

## 가열온도가 마늘즙의 항균활성에 미치는 영향

고명수<sup>†</sup> · 양종범

동남보건대학 식품생명과학과

### Effect of Heating Temperature on Antimicrobial Activities of Garlic Juice

Myung-Soo Ko<sup>†</sup> and Jong-Beom Yang

Department of Food Science and Biotechnology, Dongnam Health College, Suwon 440-714, Korea

#### Abstract

The antimicrobial activities of raw garlic and garlic juice heated for 30 min at 65°C, 80°C, and 95°C were investigated. Activities against food poisoning bacteria were measured. Raw garlic and garlic juice heated at 65°C showed strong antimicrobial activities, but the antimicrobial activity of garlic juice heated at 80°C was much less, and no antimicrobial activity was seen in garlic juice heated at 95°C. Raw garlic and garlic juice heated at 65°C completely inhibited the growth of *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, and *Salmonella enteritidis* at levels below 0.2%(w/v) of garlic solids. The inhibitory effects of garlic juice heated at 80°C were much lower, against all bacteria tested.

**Key words** : heating temperature, garlic juice, antimicrobial activity, food poisoning bacteria

#### 서 론

마늘(*Allium sativum* L.)은 백합과(Liliaceae) 과속(*Allium*)에 속하는 인경작물로서 독특한 향미와 다양한 생리활성을 지니고 있어 오래 전부터 향신료로 널리 사용되어 왔고, 우리나라에서는 중요한 양념의 하나로 각종 음식에 사용되고 있다(1). 특히 마늘은 항균작용(2), 항암작용(3), 혈압강하작용(4), 콜레스테롤저하작용(5), 항산화작용(6) 및 면역작용(7) 등의 다양한 생리작용을 지니고 있어 생체 기능을 조절하는 기능성식품소재로 널리 이용되고 있다. 마늘의 항균작용에 대한 연구는 많은 연구자들에 의하여 오래 전부터 진행되어 왔고, 특히 생마늘의 항균작용이 강력하여 이에 대한 연구가 주를 이루었으며(8), 그 결과 마늘은 항균작용이 매우 강력하여 1~2%의 농도에서 세균의 번식을 저해하고 그 이상의 농도에서는 살균작용을 나타내는 것으로 알려져 있다(9-11). 국내에서도 마늘의 항균작용에 대한 연구가 활발하게 진행되어 Chung 등(12)의 생마늘

즙과 열처리 마늘즙의 항균활성 비교, Kim 등(13)의 마늘즙의 *Escherichia coli* O157:H7에 대한 항균작용, Kim 등(14)의 마늘 추출물의 항균, 항고혈압 및 항암활성, Kim 등(15)의 조리방법을 달리한 마늘 추출물의 항균활성, Shin 등(1)의 산지별 마늘의 이화학적 특성 및 생리활성 작용, Ji 등(16)의 마늘즙의 미생물증식 억제효과, Chung 등(17)의 병원성 세균과 젖산균에 대한 마늘의 항균작용 및 Kim 등(18)의 마늘즙액의 대장균 생육저해작용 등의 연구보고가 있다. 이러한 연구결과를 통하여 식품에 첨가되는 마늘은 부패성 미생물의 생육을 억제하여 식품의 보존성을 향상시키고, 식중독세균과 같은 병원성 세균의 생육을 억제하는 항균효과가 있음이 확인되었다. 마늘의 주된 항균작용물질은 마늘 특유의 자극성 향미성분인 allicin으로 알려져 있는데, 이 물질은 생마늘에는 들어있지 않지만, 마늘이 분쇄되거나 절단되는 등의 물리적 충격에 의하여 조직이 파괴되면 마늘에 전구물질로 함유되어 있던 alliin이 자체 효소인 alliinase의 작용에 의해 생성된다(19). Alliin의 분해과정에서 생성된 allicin은 미생물의 대사에 관계되는 세포 내의 중요한 단백질의 SH기와 반응하여 단백질의 합성을 저해

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : kmsoo@dongnam.ac.kr,  
Phone : 82-31-249-6434, Fax : 82-31-249-6430

함으로써 세포대사가 억제되어 항균작용이 나타나는 것으로 알려져 있다(20). 이와 같이 마늘의 항균작용은 alliin에 alliinase가 작용하여 일어나는 것이기 때문에 식품의 조리나 가공에 필요한 온도로 마늘을 가열할 경우 가열온도에 따라 alliinase의 활성이 다르게 나타나거나, alliin으로부터 alliinase에 의해 생성되는 allicin이 손상되어 화학적으로 불안정한 상태가 되고, 이에 따라 항균작용도 다르게 나타날 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 가열온도를 달리하여 마늘즙을 열처리한 후 생마늘즙과 열처리 마늘즙의 식중독세균에 대한 항균활성을 조사하여 마늘 첨가 식품의 조리 및 가공에 필요한 기초자료를 제시하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 재 료

본 실험에서는 2007년 7월부터 2008년 5월 사이에 경북 의성, 충북 단양 및 전남 여수 지역에서 재배된 수확직후의 마늘을 구입하여 예비실험을 통해 항균활성이 가장 강한 지역의 마늘을 가열온도에 따라 각각 처리하여 실험재료로 사용하였다. 즉, 신선한 마늘의 껍질을 제거하고 흐르는 물에서 세척하여 거즈로 물기를 제거한 다음 마늘과 종류수를 1 : 1의 비율로 혼합하여 분쇄기(DA-505, (주)대성아트론, Korea)로 분쇄한 후 거즈로 착즙하였다. 그 착즙액을 4등분하여 열처리를 하지 않은 생마늘즙과 시험관에 40 mL씩 넣어 항온수조에서 65°C, 80°C 및 95°C에서 각각 30분씩 열처리한 마늘즙을 원심분리기(Mega 21R, Hanil Science, Incheon, Korea)를 이용하여 12,000 rpm으로 4°C에서 30분간 원심분리한 후 상정액을 취하여 4°C의 냉장고에 보존하면서 실험에 사용하였다.

#### 사용균주 및 배지

본 실험에서는 그람양성세균 4종과 그람음성세균 4종을

**Table 1. List of microorganism used for antimicrobial activity test**

Strains	Cultivation condition
Gram positive bacteria	
<i>Staphylococcus aureus</i> KCCM 11764	Nutrient media, 37°C
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 15313	Brain heart infusion media, 37°C
<i>Bacillus subtilis</i> KCCM 11316	Nutrient media, 30°C
<i>Bacillus cereus</i> KCCM 11204	Nutrient media, 30°C
Gram negative bacteria	
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Trypticase soy media, 37°C
<i>Salmonella typhimurium</i> KCCM 40253	Nutrient media, 30°C
<i>Salmonella enteritidis</i> KCCM 12021	Nutrient media, 37°C
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> ATCC 17802	Nutrient media with 3% NaCl, 37°C

시험균주로 사용하였고, 균주의 종류와 배양조건은 Table 1과 같다. 먼저 공시균주를 사면배지에서 3회 계대배양하여 활성화시킨 후 각 균주용 액체배지에 무균적으로 1백금이 접종하여 진탕배양기(Shaking Bath TS-300, Toyoseisakusho Co., Ltd., Japan)에서 배양한 다음 시험균액으로 사용하였다.

#### 항균활성 측정

마늘즙의 항균활성은 paper disc(8 mm, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Japan)를 이용한 disc 확산법(21,22)으로 측정하였다. 즉, petri dish에 멸균된 각 기층용 배지를 15 mL씩 분주하여 응고시키고, 그 위에 중층용 배지와 각 시험균액(2%)을 잘 혼합시켜 분주한 후 다시 응고시켜 2중의 시험용 평판배지를 만들었다. 이 평판배지 위에 멸균된 paper disc를 올려놓고 밀착시킨 후 미리 조제된 마늘즙을 0.45 µm membrane filter로 제균시킨 시료용액을 30 µL씩 흡수시킨 다음 각 균주의 최적 배양온도에서 16시간 배양하여 disc 주변에 형성된 저지환의 크기(mm)를 캘리퍼스(vernier callipers, Mitutoyo, Japan)로 측정하여 항균활성을 나타내었다. 농도별 항균활성은 항균활성을 나타내는 시료에 대해 마늘 고형분 함량이 0, 0.5, 1.0, 2.0 및 4.0%가 되도록 조제한 후 위와 같이 측정하였다.

#### 생육저해효과 및 최소저해농도 측정

마늘즙의 농도별 생육저해효과 및 최소저해농도는 액체 배지희석법(23)을 이용하여 측정하였다. 즉, 항균활성을 나타내는 시료에 대해 마늘 고형분 함량이 각각 0, 0.1, 0.2, 0.4 및 0.8%의 농도가 되도록 무균적으로 조제된 각 균주용 액체배지(9.8 mL)에 시험균액을 0.2 mL씩 접종하여 진탕배양기에서 16시간 동안 배양한 후 분광광도계(UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 660 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 마늘즙을 첨가하지 않은 것을 공시험으로 하였고, 공시험보다 흡광도가 낮은 것을 생육저해효과가 있는 것으로 판정하였다. 최소저해농도 측정은 항균활성을 나타내는 시료에 대해 마늘 고형분 함량이 각각 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 0.8 및 1.6%의 농도가 되도록 무균적으로 조제된 각 균주용 액체배지(9.8 mL)에 시험균액을 0.2 mL씩 접종하여 위와 같이 흡광도를 측정하여 균증식이 나타나지 않는 농도를 결정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 마늘즙의 항균활성

생마늘즙과 가열온도를 65°C, 80°C 및 95°C로 달리하여 각각 30분간 열처리된 마늘즙의 주요 식중독세균에 대한 생육저지환을 측정하여 항균활성을 나타낸 결과는 Table 2와 같다. 즉, 공시된 모든 균주 중에서 *Bacillus subtilis*에

**Table 2. Antimicrobial activities of garlic juice heated at different temperature against several microorganisms**

Strains	Clear zone on plate(mm)			
	Heating temperature			
	Raw	65°C	80°C	95°C
<i>Bacillus subtilis</i> KCCM 11316	33.9 <sup>1)</sup>	30.8	19.2	- <sup>2)</sup>
<i>Bacillus cereus</i> KCCM 11204	29.8	26.4	15.7	-
<i>Staphylococcus aureus</i> KCCM 11764	31.5	27.6	14.2	-
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 15313	25.7	23.3	13.5	-
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	17.9	17.7	13.3	-
<i>Salmonella typhimurium</i> KCCM 40253	29.4	26.3	18.5	-
<i>Salmonella enteritidis</i> KCCM 12021	31.2	26.7	18.9	-
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> ATCC 17802	29.5	28.0	17.0	-

<sup>1)</sup>Concentration of garlic juice loaded on paper disc was 5.4 mg/8 mm paper disc.

<sup>2)</sup>No inhibitory zone was formed.

대해서는 생마늘즙, 65°C 및 80°C 열처리 마늘즙이 각각 33.9 mm, 30.8 mm 및 19.2 mm의 저지환을 보여 가장 강한 항균활성을 나타내었고, 다음으로 *Staphylococcus aureus*와 *Salmonella enteritidis*에 대해서 강한 활성을 보였으며, *Escherichia coli*에 대해서는 생마늘즙, 65°C 및 80°C 열처리 마늘즙이 각각 17.9 mm, 17.7 mm 및 13.3 mm의 저지환을 보여 가장 낮은 항균활성을 나타내었다. 이와 같이 생마늘즙과 65°C에서 30분간 열처리된 마늘즙은 공시된 모든 균주에 대해 강한 항균활성을 나타내었으나, 가열온도가 높을수록 항균활성이 낮아져 80°C에서 30분간 열처리된 마늘즙에서는 항균활성이 크게 저하되었고, 95°C에서 30분간 열처리된 마늘즙에서는 모든 균주에 대해 항균활성을 보이지 않았다. 또한 Fig. 1에서는 생마늘즙과 65°C 열처리 마늘즙의 항균활성이 가장 낮은 *Escherichia coli*에 대한 저지환을 *Vibrio parahaemolyticus*와 비교하여 나타낸 것으로, 두 균주에 대한 마늘즙과 65°C 열처리 마늘즙 간의 항균활성의 차이가 없음을 알 수 있다.

선행 실험에서 항균활성을 나타낸 생마늘즙과 65°C 및 80°C에서 열처리된 마늘즙의 고형분 함량을 0.5, 1.0, 2.0 및 4.0%가 되도록 조제한 후 paper disc 당 30 µL씩 흡수시켜 0.15~1.2 mg/disc의 농도에서 항균활성을 측정된 결과는 Table 3과 같다. 즉, 1.2 mg/disc의 농도에서 생마늘즙과 65°C로 열처리된 마늘즙은 공시된 모든 균주에 대해 항균활성을 나타내었으나, 80°C로 열처리된 마늘즙은 8종의 공시 균주 중에서 *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritidis* 및 *Vibrio parahaemolyticus*에 대해서만 항균활성을 보였고, *Listeria monocytogenes*와 *Escherichia coli*에 대해서는 항균활성을 보이지 않았다. 또 0.6 mg/disc의 농도에서 생마늘즙과 65°C로 열처리된 마늘즙은 *Listeria monocytogenes*를 제외한 나머지 모든 균주에 대해 항균활성을 나타내었으나,

**Table 3. Effect of garlic concentration on antimicrobial activities of garlic juice heated at different temperature against several microorganisms**

Strains	Concentration (mg/disc)	Clear zone on plate(mm)		
		Heating temperature		
		Raw	65°C	80°C
<i>Bacillus subtilis</i> KCCM 11316	1.2	19.0	18.8	13.4
	0.6	15.1	14.5	- <sup>1)</sup>
	0.3	12.1	12.0	-
	0.15	-	-	-
<i>Bacillus cereus</i> KCCM 11204	1.2	17.4	16.1	11.5
	0.6	14.2	12.9	-
	0.3	-	-	-
	0.15	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i> KCCM 11764	1.2	17.8	16.4	11.8
	0.6	14.5	13.2	-
	0.3	-	-	-
	0.15	-	-	-
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 15313	1.2	12.9	11.7	-
	0.6	-	-	-
	0.3	-	-	-
	0.15	-	-	-
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	1.2	12.6	11.2	-
	0.6	10.4	10.0	-
	0.3	-	-	-
	0.15	-	-	-
<i>Salmonella typhimurium</i> KCCM 40253	1.2	16.4	14.5	10.8
	0.6	13.6	11.0	-
	0.3	10.3	10.1	-
	0.15	-	-	-
<i>Salmonella enteritidis</i> KCCM 12021	1.2	17.5	14.7	11.0
	0.6	14.1	11.5	-
	0.3	11.8	-	-
	0.15	-	-	-
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> ATCC 17802	1.2	16.2	14.1	10.5
	0.6	13.4	11.6	-
	0.3	-	-	-
	0.15	-	-	-

<sup>1)</sup>No inhibitory zone was formed.

80°C로 열처리된 마늘즙은 같은 농도에서 모든 균주에 대해 항균활성을 보이지 않았다. 0.3 mg/disc의 농도에서 생마늘즙은 *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhimurium* 및 *Salmonella enteritidis*에 대해서 항균활성을 나타내었고, 65°C로 열처리된 마늘즙은 *Bacillus subtilis*와 *Salmonella typhimurium*에 대해서만 항균활성을 보였다. 0.15 mg/disc의 농도에서는 생마늘즙, 65°C 및 80°C 열처리마늘즙 모두 공시된 모든 균주에 대해 항균활성을 보이지 않았다. 이와 같이 생마늘

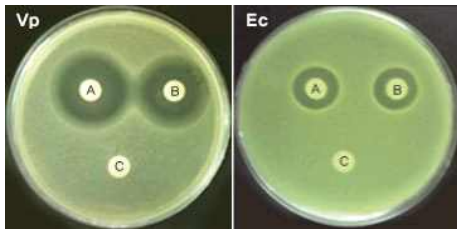


Fig. 1. Antimicrobial activities of garlic juice against *Vibrio parahaemolyticus* ATCC 17802(Vp) and *Escherichia coli* ATCC 25922(Ec).

A: fresh garlic juice, B: garlic juice heated for 30 min at 65°C, C: control.

즙과 65°C에서 30분간 열처리된 마늘즙은 식중독균에 대해 강한 항균활성을 나타내었으나, 80°C에서 30분간 열처리된 마늘즙은 공시된 식중독균에 대해 선별적으로 항균활성을 보이거나 크게 약화되었으며, 0.6 mg/disc 이하의 농도에서는 공시된 모든 균주에 대해 항균활성을 보이지 않았다. Kim 등(14)은 마늘을 methanol, ethyl acetate, chloroform 및 hexane으로 추출하여 *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* 및 *Salmonella typhimurium*에 대한 항균활성을 확인한 결과, *Bacillus subtilis*에 대해서만 항균활성이 나타났고, 나머지 균주에 대해서는 항균활성이 나타나지 않았다고 보고하여 본 연구 결과와는 차이가 있었으나, 이는 추출용매 및 추출방법의 차이에 기인한 것으로 생각된다. 또 Kim 등(15)은 마늘 에탄올 추출물의 열안정성을 조사하기 위해 *Bacillus cereus*와 *Escherichia coli*에 대한 항균활성을 측정한 결과, 80°C에서 30분 이상 가열 시에 활성이 급속히 저하되었고, 90°C 이상에서 10분 이상 가열 시에는 항균활성이 거의 나타나지 않았다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다. 또한 Lee와 Shin(24)은 마늘 열수 추출물 1.5 mg/disc의 농도에서 *Bacillus subtilis*와 *Bacillus cereus*에 대해 항균활성이 나타나지 않은 것으로 보고하였는데, 이는 95°C의 수욕상에서 3시간 동안 열수추출하였기 때문인 것으로 보이며, 본 연구 결과와 유사하였다.

**마늘즙의 농도별 생육저해효과 및 최소저해농도**

선행 실험에서 항균활성을 나타낸 생마늘즙과 65°C 및 80°C로 열처리된 마늘즙의 고형분 함량이 각 시험균주용 액체배지에 0, 0.1, 0.2, 0.4 및 0.8%의 농도가 되도록 조제하여 각 균주에 대한 생육저해효과를 측정한 결과는 Fig. 2~9와 같고, 각 시험균주용 액체배지에 0.05~1.6%의 농도가 되도록 조제하여 각 균주에 대한 최소저해농도를 측정한 결과는 Table 4와 같다. *Bacillus subtilis*의 경우 Fig. 2에서 보는 바와 같이 생마늘즙에서는 0.1%의 농도에서 전혀 생육되지 않았고, 65°C 및 80°C로 열처리된 마늘즙에서는 각각 0.1%와 0.2%의 농도에서 생육이 저해되기 시작하여 0.2% 및 0.8%의 농도에서 생육이 완전히 억제되었다. 이 균에 대한 MIC는 생마늘즙과 65°C 및 80°C 열처리 마늘즙이 각각 0.1%, 0.2% 및 0.8%로 나타났다. 이와 같이 *Bacillus*

Table 4. Minimum inhibitory concentration(MIC) of garlic juice heated at different temperature against several microorganisms

Strains	Heating temperature	Growth at various concentration(%)						MIC (%)
		C <sup>1)</sup>	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	
<i>Bacillus subtilis</i> KCCM 11316	Raw	+ <sup>2)</sup>	+	-	-	-	-	0.1
	65°C	+	+	+	-	-	-	0.2
	80°C	+	+	+	+	+	-	0.8
<i>Bacillus cereus</i> KCCM 11204	Raw	+	+	-	-	-	-	0.1
	65°C	+	+	-	-	-	-	0.1
	80°C	+	+	+	+	-	-	0.4
<i>Staphylococcus aureus</i> KCCM 11764	Raw	+	+	-	-	-	-	0.1
	65°C	+	+	-	-	-	-	0.1
	80°C	+	+	+	+	-	-	0.4
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 15313	Raw	+	+	+	+	+	-	0.8
	65°C	+	+	+	+	+	-	0.8
	80°C	+	+	+	+	+	+	1.6
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	Raw	+	+	+	+	+	-	0.8
	65°C	+	+	+	+	+	-	0.8
	80°C	+	+	+	+	+	+	-
<i>Salmonella typhimurium</i> KCCM 40253	Raw	+	+	+	-	-	-	0.2
	65°C	+	+	+	-	-	-	0.2
	80°C	+	+	+	+	-	-	0.4
<i>Salmonella enteritidis</i> KCCM 12021	Raw	+	+	+	-	-	-	0.2
	65°C	+	+	+	-	-	-	0.2
	80°C	+	+	+	+	+	-	0.8
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> ATCC 17802	Raw	+	+	-	-	-	-	0.1
	65°C	+	+	+	+	-	-	0.4
	80°C	+	+	+	+	+	-	0.8

<sup>1)</sup>Control, <sup>2)</sup>+: growth, -: no growth.

*subtilis*에 대해 생마늘즙은 강한 생육저해효과가 있었으나, 가열온도가 높을수록 이 균에 대한 생육저해효과가 감소됨을 알 수 있었다. *Bacillus cereus*는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 생마늘즙과 65°C로 열처리된 마늘즙에서는 0.1% 농도에서 전혀 생육되지 않았고, 80°C로 열처리된 마늘즙에서는 0.2%의 농도에서 생육이 저해되기 시작하여 0.4%의 농도에서 생육이 완전히 억제되었다. 이 균에 대한 MIC는 생마늘즙과 65°C 열처리 마늘즙이 0.1%였고, 80°C 열처리 마늘즙은 0.4%로 나타나 열처리 마늘즙의 생육저해효과가 *Bacillus subtilis*에 비해 높게 나타났다. *Staphylococcus aureus*도 Fig. 4에서 보는 바와 같이 *Bacillus cereus*와 같이 생마늘즙과 65°C로 열처리된 마늘즙에서는 0.1% 농도에서 전혀 생육되지 않았고, 80°C로 열처리된 마늘즙에서는 0.1%의 농도에서 생육이 저해되기 시작하여 0.4%의 농도에서 생육이 완전히 억제되었다. 이 균에 대한 MIC도 생마늘즙과 65°C 열처리 마늘즙이 0.1%였고, 80°C 열처리 마늘즙은 0.4%로 나타나 *Bacillus cereus*와 같았다. 특히 80°C로

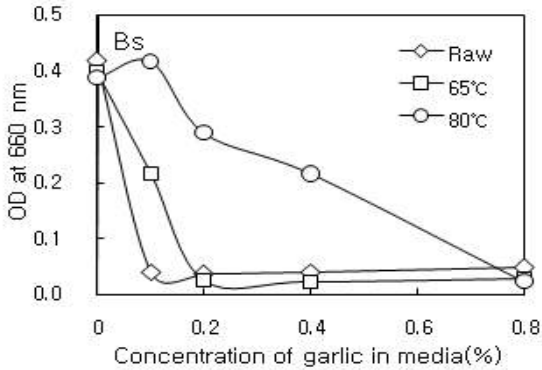


Fig. 2. Effect of garlic concentration and heating temperature on the growth of *Bacillus subtilis* KCCM 11316.

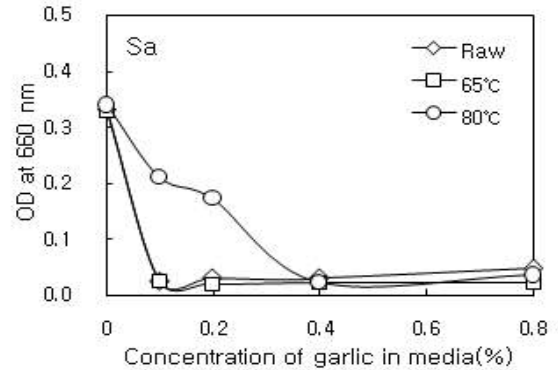


Fig. 4. Effect of garlic concentration and heating temperature on the growth of *Staphylococcus aureus* KCCM 11764.

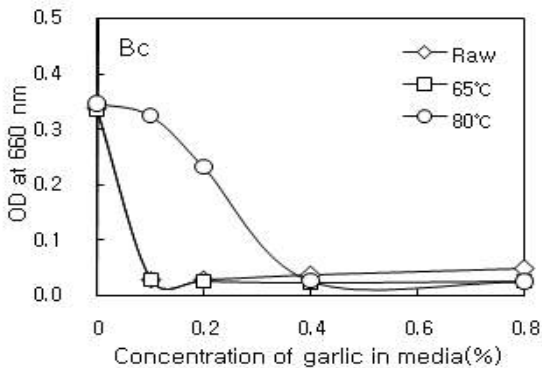


Fig. 3. Effect of garlic concentration and heating temperature on the growth of *Bacillus cereus* KCCM 11204.

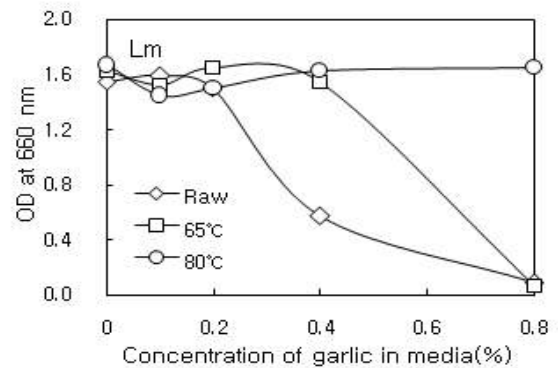


Fig. 5. Effect of garlic concentration and heating temperature on the growth of *Listeria monocytogenes* ATCC 15313.

열처리된 마늘즙의 경우 공시된 모든 균주 중에서 이 균에 대한 생육저해효과가 가장 높았다. *Listeria monocytogenes*의 경우 Fig. 5에서 보는 바와 같이 생마늘즙에서는 0.4%의 농도에서 생육이 저해되기 시작하여 0.8%의 농도에서 생육이 완전히 억제되었고, 65°C로 열처리된 마늘즙에서는 0.8% 농도에서 전혀 생육되지 않았으며, 80°C로 열처리된 마늘즙에서는 0.8% 농도에서도 전혀 생육이 저해되지 않았다. 이 균에 대한 MIC는 생마늘즙과 65°C 열처리 마늘즙이 0.8%였고, 80°C 열처리 마늘즙은 1.6%로 높게 나타났으며, 특히 이 균은 다른 균에 비해 생마늘즙이나 열처리 마늘즙에 대한 저항성이 크게 나타났다. *Escherichia coli*는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 생마늘즙과 65°C로 열처리된 마늘즙에서는 0.8% 농도에서 전혀 생육되지 않았고, 80°C로 열처리된 마늘즙에서는 *Listeria monocytogenes*와 같이 0.8% 농도에서도 전혀 생육이 저해되지 않았으며, 이 균에 대한 MIC는 생마늘즙과 65°C 열처리 마늘즙이 0.8%였고, 80°C 열처리 마늘즙은 1.6%의 농도에서도 전혀 생육이 저해되지 않아 생마늘이나 열처리 마늘에 대한 저항성이 가장 큰 것으로 나타났다. *Salmonella typhimurium*은 Fig. 7에서 보

는 바와 같이 생마늘즙, 65°C 및 80°C로 열처리된 마늘즙 모두 0.1%의 농도에서 생육이 저해되기 시작하여 생마늘즙과 65°C 열처리 마늘즙은 0.2%의 농도에서, 80°C 열처리 마늘즙은 0.4% 농도에서 생육이 완전히 억제되었다. 이 균에 대한 MIC는 생마늘즙과 65°C 열처리 마늘즙이 0.2%였고, 80°C 열처리 마늘즙은 0.4%로 나타났다. *Salmonella enteritidis*의 경우 Fig. 8에서 보는 바와 같이 생마늘즙에서는 0.1%의 농도에서 생육이 저해되기 시작하여 0.2%의 농도에서 생육이 완전히 억제되었고, 65°C로 열처리된 마늘즙에서는 0.2% 농도에서 전혀 생육되지 않았으며, 80°C로 열처리된 마늘즙에서는 0.4%의 농도에서 생육이 저해되기 시작하여 0.8% 농도에서 생육이 완전히 억제되었다. 이 균에 대한 MIC는 생마늘즙과 65°C 열처리 마늘즙이 0.2%였고, 80°C 열처리 마늘즙은 0.8%로 나타났다. *Vibrio parahaemolyticus*의 경우 Fig. 9에서 보는 바와 같이 생마늘즙과 65°C 열처리 마늘즙에서는 각각 0.1% 및 0.4%의 농도에서 전혀 생육되지 않았고, 80°C로 열처리된 마늘즙에서는 0.4%의 농도에서 생육이 저해되기 시작하여 0.8% 농도에서 생육이 완전히 억제되어 이 균에 대한 MIC는 생마늘즙, 65°C 및 80°C 열처리 마늘즙이 각각 0.1%, 0.4% 및 0.8%로 나타났다.

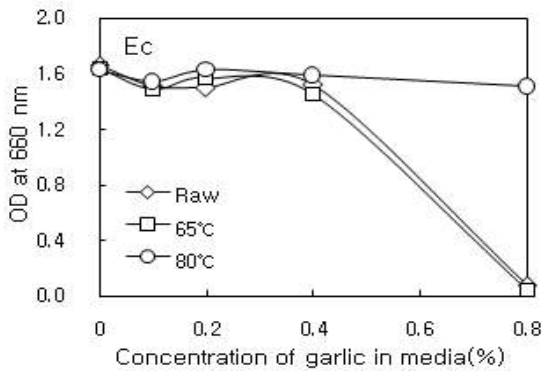


Fig. 6. Effect of garlic concentration and heating temperature on the growth of *Escherichia coli* ATCC 25922.

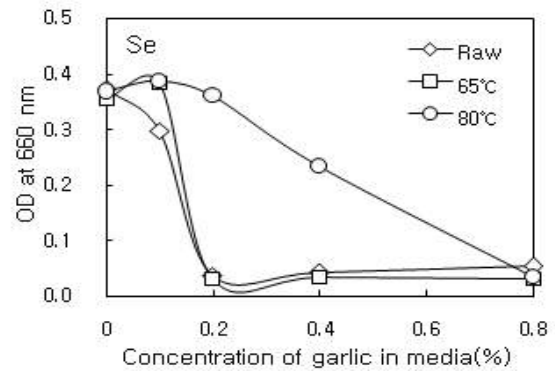


Fig. 8. Effect of garlic concentration and heating temperature on the growth of *Salmonella enteritidis* KCCM 12021.

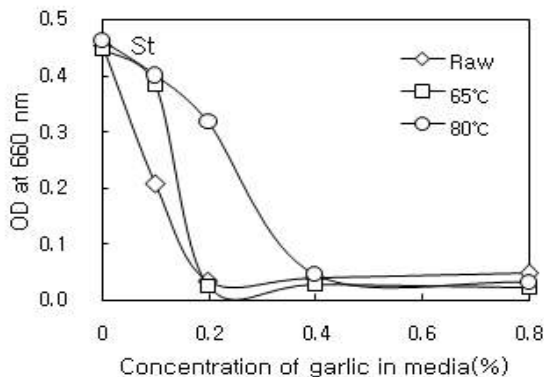


Fig. 7. Effect of garlic concentration and heating temperature on the growth of *Salmonella typhimurium* KCCM 40253.

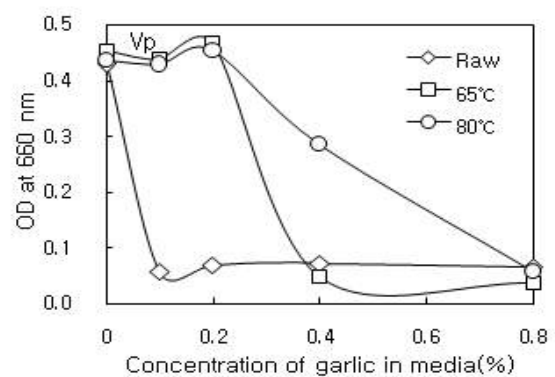


Fig. 9. Effect of garlic concentration and heating temperature on the growth of *Vibrio parahaemolyticus* ATCC 17802.

이와 같이 생마늘즙은 *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* 및 *Vibrio parahaemolyticus*에 대해 고형분 함량 0.1%의 농도에서 *Salmonella typhimurium*과 *Salmonella enteritidis*에 대해서는 고형분 함량 0.2%의 농도에서 생육이 완전히 억제되어 강한 생육저해효과를 나타내었고, *Listeria monocytogenes*와 *Escherichia coli*에 대해서는 고형분 함량 0.8%의 농도에서 생육이 완전히 억제되어 이 균들은 다른 균들에 비해 마늘즙에 대한 감수성이 상대적으로 낮았다. 이는 Chung 등(12)의 생마늘즙과 열처리 마늘즙의 항균활성 비교 연구에서 *Listeria monocytogenes*는 다른 피검균에 비해 마늘에 대한 저항성이 크게 나타났다는 보고와 Kim 등(13)의 마늘즙의 농도가 높을수록 *Escherichia coli*에 대한 항균효과가 증가하였다는 보고와 유사하였다. 또한 65°C로 열처리된 마늘즙은 *Bacillus subtilis*와 *Vibrio parahaemolyticus*에 대해 최소저해농도가 0.1%에서 각각 0.2 및 0.4%의 농도로 다소 높게 나타나 마늘즙을 65°C에서 30분간 열처리할 경우 일부의 균에 대해서는 생육저해효과가 감소하였고, 80°C로 열처리된 마늘즙에서는 공시된 모든 균주에 대한 최소저해농도가 크게 증가하여 가열온도

를 80°C로 높여 같은 시간 열처리할 경우 생육저해효과가 크게 저하됨을 알 수 있었다. Kim 등(25)은 열처리 마늘의 항균력을 조사한 연구에서 열처리 마늘을 *Escherichia coli*에 처리했을 때, 열처리 마늘이 *Escherichia coli*의 생육에 아무런 영향을 미치지 않았다고 보고하였고, *Staphylococcus aureus*와 *Salmonella typhimurium*에 대해서도 열처리 마늘이 항균력을 나타내지 못했다고 보고한 바 있다. Chung 등(12)은 생마늘즙과 열처리 마늘즙의 항균활성을 조사한 결과 열처리 마늘이 생마늘에 비해 식중독 세균에 대해 항균력이 떨어짐을 보고한 바 있다. 이러한 보고는 생마늘이 식중독 세균에 대해 강한 항균효과가 있으나, 가열온도가 높을수록 항균효과가 저하된 본 연구결과와 유사하였다. 마늘의 항균작용은 마늘에 들어 있는 황 화합물인 alliin 으로부터 alliinase라는 효소의 작용에 의해 생성되는 allicin 이 미생물의 대사에 관계되는 중요한 단백질의 SH기와 반응하여 효소로서의 작용을 방해하기 때문인 것으로 알려져 있다(20). 본 연구에서 생마늘즙에 비해 마늘즙에 대한 가열온도가 80°C이상으로 높을수록 항균활성이 떨어지거나 잃게 되는 것은 가열로 인해 alliin으로부터 생성된 allicin이

손상을 입어 화학적으로 불안정한 상태가 되거나 allicin의 생성에 관여하는 효소인 alliinase가 파괴되어 활성을 잃게 되기 때문인 것으로 사료된다. 이상의 결과로부터 마늘 첨가 식품의 조리 및 가공 시에 65°C에서 30분간 또는 이에 상당하는 조건으로 열처리할 경우 마늘은 대부분의 식중독 세균의 생육을 저해하는 식품보존제로서의 기능을 갖게 될 것으로 생각된다.

## 요 약

본 연구에서는 가열온도를 달리하여 마늘즙을 열처리한 후 생마늘즙과 열처리 마늘즙의 식중독세균에 대한 항균활성을 조사하였다. 생마늘즙과 65°C에서 30분간 열처리된 마늘즙은 공시된 모든 균주에 대해 강한 항균활성을 나타내었으나, 가열온도가 높을수록 항균활성이 낮아져 80°C에서 30분간 열처리된 마늘즙은 항균활성이 크게 저하되었고, 95°C에서 30분간 열처리된 마늘즙은 모든 균주에 대해 항균활성을 보이지 않았다. 생마늘즙은 *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* 및 *Vibrio parahaemolyticus*에 대해 고형분 함량 0.1%의 농도에서, *Salmonella typhimurium*과 *Salmonella enteritidis*에 대해서는 고형분 함량 0.2%의 농도에서 생육을 완전히 억제시켜 강한 생육저해효과를 나타내었고, *Listeria monocytogenes*와 *Escherichia coli*에 대해서는 고형분 함량 0.8%의 농도에서 생육을 완전히 억제시켜 이 균들은 다른 균들에 비해 마늘즙에 대한 감수성이 상대적으로 낮았다. 65°C로 열처리된 마늘즙은 생마늘즙에 비하여 *Bacillus subtilis*와 *Vibrio parahaemolyticus*에 대해 최소저해농도가 0.1%에서 각각 0.2% 및 0.4%의 농도로 다소 높게 나타나 마늘즙을 65°C에서 30분간 열처리할 경우 일부의 균에 대해 생육저해효과가 다소 저하되었으나, 80°C로 열처리된 마늘즙에서는 생육저해효과가 크게 저하되어 공시된 모든 균주에 대한 최소저해농도가 크게 증가되었다.

## 감사의 글

본 연구는 2007년도 동남보건대학 학술연구비 지원에 의하여 수행된 것으로, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Shin, J.H., Ju, J.C., Kwen, O.C., Yang, S.M. and Lee, S.J. (2004) Physicochemical and physiological activities of garlic from different area. *Korean J. Food Nutr.*, 17, 237-245
- Kumar, M. and Berwal, J.S. (1998) Sensitivity of food pathogens to garlic(*Allium sativum* L.). *J. Appl. Microbiol.*, 84, 213-215
- Song, K. and Milner, J.A. (2001) The influence of heating on the anticancer properties of garlic. *J. Nutr.*, 131, 1054-1057
- Briggs, W.H., Xiao, H., Parkin, K.L., Shen, C. and Goldman, I.L. (2000) Differential inhibition of human platelet aggregation by selected allium thiosulfonates. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 5731-5735
- Gebhardt, R. (1993) Multiple effects of garlic extracts on cholesterol biosynthesis in hepatocytes. *Lipids*, 28, 613-619
- Lau, B.H. (2001) Suppression of LDL oxidation by garlic. *J. Nutr.*, 131, 985-988
- Kyo, E., Uda, N., Kasuga, S. and Itakura, Y. (2001) Immunomodulatory effects of aged garlic extract. *J. Nutr.*, 131, 1075-1079
- Kyung, K.H. (2006) Growth inhibitory activity of sulfur compounds of garlic against pathogenic microorganisms. *J. Food Hyg. Safety*, 21, 145-152
- Johnson, M.G. and Vaughn, R.H. (1969) Death of *Salmonella typhimurium* and *Escherichia coli* in the presence of freshly reconstituted dehydrated garlic and onion. *Appl. Microbiol.*, 17, 903-905
- Saleem, Z.M. and Al-Delaimy, K.S. (1982) Inhibition of *Bacillus cereus* of garlic extract. *J. Food Prot.*, 45, 1007-1009
- Al-Delaimy, K.S. and Ali, S.H. (1970) Antibacterial action of vegetable extracts on the growth of pathogenic bacteria. *J. Sci. Food Agric.*, 21, 110-112
- Chung, K.S., Kim, J.Y. and Kim, Y.M. (2003) Comparison of antimicrobial activities of garlic juice and heat-treated garlic juice. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 35, 540-543
- Kim, M.H., Kim, S.Y., Shin, W.S. and Lee, J.S. (2003) Antimicrobial activity of garlic juice against *Escherichia coli* O157:H7. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 35, 752-755
- Kim, K.J., Do, J.R. and Kim, H.K. (2005) Antimicrobial, antihypertensive and anticancer activities of garlic extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 37, 228-232
- Kim, Y.D., Kim, K.M. Hur, C.K., Kim, E.S., Cho, I.K. and Kim, K.J. (2004) Antimicrobial activity of garlic extracts according to different cooking methods. *Korean J. Food Preservation*, 11, 400-404
- Ji, W.D., Jeong, M.S., Choi, U.K., Choi, D.H. and Chung

- Y.G. (1998) Growth inhibition of garlic(*Allium sativum* L.) juice on the microorganisms. *Agr. Chem. & Biotechnol.* 41, 1-5
17. Chung, K.S., Kang, S.Y. and Kim, J.Y. (2003) Antibacterial activity of garlic extract against pathogenic bacteria and lactic acid bacteria. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.*, 31, 32-35
18. Kim, Y.S., Park K.S., Kyung, K.H., Shim, S.T. and Kim, H.K. (1996) Antibacterial activity of garlic extract against *Escherichia coli*, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28, 730-735
19. Stroll, A. and Seebeck, E. (1951) Chemical investigation of alliin, the specific principle of garlic. *Adv. Enzymol.*, 11, 377-400
20. Small, L.D., Bailey, J.H. and Cavallito, C.J. (1947) Alkyl thiosulfinates. *J. Am. Chem. Soc.* 69, 1710-1713
21. Piddock, L.J.G. (1990) Techniques used for the determination of antimicrobial resistance and sensitivity in bacteria. *J. Appl. Bacteriol.*, 68, 307-318
22. Yoon, W.H., Choi, J.H., Lee, K.H. and Kim, C.H. (2005) Antimicrobial and antitumor activities of seed extracts of *Camellia sinensis* L. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 37, 108-112
23. Koh, M.S. (2004) Antimicrobial activity of *Saururus chinensis* Bail extract. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 33, 1098-1105
24. Lee, B.W. and Shin, D.H. (1991) Screening of natural antimicrobial plant extract on food spoilage microorganisms. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 23, 200-204
25. Kim, J.Y., Lee, Y.C. and Kim, K.S. (2002) Effect of heat treatment on the antimicrobial activities of garlic(*Allium sativum*). *J. Microbiol., Biotechnol.*, 12, 331-335

---

(접수 2008년 6월 16일, 채택 2008년 7월 25일)