

식품보존제를 이용한 항균지 제조

이진호 · 이장호 · 박종문[†]

Manufacture of Antimicrobial Paper Using Food Preservative

Jin-Ho Lee, Jang-Ho Lee, and Jong-Moon Park[†]

ABSTRACT

The functions of food packaging are not only prevention from physical damage and loss during carrying and transportation, but also extension of shelf-life by adding antimicrobial substrate in packaging materials. Consumption of active packaging is gradually increasing.

With different dosage of potassium sorbate (P.S.), the food preservative agent, antimicrobial papers were made by internal and external application of starch. The antimicrobial action of the paper was analyzed by the halo test and the shake flask method. The mechanical properties and strength were also measured.

Antimicrobial papers adding P.S. showed higher values in tensile index than adding starch. The antimicrobial paper using starch showed similar microbe decreasing rate as that using P.S. Though microbe decreasing rate was 21.9%, it showed possibility to make antimicrobial paper using food preservative.

Keywords: antimicrobial substrate, active packaging, potassium sorbate, halo test, shake flask, microbe decreasing, food preservative

1. 서론

AD 105년경 중국의 채륄에 의해서 발명된 종이는 주로 인쇄 출판을 목적으로 사용되고 있다. 18세기 산업혁명 이후 도시의 인구 증가와 부의 축적으로 도시의 식품 요구량이 증가함에 따라 식품의 공업적 생산

과 이동을 위한 포장산업이 발달하게 되었다. 여러 포장재료 중 종이 포장재가 가지는 장점으로 원료의 구입이 용이하고 가격이나 중량에 비해 강도가 우수하고 접히기 쉬운 특성을 가져 기계적으로 가공하기 쉬운 장점을 가지고 있다¹⁾. 또한 인쇄적성이 좋고 생분해가능성(biodegradable) 재료로서 폐기처리가 용이하고

• 본 연구는 농림기술 관리센터의 “농이의 임지 재배기술 및 기능성 개발”과제와 한국과학재단의 “신기능성 식품포장 소재 개발 및 응용”과제의 지원에 의해 수행된 결과임.

• 충북대학교 산림과학부(School of Forest Resources, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea).

[†] 주저자(Corresponding author): e-mail: jmpark@cubucc.chungbuk.ac.kr

재사용(recycle)이 가능하므로 환경친화적인 장점을 가지고 있다.²⁾ 이러한 장점을 가진 종이는 원료인 섬유의 특성에 따라 최종적으로 만들어진 종이의 물리적, 광학적 특성 등이 좌우되고,³⁾ 또한 항균성과 같은 부가적인 특성부여를 위해 첨가되는 약품의 성능 발현에도 큰 영향을 미친다. 식품포장의 목적은 식품을 외부미생물이나 기타 오염으로부터 보호하는 것⁴⁾으로, 포장의 보존기능은 저장 수명에 영향을 미치는 산소나 이산화탄소, 수분 등을 film을 이용하여 조절하거나(controlled atmosphere, modified atmosphere), 항균물질을 이용하여 식품오염물질, 즉 미생물이나 곰팡이 등에 의한 식품의 표면 오염을 막아 줌으로써 최종적으로 식품의 저장 수명을 연장하는 방법⁵⁾으로 크게 나눌 수 있다. 항균물질로 알려진 것들에는 에탄올, 기타 알코올류, 소르빈산류(sorbate), 벤젠산류(benzoate), 프로피온산류(propionate), 항세균물질(bacteriocins), 황산화물(sulphur) 등이 있다.⁶⁾ 이중 소르빈산류가 가장 많이 쓰이고 있는 식품보존제인데 국내 식품보존제의 60%, 수입식품의 31.8%를 차지하고 있어 항균성 포장에 가장 유망한 식품보존제이다. 소르빈산과 소르빈산 칼륨은 미국 내에서 안전성이 인정된 화합물(generally recognized as safe; GRAS)로 인체 내에서 지방산 대사 경로를 통해서 완전히 분해된다.⁷⁾ 또한 소르빈산류는 세균류의 성장 억제보다는 주로 곰팡이 성장억제, 진균류 독성물질의 성장억제, 곰팡이의 포자 발아억제 능력이 뛰어나다고 알려져 있다.⁸⁾

따라서 식품보존제 중 현재 가장 많이 사용되고 있는 소르빈산 칼륨을 이용하여 종이를 제조했을 때 약품이 곰팡이류나 효모류 이외에 세균류에 대하여 항균성 내지는 보존성을 발현하여 최종적으로 식품 포장재로 이용할 수 있는가에 대하여 실험하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 공시펄프

공시펄프는 국내제지회사에서 사용하고 있는 NBKP(Nadelholz Bleached Kraft Pulp)를 사용하였다.

2.1.2 항균 약품

식품보존제 중 식품 보존료로 가장 많이 쓰이고 있는 소르빈산류중 소르빈산 칼륨(potassium sorbate)을 전건 펄프에 대해 저농도인 1, 2, 3%, 고농도인 8, 9, 10%로 첨가하였다.

2.1.3 Binder

약품을 내침시킬 때 섬유와의 결합을 증대시키기 위해서 대상(주)에서 공급받은 양성전분을 전건 펄프에 대해 1%로 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 수초지 제조

위의 공시펄프를 실험실용 Valley beater를 이용하여 5.4 kg의 고해 하중으로 여수도 400 ml CSF, TAPPI Standard T248 om-81에 의거하여 평량 60 g/m²인 수초지를 제조하였다.

2.2.2 항균지 제조

수초지 제조시 0.3%로 희석한 지료에 항균 약품만을 첨가한 것과 1% 양성전분과 항균 약품을 함께 첨가한 것을 실험실용 원형초지기를 이용하여 제조하고, 또한 이미 제조한 수초지에 양성전분(1%)과 항균 약품을 섞은 용액을 실험실용 bar-coater를 이용하여 외침하여 제조하였다.

2.2.3 항균성 시험⁹⁾

(가) Halo test

공시균으로 접종한 배지 위에 살균한 시험편을 올려 놓고 48시간 배양한 후, 시험편 주위에 세균의 성장이 억제되어 생긴 세균 저지대의 크기를 측정하여 항균성을 측정한다. 배지는 nutrient agar 배지를 사용하였고, 균은 broth agar 액체배지에서 5시간 배양하였고 공시균으로는 *micrococcus flavus* ATCC, 1024를 사용하였다.

시험은 항균 약품만 내침한 것, 항균 약품과 양성전분을 내침한 것, 항균 약품과 양성전분을 외침한 시험편 그리고 항균 약품 자체에 대하여 시험하였다.

(나) Shake flask

시험편과 대조편을 공시균으로 접종시킨 후 접종액과 일정량의 중화용액을 진탕시켜 배양된 세균을 추출한다. 이 중화용액 속에 존재하는 세균의 수가 측정되면 항균성이 있는 시험편과 대조편간의 세균 감소율을 측정된다.

시험조건은 시험균액을 25℃에서 24시간 진탕배양(150회/분) 후 균수를 측정하였고, 공시균으로는 *Staphylococcus aureus* ATCC. 6538(황색포도상구균)을 사용하였다.

균 감소율은 아래의 식으로 계산하였다.

$$\text{성장 저해율} = \left(1 - \frac{\text{처리시험편의 접촉 24시간 후 균수}}{\text{무처리 시험편의 접촉 24시간 후 균수}}\right) \times 100$$

2.2.4 종이의 기계적 특성 측정

TAPPI Standard T402에 의거하여 23±1℃, 상대습도 50±2%의 조건에서 시험편을 조습 처리하여, 평량과 두께, 투기도(T251 cm-85)를 측정후 TAPPI Standard T200 hm-88에 의거하여 시험편의 겉보기 밀도를 계산하였다.

2.2.5 종이의 물성 측정

TAPPI Standard T220 om-88에 의거하여 조습 처리 후, 인장강도(T494 om-85), zero-span(T231 cm-85)을 측정후 T 220 sp-96에 의거하여 인장지수를 그리고 Page식을 이용하여 결합강도를 계산하여 약품첨가에 따른 강도변화를 측정하였다.

여기서 Page equation은 다음과 같다.

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{F} + \frac{1}{B}$$

(T: 인장강도 F: 섬유자체강도 B: 결합강도)

3. 결과 및 고찰

3.1 약품의 농도와 첨가방법에 따른 겉보기 밀도와 투기도의 변화

Fig. 1은 처리에 따른 겉보기 밀도와 투기도의 차이를 나타낸 것으로 내침, 외침 모두 약품의 첨가량에 따

라 증가하거나 감소하는 경향은 나타나지 않았다. 약품만을 내침한 경우와 양성 전분을 1%로 고정후 약품처리를 한 (A)와 (B)의 경우에서 겉보기 밀도의 차이는 나지 않으나 투기도는 양성전분을 binder로 첨가한 것이 투기도 값이 낮게 나타났다. 이는 양성전분을 처리한 시료가 내부에 좀더 많은 공극을 가짐을 의미한다. 외침을 한 경우(C)는 투기도의 값이 내침을 한 경우보다 훨씬 높은 값을 나타내는데 이는 표면 코팅 처리에 의한 영향이라고 판단된다.

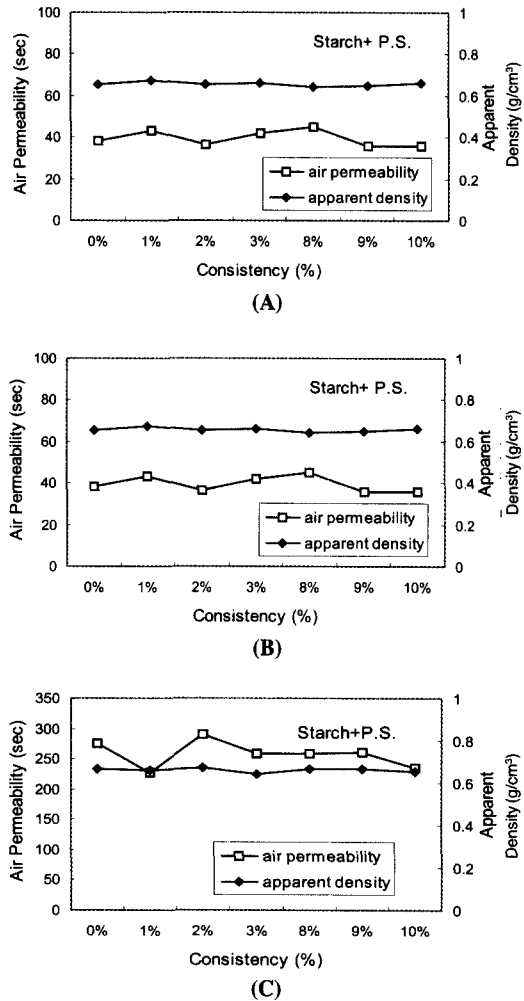


Fig. 1. Effect of chemical consistency on air permeability and apparent density. (A) P.S.; internal application (B) starch+P.S.; internal application (C) starch+P.S.; coating

3.2 약품의 농도와 첨가방법이 종이 물성에 미치는 영향

Fig. 2는 약품의 처리방법과 첨가량에 따른 인장지수와 결합 강도의 변화를 나타낸 것이다. 약품만을 첨가한 경우(A) 3% 이상 처리했을 때 내침한 경우(B)는 1% 처리만으로도 전분만을 첨가했을 때보다 결합강도가 증가하였다. 이는 소르빈산 칼륨이 음전하(-charge)를 가지기 때문에 섬유와 결합하지 못한 양성

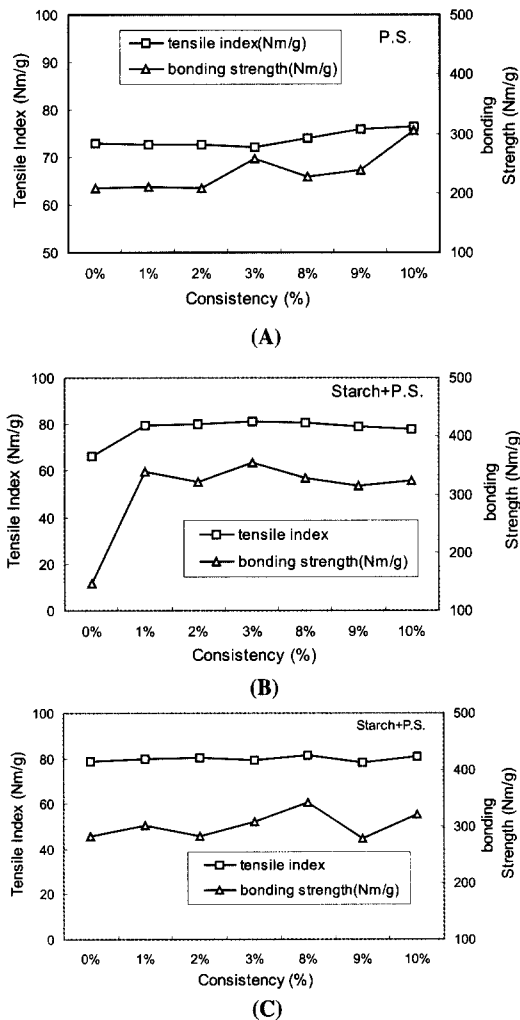


Fig. 2. Effect of chemical consistency on paper physical properties.

(A) P.S.; internal application

(B) starch+P.S.; internal application

(C) starch+P.S.; coating

전분의 loading양을 증가시켜 결합력을 증가시킨 것으로 판단된다. 외침을 한 경우(C) 강도면에서 무처리한 것보다는 강도를 증가시키지만 약품첨가에 따른 결합강도의 변화는 양성전분만을 처리한 것과 별다른 차이를 나타내지는 않았다. 이는 코팅에 의한 외부처리이기 때문에 종이 내부에는 영향을 미치지 않음을 의미한다.

소르빈산 칼륨을 처리한 종이를 내침과 외침 두 가지 방식으로 첨가하여 종이의 물성을 시험해본 결과 약품만을 내침한 경우에는 고농도의 약품처리에서 결합강도가 증가하였다. 이는 약품 자체가 내침될 COO⁻ charge를 가지기 때문에 섬유와 화학적으로 결합하기 보다 물리적인 결합에 의해 내부 결합강도를 높이는 것으로 판단되고, 양성전분과 혼합하여 내침한 경우 저농도에서 이미 결합강도의 증가를 나타냈다. 이는 해리된 약품이 섬유와 결합하지 못한 양성전분의 loading양을 증가시켜 결합력의 증가를 가져온 것으로 판단되고, 양성전분과 약품을 함께 내침한 경우 겉보기 밀도의 변화 없이 결합력은 증가하는 반면 투기도는 향상되는 결과를 나타내는데 이는 양성전분내에 약품이 첨가될 때 약품의 음전하(-charge)로 인한 양성전분 내 분지의 수축으로 작고 균일한 응집체를 형성하여 섬유간 결합이 일어날 때보다 균일하고 기공성이 있는(porous) 구조를 만드는 것¹⁰⁾으로 판단된다.

3.3 항균성 실험

Fig. 3은 약품과 시험편에 대한 항균성 시험으로 약품 자체만을 첨가한 (A)와 (C)의 배지는 균이 자라지 못해 할로(원형의 저지대)가 나타난 반면, 전분과 약품을 내침한 종이를 사용한 (B)와 (D)의 배지에는 할로가 나타나지 않았다.

항균성의 경우 할로 test는 정량적 분석이 아닌 정성적 분석으로 약품 자체의 항균성은 나타났지만 처리한 시험편에서는 항균성을 나타내지 못했다. 이는 배지에 접종된 균의 성장 속도가 너무 빨라 약품이 성능을 발휘하지 못했을 가능성과 종이 내에 포함되어 있는 약품이 균의 성장을 저해할 만큼 충분히 전이하지 못했기 때문에 할로가 나타나지 않았으리라 판단된다.

Table 1은 시험편에 대한 항균성 시험결과로 최소 6.3%에서 최대 21.9%의 성장 저해율을 나타내었다. 실험 결과에 의하면 약품의 첨가방법이나 첨가량에 따

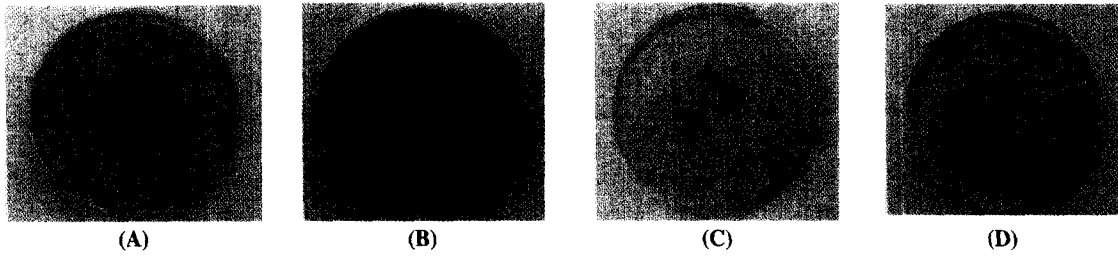


Fig. 3. Result of Halo test.

*P.S.: potassium sorbate

(A) starch+P.S. (10%); internal application (before inoculation)

(B) starch+P.S. (10%); internal application (after inoculation)

(C) P.S.(10%); (before inoculation)

(D) P.S.(10%); (after inoculation)

Table 1. Result of shake flask test

		After contact (No of Cells/ml × 10 ³)	After 24 hr (No of Cells/ml × 10 ⁵)	Decreasing ratio (%)
Internal chemical	control	6.2	3.2	-
	1%	6.2	2.6	18.8
	2%	6.2	2.9	9.4
	3%	6.2	2.6	18.8
	8%	6.2	2.8	12.5
	9%	6.2	2.9	9.4
	10%	6.2	2.6	18.8
Internal chemical + Cationic starch	1%	6.2	2.7	15.6
	2%	6.2	2.5	21.9
	3%	6.2	2.9	9.4
	8%	6.2	2.7	15.6
	9%	6.2	2.8	12.5
	10%	6.2	2.9	9.4
External chemical + Cationic starch	1%	6.2	2.6	18.8
	2%	6.2	3.0	6.3
	3%	6.2	2.8	12.5
	8%	6.2	2.6	18.8
	9%	6.2	2.7	15.6
	10%	6.2	2.9	9.4

른 차이는 없는 것으로 나타났고, 약품을 첨가한 시편에 대하여 균의 성장이 어느 정도 저해하지만 균을 사멸시키지는 못하는 것으로 나타났다. 약품을 1%만 첨가한 경우에도 18.8%라는 성장 저해율을 나타냈는데 이는 적은 약품의 처리에 의해서도 균의 성장을 저해

할 수 있음을 나타낸다.

Shake flask의 경우 항균성의 정량적 분석법으로 최저 6.3%에서 최대 21.9%의 성장 저해율이 나타났다. 약품의 첨가량이나 처리방법에 따른 효과가 뚜렷하지 않았는데 이 역시 종이 내 포함되어 있는 약품이

섬유와 결합하고 있는 형태에 따라 전이가 달라지기 때문이라고 판단된다.

본 실험에 쓰인 소르빈산 칼륨에 대한 항균력 실험에서 균을 완전히 제거하지는 못했지만 성장 속도는 어느 정도 늦추는 것으로 나타났다. 식품보존제로 쓰이는 대부분의 약품들이 식품에 첨가됐을 때 균과 접촉하여 균을 죽이는 살균작용보다는 균의 성장을 저해하여 식품의 보존기간을 연장하는 방부제의 역할을 담당하고 있다. 실험 결과 식품보존제를 이용하여 항균지를 제조할 때 균의 성장 속도는 어느 정도 저해했지만 보다 우수한 성능을 나타내기 위해서는 첨가되는 약품의 성능이 쉽게 발현하기 위해 종이 구성하는 섬유와 어떤 식으로 결합시킬 것인가에 대한 연구와, 대부분의 약품이 모든 균에 대해 작용하기보다는 선택적으로 작용하기 때문에 적용될 분야에 맞는 적절한 약품의 선택이 선행되어야 한다고 판단된다.

4. 결론

식품보존제 처리에 의한 실험에서 약품의 첨가 방식에 따른 차이를 보기 위해서 약품만을 내침한 경우와 전분과 함께 내침한 경우, 외침한 경우로 각각 실험하였지만 약품의 첨가 방식에 따른 일정한 경향을 보이지는 않았고, 또한 약품 첨가량에 따른 균의 반응도 첨가량에 따른 연관성을 나타내지는 못하였다. 이는 첨가된 전분에 의해 약품의 성능이 영향을 받았다고 판단된다. 약품첨가에 따른 균의 성장 속도는 최대 21.9%까지 억제되어 소르빈산 칼륨을 이용한 종이 포장재 제조의 가능성은 있다고 판단된다.

제지 산업에 일반적으로 사용되고 있는 양성전분을 약품과 섬유의 결합용 binder로 이용할 경우 향상된 강도와 지합, 투기도를 가지는 종이를 만들 수 있었지만, 양성전분 자체가 균류의 성장을 촉진할 수 있기 때문에 항균지 제조에 있어서는 사용이 곤란하다고 할 수 있다.

추가로 연구되어야 할 사항으로 항균지에 적절한 binder에 대한 연구와 식품보존제의 균에 대한 반응 기작에 대한 연구가 이루어져야 한다고 판단된다.

인용 문헌

1. Park, J.-M., Thorpe, James L., Characterization of tensile energy absorption, Korea TAPPI 31(5):57 (1999).
 2. 박무현, 이동선, 이광호, 식품포장학, 형설출판사 (2000).
 3. Park, J.-M., Thorpe, James L., Yield and fracture of paper (Angle of initial crack propagation), Korea TAPPI 31(5):47 (1999).
 4. Han, J. H., Active Packaging and Controlled Release Antimicrobial Packaging, Food Engineering Progress, Vol. No. 1 (1997).
 5. Lee, M. K., Lee, S. M., Oh, D. H., Manufacture of antimicrobial paper for food product, Pre-symposium of the 10th ISWPC, Proceedings of Recent Advances in Paper Science and Technology, Korea TAPPI (1999).
 6. 정동효, 식품천연보존료, 대광서림 (2000).
 7. Sofos, J. N., Freshness enhancers; the control in controlled atmosphere packaging, Preserved Foods. 157(5): 121-122 (1989).
 8. Han, J. H., Modeling the inhibition kinetics and the mass transfer of controlled releasing potassium sorbate to develop an antimicrobial polymer for food packaging, Ph. D. thesis, Purdue University, West Lafayette, In, USA (1996).
 9. 한국소비과학연구센터, 위생가공 보증검사 기준 및 방법 (SF-MARK).
 10. Kim, H. S., Lee, H. L., 양이온성 고분자와 음이온성 콜로이드 실리카의 상호작용과 펄프섬유의 응집 특성, Proceedings of the Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry, Korea TAPPI (2000)
- 접수 2001년 1월 17일
 채택 2001년 6월 11일
 • Received on January 17, 2001
 Accepted on June 11, 2001