

배지의 pH에 따른 녹차추출물의 *Staphylococcus aureus*와 *Salmonella typhimurium*에 대한 항균작용

박찬성 · 차문석* · 김미림**

경산대학교 생명자원공학부, *농촌진흥청 작물시험장, **경북과학대학 식품영양과

Changes in the Antibacterial Activity of Green Tea Extracts in Various pH of Culture Broth against *Staphylococcus aureus* and *Salmonella typhimurium*

Chan-Sung Park, Moon-Seok Cha*, and Mi-Lim Kim**

Faculty of Life Resources Engineering, Kyungsan University, Kyungsan 712-715, Korea

*National Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-857, Korea

**Department of Food and Nutrition, Kyungbook College of Science, Chilcok 718-850, Korea

Abstract

Water extract of green tea(GTW) and 70% ethanol extract of green tea(GTE) were prepared for the test of antibacterial activity. The sensitivity of *Staphylococcus aureus* and *Salmonella typhimurium* to the green tea extracts in various pH of culture broth was tested. Tryptic soy broth(TSB) containing 0~2%(w/v) of green tea extracts was adjusted to pH 5.0~7.0 and inoculated with 10^5 ~ 10^6 cells/ml of each bacteria. The plate counting method and clear zone test were used to determine inhibitory effect of green tea extracts. Green tea extracts completely inhibited the growth of *S. aureus* at 0.5% level and bactericidal at 0.5~1.0% level of GTW and GTE at pH 5.0~7.0. Green tea extracts were bactericidal to *Sal. typhimurium* at 1.5~2.0% level of GTW and 1.0~2.0% level of GTE at pH 7.0. *Sal. typhimurium* was more resistant than *S. aureus* in same concentration of green tea extracts at same pH. The resistance of *S. aureus* and *Sal. typhimurium* was increased with decreasing pH of culture broth. The morphology of *S. aureus* cells treated with green tea extracts showed damage of cell wall and cytoplasmic membrane. Severely damaged cells of *S. aureus* lost electron dense material and cytoplasm. Green tea extracts stimulated autolysis and cell death of *S. aureus*. This result suggests that green tea extracts can be used as an effective natural antibacterial agent in food.

Key words : antibacterial activity, green tea extracts, pathogenic bacteria

서론

우리나라에서 발생한 식중독사고는 1995년에 55건,

환자수가 1,584명이었으나 1998년에는 119건에 환자수는 4,577명으로 크게 증가하였다(1).

우리나라에서 집단식중독의 원인세균은 98년에 장염 비브리오 28.6%, 살모넬라 23.5%, 포도상구균 15.1%의 순으로 전체 발생건수의 67.2%를 차지하였으나 99년에는 살모넬라가 전체 식중독사고의 37.7%로서 가장 큰 비중을 차지하였으며 이 세균으로 인하여 4명의 희생자

Corresponding author : Chan-Sung Park, Faculty of Life Resources Engineering, Kyungsan University, Kyungsan 712-715, Korea
E-mail : parkcs@kyungsan.ac.kr

가 발생하였다(2). 1997-1998년 Belgium에서 판매되는 가공류의 772 sample중 36.5%가 *Salmonella*에 감염되어 있었으며(3) 미국에서는 *Salmonella*와 *Staphylococcus* 식중독의 치료비가 전체미생물에 의한 질병치료비의 85%를 차지하였고, 각각의 비용은 \$40억, \$15억에 달하여 막대한 경제적 손실이 되는 것으로 보고하고 있어(4) 이 세균들은 식품위생상 대단히 중요한 위치를 차지하고 있다.

세균의 증식을 억제할 목적으로 많은 종류의 보존료가 사용되고 있으나 합성 보존료가 지속적으로 체내에 축적될 경우에는 만성독성, 발암성, 돌연변이 유발성 등의 문제가 제기되고 있어(5) 최근에는 천연물을 이용하려는 연구가 활발해 지고 있다. 이들 천연물은 다양한 생리활성을 가지고 있기 때문에 건강식품으로 각광을 받고 있는데, 특히 여러가지 차에 대한 관심이 집중되어 감잎차, 솔잎차, 갈근, 녹차, 홍차 등의 성분과 약리 효과에 대한 연구가 활발히 진행되어 많은 연구결과가 보고 되고 있다(6-19).

이들 식품중 차의 재료들은 환경에 의한 돌연변이원성 물질과 발암성 물질을 억제시키고(6-9) 지질대사과정에서 건강식품으로서의 가치가 있으며(10-12) 납중독 완화작용(13), 항산화작용(14-16) 및 항균작용(17-19)이 있는 것으로 보고되고 있다. 차의 여러 가지 생리적 기능을 이용한 건강식품(20,21)과 보존료 개발에 관한 연구(22)가 활기를 띠고 있다.

본 연구는 높은 안전성과 생리활성을 가진 천연물을 이용하여 세균의 증식을 억제시킬수 있는 보존료의 개발을 위한 기초자료를 얻기 위하여 녹차의 물과 에탄올 추출물로서 식중독의 원인이 되고 있는 *Salmonella typhimurium*과 *Staphylococcus aureus*에 대한 각 추출물의 항균활성을 조사하였다. 아울러 녹차 추출물이 식중독세균의 세포에 미치는 항균작용의 기구를 규명하기 위하여 배양중인 세균을 녹차추출물로서 처리한 후 세균의 미세구조 변화를 투과형 전자현미경으로 관찰하였다.

재료 및 방법

시료의 추출

본 실험에 사용한 녹차는 태평양화학의 증제차로서, 20배 중량의 물 혹은 70% 에탄올로서 70℃에서 5분간

3회 반복해서 추출하여 농축시킨 후 동결 건조하여 사용하였다.

시험균주

본 실험에 사용한 시험균주는 식중독세균으로서 Gram 양성균인 *Staphylococcus aureus* ATCC 13565와 Gram 음성균인 *Salmonella typhimurium* ATCC 13311을 계대배양하여 사용하였다.

배지의 조제

전배양 및 본배양을 위한 액체배지는 tryptic soy broth(TSB, Difco)에 0~2%(w/v)의 녹차추출물을 첨가한 후 lactic acid로서 pH를 5.0~7.0으로 조정하여 사용하였다. 생균수 측정을 위한 고체배지는 tryptic soy agar(TSA, Difco)를, 균액의 희석액으로는 0.1% peptone 수를 사용하였다.

녹차추출물의 항균력 측정

시험균은 실험에 사용하기전에 보존균주 1백금이틀 TSB 10ml에 접종하여 35℃에서 18~24시간씩 2회 계대배양하여 활성화시켜 사용하였다. 생육저해환 측정은 전배양액 0.1ml를 TSB배지에 접종하여 각 세균의 대수 증식기에 도달할 때까지(4~6시간) 배양한 후 Farag의 방법(23)에 따라 미리 만들어둔 TSA평판배지에 균액을 약 10^7 cells/되게 접종하여 멸균 면봉으로 균일하게 도말하였다. 배지의 표면에 8mm 멸균 paper disc를 올려놓은 다음 0, 2, 3, 5%의 녹차추출물을 50 μ l씩 흡수시켜 35℃ incubator에서 48시간 배양한 후 paper disc 주위의 inhibition zone의 직경(mm)을 측정하였다.

증식 및 생존억제 실험

계대배양하여 활성화시킨 균액 0.1ml를 다시 TSB 10ml에 접종하여 35℃에서 18~24시간 전배양하였다. 증식과 생존억제실험은 박의 방법(24)에 따라 세균의 전배양액을 실험초기의 세균수가 $10^5 \sim 10^6$ cells/ml 되도록 각각의 추출물을 0~2%(w/v) 함유한 TSB에 접종하였다. 녹차의 물추출물과 에탄올추출물의 각 세균에 대한 증식과 생존억제작용은 2회 반복하여 실험한 값을 평균하였으며 35℃의 incubator에서 48시간 배양한 배양액 ml 당의 colony forming unit(CFU/ml)로 나타내었다.

녹차 추출물에 의한 세균의 손상관찰

세균의 손상은 김 등의 방법(25)에 따라 관찰하였다. *S. aureus*의 액체배양중 대수증식기에 녹차추출물을 0.5% 농도로 투여하여 2시간 배양한 후 osmic acid를 0.1%농도가 되게 주입하여 전 고정하면서 원심분리하여 집균하였다. 여기에 1% osmic acid를 가하여 균을 고정(4℃, overnight)시켜 agar로서 포매한 후 50, 70, 80, 90, 95, 100% ethanol, propylene oxide의 순서로 각각 20분씩 탈수시켰다. 탈수후에 epon mixture로 35℃, 45℃, 60℃에서 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

녹차추출물의 항균활성

Table 1은 대수증식기의 세균에 대하여 녹차 물추출물과 에탄올추출물을 1, 3, 5% 투여했을 때 생육저해환의 크기를 나타내었다. *S. aureus*는 각 추출물 1%이상의 농도에서, *Sal. typhimurium*은 3%이상의 농도에서 10mm 이상의 생육저해환이 형성되었으며 2균주 모두 에탄올추출물이 물추출물보다 억제효과가 컸다. 녹차추출물은 그람양성균인 *S. aureus*에 대한 항균활성이 그람음성균인 *Sal. typhimurium*보다 월등한 항균효과를 나타내었다.

Table 1. Antibacterial activity of green tea extracts on *S. aureus* and *Sal. typhimurium*.

(inhibition zone : mm)

Concentration (%)	<i>S. aureus</i>		<i>Sal. typhimurium</i>	
	GTW	GTE	GTW	GTE
0	-	-	-	-
1	10.5	12.7	-	-
3	16.1	17.5	11.2	12.5
5	19.0	20.0	14.0	16.0

GTW : water extract of green tea. GTE : ethanol extract of green tea.

녹차추출물의 *S. aureus*에 대한 항균작용

Fig. 1은 *S. aureus*에 대한 녹차 물추출의 농도와 배지의 pH에 따른 증식억제 효과를 나타낸 것이다. 대조구

에서는 pH 5.0에서 전 배양기간동안 완만히 증식하였으나, pH 6.0이상에서는 배양초기부터 세균이 빠르게 증식하였다. 녹차 물추출물 첨가시에는 pH 5.0과 5.5에서 1.0% 이상의 농도에서 세균이 사멸되었으나 pH 6.0이상에서는 0.5% 첨가로서 *S. aureus*가 사멸되었으며 pH가 증가할수록 사멸에 걸리는 시간은 단축되어 pH 7.0에서는 24시간 이내에 사멸되었다.

Fig. 2는 *S. aureus*에 대한 녹차 에탄올추출물의 증식억제 효과를 나타낸 것으로 pH 5.0에는 1.0% 이상의 농도에서 사멸되었으나 pH 5.5이상에서는 녹차 에탄올추출물 0.5% 이상의 농도에서 모든 세균이 사멸되었다. 녹차 에탄올추출물의 *S. aureus*에 대한 증식억제 효과는 녹차 물추출물의 증식억제 효과(Fig. 1)와 비슷한 경향을 나타내었으나 물추출물에 비하여 항균활성이 컸으며 같은 농도와 pH에서도 세균의 사멸에 걸리는 시간이 단축되었다.

이상의 Fig. 1과 Fig. 2의 결과를 비교하여 보면, *S. aureus*에 대한 녹차 추출물 간의 항균활성은 에탄올추출물이 물추출물보다 강하였으며 또한 추출물 첨가효과는 pH가 높을수록 컸다. 본 실험에 사용한 *S. aureus*는 내염성이 강하며 수분활성도가 낮은 식품 뿐만 아니라 육, 유가공품 등의 다양한 식품에서 식중독을 일으키는 것으로 보고되고 있는데(26) 저농도의 녹차추출물로서 *S. aureus*를 효율적으로 억제할 수 있는 본 실험 결과로 미루어 녹차의 이용은 *S. aureus*에 의한 식중독사고를 예방할 수 있는 효율적인 방법이 될 것으로 사료된다.

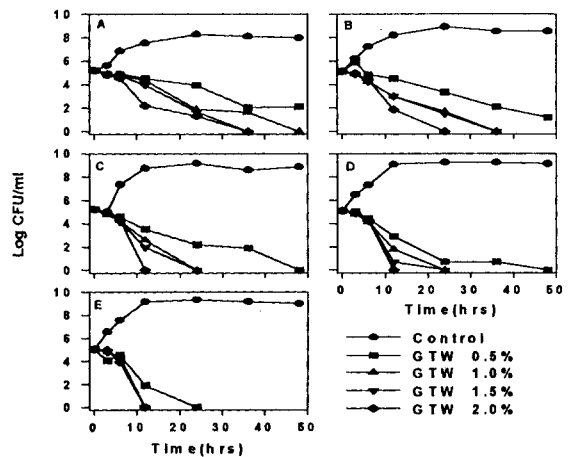


Fig. 1. Effect of water extract of green tea on the survival of *Staphylococcus aureus* in tryptic soy broth at various pH. A: pH 5.0, B: pH 5.5, C: pH 6.0, D: pH 6.5, E: pH 7.0

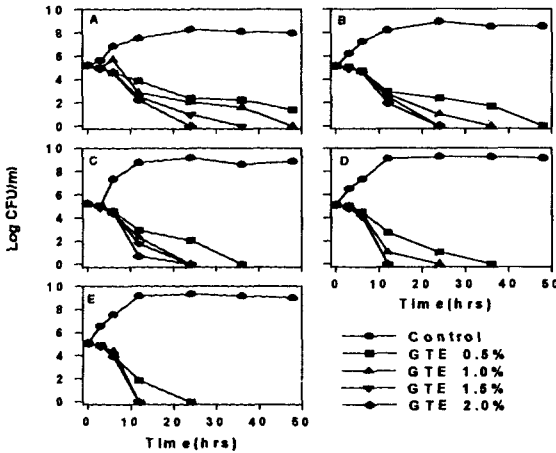


Fig. 2. Effect of ethanol extract of green tea on the survival of *Staphylococcus aureus* in tryptic soy broth at various pH.
A, B, C, D, E: See the legend of Fig. 1.

녹차추출물의 *S. typhimurium*에 대한 항균작용

Fig. 3은 액체배지의 pH변화에 따른 녹차 물추출물의 *S. typhimurium*에 대한 증식억제 효과를 나타낸 것이다. 대조구에서는 pH 5.0에서 배양 초기에 짧은 유도기를 거친 후에 균의 증식이 일어났으나 pH 7.0에서는 배양초기부터 생균수가 빠르게 증가하였다. 추출물농도 2.0%에서는 pH 5.5이상에서, 추출물농도 1.5%에서는 pH 6.5에서 세균의 증식이 배양초기의 균수 이하로 억제되었으며 pH 7.0에서는 세균이 사멸되었다. 추출물농도 1.0% 이하의 농도에서는 전 시험 pH구에서 균의 증식 억제효과가 있었으나 배양초기의 균수보다 높아서 녹차 물추출물에 대하여 강한 내성을 나타내었다. 낮은 pH에서는 저농도의 녹차추출물로서 세균의 증식이 억제되지 않았으나, pH가 증가할수록 저농도에서도 녹차추출물로서 세균의 증식이 억제되었다.

Fig. 4는 *S. typhimurium*에 대한 녹차 에탄올추출물의 증식억제 효과로서 농도 2.0%에서는 전 시험 pH구에서 배양초기의 균수 이하로 억제되었으나 pH 7.0에서는 1.0%이상의 농도에서 24~36 시간후에 세균이 사멸되었다. 추출물의 농도가 0.5%일 때 pH 5.0에서는 추출물첨가구의 생균수가 대조구의 생균수에 비해 약 0.3 log cycle 낮았으나, pH 7.0에서는 추출물첨가구의 생균수가 대조구의 생균수에 비해 약 6 log cycle 낮게 나타나 앞의 Fig. 3의 물추출물보다 에탄올추출물이 *S. typhimurium*에 대한 세균의 증식억제 효과가 큰 것으로 조사되었다.

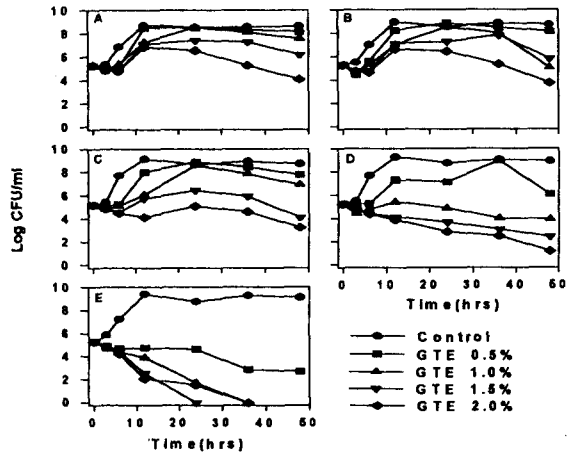


Fig. 3. Effect of water extract of green tea on the survival of *Salmonella typhimurium* in tryptic soy broth at various pH.
A, B, C, D, E: See the legend of Fig. 1.

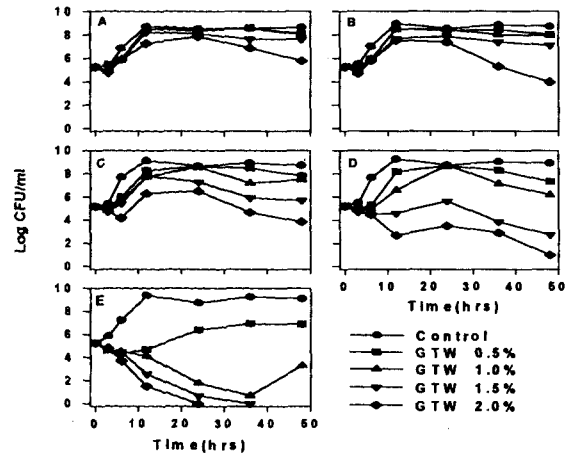


Fig. 4. Effect of ethanol extract of green tea on the survival of *Salmonella typhimurium* in tryptic soy broth at various pH.
A, B, C, D, E: See the legend of Fig. 1.

이상과 같이 2종류의 식중독세균에 대한 녹차 물추출물과 에탄올추출물의 증식억제 효과를 Fig. 1~4에서 살펴본 결과, *S. aureus*는 전 시험 pH구에서 물추출물과 에탄올추출물 0.5% 농도에서 균의 증식이 억제되었으며 1.0%이상의 농도에서 사멸되었다. *Sal. typhimurium*은 pH 5.5~6.5에서 물추출물과 에탄올추출물 2.0% 농도에서도 사멸 되지 않았으나 pH 7.0에서 물추출물 1.5%이상, 에탄올추출물 1.0% 농도에서 사멸되어 *S. aureus*(Fig. 1, 2)보다 녹차추출물에 대하여 월등히 강한 내성을 나타

내었다. 녹차의 물추출물과 에탄올추출물간의 항균활성은 *S. aureus*와 *Sal. typhimurium* 모두 pH 5.0~7.0의 범위에서 에탄올추출물이 물추출물보다 항균활성이 우수하여 Table 1의 결과와 일치하였다. 배지의 pH변화에 따른 녹차추출물의 항균활성은 pH가 높을수록 저농도의 추출물에서 세균의 증식이 억제되었으며, 균이 사멸되는데 걸리는 시간이 단축되었다. 이는 박등(27)이 pH 5.0~8.0의 범위에서 자초 에탄올추출물을 첨가하였을 때 중성영역보다는 산성영역에서 세균의 증식억제효과가 높다는 보고와는 상반된 결과이다. 그러나 자연계에서 *A. hydrophila*(28), *E. coli*(29,30), *L. monocytogens*(31), *Salmonella*(32,33) 등의 식중독세균이 치명적인 산성조건 하에서 낮은 pH에 적응하여 내성을 획득한다는 많은 보고가 있어 본 실험에 사용된 *S. aureus*와 *Sal. typhimurium* 역시 산성 조건하에서 내성을 획득한 것으로 추정된다.

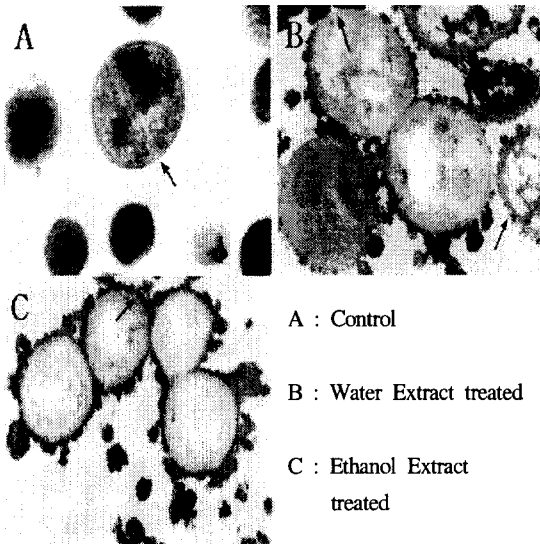


Fig. 5. Effects of green tea extracts on the morphology of *S. aureus*.

녹차 추출물에 의한 세균의 손상

Fig. 5는 녹차추출물에 의한 *S. aureus*의 손상을 투과형 전자현미경(JEM 100-CX)으로 관찰하였다. 대조구의 경우(A)에는 전형적인 Gram 양성균의 세포벽 구조로서 세포벽과 원형질막이 잘 밀착되어 있었으며 두터운 세포벽과 분열하기 위하여 이분되어 있는(arrow) Gram 양성 구균의 전형적인 형태를 나타내었다. 녹차 물추출

물 처리구(B)는 세포벽이 팽윤되고 용해되어 세포 내용물이 세포벽 밖으로 빠져 나온 것을 관찰 할 수 있었다. 에탄올 추출물 처리구(C)는 물추출물의 경우와 마찬가지로 세포벽과 원형질막의 확대 및 용해로 인하여 세포질 성분이 현저히 손상되고 세포 내용물이 유출되어 세포 형태가 축소된 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 현상은 김 등(25)이 분말 향신료를 처리한 경우에도 비슷한 세균의 손상을 보고하였으며 본 실험 결과로 볼 때 녹차 추출물은 세균의 세포벽과 원형질막에 손상을 일으켜 세균의 사멸을 초래하는 것으로 판단된다.

요 약

녹차의 물추출물과 에탄올추출물로서 식중독세균인 *Staphylococcus aureus*와 *Salmonella typhimurium*에 대한 항균활성을 생균수의 변화와 clear zone test로서 비교하였다. 녹차의 물추출물과 에탄올추출물을 0~2%(w/v) 첨가한 tryptic soy broth(TSB)의 pH를 5.0~7.0으로 조정 한 후 균액을 약 105 CFU/ml가 되게 접종하여 48시간 배양하면서 생균수의 변화를 측정하였다. *S. aureus*는 0.5%의 녹차추출물에 의하여 완전히 억제되었으며 pH 5.0~7.0일 때 녹차추출물 0.5~1.0% 농도에서 사멸되었다. *Sal. typhimurium*은 pH 7.0일 때, 물추출물은 1.5% 이상, 에탄올추출물은 1.0% 이상의 농도에서 사멸되었다. 동일한 pH와 추출물 농도에서 *Sal. typhimurium*은 *S. aureus*에 비하여 월등히 강한 내성을 나타내었다. *S. aureus*와 *Sal. typhimurium*의 녹차추출물에 대한 내성은 액체배지의 pH가 낮을수록 증가하였다. 녹차추출물로서 처리한 *S. aureus*의 세포는 세포벽과 원형질막이 심하게 손상되었으며 심하게 손상된 세포는 세포질의 유출로 인하여 균체내부의 밀도가 약해지고 균체외부에 세포질의 응집물이 관찰되었다. 녹차추출물은 세균의 원형질막 용해를 촉진하여 세포를 사멸시켰으며 이러한 결과로 미루어 녹차추출물은 식품에 효과적인 천연항균제로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 이승용, 장영수, 최희진 (1999) 우리나라의 HACCP

- 제도의 실시현황 및 추진전망. 식품산업과 영양, 4, 14-16
2. 이종구 (1999) 최근 발생한 식중독에서 단체급식의 문제점. 대한지역사회영양학회지, 4, 632-639
 3. 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, 735-740
 4. Todd, E.C.D. (1989) Preliminary estimates of costs of foodborne disease in the United States. *J. Food Prot.*, 52, 595-601
 5. Branen, A.L. (1975) Toxicological and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *JAOCS*, 52, 59-63
 6. 송현순, 이현걸, 강명희 (1999) *Salmonella typhimurium* 과 Strain TA98, 100에서 감잎차, 녹차, 우롱차, 추출물의 돌연변이 억제효과. 한국식품영양과학회지, 28, 599-606
 7. 여생규, 김인수, 안철우, 김선봉, 박영호 (1995) 녹차, 오롱차 및 홍차 추출물의 돌연변이원성 억제작용, 한국식품영양과학회지, 24, 160-168
 8. Bu-abbas, A., Copeland, E., Clifford, M.N., Walker, R. and Ioannides, C. (1996) Fractionation of green tea extract correlation of antimutagenic effect with flavonol content. *J. Sci. Food Agric.*, 75, 435-462
 9. Fijiki, H., Suganuma, M., Okabe, S., Komori, A., Sueoka, N., Kozu, T. and Sakai, Y. (1996) Japanese green tea as a cancer preventive in humans. *Nutrition Rew.* 54, S67- S70
 10. 박지윤, 박은미, 이미경, 장주연, 김명주, 조수열 (2000) 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 혈청 및 간지질함량에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지, 29, 537-542
 11. 고진복, 최미애 (1999) 발효홍차가 당뇨숫쥐의 지질 대사에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지, 29, 613-618
 12. 강운환, 박용곤, 하태열, 문광덕 (1996) 솔잎추출물이 고지방식을 급여한 흰쥐의 혈청과 간장 지질 구성에 미치는 영향. 한국영양식량학회지, 25, 367-373
 13. 한성희 (2000) 같은 추출물이 납을 투여한 흰쥐의 혈청 효소활성도 및 조직의 납 축적에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 32, 914-919
 14. 김명주, 조수열 (2000) 칩추출물이 알코올을 급여한 흰쥐의 뇌조직에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지, 29, 669-675
 15. 류병호, 박춘옥 (1997) 녹차추출물에 의한 쥐표피의 효소에 대한 항산화 효과, 한국식품과학회지, 29, 355-361
 16. Serafini, M., Ghiselli, A. and Luzzi-Ferro, A. (1996) In vivo antioxidant effect of green and black tea in man. *European J. Clin. Nutr.*, 50, 28-32
 17. 오덕환, 이미경, 박부길 (1999) 식품유해균에 대한 차류 추출물의 항균효과, 한국식품영양과학회지, 28(1), 100-106
 18. 여생규, 안철우, 김인수, 박영범, 박영호, 김선봉. (1995) 녹차, 오롱차 및 홍차 추출물의 항균 효과. 한국식품영양과학회지, 24, 293-298
 19. 原征彦, 石上正 (1977) 緑茶ポリフェノール類の食中毒細菌に對する抗菌活性. 日本食品工業學會誌, 36, 996-999
 20. 이운형, 신용목, 차상훈, 최용순, 이상영 (1996) 솔잎 (*Pinus strobus*) 추출물을 함유한 건강식품의 개발, 한국영양식량학회지, 25(3), 379-383
 21. 川上 正子, 原 征彦 (1998) 緑茶ポリフェノールの食品への利用. *New Food Ind.*, 40, 33-40
 22. 김희연, 이영자, 홍기형, 권용관, 이주연, 김소희, 하상철, 조홍연, 장이섭, 이철원, 김길생 (1999) 전통식품 및 천연물에서 천연보존료 개발에 관한 연구. 한국식품과학회지. 31(6), 1667-1678
 23. Farag, R.S. (1989) Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils. *J. Food Prot.*, 52, 665-670
 24. 박찬성 (1998) 식중독세균에 대한 녹차 물추출물의 항균작용. 농산물저장유통학회지, 5, 286-291
 25. 김미림, 최경호, 박찬성 (2000) 향신료 분말의 *Escherichia coli*와 *Staphylococcus aureus*에 대한 항균작용. 농산물저장유통학회지, 7, 124-131
 26. Louch, H.A., Eck, M.I. and Miller, K.J. (1997) Osmoadaptation by *Staphylococcus aureus*: Analysis of several strains linked to food poisoning outbreaks. *J. Food Prot.*, 60, 139-143

27. 박옥연, 장동석, 조학래 (1992) 차초(*Lithospermum eryturohizon*)추출물의 항균특성. 한국영양식량학회지, 21, 97-100
28. Karem, K.L., Foster, J.W. and Bej, A.K. (1994) Adaptive acid tolerance response(ART) in *Aeromonas hydrophila*. *Microbiol.*, 140, 1731-1736
29. Robert, L.B., Sharon, G.E. (1999) pH-dependent stationary-phase acid resistance response of enterohemorrhagic *Escherichia coli* in the presence of various acidulants. *J. Food Prot.*, 62, 211-218
30. Robert, L.B., Sharon, G.E., Glenn, B. (1999) Effect of pH and acid resistance on the radiation resistance of enterohemorrhagic *Escherichia coli*. *J. Food Prot.*, 62, 219-228
31. O'Driscoll, B., Gahan, C.G. and Hill, C. (1996) Adaptive acid tolerance response in *Listeria monocytogenes* isolation of an acid-tolerant mutant which demonstrates increased virulence. *Appl. Env. Microbiol.*, 62, 1693-1698
32. Thomas, P.O. (1999) Response surface models for effects of temperature, pH, and previous growth pH on growth kinetics of *Salmonella typhimurium* in brain heart infusion broth. *J. Food Prot.*, 62, 106-111
33. Hone, D.M., Harris, A.M. and Levine, M.M. (1994) Adaptive acid tolerance response by *Salmonella typhi* and candidate live oral typhoid vaccine strains. *Vaccine*, 12, 895-898

(접수 2001년 3월 18일)