

향신료 분말의 *Escherichia coli*와 *Staphylococcus aureus*에 대한 항균작용

김미림 · 최경호* · 박찬성**

경북과학기술대학교 식품계열, *대구효성가톨릭대학교 식품영양학과, **경산대학교 생명자원공학부

Antibacterial Activity of Powdered Spice against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*

Mi-lim Kim, Kyun-gho Choi* and Chan-Sung Park**

Department of Food Science, [§]Kyungbuk College of Science

*Department of Food and Nutrition, Catholic University of Taegu-Hyosung

**Faculty of Life Resources Engineering, Kyungsan University

Abstract

Antibacterial activities of powdered spices(garlic, ginger, cinnamon and clove) against pathogenic *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* were investigated. Spice powder was added in exponential phase of each bacterial culture. Growth inhibition was determined by the absorbance at 660nm and morphological changes of the cells were observed by transmission electron microscope(TEM). Ginger powder has the highest antibacterial activity, following cinnamon, clove and garlic has the least activity. Growth of *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* were completely inhibited within 5 hours after addition of 1% of garlic, 0.3% of ginger or cinnamon, 0.5% of clove powder on the exponential phase of the cells. Spice untreated cells of *E. coli* and *S. aureus*, the cytoplasm was entirely surrounded by rigid cell wall and cell walls formed a smooth layer, well attached to the plasma membrane. In the cells of *E. coli* and *S. aureus* treated with spice powder, cell wall and plasma membrane were lysed and severely damaged. *E. coli* cells grown in the presence of spice powder showed plasmolysis, the loss of electron dense material, the formation of extra cellular blebs and cytoplasm burst out from the cell. *S. aureus* cells grown in the presence of spice powder showed swell of cell wall, the loss of electron dense material, coagulation of cell cytoplasm and formation of extra cellular blebs. Severely damaged cells of *S. aureus* lost whole cytoplasm and left as ghost of the cell. Spice powder stimulated autolysis and induced cell death.

Key words : powdered spice, antibacterial activity, *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, morphological changes

서론

우리나라를 비롯한 세계 각국에서 발생한 식중독사

고의 환자수가 크게 증가하고 있으며(1,2) 미국의 질병 통제센터는 매년 20,000명 정도의 사람들이 *E. coli* O157:H7에 감염되는 것으로 추정하고 있다(3). 식중독 사고의 원인식품은 주로 육류와 가금류(4,5), 생야채(6,7), 과일음료(8) 등으로 점차 다양해지고 있는데 오염된 환경에서 자란 해산물에서 *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *V. parahaemolyticus* 등의 식중독세균 검출율이 높은 것으로 보고되고 있다(9,10). 우리나라에서도 해산

Corresponding author : Mi-lim Kim, Department of Traditional Fermented Food, Kyungbuk College of Science, Chilgok, Kyungpook 718-850, Korea
E-mail . mlkim@create.kbcs.ac.kr

물(11), 냉동 만두와 피자(12), 육류와 가금류(13)에서 *Listeria*속 세균이 다수 검출되었다는 보고가 있어 식중독세균에 대한 관심이 점차 커지고 있는 실정이다. 이들 식중독세균은 내염성(14,15), 내산성(16,17), 저온내성(18,19) 및 다양한 종류의 항생제에 대한 내성을 가진 균주들(20,21)이 보고되고 있어 식중독세균의 관리에 주의를 기울여야 할 것으로 생각된다.

식품에 함유된 세균의 증식을 억제할 목적으로 많은 종류의 보존료가 사용되고 있으나 지속적으로 체내에 축적될 경우에는 만성독성, 발암성, 돌연변이 유발성 등의 문제가 제기되고 있어(22) 인체에 무해한 천연 보존료의 개발이 시급한 실정이다. 특히 천연물은 지금까지 섭취해온 식품을 이용하는 것이 안전성의 면에서 바람직한 것으로 생각되고 있으며 최근에는 항균활성을 가진 향신료(23,24), 식품의 정유성분(25), 생약제와 식물추출물(26) 등을 식품에 천연 보존제로 활용하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

향신료는 천연 식물성 물질로서 본래의 향미강화, 나쁜향미의 억제 등을 목적으로 널리 이용되고 있으며 각종 음식물에 첨가되어 우수한 영양과 방부효과, 항산화 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다(27,28). Ziauddin 등(24)은 유기산과 생강, 마늘, 양파 등의 향신료 추출물이 육류에서 세균 증식을 억제 시켰다고 보고하였으며 Bullerman 등(29)은 계피 첨가빵에서 aflatoxin의 생성이 억제된 것으로 보고하고 있다. 쑥(30), 잣(31), 마늘(32), clove, oregano, thyme 등(33)의 향신료가 *S. aureus*, *Sal. typhimurium*을 비롯한 각종 식중독 세균에 대하여 항균활성이 있는 것으로 보고되고 있다. 많은 종류의 향신료가 한방 건강음료의 재료로 이용되고 있으며 이들 향신료를 이용한 새로운 건강식품으로 마늘식초가 개발되어 고 cholesterol 식이 쥐에서 체중감소 효과(34) 및 당뇨쥐에서 동맥경화 억제효과(35)가 있는 것으로 보고하였다.

본 연구에서는 향신료중 건강음료나 조리에 널리 사용되는 마늘, 생강, 계피, 정향의 분말로서 천연 보존료 개발을 목적으로 식중독세균인 *Staphylococcus aureus*와 *Escherichia coli* O157:H7에 대한 항균작용을 조사하였으며 아울러 분말 향신료가 식중독세균의 세포에 미치는 항균작용의 기구를 규명하기 위하여 배양중인 세균을 향신료로서 처리한 후 세균의 미세구조 변화를 전자현미경으로 관찰하였다.

재료 및 방법

재료

마늘(의성 6종)과 생강(전라도산, 조강)은 경북의성

과 영천지역에서 구입(1998년 9월~1998년 12월)하여 시료를 박피, 세척한 후 Vacuum Plate Dryer로서 40°C에서 40mmHg로 13시간동안 감압건조하여 100 mesh로 갈아 분말시료로 사용하였다. 계피는 동신계약의 중국산 육계 slice를 구입하여 마늘, 생강과 동일하게 분말화 하였으며 정향은 Schilling社에서 제조한 시판 향신료를 구입하여 사용하였다.

균주 및 배지

균주는 식중독세균 중 그람음성균인 *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 43895와 그람양성균인 *Staphylococcus aureus* 196E ATCC 13565를 tryptic soy broth(TSB)에 배양하면서 항균력을 검토하였다.

항균력조사

35°C의 TSB배지에서 15~18시간 전배양한 공시균을 L자형 시험관의 신선한 배지 10ml에 탁도 0.1이 되도록 접종한 후 진탕배양하였다. 배양액의 대수증식기 중기에 무균처리한 분말 향신료를 배지량의 0~2% 되도록 주입한 후 배양액의 증식도변화를 광전미색계(東京光電, 7A)를 사용하여 660nm에서 흡광도를 측정하였다.

향신료에 의한 세균의 손상관찰

세균의 배양중 대수증식기에 분말향신료를 0.5% 투여하여 2시간 배양후의 균액에 osmic acid를 0.1% 농도가 되게 주입하여 전 고정하면서 원심분리하여 집균하였다. 여기에 1% osmic acid를 가하여 균을 고정(4°C, overnight)시켜 agar로서 포매한 후 50, 70, 80, 90, 95, 100% ethanol, propylene oxide의 순서로 각각 20분씩 탈수시켰다. 탈수후에 epon mixture로 35°C, 45°C, 60°C에서 각각 18시간씩 포매한 후 시료를 초박절편(Ultramicrotome, LKB)하여 uranyl acetate와 lead citrate로 염색하고 투과형 전자현미경(JEM 100-CX)으로 세균의 손상을 관찰하였다.

결과 및 고찰

분말 향신료의 항균력

Table 1은 분말향신료를 대수증식기의 *E. coli*에 첨가한 후의 증식억제율을 나타내었다. 마늘은 2%까지 농도에 비례하여 증식이 억제되었으며 0.5%까지 첨가했을때는 첨가직후에 비하여 시간이 경과에 비례하여 억제율이 증가되었다. 마늘을 1%이상 첨가했을

때는 첨가직후부터 억제효과가 컸으며, 2% 첨가시에는 1시간내에 90% 이상이 억제되었다. 생강, 계피, 정향의 경우에는 0.5% 범위내에서 마늘보다 탁월한 억제효과를 나타내었으며, 특히 생강을 0.5% 첨가한 효과는 마늘을 2% 첨가한 효과와 거의 비슷한 정도의 *E. coli*에 대한 억제효과를 나타내었다. 그러나 계피와 정향의 경우에는 억제효과가 생강에 비하여 다소 약한 편이었으며, 0.5%보다 높은 농도에서도 증식 억제효과가 커지지는 않았다(data not shown).

Table 1. Growth inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 treated with spice powder

Spice powder (%)	inhibition rate (%)		
	Cultivation time after spice treatment (hr)		
	1	3	5
Garlic	0	0	0
	0.1	4.4	18.7
	0.5	22.2	44.7
	1.0	42.2	61.0
	2.0	91.1	95.1
	2.0	91.1	97.0
Ginger	0	0	0
	0.1	15.5	21.7
	0.2	31.1	52.4
	0.3	55.6	70.2
	0.5	87.8	95.2
	0.5	87.8	98.5
Cinnamon	0	0	0
	0.1	16.7	26.2
	0.2	22.2	39.3
	0.3	28.9	52.5
	0.5	57.8	72.9
	0.5	57.8	76.5
Clove	0	0	0
	0.1	0	16.4
	0.2	5.5	22.1
	0.3	17.8	40.9
	0.5	26.7	50.8
	0.5	26.7	60.6

* Spice powder was added into the bacterial culture on exponential phase of cells. Growth inhibition was determined by the absorbance at 660nm

Table 2는 대수증식기의 *S. aureus*에 향신료를 첨가했을 때의 증식억제율로서, 마늘과 생강의 경우에는 *E. coli*의 경우와 비슷한 경향이였다. 그러나 *S. aureus*에 대한 증식억제율은 마늘 2%, 생강 0.5% 첨가하여 5시간 배양했을 때, *E. coli*에 비하여 각각 12%, 20% 정도 낮은 억제효과를 나타내었으며 생강을 1% 첨가했을 때는 증식억제효과가 0.5% 첨가시에 비하여 15% 정도 증가하였다. 한편, 계피와 정향의 경우에는 0.5% 첨가했을 때 1시간후의 억제효과는 *E. coli*에 비하여 각각 11%, 17% 정도 높은 효과를 나타내었으나 배양 5시간 후에는 두 균주 모두 비슷한 정도로 억제되었다.

Table 2. Growth inhibition of *Staphylococcus aureus* treated with spice powder

Spice powder (%)	inhibition rate (%)		
	Cultivation time after spice treatment (hr)		
	1	3	5
Garlic	0	0	0
	0.1	11.1	20.3
	0.5	31.1	42.4
	1.0	35.6	57.6
	2.0	71.1	81.4
	2.0	71.1	85.0
Ginger	0	0	0
	0.1	9.4	9.8
	0.2	23.9	37.5
	0.3	45.8	42.9
	0.5	68.8	75.0
	1.0	79.2	92.9
Cinnamon	0	0	0
	0.1	16.6	25.0
	0.2	22.2	33.3
	0.3	37.8	49.2
	0.5	68.9	77.7
	0.5	68.9	78.3
Clove	0	0	0
	0.1	2.2	26.7
	0.2	0	21.7
	0.3	20.0	40.0
	0.5	44.4	61.7
	0.5	44.4	62.1

* See the legend of Table 1

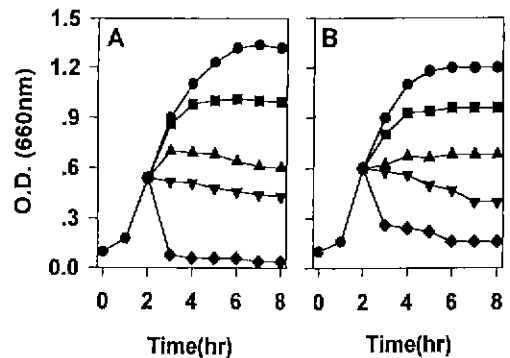


Fig. 1. Effect of garlic on the growth of *Escherichia coli* O157:H7 (A) and *Staphylococcus aureus* (B). Garlic powder was added into the culture on exponential phase of the cells. Symbols are ● control, ■ 0.1%, ▲ 0.5%, ▼ 1.0%, ◆ 2.0%

Fig. 1은 대수증식기의 *E. coli*와 *S. aureus*에 마늘을 0~2% 첨가했을 때의 증식곡선이다. 마늘을 0.1% 첨가했을 때는 두 균주 모두 2시간동안 거의 정상적인 증식이 이루어 졌으나 첨가 2시간 후부터는 거의 증식이 없이 일정수준을 유지하였다. 마늘을 0.5% 첨가했을 때는 *E. coli*와 *S. aureus* 모두 첨가후 세균의 증식은 미미한 정도에 불과하였으며 1% 첨가시에는 첨가 직후부터 계속하여 일정비율로 억제되었다. 2%

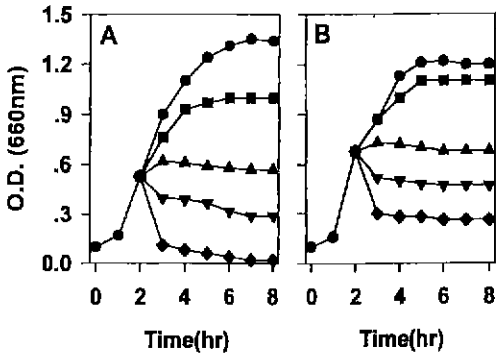


Fig. 2. Effect of ginger on the growth of *Escherichia coli* O157:H7 (A) and *Staphylococcus aureus* (B). Ginger powder was added into the culture on exponential phase of the cells. Symbols are ●, control; ■, 0.1%; ▲, 0.2%; ▼, 0.3%; ◆, 0.5%.

첨가시에는 두 균주 모두 1시간내에 급격히 감소하였는데 *E. coli*의 감소폭이 *S. aureus*에 비하여 월등히 컸으며 그 후부터는 억제효과는 극히 적은 편이었다.

Fig. 2는 *E. coli*와 *S. aureus*에 생강을 0~0.5% 첨가했을 때의 증식곡선이다. 생강을 0.1% 첨가했을 때, 두 균주 모두 계속적으로 정상적인 증식이 이루어 졌으나 대조구에 비하여 억제되었으며 억제효과는 *E. coli*의 경우가 *S. aureus*에 비하여 큰 편이었다. 생강 0.2% 첨가시에는 5시간동안 증식이 거의 없이 생강 첨가시점의 균수가 유지되었으나 0.3%와 0.5% 첨가시에는 직후부터 계속하여 증식이 억제되었으며 그 효과는 *E. coli*의 경우가 *S. aureus*에 비하여 효과적이었다.

Fig. 3은 계피 분말을 0~0.5% 첨가했을 때 *E. coli*와 *S. aureus*의 증식곡선이다. 계피를 0.1% 첨가했을 때, *E. coli*는 초기의 2시간동안 빠르게 증식하였으며, 첨가 2시간 후부터는 거의 증식이 없이 일정수준을 유지하였다. 0.2%와 0.3% 첨가시에는 각각 2시간, 1시간동안 증식한 후부터 감소되었으나 0.5% 첨가시에는 첨가직후부터 서서히 감소되었다. 한편, *S. aureus*는 계피를 0.1~0.3% 첨가한 직후의 1시간 동안 세균의 증식이 억제된 후에 다시 증식이 회복되었으나 0.5% 첨가시에는 초기의 1시간동안 급격히 감소한 후에 거의 일정 수준이 유지되었다.

Fig. 4는 *E. coli*와 *S. aureus*에 정향을 0~0.5% 첨가했을 때의 증식곡선으로서 *E. coli*의 경우에는 0.1% 첨가했을 때 2시간 동안 거의 억제되지 않았으나 그 후부터는 거의 일정 수준이 유지되었으며 0.2~0.5% 첨가했을 때는 첨가 직후에 약간 증가한 후 거의 일정수준을 유지되었다. *S. aureus*에서는 정향을 0.1%와

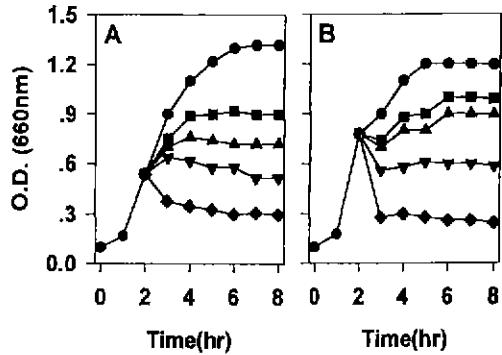


Fig. 3. Effect of cinnamon on the growth of *Escherichia coli* O157:H7 (A) and *Staphylococcus aureus* (B). Cinnamon powder was added into the culture on exponential phase of the cells. Symbols shown in Fig. 2.

0.2% 첨가했을 때, 첨가 직후의 1시간동안 약간 증가한 후에 더 이상의 증식이 없이 일정수준을 유지되었으며 두 농도간에는 거의 차이를 나타내지 않았다. 정향을 0.3%첨가한 경우에는 첨가시의 수준으로 유지되었으며 0.5% 첨가시에는 첨가직후의 1시간동안 약간 감소한 후에 일정 수준이 유지되었다.

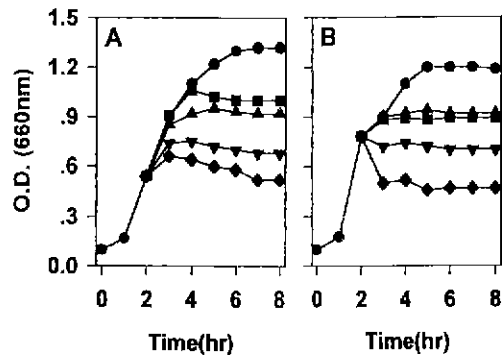


Fig. 4. Effect of clove on the growth of *Escherichia coli* O157:H7 (A) and *Staphylococcus aureus* (B). Clove powder was added same method in Fig. 1. Symbols shown in Fig. 2

이상의 Fig. 1~Fig. 4에서 4종류의 분말 향신료를 *E. coli*와 *S. aureus*의 대수증식기에 첨가했을 때의 증식억제효과는 생강이 가장 낮은 농도에서 두 세균을 억제시켰으며 다음으로는 계피, 정향의 순이었고 마늘이 가장 높은 농도에서 세균의 증식을 억제하였다. 마늘과 생강은 Gram 양성균인 *S. aureus* 보다는 Gram 음성균인 *E. coli*에서 억제효과가 훨씬 컸으며, 계피와 정향은 두 균주에 대하여 비슷한 정도의 억제효과를 나타내었다.

이와 같이 마늘과 생강이 *S. aureus*보다 *E. coli* O157에 대하여 더 큰 억제효과를 나타낸 것은 마늘이 *E. coli*에 대하여 우수한 항균활성을 나타내었다는 김 등32)의 보고와 비슷한 결과이다 그러나 많은 종류의 향신료가 Gram 음성균보다는 Gram 양성균을 억제하는데 효율적이라는 많은 보고23-25)와 한약재인 유백피36), 자소잎37) 추출물에서도 *E. coli*에 비해 *S. aureus*에 대한 항균활성이 크다고 보고하였으며 특히 양 등38)은 16종의 한약재 추출물이 *E. coli* O157에는 항균력이 없는 것으로 보고하여 본 실험의 결과와는 다른 결과를 보고하였다. 이러한 상반된 결과는 각각의 식품성분이나 각 향신료가 갖고있는 항균성분의 차이에 따라 세균의 미세구조에 작용하는 항균활성에도 차이가 있을 것으로 판단되며 앞으로 더 많은 종류의 천연물로서 각각의 세균에 대한 항균활성이 검토되어야 할 것으로 판단된다.

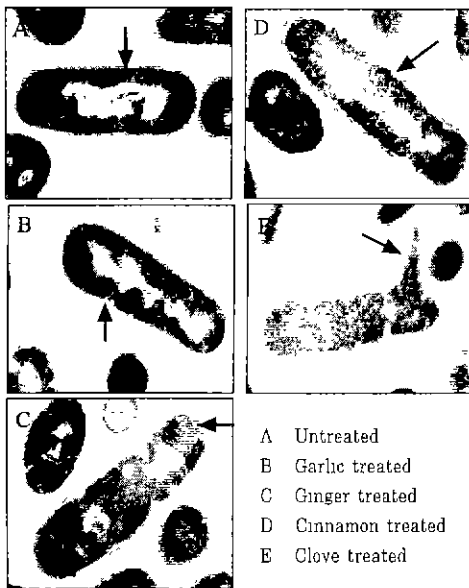


Fig 5. Electron micrographs of *Escherichia coli* treated with spice powder. Spice powder (0.5%) was added into the culture broth on the exponential phase

향신료에 의한 세균의 손상

Fig 5는 향신료분말을 대수증식기의 배양액에 0.5% 되도록 첨가했을 때, *E. coli* O157:H7의 형태 변화 사진이다. A는 대조구의 사진으로 전형적인 Gram 음성 간균의 형태를 가졌으며 세포벽과 원형질막의 손상이 없고 세포벽과 원형질막 사이의 periplasm층(arrow)

도 관찰되었다. B는 마늘처리구의 사진으로 세포벽과 원형질막의 분리현상(arrow)을 볼 수 있었으며, C의 생강처리구와 D의 계피처리구에서는 세포벽과 원형질막의 손상과 심한 원형질 분리현상(arrow)으로 내용물이 유출되어 내부 밀도가 대조구에 비해 약한 것을 볼 수 있었으며 E의 정향 처리구에서는 손상된 세포벽을 통해 원형질체가 돌출되어 나온 것이 관찰되었다.

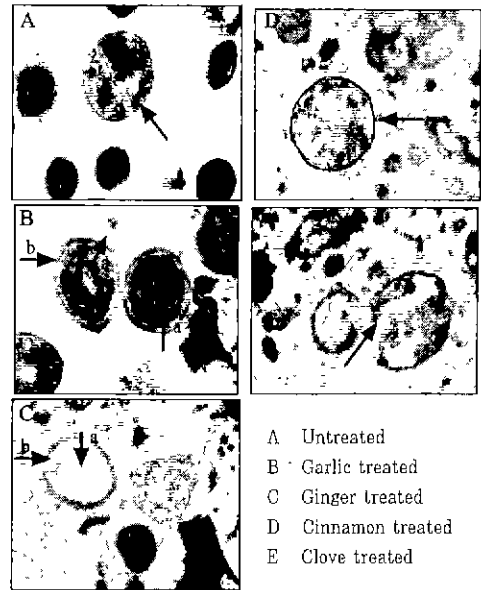


Fig. 6. Electron micrographs of *Staphylococcus aureus* treated with spice powder. Spice powder (0.5%) was added same method in Fig 1

Fig. 6은 분말 향신료로서 처리한 *S. aureus*의 형태 변화 사진이다. A는 대조구의 사진으로 세포벽과 원형질막이 잘 밀착되어 있었으며 Gram 음성균에 비해 두터운 세포벽과 분열하기 위하여 이분되어 있는 (arrow) Gram 양성 구균의 전형적인 형태를 나타내었다. B는 마늘 처리구의 사진으로서 Gram 양성균에서는 잘 발생되지 않는 원형질 분리현상과 원형질막의 손상 (arrow a)과 세포벽의 용해현상(arrow b)도 관찰되었다. C의 생강 처리구에서는 세포벽과 원형질막의 손상으로 인하여 세포질의 내용물이 모두 빠져나가고(arrow a) 세포벽이 팽윤되어 용해되어 가는 현상 (arrow b)을 볼 수 있었다. D의 계피 처리구는 넓은 부위의 세포벽 손상으로 내용물이 거의 빠져나갔으며(arrow), E의 정향 처리구는 현저한 세포벽과 원형질막의 손상(arrow) 으로 인하여 원래의 균체 형태는

찾아 볼 수 없었다.

Fig. 5와 Fig. 6에서 분말 향신료에 의한 *E. coli*와 *S. aureus*의 손상은 두 균주 모두 세포벽과 원형질막의 손상 및 원형질 분리현상을 관찰할 수 있었으며, 마늘이 두 균주에 대하여 가장 약한 손상을 나타내었다. 생강과 계피는 마늘에 비하여 손상이 컸으며 정향은 특히 Gram 양성균에 대하여 심한 손상을 나타내었다.

이와 같은 향신료의 항균작용은 마늘 allicin의 thiosulfinate기가 SH와 강하게 반응하여 세포의 대사를 억제하며(39) 또한 allicin이 acetyl CoA-SH를 억제한다고 보고(40)하였으며 계피는 lipopolysaccharide의 activity를 저해하여 항균활성을 나타내는 것으로 보고하였다(41). 한편, 정향의 항균활성물질의 주성분은 phenolic compound에 속하는 정유성분으로서 eugenol이 지질용해성을 가지기 때문에 세포내부로 쉽게 침투하여 균체대사에 영향을 주고 또한 세포막 기능을 파괴시킨다는 보고(42)가 있으며, Cox 등(43)은 차나무의 정유성분이 *E. coli*의 세포내 K⁺의 누출을 촉진하고 호흡을 억제하여 막구조를 손상시키고 세포질성분의 유출과 용균작용을 통하여 세포를 사멸시킨다고 보고하였다.

이러한 보고들을 종합해 볼 때, 본 실험에 사용한 향신료의 항균작용은 향신료에 함유된 allicin, phenolic compound와 다양한 종류의 정유성분이 복합적으로 작용하여 체내 에너지 대사 및 고분자 물질 합성 등을 저해한 결과로 세균의 세포벽과 원형질막 손상이 초래되며 세포질 성분이 균체외로 유출되어 세균이 사멸되는 것으로 판단된다.

요 약

4종류의 분말향신료(마늘, 생강, 계피, 정향)를 이용하여 식중독세균인 *E. coli* O157:H7과 *S. aureus*에 대한 항균작용을 조사하였다. 분말 향신료를 세균 배양액의 대수증식기에 0~2% 첨가한 후, 세균의 증식을 660nm에서 흡광도를 측정하여 증식억제율과 항균활성을 비교하였다. 분말향신료의 증식억제율은 생강이 가장 높았고 다음은 계피, 정향의 순이었으며 마늘이 가장 낮은 항균활성을 나타내었다. 분말향신료를 첨가한 후 5시간내에 완전히 증식이 억제되는 농도는 마늘은 1% 이상, 생강과 계피는 0.3%에서 두 균주 모두의 증식이 완전히 억제되었으며 정향은 *E. coli*가 0.5% 이상의 농도에서, *S. aureus*는 0.3% 이상의 농도에서 증식이 억제되었다. 향신료 분말을 대수증식기

의 배양액에 0.5%를 투여하여 1시간이 경과한 후의 균체의 형태를 투과형 전자현미경으로 관찰한 결과, 향신료를 투여하지 않은 대조구는 세포벽과 원형질막이 잘 밀착된 형태였다. 향신료로 처리한 *E. coli*와 *S. aureus*는 균체의 세포벽과 원형질막의 분리와 용해로 심하게 손상되었다. *E. coli*는 원형질 분리현상으로 균체 내용물이 빠져나와 내부 밀도가 대조구에 비해 약한 것을 볼 수 있었으며, 세포벽과 원형질막 사이에 기포가 형성되고 손상된 세포벽을 통해 원형질체가 돌출되어 나온 것이 관찰되었다. *S. aureus*는 세포벽이 팽윤되고 균체의 내부밀도가 약해졌으며 세포벽과 원형질막이 현저히 손상된 경우에는 세포질성분이 유출되어 균체의 내부가 비어서 원래의 균체 형태를 찾아 볼 수 없는 것이 관찰되었다. 향신료는 세포벽과 원형질막의 용해를 촉진하여 세포가 사멸되었다.

감사의 글

이 논문은 1998년도 학술진흥재단 박사후 연구 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부이며 연구비를 지원해준 학술진흥재단에 깊이 감사드립니다.

참고문헌

1. 이승용, 장영수, 최희진 (1999) 우리나라의 HACCP 제도의 실시현황 및 추진전망. 식품산업과 영양, 4(1), 14-26
2. Monitor (1996) Population and health. National statistics. Government statistical service. London : Office for National Statistics.
3. Silk, T.M., and Donnelly, C.W. (1997) Increased detection of acid-injured *Escherichia coli* O157:H7 in autoclaved apple cider by using nonselective repair on trypticase soy agar. *J. Food Prot.*, 60(12), 1483-1486
4. Uyttendaele, M, De Troy, P. and Debevere, J. (1999) Incidence of *Salmonella*, *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*, and *Listeria monocytogenes* in poultry carcasses and different types of poultry products for sale on the Belgian retail market. *J. Food Prot.*, 62(7), 735-740
5. Doyle, M.P., and Schoeni, J.L. (1987) Isolation of *Escherichia coli* O157:H7 from retail fresh meats and poultry. *Appl. Environ. Microbiol.*, 53, 2394-2396

6. Francis, G.A., Thomas, C. and O'Beirne, D.O. (1999) The microbiological safety of minimally processed vegetables. *Int. J. Food Sci. and Technol.*, **34**, 1-22
7. Ho, J.L., Shands, K.N., Freidland, P. and Fraser, D.W. (1986) An outbreak of type 4b *Listeria monocytogenes* infection involving patients from eight Boston hospital. *Archives Internal*, **146**, 520-524
8. Miller, L.G. and Kaspar, C.W. (1994) Acid tolerance and survival in apple cider. *J. Food Prot.*, **57**(4), 460-464
9. Martinez-Manzanares, E., Morinigo, M.A., Castro, D., Balebona, M.C., Munoz, M.A. and Borrego, J.J. (1992) Relationship between indicators of fecal pollution in shellfish-growing water and the occurrence of human pathogenic microorganisms in shellfish. *J. Food Prot.*, **55**, 609-612
10. Monfort, P., Minet, J., Rocourt, J., Piclet, G. and Cormier, M. (1998) Incidence of *Listeria* spp. in Breton live shellfish. *Lett. Appl. Microbiol.*, **26**, 205-208
11. Weagant, S.D., Sado, P.N., Colburn, K.G., Torkelson, J.D., Stanley, F.A., Krane, M.H., Shields, S.C. and Thayer, C.F. (1988) The incidence of *Listeria* species in frozen seafood products. *J. Food Prot.*, **51**, 655-658
12. 장윤희 (1999) 국내에서 판매되는 냉동식품으로부터 *Listeria monocytogenes*의 분리 및 특성조사. 한국식품과학회지, **31**(5), 1324-1329
13. Baek, S.Y., Lim, S.Y., Lee, D.H., Min, K.H. and Kim, C.M. (2000) Incidence and characterization of *Listeria monocytogenes* from domestic and imported foods in Korea. *J. Food Prot.*, **63**(2): 186-189
14. Heather, A.L., Eck, M.L., and Miller, K.J. (1997) Osmoadaptation by *Staphylococcus aureus* : Analysis of several strains linked to food poisoning outbreaks. *J. Food Prot.*, **60**, 139-144
15. Doyle, M.P. (1988) Effect of environmental and processing conditions on *Listeria monocytogenes*. *Food Technol.*, **42**, 169-173
16. Miller, L.G., and Kaspar, C.W. (1994) *Escherichia coli* O157:H7 acid tolerance and survival in apple cider. *J. Food Prot.*, **57**, 460-465
17. Gibson, A.M., Bratchell, N. and Roberts, T.A. (1988) Predicting growth: growth responses of salmonellae in a laboratory medium as affected by pH, sodium chloride and storage temperature. *Int. J. Food Microbiol.*, **6**, 155-158
18. Heuvelink, A.E., Zwartkruis-Nahuis, J.T.M., Beumer, R.R., and Boer, E.D. (1999) Occurrence and survival of verotoxin-producing *Escherichia coli* O157 in meat obtained from retail outlets in the Netherlands. *J. Food Prot.*, **62**(10), 1115-1122
19. Erickson, J.P., and Jenkins, P. (1992) Behavior of psychrotrophic pathogens *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, and *Aeromonas hydrophila* in commercially pasteurized eggs held at 2, 67 and 12.8°C. *J. Food Prot.*, **55**(1), 8-12
20. Rajashekara, G., Haverit, E., Halvorson, D.A., Ferris, K.E., Lauer, D.C., and Nagaraja, K.V. (2000) Multidrug-resistant *Salmonella typhimurium* DT104 in poultry. *J. Food Prot.*, **63**(2), 155-161
21. Son, R., Rusul, G., Sahilah, A.M., Zainuri, A., Raha, A.R. and Salmah, I. (1997) Antibiotic resistance and plasmid profile of *Aeromonas hydrophila* isolates from cultured fish, *Telapia*(*Telapia mossambica*). *Lett. Appl. Microbiol.*, **24**, 479-482
22. Branen, A.L. (1975) Toxicological and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *JAOCs*, **52**(1), 59-63
23. Shelef, L.A., Naglik, O.A. and Bogen, D.W. (1980) Sensitivity of some common food-borne bacteria to the spices sage, rosemary, and allspice. *J. Food Sci.*, **45**, 1042-1044
24. Ziauddin, K.S., Rao, H.S. and Fairoze, N. (1996) Effect of organic acids and spices on quality and self-life of meats at ambient temperature. *J. Food Sci. Technol.*, **33**, 255-258
25. Smith-Palmer, A., Stewart, J. and Fyfe, L. (1998) Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. *Lett. Appl. Microbiol.*, **26**, 118-122
26. 김희연, 이영자, 홍기형, 권용관, 이주연, 김소희, 하삼철, 조홍연, 장이섭, 이철원, 김길생 (1999) 전 통식품 및 천연물에서 천연보존료 개발에 관한 연구. 한국식품과학회지, **31**(6), 1667-1678
27. Wendorf, W.L. and Wee, C. (1997) Effect of smoke and spice oils on growth of molds on oil-coated cheese. *J. Food Prot.*, **60**(2), 153-156
28. Chipault, J.R., Mizuno, and Lundberg, W.O. (1956) The antioxidant properties of spices in food. *Food Technol.*, **10**(5), 209-211
29. Bullerman, L.B. (1974) Inhibition of aflatoxin

- production by cinnamon. *J. Food Sci.*, **39**, 1163-1166
30. 권동진, 박종현, 권민, 유진영, 구영조 (1997) 썩의 *Cl. perfringes*에 대한 생육 저해 물질의 최적 추출 조건. *한국농화학회지*, **40(2)**, 267-270
 31. 강성규, 성낙제, 김용두, 신수철, 서재신, 최갑성, 박석규 (1994) 갯(*Brassica juncea*) 추출물의 항균 활성 검색. *한국영양식량학회지*, **23(6)**, 1008-1013
 32. 김연순, 박경숙, 경규향, 심선택, 김현구 (1996) 마늘즙액의 대장균 생육 저해 작용. *한국식품과학회지*, **28(4)**, 730-735
 33. 정창기, 박완규, 유익제, 박기문, 최춘연 (1990) 카레 향신료 정유성분의 항균성. *한국식품과학회지*, **22(6)**, 716-719
 34. Choi, M.J., Cho, H.J., Choi, M.S. and Choi, Y.H. (1999) Effect of garlic vinegar supplementation on changes of body weight, plasma glucose, and plasma lipid profile in high cholesterol-fed rats. *J. Food Sci. Nutr.*, **4(3)**, 197-199
 35. Choi, M.J., Cho, H.J., Choi, M.S. and Choi, Y.H. (1999) Effect of garlic vinegar supplementation on body weight, blood glucose, and serum lipid profile in streptozotocin-induced diabetic rats-fed high cholesterol diet. *J. Food Sci. Nutr.*, **4(3)**, 200-202
 36. 박주성, 심창주, 정재홍, 이규희, 성장근, 오만진 (1999) 유백피(*Ulm cortex*)의 항균활성. *한국식품영양과학회지*. **28(5)**, 1022-1028
 37. 이가순, 이주찬, 한규홍, 오만진 (1999) 식품부패 및 병원성 미생물에 대한 자소잎 추출물의 항균 효과. *한국농산물저장유통학회지*. **6(2)**, 239-244
 38. 양의주, 한 정, 이인선 (1999) 약용식물 추출물의 저온미생물에 대한 항균효과. *한국농산물저장유통학회지*. **6(1)**, 110-114
 39. Small, L.D., Bailey, J.H. and Cavallito, C.J. (1949) Alkyl thiosulfonates. *J. Am. Chem.*, **69**, 1710-1713
 40. Focke, M., Feld, A. and Lichtenthaler, K. (1990) Allicin, a naturally occurring antibiotic from garlic, specifically inhibits acetyl-CoA synthetase. *FEBS Letters*, **261**, 106-109
 41. Azumi, S. Tanimura, A. and Tanamoto K. (1997) Anovel inhibitor of bacterial endotoxin derived from cinnamon bark. *Biochem. & Biophy. Res. Commun.*, **234(2)**, 506-510
 42. 정윤정 (1999) 정향 Ethanol 추출물의 항균특성. *경상대학교 석사학위 논문*
 43. Cox, S.D., Gustafson, J.E., Mann, C.M., Markham, J.L., Liew, Y.C., Hartland, R.P., Bell, H.C., Warmington, J.R. and Wyllie, S.G. (1998) Tea tree oil causes K⁺ leakage and inhibits respiration in *Escherichia coli*. *Let. Appl. Microbiol.*, **26**, 355-358

(2000년 1월 8일 접수)