

총 설

천연 휘발성 항균물질의 연구현황과 식품가공에의 이용

김용석 · 신동화*

전북대학교 응용생물공학부(식품공학 전공) 및 농업과학기술연구소

Researches on the Volatile Antimicrobial Compounds from Edible Plants and Their Food Application

Yong-Suk Kim and Dong-Hwa Shin*

Faculty of Biotechnology (Food Science & Technology Major), Chonbuk National University

천연 휘발성 항균물질의 개발 필요성

식품을 장기간 보존하려는 노력은 인류 역사와 함께 해 왔고, 그 결과 여러 방법들이 개발되어 이용되고 있으며 현재도 새로운 방법을 도출하고자 많은 연구가 진행되고 있다. 식품의 장기 저장에 제한 요인이 되는 것은 식품의 물리화학적 변질과 미생물학적 부패가 있는데 물리화학적 변화보다 미생물에 의한 부패와 변질이 주된 원인이 되고 있다⁽¹⁾. 이에 따라 미생물의 증식을 억제하거나 살균하는 방법이 널리 사용되고 있다.

식품을 살균하여 보존성을 높이는 방법들 중 가장 안전하고 확실한 방법으로 주로 사용하는 가열 처리 방법은 식품의 신선도 저하, 품질열화, 그리고 영양가 파괴 등 많은 단점도 가지고 있다. 이와 같은 단점을 보완하기 위하여 미생물 증식 억제 방법으로 가열 살균보다는 냉장 및 냉동 방법을 사용하나 저온유지를 위한 온도관리의 제한 요인이 있다. 이들 제한 요인과 결점 등을 보완하고 부패성 미생물이나 식중독 미생물의 증식을 억제하여 식품을 안전하게 장기 저장하려는 수단으로 각종 보존제 혹은 살균제를 개발하여 사용하고 있으며 현재 benzoic acid, sorbic acid 및 염소제 등 다양한 형태의 상업적 제품이 생산되어 이용되고 있다⁽²⁾. 그러나 이들 합성 보존제 또는 살균제는 정도의 차이는 있지만 인체에 부정적 영향을 주고 있기 때문에⁽³⁾ 소비자들의 기피 현상이 두드러지고 있으며, 이 같은 추세에 따라 독성이 아주 낮거나 거의 없는 또는 식품에 직접 첨가하지 않는 항미생물제 또는 식품 보존제 개발의 필요성이 대두되고 있다.

우리나라 식중독 발생 상황은 1996년 55건, 1,584명 발생에서 2001년 93건, 6,406명으로 매년 증가하고 있는데, 이 중

대장균 등 식중독 미생물에 의한 발생이 43건, 1,692명에 이르며⁽⁴⁾, 외식 및 즉석 조리식 증가로 대형화되고 있는 추세이고, 미국⁽⁵⁾, 일본⁽⁶⁾ 등 선진국의 경우도 비슷한 양상을 나타내고 있다. 특히 상추, 깻잎 등 채소류와 생선회 등 날로 먹는 식품의 빈도가 높고 그 소비량이 극히 많은 우리 생활의 경우 최근 발견되고 있는 *Escherichia coli* O157:H7과 *Listeria monocytogenes* 등에 의한 식중독이 대단히 위험한 상태로 추정된다. 이와 같은 생체 식품과 함께 연간 생산액이 3,091억원에 이르는 도시락⁽⁷⁾은 편의 식품으로 그 소비량이 증가하고 있으며, HACCP(Hazard Analysis Critical Control Point)와 같은 위생관리 개념들이 도입되고 있음에도 불구하고 식중독 발생 빈도에서는 상위를 차지하여⁽⁸⁾ 즉석 조리 식품에 기인한 식중독을 예방할 수 있는 방법이 제시되어야 한다. 그러나 즉석 조리 식품 등은 그 특성상 냉장 및 저장기간 제한이라는 소극적인 방법만이 제시되고 있으며, 보존제의 첨가는 어려운 실정이므로 식품에 직접 보존제를 첨가하지 않고 이들 식품의 부패 및 식중독 미생물의 증식을 억제하는 수단이 연구되어야 한다. 이런 의미에서 식품에 잔존하지 않는 휘발성 항균물질을 이용한 식품의 보존성 향상 및 식중독 미생물 증식 억제 방법을 연구할 필요성이 있다.

연구현황

최근 소비자의 건강 지향적 성향과 안전성을 최우선으로 하는 경향에 따라 합성 보존제의 사용을 기피하여⁽⁹⁾ 천연물, 특히 식물이나 식물추출물에 존재하는 항균성 물질을 식품의 보존에 이용하고자 하는 연구는 오래 전부터 수행되어 왔다⁽¹⁰⁻¹²⁾. 대부분의 천연 항균성 물질은 식물이나 동물에 천연적으로 존재하는 구성 성분으로, 단백질, 특정효소, 유기산, 식물의 정유 및 식물의 특정 성분 등이 항균성을 나타내는 것으로 알려지고 있으며⁽¹³⁾, 외부의 자극에 의하여 생체 내에서 만들어지기도 한다⁽¹⁴⁾. 천연에 존재하는 항균성 물질에 대한 연구로는 고대부터 이용되어 왔던 마늘^(11,15,16), 양파^(17,18) 등의 향신료⁽¹³⁾와 생약제^(19,20), 병원성 및 부패성 미생물에 대

*Corresponding author : Dong-Hwa Shin, Faculty of Biotechnology (Food Science & Technology Major), Chonbuk National University, Dukjin-dong, Jeonju, Chonbuk 561-756, Korea
Tel: 82-63-270-2570
Fax: 82-63-270-2572
E-mail: dhshin@moak.chonbuk.ac.kr

Table 1. Antimicrobial constituents of some herbs⁽⁹⁾

| Volatiles | Boiling point (°C) | Original plants |
|-------------------------|------------------------------|--|
| Allyl isothiocyanate | 148~154 | Mustard, Wasabi (Japanese horseradish) |
| [Hydrocarbon] | | |
| α -Pinene | 155~156 | Angelica, Bay laurel, Caraway, Coriander, Cumin, Fennel, Majoram, Nutmeg, Sage, Thyme |
| ρ -Cymene | 177 | Angelica, Coriander, Dill, Nutmeg, Oregano, Savory |
| Dipentene | 175.5~176.5 | Coriander, Dill, Fennel, Sage |
| [Alcohol] | | |
| Linalool | 198 | Basil, Bay laurel, Bergamot, Cardamon, Cinnamon, Coriander, Marjoram, Sage, Spearmint, Thyme |
| [Aldehyde] | | |
| Citral | 92~93 (bp _{2,6}) | Lemongrass, Marjoram, Verbena |
| Cinnamaldehyde | 246 | Cassia, Cinnamon, |
| Perillaldehyde | 104~105 (bp ₁₀) | Shiso |
| Salicylaldehyde | 196~197 | Cassia |
| Cuminaldehyde | 235~236 | Cinnamon, Cumin |
| [Ether] | | |
| 1,8-Cineole(Eucalyptol) | 176~177 | Allspice, Bay laurel, Cardamon, Cinnamon, Eucalyptus, Ginger, Nutmeg, Rosemary, Sage, Thyme |
| [Phenols] | | |
| Carvacrol | 237~238 | Marjoram, Oregano, Savory, Thyme |
| Anethole | 81~81.5 (bp _{2,3}) | Anise, Fennel |
| Eugenol | 255 | Allspice, Bay laurel, Clove |
| Methyleugenol | 129 (bp ₁₁) | Allspice, Bay laurel |

한 유기산의 효과⁽²¹⁻²⁴⁾, 젖산균에 의해 생성되는 bacteriocin^(25,26), 식물 추출물⁽²⁷⁻³⁰⁾, 갑각류의 키틴질에서 추출한 chitosan⁽³¹⁾, lysozyme⁽³²⁾, 지방산⁽³³⁻³⁵⁾, 페놀성 화합물⁽³⁶⁾ 등이 있다.

또한, 식물에서 분리한 효과적인 천연 휘발성 항균물질로 알려진 isothiocyanates는 함유황화합물(sulfur containing compound)로 십자화과(十字花科) 식물에 널리 분포되어 있는데, 겨자씨와 서양 고추냉이의 신미(辛味)성분으로서 1930년대부터 식품의 저장에 이용되어 왔으며⁽³⁷⁾, 이들은 상당한 미생물 증식억제 혹은 살균효과가 인정되고 있다⁽³⁸⁻⁴¹⁾. 특히 식중독 미생물에 대한 효과가 뚜렷하여⁽⁴²⁾ 식중독 예방에 기여할 수 있을 것이나 정제된 물질은 극도의 자극성으로 인하여 식품에 적용하기 위해서는 관능적 측면에서 해결되어야 할 문제가 남아 있다^(9,43).

식물의 정유(essential oil) 성분에 대한 연구는 추출방법에 따른 조성 비교⁽⁴⁴⁻⁴⁶⁾, 추출용매에 따른 회수율 비교⁽⁴⁷⁾, 식물 품종에 따른 수율, 함량 및 품질비교⁽⁴⁸⁾, 잎과 열매의 조성 비교⁽⁴⁹⁾, 항균양 물질의 분리⁽⁵⁰⁾, 살충효과⁽⁵¹⁾ 등에 대하여 이루어져 왔으며, 특히 항균성에 대한 연구는 현재도 많이 진행되고 있다. 마늘(garlic), 양파(onion), 오레가노(oregano) 및 백리향(thyme, *Thymus vulgaris* L.)의 정유성분은 *Hansenula anomala*, *Kloeckera apiculata* 등 부패효모의 증식을 저해했으며⁽¹⁵⁾, 백리향, 마늘 및 양파의 정유성분은 *Aspergillus*속 곰팡이의 증식을 억제하는데 효과적이었다⁽⁵²⁻⁵⁴⁾. 차나무(*Melaleuca*

alternifolia)의 정유성분은 0.25%의 농도에서 81종의 *Candida albicans*에 대하여 강한 증식억제 작용을 나타냈고⁽⁵⁵⁾, 백리향의 정유성분은 *E. coli* O157:H7 등 9종의 그람 양성균 및 *Staphylococcus aureus* 등 6종의 그람 음성균에 대하여 우수한 항균효과를 나타냈으며⁽⁵⁶⁾, 양고추냉이의 정유를 pre-cooked roast beef slice에 20 μ L/L 적용했을 때 *Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae* 등 대부분의 부패세균의 증식을 억제하였으며⁽⁵⁷⁾, 세이보리(*Satureja montana* L.)의 정유는 0.1~0.25 μ L/mL의 최소증식저해농도에서 *C. albicans* 등 46종의 부패효모에 대해 증식억제 효과를 나타냈다⁽⁵⁸⁾. 또한 제조회사에서 만든 정유성분 12종 중에서 오레가노, 고수풀(coriander) 및 바실(basil)이 병원성 및 부패세균에 증식을 효과적으로 억제하였다⁽⁵⁹⁾.

특히 이들 정유성분 중 특정성분에 의한 항균활성이 높았는데(Table 1), carvacrol은 *Salmonella typhimurium*과 *Vibrio vulnificus*에 대해서 강한 살균효과를 가졌으며⁽⁶⁰⁾, *Origanum*의 정유성분 중 carvacrol과 thymol이 강한 항균효과와 세포독성을 나타냈으며⁽⁶¹⁾, monoterpene 중 isopulegol과 carvone은 10 μ L/mL의 농도에서 *Enterococcus faecium*과 *E. coli*에 대해서 살균효과를 나타냈다⁽⁶²⁾. 정향(clove), 계피(cinnamon), 삼향자(pimento) 및 로즈마리(rosemary)의 정유성분은 육류 부패세균의 증식을 억제하였고 그 활성 성분은 eugenol과 cinnamaldehyde로 밝혀졌고⁽⁶³⁾, l-limonene, β -myrcene, lina-

linalool, γ -terpinene, α , β -phellandrene, 1,8-cineole, *l*-borneol 및 bornylacetate는 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도에서 *S. aureus*와 *P. aeruginosa*에 대하여 항균활성의 징후를 나타냈다고 보고하였다⁽⁶⁴⁾. 또한 carvacrol은 cymene과의 병용에 의해 쌀밥에 존재하는 *Bacillus cereus*의 증식을 억제하였으며⁽⁶⁵⁾, carvacrol과 thymol은 축산폐기물에서 fecal coliform 세균을 효과적으로 감소시켰다⁽⁶⁶⁾.

한편, Dorman 등⁽⁶⁷⁾은 정유성분의 화학구조와 항균활성의 관계를 밝혔는데, carvacrol, eugenol 및 thymol 등의 phenolic compound는 낮은 수용성에도 불구하고 hydroxyl group이 있기 때문에 항균활성이 가장 높았다고 하였고, Cox 등⁽⁶⁸⁾은 차나무의 항균활성은 monoterpene류의 세포벽과 세포막에 대한 투과속도와 관계가 깊으며 이들 물질이 세포막 구조의 투과벽을 파괴함으로써 살균효과를 나타낸다고 하였으며, monoterpene을 카르보닐화 했을 때 항세균성과 항진균성이 상승하였다⁽⁶⁴⁾. 한편, Zaika 등⁽⁶⁹⁾은 식물성 정유의 항균작용에 대해 그람 양성균이 그람 음성균보다 저항성이 더 강하다고 하였으며, Farag⁽⁷⁰⁾와 Hussein⁽⁷¹⁾은 그람 양성균이 그람 음성균보다 정유성분의 항균작용에 더 민감하다고 하였다. 그러나 Dorman 등⁽⁶⁷⁾은 식물 정유성분의 종류에 따라 저항성이 다르다고 하였고, Kim 등⁽⁶⁰⁾도 그람 반응이 식물성 정유 성분의 항균작용과 특정한 관계가 있는 것은 아니라고 보고하여 식물정유 성분의 항균작용은 그람 반응에 따른 차이는 없는 것으로 추정된다.

이와 같이 식물의 정유성분에 의한 항균활성에 대해서는 많은 연구가 이루어져 있지만 이들은 주로 서양에서 고대로부터 이용되어온 향신료나 방향성 식물에 집중되어 있으며, 국내에서 자생하는 식물에 대한 연구는 몇 종의 식물에 대해서 이루어져 있다. 쑥의 휘발성 성분인 thujone, caryophyllene 및 farnesol은 *E. coli*, *Enterobacter aerogenosa*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* 및 *S. aureus*에 대하여 항세균효과를 나타냈으며⁽⁷²⁾, 어성초의 정유 중 2-undecanone 등을 포함하는 분획은 *V. parahaemolyticus* 등 9종의 그람 음성 세균에 항균효과를 나타냈고⁽⁷³⁾, 어성초의 simultaneous steam-distillation and solvent extraction(SDE) 추출물은 *B. cereus*, *B. subtilis*, *Vibrio cholerae* O-1 및 *V. parahaemolyticus*에 대해 강한 항균효과를 나타냈다⁽⁷⁴⁾. 배초향 잎의 SDE 추출물은 *Candida utilis* 및 *Saccharomyces cerevisiae* 등의 효모에 대하여 항균효과를 나타냈으며⁽⁷⁵⁾, 번데기 동충하초의 SDE 추출물은 *Vibrio spp.*에 대하여 강한 항균효과를 나타냈으며⁽⁷⁶⁾, 더위지기 등 9종의 한국산 방향식물의 수증기 증류물은 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도에서 *S. aureus*와 *P. aeruginosa*에 대하여 95%이상의 증식억제 효과를 나타내었다⁽⁶⁴⁾. 겨자의 SDE 추출물은 시험한 *B. subtilis* 등 16종의 세균, 젖산균, 효모 및 곰팡이에 대하여 methanol 또는 물 추출물보다 강한 항균효과를 나타냈으며⁽⁷⁷⁾, 겨자씨와 갖씨와 SDE 추출물은 *B. cereus* 등 4종의 미생물에 대하여 purge & trap법에 의한 추출물보다 항균활성이 강하게 나타났다⁽⁷⁸⁾. 이외에 고추냉이의 수증기 증류물은 *Staphylococcus* 등 넓은 범위의 병원성 미생물에 대하여 항균작용을 나타냈으며⁽⁷⁹⁾, 고추냉이의 항균활성을 나타내는 allyl isothiocyanate는 근경에 0.687~1.339 mg/g으로서 가장 많이 함유되어 있으

며⁽⁸⁰⁾, allyl isothiocyanate가 *L. monocytogenes*에 작용하는 항균기작⁽⁸¹⁾ 등에 대한 연구가 이루어져 있다.

휘발성 성분의 분리 방법

식물의 휘발성 성분을 효율적으로 분리하기 위해 많은 방법이 개발되어 왔는데 그 중 head-space법⁽⁸²⁾, co-distillation법⁽⁸³⁾, solvent extraction법⁽⁸⁴⁾, 초임계 유체추출법^(85,86), SDE법⁽⁸⁷⁻⁸⁹⁾ 등이 비교적 자주 사용되고 있는 방법이다.

이중 head-space 분석법은 용기에 시료를 넣어 두고 시료 위의 headspace 성분을 gas-tight syringe로 취하여 분석하는 직접주사법, purge gas가 시료의 headspace를 통과하면서 저온의 cold trap에 농축이 되는 cryogenic purge and trap법, headspace의 휘발성 성분을 활성탄, Tenax GC, Tenax TA 같은 흡착제에 흡착시키는 흡착제법 등이 있다. 이 방법은 비점이 낮고 열 변성이 일어나기 쉬운 휘발성 성분 분석시 용이하나 전처리 시간 및 장치비 등이 많이 소요되고⁽⁹⁰⁾, 휘발성이 적은 성분의 분리에 문제가 있으며⁽⁹¹⁾, 시료에서 휘발성 성분을 얻는 수율이 낮아 휘발성 성분의 항균활성을 시험하기 어려운 단점이 있다.

Co-distillation법은 diethyl ether, pentane, methylene chloride 등의 용제를 수용액 시료에 분산시키고 200°C 정도의 온도에서 빠르게 증류시키면 휘발성 성분이 용제 및 소량의 물과 함께 증류되어 분리되는 방법으로서, 가열취가 적고 재현성이 있으며 증류시간이 15~20분 정도밖에 소요되지 않는 장점이 있으나 휘발성이 높은 용제로 인한 위험성이 있다⁽⁹²⁾.

Solvent extraction법은 시료 본래의 향에 가까운 향을 가지고 있으나 유기용제의 사용량이 많아 환경오염의 우려가 있으며, 유기물질, alkaloids, 색소성분 등 비휘발성 성분이 포함되어 있을 가능성이 높다⁽⁸⁴⁾.

초임계 유체추출법은 기체상의 물질전달 특성과 액체상과 비슷한 용제 특성을 갖는 물질을 이용하여 시료에서 휘발성 성분을 분리하는 방법으로서, 일반적으로 비독성과싼 가격 때문에 액체 이산화탄소를 이용하며, esters, aldehydes, ketones 및 alcohols을 분리하는데 유용하다. 그러나 온도, 압력, 유체속도 등을 조절하는데 어려움이 있으며, 많은 양의 고순도 이산화탄소가 소요되며, 장비가 고가인 단점이 있다^(85,92).

SDE법은 Likens-Nickerson 장치⁽⁹³⁾를 이용한 단일공정의 간단한 휘발성 성분 분리 방법으로서 현재는 그 장치가 변형되어 많이 이용되고 있지만 그 원리는 동일하다. Hexane, diethyl ether 및 methylene chloride 등의 유기용제를 용기에 넣고 다른 용기에 들어 있는 시료와 동시에 1~3시간 정도 가열하여 증류에 의해 수증기상에서 시료의 휘발성 성분을 분리하는 방법이다. 시료를 추출하는 동안 고온(100°C)을 유지시켜야 하므로 일부 성분들이 열에 의해 변화될 수 있는 단점이 있으나 감압하에서 작동시키면 시료의 끓는점을 낮추어 휘발성 성분의 열분해를 최소화할 수 있고, 소량의 용매로 추출하면서 휘발성 성분의 회수율이 높아 손실이 적은 장점이 있으며^(92,94), 다양한 종류의 식품의 휘발성 성분의 분석 또는 항균활성 시험 등 다른 용도로 이용하기에 적합하다⁽⁹⁵⁾.

식품 적용에 대한 연구현황

우리나라의 경우 식품위생법에 허용된 화학적 합성 보존료는 14개 품목으로 사용 대상식품과 사용량이 규제되어 있으며, 미국이나 일본도 비슷한 상황이다⁽⁹⁶⁾. 따라서 안전성에 문제가 없으면서 항균성이 있는 물질의 개발이 관련 연구자들에게 관심의 초점이 되고 있는데 특히 많은 연구자들이 식용 동·식물 자원으로부터 특정 성분을 추출하여 이를 식품의 저장성 향상에 이용하고자 하는 시도가 이루어지고 있다.

Eugenol(clove extract)과 pimento extract를 냉장한 cooked beef에 처리했을 때 *Aeromonas hydrophila*와 *L. monocytogenes*의 증식을 유의적으로 억제하였다⁽²⁹⁾. 양고추냉이의 정유를 4°C에서 28일간 저장된 pre-cooked roast beef slice에 기체상 접촉을 통하여 20 µL/L를 처리했을 때 *Pseudomonas* spp.와 *Enterobacteriaceae*의 증식을 강하게 억제하였고, 산패취 발생과 육색의 변화도 지연시켰으나 젖산균은 상대적으로 저항성이 강한 것으로 나타났다⁽⁵⁷⁾. Thymol과 cinnamic aldehyde를 600 mg/L of air 처리시 알팔파의 씨와 순에 접종된 *Salmonella*의 균수를 감소시키는 정도의 항균효과가 있었고, allyl isothiocyanate와 acetic acid 처리에 의해서는 균수는 감소하였으나 관능에 이상이 있었고, 이들 물질의 처리에 의해 발아율이 약간 감소하였으며⁽⁹⁷⁾, oreganum과 thyme의 항균활성 정유성분인 carvacrol(0.30 mg/g)은 cymene(0.27 mg/g)과 병용에 의해 쌀밥의 부패세균인 *B. cereus*의 증식을 억제하였다⁽⁶⁵⁾. 옥수수에 증식하는 *Aspergillus flavus*를 억제하는 데는 cinnamon, peppermint, basil, origanum, epazote, clove, thyme의 정유가 효과적이었다⁽⁵⁴⁾. Coriander와 clove oil을 noncured cooked pork에 처리했을 때 *A. hydrophila*의 증식을 강하게 억제하였으며, 진공포장에 의해 그 효과가 상승하였다⁽⁹⁸⁾. (E)-2-hexenal 100 µL를 *Botrytis cinerea*가 접종된 딸기에 처리하여 22°C, 3일간 저장했을 때 균의 증식이 억제되었으며^(99,100). 근래 정제된 allyl isothiocyanate를 마요네즈나 고추냉이의 향미증진제로 사용하며⁽¹⁰¹⁾, 자른 양배추와 양배추 샐러드에 각각 3 ppm 및 17 ppm의 allyl isothiocyanate를 첨가하면 저장성을 향상시킨다고 제시하였으며⁽¹⁰²⁾, 냉장 상추⁽³⁸⁾와 Hiroshimanazuke⁽⁹⁹⁾에 처리했을 때도 미생물의 증식을 억제하였다. 또한, oregano 정유성분의 농도, 온도 및 pH에 따른 homemade eggplant salad에서의 *E. coli* O157:H7의 생존율을 예측하는 실험도 보고되었다⁽¹⁰³⁾.

Allyl isothiocyanate는 acetic acid와 병용에 의해 쌀밥 도시락에서 균의 증식을 지연시켰고, 포장용기 내에서의 이들 휘발성 성분의 잔존율을 측정하는 실험도 수행되었으며⁽⁴³⁾, Lim 등⁽¹⁰⁴⁾은 PVDC/PVC copolymer film에서 allyl isothiocyanate의 투과도(permeability)가 온도와 농도가 상승함에 따라 높아진다고 보고하여 저장기간 동안 포장용기 내에서 항균활성을 갖는 휘발성 성분을 유지하려는 연구도 수행되고 있다.

그러나 *in vitro* 실험에서 항균활성이 우수하였던 천연물을 식품에 적용하게 되면 식품성분의 어떤 작용에 의해 활성이 떨어지거나^(105,106), 또는 식품성분이 미생물을 살균 기작으로부터 보호한다⁽¹⁰⁷⁾고 알려져 있다. 항균활성이 우수한 linolenic acid의 항균활성에 대한 식품 주요성분의 영향에 대한 실험에서, soluble starch는 영향을 끼치지 않았으나, casein과 soy-

bean oil은 항균활성을 부분적으로 저해하였다⁽¹⁰⁸⁾. 또한 단백질 15.5%를 함유한 cottage cheese와 1~3% milk fat에 항균활성이 우수한 reuterin을 첨가한 실험에서 *L. monocytogenes*의 생균수가 1.5 log cycle 감소(단백질)하거나 영향이 없었다(milk fat)⁽¹⁰⁶⁾. *S. aureus*와 *Pseudomonas fluorescence*에 대해 항균활성이 우수했던 butylated hydroxy anisole 300 ppm을 casein(3, 6, 9%)과 함께 처리했을 때 casein의 함량이 높을수록 항균활성이 감소하였다⁽¹⁰⁹⁾. 그러나 coriander와 clove oil을 *A. hydrophila*로 접종된 noncured cooked pork에 도포했을 때 항균활성은 감소하지 않았는데 그 이유는 항균물질과 미생물을 식품과 혼합하지 않고 식품표면에 도포하였기 때문이었다⁽⁹⁸⁾. 또한 sage의 정유를 nutrient broth에 0.1% 및 0.4% 첨가한 후 *B. cereus* 및 *S. aureus* 등을 접종했을 때 항균효과가 우수하였으나 beef에서는 sage 2.5%를 첨가했을 때에도 항균효과가 거의 없었다⁽¹¹⁰⁾. 이와 같이 항균활성 물질을 식품에 적용했을 때 실험방법에 따라 차이는 있지만 일반적으로 *in vitro*에서 보다 항균활성이 감소하는 것으로 나타나 이에 대한 체계적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

결 론

최근 산업의 발달과 경제적 수준의 향상으로 외식문화와 즉석조리식품의 소비가 급증하고 있는 추세이다. 따라서 소비자가 원하는 가공식품의 형태도 크게 변하여, 신선하며 안전하고 공해가 없는 건강 지향적 취향이 두드러지게 나타나고 있다. 이러한 소비자의 욕구에 부응하면서 가공식품의 저장성을 향상시키는 기술을 개발하는 것은 매우 중요한 문제이며, 이를 위해 많은 연구자들이 노력하고 있다.

식품의 신선도를 유지시키는 데는 지금까지의 방법과 경제성을 고려할 때 열처리를 최소화하는 것이 바람직하지만 이 방법은 결국 부패성 혹은 식중독 미생물의 충분한 사멸이 불가능하게 되므로 위해성 미생물의 증식을 억제하는 새로운 수단이 강구되어야 한다. 기존에 사용되고 있는 방사선 처리나 합성 보존료 등에 대한 소비자들의 거부반응이 크기 때문에 우리가 일상적으로 애용하고 섭취하고 있는 천연물로부터 식품에 잔존하지 않는 휘발성 항균물질을 발견하고 이를 가공식품의 저장성 향상 및 식중독 미생물·증식 억제에 이용하는 방법이 도입되어야 한다.

우리 인간이 현재까지 지구상에서 주로 이용하고 있는 작물은 22종에 불과하나 약 20,000종의 식물이 식용 가능하다는 보고⁽¹¹¹⁾에 의하면 앞으로 식용 자원의 범위를 늘리는 작업과 함께 이들이 함유한 각종 유익한 휘발성 항균물질을 계속 발굴해 내야하고 그 유효성분의 확인과 분리 기술을 개발하여 식품가공 분야에 용도를 확대해 나갈 필요가 있다.

감사의 글

이 논문은 과학기술부·한국과학재단 지정, 전라북도 지원 지역협력연구센터인 전북대학교 바이오식품 소재 개발 및 산업화 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

문헌

1. Shin, D.H. Isolation of natural antimicrobial compound from edible plants and food application. *Food Sci. Ind.* 23: 68-77 (1990)
2. Cherry, J.P. Improving the safety of fresh produce with antimicrobials. *Food Technol.* 53: 54-57, 59 (1999)
3. Cho, S.H., Lee, S.Y., Kim, J.W., Ko, G.H. and Seo, I.W. Development and application of natural antimicrobial agent isolated from grapefruit seed extract-Antimicrobial activities of grapefruit seed extract. *J. Food Hyg. Saf.* 10: 33-39 (1995)
4. Korea Food and Drug Administration. Statistics of Outbreak of Food Poisoning. Ministry of Health and Welfare (2002)
5. Buzby, J.C. Children and microbial foodborne illness. *Food Rev.* 24: 32-37 (2001)
6. Ministry of Health, Labour and Welfare. Japan (<http://www.mhlw.go.jp>) (2002)
7. Korea Food and Drug Administration. An Actual Output of Food and Food Additives for 2000. Ministry of Health and Welfare (2001)
8. Chang, D.S., Shin, D.H., Chung, D.H., Kim, C.M. and Lee, I.S. *Food Hygiene*, pp. 19-71. Jungmoongak, Seoul (2002)
9. Ogawa, T. and Isshiki, K. Antimicrobial activity of volatile from edible herbs. *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi* 43: 535-540 (1996)
10. Vaughn, R.H. The microbiology of dehydrated vegetables. *Food Res.* 16: 429-433 (1951)
11. Al-Delaimy, K.S. and Ali, S.H. Antibacterial action of vegetable extracts on the growth of pathogenic bacteria. *J. Sci. Food Agric.* 21: 110-112 (1970)
12. Beuchat, L.R. Sensitivity of *Vibrio parahaemolyticus* to spices and organic acids. *J. Food Sci.* 41: 899-902 (1976)
13. Beuchat, L.R. and Golden, D.A. Antimicrobials occurring naturally in foods. *Food Technol.* 43: 134-142 (1989)
14. Ames, B.N., Magaw, R. and Gold, L.S. Ranking possible carcinogenic hazards. *Science* 236: 271-280 (1987)
15. Conner, D.E. and Beuchat, L.R. Effects of essential oil from plants on growth of food spoilage yeasts. *J. Food Sci.* 49: 429-434 (1984)
16. Cho, N.C. and Jhon, D.Y. Effects of garlic extracts on the aerobic bacteria isolated from *kimchi*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20: 357-362 (1988)
17. Shama, A., Tewari, G.M., Shrikhande, A.J., Padwal-Desai, S.R. and Bandyadhyay, C. Inhibition of aflatoxin-producing fungi by onion extracts. *J. Food Sci.* 44: 1545-1547 (1979)
18. Johnson, M.G. and Vaughn, R.H. Death of *Salmonella typhimurium* and *Escherichia coli* in the presence of freshly reconstituted dehydrated garlic and onion. *Appl. Microbiol.* 17: 903-905 (1969)
19. Park, S.W. and Kim, C.J. Studies on the food preservation by antimicrobial action of medicinal herbs. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 22: 91-96 (1979)
20. Pack, U.Y., Chang, D.S. and Cho, H.R. Screening of antimicrobial activity for medicinal herb extracts. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 21: 91-96 (1992)
21. Entani, E., Asai, M., Tsujihata, S., Tsukamoto, Y. and Ohta, M. Antibacterial action of vinegar against food-borne pathogenic bacteria including *Escherichia coli* O157:H7. *J. Food Prot.* 61: 953-959 (1998)
22. Tamblyn, K.C. and Conner, D.E. Bactericidal activity of organic acid against *Salmonella typhimurium* attached to broiler chicken skin. *J. Food Prot.* 60: 629-633 (1997)
23. Eifert, J.D., Hackney, C.R., Pieson, M.D., Duncan, S.E. and Eigel, W.N. Acetic, lactic, and hydrochloric acid effects on *Staphylococcus aureus* 196E growth based on a predictive model. *J. Food Sci.* 62: 174-178 (1997)
24. Ouattara, B., Simard, R.E., Holley, R.A., Piette, G.J.P. and Begin, A. Inhibitory effect of organic acids upon meat spoilage bacteria. *J. Food Prot.* 60: 246-253 (1997)
25. Daeschel, M.A. Antimicrobial substances from lactic acid bacteria for use as food preservation. *Food Technol.* 43: 164-167 (1989)
26. Arihara, K., Ota, H., Itoh, M., Kondo, Y., Sameshima, T., Yamanaka, H., Akimoto, M., Kanai, S. and Miki, T. *Lactobacillus acidophilus* group lactic acid bacteria applied to meat fermentation. *J. Food Sci.* 63: 544-547 (1998)
27. Chung, K.T., Thomasson, W.R. and Wu-Yuan, C.D. Growth inhibition of selected food-borne bacteria, particularly *Listeria monocytogenes* by plant extracts. *J. Appl. Bacteriol.* 69: 498-503 (1990)
28. Kyung, K.H. and Fleming, H.P. Antimicrobial activity of sulfur compounds derived from cabbage. *J. Food Prot.* 60: 67-71 (1997)
29. Hao, Y.Y., Brackett, R.E. and Doyle, M.P. Inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Aeromonas hydrophila* by plant extracts in refrigerated cooked beef. *J. Food Prot.* 61: 307-312 (1998)
30. Han, J.S., Lee, J.Y., Baek, N.I. and Shin, S.H. Isolation and antimicrobial action of growth inhibitory substance on food borne microorganisms from *Dryopteris crassirhizoma* Nakai. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 611-618 (2001)
31. Simpson, B.K., Gagne', N., Aschie, I.N.A. and Noroozi, E. Utilization of chitosan for preservation of raw shrimp. *Food Biotechnol.* 11: 25-44 (1997)
32. Johansen, C., Gram, L. and Meyer, A.S. The combined inhibitory effect of lysozyme and low pH on growth of *Listeria monocytogenes*. *J. Food Prot.* 57: 561-566 (1994)
33. Kabara, J.K. Antimicrobial agents derived from fatty acids. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 61: 397-403 (1984)
34. Ababouch, L., Chaibi, A. and Busta, F.F. Inhibition of bacterial spore growth by fatty acids and their sodium salts. *J. Food Prot.* 55: 980-984 (1992)
35. Lee, J.Y., Kim, Y.S. and Shin, D.H. Antimicrobial synergistic effect of linolenic acid and monoglyceride against *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus*. *J. Agric. Food Chem.* 50: 2193-2199 (2002)
36. Pradhan, K.J., Variyar, P.S. and Bandekar, J.R. Antimicrobial activity of novel phenolic compounds from green pepper (*Piper nigrum* L.). *Lebensm. Wiss. Technol.* 32: 121-123 (1999)
37. Chung, D.H. *Natural Food Preservatives*, pp. 10-37. Daekwang Seorim, Seoul (1998)
38. Lin, C.M., Kim, J.M., Du, W.X. and Wei, C.I. Bactericidal activity of isothiocyanate against pathogens on fresh produce. *J. Food Prot.* 63: 25-30 (2000)
39. Ohta, Y. and Takatani, K. Preservative effects of allyl mustard oil and ethanol on 'Hirosima nazuke'. *J. Japanese Soc. Food Sci. Technol.* 29: 672-674 (1982)
40. Sekiyama, Y., Mizukami, Y., DongShe, H.D. and Uemura, T. Antimicrobial activity of mustard extract against food poisoning bacteria. *Japanese J. Food Microbiol.* 11: 133-136 (1994)
41. Delaquis, P.J. and Mazza, G. Antimicrobial properties of isothiocyanates in food preservation. *Food Technol.* 49: 73-84 (1995)
42. Ahn, E.S., Kim, J.H. and Shin, D.H. Antimicrobial effects of allyl isothiocyanates on several microorganisms. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 206-211 (1999)
43. Kim, Y.S., Ahn, E.S. and Shin, D.H. Extension of shelf life by treatment with allyl isothiocyanate in combination with acetic acid on cooked rice. *J. Food Sci.* 67: 274-279 (2002)
44. Zhou, Q., Wintersteen, C.L. and Cadwallader, K.R. Identification and quantification of aroma-active components that contribute to the distinct malty flavor of buckwheat honey. *J. Agric. Food Chem.* 50: 2016-2021 (2002)
45. Aro, T., Brede, C., Manninen, P. and Kallio, H. Determination of semivolatiles in baltic herring (*Clupea harengus membras*) by supercritical fluid extraction-supercritical fluid chromatography-gas chromatography-mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 50: 1970-1975 (2002)

46. Rohloff, J. Essential oil composition of Sachalimint from Norway detected by solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry analysis. *J. Agric. Food Chem.* 50: 1543-1547 (2002)
47. Schaneberg, B.T. and Khan, I.A. Comparison of extraction methods for marker compounds in the essential oil of lemon grass by GC. *J. Agric. Food Chem.* 50: 1345-1349 (2002)
48. Dudai, N., Lewinsohn, E., Larkov, O., Katzir, I., Ravid, U., Chaimovitch, D., Sa'adi, D. and Putievsky, E. Dynamics of yield components and essential oil production in a commercial hybrid sage (*Salvia officinalis* x *Salvia fruticosa* cv. Newe Ya'ar No. 4). *J. Agric. Food Chem.* 47: 4341-4345 (1999)
49. Galletti, G.C. and Russo, M.T. Essential oil composition of leaves and berries of *Vitex agnus-castus* L. from Calabria, southern Italy. *Rapid Commun. Mass Spectromet.* 10: 1345-1350 (1996)
50. Matsunaga, T., Hasegawa, C., Kawasuji, T., Suzuki, H., Saito, H., Sagioka, T., Takahashi, R., Tsukamoto, H., Morikawa, T. and Akiyama, T. Isolation of the antiulcer compound in essential oil from the leaves of *Cryptomeria japonica*. *Biol. Pharm. Bull.* 23: 595-598 (2000)
51. Don-Pedro, K.N. Fumigant toxicity is the major route of insecticidal activity of citruspeel essential oil. *Pestic. Sci.* 46: 71-78 (1996)
52. Buchanan, R.L. and Shepherd, A.J. Inhibition of *Aspergillus parasiticus* by thymol. *J. Food Sci.* 46: 976-977 (1981)
53. Yin, M.C. and Cheng, W.S. Inhibition of *Aspergillus niger* and *Aspergillus flavus* by some herbs and spices. *J. Food Prot.* 61: 123-125 (1998)
54. Montes-Belmont, R. and Carvajal, M. Control of *Aspergillus flavus* in maize with plant essential oil and their components. *J. Food Prot.* 61: 616-619 (1998)
55. Hammer, K.A., Carson, C.F. and Riley, T.V. *In-vitro* activity of essential oil, in particular *Melaleuca alterifolia* (tea tree) oil and tea tree oil products, against *Candida* spp. *J. Antimicrob. Chemother.* 42: 591-595 (1998)
56. Marino, M., Bersani, C. and Comi, G. Antimicrobial activity of the essential oil of *Thymus vulgaris* L. measured using a bioimpedometric method. *J. Food Prot.* 62: 1017-1023 (1999)
57. Delaquis, P.J., Ward, S.M., Holley, R.A., Cliff, M.C. and Mazza, G. Microbiological, chemical and sensory properties of pre-cooked roast beef preserved with horseradish essential oil. *J. Food Sci.* 64: 519-524 (1999)
58. Ciani, M., Menghini, L., Mariani, F., Pagiotti, R., Menghini, A. and Fatichenti, F. Antimicrobial properties of essential oil of *Satureja montana* L. on pathogenic and spoilage yeasts. *Biotechnol. Lett.* 22: 1007-1010 (2000)
59. Elgayyar, M., Draughon, F.A., Golden, D.A. and Mount, J.R. Antimicrobial activity of essential oil from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms. *J. Food Prot.* 64: 1019-1024 (2001)
60. Kim, J.M., Marshall, M.R. and Wei, C.I. Antibacterial activity of some essence oil component against five food borne pathogens. *J. Agric. Food Chem.* 43: 2839-2845 (1995)
61. Sivropoulou, A., Papanikolaou, E., Nikolaou, C., Kokkini, S., Lanaras, T. and Arsenakis, M. Antimicrobial and cytotoxic activities of *Origanum* essential oil. *J. Agric. Food Chem.* 44: 1202-1205 (1996)
62. Naigre, R., Kalck, P., Roques, C., Roux, I. and Michel, G. Comparison of antimicrobial properties of monoterpenes and their carbonylated products. *Planta Med.* 62: 275-277 (1996)
63. Ouattara, B., Simard, R.E., Holley, R.A., Piette, G.J.P. and Begin, A. Antibacterial activity of selected fatty acids and essential oil against six meat spoilage organisms. *Int. J. Food Microbiol.* 37: 155-162 (1997)
64. Shin, K.H., Chi, H.J., Lim, S.S., Cho, S.H., Moon, H.I. and Yu, J.H. Antimicrobial activities of volatile essential oil from Korean aromatic plants. *Nat. Prod. Sci.* 3: 141-147 (1997)
65. Ultee, A., Slump, R.A., Steging, G. and Smid, E.J. Antimicrobial activity of carvacrol toward *Bacillus cereus* on rice. *J. Food Prot.* 63: 620-624 (2000)
66. Varel, V.H. and Miller, D.N. Plant-derived oil reduce pathogens and gaseous emissions from stored cattle waste. *Appl. Environ. Microbiol.* 67: 1366-1370 (2001)
67. Dorman, H.J.D. and Deans, S.G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oil. *J. Appl. Microbiol.* 88: 308-316 (2000)
68. Cox, S.D., Mann, C.M., Markham, J.L., Bell, H.C., Gustafson, J.E., Warmington, J.R. and Wyllie, S.G. The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *J. Appl. Microbiol.* 88: 170-175 (2000)
69. Zaika, L.L., Kissinger, J.C. and Wasserman, A.E. Inhibition of lactic acid bacteria by herbs. *J. Food Sci.* 48: 1455-1459 (1983)
70. Farag, R.S., Daw, Z.Y., Hewedi, F.M. and El-Baroty, G.S.A. Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oil. *J. Food Prot.* 52: 665-667 (1989)
71. Hussein, A.S.M. Antibacterial and antifungal activities of some Libyan aromatic plants. *Planta Med.* 56: 644-645 (1990)
72. Kim, Y.S., Kim, M.N., Kim, J.O. and Lee, J.H. The effect of hot water-extract and flavor compounds of mugwort on microbial growth. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 23: 994-1000 (1994)
73. Kang, J.M., Cha, I.H., Lee, Y.K. and Ryu, H.S. Identification of volatile essential oil, and flavor characterization and antimicrobial effect of fraction from *Houttuynia cordata* Thunb. II. Flavor characterization and antimicrobial effect of from *Houttuynia cordata* Thunb by prep-HPLC. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26: 214-221 (1997)
74. Kwon, H.D., Cha, I.H., Lee, W.K., Song, J.H. and Park, I.H. Antibacterial activity of volatile flavor components from *Houttuynia cordata* Thunb. *J. Food Sci. Nutr.* 1: 208-213 (1996)
75. Song, J.H., Kim, M.J., Kwon, H.D., Lee, W.K. and Park, I.H. Antimicrobial activity and characterization of volatile flavor extracts from *Agastache rugosa*. *J. Food Sci. Nutr.* 4: 97-102 (1999)
76. Choi, M.A., Lee, W.K. and Kim, M.S. Identification and antibacterial activity of volatile flavor components of *Cordyceps militaris*. *J. Food Sci. Nutr.* 4: 18-22 (1999)
77. Shim, K.H., Seo, K.I., Kang, K.S., Moon, J.S. and Kim, H.C. Antimicrobial substances of distilled components from mustard seed. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 24: 948-955 (1995)
78. Kim, Y.S., Park, S.B., Lee, J.Y., Kim, Y.H. and Shin, D.H. Volatile compounds and antimicrobial effects of mustard seeds and leaf mustard seeds according to extraction method. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 468-474 (2001)
79. Seo, K.L., Kim, D.Y. and Yang, S.I. Studies on the antimicrobial effect of wasabi extracts. *Korean J. Nutr.* 28: 1073-1077 (1995)
80. Lee, S.W., Seo, J.S., Kim, S.D., Kim, Y.H., Yu, S.N. and Kim, D.Y. Allyl isothiocyanate content in different plant parts of *Wasabia japonica* mastum. *Korean J. Crop Sci.* 42: 281-285 (1997)
81. Ahn, E.S., Kim, Y.S. and Shin, D.H. Observation of bactericidal effect of allyl isothiocyanate on *Listeria monocytogenes*. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 31-35 (2001)
82. Takeoka, G.R., Flath, R.A., Guntert, M. and Jennings, W. Nectarine volatiles: Vacuum steam distillation versus headspace sampling. *J. Agric. Food Chem.* 36: 553-560 (1988)
83. Misharina, T., Golovnya, R. and Beletsky, I. Comparison of the efficiency of isolation of volatiles from foodstuffs by co-distillation and Likens-Nickerson methods, Vol. 35, p. 117. In: *Developments in Food Science*. Maarse, H. and Van der Heij, D. (eds.). Elsevier, New York, USA (1994)
84. Pearl, I.A. and Darlig, S.F. Hot water extractives of the leaves of *Populus heterophylla* L., *J. Agric. Food Chem.* 25: 730-734 (1977)
85. Taylor, D.L. and Larick, D.K. Investigations into the effect of supercritical carbon dioxide extraction on the fatty acid and vol-

- atile profiles of cooked chicken. *J. Agric. Food Chem.* 43: 2369-2374 (1995)
86. Timon, M.L., Ventanas, J., Martin, L., Tejada, J.F. and Garcia, C. Volatile compounds in supercritical carbon dioxide extracts of Iberian ham. *J. Agric. Food Chem.* 46: 5143-5150 (1998)
 87. Godefrot, M., Sandra, P. and Verzere, M. New method for quantitative essential oil analysis. *J. Chromatogr.* 203: 325-335 (1981)
 88. Frutos, M., Sanz, J. and Martinez, I. Simultaneous distillation extraction method in the qualitative and quantitative GC analysis of cheese volatile components. *Chromatographia* 25: 861-864 (1988)
 89. Orav, A., Kailas, T. and Liiv, M. Analysis of terpenoid composition of conifer needle oil by steam distillation/extraction, gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. *Chromatographia* 43: 215-219 (1996)
 90. Charalambous, G. *Analysis of Foods and Beverages, Headspace Technique.* Academic Press, New York, USA (1978)
 91. Hirvi, T. Mass fragmentographic and sensory analysis of the aroma of some strawberry varieties. *Lebensm. Wiss. Technol.* 16: 157-161 (1983)
 92. Parliment, T.H. Solvent extraction and distillation techniques. Ch. 1, pp. 1-26. In: *Techniques for Analyzing Food Aroma.* Marsili, R. (eds.). Marcel Dekker, Inc., New York, USA (1997)
 93. Nickerson, G.B. and Likens, S.T. Gas chromatographic evidence for the occurrence of hop oil components in beer. *J. Chromatogr.* 21: 1-3 (1966)
 94. Sides, A., Robards, K. and Helliwell, S. Developments in extraction techniques and their application to analysis of volatiles in foods. *Trends in Anal. Chem.* 19: 322-329 (2000)
 95. Au-Yeung, C.Y. and MacLeod, A.J. A comparison of the efficiency of the Likens and Nickerson extractor for aqueous, lipid/ aqueous, and lipid samples. *J. Agric. Food Chem.* 29: 502-505 (1981)
 96. Chang, D.S., Shin, D.H., Chung, D.H., Kim, C.M. and Lee, I.S. *Food Hygiene*, pp. 244-246. Jungmoongak, Seoul (2002)
 97. Weissinger, W.R., McWatters, K.H. and Beuchat, L.R. Evaluation of volatile chemical treatments for lethality to *Salmonella* on alfalfa seeds and sprouts. *J. Food Prot.* 64: 442-450 (2001)
 98. Stecchini, M.L., Sarais, I. and Giavedoni, P. Effect of essential oil on *Aeromonas hydrophila* in a culture medium and in cooked pork. *J. Food Prot.* 56: 406-409 (1993)
 99. Ntirampemba, G., Langlois, B.E., Archbold, D.D., Hamilton-kemp, T.R. and Barth, M.M. Microbial populations of *Botrytis cinerea*-inoculated strawberry fruit exposed to four volatile compounds. *J. Food Prot.* 61: 1352-1357 (1998)
 100. Fallik, E., Archbold, D.D., Hamilton-Kemp, T.R., Clements, A.M., Collins, R.W. and Barth, M.M. (E)-2-Hexenal can stimulate *Botrytis cinerea* growth in vitro and on strawberries in vivo during storage. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 123: 875-881 (1998)
 101. Clark, G.S. Allyl isothiocyanate. *Perf. Fla.* 17: 107-109 (1992)
 102. West, L.G., Badenhop, A.F. and McLaughlin, J.L. Allyl isothiocyanate and allyl cyanide production in cell-free cabbage extracts, shredded cabbage, and coloslaw. *J. Agric. Food Chem.* 25: 1234-1238 (1977)
 103. Skandamis, P.N. and Nychas, G.J.E. Development and evaluation of a model predicting the survival of *Escherichia coli* O157:H7 NCTC 12900 in homemade eggplant salad at various temperatures, pHs, and oregano essential oil concentrations. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 1646-1653 (2000)
 104. Lim, L.T. and Tung, M.A. Vapor pressure of allyl isothiocyanate and its transport in PVDC/PVC copolymer packaging film. *J. Food Sci.* 62: 1061-1066 (1997)
 105. Venkatarayanan, K.S., Zhao, T. and Doyle, M.P. Antibacterial effect of Lactoferricin B on *Escherichia coli* O157:H7 in ground beef. *J. Food Prot.* 62: 747-750 (1999)
 106. EL-Ziney, M.M. and Debevere, J.M. The effect of reuterin on *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 in milk and cottage cheese. *J. Food Prot.* 61: 1275-1280 (1998)
 107. Faith, N.G., Wierzba, R.K., Ihnot, A.M., Roering, A.M., Lorang, T.D., Kaspar, C.W. and Luchansky, J.B. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 in full- and reduced-fat pepperoni after manufacture of sticks, storage of slices at 4°C or 21°C under air and vacuum, and baking of slices on frozen pizza at 135, 191 and 246°C. *J. Food Prot.* 61: 383-389 (1998)
 108. Ahn, Y.S., Shin, D.H. and Kim, Y.S. Inhibitory effect of major food components on the activity of antimicrobial active substance from n-hexane fraction of *Mallotus japonicus* Muell on *Listeria monocytogenes*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 469-476 (2000)
 109. Rico-Munoz, E. and Davidson, P.M. Effect of corn oil and casein on the antimicrobial activity of phenolic antioxidants. *J. Food Sci.* 48: 1284-1288 (1983)
 110. Shelef, L.A., Jyothi, E.K. and Bulgarelli, M.A. Growth of enteropathogenic and spoilage bacteria in sage-containing broth and foods. *J. Food Sci.* 49: 737-740, 809 (1984)
 111. Galvin, J.R. and Waldrop, Jr. H.L. The future of sensory evaluation in the food industry. *Food Technol.* 44: 95-96, 100 (1990)

(2003년 2월 25일 접수; 2003년 3월 22일 채택)