

Polylysine 코팅 필름의 항균활성

김성철 · 김종찬 · 박기재 · 최종욱¹ · 정승원[†]
한국식품연구원, ¹경북대학교 식품공학과

Antimicrobial Activity of Polylysine Coated Film

Seong-Cheol Kim, Jong-Chan Kim, Kee-Jai Park, Jong-Uck Choi¹
and Seung-Weon Jeong[†]

Korea Food Research Institute, Sungnam 463-420, Republic of Korea

¹Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

This study were investigated to analyzed an optimum preparation condition of coating film and its antimicrobial activity on pathogenic and deteriorative bacteria to obtain fundamental data for development of active packaging film using antimicrobial peptide, polylysine. In the preparation conditions of coating film, antimicrobial activity was depending on the concentration of polylysine and polyamide respectively, and relatively high activity was obtained in the film prepared with more than 1.0% (w/v) of polylysine, 40% (w/v) polyamide, and more than 50 μm of film thickness. Concentration of polylysine migrated from coated film to distilled water was reached at the maximum concentration, about 20 ppm after 3 days and in equilibrium after 7 days of soaking in sterilized water. An antimicrobial activity of coated film showed bactericidal effect of about 10^5 CFU/mL comparing with the control against *Bacillus cereus* having 4.8×10^5 CFU/mL of initial viable cell numbers, and of about 10^2 CFU/mL comparing with the control against *Klebsiella pneumoniae* having 6.8×10^5 CFU/mL of initial viable cell numbers. Consequently, it was revealed that polylysine coating film has a potential of applicable possibility as antimicrobial packaging film.

Key words : active packaging, polylysine, antimicrobial activity, coating film, polyamide

서 론

최근 식품 포장에 있어서 가장 중요한 특성 중 하나로 식품보존기술의 증진에 관한 관심이 증대되어 무균포장, 환경기체조절포장 및 활성포장 등에 관한 연구가 꾸준히 이루어지고 있다(1). 특히, 활성포장은 식품의 저장·유통기간을 연장시킬 목적으로 포장공학, 재료공학 및 생물공학의 발달과 함께 나타난 기술로서 항균성 포장재의 개발 및 응용이 확대되고 있다(2).

항균성 포장재에 이용되는 항균소재로는 silver zeolite, organic acids, grapefruit seed extract, chito oligosaccharide 및 lysozyme 등 다양한 종류가 있으며, 특히 인체에 무해한 미생물 유래의 천연항균제에 대한 연구도 활발히 진행되고

있다(3, 4). 대표적인 미생물 유래의 천연항균제에는 *Lactococcus lactis* 유래의 nisin(5, 6), *Pediococcus acidilactici* 유래의 pediocin(7, 8) 및 *Streptomyces albulus* 유래의 polylysine 등이 있으며(9, 10), 다양한 병원성균 및 식품의 부패와 관련된 미생물에 대해서 폭넓은 항균범위와 안전성, 안정성을 가지며 효과적인 항균능력을 가지고 있음이 입증되고 있다(11, 12). 이를 이용한 항균성 포장재 제조에 관한 연구로는 Haynie 등(13)은 불수용성 수지를 화학적인 방법으로 표면을 개질하여 접착성을 증대시켜 항균성 peptides와의 공유 결합 방법을, Siragusa 등(14)은 nisin을 식육의 진공포장을 위해 edible alginate gel에 고정화시키는 방법을, Ming 등(15)은 포장육에 병원성균인 *Listeria monocytogenes*의 성장을 조절하기 위해 단순한 spraying으로 cellulose casing에 pediocin 코팅방법 연구를, Padgett 등(16)은 nisin과 lysozyme을 heat press method(1 min at 100°C)와 casting

[†]Corresponding author E-mail : donow@kfri.re.kr,
Phone : 82-31-780-9158, Fax : 82-31-780-9264

method(boiling solution)를 이용한 soy protein과 corn zein으로 구성된 필름의 항균특성을, 국내에서는 Kim 등(17)이 polyamide수지에 nisin과 lactacin을 이용하여 코팅 필름 제조에 관한 연구 등 미생물 유래의 천연 항균제를 이용하여 다양한 항균성 코팅 필름의 제조에 관한 연구가 진행되어 오고 있다. 특히, polylysine은 구성하는 아미노산이 L-Lysine으로서 중합도는 25~35이고, 분자량은 약 5,000으로 polymer라고 하기에는 작은 물질이다. 또한 분자속에 소수성의 메틸렌기, 친수성의 아미노기와 카르복실기를 가지고 있어서 계면 활성작용을 하며 측쇄에는 아미노기만이 존재하고 수용액 속에서는 플러스로 하전하여 polycation이 되어 정균효과를 가진다고 볼 수 있다(18). polylysine의 사용은 채소반찬류의 식품보존제로서 사용예가 있고, 초산나트륨, 양조초 및 glycine등과 배합하여 polylysine제제를 만들어 식품에 이용하였고, 연제품에 대한 polylysine의 효과 등 식품보존제로서의 효과가 큰 것으로 보고되고(19), Jeong 등(10)은 polylysine을 주정과 병용하여 김치에 대한 저장성을 연구한 보고 등 이를 이용한 항균성 포장재 제조 시 항균효과가 뛰어날 것으로 기대된다.

또한 항균성 포장재의 적용 대상 식품으로 두부는 유통기한이 비교적 짧고 유통과정 중에 미생물에 의해 쉽게 변질되는 것으로 보고되고 있으며, 두부 부패균으로는 Shin 등(20)은 그람 음성 구균인 *Acinetobacter calcoaceticus* 및 그람 음성 간균인 *Klebsiella pneumoniae* 등이 부패의 원인균으로 보고하였고, Joo 등(21)은 그람 양성 간균인 *Bacillus cereus*가 다른 부패균에 비해 더욱 심한 부패를 유발한다고 보고하였다.

본 연구에서는 이러한 연구의 일환으로 미생물 유래의 천연 항균제인 polylysine을 polyamide 수지 용액과 혼합하여 항균성 코팅 필름을 제조하고, 대상식품의 저장성 증대를 위한 기초실험의 일환으로 병원성 및 두부 부패에 관련된 미생물에 대한 항균활성을 검정해 보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 코팅 필름용 항균제 polylysine은 Chisso사의 순도 50% (w/w)의 것을 구입하여 사용 전 Ultrafiltration membrane(MWCO 10,000, Spectrum lab. Inc., CA, USA)으로 여과하여 dextrin을 제거하고 analytical RP-HPLC로 활성이 있는 단일 피크의 여부로 확인하여 사용하였다. Vydac 218TP54(C₁₈, 5 μm, 4.6×250 mm) analytical HPLC column을 사용하였고 이동상은 0.1% (w/v) TFA 함유 100% water(solvent A)와 0.1% (w/v) TFA 함유 60% acetonitrile(solvent B)이었으며, solvent A와 solvent B의 gradient 조건은 0~5분, solvent A 70%, solvent B 30%, 40분,

solvent A 20%, solvent B 80%, 50분, solvent A 0%, solvent B 100% 조건으로 사용하였다. 코팅필름 제조용 코로나 표면처리제인 OPP(oriented polypropylene, oxygen transmission rate: 250 cc/m²/24 hr/73 F/0 % RH)는 (주) 대림산업에서 구입하여 사용하였고, 결합제로 사용된 코팅 용액용 수지인 polyamide[poly(dimer acid-co-alkyl polyamine), Sigma Chemical Co., St. Louis, USA]는 Sigma사의 것을 사용하였다.

Polylysine의 항균활성

Polylysine의 항균활성 측정은 공시균주를 28~37°C에서 12~24시간 배양한 후 polylysine을 첨가한 후 1% (v/v)의 농도로 접종하고 30°C 배양기에서 배양하면서 배양시간별 균주의 생육도를 UV Spectrophotometer(V-570, Jasco, Japan)로 O.D.₆₆₀에서의 흡광도 값으로 측정하고 경시적 변화를 관찰하였다. 사용된 지시균은 Table 1과 같다.

미생물의 배양에 사용된 Nutrient medium, BHI, MRS 및 TSB 등은 모두 Difco사의 것을 사용하였다.

Polylysine 코팅 필름의 제조

Polylysine 코팅 필름 제조는 Kim 등(17)의 방법을 변형하여 polylysine을 20% (v/v) ethanol 용액에 5% (w/v) 농도로 용해하고, 결합제로 사용한 polyamide(PA) 수지용액은 n-propanol : iso-propanol = 2 : 1(v/v)인 유기용매에 농도별 (w/v)로 혼합하여 polylysine 코팅 용액을 만든 다음 High frequency generator(Model BD-20, Electro-Technic products. Inc., Chicago, USA)로 코로나 처리한 두께 약 50 μm 내외의 OPP 필름 위에 도포시키고 이를 상온에서 24시간 건조하였다.

Polylysine 및 PA 농도결정 및 두께 결정은 각각의 농도 및 두께를 달리하여 제조된 필름을 4 cm × 4 cm로 절단하여 지시균주의 생육도를 UV Spectrophotometer (V-570, Jasco, Japan)를 사용하여 O.D.₆₆₀에서 흡광도로 측정하여 확인하고 최적 농도를 결정하였다.

Polylysine 코팅 필름의 항균제 용출

제조된 필름의 항균제 용출량을 측정하기 위해서 polylysine 코팅 필름을 4 cm × 4 cm 크기로 절단하여 20 mL의 멸균증류수가 들어 있는 50 mL conical tube에 넣은 후 polylysine 용출량을 BCA assay로 측정하였다. 단백질 표준용액은 BSA(bovine serum albumin, Sigma Chemical Co., USA)를 사용하였다.

Polylysine 코팅 필름의 항균활성

제조된 필름의 지시균주에 대한 항균활성은 각각 1.0×10⁶ CFU/mL 수준의 지시균주가 접종된 phosphate buffer(pH 7.0) 및 peptone 수에 polylysine 코팅 필름을 접촉시켜 지시균주의 생균수를 측정하였다

결과 및 고찰

Polylysine의 항균활성

Polylysine을 100 µg/mL 이하의 농도로 병원성균 및 두부 부패에 관련된 미생물을 대상으로 항균활성을 측정한 결과는 Table 1과 같았다. polylysine은 *Bacillus cereus* ATCC 21768, *Listeria monocytogenes* ATCC 15313, *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 등 그램 양성균의 병원성 미생물뿐만 아니라 그램 음성균인 *Escherichia coli* ATCC 11775, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 21204, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 등에도 항균 활성을 나타내었다. 특히 내열성 아포균인 *B. cereus*에 대한 항균활성이 큰 것으로 나타났다.

Table 1. Antimicrobial activity spectrum of polylysine

Bacterial species	Antimicrobial activity	
	Medium	polylysine
Gram positive strain		
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 21768	Nutrient	++
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 15313	BHI	-
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	MRS	1)
<i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 8014	MRS	2)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	TSB	++
Gram negative stain		
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 21204	Nutrient	+
<i>Escherichia coli</i> ATCC 11775	Nutrient	++
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	Nutrient	+

1) not inhibited, 2) inhibited

Polylysine 농도에 따른 polylysine 코팅 필름의 항균활성

결착제인 polyamide의 농도는 propanol 용매에 대해 40% (w/v) 농도로 고정시키고 또한 필름의 두께는 50 µm로 고정시킨 후 polylysine의 농도를 0.5, 1.0, 1.5 및 2.0% (v/v)로 변화시켜 필름을 제조하여, polylysine의 *B. cereus*에 대한 항균활성을 측정한 결과 뛰어난 저해효과와 Shin 등(20) 및 Joo 등(21)은 그램 양성 균인 *B. cereus*가 다른 부패균에 비해 더욱 심한 부패를 유발한다는 보고에 따라 대표적인 지시균으로 선정하여 생육도를 측정한 결과는 Fig. 1과 같았다.

Polylysine 농도가 1.0% 이상의 농도에서는 배양 9 시간 까지 지시균주에 대한 생육 억제효과를 나타내었다. 그러나 0.5% polylysine 농도는 대조구와 비슷한 경향을 나타내어 생육 억제 효과는 볼 수 없었다. 한편, 1.0% 이상의 농도에서 대조구에 비해 비록 농도 1.0%에 비해 2.0%가 억제효과가 미약하게 높기는 하였으나 농도 상승에 비해 그 효과

가 크지 않았고 초기 흡광도값이 높은 것은 polylysine 자체의 흡광도 값으로 판단되었으며 polylysine 코팅 필름 제조 시 polylysine의 농도는 1.0% 수준이 적절한 것으로 판단되었다.

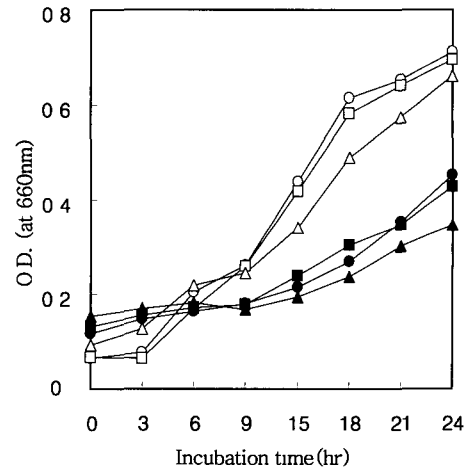


Fig. 1. Antimicrobial effect of film coated with various concentration of polylysine.

-○- Oriented polypropylene, -□- Untreated polylysine,
 -△- 0.5 % polylysine, ● 1.0 % polylysine,
 ■ 1.5 % polylysine, ▲ 2.0 % polylysine

Polyamide 농도에 따른 항균활성

Polyamide(PA)의 적정농도를 결정하기 위하여 polylysine 농도를 1.0%로 고정하고, 필름의 두께는 50 µm로 고정시킨 후 PA 농도를 propanol 용매에 대해 20, 30 및 40% (w/v) 농도로 변화시켜 필름을 제조하여 *B. cereus* 지시균에 대한 생육도를 측정한 결과는 Fig. 2와 같았다. 40% PA 농도에서 *B. cereus* 생육억제 효과가 가장 좋았으며 배양 18 시간까지 균주의 생육을 억제하는 것으로 나타났다. 30% 및 20% 농도의 경우 배양 6시간까지 생육을 억제하는 것으로 나타났으나 이후 대조구와 유사한 경향으로 증가하였다. 따라서 PA의 농도에 따른 항균제의 항균활성은 PA 함량이 증가할수록 항균활성 또한 증가하는 것으로 나타났다. 20~40% 이외의 PA 농도에서는 필름 형성이 어려웠고, 40% PA 농도가 적당한 것으로 판단된다. 이러한 결과는 플라스틱 포장 재료로 사용되는 polyamide는 친수성기인 hydroxyl기나 amide기에 수분을 흡수하게 되면 폴리머 사슬이 팽윤되는 상태가 되고 건조되면 본래의 물성으로 되돌아오는 특성이 있다(22). 이런 polyamide의 물성은 Kim 등(23)이 PA와 수분흡수의 관계에 있어서 PA 함량이 증가할수록 수분흡수는 증가하는 것으로 친수성기에 수분의 흡착에 따른 팽윤으로 본 코팅 필름 제조에 있어서도 PA 함량이 증가할수록 수분흡수가 높아 코팅필름 내부에 함유되어 있는 polylysine이 외부로의 용출이 용이한 것으로 판단된다.

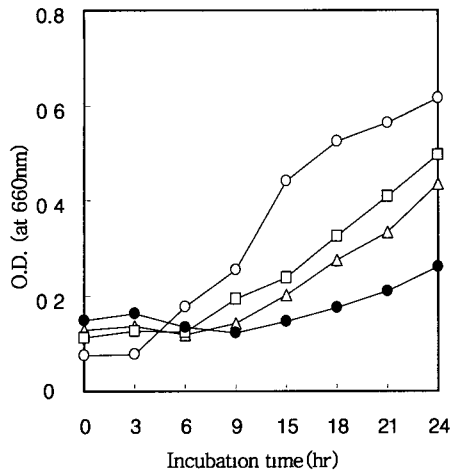


Fig. 2. Antimicrobial effect of film prepared with various concentration of polyamide.

○- Oriented polypropylene, □- 20% polyamide,
 △- 30% polyamide, ●- 40% polyamide

Polylysine 코팅 필름 두께에 따른 항균활성

Polylysine 코팅 필름은 PA 농도 40%, polylysine의 농도 1.0%로 고정하여 필름의 코팅 두께를 30, 50, 100 및 120 μm 단위로 제조하였으며 이에 따른 *B. cereus*에 대한 생육도를 측정하는 결과는 Fig. 3과 같았다. polylysine 코팅 필름은 두께에 따라서 *B. cereus*의 생육도에 차이를 나타내어 50 μm 이상의 두께에서 균의 생육을 완전히 억제하는 것으로 나타났다. 배양시간에 따른 생육도의 경우, 대조구는 배양 3시간 이후부터 24시간 까지 급격하게 증가하는 경향을 나타내었으며 30 μm 두께의 코팅 필름은 배양 6시간까지는 지시균의 생육을 억제하였으나 이후 대조구와 비슷한 경향으로 24시간 까지 급격하게 증가하였다. 반면, 50 μm 이상의 코팅 필름에서는 배양 24시간 동안 지시균의 생육

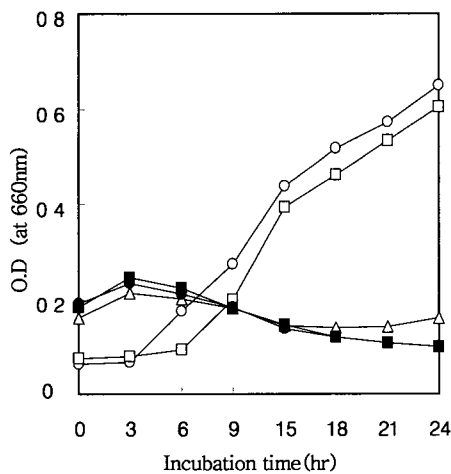


Fig. 3. Antimicrobial effect of film prepared with various thickness of coated film.

○- Oriented polypropylene, □- 30 μm thickness, △- 50 μm thickness,
 ●- 100 μm thickness, ■- 120 μm thickness

을 억제하는 것으로 나타났다. 또한 50, 100 및 120 μm 의 코팅 필름 간 지시균의 생육 억제에 대한 차이는 나타나지 않아 50 μm 두께가 코팅 필름의 제조에 적절한 것으로 판단되었다.

Polylysine 코팅 필름의 항균제 용출

PA 40%, 두께 50 μm 및 polylysine 1.0%로 제조된 코팅 필름을 4 cm \times 4 cm로 절단하여 10 $^{\circ}\text{C}$ 의 멸균된 인산 완충액 (pH 7.0) 20 mL에 침지시켜 7일 동안 polylysine의 용출량을 측정하는 결과는 Fig. 4와 같았다. polylysine은 침지 3일 이내에 전체 코팅된 양의 15%인 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 최대 농도를 나타내었으며 이후에는 평형을 이루었다.

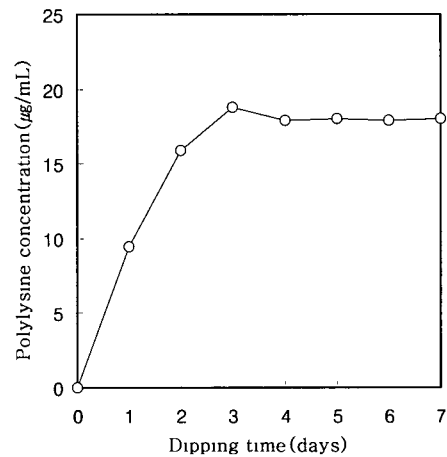


Fig. 4. Migration of polylysine from the antimicrobial film to water at 10 $^{\circ}\text{C}$.

필름으로부터 용출된 polylysine의 용출량이 약 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 정도의 낮은 수준으로 용출되었지만 이는 *B. cereus*의 생균수를 감소시키는데 효과적이었고, Appendini and Hotchkiss (24)는 *Micrococcus lysodeikticus*의 생육을 저해하는데 있어서 cellulose triacetate로부터 용출된 lysozyme 뿐만 아니라 필름에 고정되어 있는 것 또한 생육저해에 중요하다고 보고가 한바 polyamide층에 남아 있는 polylysine은 그 자체로도 미생물을 저해하는데 기여한다고 판단된다.

Polylysine 코팅 필름의 항균활성

Polylysine 코팅 필름의 항균활성은 4 cm \times 4 cm로 절단하여 그램 양성인 *B. cereus*와 그램 음성인 *K. pneumoniae*에 대한 저해 효과를 알아보기 위해 초기 균수가 각각 4.8×10^5 CFU/mL 및 6.8×10^5 CFU/mL 농도로 접종된 멸균 펩톤수 (pH 7.0)에 침지하여 10 $^{\circ}\text{C}$ 에 배양하면서 생균수를 측정하는 결과는 Fig. 5 및 Fig. 6과 같았다. polylysine 코팅 필름은 지시균에 대한 생균수를 측정하는 결과 감균효과를 볼 수 있었으며 코팅된 필름으로부터 용출된 polylysine은 안정적으로 활성을 가지는 것을 볼 수 있었다.

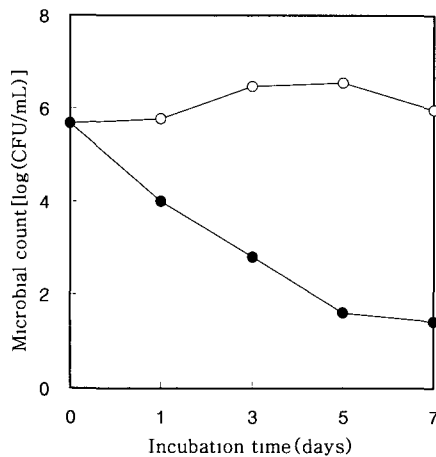


Fig. 5. Viable cell numbers of *B. cereus* in the peptone water contacting polylysine coating film(4 cm × 4 cm) at 10°C.

-○- Oriented polypropylene, -●- Polylysine coating film

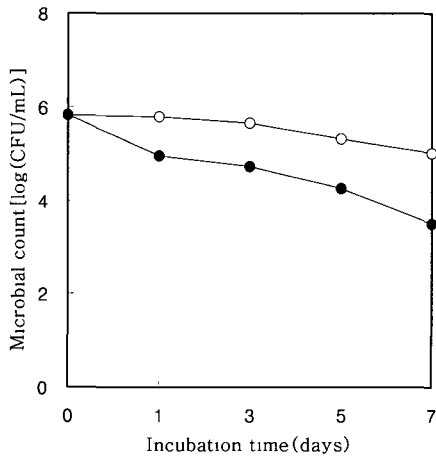


Fig. 6. Viable cell numbers of *K. pneumoniae* in the peptone water contacting polylysine coating film(4 cm × 4 cm) at 10°C.

-○- Oriented polypropylene, -●- Polylysine coated film

그럼 양성인 *B. cereus*에 대한 생균수를 측정된 결과 polylysine 코팅 필름은 균의 생육을 효과적으로 억제하는 것으로 나타났다. 침지시간에 따른 생균수를 측정된 결과, 대조구는 침지 7일까지 약 10^6 CFU/mL로 일정하게 유지되었으나, polylysine 코팅 필름의 경우 침지 초기부터 급격하게 감소하여 침지 7일에는 10^2 CFU/mL 이하로 대조구에 비해 약 $10^3 \sim 10^4$ CFU/mL의 감균효과를 볼 수 있었다.

그럼 음성균인 *K. pneumoniae*에 대한 생균수를 측정된 결과 polylysine 코팅 필름은 10^2 CFU/mL이하의 감균효과를 볼 수 있었으나, 대조구의 경우는 10^6 CFU/mL로 침지 7일까지 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있었다. 생균수 감균효과는 Kim 등(17)은 polyamide 수지에 nisin과 lacticin NK24을 이용하여 제조된 필름을 *Micrococcus flavus* 및 *Listeria monocytogenes*에 대해서 인산완충용액에서 생균수를 측정된 결과 낮은 용출에도 불구하고 생균수 감균효과를

확인할 수 있다고 보고한 바 이는 본 연구에서도 확인할 수 있었다.

요 약

천연 항균성 peptide인 polylysine을 이용한 항균성 포장재의 개발을 위한 기초자료를 얻기 위하여 polyamide 수지를 기반으로 하는 제조조건을 검토하고 두부를 대상식품으로 하여 병원성 및 부패 관련 미생물에 대한 항균활성을 확인하였다.

Polylysine 제조조건에 있어서는 polylysine, polyamide의 농도와 코팅필름의 두께에 따라 항균활성에 큰 차이를 보였으나, 1.0% 이상의 polylysine, 40% polyamide, 50 μ m 이상의 필름 두께로 제조한 필름에 상대적으로 가장 높은 항균활성을 나타내었다.

Polylysine의 용출량은 코팅된 필름을 멸균수에서 7일간 침지시킨 결과 침지 3일 까지 최대 약 20 μ g/mL의 농도를 나타낸 후 평형에 도달하였다. 코팅 필름의 항균활성은 초기 생균수 4.8×10^5 CFU/mL인 *B. cereus*에 대해 대조구에 비해 침지 7일 후 최대 105 CFU/mL 수준의 감균효과를, 그리고 초기 생균수 6.8×10^5 CFU/mL인 *K. pneumoniae*에 대해서는 대조구에 비해 침지 7일 후 최대 10^2 CFU/mL 수준의 감균효과를 나타내어 polylysine 코팅 필름의 항균성 포장재로서의 활용 가능성을 확인할 수 있었으며 polylysine 코팅 필름을 상업적으로 적용하기 위해서는 저농도의 두꺼운 필름 보다는 고농도의 얇은 필름이 미생물의 증식을 저해하는데 효과적이라고 판단된다. 또한 필름으로부터 polylysine 용출을 용이하도록 하기 위한 연구가 추가로 연구되어야 하겠다.

참고문헌

1. Frank, D., Lieve, V. and Johan, D. (2004) New preservation technologies: Possibilities and limitations. *International Dairy Journal*, 14, 273-285
2. Appendini, P. and Hotchkiss, J.H. (2002) Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technol.*, 3, 113-126
3. Thomas, O (1994) Minimal processing preservation methods of the future, an overview. *Trends in Food Sci. & Tech.*, 5, 341-344
4. Donard, V.S. (1995) Marketing lightly processed fruits and vegetables. *Hortsci.*, 30, 15-17
5. Rogers L.A. (1982) The inhibitory effect of *Streptococcus lactis* on *Lactobacillus bulgaricus*. *J. Bacteriol.*, 16,

- 321-325
6. Mattick, A.T. and Hirsch A. (1947) Further observations on an inhibitory substance(nisin) from lactic *streptococci*. *Lancet.*, 2, 5-7
 7. Berry, E.D. and Hutkins, R.W., (1991) The use of bacteriocin-producing *Pediococcus acidilactici* to control post processing *Listeria monocytogenes* contamination of frank fruters. *J. Food Prot.*, 54, 681-686
 8. Elegado, F.B., Kim, W.J. and Kwon, D.Y. (1997) Rapid purification, partial characterization, and antimicrobial spectrum of the bacteriocin, Pediocin AcM, from *Pediococcus acidilactici* M. *International J. Food Microbiol.*, 37, 1-11
 9. Heo, C.Y. and Cho, S.H. (2002) Antimicrobial activity of polylysine produced by *Streptomyces* sp. *J. Agriculture & Life Sciences*, 36, 47-52
 10. Jeong, J.W., Park, K.J. and Jeong, S.W. (2003) Effect of ethanol and polylysine addition on storage stability of *Kimchi*. *Korean J. Food Preserv.*, 10, 278-283
 11. De Vuyst L, Vandamme EJ(eds). (1994) Bacteriocins of lactic acid bacteria: Microbiology, Genetics and Applications. Blackie Academic & Professional, London, England, p.151-221
 12. Klaenhammer T.R. (1993) Genetics of bacteriocins produced by lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol. Rev.*, 12, 39-86
 13. Haynie, S.L., Crum, G.A. and Doele, B A. (1995) Antimicrobial activities of amphiphilic peptides covalently bonded to a water-insoluble resin. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 39, 301-307
 14. Siragusa, G.R., Cutter, C.N. and Willett, J.L. (1999) Incorporation of bacteriocin in plastic retains activity and inhibits surface growth of bacteria on meat. *Food Microbiol.*, 16, 229-235
 15. Ming, X., Weber, G.H., Ayres, J.W. and Sandine, W.E. (1997) Bacteriocins applied to food packaging materials to inhibit *Listeria monocytogenes* on meat. *J. Food Sci.*, 62, 413-415
 16. Padgett, T., Han, I.Y. and Dawson, P.L. (1998) Incorporation of food-grade antimicrobial compounds into biodegradable packaging films. *J. Food Prot.*, 61, 1330-1335
 17. Kim, Y.M. and Lee, D.S. (2000) Migration of bacteriocin from bacteriocin-coated film and its antimicrobial activity. *Food Sci. Biotechnol.*, 9, 325-329
 18. Shima, S. and Sakai, H. (1997) Polylysine produced by *Streptomyces*. *Agric. Biol. Chem.*, 41, 1807-1809
 19. 정동효 편저. (2001) 식품미생물 제어론. In: 정균, 미생물 유래의 천연물, 대광서림, p.253-261
 20. Shin, D.H., Kim, M.S., Bae, K.S. and Kho, Y.H. (1992) Identification of putrefactive bacteria related to soybean curd. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 24, 29-30
 21. Joo, G.J., Hur, S.S., Choi, Y.H. and Rhee, I.K. (1998) Characterization and Identification of bacteria from putrefying soybean curd. *Korean J. Postharvest Sci Technol.*, 5, 292-298
 22. Park, M.H., Lee, D.S. and Lee, K.H. (2000) Plastic food packaging materials. In: *Food Packaging*, Jang, J.I.(Editor), Hyungseul Publish, Seoul, Korea, p.85-122
 23. Kim, D.J. and Kim, S.W. (2003) Barrier property and morphology of polypropylene/polyamide blend film. *Korean J. Chem. Eng.*, 20, 776-782
 24. Appendini, P. and Hotchkiss, J.H. (1997) Immobilization of lysozyme on food contact polymers as potential antimicrobial films. *Packaging Technol. Sci.*, 10, 271-279

(접수 2005년 5월 6일, 채택 2005년 7월 15일)