

자몽종자추출물과 폴리리신흔합물의 식품부패균에 대한 항균효과

최원균* · 노용철** · 황성연**

서울대학교 기초과학연구원*, 한경대학교 식품공학과 식품산업연구소**

(1999년 10월 20일 접수)

Antimicrobial Activity of Grapefruit Seed Extracts and Polylysine Mixture Against Food-borne Pathogens

One-Kyun Choi*, Yong Chul Noh**, and Seong-Yun Hwang**

Research Institute for Basic Sciences, Seoul National University*

Department of Food Technology Food Industry Institute, Hankyong National University**

(Received October 20, 1999)

Abstract

This study was conducted to investigate the antimicrobial activity of grapefruit extracts and polylysine mixture against food-borne pathogens. The mixture was showed a potent and quick antibacterial activity for 5 major bacteria causing food poisoning i.e. Escherichia coli, Escherichia coli O-157, Salmonella typhi, Staphylococcus aureus, Vibrio cholerae. The antibacterial effect of the mixture on the ordinary bacteria inhibiting on the surface of lettuce was lasted even 6 hrs after the treatment, however the mixture was non-effective on the color, smell and taste of lettuce. The treatment with 10% mixture solution of the foods such as fish, meat, rice and bread suppressed the growth of the bacteria and kept the foods more freshly than the untreated foods.

I. 서 론

생활 수준의 향상과 식생활 양식의 변화로 가공식품의 수요가 크게 증가함에 따라 식품첨가물 사용이 보다 다양해지고 있다. 특히 식품첨가물의 연구 개발 및 식품 가공 기술의 진보로 편리하고 간편한 식생활의 영위가 가능하게 되었다. 식품첨가물 가운데 가공식품에 첨가되어 식품의 보존기간을 높여주는 식품보존제는 가공, 유통중이거나 저장중의 식품이 산소나 미생물 등의 침해로 식품의 품질이 저하되는 것을 억제시켜주는 것으로서 항미생물제, 항곰팡이제, 항살충제, 노화 억제제, 항산화제, 보존제 등이 있다. 그러나 합성방부제는 장기간 섭취하면 인체에 만성 해독작용이 유발될 위험성을 완전히 배제할 수 없을 뿐 아니라 oncogene를 활성화시키는 carcinogen이라는 보고도 있어 점차 이를 기피하는 경향이 있으며, 보건 당국도

식품 첨가물로서의 사용에 엄격한 제한을 두고 있다. 따라서 식품의 안정성 및 식품 첨가물에 대한 인식이 날로 높아지는 가운데, 인체에 해가 없는 천연자원으로부터 신규 천연 보존제의 개발 및 사용에 많은 관심이 집중되고 있다.

현재 국내에서 천연 항균제의 개발을 위한 연구는 생약재추출물에서 항균성 물질을 검색¹⁻³⁾하였고, 야생식물에서는 장 등⁴⁾이 경남 일대의 자생식물 80종에서 4종의 균주에 대해 항균성을 검토한 바 있으며 한 등⁵⁾은 김치의 선도유지를 위한 천연보존제를 탐색하였다. 또한 정 등⁶⁾은 대나무 잎의 에틸아세테이트추출물에서 김치발효미생물에 대한 항균력을 실험하였고 정 등⁷⁾은 영지에서 항균성 물질을 분리하였다. 이외에도 녹차^{8),} 갖^{9),} 솔잎^{10),} 자초^{11),} 단삼^{12),} 부추^{13),} 산국¹⁴⁾과 도꼬마리^{15),} 로즈메리, 겨자 등에서 항균력이 있음이 발표되었다. 이와 같이 천연물에서의 항균작용에 대한 연구

는 대부분 이미 활성이 알려진 몇 가지 생약류나 김치의 부재료 및 다류 중에서 활성이 추정되는 것을 대상으로 연구되고 있으며, 얻은 결과가 아직까지는 실용화 및 산업화가 되지 못한 실정이다.

지금까지 천연항균제로 알려진 것으로는 향신료¹⁶⁾, 유기산¹⁷⁾, 저급지방산¹⁸⁾, 라이소자임^{19), 20)}, 락토페린²¹⁾, 박테리오신²²⁾과 폴리리신(ϵ -polylysine)²³⁻²⁶⁾ 등이 있으며 실용화된 천연항균제로는 미국의 Chemi-research사가 개발한 자몽종자 추출물(Grapefruit Seed Extract) 70%와 glycerin 30%로 제조된 DF-100이 있다. 자몽종자추출물은 미생물의 세포벽 및 세포막의 기능을 약화시키고 효소 활성을 저해하고 DNA/RNA에서 비롯되는 세포 증식 기작을 억제하여 미생물에 대한 살균 효과가 커서 500ppm정도의 낮은 희석 비율로도 *Salmonella*를 제거하는데 효과를 볼 수 있다고 한다.²⁷⁻²⁹⁾ 또한 폴리리신은 얇은 황색분말의 아미노산 복합체로 보존료로 알려져 있으나²³⁻²⁶⁾ 국내에서 사용은 그리 많지 않다.

본 연구는 자몽종자추출물 4.0%와 폴리리신 6.0%로 제조된 혼합물(이하 항균제)이 식중독균에 대한 항균력에 대해 실험하였고, 실제로 식품에 처리하였을 때 식품에 미치는 살균능에 대해 실험하였다.

II. 재료 및 실험방법

1. 재료

1) 시약 및 시료 준비

본 실험에서 사용한 항균제는 자몽종자추출물 4.0%와 폴리리신 6.0% 그리고 acetic acid 0.8%로 만들어진 것으로 Bio-Venture Bank (Japan)에서 구입하여 20배로 희석하여 사용하였다.

식품 재료는 쌀밥, 식빵, 동태살, 상추 및 돼지고기를 시중에서 구입하여 실험하였다. 쌀밥과 빵은 제조된 상태에서, 육류, 상추와 생선은 가공되지 않은 상태에서 적당한 크기로 잘라 10~15g을 취하여 petri dish에 넣은 후 고압 멸균하여 이용하였다.

2) 실험 기기

본 실험에 사용된 clean bench, colony counter incubator는 덕우과학 제품(Seoul, Korea)을 사용하였으며 microplate reader는 Molecular Device사 제품모델 SPECTRAmax 340PC microplate spectrophotometer (Sunnyvale, CA, USA)을 사용하였다.

3) 사용균주와 배지 및 표준 탁도액의 제조

본 실험에 사용한 실험균주는 식품의 부폐에 관계하는 세균과 식중독균인 대장균(*Escherichia coli* ATCC 25922, LE392, *Escherichia coli* O-157 ATCC 43895), 살모넬라균(*Salmonella typhi* ATCC 13311), 포도상구균(*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, ATCC 29213), 콜레라균(*Vibrio cholerae* ATCC 25872)균주를 국립보건원과 화학시험연구원에서 분양 받아 사용하였다.

사용배지는 *E. coli*, *S. typhi*와 *S. aureus*는 beef extract와 peptone이 함유된 Nutrient Agar, *V. cholerae*는 Brain Heart Infusion Medium을 사용하였으며 37°C에서 배양하였다.

항균시험용 평판배지는 agar 1.5%의 기층용 배지를 petri dish에 15mL씩 분주하고 응고시켰고, agar 0.75%의 중층용 배지를 각각 2.5mL씩 시험관에 분주하여 멸균하여 5°C 수욕상에 보관하면서 시험균액 0.1mL를 무균적으로 첨가하여 고루 혼합하여 기층용 배지 위에 도포하고 응고시켜 균집종 평판배지를 만들었다.

표준탁도액(McFarland No. 0.5)은 99.5ml의 0.36 N H_2SO_4 (1% v/v)에 0.5ml의 0.048 M $BaCl_2$ (1.175% w/v $BaCl_2 \cdot 2H_2O$)를 넣어 제조한 후 밀봉하여 실온에 차광하여 보관하였다. 표준탁도액 사용시 중균용 배지와 같은 분량으로 시험관에 분주한 후 충분히 진탕하여 탁도 비교에 사용하였다.

2. 실험방법

1) 항균제 처리 후 시간에 따른 세균감소율 측정

항균력 측정은 항균제를 2배 희석한 용액을 사용하였으며 멸균된 여과지에 시료 5mL를 흡수시킨 후 45°C로 식힌 배지에 균을 초기 접종 농도가 $10^4 \times 10^5$ cfu/mL의 농도로 조정하여 접종한 후 평판배지에 밀착시킨 다음 멸균수를 75μL씩 도포하여 이후 5분, 30분, 60분 후에 세균수를 측정하여 초기농도에 대한 감소율을 알아보았다. 세균의 측정은 colony counter를 이용하였으며, 세균수의 산출은 배지상의 균수에 희석 배수를 곱하였다.

2) 표면처리에 따른 항균력 측정

상추를 수돗물로 씻은 후 3~4cm로 잘게 자른 다음 항균제로 1분간 침지 후 건조하고, 또 다른 시료는 대상 야채량의 10%를 분무하여 준비한 이 두 시료를 상온에 둔 다음 각각의 20g씩을 동량의 멸균수와 함께 균질화하여 3~6시간 방치하였다. 0.1mL의 균질된 용액을 균수 측정배지에 넣고 한 37°C에서 48시간 배양

후 균수를 측정하였다.

3) 식품류에 침가 시 세균성장곡선 측정

각 식품에 항균제를 처리한 세균 성장곡선의 측정은 각각의 식품들을 10~15g씩을 취하여 적당한 크기로 절단한 후 petri dish에 담아 멀균하여 준비하였다. 각 실험군에 항균제를 액체 배양액의 1%, 5%, 10% 양 만큼 넣고, 식품 시료 중에 들어있는 부유물을 200μL씩을 취하여 각 세균의 성장 속도를 microplate reader로 550nm에서 흡광도를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 항균제 처리 후 시간에 따른 세균감소효과

본 실험에 사용된 항균제가 대장균 식중독균인 대장균(*E. coli*), 대장균 O-157, 살모넬라균(*S. typhi*), 포도상구균(*S. aureus*), 콜레라균(*V. cholerae*) 등을 액체배양한 균주들을 희석하여 초기농도가 $10^4 \times 10^5$ cfu/mL이 되도록 조정하여 시료와 세균 배양액을 넣고 시간별로 5분, 30분, 60분에 세균수를 측정하여 초기농도에 대한 감소율을 알아 보았다. 이때 세균수의 측정은 배지상의 균수에 희석배수를 곱하여 산출하였고 감소율은 아래와 같은식으로 계산하였다.

$$\text{감소율} (\%) = (A - B) / A \times 100$$

A : 초기농도

B : 일정시간 후 세균의 수

대장균(*E. coli*)은 <표 1>과 <Fig. 1>에서 보여주는 것처럼 2배로 희석된 항균제로 처리하였을 때 초기 균수

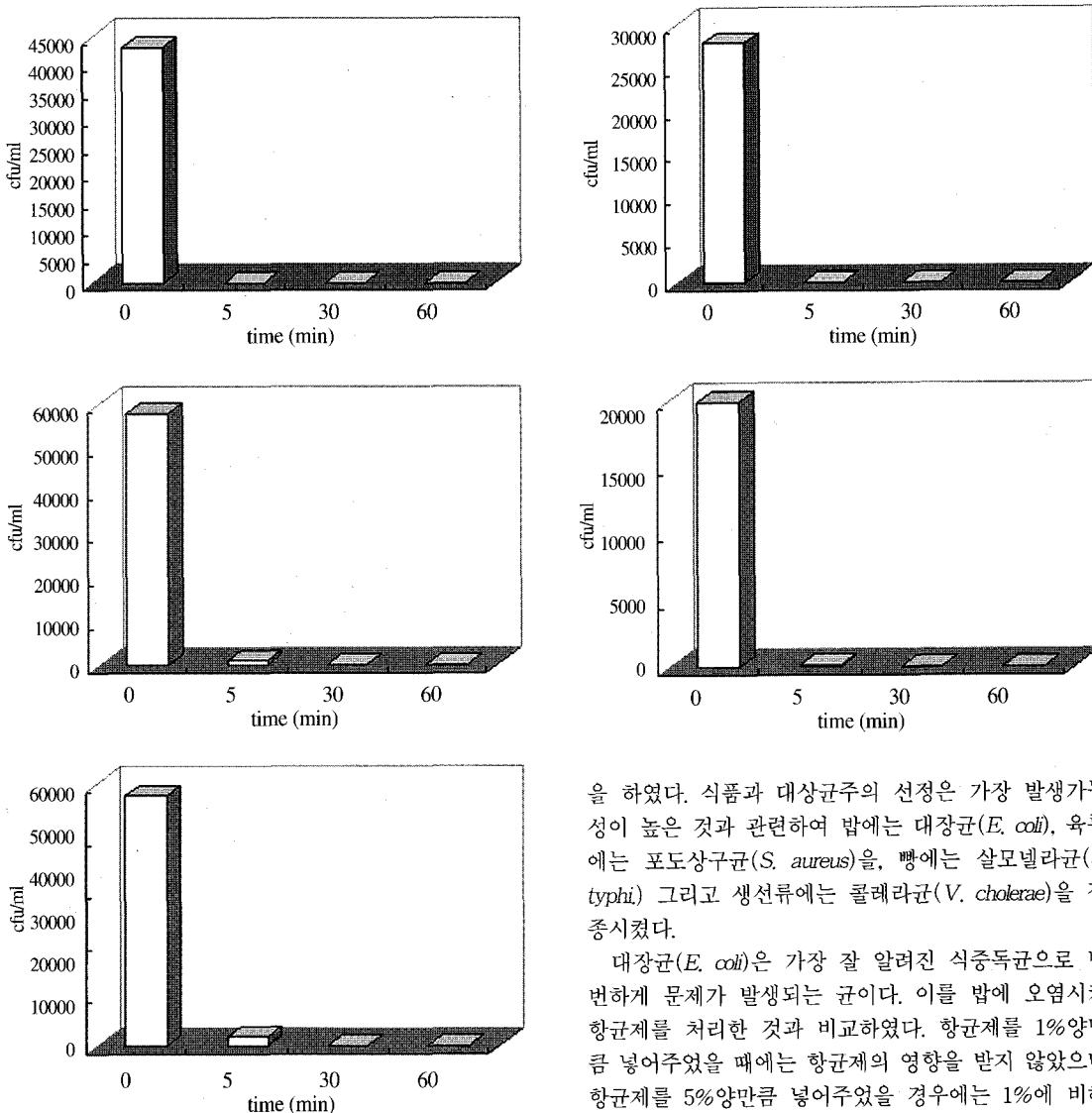
9.6×10^4 cfu/mL인 것이 5분 후에는 96.4%가 감소하였으며 30분 후에는 99.7%가 감소하였고 60분 후에는 세균이 검출되지 않았다. 포도상구균(*S. aureus*)은 초기 농도 2.8×10^4 cfu/mL에서 5분 후에는 완전히 세균이 제거되었다. 또한 대장균 O-157 (*E. coli* O-157)은 초기 균수 5.8×10^4 cfu/mL인 것이 5분 후에는 1.0×10^3 cfu/mL으로 98.3%로 감소하였으며 30분 후에는 99.9%가 감소한 3.0×10^1 cfu/mL이었다가 60분 후에는 세균이 검출되지 않았다. 살모넬라균(*S. typhi*)은 초기 균수 2.0×10^4 cfu/mL인 것이 5분 후에는 1.6×10^2 cfu/mL으로 99.2%로 감소하였으며 30분 후에는 세균이 완전히 사멸되었다. 콜레라균(*V. cholerae*)은 초기 농도 4.3×10^4 cfu/mL에서 5분 후에는 모든 세균이 사멸되었다. 전반적으로 대부분의 세균을 제거하기 위해서는 최소 60분이 필요하였다. 이 결과에서 항균제 처리 후 시간에 따른 세균감소효과는 대장균과 대장균 O-157은 60분 후, 살모넬라균은 30분 후에 그리고 포도상구균과 비브리오균은 5분 이후에는 모두 사멸되어 5종의 대표적인 식중독균에 모두 항균스펙트럼을 가짐을 알 수 있었다.

2. 표면처리에 따른 항균효과

표면처리에 따른 항균효과를 보기 위하여 상추를 항균제로 침지처리한 것과 분무한 것에서 항균효과를 보았다. <표 2>에서 보여주듯이 항균제처리 후 6시간이 지난 후까지도 초기에 감소한 균수가 그대로 유지됨을 알 수 있었다. 분무한 시료는 초기에 항균제를 처리하자마자 처리하지 않은 대조군의 50분의 일정도로 균이 줄었으며 6시간 후에는 초기의 200분의 일로 감소되었다. 침지한 시료는 분사한 시료보다 더 현저히 균수가

<Table 1> Antimicrobial activity against food-borne pathogens.

Time	<i>E. coli</i> No. of bacteria (cfu/mL) Rate of reduction (%)	<i>S. aureus</i> No. of bacteria (cfu/mL) Rate of reduction (%)	<i>E. coli</i> O157 No. of bacteria (cfu/mL) Rate of reduction (%)	<i>S. typhi</i> No. of bacteria (cfu/mL) Rate of reduction (%)	<i>V. cholerae</i> No. of bacteria (cfu/mL) Rate of reduction (%)
Before	9.6×10^4 -	2.8×10^4 -	5.8×10^4 -	2.0×10^4 -	4.3×10^4 -
After 5 min	3.5×10^3 96.4	- 100	1.0×10^3 98.3	1.6×10^2 99.2	- 100
	3.2×10^2 99.7	- 100	3.0×10^1 99.9	- 100	- 100
After 60 min	- 100	- 100	- 100	- 100	- 100



<Fig. 1> Antimicrobial activity against food-borne pathogen microorganisms. *E. coli* (top-left), *E. coli* O-157 (top-right), *S. typhi* (middle-left) *S. aureus* (middle-right) *V. cholerae* (bottom)

감소되어 침지 즉시에는 12개의 세균만이 생존하였고, 6시간 후에는 분사한 시료보다 균수가 약간 증가되었다. 또한 이때 상추에서 이취나 색상의 변화는 나타나지 않았다.

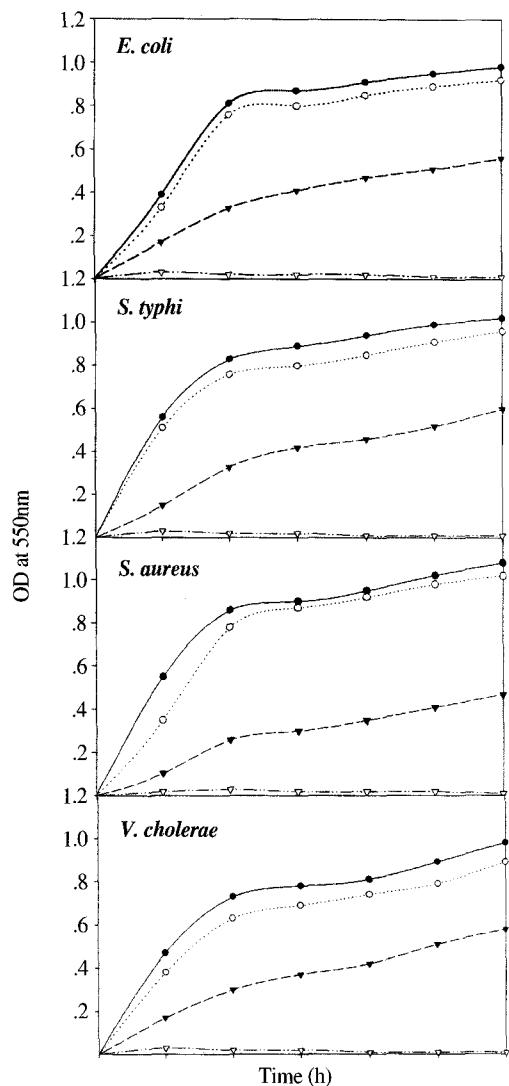
3. 식품류에 첨가시 세균 성장 억제 효과

각 식품에 항균제를 처리한 세균 성장곡선의 측정

을 하였다. 식품과 대상균주의 선정은 가장 발생가능성이 높은 것과 관련하여 밥에는 대장균(*E. coli*), 육류에는 포도상구균(*S. aureus*)을, 빵에는 살모넬라균(*S. typhi*) 그리고 생선류에는 쿨레라균(*V. cholerae*)을 접종시켰다.

대장균(*E. coli*)은 가장 잘 알려진 식중독균으로 빈번하게 문제가 발생되는 균이다. 이를 밥에 오염시켜 항균제를 처리한 것과 비교하였다. 항균제를 1%양만큼 넣어주었을 때에는 항균제의 영향을 받지 않았으며 항균제를 5%양만큼 넣어주었을 경우에는 1%에 비해 반정도 세균이 감소되었으나 성장은 계속되었다. 반면 항균제를 10%양만큼 넣어주었을 때에는 초기부터 세균의 생육은 보이지 않았다(Fig. 2).

빵이나 케이크 제조시 계란을 넣어 만드는 경우가 많은데 이 때 계란 껌질에 살모넬라균이 많이 번식되어있기 때문에 균이 번식하여 식중독을 유발시킬 수 있다. 따라서 빵 시료에 살모넬라균(*S. typhi*)을 번식시킨 시료들에 항균제를 1%양만큼 넣어주었을 때에는 항균제의 영향을 받지 않았으며, 항균제를 5%양만큼 넣어주었을 경우에는 세균의 성장속도를 약간 억제하기는 하였으나 증식은 계속되었다. 항균제를 10%양만큼 넣어주었을 때에는 초기부터 세균의 생육은 보이지 않았고 지속적으로 항균상태가 유지되었다.



<Fig. 2> Antimicrobial effect of foods treated with antimicrobial agent.
 (-●-; control, -○-; 1%, -▼-; 5%, -▽-; 10% antimicrobial agent solution, rice; *E. coli*, bread; *S. typhi*, meat; *S. aureus*, fish; *V. cholerae*)

<Table 2> Antibacterial effect of antimicrobial agent on the ordinary bacteria on the surface of lettuce.

	Immediately	3hr(cfu/mL)	6hr(cfu/mL)
Control	1.4×10^5	2.8×10^4	2.8×10^4
Spray	3.1×10^3	3.5×10^3	7.7×10^2
Soak	1.2×10^1	5.6×10^2	1.2×10^3

식육을 대상으로 포도상구균(*S. aureus*)에 대한 항균제의 효과는 다른 균주들처럼 항균제를 10% 양만큼 넣어주었을 때에 항균효과가 있었다.

국내의 서해안 및 남해안 지역에서 매년여름철에 경구감염에 의한 패혈증을 주로 일으키는 콜레라균(*V. cholerae*)에 대한 항균제의 살균효과를 보기 위해 생선에 접종시켜 항균제를 첨가한 것과 비교한 결과 항균제를 1% 양만큼 넣어주었을 때에는 항균력을 나타나지 않았으며 5%에서 더 완전한 항균력을 관찰할 수 없었다. 10% 양의 항균제 처리시 세균이 급격히 감소하였고, 그 상태를 계속 유지하면서 세균이 더 이상 증식하지 않아 콜레라균에 대한 항균제의 살균효과 및 성장 억제 효과를 확인할 수 있었다.

각 균주의 최적 생육조건에 배지를 이용한 실험과 실제로 식품에 오염시킨 각각의 시료들에 있어서 항균제를 1% 양만큼 넣어주었을 때에는 항균제의 영향을 받지 않아 균의 일반적인 성장곡선을 나타내고 있으며, 5% 양만큼 넣어주었을 경우에는 세균의 성장속도를 억제해 주었으며, 10% 양만큼 넣어주었을 때에는 초기부터 세균의 생육은 보이지 않았을 뿐만 아니라 전반적으로 균은 성장하지 못했다.

식품에 직접 적용하였을 때 각 균주에 대한 항균제가 미치는 항균효과는 전체적으로 비슷한 유형을 나타내었다. 항균제처리 후 시간에 따른 세균감소효과의 결과에서 대장균들은 세균의 완전제거를 위해서 다른 균들 보다 더 많은 시간인 60분이 필요하였었는데 식품시료에 적용한 실험은 12시간동안 생육정도를 본 것으로 그러한 균주들간의 변화는 심하게 나타나지 않았다.

항균제를 식품에 직접 접촉시켜 실험한 결과를 육안으로 확인한 결과 시간이 지날수록 식품에서 자체적으로 발생되는 유출물들로 인해 전체적으로 모든 균주에 대하여 가시적으로 균주의 발생에 대한 선명한 확인은 어려웠으나, UV 550nm에서는 확실하게 균주 흡광도의 변화를 확인 할 수 있었다.

냄새나 색에 있어서도 항균제를 처리하지 않은 시료에서는 10% 항균제를 첨가한 균에 비해 시간이 경과 할 수록 심한 부패취가 발생하였으며 색도 약간 변함을 볼 수 있었다.

이상의 실험 결과로 볼 때 식품에 10% 항균제 용액을 처리시 식중독 및 식품의 부패를 유발할 수 있는 원인균들의 증식을 억제하고, 제거할 수 있는 식품처리제로 곡류 가공식품과 어육연제품 및 육가공식품의 변질을 방지하여 저장성 및 안전성에 효과적일 것으로 생각된다.

IV. 결 론

자동종자추출물과 폴리리신 혼합물의 식중독균(대장균, 살모넬라균, 포도상구균, 콜레라균)에 대한 항균력과, 식품에 처리하였을 경우 살균에 미치는 최적농도에 대해 실험하였다. 항균제 처리 후 시간에 따른 세균감소효과는 대장균과 대장균 O-157은 60분 후, 살모넬라균은 30분 후에 그리고 포도상구균과 비브리오균은 5분 이후에 모두 사멸되어 5종의 대표적인 식중독균에 모두 항균스펙트럼을 가짐을 알 수 있었다. 표면처리시 항균효과는 식품에 분무하였을 때와 침지 시켰을 때 각각 초기균수 1.4×10^5 CFU/mL에서 3.1×10^3 CFU/mL 그리고 1.2×10^1 CFU/mL으로 감소하였고, 두 경우 모두 6시간 이상 지속적인 항균효과가 있었다. 식품첨가시 항균효과는 각 균주의 최적 생육조건에 배지를 이용한 실험과 실제로 식품에 오염시킨 밥, 빵, 식육 그리고 생선 등 각각의 시료들에 있어서 항균제를 시료양의 10% 양만큼 넣어주었을 때에 초기부터 세균의 생육은 보이지 않았고 지속적으로 균은 성장하지 못했다.

감사의 글

본 연구는 후드텍코리아(주)의 연구비지원에 의한 것으로 이에 감사를 드립니다.

■참고문헌

- 1) Lee BW, Shin DH. Screening of natural antimicrobial plant extract on food spoilage microorganisms, Korean J Food Sci Technol 23(2):200-204, 1991
- 2) Park UY, Chang DS, Cho HR, Screening of Antimicrobial Activity for Medicinal Herb Extracts, J Korean Soc Food Nutr 21(1):91-96, 1992
- 3) Kim SJ. Screening and charactrestics of antimicrobial activity in oriental medicines, Kyungsan National Univ. Ph D's Degree, 1995
- 4) Yang MS, Ha YL, Nam SH, Choi SU, Jang DS. Screening of domestic plants with antibacterial activity, Agricultural Chemistry and Biotechnology 38(6):584-589, 1995
- 5) Moon KD, Byun JA, Kim SJ, Han D. Screening of natural preservatives to inhibit Kimchi fermentation, Korean J Food Sci Technol 27(2):257-263, 1995
- 6) Chung DK, Yu R. Antimicrobial activity of bamboo leaves extract on microorganisms relate to Kimchi fermentation, Korean J Food Sci Technol 27(6):1035-1038, 1995
- 7) Chung DO, Jung JH. Studies on antimicrobial substances of Canoderma lucidum, Korean J Food Sci Technol 24(6):552-557, 1992
- 8) Yeo SG, Ahn CW, Kim IS, Park YB, Park YH, Kim SB. Antimicrobial effect of tea extracts from green tea, oolong tea and black tea, J Korean Soc Food Nutr 24(2):293-298, 1995
- 9) Kang SK, Kim D, Park SK. Effects of antimicrobial of Leaf Mustard (*Brassica juncea*) extract on compositions and leakage of cellular materials in *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, J Korean Soc Food Nutr 24(2):280-285, 1995
- 10) Choi MY, Choi EJ, Lee E, Rhim TJ, Cha BC, Park HJ. Antimicrobial activities of pine needle (*Pinus densiflora* Seib et Zucc.) extract, Kor J Appl Microbiol Biotechnol 25(3): 293-297, 1997
- 11) Park UY, Chang DS, Cho HR. Antimicrobial Effect of Lithospermi radix(*Lithospermum erythrorhizon*) Extract, J Korean Soc Food Nutr 21(1):97-, 1992
- 12) Mok SJ, Park UY, Kim YM, Chang DS. Effects of Solvents and Extracting Condition on the Antimicrobial Activity of Salviae miltiorrhizae Radix (*Salvia miltiorrhiza*) Extract, J Korean Soc Food Nutr 23(6):1001-1007, 1994
- 13) Kim SJ, Park KH. Antimicrobial Substances in Leek (*Allium tuberosum*) Korean J Food Sci Technol 28(3):604-608, 1996
- 14) Nam, SH, Yang, MS. Antibacterial activities of extracts from *Chrysanthemum boreale* M. Agricultural Chemistry and Biotechnology 38(3):269-272, 1995
- 15) Kim HS, Shin JO. Isolation and antimicrobial activity of *Xanthium strumarium* L. extract, Kor J Appl Microbiol biotechnol 25(2):183-188, 1997
- 16) Conner DE, Beuchat LR. Effect of essential oils from plants on growth of food spoilage yeasts, J Food Sci 49:429-434, 1984
- 17) Reese E, Sheu CW, Galliers E. Function of lipophilic acids as antimicrobial food additives, Nature, 241:321-325, 1973
- 18) Quattara B, Simard RE, Holley RA, Piette GJ, and Begin A. Antibacterial activity of selected fatty acids

- and essential oils against six meat spoilage organisms, Int. J. Food Microbiol 37(2):155-162, 1997
- 19) Ibrahim HR, Yamada M, Matsushita K, Kobayashi K, Kato A. Enhanced bactericidal action of lysozyme to *Escherichia coli* by inserting a hydrophobic pentapeptide into its C terminus, J Biol Chem 18:269(7):5059-5063, 1994
- 20) Proctor VA, Cunningham FE. The chemistry of lysozyme and its use as a food preservative and a pharmaceutical, Crit Rev Food Sci Nutr 26(4):359-395, 1988
- 21) Yamauchi K, Tomita M, Giehl TJ, Ellison RT. Antibacterial activity of lactoferrin and a pepsin-derived lactoferrin peptide fragment, Infect Immun 61(2):719-728, 1993
- 22) Jack RW, Wan J, Gordon J, Hammark K, Davidson, BE, Hiller AJ, Wettenhall RE, Hickey MW, Coventry MJ. Characterization of the chemical and antimicrobial properties of piscicillin 126, a bacteriocin produced by *Carnobacterium piscicola* JG126, Appl Environ Microbiol 62(8):2897-2903, 1996
- 23) Thomas EL, Jefferson MM, Grisham MB. Myeloperoxidase-catalyzed incorporation of amines into proteins: role of hypochlorous acid and dichloramines, Biochemistry 21(24):6299-6308, 1982
- 24) Shima S, Matsuoka H, Iwamoto T, Sakai H. Antimicrobial action of epsilon-poly-L-lysine, J Antibiot (Tokyo) 37(11):1449-1455, 1984
- 25) Gunn JS, Miller SI. PhoP-PhoQ activates transcription of pmrAB, encoding a two-component regulatory involved in *Salmonella typhimurium* antimicrobial peptide resistance, J Bacteriol 178(23):6857-6864, 1996
- 26) Soukos NS, Ximenez-Fyvie LA, Hamblin MR, Socransky SS, Hasan T. Targeted antimicrobial photochemotherapy, Antimicrob. Agents Chemother 42(10):2595-2601, 1998
- 27) Ranzani MR, Fonseca H. Mycological evaluation of chemically-treated unshelled peanuts, Food Addit Contam 12(3):343-346, 1995
- 28) Calori-Domingues M.A, Fonseca H. Laboratory evaluation of chemical control of aflatoxin production in unshelled peanuts (*arachis hypogaea* L.), Food Addit Contam 12(3):347-350, 1995
- 29) Xiong H, Li Y, Slanvik MF, Walker JT. Spraying chicken skin with selected chemicals to reduce attached *Salmonella typhimurium*, J Food Prot 61(3):272-275, 1998