

항균포장지와 포장상자에 저장된 과채류의 선도평가

김철환¹ · 김재옥¹ · 박우포² · 정준호 · 조성환*

경상대학교 식품공학과 및 농업생명과학연구원, ¹경상대학교 산림과학부, ²마산대학 식품과학부

Evaluation of Freshness Prolonging Ability of Antibacterial Packaging Bags and Corrugated Boxes

Chul-Hwan Kim¹, Jae-Ok Kim¹, Woo-Po Park², Jun-Ho Jung, and Sung-Hwan Cho*

Department of Food Science and Technology, Institute of Agriculture and Life Science,
Gyeongsang National University

¹Department of Forest Products, Gyeongsang National University

²Division of Food Science, Masan College

Packaging bags and corrugated boxes prepared from newly developed antimicrobial packaging paper had greater ability to prolong freshness of packed fruits, and lower weight loss of fruits and microbial growth than non-treated bags and boxes. Addition of zeolite to paper greatly increased absorbance of aging hormone, C₂H₄, emitted from stored fruits, and contributed to decrease in putrefied fruits during storage. Water repellent agent such as alkyl ketene dimer played significant role in preventing functional paper from absorbing water from stored fruits, leading to preservation of fresh weight in stored fruits. Because rise in production cost of functional packaging paper could be offset by reduction of fruit and vegetable wastes, storing fruits and vegetables in functional paper containers was more economical than storing in non-treated containers.

Key words: packaing bag, corrugated box, zeolite, aging hormone, functional paper

서 론

최근 지구 온난화가 가속화되면서 식품 위생에 대한 관심이 날로 높아지고 있기 때문에 선도 유지를 위해 행해지는 여러 가지 화학적 처리에 대하여 대다수의 소비자들은 상당한 거부감을 나타낸다. 따라서 소비자들에게 거부감을 나타내지 않으면서 우수한 선도 유지 효과를 발현시킬 수 있는 천연 항균제를 기능성 포장 소재의 개발에 이용하는 것이 좋은 대안이 될 수 있다. 또한 수출농산물의 경우 포장화 한 상태로 선적되는 것은 일반화되었지만 품질 보존 혹은 선도 유지 등의 문제가 발생하고 있어 제품 자체에 대한 관심과 더불어 포장 소재의 고기능화 및 다양화를 위한 요구가 거세어지고 있다. 만약 국내산 농산물이 고기능성 포장 소재로 포장되어 선적된다면 수출 농산물의 신뢰 회복 및 가치 보존에 큰 역할을 할 수 있을 것이다. 현재 천연 항균제로써 널리 거론되고 있는 것들로는 식물 추출물, 특정 단백질 및 효소류, 유기산류, bacteriocin(1-6) 등을 들 수 있는데, 본 연구진(6-7)에 의하여 우수한 항균력이

확인된 자몽종자추출물(Grapefruit Seed Extracts, GFSE)은 천연 식품 보존제로서 광범위한 사용 범위가 확인된 물질이며, 특히 인체에 독성이 없는 것으로 확인되었기 때문에 효용 가치가 매우 큼 것으로 예상된다. 본 연구에서는 GFSE를 주원료로 하여 항균력 향상을 위한 추가 물질을 첨가하여 더욱 높은 항균력이 발현되는 식물성 천연 항균 물질(Botanical Antimicrobial Agent-GFSE mixtures, BAAG)를 개발하여 항균 포장 소재에 응용하였다. 가스 흡착 제거 용도로 사용되는 기능성 물질로는 세라믹, 고흡수성 고분자, 제올라이트, 활성탄, KMnO₄ 등(8-9)과 같은 다양한 재료들이 포장 내의 가스 조성, 에틸렌 가스의 농도 등을 조절하는 기능을 수행한다. 특히 제올라이트(10)는 국내외를 막론하고 농업 분야에서 가장 많이 응용되는 것으로 알려져 있는데, 대표적인 예를 들면 Ag-zeolite를 포장에 혼입 시켜 미생물 생육의 억제, 포장 내의 산소나 이산화탄소의 흡수 및 발생을 통한 과채류의 품질 변화 반응 억제, 과채류가 발생하는 속성 호르몬인 에틸렌가스의 흡수, 제거를 통한 속성 과정 지연 등의 효과를 유도함으로써 포장된 과채류의 선도가 지속적으로 유지되도록 한다. 본 연구에서도 가격이 저렴한 천연 제올라이트를 포장 과채류가 방출하는 에틸렌 가스, 이산화탄소 및 산소 등을 흡수, 제거하는 용도로 사용하였다. 또한, 포장 과채류가 보유한 수분 손실을 최소로 줄이기 위하여 포장 소재에 내수성 약품을 처리한다. 일반적으로 제지용 내수제(혹은 사이즈제)로는 로진 계열의 산성 사이즈제, Alkyl Ketene

*Corresponding author: Sung-hwan Cho, Department of Food Science and Technology, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701, Korea
Tel: 82-55-751-5478
Fax: 82-55-753-4630
E-mail: sunghcho@gsnu.ac.kr

Dimer(AKD) 및 Alkenyl Succinic Anhydride(ASA)와 같은 중성 사이즈제, 왁스 애멜젼 등이 많이 사용된다. 여기서 포장 소재로써 재활용이 용이한 목재 펄프 섬유를 사용하기 때문에 재활용에 지장을 초래하는 내수성 약품인 왁스 계통은 배제하였고, 또한 초기 시스템의 부식을 수반하는 산성 사이즈제 계통과 제외시켰다. 결국 빠른 반응성을 나타내는 중성 사이즈제인 AKD를 포장 소재의 내수성 부여 목적으로 응용하였다. 기능성 포장 소재의 사용에 덧붙여 적정 저장 방법의 사용을 통하여 과채류의 선도를 보다 오랫동안 유지시킬 수 있다. 저장 방법으로는 저온저장에 덧붙여 저온고내 공기조성을 일반 대기 성분과는 다르게 온도, 습도, 공기조성의 3가지를 조절하는 저장 방식인 CA(Controlled Atmosphere Storage) 방법(11), 저산소 저장은 CA저장고의 산소농도를 2-3%에서 1.25%의 저산소 상태로 하여 저장하는 저산소 저장법, 각종 플라스틱 필름 등으로 과일을 포장하는 경우 필름의 기체투과성이거나 과일로부터 발생한 기체의 양과 종류에 의하여 포장내부의 기체가 대기와는 현저하게 달라지기 때문에 이것에 의해 저장하는 MA(Modified Atmosphere Packaging) 방법(12,13) 등이 있다. 적정 저장 방법의 선별을 통하여 새로이 개발된 포장 소재의 효과가 최대로 발휘될 수 있도록 하였다. 현재 수확된 농산물의 선도 유지를 목적으로 지류 포장 봉지(paper packaging bag)나 골판지 포장 상자(corrugated packaging box)에 기능성 약품을 처리하는 기술 개발에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 수확된 과채류의 저장 및 유통 기간 동안 미생물 생육, 수분 손실, 호흡 작용으로 인하여 과채류 선도가 상실되는 것을 최소한으로 줄이기 위하여 포장 원지 제조시 기능성 항균 소재, 제올라이트 및 AKD를 효율적으로 처리하는 기술을 개발하고자 한다. 본 연구를 통하여 개발된 고기능성 포장 원지는 포장 봉지나 골판지 상자의 이면 라이너에 이용하여 과채류, 식품, 의약품 등의 품질 보존을 위한 포장에 응용하고자 하였다.

재료 및 방법

BAAG의 조제

본 실험에 응용된 천연 식물성 항균소재는 다음과 같은 방법에 준하여 추출, 분리수집하였다. 즉, 외국산 자몽을 구입하여 그 과육부를 분리한 종자들을 수거하여 60-70°C의 건조실에서 drum-drying을 행하여 건조시킨 후, milling system으로 80-120 mesh 크기로 분쇄하고 감압추출장치를 이용하여 glycerine을 추출용매로 연속 추출하고, 충분리시켜 자몽종자추출물(Grapefruit seed extract: GFSE)을 수집하였다. 이와같이 추출조제한 종자추출물에 lactic acid 5%, citric acid 5%이 되도록 혼합, 교반하고 균질화하는 과정을 반복한 다음, 50-80 rpm의 느린 속도로 일정시간 교반하여 얻어진 추출물을 식물성 천연항균제 자몽종자추출물제제(Botanical antimicrobial agents-GFSE mixture: 이하 BAAG라 칭함) 항균력 실험원액으로 사용하였다. 이때 얻어지는 천연항균제품은 자외선이 조사되는 무균실에서 특정 온도, 압력, 시간 등의 조건 하에서 품질관리 방법에 의한 검사를 실시하여 일정한 규격의 제품이 되도록 하였으며, 기능성 포장원지의 항균성 첨가제는 상기 원액 50%와 CaCO₃(식품첨가물용) 50%의 조성비율로 조제한 분말제품을 실험용으로 사용하였다.

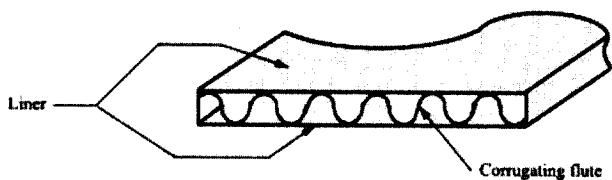


Fig. 1. Single wall corrugated paperboard with A flute.

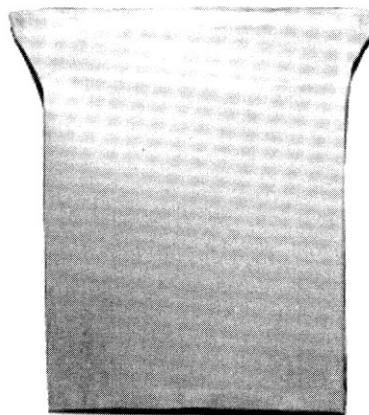


Fig. 2. Antimicrobial paper bag for item packaging.

골판지 상자 및 항균 포장 봉지 제작

골판지 상자의 선도 유지력을 시험하기 위하여 골판지 상자를 제조하였다. 경기도에 소재한 중앙판지에 의뢰하여 골(flute) 형태를 A골로 하여 23×23×22 cm의 크기로 항균 상자를 제조하였다. Fig. 1에는 본 연구에서 사용한 양면 골판지(Single wall corrugated board)의 구조를 보여주고 있는데, 라이너 중에서는 골판지 상자의 안 쪽에 해당하는 이면 라이너에 항균 처리한 포장 원지를 사용하였다.

또한 날개 포장을 위한 항균 포장 봉지(包裝袋)는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 20×10×23 cm의 크기로 제작하였고, 실제 모양은 오른쪽에 나타난 종이 봉지와 같다.

포장 원지의 항균력 시험-Paper disk method

부패성 및 병원성 공시 균주에 대한 포장 원지의 항균성은 항균 처리된 paper disk를 Brain Heart Infusion Agar(BHIA) plate 상에 접촉시켜 공시 균주의 증식도를 비교하여 생육저해 정도를 측정하는 paper disk method를 이용하였다. 즉, tryptic soy agar(TSA)의 slant media에 배양된 공시균주 1 백금이를 취하여 10 mL tryptic soy broth(TSB)에 접종하고, 30°C에서 24시간동안 배양한 후, 일정 농도(105 µg/mL)로 희석한 공시균주 균용액 0.1 mL를 실온에서 하룻밤 건조한 두께가 5-8 mm인 BHIA plate상에 주입하고 구부린 유리막대로 균일하게 펼친 다음, 처리를 달리한 포장 원지의 disk를 BHIA plate 표면에 놓고 30°C에서 48-72시간 동안 배양한 후 disk 주위에서의 균의 생육 저해도를 비교하여 항균력을 평가하였다.

항균 포장 원지의 에틸렌 가스 제거율 시험

포장 원지의 가스 흡착 효율을 시험하기 위하여 1,000 mL 용

량의 유리병에 일정한 중량의 포장 원지를 넣고 밀봉한 후 병의 마개에 장착된 가스 주입구를 통하여 일정 농도의 에틸렌 가스를 gas-tight syringe를 이용하여 주입하였다. 시간에 따른 포장 원지의 에틸렌가스 제거 효율은 포장 원지가 들어 있는 병 내부의 에틸렌가스 농도 변화를 Gas Chromatography(Model 860D, Young-In Co., Korea) 통하여 측정하여 결정하였다. 이 때 사용한 column은 CTR I(Alltech Associates Inc., USA)이며, 검출기는 TCD detector였다. 오븐의 온도는 40°C, 인젝터는 70°C, 검출기는 90°C로 하며, 운반 기체로 사용한 헬륨의 이동 속도는 40 mL/min로 하였다.

항균 포장지와 포장 상자에 저장된 감귤의 선도 평가

본 연구를 통해 개발된 기능성 포장 원지로 제조한 골판지 상자(corrugated box)와 포장 봉지(packaging bag)에 과채류를 포장하여 저장하여 이를 포장 수단들이 과채류의 선도에 미치는 영향을 조사하였다. 시험용 과채류로는 시중에 판매 중인 감귤 (*Citrus unshiu* Markovich)을 이용하였고, 저장 조건은 온도 10 ± 2°C, 습도 50% 조건에서 일정기간 저장하여 저장 감귤의 생체중 변화, 미생물 생육 상태의 육안 감별 등을 실시하였다. 이러한 실험은 개발된 항균 포장 원지가 감귤의 포장 수단으로 이용될 때 단순히 감귤의 선도를 유지할 수 있는 능력을 지녔는가의 유무만을 판단하기 위한 것이다. 단위 포장용 포장 봉지에 저장되는 감귤의 개수는 10개로 하였고, 골판지 상자에 저장되는 감귤의 개수는 20개로 하였다. 매 24시간을 기본 저장 단위로 하여 미생물 발생 유무와 생체중 변화를 측정하여 감귤의 선도를 평가하였다.

생체중 변화율(%) =

$$\frac{\text{최초 감귤의 무게} - \text{일정 기간 경과한 감귤의 무게}}{\text{최초 감귤의 무게}} \times 100$$

$$\text{과채류의 변화율(%)} = \frac{\text{변파 과채류의 개체 수}}{\text{전체 과채류의 개체 수}} \times 100$$

결과 및 고찰

BAAG가 첨가된 포장지의 항균력 시험

자동종자추출물과 기타 항균 성능 향상 성분이 혼합된 BAAG

를 포장 원지를 구성하는 섬유의 전건 중량에 대하여 0, 3, 6, 9 및 12% 처리한 포장지의 항균력을 시험한 결과가 Fig. 3 및 Fig. 4에 나타나 있다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 과채류의 변파에 관여하는 곰팡이 *Fusarium* sp.와 효모 *Candida albicans*에 대한 항균력에 BAAG 3% 첨가 수준에서는 나타나지 않았고, 6%에서부터 항균 활성 저해환을 나타내기 시작하였다. 첨가량을 증가시킬수록 균 활성 저해환이 더욱 뚜렷해지는 것을 쉽게 관찰할 수 있고, 곰팡이와 효모 모두에 강력한 항균력을 나타내었다. 특히 *Fusarium* sp.는 항균 포장 원지 주위로 균 활성 저해환이 매우 명확하게 나타날 뿐만 아니라 항균제의 첨가 수준별로 항균 환의 크기가 명확히 차이를 나타내고 있다. BAAG가 첨가된 항균 포장 원지가 곰팡이류에 대해 더욱 강한 항균 활성을 보이는 것으로 확인되었다. 이러한 항균 포장 원지의 항균력은 미세한 분말 형태로 제조된 BAAG가 섬유 상에 효과적으로 정착하여 균의 활성 혹은 생육을 억제시키는데 효율적으로 작용하기 때문인 것으로 사료된다. 항균 포장 원지로 제조된 항균 포장 상자(corrugating box)나 항균 포장 봉지(packaging bag)는 변파성 곰팡이나 효모의 활성을 저해하여 과채류의 선도 유지에 상당한 기여를 할 것이다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 변파성 세균들인 Gram균들에 대한 항균 시험에서도 곰팡이나 효모와 유사한 실험 결과를 얻을 수 있었지만, *Pseudomonas aeruginosa*를 제외하고는 BAAG 첨가량 3% 수준에서부터 항균 활성을 나타내기 시작하여 6%로 갈수록 생육 저해환이 더욱 명확하게 넓어졌다. 즉, 자동 종자 추출물을 주성분으로 하여 제조한 BAAG가 포장 원지에 첨가되었을 때는 곰팡이와 효모에 비해서 병원성 세균류에 대하여 더 효과적인 항균력을 나타냄을 의미하는 것이다. 이것은 BAAG가 단순한 과채류나 식품류의 포장에만 사용될 수 있는 것이 아니라 의약품이나 기타 변파가 쉽게 일어날 수 있는 물품의 포장에 사용되는 포장지 제조에도 사용될 수 있음을 보여주는 증거이다. 위의 결과들을 통해 볼 때 과채류의 수확 후 저장이나 유통 중에 항균 포장 원지(혹은 라이너)로 제조된 골판지 상자나 항균 포장지로 포장을 한다면 과채류의 변파를 일으킬 수 있는 미생물의 활성을 억제하여 과채류의 최초 가치를 보전할 수 있을 것으로 보인다.

제올라이트와 BAAG가 처리된 포장 원지의 항균력

천연 항균제인 BAAG와 가스 흡착 제거제인 제올라이트를

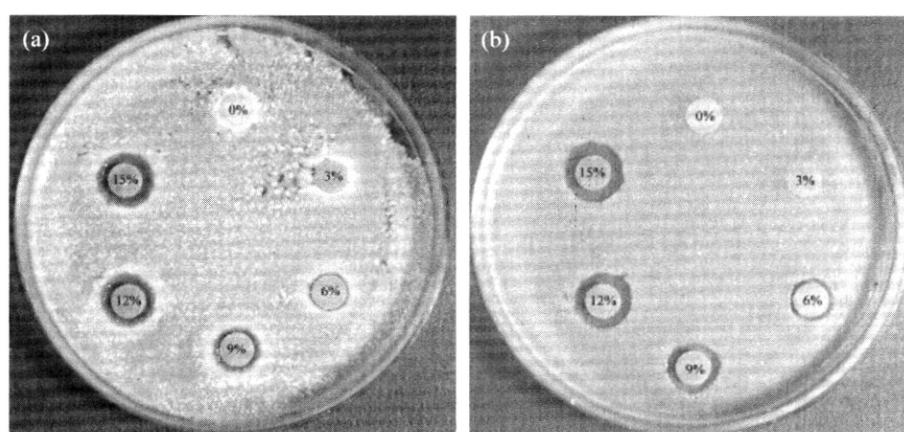


Fig. 3. Inhibitory effect of packaging paper treated with BAAG against yeast and fungi.

The numbers on the specimens show the addition ratios (%) of BAAG from 0 to 15% based on an oven-dried pulp weight.
(a): *Candida albicans*, (b): *Fusarium* sp.

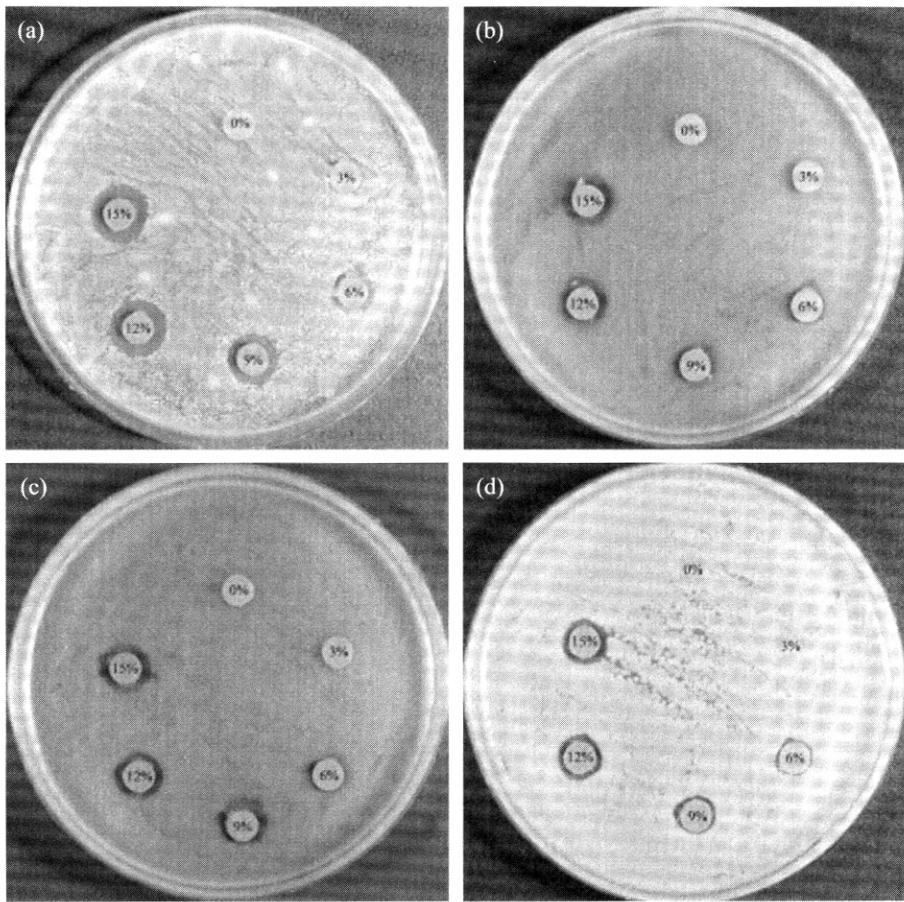


Fig. 4. Inhibitory effect of packaging paper treated with BAAG against gram positive and gram negative bacteria.
The numbers on the specimens show the addition ratios (%) of BAAG from 0 to 15% based on an oven-dried pulp weight.
(a): *Staphylococcus epidermidis*, (b): *Bacillus cereus*, (c): *Escherichia coli*, (d): *Pseudomonas aeruginosa*.

동시에 처리하여 제조한 포장 원지의 항균력을 시험한 결과는 Fig. 5와 같다. BAAG와 제올라이트의 첨가 비율은 포장 원지를 구성하는 페퍼 섬유의 전건 중량(g)에 대하여 각각 0, 3, 4.5 및 6%였다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 BAAG와 제올라이트의 첨가량이 6%일 때부터 생육 저해환이 형성되기 시작하여 첨가량을 9% 및 12%로 증가할수록 저해환의 크기가 커졌다. 포장 원지에 항균력과 가스 흡착력을 부여하기 위하여 제올라이트와 BAAG를 동시에 처리할지라도 제올라이트로 인한 항균 성능의 감소가 전혀 일어나지 않음을 의미한다. 따라서 본 연구를 통하여 BAAG와 제올라이트의 동시 처리를 통한 고기능성 항균 포장 원지 제조가 가능함을 확인할 수 있었다.

기능성 포장지의 가스 제거율 분석

포장 상자에 저장되어 유통되는 과채류의 선도는 과채류의 저장 및 유통 중에 과채류의 호흡에 의해 방출되는 에틸렌가스, 이산화탄소 및 산소와 밀접한 관련이 있다. 일반적으로 과채류는 수확되어 영양 보급이 끊어진 후에도 호흡작용을 계속 하여 과숙을 촉진하는 열과 물, CO_2 , 에틸렌가스와 같은 휘발성 물질을 방출한다. 따라서 수확 후의 청과물에 있어서 부패나 건조 등에 의한 변질을 제외하면 영양성분의 감소나 시들 등 품질 저하의 대부분은 호흡 작용이 원인이 된다. 이러한 호흡 작용은 호흡작용은 온도, 습도, 공기조성, 미생물, 빛, 바람과 같은 환경요인에 의해 좌우되며, 그 중에서도 온도의 영향이 가장 큰 것으로 알려져 있다. 그러나 과채류의 저장 동안에는

CA(controlled atmosphere) 혹은 MA(modified atmosphere) 등의 방법으로 저장 조건의 온도, 습도, 공기 조성을 변화시켜 과채류의 선도를 어느 정도 유지시킬 수 있지만, 유통 중에는 단순히 온도와 습도의 조절에 의존하는 경우가 대부분이기 때문에 공기 조성을 조절하기는 매우 어려운 형편이다. 따라서 유통 중에 물류 유통의 편리함을 위하여 친환경적 포장 도구인 골판지 상자가 사용된다면 과채류의 호흡을 방해할 수 있는 매체가 처리된 포장 상자를 사용하여 선도 유지를 도모하여야 할 것이다. 플라스틱 필름 포장과는 달리 골판지 포장 상자는 친환경적 포장 소재라는 장점이 있지만 투기성이 매우 높기 때문에 과채류의 호흡 활동을 지속적으로 일어나게 한다. 따라서 저장 및 유통 중에 변태성 및 병원성 미생물의 생육을 억제하면서 호흡 작용에 의해 방출되는 가스의 제거가 효과적으로 이루어지는 골판지 상자가 사용되어야 한다. Table 1은 BAAG와 제올라이트 첨가에 따른 기능성 포장 원지의 투기도(air permeability) 및 투습도(water vapor transmission rate, WVTR), 그리고 에틸렌가스의 흡착율 변화를 보여준다. 기능성 포장원지의 에틸렌 가스 제거율은 12.2 ppm의 에틸렌 가스를 포장 원지가 들어 있는 가스 포집병에 투여한 후 24시간 이후에 잔류하고 있는 에틸렌 가스의 양을 나타낸 것이다. 에틸렌 가스에 대한 시험을 통하여 산소 및 이산화탄소에 대한 흡착 제거율도 함께 유추하고자 하였다. Table 1은 BAAG와 제올라이트 첨가량 증가에 따른 투기도와 투습율의 변화를 나타낸 것이다. Table 1에서 보는 바와 같이 기능성 첨가제의 양을 증가

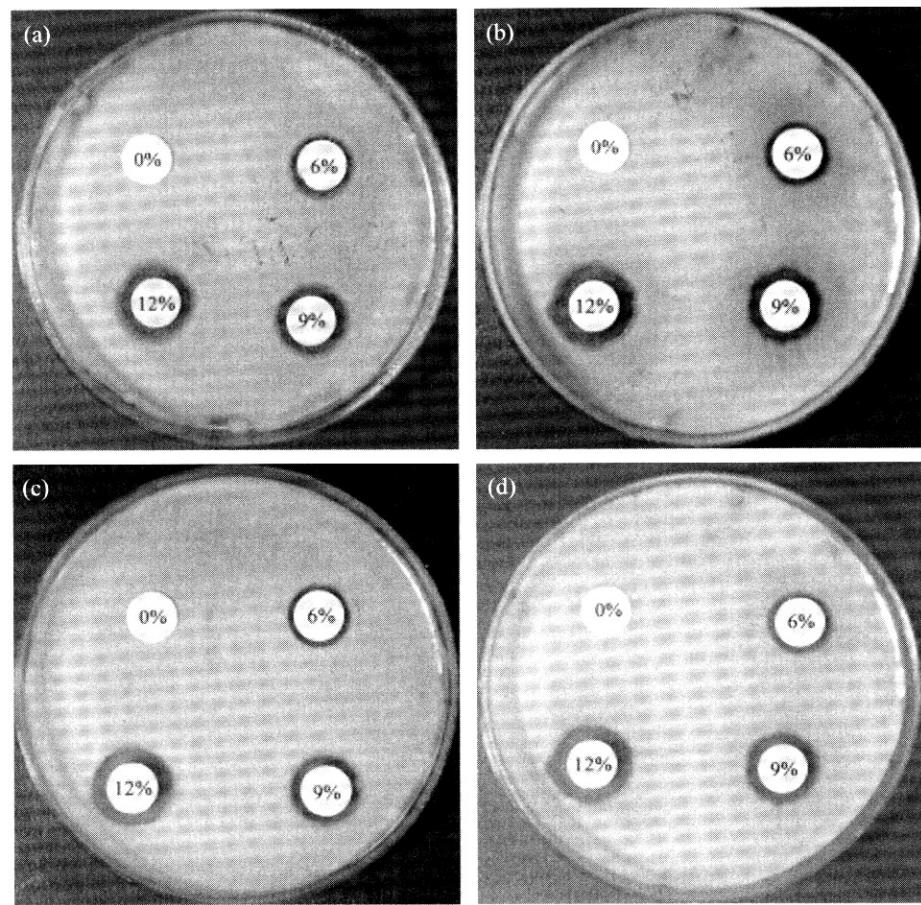


Fig. 5. Inhibitory effect of packaging paper treated with BAAG against putrefactive microorganisms.

The numbers on the specimens show the addition ratios (%) of BAAG from 0 to 12% based on an oven-dried pulp weight.
(a): *Bacillus cereus*, (b): *Pseudomonas aeruginosa*, (c): *Fusarium* sp., (d): *Candida albicans*.

Table 1. Effect of BAAG and zeolite on air permeability, water vapor transmission rate and ethylene gas adsorption rate of packaging paper

BAAG+Zeolite (%) ¹⁾	Air permeability (sec)	Water Vapor Transmission Rate (g/m ² · 24 hr)	Ethylene gas content after 24 hr (ppm)
0%	165.2	350	10.28
6% (BAAG 3+Zeolite 3)	62.2	723	9.30
9% (BAAG 4.5+Zeolite 4.5)	53.8	920	8.00
12% (BAAG 6+Zeolite 6)	31.8	1065	7.66

¹⁾Addition rate is based on oven-dried weight (g) of pulp fibers.

시킴에 따라 포장 원지 내의 공극이 증가하여 100 mL의 공기가 포장 원지를 투과하는 시간(즉, 투기도)가 감소하는 것을 볼 수 있다. 이러한 현상은 투습도(WVTR)에서도 일어나는데, 투습도는 투기도와 밀접한 관련이 있어서 포장 원지의 투기성이 향상되면 투습 효율도 함께 증가하는 것으로 알려져 있는데, Table 1에서도 동일한 현상이 나타나는 것을 쉽게 확인할 수 있다. 이는 기능성 첨가제인 BAAG와 제올라이트가 첨가되면 섬유간 수소결합이 방해를 받아 섬유들 사이의 공극을 증가시키게 된다. 이러한 공극들 사이로 공기나 수증기가 쉽게 통과하여 과채류의 호흡 및 증산 작용을 활발하게 하는 원인을 제공한다. 따라서 단순하게 목재 펄프의 섬유로만 포장 원지를 제조하였을 때는 과채류의 선도가 빠르게 상실되는 현상이 일어나기 때문에 포장 원지의 제조시에 과채류의 호흡 작용을 통하여 방출되는 가스를 제거하면서 동시에 과채류의 수

분을 보유하게 하는 발수 처리가 필요하게 된다. Fig. 6에 기능성 항균 포장 원지의 가스 제거 효율을 나타내었는데, 일정량의 가스가 투입된 병 속에 포장 원지를 넣어 24시간이 지난 후 가스 잔류량을 GC를 통하여 정량한 값을 나타내었다. 기능성 첨가제(즉, 제올라이트)가 첨가되지 않은 일반 포장 원지의 경우에도 어느 정도 가스 함량의 감소가 일어났지만, 제올라이트의 첨가되면서 가스 함량의 감소가 빠르게 진행되었다. 제올라이트가 첨가되지 포장 원지의 경우에는 포장 원지 내에 포함된 수많은 공극 사이에 극소량의 가스 입자들이 포집되어 가스 함량의 감소가 일어난 것으로 보인다. 그러나 제올라이트의 경우에는 고온에서 진공·탈수되어 1,000 m²/g에 이르는 내부의 넓은 표면적을 갖는 세공들을 가지기 때문에 이들 세공을 통해 물분자들이 흡착·제거된다(14,15). 따라서 이러한 제올라이트가 포장지 제조 시 첨가되면 가스 제거에 매우 유용하게

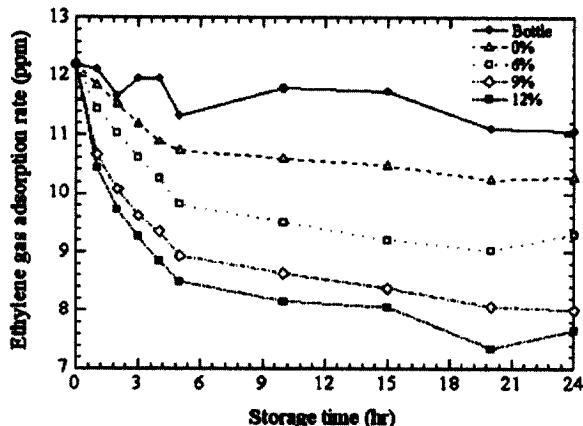


Fig. 6. Effects of BAAG powder on ethylene gas adsorption rate of antimicrobial paper.

사용될 수 있고, Fig. 6에서도 이와 유사한 결과를 확인할 수 있다. Fig. 6에는 가스 포집병에 12.2 ppm의 에틸렌가스와 포장 원지를 함께 넣어 시간 변화에 따른 에틸렌 가스의 농도 변화를 나타내었다. Fig. 6에서 볼 수 있는 바와 같이 가스 포집병에 들어 있는 에틸렌 가스의 농도는 어느 정도 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있지만, 포장 원지가 들어가면서 에틸렌 가스의 농도가 감소하기 시작하였다. 위에서도 지적한 바와 같이 가스 흡착제를 첨가하지 않은 포장 원지도 가스 흡착 능력을 가지지만 일정 시간만 지나면 가스 농도의 변화가 거의 일어나지 않기 때문에 가스 제거 효율이 떨어지게 된다. 반면에 제올라이트가 첨가되면서 포장 원지는 가스 제거 능력이 향상되

면서 시간 경과에 따라 가스 포집병 내의 가스 농도가 가파르게 감소하는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 포장 원지가 과채류의 선도에 유해한 가스를 흡착·제거하는데 효율적으로 이용될 수 있음을 확인되었다.

포장 봉지(packaging bag)에 저장된 귤 선도 평가

단위 포장(item packaging) 및 골판지 상자에 포장된 귤이 일정 저장 기간을 거쳤을 때 미생물이 발생되었는지를 조사하였다. 미생물의 발생 유무는 포장 봉지와 포장 상자를 열어 육안을 통해 조사하였고, 미생물이 발생된 귤의 개수를 세어 변패율을 계산하여 표기하였다. Fig. 7에는 단위 포장 상태에서 15일 동안 저장된 귤에서 나타난 미생물의 발생 유무를 촬영한 사진이다. Fig. 7의 (a)에서 보는 바와 같이 BAAG과 제올라이트를 전혀 첨가하지 않은 일반 포장 원지로 제조한 포장 봉지는 선도 유지 능력이 거의 발현되지 않아 귤의 상당수가 매우 부패되어 있었다. 따라서 전체적인 저장 귤의 외관이 변패 곰팡이에 오염되어 있어 상품 가치가 상당히 훼손되었다. Fig. 7의 (b)에서 나타난 BAAG와 제올라이트가 각각 3%씩 첨가된 포장 봉지에서는 무처리 상태보다는 귤의 저장 상태가 양호하였지만 귤의 변패가 상당히 진행되어 있었다. 그러나 부패된 귤의 상태는 무처리 포장 봉지에 저장된 귤보다는 수축 현상이 다소 자제 일어나는 것으로 부패에 대한 저항성이 발현되기 시작한 것으로 추정되었다. 포장 원지에 BAAG와 제올라이트의 첨가량이 각각 4.5%씩 첨가하였을 때의 저장 귤의 상태가 Fig. 7의 (c)에 나타나 있다. Fig. 7의 (a)와 (b)에서 보여진 것과는 달리 저장 귤의 상태가 매우 양호하고 변패된 귤의 개수도 상당히 감소한 것을 볼 수 있다. Fig. 7의 (d)에서 보는 바

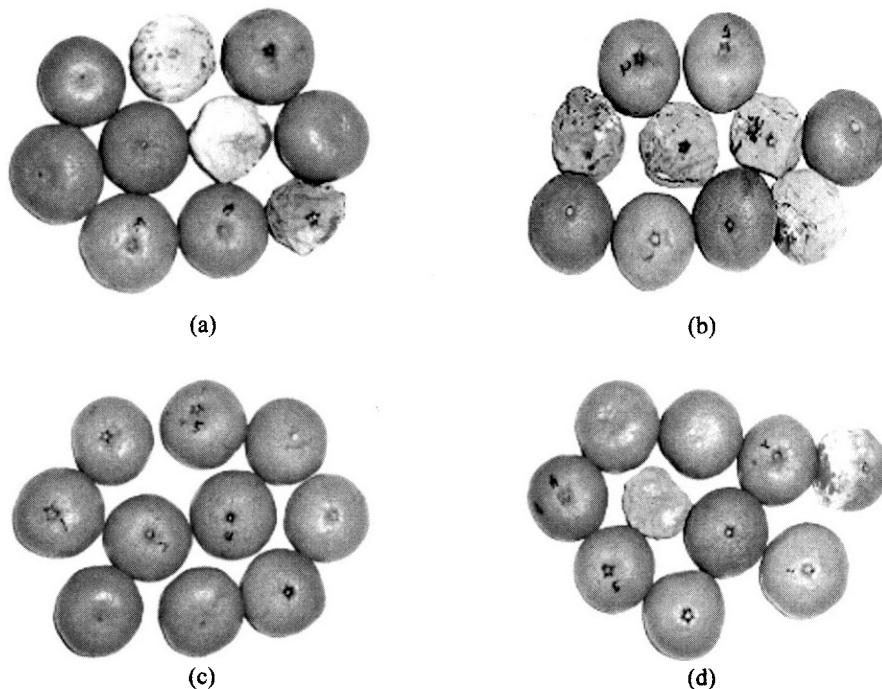


Fig. 7. Mandarin oranges in an antimicrobial packaging bag stored for 15 days.

(a): Control, (b): BAAG 3%+Zeolite 3%, (c): BAAG 4.5%+Zeolite 4.5%, (d): BAAG 6%+Zeolite 6%.

Table 2. Putrefactive ratio of mandarin oranges in an antimicrobial paper bag for 15 days

	Control	6% BAAG(3)+Zeolite(3)	9% BAAG(4.5)+Zeolite(4.5)	12% BAAG(6)+Zeolite(6)
Putrefactive ratio (%)	50	40	20	0

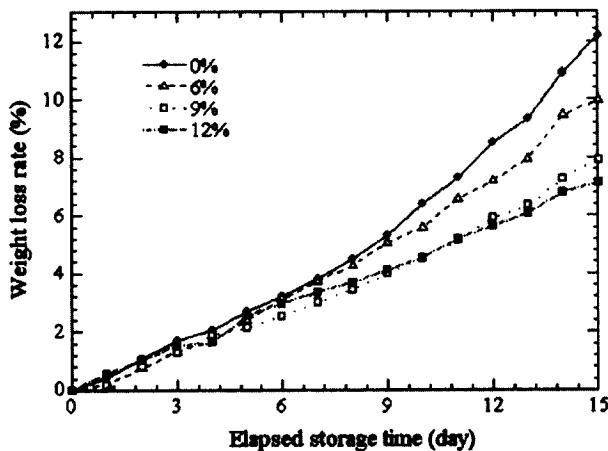


Fig. 8. Rate of weight loss of mandarin oranges in an antimicrobial packaging bag stored for 15 days.

와 같이 포장 원지에 BAAG와 제올라이트를 각각 6%씩 첨가하였을 때는 저장 굴에서 변패가 전혀 일어나지 않았고 저장 초기의 상태를 그대로 간직하고 있었다. 따라서 BAAG와 제올라이트를 포장 원지에 처리하였을 때는 BAAG에 의하여 항균력이 부여되고 제올라이트에 의하여 속성 흐르본인 에틸렌 가스가 흡착 제거되면서 저장 굴이 변패되기 쉬운 환경이 제거된다. 반면에 BAAG와 제올라이트를 처리하지 않은 일반 포장봉지에 저장한 굴에서는 에틸렌 가스를 비롯하여 굴의 호흡 작용을 통하여 방출되는 CO_2 , O_2 등의 조절이 이루어지지 않아 굴 조직의 연화를 촉진하여 변패 미생물의 생육을 촉발한 것으로 보인다. 그러나 저장 조건이 MA나 CA와 같은 보다 제어된 환경 하에서 기능성 포장 원지로 제조된 포장 소재에 굴을 포함한 기타 과채류가 포장되어 저장된다면 더욱 우수한 선도 유지 능력을 발현할 수 있을 것으로 추론할 수 있다. 이상의 결과를 정리하여 Table 2에 항균 포장 원지로 제조된 포장봉지(packaging bag)에 포장되어 저장된 굴들의 변폐율을 나타내었다. Table 2 및 Fig. 7에서 보는 바와 같이 변폐된 굴의 비율은 BAAG와 제올라이트의 첨가 비율이 증가할수록 감소하였다.

Fig. 8에는 포장 봉지에 저장된 굴이 갖는 생체 중량 감소율(weight loss rate) 변화를 나타낸 그래프이다. 저장 시간의 경과에 따라 BAAG와 제올라이트의 처리량에 관계없이 일률적으로 굴의 생체중 감소가 일어났지만, 7일 정도가 경과하면서 BAAG와 제올라이트의 처리 정도에 따라서 생체중 감소율의 정도가 달라지기 시작하였다. BAAG와 제올라이트가 각각 4.5% 이상 첨가된 포장 봉지에 저장된 굴의 생체중은 무처리와 3%씩 처리된 포장 봉지에 저장된 굴의 생체중에 비하여 감소 정도가 훨씬 작았다. 이는 저장 굴의 변폐가 심하게 진행되는 무처리 및 6% 포장 봉지에서 굴 과육 및 과피 조직이 심하게 괴멸되면서 생체중 손실율을 크게 한 것으로 보인다. 이러한 현상은 Table 1에서 확인할 수 있었다.

골판지 상자에 저장된 굴의 선도 평가

BAAG과 제올라이트의 처리 조건에 따라 골판지 상자에 각

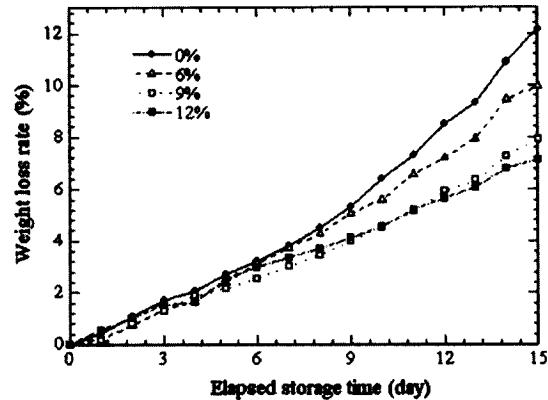


Fig. 9. Rate of weight loss of mandarin oranges in an antimicrobial box stored for 15 days.

20개의 굴을 포장하여 15일 동안 저장한 후 굴의 변폐 정도 및 생체중 변화율을 조사하여 Table 3과 Fig. 9에 나타내었다. 앞서의 포장 봉지 실험에서 같이 무처리 골판지 상자에 저장된 굴이 가장 심한 변폐율을 나타내었고, BAAG와 제올라이트의 처리량을 증가시킬수록 변폐율의 정도가 줄어들었다. 포장봉지(packaging bag)에 저장된 굴들에 비해서 골판지 상자에 저장된 굴의 변폐율이 다소 낮은 것을 알 수 있는데, 이는 포장봉지에 저장된 굴들은 항균 포장지와 직접 접촉하여 변폐 미생물의 생육을 직접 억제할 수는 있지만 포장 원지(평량 200 g/m²)로만 구성되어 있어 호흡 및 증산 작용이 빠르게 일어나 조직의 연화를 촉진하였기 때문에 사료된다. 반면에 골판지 상자에 저장된 굴들은 저장 굴의 개수가 많기 때문에 항균 라이너(antimicrobial liner)와 직접 접촉하지 못하는 굴들이 존재하여 이러한 굴에서부터 변폐가 진행된 것으로 보인다. 굴의 변폐율이 가장 적게 일어나는 처리 조건은 포장 봉지의 조건과 마찬가지로 BAAG와 제올라이트를 각각 6%씩 처리하여 제조한 골판지 상자였다. Fig. 9에서 보는 바와 같이 BAAG와 제올라이트가 각각 4.5% 이상 처리된 이면 라이너로 제조된 골판지 상자에 저장된 굴의 생체중은 무처리와 3%씩 처리된 골판지 상자 보다 그 감소율이 더 낮았다. 즉, BAAG와 제올라이트로 처리된 이면 라이너로 인하여 굴의 저장성이 훨씬 양호해 졌기 때문에 굴의 수분 함유 능력이 향상된 것으로 판단된다.

요약

개발된 항균 포장 원지를 이용하여 포장 봉지(packaging bag)와 골판지 포장 상자(corrugated box)를 제작하였고, 여기에 과채류를 포장하였을 때 일반 포장 봉지나 골판지 상자에서 포장된 과채류 보다 변폐 미생물의 발생이나 생체중 감소가 상당히 줄어들었다. 이는 BAAG에 의해 과채류의 변폐에 관여하는 미생물의 생육을 차단하였고, 제올라이트에 의해 과채류의 조직을 빠르게 연화시키는 기체들인 에틸렌가스, 이산화탄소 및 산소가 제거되었으며, AKD에 의해 과채류가 보유한 수분 손실을 최소한으로 일어나게 하였기 때문이다. 결론적으로

Table 3. Putrefactive ratio of mandarin oranges in an antimicrobial corrugated box for 15 days

	Control	6% BAAG(3)+Zeolite(3)	9% BAAG(4.5)+Zeolite(4.5)	12% BAAG(6)+Zeolite(6)
Putrefactive ratio (%)	35	20	10	5

BAAG 제올라이트, 그리고 AKD로 처리된 포장 원지를 이용하여 제작한 포장대(packaging bag)과 골판지 포장 상자는 저장 과채류의 선도를 유지하는 데 탁월한 효과를 발휘하였고, 기능성 첨가제의 처리로 인한 제조 원가의 상승은 폐기 과채류의 양이 감소하면서 상쇄시킬 수 있었다. 따라서 일반 골판지 상자에 저장된 과채류보다는 기능성 골판지 상자에 저장하는 방법이 보다 경제적인 저장 방법이 될 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 논문은 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구비지원에 의해 수행된 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Cho BM. Market trend of corrugated cardboard industry, Packaging World, Sept. pp. 60-68 (2002)
2. Zaika LL. Spices and herbs; their antimicrobial activity and its determination. J. Food Safety 9: 97-101(1988)
3. Kurita N, Miyaji M, Kurane R, Takahara Y, Ichimura K. Antifungal activity and molecular orbital energies of aldehyde compounds from oils of higher plants. Biol. Chem. 43: 2365-2369 (1979)
4. Marwan AG, Nagel CW. Microbial inhibitors in cranberries. J. Food Sci. 51: 1009-1012 (1986)
5. Ross ZM, O'gara EA, Hill DJ, Sleighholme HV, Maslin DJ. Antimicrobial properties of garlic oil against human enteric bacteria, Evaluation of methodologies and comparisons with garlic oil sulfides and garlic powder. Appl. Environm. Microbiol. 67: 475-480 (2001)
6. Kim GS, Seong JD, Park SY, Oh SR, Kwack YH. Steroidal saponins from the rhizomes of asparagus oligoclonos and their antibacterial activity. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 43: 136-140 (2000)
7. Jung JH, Cho SH. Effect of steeping treatment in the natural antimicrobial agent solution on the quality control of processed tofu. Korean J. Food Preserv. 10: 41-46 (2003)
8. Jung JH, Cho SH. Antimicrobial antioxidant effect of botanical antimicrobial agent-citrus product on Pollack or Ascidian fish-meat. Korean J. Food Preserv. 10: 401-405 (2003)
9. Luo Y, Mikitzel LJ. Extension of postharvest life of bell peppers with low oxygen. J. Sci. Food Agric 70: 115-119 (1996)
10. Barrer RM, Porous C. A perspective. pp. 1080-1091. In: Proc. 7th Int. Zeolite Conference. Murakami Y, Iijima A, Ward JW (ed). Kodansha Co., Tokyo, Japan (1986)
11. Li C, Kader AA. Residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality of strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114: 629-634 (1989)
12. Kader AA. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technol. 40: 99-104 (1986)
13. Brackett RE. Influence of modified atmosphere packaging on the microflora and quality of fresh bell peppers. J. Food Prot. 53: 255-257 (1990)
14. Baeer AW, Kirby W. MM, Sherris JC, Turck M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. Tech. Bull. Registry Medl. Technol. 36: 493-497 (1966)
15. Harben, PW. The Industrial Minerals Handbook. Hodings Corp, NY, USA pp. 250-260 (1998)

(2004년 8월 9일 접수; 2005년 2월 7일 접수)