

휘발성 Allyl Isothiocyanate계 화합물의 항균 활성에 관한 연구

안은숙 · 김지혜* · 신동화**

전북대학교 대학원, *전북대학교 농업과학기술연구소

**전북대학교 식품공학과

Antimicrobial Effects of Allyl Isothiocyanates on Several Microorganisms

Eun-Sook Ahn, Ji-Hye Kim* and Dong-Hwa Shin**

Graduate School of Chonbuk National University,

*Institute of Agricultural Science and Technology,

**Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University

Abstract

Volatile antimicrobial compounds, isothiocyanates (ITCs), were compared their antimicrobial activity against 9 strains, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Escherichia coli*, *Erwinia carotovora*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *Aspergillus oryzae* and *Penicillium roqueforti*. And synergistic antimicrobial effect of ITCs was examined with acetic acid. Allyl isothiocyanate (AIT), benzyl isothiocyanate (BIT), and ethyl isothiocyanate (EIT) were more effective than other ITCs. MIC (minimum inhibitory concentration) of these compounds was 100~200 µg/dish against microorganisms tested and their inhibitory actions were more effective in order of fungi > yeast > Gram-negative bacteria > Gram-positive bacteria. MIC of acetic acid was 50~500 µg/dish as lower concentration than ITCs. Using a mixture of volatile antimicrobial compounds and acetic acid, the synergistic effect was increased in 2~10 times than ITCs used solely.

Key words: volatile antimicrobial, isothiocyanates, synergistic effects, acetic acid

서 론

식물이나 식물추출물에 존재하는 항균성 물질을 식품의 보존에 이용하고자 하는 연구는 오래 전부터 수행되었고^(1,2), 현재도 이에 대한 연구는 계속 진행되고 있으며, 주로 향신료의 휘발성성분^(4,6), 정유성분^(7,9), 유기산⁽¹⁰⁻¹³⁾ 등에 대해 이루어지고 있다. 양파와 마늘, 겨자 등의 향신료에서 추출한 정제화합물의 곰팡이와 세균에 대한 항균성 연구가 활발하게 이루어지고 있으며⁽¹⁴⁻¹⁶⁾, 이러한 천연 항균성물질은 일부가 훌륭한 항균특성을 가진 것으로 나타났지만, 값싸고 효과가 좋은 합성 보존제가 공업적으로 생산되기 때문에 실제로 식품 산업에서는 거의 이용되지 않은 실정이다. 최근, 건강에 대한 관심이 높아지면서 화학합성품보다는 천연물에 대한 소비자의 욕구가 높아지기 때문에

천연 항균성 물질의 개발은 천연 식품보존제의 개발이라는 의미에서 그 의의가 크다. 정제된 휘발성 항균 물질은 극도의 자극성, 휘발성 및 낮은 용해도 때문에 식품에서 이용이 제한되어 있지만 최근의 연구에서는 휘발성 isothiocyanates (ITCs)의 항균 활성이 증명되고 있으며^(6,17), 실제로 일본에서는 천연추출물로 제한하여 식품보존제로서 allyl isothiocyanate (AIT)의 사용이 허가되어 있다⁽¹⁸⁾.

현재까지 이용되는 대부분의 항균성물질 혹은 보존제는 휘발성보다는 수용성물질로 가공 식품을 제조할 때 첨가해야하나 휘발성 항균 물질의 경우 식품을 제조한 후 포장 내에 투입하므로서 제조 공정이 간편하며 식용할 때 대부분이 휘발되므로 인체 내 흡수가 거의 일어나지 않는 장점이 있다.

본 연구에서는 휘발성이 강한 ITCs의 특성을 이용하여 기체 상에서 여러 미생물에 대한 항균 활성 효과를 측정하였으며, 항균 효과가 알려진 유기산인 acetic acid를 isothiocyanates (ITCs)와 혼합하여 최소

Corresponding author: Dong-Hwa Shin, Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University, Dukjin-Dong, Chonju, Chonbuk 560-756, Korea

증식저해 농도(MIC: minimum inhibitory concentration)를 비교하여 상승 효과(synergistic effect)를 확인하였다. 또한 이들의 결과를 이용하여 식품 포장의 MAP(modified atmosphere packing) agent로 사용 가능성에 대해 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

휘발성 항균물질

본 실험에서 사용한 항균 물질은 천연에서 발견되는 휘발성 항균 물질^(4,6,17)로 알려진 것으로 allyl isothiocyanate와 methyl isothiocyanate는 Sigma사의 제품을, propyl isothiocyanate와 1-naphthyl isothiocyanate는 Aldrich사에서 구입한 것을 사용하였으며, 나머지 화합물은 Wako사에서 구입하여 사용하였다. 사용 물질과 분자식은 Table 1과 같으며, 이들 물질을 미강유에 희석하여 사용하였다.

사용 균주 및 배지

항균 활성 효과를 측정하기 위하여 사용한 균주와 사용 배지는 Table 2와 같으며, 사용 전 적정 배지에

접종하여 48시간 또는 72시간 배양하여 사용하였다.

항균 효과 측정

휘발성 항균 물질의 항균 활성 측정은 한천 배지.접촉 보다 효과가 큰 기체상 접촉⁽⁹⁾에 따른 Isshiki 등⁽⁹⁾의 방법에 준하여 시험하였다. 세균과 효모는 각각의 적정 배지에 접종하여 2일간 액체 배양하고, 곰팡이는 3일간 고체 배지에서 배양하여, 실온에서 건조시킨 후 두께가 4~5 mm인 고체 배지에 각각의 균주를 100 µL씩 접종한 후 배지 표면에 도달하였다. 사용 전에 희석한 항균물질(미강유에 1:1,000 희석)을 한천배지 뚜껑의 안쪽에 놓인 거름종이(4×4 cm)에 각각 농도별로 흡착시킨 후 즉시 뚜껑을 덮고 미리 녹여 둔 파라핀으로 밀봉하였다. 각각의 배지는 적정 온도에서 세균과 효모는 48시간, 곰팡이는 72시간 배양한 후 증식 억제 정도를 관찰하여 생육했을 때는 +, 생육이 억제되었을 때를 -로 표시하였다. 항균 물질과 초산을 1:1로 혼합하여(미강유에 1:1,000 희석) 항균 작용의 상승 효과를 측정하였다. 최소증식저해농도(MIC: minimum inhibitory concentration)는 항균 물질을 농도별로 시험하여 각각의 배지 당 생육하지 않은 한계 농도로 표시하였다.

Table 1. List of volatile isothiocyanates

Name	Abbreviation	Chemical structure
Allyl isothiocyanate	AIT	CH ₂ -CH=CH ₂
1-naphthyl isothiocyanate	ANIT	C ₁₀ H ₇
Benzyl isothiocyanate	BIT	C ₆ H ₅ CH ₂
Ethyl isothiocyanate	EIT	CH ₃ CH ₂
Methyl isothiocyanate	MIT	CH ₃
Phenyl isothiocyanate	PIT	C ₆ H ₅
β-phenylethyl isothiocyanate	PEIT	C ₆ H ₅ CH ₂ CH ₂
Propyl isothiocyanate	PRIT	CH ₃ (CH ₂) ₂

결과 및 고찰

천연에서 발견되는 휘발성 항균 물질로 알려진 것들 중에서 8종의 isothiocyanate (ITCs)에 대한 항균 효과를 Gram 양성 세균, Gram 음성 세균, 효모 및 곰팡이 등 9종의 균주에 대하여 실험한 결과는 Table 3과 같으며, 식품 첨가물로 널리 사용하는 초산을 각각의

Table 2. List of strains and media used for antimicrobial activity test

Strains	Media
G+Bacteria	
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 19114	Tryptic soy agar & broth (Difco)
<i>Bacillus subtilis</i> KCCM 32835	Nutrient agar & broth (Difco)
G-Bacteria	
<i>Escherichia coli</i> KCCM 11234	Nutrient agar & broth (Difco)
<i>Erwinia carotovora</i> KCCM 11652	Nutrient agar & broth (Difco)
<i>Pseudomonas fluorescens</i> KCCM 11362	Nutrient agar & broth (Difco)
Yeast	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> IFO 0304	Malt extract agar & broth (Difco)
<i>Candida albicans</i> KCCM 11282	YM agar & broth (Difco)
Molds	
<i>Aspergillus oryzae</i> 1001	Malt extract agar & broth (Difco)
<i>Penicillium roqueforti</i> KFCC 11269	Malt extract agar & broth (Difco)

Table 3. Summary of antimicrobial activity of isothiocyanates vapor

Strains	ITCs ¹⁾								Acetic acid
	AIT	BIT	EIT	MIT	PIT	PEIT	PRIT	ANIT	
<i>Listeria monocytogenes</i>	1000	2000	2000	-	-	-	-	-	300
<i>Bacillus subtilis</i>	500 ²⁾	2000	1000	- ³⁾	-	2000	-	-	100
<i>Escherichia coli</i>	300	2000	2000	-	-	-	-	-	100
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	100	2000	500	-	-	-	-	-	100
<i>Erwinia carotovora</i>	100	2000	1000	-	-	1000	-	-	50
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	100	100	100	-	-	-	500	1000	50
<i>Candida albicans</i>	500	2000	500	-	-	-	1000	-	300
<i>Aspergillus oryzae</i>	100	1000	1000	-	-	-	-	-	500
<i>Penicillium roqueforti</i>	100	1000	100	-	-	-	500	-	300

¹⁾ITCs: isothiocyanates (See Table 1).

²⁾Minimum inhibitory concentration/petri dish ($\mu\text{g}/\text{dish}$).

³⁾Not detectable in this study.

Table 4. Summary of MIC of synergistic effects of ITCs & acetic acid vapor

Strains	ITCs ¹⁾ +Acetic acid (1:1)								Acetic acid
	AIT	BIT	EIT	MIT	PIT	PEIT	PRIT	ANIT	
<i>Listeria monocytogenes</i>	300	300	300	100	300	300	300	300	300
<i>Bacillus subtilis</i>	50 ²⁾	50	300	100	50	100	50	50	100
<i>Escherichia coli</i>	100	50	50	100	50	100	300	300	100
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	100	50	50	100	100	50	100	50	100
<i>Erwinia carotovora</i>	50	50	50	100	100	100	50	50	50
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	30	50	300	100	300	300	300	300	50
<i>Candida albicans</i>	100	300	100	100	300	100	300	300	300
<i>Aspergillus oryzae</i>	50	100	300	100	300	300	300	500	500
<i>Penicillium roqueforti</i>	30	100	300	50	300	300	300	500	300

¹⁾ITCs: isothiocyanates (See table 1.).

²⁾Minimum inhibitory concentration/petri dish ($\mu\text{g}/\text{dish}$).

ITCs와 1:1로 혼합하여 항균 작용의 상승 효과를 측정한 결과는 Table 4와 같다.

Listeria monocytogenes

AIT를 포함하여 7종의 휘발성 항균 물질과 초산을 사용하였을 때, Gram 양성 세균인 *L. monocytogenes*의 항균 효과는 AIT가 가장 효과가 높아 MIC는 1,000 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 였으며 BIT 등 다른 ITCs들의 MIC는 AIT보다 높아 2,000 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 에서도 증식 억제 효과를 나타내지 않는 것으로 나타났다 (Fig. 1, Table 3). Delaquis 등⁽²⁰⁾에 따르면, *L. monocytogenes*의 AIT에 대한 MIC는 1,000 $\mu\text{g}/\text{L}$ of air(환산시 약 50 $\mu\text{g}/\text{dish}$)로 본 실험 결과와 차이가 있었다. ITCs를 초산과 혼합하여 사용할 경우 MIT의 MIC는 100 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 로 가장 낮았으며 AIT 및 다른 ITCs들은 300 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 을 나타냈다(Table 4). 이러한 결과는 초산을 단독 사용했을 MIC인 300 $\mu\text{g}/\text{dish}$

과 유사하여 *L. monocytogenes*의 증식 억제는 초산에 의해 가장 큰 영향을 받은 것으로 추정된다.

Bacillus subtilis

Gram 양성 세균이며 내열성 포자 형성 세균⁽²¹⁾인 *B. subtilis*의 휘발성 항균 물질에 대한 항균 효과는 AIT의 MIC는 500 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 로서 가장 낮았으며, EIT는 1,000 $\mu\text{g}/\text{dish}$, PEIT의 경우 2,000 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 였으며, 다른 ITCs들은 2,000 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 에서도 증식 억제 효과를 보이지 않았다(Table 3). Isshiki 등⁽²²⁾에 따르면 *B. subtilis*에 대한 AIT의 MIC는 420 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 로 본 실험 결과와 유사하였다. 초산과 혼합한 경우, EIT를 제외한 다른 ITCs들은 50~100 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 로 ITCs 단독 사용하였을 때 보다 MIC가 10~20배 낮아지고(Table 4), 대부분의 ITCs에서 초산을 단독 사용했을 경우의 100 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 보다 낮아져 초산 혼합에 따른 상승효과가 큰 것으로 나타났다.

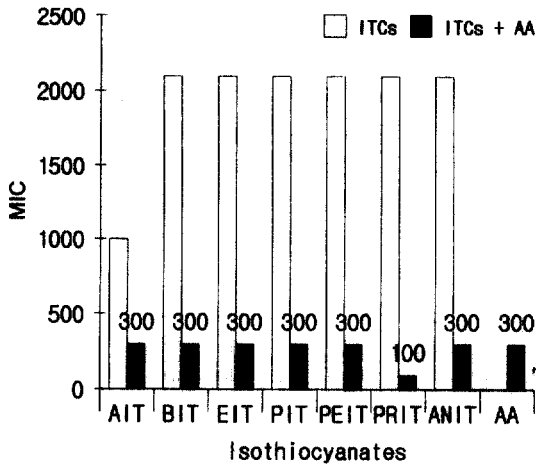


Fig. 1. Growth inhibition by vaporized isothiocyanates and its with acetic acid (AA) on *Listeria monocytogenes*. AIT: Allyl isothiocyanate, BIT: Benzyl isothiocyanate, EIT: Ethyl isothiocyanate, PIT: Phenyl isothiocyanate, PEIT: β -phenylethyl isothiocyanate, PRIT: n-propyl isothiocyanate, ANIT: 1-naphthyl isothiocyanate, MIC: Minimum inhibitory concentration

Escherichia coli

Gram 음성의 장내 세균이며, 식품 오염의 지표 세균인 *E. coli*에 대한 ITCs들의 항균 효과는 AIT의 MIC는 300 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 으로서 다른 ITCs들의 MIC인 2,000 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 에 비해 낮은 경향을 보였고(Table 3), 초산과 혼합하여 사용할 때는 BIT, EIT 및 PIT의 MIC가 50 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 로 초산 단독 사용 경우의 100 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 보다 낮았다. 그러나 다른 ITCs는 초산과 혼합 효과가 없거나 오히려 MIC가 높아지는 경향을 보였다(Table 4). 한편, Isshiki 등⁽¹⁹⁾은 *E. coli*에 대한 AIT의 MIC가 110 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 로서 본 실험 결과보다 낮았으나, Kanemaru 등⁽²⁰⁾의 결과는 12.3 mg/L (환산시 약 600 $\mu\text{g}/\text{dish}$)로서 다르게 보고하였다.

Pseudomonas fluorescens

Gram 음성이며 호냉성 세균인 *P. fluorescens*에 대한 ITCs들의 항균 효과는 AIT의 경우 MIC가 100 $\mu\text{g}/\text{dish}$, EIT는 500 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 였으며, BIT는 2,000 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 이었고 다른 ITCs는 증식 억제 효과를 나타내지 못했다(Table 3). Delaquis 등⁽²⁰⁾에 의하면 *Pseudomonas sp.*를 25°C에서 배양할 때 AIT의 MIC는 500 $\mu\text{g}/\text{L}$ of air (환산시 약 25 $\mu\text{g}/\text{dish}$)로 본 실험 결과보다 낮은 농도였다(Table 4). 초산과 혼합하여 사용하는 경우 BIT, EIT, PEIT 및 ANIT는 50 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 로 초산을 단독 사용할 때보다 MIC가 낮아지나 나머지 ITCs는 효과가 없었다.

Erwinia carotovora

채소류의 부패에 관여하는⁽²¹⁾ Gram 음성 세균인 *E. carotovora*에 대한 ITCs들의 항균효과를 보면 AIT의 MIC는 100 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 으로서 항균 효과가 가장 높았으며, EIT와 PEIT의 MIC는 1,000 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 이었고, BIT는 300 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 였고 다른 ITCs들은 2,000 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 에서도 증식 억제 효과가 없었고 초산 단독 사용 경우보다 모두 높았다(Table 3). 초산과 혼합하여 사용할 때 모든 ITCs의 MIC는 50~100 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 으로 ITCs를 단독 사용할 때보다 MIC는 낮아지는 경향이거나 초산 단독 사용보다 효과가 상실하지는 않았다(Table 4).

Saccharomyces cerevisiae

자연에 널리 분포되어 있으며 당을 함유한 제품에서 문제 시 되는 효모인 *S. cerevisiae*에 대한 ITCs들의 항균 효과를 살펴보면 AIT, BIT 및 EIT를 사용할 때 MIC는 각각 100 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 였으며 PRIT 500 $\mu\text{g}/\text{dish}$, ANIT 1,000 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 로 시험한 Gram 양성균 음성 세균보다 ITCs에 대한 내성이 상대적으로 약한 것으로 나타났다(Table 3), 이러한 경향은 Delaquis 등⁽¹⁹⁾의 연구 결과와 유사하였다. 초산과 혼합 사용할 때 AIT의 경우 MIC는 30 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 로 초산을 단독으로 사용하는 경우(50 $\mu\text{g}/\text{dish}$)보다 낮았으나 나머지 ITCs는 초산 단독 사용 경우와 같거나 상승 효과가 없었다(Table 4).

Candida albicans

Candidiasis의 원인균⁽²¹⁾인 *C. albicans*에 대한 ITCs들의 항균 효과는 AIT 500 $\mu\text{g}/\text{dish}$, EIT 500 $\mu\text{g}/\text{dish}$, PRIT 1,000 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 이었고, 다른 ITCs들은 2,000 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 에서도 증식 억제 효과가 없는 것으로 나타나 전체적으로 초산을 단독 사용한 경우보다(300 $\mu\text{g}/\text{dish}$) 대부분 MIC가 높은 경향을 보였고 ITCs에 대한 내성이 강한 것으로 보인다(Table 3). Isshiki 등⁽¹⁹⁾의 결과에 따르면 AIT의 MIC는 62 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 로 본 실험 결과인 500 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 와 차이를 나타냈다. 또한 초산을 혼합하여 사용할 때 AIT, EIT, MIT 및 PEIT의 경우 초산 사용시의 300 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 보다 낮은 100 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 을 나타내어 혼합 사용에 따른 상승 효과가 컸다(Table 4). 전체적으로 ITCs와 초산을 혼합하여 사용할 때 효모가 세균보다 증식 효과가 좋은 경향을 나타냈다.

Aspergillus oryzae

자연에 많이 존재하는 곰팡이인 *A. oryzae*의 경우 AIT의 MIC는 100 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 로 가장 낮았으며 BIT와 EIT는 1,000 $\mu\text{g}/\text{dish}$ 였고 다른 ITCs는 증식 억제 효과

가 없었다(Table 3). AIT의 MIC는 시험된 세균들의 경우(100~1,000 µg/dish) 보다 전반적으로 낮아 *A. oryzae*가 세균보다 AIT에 더 민감했으며, 이러한 결과는 세균이 곰팡이보다 ITCs들에 저항성이 더 강하다는 Delaquis 등⁽¹⁷⁾의 결과와 유사하였다. 초산과 혼합 사용할 때 AIT의 MIC는 50 µg/dish로 AIT 단독 사용 경우보다 효과가 상승하였으며 초산 단독 사용 경우보다는 10배의 억제 효과를 보였고 다른 ITCs의 경우도 ANIT만을 제외한 모든 ITCs 또는 초산 단독 사용할 때보다 효과가 상승하였다(Table 4).

Penicillium roqueforti

프랑스의 roqueforti cheese 제조에 이용⁽²³⁾되는 *P. roqueforti*에 대한 ITCs들의 항균효과를 비교한 결과 AIT와 EIT의 MIC는 100 µg/dish, PRIT와 ANIT의 경우 500 µg/dish, BIT는 1,000 µg/dish로 AIT 및 EIT는 초산 단독 사용 경우보다 증식 억제 효과가 높았다. 이들 곰팡이의 증식 억제 효과를 세균과 비교시 상대적으로 내성이 약했고(Table 3), 이러한 결과는 *A. oryzae*의 경우와 유사하였다. 그러나, 초산과 혼합하여 사용할 AIT는 30 µg/dish로 AIT 또는 초산 단독으로 사용한 경우보다 월등히 낮은 MIC를 보였고 MIT도 50 µg/dish로 초산 단독 사용할 때보다 MIC가 크게 낮았다(Table 4).

ITCs를 단독 사용하였을 때의 MIC를 종합한 결과(Table 3) 증식 억제 효과가 있는 것은 주로 AIT, BIT, EIT였으며 일반적으로 증식 억제 효과는 Gram 양성 세균 < Gram 음성 세균 < 효모 < 곰팡이 순으로 높아졌으며 특히 곰팡이는 ITCs에 민감함을 알 수 있었다. 이는 Gram 양성 세균의 AIT에 대한 저항성이 Gram 음성 세균보다 높다는 Isshiki 등의⁽¹⁹⁾ 결과와 비슷한 경향이였다. 또한 *S. cerevisiae* 등 효모는 다른 세균에 비하여 AIT 등의 휘발성 항균 물질에 대한 내성이 약하며, 세균은 상대적으로 강한 내성을 보인다는 Delaquis 등의⁽¹⁷⁾ 결과와 유사하였으며, 세균 중에서도 종에 따라 내성의 차이가 있었다. 한편, *A. oryzae*와 *P. roqueforti* 등 곰팡이에 대해 AIT 및 EIT 등 지방족 ITCs들이 BIT 등 방향족 ITCs보다 항균효과가 더 강하였는데, 이는 Carter 등의⁽²⁴⁾ 결과와 같은 경향이였다. 이와 같이 양파, 겨자 등의 주요 매운맛 성분인 AIT^(14,25)는 폭넓게 미생물 증식 억제 효과가 있으므로 이들 휘발성 항균 물질을 이용하여 천연 식품 보존제를 개발하는 연구가 더 필요한 것으로 판단된다.

한편, ITCs와 초산과 혼합 사용에 따른 상승 효과를 살펴보면(Table 4) 초산과 혼합하여 사용할 때 ITCs

단독 사용 경우와 마찬가지로 AIT가 실험 균주에 대한 항균 효과가 가장 높았다. 각각의 휘발성 항균 물질을 단독 사용할 때보다 초산과 혼합하여 사용할 때 MIC가 2~20 배 정도 낮아졌으며, 특히 단독 사용 경우에는 효과가 거의 없던 PEIT, PRIT 및 ANIT의 상승 효과가 높아지고 있다. 또한 ITCs들을 단독 사용할 때와는 다르게 Gram 음성 세균에 대한 항균 효과가 효모 및 곰팡이에 대한 효과보다 더 컸으며, 초산을 혼합에 따른 상승 효과도 더 높아졌다.

결과적으로 ITCs를 단독 사용할 때 AIT, EIT, BIT 등은 실험된 여러 균주에 대하여 항균 효과를 나타냈으나, 다른 ITCs들은 대체적으로 미약하였으며, 초산과 혼합할 때 모든 ITCs에서 항균 작용의 상승 효과가 크게 높아지므로, 항균 효과를 높이기 위해서는 이들 휘발성 항균 물질과 초산을 혼합하여 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

요 약

천연에서 발견되는 휘발성 물질인 isothiocyanate 계(ITCs) 물질을 대상으로 *Listeria monocytogenes*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Escherichia coli*, *Erwinia carotovora*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *Aspergillus oryzae* and *Penicillium roqueforti* 등 9종의 균주에 대한 증식 억제 효과를 측정하였으며 초산과 혼합하여 사용할 때 상승 효과를 비교하였다. Allyl isothiocyanate (AIT), benzyl isothiocyanate (BIT) 및 ethyl isothiocyanate (EIT)가 대상 균주 모두에 100~200 µg/dish 수준의 최소증식저해농도(MIC)를 보였고 증식 저해 정도는 곰팡이 > 효모 > Gram 음성 세균 > Gram 양성 세균 순 이었다. 초산은 50~500 µg/dish로 ITCs 보다 MIC가 낮았다. ITCs와 초산을 혼합하여 사용하는 경우 대부분의 실험 대상 균주에 대하여 증식 저해 상승 효과가 인정되었고 AIT의 경우 AIT 단독 또는 초산 단독으로 사용할 때보다 2~10배 이상 효과가 상승하였으며 전체적으로 증식 억제 경향은 ITCs 단독 사용할 때와 같은 경향이였다.

문 헌

1. Vaughn, R.H.: The microbiology of dehydrated vegetables. *Food Res.*, 16, 9-433 (1951)
2. Al-Delaimy, K.S. and Ali, S.H.: Antibacterial action of vegetable extracts on the growth of pathogenic bacteria. *J. Sci. Food Agric.*, 21(2), 110-112 (1970)
3. Beuchat, L.R.: Sensitivity of *Vibrio parahaemolyticus* to spices and organic acids. *J. Food Sci.*, 41, 899-901

- (1976)
4. Shigeharu, I. Hitoshi, G. Keinosuke, M. Shigeru, M. Megumu, O. and Yozo, I.: Inhibitory effect of volatile constituents of plants on the proliferation of bacteria-Antibacterial activity of plant volatiles. *J. Antibact. Antifung. Agents.*, **11**(11), 609-615 (1983)
 5. Hitoshi, G., Shigeharu, I. and Yozo, I.: Antifungal activity of powdery black mustard, powdery wasabi (Japanese horseradish), and allyl isothiocyanate by gaseous contact-Antifungal activity of plant volatiles. *J. Antibact. Antifung. Agents.*, **13**(5), 199-204 (1985)
 6. Ogawa, T. and Isshiki, K.: Antimicrobial activity of volatiles from edible herbs. *J. Japanese Society of Food Science and Technology*, **3**(5), 535-540 (1996)
 7. Ohta, Y. and Takatani, K.: Preservative effects of allyl mustard oil and ethanol on 'Hiroshima nazuke.' *J. Japanese Society of Food Science and Technology*, **29**, 672-674 (1982)
 8. Sekiyama, Y., Mizukami, Y., Dongshe, H.D., Uemura, T.: Antimicrobial activity of mustard extract against food poisoning bacteria. *Japanese J. Food Microbiology*, **11**, 133-136 (1994)
 9. Delaquis, P.J., Graham, H.S. and Mazza, G.: Antimicrobial properties of volatile horseradish distillates. *J. Food Protection*, **58**, 34-35 (1995)
 10. Eifert, J.D., Hackney, C.R., Pierson, M.D., Duncan, S.E. and Eigel, W.N.: Acetic, lactic, and hydrochloric acid effects on *Staphylococcus aureus* 196E growth bases on a predictive model. *J. Food Sci.*, **62**, 174-178 (1997)
 11. Ouattara, B., Simard, R.E., Holley, R.A., Pirtte, G.J.P. and Begin, A.: Inhibitory effect of organic acids upon meat spoilage bacteria. *J. Food Protection*, **60**, 246-253 (1997)
 12. Tamblyn, K.C. and Conner, D.E.: Bactericidal activity of organic acids against *Salmonella typhimurium* attached to broiler chicken skin. *J. Food Protection*, **60**, 629-633 (1997)
 13. Tinney, K.S., Miller, M.F., Boyd, R.C., Thompson, L.D. and Carr, M.A.: Reduction of microorganism on beef surfaces with electricity and acetic acid. *J. Food Protection*, **60**, 625-628 (1997)
 14. Conner, D.E. and Beuchat, L.R.: Effects of essential oils from plants on growth of food spoilage yeasts. *J. Food Sci.*, **49**, 429-434 (1984)
 15. Block, E.: The chemistry of garlic and onions. *Sci. Am.*, **252**, 114-119 (1985)
 16. Sikes, A., Yang, T. and Richardson, M.: Antifungal activity of mustard oil extract. *1996 IFT annual meeting : Book of Abstracts*, p. 29, 1082-1236 (1996)
 17. Delaquis, P.J. and Mazza, G.: Antimicrobial properties of isothiocyanates in food preservation. *Food Technology*, **11**, 73-84 (1995)
 18. Sekiyama, Y., Mizukami, Y., Takada, A. and Numata, S.: Vapor pressure and stability of allyl isothiocyanate. *J. Food Hyg. Soc. Jpn.*, **35**, 365-370 (1994)
 19. Isshiki, K., Tokuoka, K., Mori, R. and Chiba, S.: Preliminary examination of allyl isothiocyanate vapor for food preservation. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **56**, 1476-1477 (1992)
 20. Delaquis, P.J. and Sholberg, P.L.: Antimicrobial activity of gaseous Allyl isothiocyanate. *J. Food Protection*, **60**, 943-947 (1997)
 21. Singleton, P. and Sainsbury, D.: *Dictionary of microbiology*. John Wiley & Sons Ltd., Great Britain, p. 39-144 (1978)
 22. Kanemaru, K. and Miyamoto, T.: Inhibitory effects on the growth of several bacteria by brown mustard and allyl isothiocyanate. *J. Japanese Soc. Food Sci. Tech.*, **37**, 823-829 (1990)
 23. Chung, D.H.: *Food Microbiology*. Eds. Sunjinmunhwa Co. (in Korean), p.104 (1980)
 24. Carter, G.A., Garraway, J.L., Spencer, D.M. and Wain, R.L.: Investigations on fungicides. VI. The antifungal activity of certain dithiocarbamic and hydroxy dithioformic and derivatives. *Ann. Appl. Biol.*, **51**, 135-151 (1963)
 25. Kawakishi, S. and Namiki, M.: Decomposition of allyl isothiocyanate in aqueous solution. *Agric. Biol. Chem.*, **33**, 452-459 (1969)

(1998년 10월 23일 접수)