이를 기존에 유통되고 있는 골판지 포장에 여러 포장방법으로 적용하고자 하였다. 또한 이들 기능성 포장재를 이용한 참외의 선도유지 효과를 현재 유통되고 있는 포장재와 비교하여 상온에서의 저장기간 동안의 에틸렌가스 흡착 및 제거효과와 과실의 품질특성을 조사하여 그 효과를 비교하여 향후 이러한 기능성 포장재 개발의 기초자료로 활용하는데 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 중국산 천연제올라이트는 에틸렌가스 흡착소재 생산을 위한 시료로 사용하였으며 그 화학조성은 Table 1과 같다. 과실의 에틸렌가스 흡착 및 제거 효과 규명을 위해 사용된 참외는 경북 성주군에서 생산된 '금싸라기' 품종으로 2002년 8월에 대

Table 1. The chemical composition of natural zeolite

Component	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	Others
natural zeolite(% , w.b.)	76.69	13.65	1.46	2.17	0.44	0.08	3.61	1.81	0.05	0.04

Table 2. Operating conditions of GC for C₂H₄ and CO₂ analysis

Items	Conditions	
	C ₂ H ₄	CO ₂
Column	CTR-1 (Altech Associates, Inc)	
Column temperature	40°C	40°C
Detector	FID	TCD
Detector temperature	250°C	250°C
Injector temperature	40°C	40°C
Carrier gas	N ₂ , 58mL/min	N ₂ , 58mL/min

구 청과물 도매시장에서 구입하여 20°C 항온실로 옮기고 하룻밤동안 방치한 후 선별하여 사용하였다.

2. 제올라이트의 가공 및 특성 분석

에틸렌가스 흡착소재 생산을 위한 원 시료의 가공 방법은 다음과 같다. 원 시료를 산(HCl) 및 염기(NaOH) 용액으로 80°C에서 2시간동안 가열 및 교반한 후 1L의 증류수로 여과 세척하였으며 각각 100°C에서 2시간 건조한 후 분석시료로 사용하였다. 시료들의 비표면적 측정은 BET 장치(NOVA 2000, Quanchrome, U.S.A)를 이용하여 액체 질소 온도 하에서 질소기체의 흡착량을 측정하였고, 에틸렌가스 흡착량 측정은 분말시료 일정 양을 3.5L 밀폐상자에 넣고 일정량의 에틸렌가스를 주입하고 일정시간 후 에틸렌농도를 측정하여 대조구와 비교하여 상대적 에틸렌농도를 표시하였다. 에틸렌농도는 Gas chromatography(DS 6200, Donam Instrument Inc., Korea)를 이용하여 Table 2의 조건에서 측정하였다.

3. 적정 포장재 제조

과실의 선도유지를 위한 적정포장재 제조를 위해 전장에서 개발한 에틸렌가스 흡착소재를 사용하여 기존에 유통중인 이중 양면 골판지에 전분코팅, PVA코팅, 제올라이트 분말 등을 이용한 포장방법을 적용하였다. 전분코팅 박스와 PVA코팅 박스 제조를 위한 코팅액 조제는 전분코팅의 경우 증류수 300mL에 옥수수전분, 제올라이트를 첨가하여 코팅액을 조

제하였고 PVA코팅의 경우 증류수 300mL에 polyvinyl alcohol, 제올라이트를 첨가하여 코팅액을 조제하였다. 조제된 코팅액은 콤프레셔와 스프레이건을 이용하여 기존에 유통되고 있는 이중양면 골판지 상자에 현장 적용성이 뛰어난 스프레이 도포 후 건조된 시료의 물리적 특성과 에틸렌가스 흡착량을 측정하였다. 제올라이트 분말 자체만을 이용한 포장방법은 제올라이트 10g을 4.7×6.2cm 크기의 부직포 봉투에 담아 패드로 제작하여 에틸렌가스 흡착량을 측정하였고 과실의 선도유지 효과 실험은 상자 내부에 패드를 부착하여 실험하였다.

4. 포장재의 물리적 특성 측정

인장강도 측정은 TAPPI standard 494 om-81 (종이 및 판지의 인장강도 시험방법)에 따라 Tensile Strength Tester (Housefield test equipment Co., England)로 측정하였고 파열강도 측정은 일본공업규격의 JIS P 8112(종이 및 판지의 고압 파열강도 시험방법)에 따라 Mullen Type Bursting Tester (Dae-il Co., England)로 측정하였다. 압축강도 측정은 한국공업규격의 KS M 7063 (판지의 압축강도 시험방법)에 따라 Universal Testing Machine (H 50k-S U.T, Housefield Co., England)로 측정하였다.

5. 포장재의 에틸렌가스 흡착량 측정

포장재들의 에틸렌가스 흡착특성을 구명하기 위하여 전분코팅과 PVA코팅 박스는 각각 54×18cm 크

Table 3. The physical properties of zeolite treated paperboard box

Physical properties(kgf/cm ²)	Control	Starch coating box	PVA coating box
Compression strength	41.30	42.30	45.55
Bursting strength	12.13	17.78	19.00
Tensile strength(MD)	18.50	21.22	21.93
Tensile strength(CD)	20.59	24.18	27.35

Control : double corrugated paperboard box,

MD : machine direction

CD : cross direction

The other samples were manufactured by spray coating on the corrugated paperboard box at 1.0 N HCl treated natural zeolite and corn starch or polyvinyl alcohol.

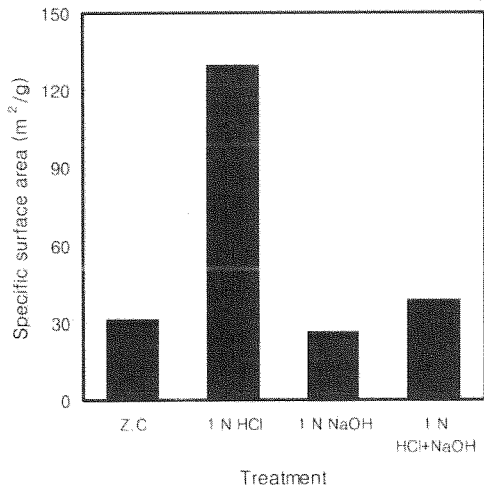


Fig. 1. Comparison of specific surface area of natural zeolite powder treated with acid, alkali and acid after alkali

Z.C : natural zeolite powder of Chinese product.
The other samples were treated with 1.0 N HCl, 1.0 N NaOH and 1.0 N HCl after 1.0 N NaOH solutions at 80°C for 2 hr.

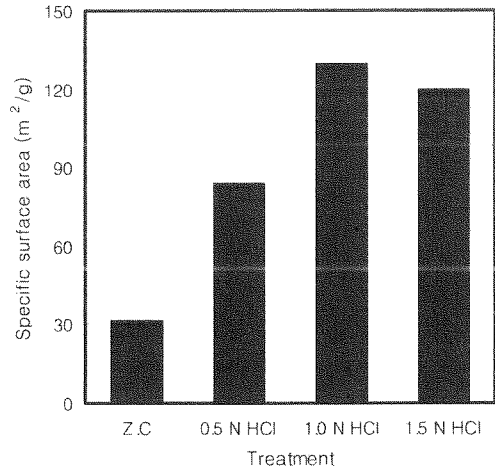


Fig. 2. Comparison of specific surface area of acid treated natural zeolite powder

Z.C : natural zeolite powder of Chinese product.
The other samples were treated with 0.5 N, 1.0 N and 1.5 N HCl solutions at 80°C for 2 hr.

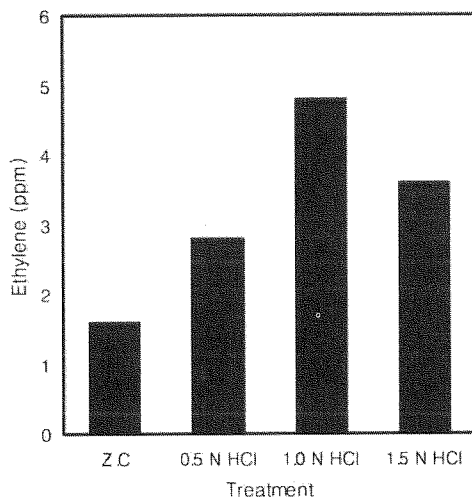


Fig. 3. Comparison of ethylene adsorbing efficiency of acid treated two kinds of natural zeolite powder

1 gram of each scrubber was used for adsorbing ethylene gas inside on 3.5-liter desiccator.

Abbreviations are the same as in Fig. 2.

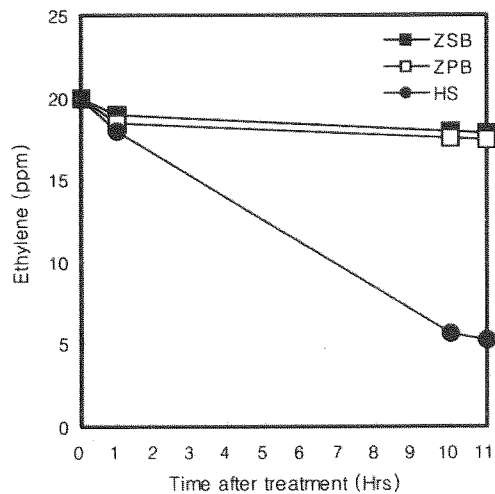


Fig. 4. Changes in ethylene gas concentration as influenced by packaging materials in a 3.5 L box

ZSB : 1.0 N HCl treated natural zeolite+corn starch coating box.

ZPB : 1.0 N HCl treated natural zeolite+polyvinyl alcohol coating box.

HS : 1.0 N HCl treated natural zeolite powder sachet.

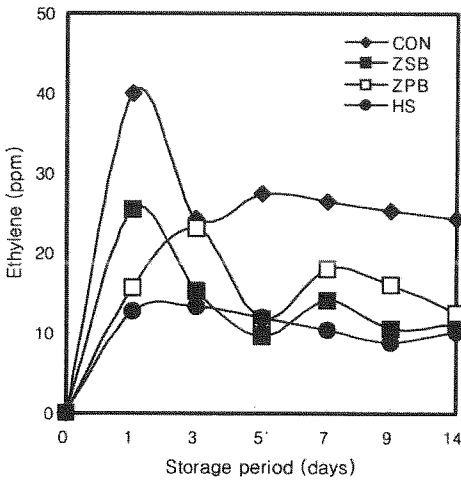


Fig. 5. Effect of packaging materials on ethylene gas concentration of oriental melon during storage at 20°C

CON : double corrugated paperboard box,
 ZSB : 1.0 N HCl treated natural zeolite+corn starch coating box,
 ZPB : 1.0 N HCl treated natural zeolite+polyvinyl alcohol coating box,
 HS : 1.0 N HCl treated natural zeolite powder sachet.

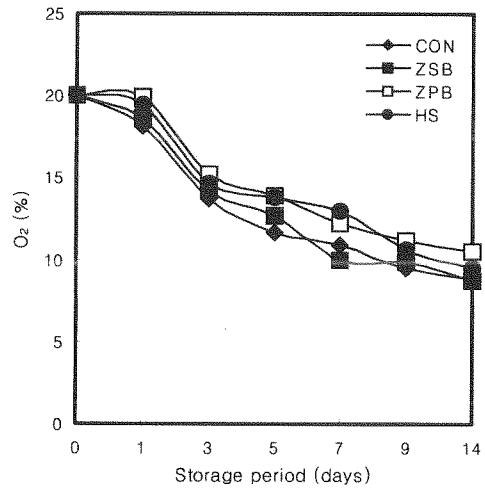


Fig. 6. Effect of packaging materials on oxygen concentration of oriental melon during storage at 20°C

Abbreviations are the same as in Fig. 5.

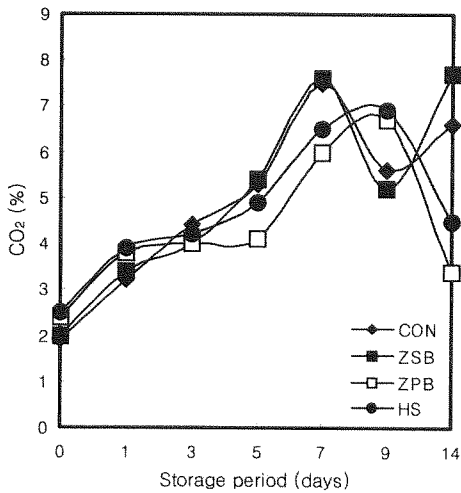


Fig. 7. Effect of packaging materials on carbon dioxide concentration of oriental melon during storage at 20°C

Abbreviations are the same as in Fig. 5.

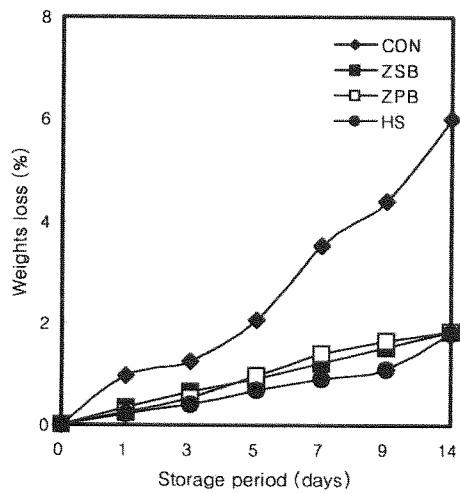


Fig. 8. Effect of packaging materials on weight loss rate of oriental melon during storage at 20°C

Abbreviations are the same as in Fig. 5.

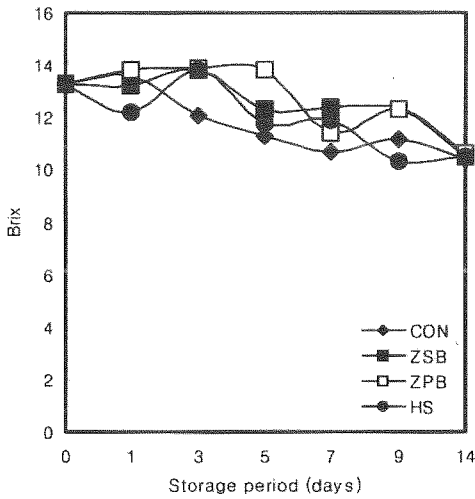


Fig. 9. Effect of packaging materials on °Brix of oriental melon during storage at 20°C

Abbreviations are the same as in Fig. 5.

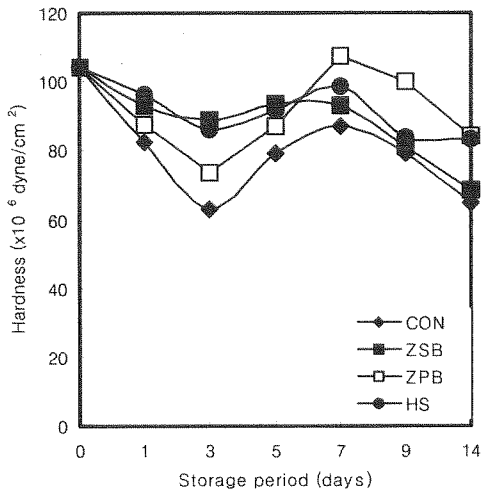


Fig. 10. Effect of packaging materials on texture of oriental melon during storage at 20°C

Abbreviations are the same as in Fig. 5.

기의 시료를 6조각 정도로 세절하여 시료로 사용하였고 분말 패드는 10g의 패드를 시료로 사용하였다. 각각의 시료들은 3.5L 밀폐상자에 넣고 일정량의 에틸렌가스를 주입하고 일정시간이 경과된 후 에틸렌 농도를 측정하여 대조구와 비교하여 상대적 에틸렌

농도를 표시하였고 GC로 측정하였다.

6. 과실의 선도유지 효과 실험

전장에서 개발된 기능성 포장재들을 사용하여 참외 '금싸라기' 품종을 대상으로 상온에서의 저장기간 동안 호흡량, 에틸렌가스 흡착 및 제거 효과와 과실의 품질특성을 조사함으로써 과실의 기능성 포장재로서의 선도유지 효과를 확인하였다. 과실의 저장기간 동안 포장 내 기체조성 분석은 정지법을 이용하여 측정하였다. 즉, 각 조건별로 3.5L 유리용기에 시료 한 개를 넣고 실리콘 septum이 부착된 screw cap으로 밀봉하고 일정시간 방치한 후 head space에서 gastight 주사기로 각각 기체 1mL를 취하여 GC로 Table 2의 조건에서 측정하였다. 과실의 중량감소율은 저장 전 중량에서 측정시 중량을 뺀 값을 저장 전 중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다. 가용성 고형물은 시료의 과육을 착즙기로 착즙한 후 Abbe refractometer (Model PR-101, Atago Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 과육경도는 Rheometer (COMPAC-100, Daego Co., Japan)를 사용하여 과실 중앙부위의 껍질을 깊이 2mm 정도로 판판하게 깎아내고 사용하였다. 이 때 측정조건은 Adaptor type은 ϕ 5.0 mm Circle, Sample moves는 1.0mm, Table speed는 60 mm/min로 3회 반복 측정하여 Hardness를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 제올라이트 전처리 방법에 따른 에틸렌 흡착 효과

가. 산, 염기 처리한 분말의 비표면적

중국산 천연제올라이트 분말을 1 N HCl, 1 N NaOH 및 1 N HCl+1 N NaOH로 80°C에서 2시간씩 처리한 분말의 비표면적을 측정된 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 1 N HCl 용액으로 처리한 시료가 129.66 m²/g로 가장 높은 값을 나타내었고, 1 N NaOH 용액으로 처리한 시료는 26.00m²/g이었으며 1 N HCl

처리 후 이를 다시 1 N NaOH 용액으로 병용 처리한 시료는 38.52m²/g로 나타났다. 이는 박 등(1997)의 연구 결과에서와 같이 흡착특성을 높이기 위해 산, 염기처리를 한 결과 산 처리가 염기처리보다 흡착특성을 높이는 데는 더 좋다는 보고와도 일치하고 있다. 또 Ha *et al.*(1978)는 흡착제 및 촉매로서의 제올라이트에 관한 연구에서 촉매로서의 이용에 있어 산 성도는 가장 중요한 성질중 하나라고 보고한 바 있다.

나. 산 농도별 처리한 분말의 비표면적

Fig. 1에서 보듯이 산 처리한 제올라이트 분말의 비표면적 값이 가장 높게 나타났으므로 이 분말시료를 0.5, 1.0, 1.5 N HCl 용액으로 각각 처리한 분말의 비표면적을 측정된 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 0.5 N HCl 용액으로 처리한 시료는 83.99m²/g, 1.0 N HCl 용액으로 처리한 시료는 129.66m²/g, 1.5 N HCl 용액으로 처리한 시료는 119.94m²/g로 나타났다. 이는 Park *et al.*(1997)의 연구결과에서와 같이 1.0 N 농도 이상에서는 더 이상 흡착량이 증가하지 않고 오히려 감소되었다는 보고와도 일치하고 있다.

다. 산 농도별 처리한 분말의 에틸렌가스 흡착량

중국산 천연제올라이트를 0.5, 1.0, 1.5 N HCl 용액으로 각각 처리한 분말의 에틸렌가스 흡착량을 측정된 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 1 N HCl 처리구가 4.8ppm으로 가장 높은 값을 나타내었으며 가공하지 않은 천연 제올라이트 분말 시료는 1.6ppm, 0.5 N HCl 처리구는 2.8ppm, 1.5 N HCl 처리구는 3.6ppm으로 나타났다. Tsutsumi *et al.*(1989)은 Na-형, Ca-형, Ca-Na형 제올라이트 중 에틸렌 흡착시험을 한 결과 이들의 이온교환 능력에 의해 에틸렌가스 흡착량은 달라진다고 보고한 바 있다. 이상의 결과에서 1 N HCl 처리한 것의 에틸렌가스 흡착량이 가장 높게 나타났는데, 이것은 비표면적을 측정된 Fig. 2의 결과와도 일치한다. 따라서 중국산 천연제올라이트에 1 N HCl 용액으로 처리한 제올라이트 분말을 에틸렌가스

제거 및 흡착용 소재로 선택하였다.

2. 제올라이트를 이용한 적정 포장재 제조

가. 포장재의 물리적 특성

에틸렌가스 흡착용 소재로 처리한 골판지 상자와 처리하지 않은 기존에 유통중인 이중양면 골판지 상자들의 물리적 특성을 측정된 결과는 Table 3에 나타내었다. 처리구인 전분코팅 박스(ZSB)와 PVA코팅 박스(ZPB)는 기존에 유통중인 이중양면 골판지 상자인 대조구보다 골판지 상자의 품질지표인 압축강도, 파열강도 및 인장강도에서 모두 높은 값을 나타내었다. 골판지 상자를 형성하는데 필요한 강도요소인 상자 안의 중량물에 의한 압력과 상자를 적재했을 때 하중에 견딜 수 있는 압축강도, 상자의 터짐 현상과 관련있는 파열강도, 상자의 변형정도를 파악하는 인장강도는 골판지 상자의 품질지표로서 중요하다. 또한 에틸렌 흡착 및 제거하는 특징이 있는 제올라이트를 과실의 선도유지 효과 실험을 위한 박스 코팅의 새로운 기술 확립으로 포장재의 물리적 특성과 에틸렌가스 흡착에서 매우 효과적으로 나타났으며 유통 저장기간 동안 손쉽게 이용할 수 있고 현장 적용성이 우수한 실용화 가능한 기술개발을 제시하였다.

나. 포장재의 에틸렌가스 흡착량

에틸렌가스 흡착용 소재로 처리한 포장재들의 에틸렌가스 흡착량을 측정된 결과는 Fig. 4에 나타내었다. ZSB와 ZPB는 에틸렌가스 흡착용 소재로 가공한 제올라이트를 기존에 유통되고 있는 이중양면 골판지 상자에 코팅 처리한 상자로 포장재간의 에틸렌가스 흡착량의 차이는 나타나지 않았다. ZSB의 경우 54×18cm 크기의 시료가 1일 후 에틸렌농도는 18.99 ppm, 10일 후 17.90ppm이었으며 ZPB의 경우 1일 후 18.39 ppm, 10일 후 17.5ppm이었다. 이때 에틸렌 초기 농도는 약 20ppm이었다. 또 HS는 에틸렌가스 흡착용 소재로 가공한 제올라이트를 부직포 봉투에 넣어 제

작된 패드로 10g처리 10일 후 에틸렌농도는 5.6ppm으로 에틸렌가스를 효과적으로 제거시켰다. 이 부직포는 열 접촉성이 좋아 밀봉하기에 편리하고 가스투과도가 크고 수분에 잘 젖지 않아 에틸렌 제거제를 담는 용기로 적합하였다. 이같이 분말시료를 산 처리 등의 공정을 통해 제올라이트 분자 구조 중에 양이온들이 치환되어 이들이 에틸렌가스와 결합하거나 제올라이트의 8각 구조 속에 에틸렌가스가 흡착되어 에틸렌가스 농도가 시간이 경과함에 따라 낮게 나타난 것으로 생각된다.

3. 과실의 선도유지 효과 실험

가. 에틸렌가스 흡착량 및 호흡량

과실의 에틸렌가스 흡착 및 제거 효과 규명을 위해 참외의 상온에서의 저장기간 동안 포장내 에틸렌 발생량과 호흡량을 측정한 결과는 Fig. 5~7에 나타내었다. Fig. 5에 나타난 에틸렌농도변화를 살펴보면 저장 초기에는 매우 높은 수준이었으나 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 저장 중 에틸렌이 최고치를 나타낸 기간은 처리구별로 차이가 있는데 기존에 유통되고 있는 이중양면 골판지인 대조구가 저장 1일 후 40ppm인데 반해 ZSB는 저장 1일 후 25.40ppm, ZPB는 저장 3일 후 23.16ppm으로 최고치를 보였다. 또 HS는 저장 중 제올라이트의 에틸렌흡착 효과에 의하여 현저히 낮은 에틸렌흡착량을 나타내었다. Fig. 6에서 보듯이 참외의 저장기간 동안 포장내 O₂ 농도는 대조구보다 높게 나타났으며 포장구간에 따른 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다. 이에 반해 Fig. 7에 나타난 CO₂ 농도는 대조구와 ZSB를 제외한 처리구에서는 저장 7~9일까지 급격히 증가한 후 감소하였으며 낮은 CO₂ 함량을 나타내었다.

이상의 결과에서 개발 포장구들은 포장내 O₂ 농도는 대조구보다 높고 CO₂ 농도는 대조구보다 낮게 나타났지만 에틸렌농도가 낮게 유지됨으로서 과실의 선도유지가 되고 있다는 결론을 내릴 수 있었다.

나. 과실의 품질특성

1) 중량감소율

저장기간에 따른 중량감소율은 초기중량에 대한 백분율로 Fig. 8에 나타내었다. 참외의 저장기간에 따른 대조구의 중량손실은 저장 14일 후 6.02%이었는데 개발 포장구들은 2% 이하였다. ZSB와 ZPB는 저장 14일 후 1.84%, 1.85%이었고 HS는 1.79%로 나타났다. 대조구는 저장 초기 5일 후 2.07%로 많은 중량손실이 있었으며 이후 저장기간에 따른 중량감소율은 급격히 증가하였다. 저장 중 중량감소는 숙성, 황화 및 탈리를 촉진하며 경도, 비타민 A와 C의 감소를 가져오며 과채류의 표피조직에 위조, 찌그러짐, 조직감 저하, 변색 등을 일으켜 외관상 품질저하의 원인이 되어 상품성을 떨어뜨린다. 과채류의 저장 중 중량감소율은 저장효과를 판단하는 지표 중 하나로, 일반적으로 감소율이 5% 이상을 초과하면 상품성을 잃는 것으로 판단되고 있다.(Powrie *et al.*, 1991).

2) 가용성 고형물

저장기간에 따른 가용성 고형물의 함량을 측정할 결과는 Fig. 9에 나타내었다. 참외의 초기 가용성 고형물 함량은 13.3° Brix로 저장 중 큰 변화는 없었으며 포장구간에도 큰 차이가 없었다. 대조구는 저장기간 중 초기에는 고형물 함량이 감소하다가 중량감소가 심하였던 저장 9일 후 약간 증가 후 점차적으로 감소하는 경향을 보였다. 일반적으로 과실의 저장 중 가용성 고형물 함량은 수확 후 후숙 중 고분자물질의 분해로 인하여 저장초기에 증가 후 감소한다고 알려져 있으나, 본 실험에서는 포장구별로 약간씩 차이가 있었다. Yeung *et al.*(1996)은 멜론의 수확 직후 가용성 고형물은 14° Brix로 참외보다 높고 그 함량은 저장초기 증가 후 감소한다고 하였다. 특히 25°C 저장 멜론이 4°C 저장 멜론보다 가용성 고형물의 감소가 빠르다고 하였는데, 이는 가용성 당이 연화가 진행됨에 따라 다른 물질로 변형되거나 호흡에 의한 손실이라고 하였다.

3) 과육경도

저장기간에 따른 과육의 경도 측정을 나타낸 결과는 Fig. 10에 나타내었다. 과육의 단단한 정도를 나타내는 경도는 초기 $104.2 \times 10^6 \text{ Dyne/cm}^2$ 이었으며 저장 중 점차 감소하여 저장 14일 후에는 $65.1 \sim 84.1 \times 10^6 \text{ Dyne/cm}^2$ 이었다. 대조구는 저장초기부터 가장 심한 경도감소를 보였다. ZSB는 저장 14일 후 $68.7 \times 10^6 \text{ Dyne/cm}^2$ 로 경도가 낮았던 반면에 ZPB, HS는 $84.1 \times 10^6 \text{ Dyne/cm}^2$, $83.4 \times 10^6 \text{ Dyne/cm}^2$ 로 높은 값을 보였다. 저장 중 경도감소는 수분손실과 에틸렌이 주요 원인이 되는데 0.5%의 수분손실과 에틸렌 (Abeles et al, 1992)은 polygalacturonase와 같은 펙틴가수분해 효소의 활성을 증가시켜 과실의 경도를 감소시킨다고 하였다 (Powrie et al, 1991).

IV. 결론

본 연구에서는 천연제올라이트를 가공하여 에틸렌 가스 흡착 및 제거용 소재로 이용하기 위하여 이를 기존에 유통되고 있는 골판지 포장에 여러 포장방법으로 적용하였다. 또한 이들 기능성 포장재를 이용한 참외의 선도유지 효과를 현재 유통되고 있는 포장재와 비교하여 상온에서의 저장기간 동안의 에틸렌 가스 흡착 및 제거효과와 과실의 품질특성을 조사하여 그 효과를 비교·분석하였다.

제올라이트의 전처리 방법에 따른 에틸렌 흡착 효과를 분석한 결과 천연제올라이트 분말시료를 1 N HCl, 1 N NaOH, 1 N HCl+1 N NaOH 용액으로 80 °C에서 2시간씩 처리한 시료들 중 1 N HCl로 처리한 시료가 비표면적과 에틸렌가스 흡착량이 129.66 m²/g 과 4.8ppm으로 가장 높은 값을 나타내었다. 따라서 이 소재를 기존에 유통중인 이중양면 골판지에 전분 코팅 (ZSB), PVA코팅 (ZPB), Zeolite분말 등을 이용한 포장방법 (HS)에 적용하였다. 포장재들의 물리적 특성과 에틸렌 흡착 및 제거효과를 조사한 결과 기존에 유통중인 이중양면 골판지 상자인 대조구보다 처리구가 골판지 상자의 품질지표인 압축강도, 파열 강도 및 인장강도에서 모두 높은 값을 나타내었으며

에틸렌가스 흡착량은 ZSB, ZPB, HS의 경우 10일 후 농도는 17.90ppm, 17.5ppm, 14.4ppm으로 이때 에틸렌 가스 초기 농도는 약 20ppm이었다.

이같이 개발된 기능성소재를 이용한 포장재 (ZSB, ZPB, HS)를 이용하여 '금싸라기' 참외의 상온에서의 저장기간 동안 에틸렌가스 흡착 및 제거효과와 과실의 품질특성을 분석한 결과 포장구들의 포장 내 O₂ 농도는 대조구보다 높고 CO₂ 농도는 대조구보다 낮지만 에틸렌농도가 낮게 유지됨으로서 과실의 선도가 잘 유지되고 있다는 결론을 내릴 수 있었다. 이상의 결과로 볼 때 참외의 신선도 유지를 위해서는 O₂와 CO₂ 농도를 조절하는 것보다 에틸렌가스의 농도를 줄이는 것이 효과적임을 확인하였다. 또한 최근 많은 연구를 통해 개발된 기능성 소재를 첨가한 필름은 그 효과에 비해 고가인 관계로 인해 널리 사용되지 못하고 있는 실정이나 본 연구를 통해 개발된 HS(패드)는 가격이 저렴하여 계절 과실인 참외의 상온 유통기간 연장을 위한 포장방법으로의 적용이 가능하다고 사료된다.

본 연구를 통해 도출된 농산물의 부가가치를 높이는 기능성 포장재의 개발은 농산물 및 농산물 가공품의 신선도 유지기간 장기화에 따른 상품가치 향상 및 수출 증대를 기대할 수 있다. 특히 과채류 자체에만 국한되어 응용되어지는 것이 아니라, 냉동식품, 일회용식품, 수출용박스 등에도 적용함으로써, 다양한 식품 포장재로서의 이용이 가능할 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. 강신정. 1989. 한국산 천연제올라이트의 암모늄과 아연이온의 흡착특성. 한국농화학회지. 32(4): 386~392.
2. 김화중, 유재철, 이명철, 이기정. 1996. 천연제올라이트의 상규명 및 암모니아 제거 특성. 공업화학. 7(1): 43~50.
3. 박종대, 홍석인, 박형우, 김동만. 2000. MA포장기법에 의한 참외의 신선도 유지. 한국식품과학회지. 32(3):481~490.

4. 박형우, 박종대, 김병삼, 김훈, 양한철. 1997. 과실 채소류의 MA포장용 소재의 효과제고에 관한 연구 (2). 한국포장학회지, 4(1): 17~22.
5. 하백현. 1978. 제올라이트의 구조와 성질. 화학공학, 16(1): 1~11.
6. 하백현. 1978. 흡착제 및 촉매로서의 제올라이트. 화학공학, 16(2): 71~79.
7. 한정훈. 1997. 기능성 포장과 방출조절용 항균성 식품포장재의 개발. 산업식품공학, 1(1): 71~80.
8. Abeles, F.B. Morgan, P.W. and Saltveit, M.S., 1992. Ethylene in plant biology. New York, Academic Press.
9. Eun, J.B. Kim, J.D. Park, C.Y. Choi, Y.S., 1997. Storage of Strawberries using Low Density Polyethylene film Filled with silver-coated Ceramic and/or Chitin. Korean J. Postharvest Sci. Technol. Agri. Products, 4(3): 251~258.
10. Forsyth, F.R. Eaves, C.A. and Lightfoot, H.J., 1969. Storage quality of McIntosh apples as affects by removal of ethylene from the storage atmosphere. Can. J. Plant Sci, 49: 567~569.
11. Giese, I., 1997. How Food Technology Covered Modified-Atmosphere Packaging Over the Years. Food Technol, 51(6): 76~77.
12. Kader, A.A. Zagory, D. and Kerbel, E. L., 1989. Modifeid atmosphere packaging of fruits and vegetables. Crit. Rev. Food Sci. Nutr, 28: 1~5.
13. Kader, A.A., 1992. Modified atmosphere during transport and storage. Postharvest Biology and Technology. 15~19, 85~95. In: Postharvest Biology and Technology: An Overview, 2nd ed., Adel A. Kader (ed.), University of California, USA.
14. Lau, O.L. and Yastremski, R., 1991. Retention of quality of 'Golden Delicious' apples by controlled- and modified-atmosphere storage. HortScience, 26(5): 564~566.
15. Lidster, P.D. Lawrence, R.A. Blenpied, G.D. and McRae, K.B., 1984. Laboratory evaluation of potassium permanganate for ethylene removal from CA apple storages. Trans. Amer. Soc. Agr. Eng, 28: 331~339.
16. Miccolis, V. and Saltveit, M.E., 1995. Influence of storage period and temperature on the postharvest characteristics of six melon cultivars. J. Postharvest Biol. Technol, 3: 211~219.
17. Powrie, W.D. and Skura, B.J., 1991. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. 169~245. In: Modified Atmosphere Packaging of Food, B. Oraikul and M.E. Stiles (eds). Ellis Horwood Limited, West Sussex, England.
18. Saltveit, M. E., 1980. An inexpensive chemical scrubber for oxidizing volatile organic contaminants in gases and storage room atmospheres. HortScience 15(6): 759~760.
19. Tsutsumi, K. Mizoe, K. Ito, H., 1989. Energy distribution of ethylene adsorption and calcium ion positions in A-type zeolite. Chem. Soc. J. 3: 453~456.
20. Zagory, D. and Kader, A.A., 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food Techol, 42(9): 70~77.