

기능성 포장원지의 물성변화 및 내수성 분석

김철환* · 조성환**

경상대학교 임산공학과*, 경상대학교 식품공학과 · 경상대학교 농업생명과학연구원**

Analysis of Physical Properties and Water Repellency Property in Functional Packaging Paper

Chul-Hwan Kim* and Sung-Hwan Cho**

*Department of Forest Products, Gyeongsang National University

**Department of Food Science and Technology, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University,
Jinju 660-701, Korea

Abstract Functional packaging paper containing botanical antimicrobial agent (BAAG) and inorganic zeolite was developed for antimicrobial activity and adsorption of ethylene gas of the paper. The physical properties of the packaging paper showed different characteristics with addition of BAAG and functional fillers: both tensile strength and burst strength were decreased, but both stiffness and tear strength were slightly increased. Zeolite also contributed to fast removal of ethylene gas known as aging hormone of fruits and vegetables. Alkyl ketene dimer (AKD) was greatly effective to endow the packaging paper with water repellency property.

Key Words Functional packaging paper, BAAG, Zeolite, Ethylene gas, AKD

서 론

농산물의 포장화율은 1998년 평균 75%에서 2006년에는 약 94%까지 증가하여 왔고, 일부 품목에서는 거의 100%에 이를 정도로 높은 포장화율을 보이고 있다. 포장의 형태는 주로 골판지 상자를 이용한 포장 방법이 이용되고 있고, 일부에서는 PE 필름 포장을 병행하고 있다. 따라서 대부분의 포장과 관련된 연구는 외부 충격으로부터 포장 물품을 보호한다는 일차적인 포장 목적과 관련되어 있는 골판지 포장 상자의 압축강도나 파열강도 향상과 관한 것에 치중되어 있다. 그러나, 수출 농산물의 경우 잔류 농약이나 변패 농산물의 유무 등에 따라 수출용 농산물의 신뢰도가 상당히 좌우되기 때문에 저장 또는 운송 동안에 포장된 농산물의 선도를 유지하는 것이 무엇보다 중요한 과제이다. 수확 후의 농산물 또는 과채류의 선도 유지를 목적으로 인체에 무해하면서도 우수한 항균력을 지니는 기능성 소재가 개발

되면 이들 항균제가 저장 및 유통 중인 과채류의 선도 유지에 적합하게 사용될 수 있는 방법을 강구하여야 한다. 최근, PE나 PP 필름에 천연 항균제나 기타 무기계 첨가제를 처리한 포장 소재가 양산되고 있지만 향후 사용이 금지될 것으로 예상되어 이들 고분자 소재에 대한 이용은 바람직하지 않다. 일본, 호주 등을 중심으로 선도 유지용 포장 소재가 많이 개발되어 사용되고 있지만 이들 소재들 역시도 대체로 플라스틱 필름에 주로 의존하고 있다. 농산물 또는 과채류의 선도 유지를 목적으로 포장 소재가 새로이 개발된다면 난분해성 소재인 플라스틱 필름 사용을 지양하고, 환경친화적 소재인 지류 포장소재를 사용하는 것이 많은 호응을 얻게 될 것이다. 이와같은 상황에 따라, 기능성 포장지나 골판지가 세계 각국에서 생산되고 있지만, 기능성 소재 개발과 관련된 자료는 해당 기업의 핵심 기술에 해당되기 때문에 기술자료를 참고하기 힘든 입장이다(Shin, 2002). 기능성 포장소재의 개발을 목적으로 본 연구진도 인체에 무해하면서 동시에 강한 항균력을 나타내는 천연 식물성 항균 소재를 개발하고, 이를 지류 포장 원지의 제조 시에 처리함으로써 환경친화적 신소재 포장 원지를 개발하여 보고한 바 있다(Cho *et al.*, 2005a; Cho *et al.*, 2005b). 본

†Corresponding Author :Sung-Hwan Cho
Dept. Food Science and Technology, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea
E-mail : <sunghcho@gsnu.ac.kr>

연구에서는 zeolite를 첨가하여 저장 과채류가 발생하는 에틸렌 가스를 제거하고, alkyl ketene dimer(AKD)와 같은 내수화제를 첨가하여 포장지가 과채류가 보유하고 있는 수분손실을 최소한으로 일어나게 하는 결과를 획득하였기에 이를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 지료 조성

포장 원지의 제조를 위해 (주)동해펄프에서 생산하는 미표백 활엽수 크라프트 펄프(Hardwood Unbleached Kraft Pulp, HwUKP)와 국내산 골판지 고지(Korean Old Corrugated Container, KOCC)를 사용하였다. 포장 원지의 제조를 위한 지료 조성 공정은 전보(Cho *et al.*, 2005a)의 방법에 따라, TAPPI Standard Method T200 sp-96에 의하여 수행하였다. 즉, HwUKP와 KOCC는 1.57%의 농도가 되도록 4시간 이상 물에 침지시킨 후 실험실용 Valley beater에서 약 5~10분간 해리 하였다. 이중 해리된 HwUKP는 Valley beater에 5.6 kg의 추를 달고 여수도(freeness)가 350 mL CSF (Canadian Standard Freeness)될 때까지 고해하였다. 해리 및 고해된 지료는 0.3% 농도로 희석하여 초지에 이용하였다.

2. 기능성 포장소재 배합

본 실험에서 향균 포장 원지 개발을 위해 사용된 천연 식물성 향균소재는 전보(Cho *et al.*, 2005b)에서 탁월한 항균효과를 확인할 수 있었던 자몽종자 추출물(Grapefruit seed extract: GFSE)을 개량한 것을 사용하였다. 즉, 외국산 자몽을 구입하여 그 과육부를 분리한 종자들을 수거하여 60°C~70°C의 건조실에서 drum-drying을 행하여 건조시킨 후, milling system으로 80~120 mesh 크기로 분쇄하고 감압추출장치를 이용하여 glycerine을 추출용매로 연속 추출하고, 충분히시켜 자몽종자추출물(Grapefruit seed extract)을 수 집하였다. 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 agent-GFSE mixture: 이하 BAAG라 칭함) 향균력 실험원액으로 사용하였다. 분말 형태의 향균제를 사용하기 위해서는 상기 BAAC 원액과 식품 첨가물용 CaCO₃을 50:50(v/v)의 조성 비율로 혼합하여 동결 건조시킨 후 분말 형태로 조제한 것을 사용하였다. 분말상의 BAAG가 갖는 입자 크기 분포를 알아보기 위하여 MALVERN Instruments사의 MasterSizer E를 이용하였다. 또한 BAA는 탄산칼슘의 분말 형태로 사용되기 때문에 포장 원지의 초지 시에 지료 상에 보류되기가 힘들다. 따라서 BAAG 분말을 섬유 상에 보류시키기 위하여 한국

BASF사에 공급하는 cationic polyacrylamide(이하 Ca-PAM)를 보류항상제로 사용하였다. 초지 중에 첨가된 BAAG와 Ca-PAM의 조성은 각각 3%와 0.02%이었다. 펄프 지료에 BAAG를 첨가하기 전에 BAAG의 균일한 분산을 위하여 일정량의 증류수에 정해진 양의 BAAG를 넣고 균질 교반기(homogenizer)로 분산시켰다. 균질 분산된 BAAG와 Ca-PAM을 펄프 지료에 함께 넣고 교반기에서 800 rpm의 속도로 균일하게 혼합시켰다. 또한 가스 흡착 제거 성능을 부여하기 위하여 zeolite(3%)를 BAAG와 함께 첨가하였다.

3. 기능성 포장원지 제조

TAPPI Standard T 205 sp-95에 기초하여 포장원지를 실험실용 사각 수초지기를 이용하여 초지(papermaking)하였다. 즉, 일정량의 지료 현탁액을 취하여 80 mesh 와이어가 놓여진 사각 수초지기(250 × 250 mm)에 넣고 분산기(baffle)로 균일하게 혼합한 후 감압을 통해 물을 제거하여 습윤 매트를 형성하였다. 이 때 포장 원지에 발수성을 부여하고자 할 때에는 중성 사이즈제인 Alkyl Ketene Dimer (AKD)를 펄프 섬유에 전 건조량에 대하여 0.3% 첨가하여 지료 현탁액을 조성하였다. 와이어 상에 형성된 지료 매트가 함유하고 있는 과량의 물은 흡습지(blotting paper)를 매트 상에 올려놓고 카우치 롤(couch roll)을 일정 횟수 왕복시켜 흡수·제거하였다. 카우칭된 습윤 시트는 건조된 흡습지가 아래위로 놓여진 표준 압착기(papermaking press)에 올려놓고 3.5 kgf/cm²의 압력으로 5분간 압착하여 섬유간의 수소결합을 유도하였다. 압착된 원지 시트는 105 ± 3°C로 조절된 드럼 건조기에서 통과시켜 완전 건조된 포장원지를 제조하였다(Cho *et al.*, 2005a).

4. 기능성 포장소재의 보류율 측정

지료내 기능성 포장소재의 보류 정도를 시험하기 위하여 TAPPI Standard Methods T 413 om-93에 의거하여 포장 원지의 회분 함량으로 측정하였다(Cho *et al.*, 2005a). 즉, 회분 측정용 회화로(muffle furnace)에서 기능성 포장소재가 포함된 포장원지를 525°C의 온도에서 30분간 완전 연소시킨 후 잔류하고 있는 회분의 중량을 측정하여 그 함량비를 계산한다. 즉, 525°C의 온도에서 기능성 포장소재를 첨가하지 않고 펄프 섬유로만 초지한 포장원지 약 1g을 완전 연소시킨 후 소수점 4자리까지의 질량을 측정하였다. 그 후 기능성 포장소재를 첨가하여 초지한 포장원지 약 1g을 525°C의 온도에서 완전 연소시킨 후 남은 회분의 질량을 측정하였다.

5. 포장원지의 물성 시험

향균 포장 원지의 물성 시험은 전보(Kim *et al.*, 2003a; Kim *et al.*, 2003b; Lee *et al.*, 2003)에 근거하여 TAPPI Test

시험방법에 준하여 실시하였다. 각각의 포장원지는 TAPPI Standard T402 om-88에 따라 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $50 \pm 2\%$ 로 조절된 항온 항습실에서 24시간 이상 조습처리를 실시한 후 물리적 성질을 측정하였다. 물성 시험의 항목으로 투기도(air permeability), 투습도(water vapor transmission rate, WVTR), 인장강도(tensile strength, T 494 om-01), 인열강도(tearing resistance, T 414 om-04) 및 파열강도(bursting strength, T 403 om-02), 강성(stiffness, T 489 om-04)을 측정하여 포장 원지의 강도적 성질을 평가하였으며, 접촉각을 측정하여 포장 원지의 발수성을 평가하였다.

6. 기능성 포장원지의 ethylene 가스 제거율 시험

포장원지의 가스 흡착 효율을 시험하기 위하여 Fig. 1과 같이 1,000 mL 용량의 유리병에 일정한 중량의 포장원지를 넣고 밀봉한 후 병의 마개에 장착된 가스 주입구를 통하여 일정 농도의 ethylene가스를 gas-tight syringe를 이용하여 주입하였다. 시간에 따른 포장원지의 ethylene 제거 효율은 포장 원지가 들어 있는 병 내부의 ethylene가스 농도 변화를 Gas Chromatography (Model 860D, Young-In Co.,



Fig. 1. Test bottle used for determining the adsorption efficiency of ethylene gas of packaging paper.

Korea) 통하여 측정하여 결정하였다. 이 때 사용한 column은 CTR I (Alltech Associates Inc., U.S.A.)이며, 검출기는 TCD detector였다. oven의 온도는 40°C , 인젝터는 70°C , 검출기는 90°C 로 하며, 운반 기체로 사용한 He의 이동 속도는 40 mL/min 로 하였다.

7. 골판지 포장 상자의 제작

기능성 포장원지를 활용하여 전보(Cho *et al.*, 2005b)에 준하여 골판지 상자를 제조하였다. 즉, 골(flute) 형태를 A 골로 하여 $23 \times 23 \times 22 \text{ cm}$ 의 크기로 항균 상자를 제조하였다. 본 연구에서 사용한 양면 골판지(Single wall corrugated board)의 구조의 경우, 라이너 중에서는 골판지 상자의 안쪽에 해당하는 이면 라이너에 항균 처리한 포장원지를 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 기능성 포장소재 분말의 보류율

기능성 포장소재 분말의 포장원지내 보류된 비율을 확인하기 위하여 회분함량(ash content, %)를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 즉, 회분 함량이 많으면 많을수록 펄프 섬유 상에 정착한 무기 첨가물, 즉 기능성 포장소재의 양이 증가하는 것을 나타낸다. 기능성 포장소재의 첨가량을 증가시킬수록 회분 함량이 증가하고 있는 것으로 보아 기능성 포장소재의 보류를 향상시키기 위해 사용된 Ca-PAM이 섬유 네트워크 내에 기능성포장소재를 정착시키는데 매우 효과적인 보류향상제로서의 역할을 하였다. 이는 전보(Cho *et al.*, 2005a)의 실험결과에 나타낸 바와 같이, Ca-PAM이 표면에 음(-)전하를 띠는 BAAG 항균제를 포집하여 음(-)전하를 띠는 섬유 상에 정착시킴으로써 항균 효과를 발현시킴을 의미하는 것이다. 또한 zeolite와 항균제 분말을 동시에 처리한 포장원지의 경우에는 항균제 분말을 처리한 경우보다 회분 함량이 훨씬 많이 검출되었다. 그러나 Fig. 2에서 보는 바와 같이 입자의 형상이 정육면체이고, 입자의 크기도 전보(Cho *et al.*, 2005a)의 BAAG 분말 입자들에 비하여 훨씬 컸다. 따라서 이렇게 큰 입자들을 초지 공정에 사용하게

Table 1. Ash contents of packaging paper added with BAAG derivatives and zeolite

BAAG	Addition rate(%)* based on OD pulp wt.	0	3	6	9	12	15	
	Ash content(%)	0	0.64	2.03	3.03	4.20	5.07	
BAAG + Zeolite	Zeolite addition rate(%)* based on OD pulp wt.	0	3	6	9	12	-	
	Ash content (%)	BAAG 0%*	0	2.93	3.49	6.17	9.93	-
		BAAG 3%	0	2.26	4.64	6.90	11.57	-
		BAAG 6%	0	2.24	4.68	10.93	13.66	-
		BAAG 9%	0	3.06	4.35	7.64	13.81	-
		BAAG 12%	0	3.06	5.63	8.98	10.53	-

*Concentration(%) of BAAG-diluted liquid.

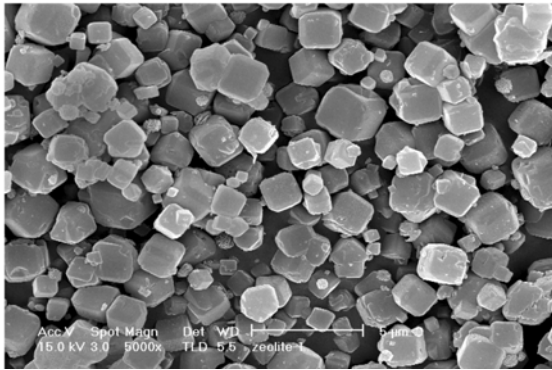


Fig. 2. Scanning Electron Micrograph of zeolite(×5000).

되던 초지기 금망(wire)의 마모, 지층 불량 등의 문제를 일으킬 수 있기 때문에 zeolite를 잘게 분쇄하여 100 mesh 스크린을 통과하는 것만 취하여 가스 흡착제로 사용하였다.

2. 기능성 포장소재 첨가에 따른 포장지의 물성 변화

기능성 포장소재 개발을 위해 첨가된 기능성 소재는 분말형이기 때문에 섬유간 수소 결합에 의존하는 포장지의 물리·강도적 성질에 나쁜 영향을 받게 된다. 따라서 포장지의 물리·강도적 성질에 미치는 영향을 최소화하는 상태에서 기능성 포장소재가 첨가되어야 한다. Table 2에는 분말형 항균제와 zeolite를 지료에 첨가하여 포장원지를 제조하였을 때 기능성 포장소재 첨가 수준별 포장지의 물성 변화를 나타내었다.

인장강도(tensile strength)와 파열강도(burst strength)는 기능성 포장소재를 첨가하지 않았을 때보다 다소 감소하는 경향을 나타내었고, 반면에 강성(stiffness)과 인열강도(tear strength)는 기능성 포장소재를 첨가하지 않았을 때보다 증가하는 경향을 나타내었다. 종이의 강도는 섬유간 수소결합(interfiber bonding)에 의하여 영향을 받지만 무기 충전제(inorganic fillers)가 지료에 첨가되면 이웃한 섬유들 사이에 기능성 포장소재 분말이 들어가 섬유간 결합을 방해하게 된다(Niskanen, 2000). 특히 인장강도와 파열강도는 Table 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 무기 첨가제에 의해 민감하게 영향을 받게 되어 무기 충전제가 첨가되면 인장 및 파열강도가 감소하게 된다. 기능성 포장소재가 펄프 섬유의 전건 중량에 대하여 9%까지 첨가되었을 때 인장 및 파열강도가 감소를 보이지만 그 이상의 첨가량에서는 감소 경향이 사

라지는 것을 볼 수 있다. 무기 충전제의 입자 크기 또한 섬유간 수소결합에 영향을 미치게 되는데, 충전제 입자 크기가 작아질수록 강도적 성질에 부정적인 영향을 미친다. 그러나 기능성 포장소재 분말은 일반 제지용 충전제 입자들에 비하여 더 크기 때문에 기능성 첨가제 분말의 첨가량을 증가시킬지라도 포장 원지의 강도적 성질에 미치는 영향이 미미하게 나타난 것으로 보인다. 따라서 기능성 포장소재 분말의 첨가로 인하여 발생할 수 있는 골판지 상자의 라이너나 단위 포장용(item packaging) 포장지의 강도적 성질의 감소 현상이 미미할 것으로 판단되었다. 반면에 휨 강성과 인열강도는 인장 및 파열강도에 비해 충전제에 의한 영향을 훨씬 적게 받는다. Table 2에서 보는 바와 같이, 인열강도의 경우에는 인열시 적용되는 힘의 전달이 충전제 입자들에 의해 방해받지 않아 충전제를 첨가하지 않았을 때보다 오히려 인열강도가 더욱 증가하는 경향을 보이게 되지만 첨가 이후에는 기능성 포장소재의 첨가량을 증가시킬지라도 큰 변화를 보이지 않았다. 휨 강성의 경우에는 기능성 포장소재의 첨가와 함께 동일 평량의 포장원지를 구성하는데 필요한 섬유의 양이 상대적으로 감소하게 되면서 휨 저항성(bending stiffness)을 증가시키는데 기여한 것으로 생각된다. 골판지 포장상자의 적재시 골판지 상자의 무게로 인하여 골판지 상자가 찌그러지는 현상이 발생하는데, 휨 강성의 결과를 통해 볼 때 기능성 포장소재의 첨가로 인하여 이러한 문제가 거의 일어나지 않을 것으로 추정할 수 있다(Paulapuro, 2000). 결론적으로 필기 및 인쇄 용지의 제조시 첨가되는 충전제가 종이 강도에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있지만 기능성 포장지 제조에 사용되는 기능성 포장소재 분말은 종이의 물성 열화에 미치는 영향이 크지 않는 것으로 나타났다. 오히려 골판지 포장상자의 중요한 물성의 하나인 휨 강성의 상승 효과를 가져 왔다.

3. 기능성 포장지의 가스 제거율 분석

일반적으로 과채류는 수확되어 영양 보급이 끊어진 후에도 호흡작용을 계속하여 과숙을 촉진하는 열과 H₂O, CO₂, ethylene가스와 같은 휘발성물질을 방출한다. 수확 후의 청과물에 있어서 부패나 건조 등에 의한 변질 이외에도 영양 성분이 감소하거나 조직열화 등으로 품질이 저하하는 현상은 호흡 작용이 원인이 되기도 한다. 이러한 호흡 작용은 호흡작용은 온도, 습도, 공기조성, 미생물, 빛, 바람과 같은

Table 2. Physical properties of functional packaging papers

BAAG+Zeolite (%)*	Tensile strength (kNm/g)	Stiffness (mN)	Burst strength (kPa g/m ²)	Tear strength (mN m ² /g)
0%	0.36	0.03	5.17	1875
6% (BAAG 3 + Zeolite 3)	0.33	0.05	4.50	2275
9% (BAAG 4.5 + Zeolite 4.5)	0.26	0.05	3.16	2307
12% (BAAG 4.5 + Zeolite 4.5)	0.27	0.05	3.19	2346

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

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 사용된다고 가정한다면 과채류의 호흡을 방해할 수 있는 매체가 처리된 포장상자를 사용하여 선도 유지를 도모하여야 할 것이다. 플라스틱 필름 포장과는 달리 골판지 포장상자는 친환경적 포장 소재라는 장점이 있지만 투기성이 매우 높기 때문에 과채류의 호흡 활동을 지속적으로 일어나게 한다. 따라서 저장 및 유통 중에 변패성 및 병원성 미생물의 생육을 억제하면서 호흡 작용에 의해 방출되는 가스의 제거가 효과적으로 이루어지는 골판지 상자가 사용되어야 한다. Fig. 3 및 Table 3은 기능성 포장소재 첨가에 따른 포장 원지의 투기도(air permeability), 투습도(water vapor transmission rate, WVTR), 및 ethylene가스의 흡착을 변화를 보여 준다. Fig. 3에서

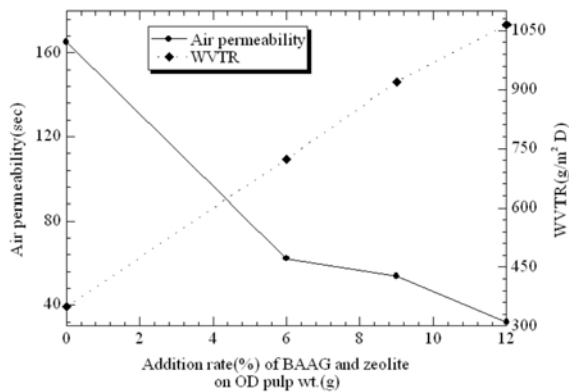


Fig. 3. Effects of BAAG and zeolite powder on air permeability, and water vapor transmission rate of functional packaging paper.

보는 바와 같이, 기능성 포장소재의 양을 증가시킴에 따라 포장 원지 내의 공극이 증가하여 100 mL의 공기가 포장원지를 투과하는 시간(투기도)이 감소하는 것을 볼 수 있다. 이러한 현상은 투습도에서도 일어나는데, 투습도는 투기도와 밀접한 관련이 있어서 포장원지의 투기성이 향상되면 투습 효율도 함께 증가하는 것으로 알려져 있는데, Fig. 3의 투습도 그래프에서도 동일한 현상이 나타나는 것을 쉽게 확인할 수 있다. 이는 기능성 포장소재가 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, 단순히 목재 펄프의 섬유들만으로 포장 원지를 제조하였을 때는 과채류의 선도가 빠르게 상실되는 현상이 일어나기 때문에 포장 원지의 제조시에 과채류의 호흡 작용을 통하여 방출되는 가스를 제거하면서 동시에 과채류의 수분을 보유하게 하는 발수처리가 필요하게 된다.

한편, 가스 포집병에 ethylene가스와 포장 원지를 함께 넣어 시간 변화에 따른 ethylene 가스의 농도 변화를 나타낸 결과는 Table 3과 같다. Table 3에서 볼 수 있는 바와 같이 가스 포집병에 들어 있는 ethylene 가스의 농도는 어느 정도 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있지만, 포장원지가 들어가면서 ethylene 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, zeolite가 첨가되면서 포장원지는 가스 제거 능력이 향상되면서 시간 경과에 따라 가스 포집병 내의 가스 농도가 가파르게 감소하는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 포장 원지가 과채류의 선도에 유해한 가스를 흡착제거하는데 효율적으로 이용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

4. 기능성 포장지의 내수성 분석

수분을 함유하고 있는 과채류를 포장할 때에는 포장소재

Table 3. Change of ethylene gas content in a bottle containing functional packaging paper

Storage time (hr)	Bottle	0%	6%	9%	12%
0	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2
1	12.115	11.842	11.448	10.662	10.429
2	11.658	11.516	11.02	10.069	9.717
3	11.953	11.189	10.611	9.614	9.254
4	11.959	10.877	10.254	9.349	8.838
5	11.324	10.727	9.807	8.93	8.493
10	11.788	10.588	9.504	8.63	8.155
15	11.737	10.476	9.208	8.382	8.055
20	11.107	10.229	9.025	8.061	7.341
24	11.057	10.278	9.301	8	7.656

도표 1. KS M7057에 근거한 과채류 포장상자의 내부 liner의 발수도 조건

발수도	포장 농산물
R2 이상	건조된 농산물로서 PE대, PP대 등으로 속포장하여 내용물의 수분이 겉포장에 영향을 거의 미치지 않는 농산물 (예: 쌀, 콩, 들깨, 참깨, 땅콩 등)
R4 이상	① 수분 증발과 호흡 작용이 대체로 적은 농산물 (예: 사과, 배, 오이, 호박, 양파 등) ② 수분과 호흡 작용이 과다하나 겉포장 보호를 위하여 PE대 등으로 속포장한 농산물 (예: 상추, 깻잎, 두릅 등)
R6 이상	① 수분과 호흡 작용이 과다하여 내용물의 수분이 겉포장 상자에 영향을 미칠 우려가 있는 농산물 (예: 감자, 고구마, 시금치, 파, 딸기 등) ② PE대 등으로 속포장하여도 수분이 겉포장 상자에 영향을 미칠 우려가 있는 농산물 (예: 미나리)

로 사용되는 포장 봉지(packaging bag)나 포장상자가 내수성을 나타내지 않으면 포장소재가 포장된 과채류의 수분을 흡수하여 과채류의 선도를 떨어뜨리게 한다. 일반적으로 과채류의 포장에 골판지 상자를 사용할 경우에는 포장되는 과채류의 종류 및 특성에 따라 이면 라이너(inner liner)는 일정 수준 이상의 발수도(water repellency value, WRV)를 나타내어야 한다. 정부 관계기관에서 예시하고 있는 내용은 도표 1과 같으며, 이 도표에 나타나 있는 바와 같이, 곡물 및 과채류를 포장할 때에는 골판지 상자의 라이너는 R2-R6 수준의 발수도를 가져야 한다. 그러나 R2나 R4 수준의 발수도를 처리하는 것은 어렵지 않지만 R6 이상의 발수도를 얻고자 할 때에는 고도의 내수성을 발현시킬 수 있는 사이즈제(sizing agent)를 처리하여야 한다. 이러한 사이즈제(혹은 발수제)는 석유계 wax나 paraffin, 지방산 유도체, 합성수지, silicon, Cr 착염 등을 주성분으로 하고 있지만 가격 문제로 인하여 크라프트지 및 골판지 라이너에는 왁스계가 주로 사용된다. 그러나 왁스계 발수제를 사용하여 내수처리

를 할 경우 골판지 고지의 재사용에 장애를 초래하기 때문에 제한된 용도에 사용하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 골판지 상자의 이면 라이너에만 발수처리를 가하여 저장 혹은 유통 중에 골판지 상자에 포장된 과채류가 보유한 수분이 감소되는 것을 억제하고자 하였다. 본 연구에서 포장원지에 대하여 Alkyl ketene dimer (AKD)를 처리(발수처리)하여 포장 원지에 내수성을 부여하였다. 발수도(또는 내수성)는 AMS-2001 (Mirero Co., Korea)을 이용한 접촉각 측정을 통하여 분석하였다. Fig. 4에 보는 바와 같이, AKD가 처리되지 않은 골판지 라이너에서는 접촉각이 거의 형성되지 않는 것을 볼 수 있고, AKD가 0.3%가 첨가되면서부터 접촉각이 일정한 각을 이루면서 포장원지 상에 형성되는 것을 확인할 수 있다. 보통 접촉각이 90° 이상이 되면 일정 수준 이상의 내수성을 나타내는데, 90° 미만에서는 침투, 젖음 현상이 발생한다. AKD 0.6% 이상에서는 접촉각 90° 이상을 나타내어 포장지가 과채류가 보유한 수분을 흡수하여 골판지의 강도를 감소시키는 현

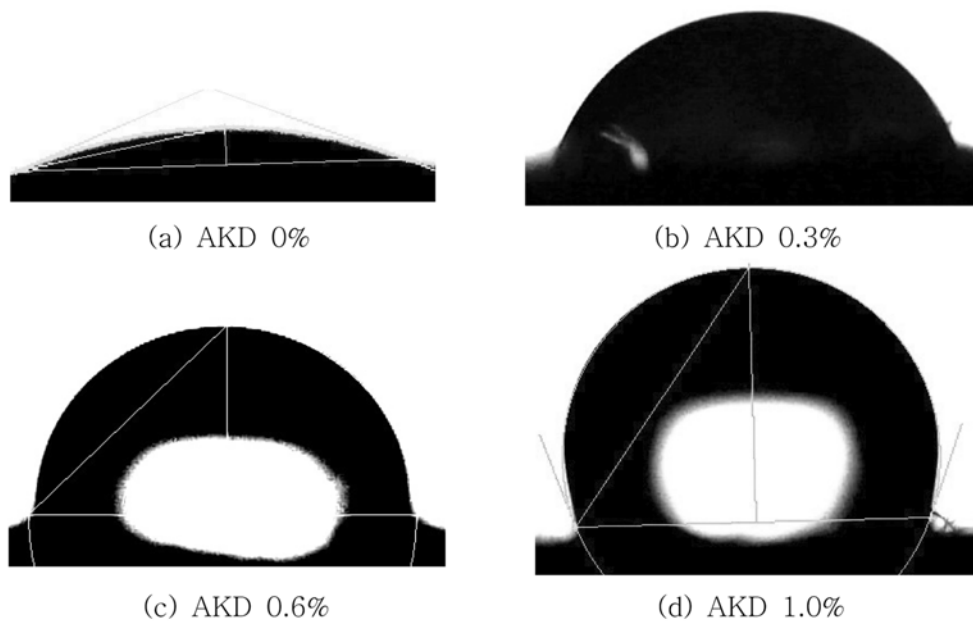


Fig. 4. Contact angles of packaging paper showing water repellency degree.

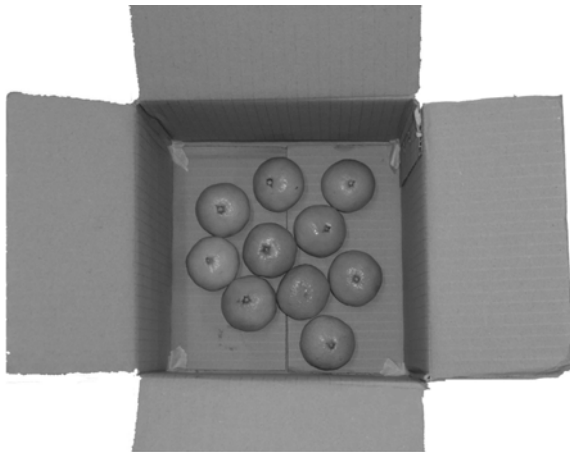


Fig. 5. Mandarin oranges packed by a corrugated box made of functional packaging paper.

상을 지연시킬 수 있을 것으로 짐작할 수 있었다.

5. 제작된 골판지 포장상자의 활용

본 연구에서 개발한 항균 및 가스조절기능과 내수성을 가지는 기능성 포장원지로 제작된 골판지 포장상자는 Fig. 5와 같다. 본 연구진에서는 전보(Cho *et al.*, 2005b; Park *et al.*, 2006)에서 이와같이 제작된 포장상자를 활용하여 감귤의 선도를 유지하는데 탁월한 효과를 발휘하였고, 기능성 첨가제의 처리로 인한 제조원가의 상승은 폐기 감귤의 양이 감소하면서 상쇄시킬 수 있었다. 따라서, 생산된 기능성 포장원지나 포장상자를 이용하여 적용 가능한 농산물 또는 과채류의 선도를 향상시킬 수 있는 지속적인 연구가 수행된다면 기능성 포장원지의 수요를 극대화할 수 있을 것이다.

요 약

식물성 천연항균제인 BAAG와 기능성 무기계 첨가제인 zeolite를 이용하여 항균 및 ethylene 가스 포집 능력을 갖는 포장원지를 제조하였다. 기능성 포장원지의 인장강도와

파열강도는 항균제와 zeolite를 첨가하지 않았을 때보다 다소 감소하는 경향을 나타내었고, 반면에 강성과 인열강도는 항균제와 zeolite를 첨가하지 않았을 때보다 증가하는 경향을 나타내었다. 과채류 숙성 호르몬인 ethylene 가스는 포장원지에 zeolite를 첨가하면서 빠르게 감소하였다. 포장원지의 발수성은 중성 사이즈제인 AKD를 첨가하면서 높은 내수성을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 연구결과의 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Cho, S. H., Kin, C. H., Kim, J. O., and Jung, J. H. 2005a. Exploration of optimum retention of antibacterial agents in functional packaging paper. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34(2): 298-305
2. Cho, S. H., Kin, C. H., Kim, J. O., Park, W. P., and Jung, J. H. 2005b. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 37(3): 364-371
3. Kim, C. H., Kim, C. R., Moon S. H., Kim, J. O., and Park, C. Y. 2003a. Effect of pH in pulp suspension on refining. *J. Agriculture & Life Sciences* 37(4): 31-37
4. Kim, C. H., Choi, K. M., Kang J. G., and Park, C. Y. 2003b. Development of automatic analysis system for water repellency of packaging paper. *Journal of Korea TAPPI* 35(1): 7-12
5. Lee, C. Y., Kim, C. H., Choi, K. M., Park, C. Y., and Kweon, O. C. 2003. *Journal of Korea TAPPI* 35(3): 43-52
6. Park, W. P., Kim, C. H., and Cho, S. H. 2006. Quality characteristics of cherry tomato and *Unshiu* orange packaged with box incorporated with antimicrobial agents. *Korean J. Food Preserv.* 13(3): 273-278
7. Paulapuro, H. 2000. Paper and board grades, Papermaking Sci. & Technology Series, PPI and TAPPI Press, pp.55-74 London, UK
8. Shin, J. S. 2002. Development project of functional corrugated cardboard. *Packaging World*, Sept. pp. 69-73 Seoul, Korea