

식용식물의 유기용매 추출물로부터 딸기부패균 *Staphylococcus* sp.에 대한 항균활성 검정

하철규 · 이동규 · †강선철
대구대학교 공과대학 생물공학과
(접수 : 2000. 2. 8., 게재승인 : 2000. 6. 20.)

Antibacterial Activities of Edible Plant Extracts against Strawberry Spoiling Bacteria *Staphylococcus* sp.

Chul Gyu Ha, Dong Gyu Lee and Sun Chul Kang†
Department of Biotechnology, College of Engineering, Taegu University, Kyungsan, Kyungbook 712-714, Korea
(Received : 2000. 2. 8., Accepted : 2000. 6. 20.)

Antibacterial activities of edible plant extracts were investigated to develop natural antimicrobial agents protecting horticultural products from spoiling-microorganisms during their storage. Crude extracts of *Artemisa capillaris*, *Allium tuberosum*, *Ailanthus altissima*, *Zanthoxylum piperitum*, *Pinus densiflora*, *Morus alba*, *Ixeris dentata* and *Allium sativum* showed remarkable antibacterial activities against *Escherichia coli* K 12 and *Bacillus subtilis* KCTC 1028. After solvent extraction of the crude extracts with n-hexane, ethyl acetate, chloroform and water in sequence, each fractions was re-examined for the antibacterial activities. As results, the ethyl acetate fractions of *A. capillaris*, *A. altissima*, *P. densiflora* and *I. dentata*, and all fractions of *Z. piperitum* and *A. sativum* showed relatively strong antibacterial activities against *E. coli* and *B. subtilis*, and the ethyl acetate fraction of *A. altissima* was the strongest(6mm and 7mm, respectively) against two strawberry-spoiling bacteria, isolated and identified at our laboratory as *Staphylococcus* sp. TG-101 and *Staphylococcus* sp. TG-102.

Key Words : antibacterial activities, edible plant, strawberry-spoiling bacteria, *Staphylococcus* sp.

서 론

농산물은 수확이후 소비자들의 식탁에 오르기까지 상당한 기간의 저장 유통과정이 필요하다. 또한 대부분의 농산물은 그 수확시기가 일정하며, 수확물을 한꺼번에 출하할 경우 가격폭락 등의 문제가 발생하므로 일정기간 동안 저장하였다가 출하해야 한다. 원예산물의 저장에 있어서 가장 중요한 점은 신선도를 장기간 유지하는 것이다. 대부분의 신선 원예산물은 수확 후에도 살아있는 유기체로서 물질대사와 일반 생리작용이 유지되고 조직의 발육과 생장이 계속된다. 수확 후 이러한 대사작용은 품질 변화를 일으키는 주요 요인이 되기 때문에 원예산물이 지니고 있는 수분함량을 유지시키기 위하여 습도를 높게 조절하여야 한다. 그러나 높은 습도는 원예산물의 조직을 약하게 하고 이로

인해 부패균의 침입을 쉽게 한다(1).

원예산물이 미생물에 의해 공격을 받는 정도는 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는다. 즉 원예산물 자체의 천연적 장벽의 두께, 부패균에서 분비하는 침입효소에 대한 원예산물의 저항성 혹은 저해제를 갖는지 유무 및 그 양의 정도, 식물조직의 수분함량이나 기타 화합물의 조성, 산도 등에 의해 복합적으로 결정된다(2).

낮은 온도는 많은 부패미생물을 저해하는데 매우 효과적이다. 그러나 원예산물의 저온 시설에는 막대한 시설투자와 시설 유지 비용이 요구되므로 농산물 가격상승의 주요인이 되고 있다. 뿐만 아니라 작물의 종에 따라서는 저온장해라는 독특한 생리적 현상이 발생하여 과피 표면에 soft scald, 내부갈변과 조직파손, 풍미의 변화, 비정상적 숙성, 성장력의 상실 등으로 품질이 저하된다(3). 따라서 원예산물의 종류에 따라 적절한 저장온도(0~10°C)의 유지와 미생물을 제어할 수 있는 system이 필수적으로 요구된다. 이와 더불어 원예산물의 저온저장시 부패 미생물을 제어할 수 있는 천연 항균제 개발도 시급히 요구되는 과제라 하겠다.

한편 미생물에 대한 항균제 개발은 보건 위생에 관련된 미생물, 작물 유해 미생물 등을 중심으로 연구되어왔기 때문에, 이 응용도로 개발된 항균제는 대부분 화학합성품을 사용하고 있어서 이들이 체내에 축적될 경우에 만성독성, 발암성, 돌연변이 유발

† Corresponding Author : Department of Biotechnology, College of Engineering, Taegu University, Kyungsan, Kyungbook 712-714, Korea
Tel : 053-850-6553, Fax : 053-850-6509
E-mail : sckang@biho.taegu.ac.kr

성 등의 우려가 있으므로 농산물의 저장에 적용하기에는 부적합하다(4,5). 이와 같은 인공합성 항균제의 문제를 극복하기 위해 천연 항균물질 개발에 많은 관심이 집중되고 있다.

이러한 취지에서 개발되고 있는 천연 항균제로는 식물추출물, 특정 단백질 및 효소류, 유기산류, bacteriocin 등이 있으며 이들은 식물이나 동물의 구성성분으로 존재하거나 대사과정 중에 또는 외부의 자극에 의해서 만들어지기도 한다(6-8). 특히 식물은 매우 다양한 유용성분을 함유하고 있으며, 최근에 이러한 식물 자원에서 항균활성물질을 찾으려는 연구가 시도되었다(9,10). 초피(*Zanthoxylum piperitum* DC)는 아시아에 널리 자생하는 낙엽 관목으로 향신료로 사용되어왔는데 그 껍질의 휘발성분이 항균 활성이 있는 것으로 보고되었으며(11), 두릅(*Aralia elata* Seemann) 나무 수피의 3,4-dihydroxybenzoic acid(12), 적송 잎(*Pinus densiflora* Siebold et Zuccarini)의 benzoic acid(13), 마늘(*Allium sativum* L)의 allicin(14), 쑥(*Artemisia princeps* Pamp)의 artemisinin(15) 등이 항균물질로 동정되었다. 이 밖에도 녹차의 물추출물(16), 부추의 추출물(17) 등이 대장균에 대해 저해활성을 보이는 것으로 보고되었지만 식품 저장이나 농산물 저장에 적용할 수 있는 항균제로 개발된 것은 거의 없다.

따라서 본 연구에서는 식품 및 농산물의 저장시 부패를 방지하기 위한 천연항균제 개발의 기반을 마련하고자 항균 활성을 가지는 식용식물인 사철쑥(*Artemisia capillaris* Thunb.), 부추(*Allium tuberosum* L.), 가죽나무(*Ailanthus altissima* Swingle), 초피(*Zanthoxylum piperitum* DC), 참두릅(*Aralia elata* Mig.), 뽕나무(*Morus alba* L.), 적송(*Pinus densiflora* Siebold et Zuccarini), 썩바귀(*Ixeris dentata* Nakai), 무(*Raphanus sativus* L. var. *acanthiformis* Morr), 마늘(*Allium sativum* L.)을 수집하여 농산물의 부패 미생물에 대한 항균활성을 검정하였으며 그 결과를 분석하였다.

재료 및 방법

식물체 재료 및 시료의 조제

본 실험에 사용된 식물재료는 경상북도 일대의 자생지에서 동정한 다음 채취하였거나, 시장에서 구입하였다. 각 소재의 50 g을 녹즙기(엔젤라이프, NA-6008)로 마쇄한 다음 여과(Whatman No. 1)하였으며, 각 식물체 즙액은 -20°C에 보관하였다가 항균활성 검색 바로 직전에 녹여서 사용하였다. 상기의 항균활성 검색 시험에서 항균활성을 보이는 각 식물체 즙액을 50 g씩 나누어 250 ml 비이커에 담은 후, n-hexane 50 ml을 첨가하여 상온에서 천천히 stirring하면서 12시간 추출하였다. 추출액은 고속원심분리기(Beckman, USA)를 이용하여 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 상등액을 회수하였다. 이 과정을 3회 반복하여 n-hexane으로 3회 추출한 다음, ethyl acetate, chloroform의 순서대로 동일한 방법으로 50 ml씩 3회씩 반복 추출하였다. 이때 얻어진 각각의 유기용매에 대한 추출물은 rotary evaporator (Heidolph WB2000, Germany)를 이용하여 60°C에서 12시간 이상 완전히 증발시킴으로써 각 용매에 대한 추출물을 얻었다. 최후로 남은 수용성 즙액은 freeze dryer(Ishin DC1212, Korea)를 이용하여 완전히 건조하였다. 얻어진 고형의 각 추출물은 ethanol로 녹여 100 mg/ml의 농도로 조절하여 냉장고에 보관하면서 항균시험에 사용하였다.

사용균주 및 배지

실험에 사용한 균주는 그람양성균으로 *Bacillus subtilis* KCTC

1028과 그람음성균으로 *Escherichia coli* K 12를 한국중균 협회로부터 구입하였고 균생육 배지로는 nutrient agar(Difco, USA)를 사용하였다. 농산물 부패균은 딸기의 저온저장중 파육으로부터 본 연구실에서 직접 분리한 2종의 세균을 사용하였다. 분리 균주의 크기와 형태학적인 특성은 Gram염색 및 nutrient agar에서 배양한 colony의 크기, 모양, 색깔 등을 관찰하였다. 탄소원의 이용성은 기본배지($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 64.0 g, KH_2PO_4 15.0 g, NaCl 2.5 g, NH_4Cl 5.0 g per liter)에 D-glucose, D-xylose, D-arabinose, D-cellobiose, D-mannitol, D-mannose, maltose, raffinose와 같은 탄소원을 각각 1%(w/v) 농도로 첨가하여 배양하였다. 이때 탄소원이 첨가되지 않은 배지를 negative control로 하여 비교하였다(18). 또한 urease는 Christensen urea agar 배지를 이용하여 판별하였다(18). 그 외 catalase 및 oxidase의 생성유무, respiratory type, 기질분해 여부 등의 생리 및 생화학적 특성들은 "Bergey's manual of systematic bacteriology"의 기준에 준하여 동정하였다(19).

항균력 측정

각 식물체의 추출물에 대한 항균활성 검사에 사용된 균주들은 순수배양한 colony를 백금으로 취해 5 ml 액상 배지에 접종하였고, 30°C에서 12시간 배양하여 종균으로 사용하였다. 항균성 시험용 평판배지의 조제는 액상 배지에 agar를 0.8% 첨가하여 멸균한 후, 배지가 응고되기 전에 종균을 접종한 다음, petri dish에 10 ml 씩 분주하였다. 이 평판배지가 응고된 후 지름 4 mm의 구멍을 뚫고, 각각의 시료를 2 μl 씩 넣은 뒤 30°C에서 12시간 배양한 후 생성되는 투명한 크기로써 항균활성을 측정하였다.

결과 및 고찰

식물 즙액의 항균활성 검색

문헌조사를 통하여 약리활성이 보고된 약 50여종의 식용이나 약용가능한 식물의 잎이나 뿌리를 마쇄한 즙액으로 그람양성균인 *E. coli*와 그람양성균인 *B. subtilis*에 대한 항균활성을 검색하여 항균활성을 나타내는 10종의 식물체(Table 1) 1차 선별하였고 그 결과를 Table 2에 요약하였다. 이들 중 참두릅 잎의 즙액은 *E. coli*에 대해서만 항균활성을 보였고 무는 *B. subtilis*에 대해서만 항균활성을 보였으며, 나머지 8종은 2가지 균주 모두에 대해 항균활성을 보였다. 또한 초피 잎의 즙액은 *E. coli*에 상대적으로 높은 항균활성을 보였고 썩바귀 잎의 즙액은 *B. subtilis*에 상대적으로 높은 항균활성을 보였으며 가죽나무, 사철쑥 잎 및 마늘 즙은 실험한 두 균주에 대하여 비교적 높은 활성이 나타났다.

항균활성이 검색된 식물체의 용매분획물에 대한 항균성

식물체 즙액으로부터 항균활성이 검색된 식물체를 n-hexane, ethyl acetate, chloroform과 물로 순차적으로 분획하였으며, 각 분획물의 항균활성은 Table 3에 요약하였다. 사철쑥과 가죽나무의 잎, 적송 잎, 썩바귀에서는 ethyl acetate 분획에서 높은 항균활성을 보였고 초피나무 잎과 마늘에서는 모든 분획에서 높은 활성을 보였다. 이 중에서 가죽나무 잎의 ethyl acetate 분획이 가장 높은 항균활성(6 mm)을 보였다. 조사한 식물추출분획의 대부분은 *E. coli*와 *B. subtilis*에 대한 항균활성의 정도가 비슷하였으나 사철쑥의 n-hexane 분획은 *E. coli*에 대해서만 항균활성이 보였고 무즙의 물분획은 *B. subtilis*에 대해서만 항균활성을 보였다.

Table 1. List of plants showing antibacterial activities.

Scientific name	Family	Part	Place
<i>Artemisia capillaris</i> Thunb.	Compositae	Leaf	Jinryang
<i>Allium tuberosum</i> L.	Liliaceae	Leaf	Kyungsan
<i>Ailanthus altissima</i> Swingle	Simaroubaceae	Leaf	Pohang
<i>Zanthoxylum piperitum</i> DC	Rutaceae	Leaf	Kyungju
<i>Aralia elata</i> Mig.	Araliaceae	Leaf	Pohang
<i>Morus alba</i> L.	Moraceae	Leaf	Pohang
<i>Pinus densiflora</i> Siebold et Zuccarini	Pinaceae	Leaf	Jinryang
<i>Ixeris dentata</i> Nakai	Compositae	Leaf	Kyungju
<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>acanthiformis</i> Morr	Brassicaceae	Root	Kyungsan
<i>Allium sativum</i> L.	Liliaceae	Root	Kyungsan

Table 2. Antibacterial activities of crude extracts against *B. subtilis* and *E. coli*.

Plants	Part ^a	Antibacterial activity ^b	
		B	E
<i>A. capillaris</i>	L	++	++
<i>A. tuberosum</i>	L	+	+
<i>A. altissima</i>	L	+++	+++
<i>Z. piperitum</i>	L	+	++
<i>A. elata</i>	L	-	+
<i>M. alba</i>	L	+	+
<i>P. densiflora</i>	L	+	+
<i>I. dentata</i>	L	++	+
<i>R. sativus</i>	R	+	-
<i>A. sativum</i>	R	+++	+++

^aL, leaf; R, root^bB, *Bacillus subtilis*; E, *Escherichia coli*

Other symbols denote the size of clear inhibition zones: -, no inhibition zone; +, 1-2 mm inhibition zone; ++, 2-3 mm inhibition zone; +++, 3-6 mm inhibition zone.

Table 3. Antibacterial activities of different solvent fractions from edible plants, selected by first screening test, against *B. subtilis* and *E. coli*.

Plants	Bacteria	Diameter of clear zone (mm)			
		n-Hexane	Ethyl acetate	Chloroform	Water
<i>A. capillaris</i>	<i>B. subtilis</i>	-	2.2	-	-
	<i>E. coli</i>	3.2	2.0	-	-
<i>A. tuberosum</i>	<i>B. subtilis</i>	-	-	0.9	-
	<i>E. coli</i>	-	1.1	1.0	-
<i>A. altissima</i>	<i>B. subtilis</i>	-	6.0	-	-
	<i>E. coli</i>	1.1	4.0	-	-
<i>Z. piperitum</i>	<i>B. subtilis</i>	1.0	1.0	1.3	-
	<i>E. coli</i>	1.1	2.0	1.8	-
<i>A. elata</i>	<i>B. subtilis</i>	-	-	-	-
	<i>E. coli</i>	-	-	-	-
<i>M. alba</i>	<i>B. subtilis</i>	1.1	2.0	1.0	0.9
	<i>E. coli</i>	1.0	1.0	1.2	1.1
<i>P. densiflora</i>	<i>B. subtilis</i>	-	2.2	-	2.0
	<i>E. coli</i>	-	1.5	-	2.3
<i>I. dentata</i>	<i>B. subtilis</i>	2.0	2.3	-	-
	<i>E. coli</i>	1.0	2.0	1.2	-
<i>R. sativus</i>	<i>B. subtilis</i>	-	-	-	2.5
	<i>E. coli</i>	-	-	-	-
<i>A. sativum</i>	<i>B. subtilis</i>	5.0	3.2	4.2	3.0
	<i>E. coli</i>	3.2	5.0	4.3	3.2

쭈은 많은 종류의 세균에 대하여 항균작용을 하고, 특히 인체의 장내에서 유해세균인 *E. coli*에 대하여 저해활성이 높은 것으로 보고되었다(20). Table 3의 결과에서도 쭈의 일종인 사철쭈의 n-hexane 분획은 *E. coli*에 대하여 높은 항균활성을 보였는데, 이는 쭈속 식물에 공통적으로 artemisinin 등의 항균물질이 포함되어 있기 때문인 것으로 생각된다(15). 또한 쭈의 향기성분이나 정유성분은 살충, 향균 및 향종양 등의 여러 가지 생리적 활성이 있는 것으로 알려져 있다(20). 특히 쭈의 휘발성 향기성분 중 1.0% 농도의 thujone, caryophyllene 및 farnesol은 *E. coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *B. subtilis* 및 *S. aureus*에 대해 항균효과를 나타내었다(20). 그 외 myrcene, 2-pyrrolidinone, 1-acetyl piperidine 및 coumarin도 일부의 균주에 대하여 항균효과를 나타내었다. 그리고 caryophyllene과 farnesol의 혼합물은 thujone, caryophyllene, farnesol의 혼합물이나 다른 휘발성 화합물의 단독 또는 혼합물의 경우보다 항균효과가 높게 나타났다(20).

적송 잎에서는 항균활성을 갖는 benzoic acid가 분리·보고되었는데(13), 본 실험에서는 ethyl acetate 분획에 이 물질이 존재할 것으로 생각된다. Benzoic acid는 광택이 있는 작은 열상 또는 침상의 결정으로 cranberries, raspberries, plums, cinnamon, cloves 등에 천연적으로 존재하는 유기산이며 Salkowski에 의해 처음으로 항균활성이 보고되었다(21). 또한 물 분획에서도 강한 항균활성을 나타내는 것으로 보아 지금까지 보고되지 않은 새로운 항균물질이 존재할 수도 있을 것으로 추정된다.

마늘의 항미생물 작용에 대하여는 오래 전부터 알려져 왔으며 *S. aureus*(22), *B. cereus*(23), *Clostridium botulinum*(24), *C. perfringens*(25), *Lactobacillus plantarum*(26), *Candida utilis*(27) 등이 마늘의 즙액이나 마늘정유에 의해 생육이 저해됨이 보고되었다. Dababneh와 Al-Deleimy는 1% 마늘즙액에서 *S. aureus*의 번식이 저해되었다고 보고하였다(22). 또한 Karaioannoglou 등은 1% 마늘즙액이 *L. plantarum*의 번식을 저해하였고, 2% 이상에서는 사멸효과가 있었다고 보고하였다(26). 마늘의 주된 항미생물 작용물질은 allicin 이라고 알려져 있으며, 화학적으로는 allyl 2-propenethiosulfinate의 구조를 가졌으며 생마늘에는 없지만 마늘이 상처를 입게되면 전구체로 존재하던 alliin (또는 S-allyl-L-cysteine sulfoxide)이 alliinase에 의해 allicin으로 분해되는 것으로 보고되었다(28). 이 밖에도 마늘에는 S-methyl-L-cysteine sulfoxide가 함유되어 있고, 이 역시 alliinase에 의해 미생물생육 저해작용이 있는 methyl methanethiosulfinate로 분해된다. Allicin과 analog인 methyl methanethiosulfinate가 가지는 항미생물 작용은 thiosulfinate가 세포내 중요한 단백질의 SH기와 반응하여 단백질의 활성을 저해하기 때문인 것으로 알려져 있다(29).

가죽나무 잎의 ethyl acetate 분획과 무의 물 분획에서 상당히 높은 항균활성을 보였는데 이들 식물로부터는 아직 항균활성이 보고된 바가 없으므로 이들에 대한 신규성 여부를 결정하기 위해서는 항균물질의 분리·정제 및 구조규명 등에 관한 보다 자세한 연구가 필요할 것이다.

부패균의 동정

상기의 실험결과를 원예산물 및 농산물의 저온저장에 활용하기 위하여 딸기의 저온저장중인 과육으로부터 두 종의 부패균들은 분리·동정하였으며, 이들 균주의 형태학적인 특성 및 생리

학적인 특성을 Table 4에 나타내었다. 이들 분리균들은 현미경 하에서 Gram(+), coccus이고 single 또는 pair이며, 호기성 조건 및 혐기성 조건에도 성장이 가능하였다. 또한 이들 균주는 운동성이 없고 spore를 형성하지 않으며, catalase를 생성하였으나 oxidase와 urease는 생성하지 않았다. 당 분해에 있어서는 D-Glucose와 maltose를 이용할 수 있으며 D-xylose, D-arabinose, D-cellobiose, raffinose 등을 이용할 수 없는 것으로 확인되었다. 이 결과를 Bergey's manual에 따라 비교분석한 결과, *Staphylococcus* sp.에 속하는 것으로 사료되어 *Staphylococcus* sp. TG-101과 *Staphylococcus* sp. TG-102로 명명하였다(18). 이 중에서 TG-101은 nutrient agar에서 brownish orange pigment를 생성하였고 D-mannitol과 D-mannose를 이용하지만, TG-102는 동일한 배지에서 pale yellow pigment를 생성하였고 D-mannitol과 D-mannose를 이용하지 못하는 것으로 보아 이 둘은 서로 상이한 종으로 사료된다. 이 균들의 가장 큰 특성은 4°C에서도 성장이 가능한 저온성 균임과 동시에 고염농도[NaCl 10%(w/v) 이상]에서도 생육이 가능한 호염성균이었다. 따라서 이들 부패균은 딸기의 수확 또는 운반과정에서 딸기 과실의 표면으로 침투하여 과육을 연화시켜 딸기 고유의 물질이 변하게 하며 다른 곰팡이의 침투를 쉽게함으로써 부패를 촉진시키는 것으로 생각된다(30).

Table 4. Morphological, physiological and biochemical characteristics of strawberry-spoiling bacteria *Staphylococcus* sp. TG-101 and *Staphylococcus* sp. TG-102.

Characteristics	Strains	
	TG-101	TG-102
Cell shape	coccus	coccus
single or pair	+	+
tetrads	-	-
chains	-	-
Spore	-	-
Mobility	-	-
Gram staining	+	+
Growth temperature	4-35°C	4-40°C
Colony		
diameter > 5 mm	+	-
pigment	brownish orange	pale yellow
Growth on NaCl agar		
10% (v/w)	+	+
15% (v/w)	w	w
Aerobic growth	+	+
Anaerobic growth	+	+
Catalase	+	+
Oxidase	-	-
Urease	-	-
Acid from D-glucose	+	+
D-xylose	-	-
D-arabinose	-	-
D-cellobiose	-	-
D-mannitol	+	-
D-mannose	+	-
maltose	+	+
raffinose	-	-

Symbols denote as followings: +, positive; -, negative; w, weakly positive.

부패균에 대한 항균성

식물체의 용매분획물을 이용하여 *E. coli*와 *B. subtilis*에 대한 항균시험과 동일한 방법으로 두 종류 딸기부패균에 대한 항균성을 측정하여 Table 5에 요약하였다. 가죽나무 잎의 ethyl acetate 분획은 두 균주에 대하여 가장 높은 항균활성(각각 6 mm, 7 mm)을 보였고, 마늘즙으로부터 추출한 모든 분획이 두 균주에 대하여 대체로 높은 항균활성을 보였다. 또한 적송 잎으로부터 추출한 n-hexane, ethyl acetate 분획과 무로부터 추출한 모든 분획이 TG-101에 대하여 항균활성을 보였고, 적송 잎의 물 분획은 TG-102에 대하여 항균활성을 보였다.

이상의 실험 결과로 볼 때 식용식물의 일부는 원예산물의 부패균에 대하여 상당히 높은 항균성을 가지고 있다는 사실이 확인되었다. 또한 이들은 각각의 부패균들에 대한 특이한 항균 spectrum을 보였다. 따라서 원예산물의 저온저장중 부패를 방지하기 위한 천연항균제 개발을 위해서는 보다 다양한 식물재료의 수집과 각종 원예산물에 특이적인 부패균의 분리·동정 및 이 균들에 대한 체계적인 항균활성 검색 등이 요구된다.

요약

원예산물의 저온저장중 부패방지를 위한 천연항균제 개발의 일환으로 식용 가능한 식물을 채집하여 *E. coli* K 12, *B. subtilis* KCTC 1028 및 딸기부패균에 대한 항균활성을 조사하였다. 사철쑥, 가죽나무 잎, 초피 잎, 적송 잎, 뽕 잎, 썸바귀, 마늘의 즙액

은 *E. coli*와 *B. subtilis*에 대하여 높은 항균활성을 보였다. 이들 식물체 즙액으로부터 n-hexane, ethyl acetate, chloroform 및 물로 용매분획한 분획물로 항균성을 재검색한 결과, 사철쑥, 가죽나무 잎, 적송 잎, 썸바귀의 ethyl acetate 분획과 초피 잎과 마늘의 모든 분획에서 비교적 높은 항균활성을 보였으며 가죽나무 잎의 ethyl acetate 분획이 가장 높은 항균활성(6 mm)을 보였다. 한편 딸기의 저온저장중인 과육으로부터 두 종의 부패 세균을 분리하여 각각 *Staphylococcus* sp. TG-101과 *Staphylococcus* sp. TG-102로 동정하였다. 이들 균주에 대한 항균성을 조사한 결과, 가죽나무 잎의 ethyl acetate 분획에서 두 균주에 대하여 가장 높은 저해효과(각각 6 mm, 7 mm)를 보였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 대구대학교 농산물 저장·가공 및 산업화연구센터(RRC)의 지원에 의한 것입니다.

REFERENCES

1. Cutting, J. G. M. and B. N. Wolstenholme (1992), Maturity and Water Loss Effects on Avocado (*Persea americana* Mill) Postharvest Physiology in Cool Environments, *J. Horticult. Sci.* **67**, 569-575.
2. Benarie, R., A. Perez and D. Prusky (1992), Physiological and Physical Measures to Control Postharvest Diseases of

Table 5. Antibacterial activities of different solvent fractions from edible plants against strawberry-spoiling bacteria, *Staphylococcus* sp. TG-101 and *Staphylococcus* sp. TG-102.

Plants	Strains	Diameter of clear zone (mm)				
		Crude extracts	n-Hexane	Ethyl acetate	Chloroform	Water
<i>A. capillaris</i>	TG-101	-	-	-	-	-
	TG-102	-	-	-	-	-
<i>A. tuberosum</i>	TG-101	-	-	-	-	-
	TG-102	-	-	-	-	-
<i>A. altissima</i>	TG-101	4.6	-	6.0	-	-
	TG-102	5.1	-	7.0	-	-
<i>Z. piperitum</i>	TG-101	-	-	-	-	-
	TG-102	-	-	-	-	-
<i>A. elata</i>	TG-101	-	-	-	-	-
	TG-102	-	-	-	-	-
<i>M. alba</i>	TG-101	-	-	-	-	-
	TG-102	-	-	-	-	-
<i>P. densiflora</i>	TG-101	2.0	3.1	3.5	-	-
	TG-102	3.5	-	-	-	4.5
<i>I. dentata</i>	TG-101	-	-	-	-	-
	TG-102	-	-	-	-	-
<i>R. sativus</i>	TG-101	3.0	2.3	2.1	1.2	2.6
	TG-102	-	-	-	-	-
<i>A. sativum</i>	TG-101	4.2	3.0	2.1	3.0	2.4
	TG-102	4.5	3.3	3.2	2.1	1.7

- Fruit, *Phytoparasitica* **20**(Suppl.), 155-157.
3. Gutierrez, M., M. D. Sola, L. Pascual, M. I. Rodriguezgarcia and A. M. Vargas (1992), Ultrastructural Changes in Cherimoya Fruit Injured by Chilling, *Food Structure* **11**, 323-332.
 4. Kobayashi, H. A. (1992), A Study on Analytical Methods for Determination of Pesticide Residue in Animals, Plants, and the Environment, *J. Pesticide Sci.*, **17**, 125-136.
 5. Shin, D. H. (1990), Overview of Natural, Antimicrobial Compounds and Their Use in Food Processing, *Food Sci. and Ind.*, **23**, 68-77.
 6. Lee, B. W. and D. H. Shin (1991), Screening of Natural Antimicrobial Plant Extract on Food Spoilage Microorganism, *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **23**(2), 200-204.
 7. Park, U. Y., H. R. Chang and H. R. Cho (1992), Screening of Antimicrobial Activity for Medicinal Herb Extracts, *J. Kor. Soc. Food Nutr.*, **21**(1), 91-96.
 8. Zaika, L. L. and J. C. Kissinger (1981), Inhibitory and Stimulatory Effects of Oregano on *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus cerevisiae*, *J. Food Sci.*, **46**, 1205-1210.
 9. Yang, M. S., Y. L. Ha, S. H. Nam, S. U. Choi and D. S. Jang (1995), Screening of Domestic Plants with Antibacterial Activity, *Agric. Chem. Biotechnol.*, **38**, 584-589.
 10. Lee, J. J., S. H. Kim, B. S. Chang and J. B. Lee (1999), The Antimicrobial Activity of Medicinal Plant Extracts against *Helicobacter pylori*, *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **31**, 764-770.
 11. Seo, K. L., H. J. Lee and K. H. Koh (1999), Antimicrobial Activity of the Volatile Components from Fruit Peel of Chopi (*Zanthoxylum piperitum*), *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **3**, 179-183.
 12. Ma, S. J., B. S. Ko and K. H. Park (1995), Isolation of 3,4-Dihydroxybenzoic Acid with Antimicrobial Activity from Bark of *Aralia elata*, *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **27**, 807-812.
 13. Kuk, J. H., S. J. Ma and K. H. Park (1997), Isolation and Characterization of Benzoic Acid with Antimicrobial Activity from Needle of *Pinus densiflora*, *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **27**, 204-210.
 14. Cavallito, C. J. and J. H. Bailey (1944), Allicin, the Antimicrobial Principle of *Allium sativum*. I. Isolation, Physical Properties and Antibacterial Action, *J. Am. Chem. Soc.*, **66**, 1950-1951.
 15. Lin, A. J., M. Lee and D. L. Klayman (1989), Antimalarial Activity of New Water-soluble Dihydroatemisinin Derivatives. 2. Stereospecificity of the Ether Side Chain, *J. Med. Chem.* **32**, 1249-1252.
 16. Roh, H. J., Y. S. Shin, K. S. Lee and M. K. Shin (1996), Antimicrobial Activity of Water Extract of Green Tea against Cooked Rice Putrefactive Microorganism, *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **28**, 66-71.
 17. Kim, S. J. and K. H. Park (1995), Retardation of *Kimchi* Fermentation by Extracts of *Allium tuberosum* and Growth Inhibition of Related Microorganisms, *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **27**, 813-818.
 18. Kloos, W. E. (1980), Natural populations of the genus *Staphylococcus*, *Annu. Rev. Microbiol.*, **34**, 559-592.
 19. Schleifer, K. H. (1986), Gram-positive Cocci, 999-1103. In P. H. A. Sneath, N. S. Mair, M. E. Sharpe, and J. G. Holt (eds.), *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Vol. 2. Williams and Wilkins, Baltimore.
 20. Kwon, D. J., J. H. Park, M. Kwon, J. Y. Yoo and Y. J. Koo (1999), Effect of Wormwood Ethanol Extract on Human Intestinal Microorganisms, *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **27**, 102-106.
 21. Zaika, L. L. (1988), Their antimicrobial activity and its determination, *J. Food Safety*, **9**, 97-104.
 22. Dababneh, B. F. A. and Al-Delaimy, K. S. (1984), Inhibition of *Staphylococcus aureus* by Garlic Extract, *Lebens. Wiss. Technol.*, **17**, 29-34.
 23. Saleem, Z. M. and Al-Delaimy, K. S. (1982), Inhibition of *Bacillus cereus* by Garlic Extracts, *J. Food Prot.*, **45**, 1007-1013.
 24. Mantis, A. J., Kordis, P. A., Karaioannoglou, P. G. and Panetsos, A. G. (1979), Effect of Garlic Extract on Food Poisoning Bacteria, *Cl. perfringens*, *Lebens. Wiss. Technol.*, **12**, 330-337.
 25. DeWit, J. C., Notermans, S., Gorin, N. and Kampelmacher, E. H. (1979), Effect of Garlic Oil or Onion on Toxin Production by *Clostridium Botulinum* in Meat Slurry, *J. Food Prot.*, **42**, 222-228.
 26. Karaioannoglou, P. G., Mantis, A. J. and Panetsos, A. G. (1977), The effect of Garlic Extract on Lactic Acid Bacteria (*Lactobacillus plantarum*) in Culture Media, *Lebens. Wiss. Technol.*, **10**, 148-155.
 27. Barone, F. E. and Tansey, M. R. (1977), Isolation, Purification, Identification, Synthesis, and Kinetics of Activity of the Anticandidal Component of *Allium Sativum*, and a Hypothesis for Its Mode of Action, *Mycologia*, **69**, 793-801.
 28. Small, L. D., Bailey, J. H. and Cavallito, C. J. (1947), Alkyl Thiosulfinates, *J. Am. Chem. Soc.*, **69**, 1710-1717.
 29. Beuchat, L. R. and Golden, D. A. (1989), Antimicrobials Occurring Naturally in Foods, *Food Technol.*, **43**, 134-139.
 30. Wisniewski, M. E. and C. L. Wilson (1992), Biological Control of Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables. Recent Advances, *Hortscience*, **27**, 94-98.