

어성초 휘발성 정유성분의 동정과 분획물의 향특성 및 항균활성 II. Prep-HPLC에 의한 분획물의 향특성과 항균활성

강정미 · 차인호 · 이영근*[†] · 류홍수**

부산광역시 보건환경연구원

*밀양산업대학교 식품과학과

**부경대학교 식품생명과학과

Identification of Volatile Essential Oil, and Flavor Characterization and Antibacterial Effect of Fractions from *Houttuynia cordata* Thunb II. Flavor Characterization and Antibacterial Effect of Fraction from *Houttuynia cordata* Thunb by Prep-HPLC

Jung-Mi Kang, In-Ho Cha, Young-Kuen Lee*[†] and Hong-Soo Ryu**

Institute of Health and Environment, Pusan 608-104, Korea

*Dept. of Food Science, Miryang National University, Miryang 627-130, Korea

**Dept. of Food and Life Science, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Abstract

The volatile essential oil isolated from *Houttuynia cordata* were separated to 11 fractions by Prep-HPLC, of these, a fraction(Fr. 6) which carried the characteristic *Houttuynia cordata* flavor(fishy) contained 2-undecanone, β -myrcene, β -ocimene, 1-decanol and decanoyl acetaldehyde, as identified by GC-MS. From this observation, it may be inferred that 2-undecanone and decanoyl acetaldehyde could be the compounds which play a crucial role in flavoring of *Houttuynia cordata*. In test of antibacterial activity of eleven fractions of volatile essential oil from H.C., the growths of nine Gram negative bacteria were inhibited obviously when treated with and Fr. 6 including 2-undecanone, β -myrcene, β -ocimene, 1-decanol and decanoyl acetaldehyde, and Fr. 5 including decanal, endobornylacetate, fenchene and decanoic acid, respectively.

Key words: *Houttuynia cordata*, flavor compound, prep-HPLC, antibacterial activity

서 론

근년 식품과 건강에 대한 소비자들의 지식수준의 향상에 따라 식품의 안전성에 대한 관심도는 증대되고 있고, 특히 식품에 오염된 병원성 미생물 또는 유해성 식품첨가물에 대한 소비자들의 우려도 커지고 있는 실정이다. 현재 식품에 허용되고 있는 합성보존료로는, 데히드로초산(dehydroacetic acid), 안식향산(benzoic acid)과 그 염류, 프로피온산나트륨(sodium propionate)과 칼륨(potassium propionate), 그리고 파라옥시안식향산에스테르들(p-hydroxybenzoic acid esters)로서

13중에 이르고 있으나, 이와 같은 보존료들의 인체에 대한 위해성은 종종 논란의 대상이 되고 있는 실정이다. 천연재료에 존재하는 특수성분들을 검색하여 식품보존에 이용하고자 하는 연구가 많이 이루어지고 있다. 뿐만 아니라 이미 내성화된 병원성 세균들에 대한 감수성이 높은 천연항균제의 개발도 신기술/신소재 연구의 일부로서 활발하게 진행되고 있다.

천연물에 존재하는 항균성 물질에 대한 연구는 각종 향신료의 추출물(1-4), 단백질을 특성화시키는 연구(5), 유기산류(6,7), 지방산류(8), 자몽종자추출물(9-12), bacteriocin(7) 등과 각종 한약재의 추출성분의 향

[†]To whom all correspondence should be addressed

균성에 관한 연구가 활발하게 진행되어 왔다(13-17).

이러한 한약재중 열증, 해독, 치질, 임질, 요도염, 방광염, 자궁염, 폐염, 기관지염, 무좀, 악창 등에 효능이 있는 것으로 알려진(18) 어성초의 성분중 decanoyl acet-aldehyde와 강력한 이노효과를 가진 quercitrin은 대장균, 티프스균, 파라티프스균, 적리균, 포도상구균, 곰팡이, 백선균, 무좀균 및 임균에 대하여 높은 항균활성이 있는 것으로 알려져 있으나(18), 이의 면밀한 효과검증이 불충분한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 천연식품보존제 및 천연항균제 개발을 위한 방안의 하나로 어성초의 휘발성 정유성분을 Prep-HPLC로써 분획한 후 병원성 미생물에 대한 항균력 유무를 검정하고 GC-MS를 이용하여 보다 명확한 항균물질을 검색하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 휘발성정유의 포집

실험에 사용한 어성초(*Houttuynia cordata* Thunb) 와 휘발성 정유의 포집은 본 연구의 전보(19)와 같다.

공시균주

항균활성의 검색을 위한 공시균주는 부산시 보건환경연구원 및 국립보건원으로부터 분양받은 Gram 양성균 3종, Gram 음성균 7종의 ATCC(American Type Culture Collection) 표준균주를 사용하였다.

Prep-HPLC에 의한 휘발성 정유의 분획

어성초 휘발성 정유의 항특성 및 항균성 효과를 검색하기 위한 휘발성 정유의 분획과 Prep-HPLC의 분석 조건은 Table 1와 같다.

항균활성 측정(Disc plate method)

본 실험에서 항균활성 검색을 위해 사용한 공시균

Table 1. Preparative-HPLC conditions for the fractionation of volatile essential oil from *Houttuynia cordata*

| | |
|---------------|---|
| HPLC system | : Waters 510 Pump Waters 484 Detector(UV) Waters 746 Data Module Retriever II Fraction Collector |
| Column | : ECONO-PREP C18(300mm×10mm, 5μ) |
| Mobile phase | : Acetonitrile/methanol(40 : 60) |
| Flow rate | : 1.0ml/min. |
| Wave length | : 254nm |
| Fraction rate | : 0.1min./Tube |

의 활성화배지 및 검색용 평판배지는 TSB(Tryptic soy broth) 및 TSA(Tryptic soy agar) 평판배지를 사용하였으며, 공시균중 *Vibrio parahaemolyticus*의 경우에는 TSB 및 TSA에 2% NaCl이 첨가된 배지를 사용하였다.

시험용 균액은 공시균들을 TSB 또는 TSA 평판배지에 접종하여 37°C에서 18시간 배양하고 2회이상 계대배양하여 활성화시킨 후 각 공시균들을 멸균 생리식염수에 부유시켜 BaSO₄ 표준탁도액 NO.1의 농도로 조절된 균액을 TSA 평판배지에 100μl를 도말접종한 다음, 직경 8mm의 멸균된 paper disk를 평판배지의 표면에 놓고 밀착시켰다. 농축시킨 어성초의 휘발성 정유분획물 50μl/disc를 점적하고 37°C에서 24~48시간 배양하여 disc 주위의 clear zone 형성 유무를 확인하였다. 대조구는 이동상용매 50μl를 점적한 disc로 하였다.

GC-MS에 의한 정성 및 정량분석

SDE장치로 추출한 휘발성 정유를 적당히 농축하여 전보(19)에서와 같은 GC-MS(HP 5890 GC+HP 5970 MSD) 조건으로 분석하였으며 각 화합물의 동정은 Wiley, REVE 및 REVF NBS library를 이용하였다.

결과 및 고찰

어성초 정유분획물의 조성 및 향의 특성

포집한 어성초 정유를 Prep-HPLC에서 acetonitrile

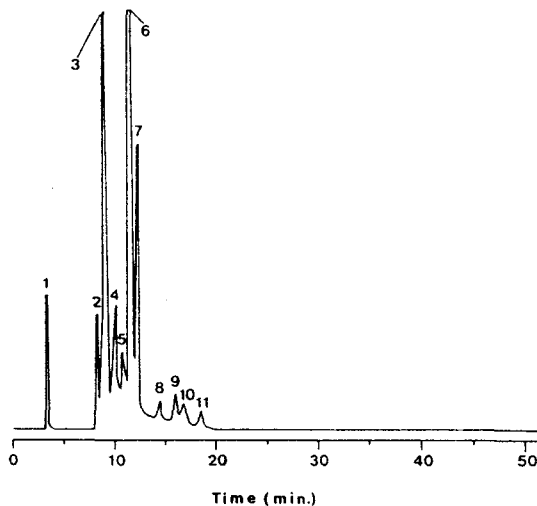


Fig. 1. Fractionation of volatile essential oil of *Houttuynia cordata* by Prep-HPLC. Column : ECONOPREP C18(300×10.0mm, 5μ); Mobile phase : acetonitrile/methanol(40 : 60); Flow rate : 1.0ml/min.; Detector : UV, 254nm.

+methanol(40 : 60)의 이동상을 사용하여 분리한 chromatogram은 Fig. 1과 같이 11개의 peak로 분리되었다. 본 실험에서는 비극성 column인 ECONO PREP C18과 극성인 이동상을 사용하였으며, 어성초의 휘발성 정유성분들 대개가 극성기를 가지고 있고 저분자량이기 때문에 그림에서 나타난 바와 같이 peak들은 거의 20분 이내에 검출되었다. 이 peak들을 11개의 분획물로 분획하여 별도의 농축과정을 거치고 다시 GC-MS 분석을 통하여 확인한 결과, Fr. 1의 분획물은 정유성분의 포집시 사용한 diethyl ether 이어서 Fr. 2~4를 Fig. 2, Fr. 5~7을 Fig. 3에, 그리고 Fr. 8~11을 Fig. 4에 관능적으로 감지된 향의 특성과 함께 나타내었다.

Fr. 2의 분획물에서는 furfural이 검출되었으며 이 분획물의 관능적 향은 약간의 구수한 느낌을 주었다.

Furfural 등의 furan 유도체는 당의 caramel화 반응으로 생성되는 화합물(20,21)로서, 탄수화물을 함유한 식품의 가열시 보편적으로 검출(22-24)되고 있으며, 당-아미노산의 Maillard 반응에서도 furfuryl alcohol과 함께 생성(1)되므로 Fr. 2의 2-furfural은 어성초의 증류시 형성된 물질로 간주되었다. Fr. 3에서는 hexanal, *cis*-3-hexenal, 3-hexen-1-ol, geraniol 등 대부분 aldehyde와 alcohol류가 검출된 반면 α -terpinolene, α -terpinene 등의 일부 terpene류도 같은 분획물에서 검출된 것이 특이하였다. 한편 2-hexen-1-ol과 α -4-dimethyl benzene-methanol의 두 화합물이 총 정유의 1차 GC-MS 분석에서 나타나지 않았다가 HPLC column에서 분획된 분획물을 2차 GC-MS로 분석했을 때 검출된 것은 1, 2차 GC-MS 분석시 농도차이 및 HPLC 분획조작에

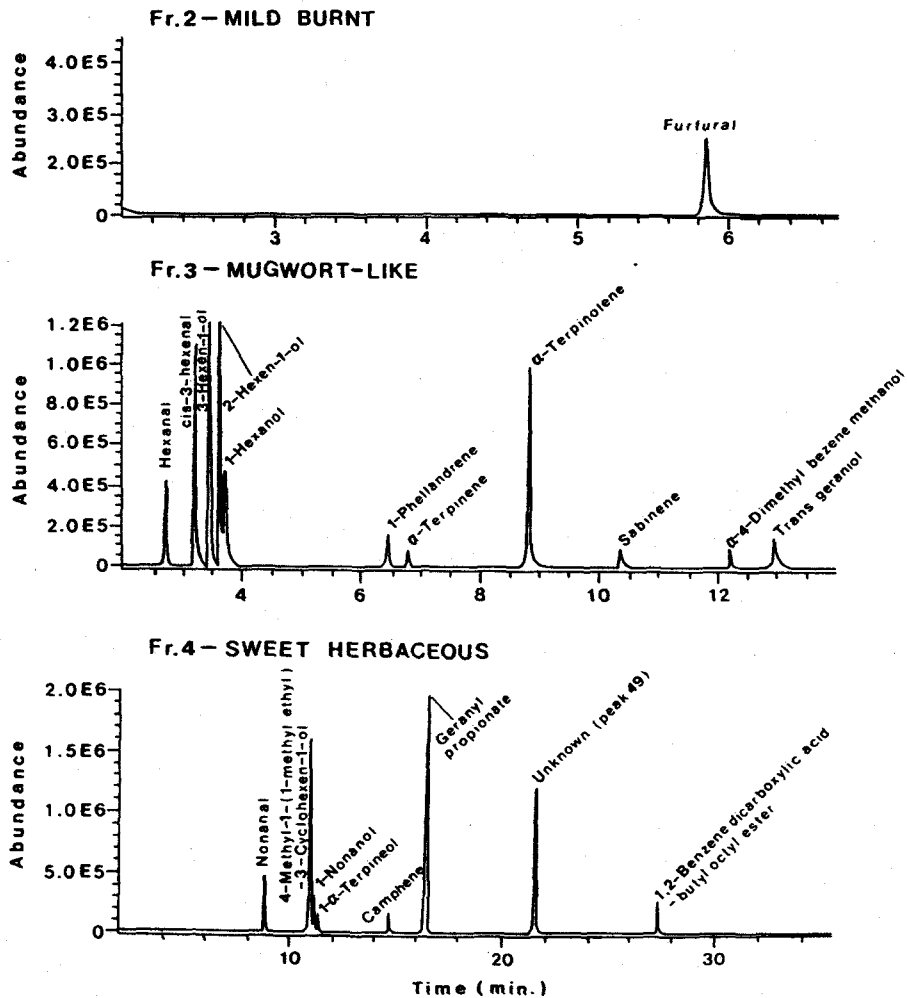


Fig. 2. Identified flavor compounds of *Houttuynia cordata* volatile oil were identified from fraction 2, 3 and 4 on the Pre-HPLC chromatogram (as shown in Fig. 1) by GC-MS.

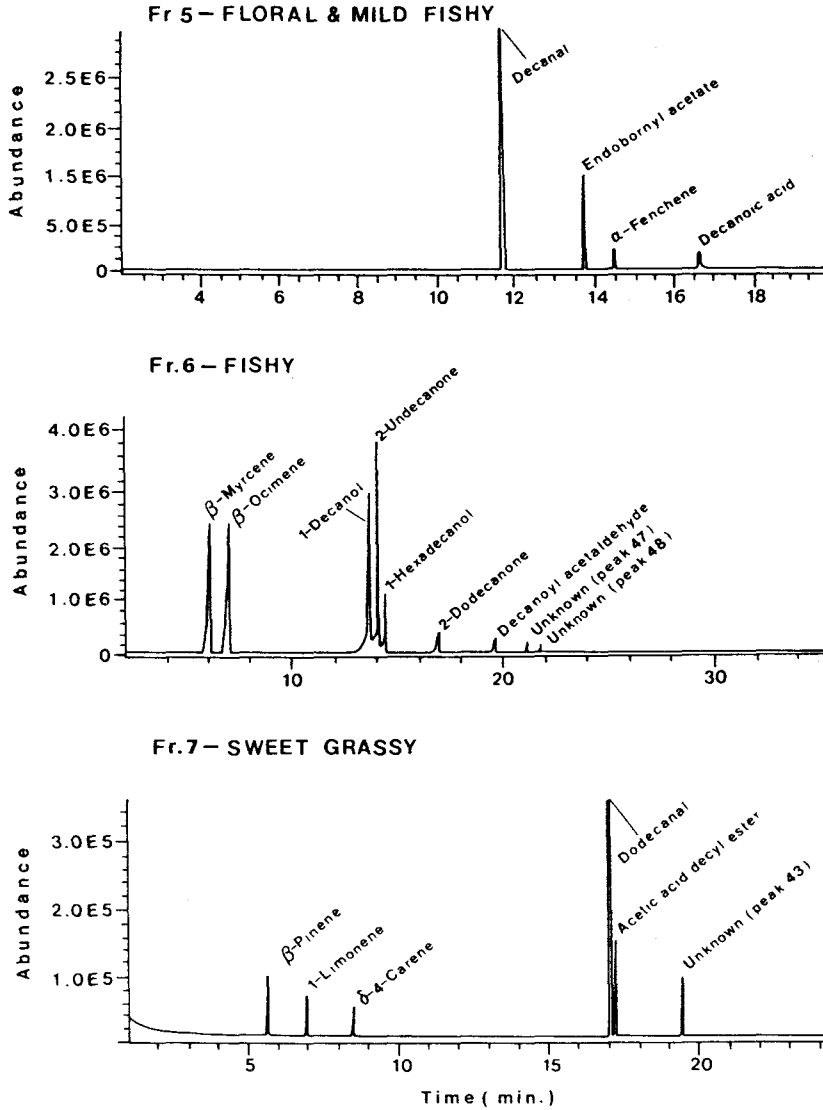


Fig. 3. Characteristics of identified flavor compounds from the volatile essential oil of *Houttuynia cordata* by GC-MS. GC-MS was performed using fraction 5, 6 and 7 which had been separated by Prep-HPLC(see Fig. 1).

의하여 분리·검출되어진 것으로 추정하였다. 또한 이 분획물은 살구에서 휘발성분의 약 26%를 차지하고(25), 버섯의 주요 휘발성분이며(26) 된장의 풋냄새 성분으로 보고(27)된 1-octen-3-ol과 유사한 *cis*-3-hexen-1-ol, hexanol, 2-hexen-1-ol 등의 alcohol류와 향긋한 슨향을 발현하는 것으로 알려진 α -terpinolene을(28) 주요 성분으로 함유되어 있었고 그의 꽃과 과일의 주요 향인 geraniol, sabinene, α -terpinene 등을 소량 함유하고 있었으며, 이 성분들의 복합적 발현으로 나타난 이 분획물의 향은 썩냄새와 유사하였다. 달콤한 풀냄새를 느끼게 하는 Fr. 4의 분획물은 4-methyl-1-(1-

methylethyl)-3-cyclohexen-1-ol, α -terpineol의 terpene alcohol, geranyl propionate, camphene 등의 terpenoid가 주류를 이루고 있었으며, 그밖에 nonanal, 1-nonanol 등이 소량 존재하였다. 양적으로는 4-methyl-1-(1-methylethyl)-3-cyclohexen-1-ol, geranyl propionate 및 보유시간 21분대에서 검출된 미확인 물질이 이 분획물의 복합향의 주성분인 것으로 볼 수 있지만, 이들 개개 성분의 향 특성을 보고한 문헌은 찾아 볼 수 없었다. Fr. 5의 분획물은 decanal, endobornyl acetate, fenchene 및 decanoic acid를 포함하고 있었다. Decanal은 표준물질에서 약간의 자극성 있는 달콤한 냄새를 확인할 수 있

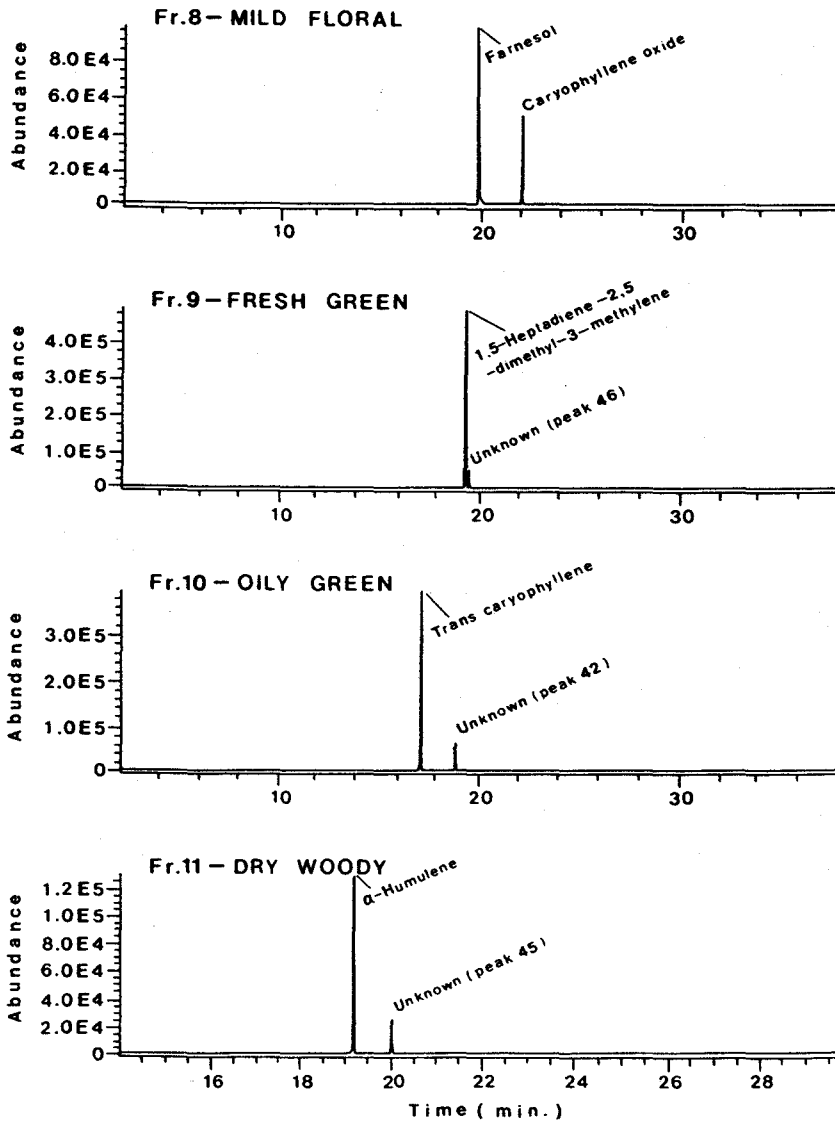


Fig. 4. GC-MS chromatogram and characteristic of flavor compounds of *Houttuynia cordata* volatile oil from fraction 8, 9, 10 and 11 on Prep-HPLC chromatogram as shown in Fig. 1.

었으며, decanoic acid는 산취를 낼 것으로 추정되므로 이 분획물에서 감지된 꽃향내에 가까운 각 냄새는 주로 endobornyl acetate와 fenchene에서 기인한 것으로 생각되었으며, 약간의 어성초 특유의 비린내는 분획시 Fr. 6과의 혼입된 결과로 추정하였다. 어성초 특유의 비린내와 약간의 풀냄새가 복합적으로 감지된 Fr. 6의 분획물은 그림에서 보는 바와 같이 β -myrcene, β -ocimene, 1-decanol, 2-undecanone 등이 주요성분이었으며, decanoyl acetaldehyde, 1-hexadecanol, 2-dodecanone 및 미확인물질 등이 미량으로 존재하였다. 이미 여러 식물체에서 검출되어 보고된 바 있는 β -myrcene, 1-de-

canol, 1-hexadecanol 중 myrcene은 풀향(28)을 발현하며 1-decanol과 1-hexadecanol은 지방족 알콜의 특성상 비린내를 가진다고 볼 수 없으므로 어성초 특유의 비린내는 2-undecanone과 decanoyl acetaldehyde에서 기인할 것으로 추정되었다. β -Pinene, 1-limonene, delta-4-carene, dodecanal, acetic acid decyl acetate 및 미확인물질로 구성된 Fr. 7은 목초냄새를 발현하였으며, 이러한 향기는 솔향을 지니는 pinene, 레몬향의 특성을 지니는 limonene(28) 등의 terpene류와 dodecanal의 복합적 결과인 것으로 추정되었다.

Fr. 8의 분획물은 farnesol과 caryophyllene oxide로

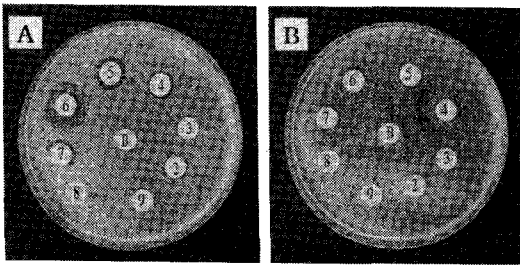


Fig. 5. Antibacterial activities of fractions separated from the volatile essential oil of *Houttuynia cordata* against *Vibrio parahaemolyticus*(A) and *Yersinia enterocolitica*(B). Numbers(2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 and 9) on disc, fractions separated from the volatile essential oil of *Houttuynia cordata*; B, blank.

조성되어 있으며 이의 관능적 향의 특성은 약한 꽃향기를 느끼게 하였으며, 김 등(28)이 farnesol은 꽃향과 신선한 꽃내를 발현한다고 하여 본 실험의 결과와 거의 일치한다고 볼 수 있었다. Fr. 9에서 검출된 1,5-heptadiene-2,5-dimethyl-3-methylene의 mono terpene은 총 정유의 GC-MS분석에서는 타성분과 혼재되어 검출되지 않았지만 HPLC분획시 타성분과 혼재되므로 이분획물에서 미확인물질과 함께 새로이 검출되었으며, 이분획물의 향기특성은 미약한 꽃냄새를 나타내었다. *trans*-Caryophyllene이 주성분인 Fr. 10의 분획물은 꽃내에 가까운 풀냄새라고 판단하였으나, 건조한 나무냄새를 나타내었다는 김 등(28)의 보고와는 차이가 있어 함께 검출된 미확인물질의 영향에 의한 것으로 추정되었고, 본 실험에서는 오히려 α -humulene이 검출된 Fr. 11에서 마른 나무에서 느낄 수 있는 약간의 쉼새한 냄새를 느낄 수 있었다.

어성초 정유분획물의 항균성

공시균에 대하여 어성초 정유분획물의 항균성을 검색한 결과는 Fig. 5 및 Table 3과 같다. 공시균중 *Listeria monocytogens*를 제외한 대부분의 공시균에 대하여 disc 주위의 뚜렷한 clear zone이 확인되어 항균성을 인정할 수 있었다.

공시균중 gram 양성균인 *Bacillus subtilis* 및 *Staphylococcus aureus*에 대한 어성초 정유 분획물의 항균성은 Table 3에서와 같이 Fr. 6 및 Fr. 3에서 각각 미약한 항균성을 확인할 수 있었고, *Listeria monocytogens*에 대하여는 항균작용을 전혀 나타내지 못하였다.

이와는 대조적으로 *Salmonella enteritidis*, *Shigella dysenteriae*, *Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus* 및 *Yersinia enterocolitica* 등과 같은 gram 음성균에 대하여는 비교적 높은 항균작용을 나타내는 분획물이 확인되었다. 특히, *Vibrio parahaemolyticus*의 경우에는 Fr. 2, 4 및 9가 미약한 항균성을 나타내었고, Fr. 5, 7이 중간정도의 항균작용을 나타내었으며 Fr. 6은 아주 강한 항균효과를 나타내었다.

공시균에 대한 정유 분획별 항균작용을 비교해 보면 decanal, endobornyl acetate, fenchene 및 decanoic acid가 함유된 Fr. 5와 2-undecanone, β -myrcene, β -ocimene, 1-decanol 및 decanoyl acetaldehyde가 함유된 Fr. 6이 높은 항균성을 나타내었으며, *Vibrio parahaemolyticus* 및 *Yersinia enterocolitica*의 경우에는 β -pinene 등의 terpene류가 주성분인 Fr. 7도 뚜렷한 항균성이 확인된 반면, 세균과 곰팡이에 항균성이 있는 것으로 알려진 caryophyllene(29)이 함유된 Fr. 10에서는 항균성이 확인되지 않아 처리 농도의 차이에 기인한 결과로

Table 3. Antibacterial activities of fractions separated from the volatile essential oil of *Houttuynia cordata* against used strains

| Used strains | Fractions ¹⁾ | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|---|---|---|----|-----|----|---|----|----|---|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | B |
| Gram positive bacteria | | | | | | | | | | | |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 6633 | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 25293 | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Listeria monocytogens</i> | 19112 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gram negative bacteria | | | | | | | | | | | |
| <i>Salmonella paratyphi</i> A | 11511 | - | - | - | + | + | - | - | - | - | - |
| <i>Salmonella enteritidis</i> | 13076 | + | - | - | ++ | + | - | - | - | - | - |
| <i>Shigella boydii</i> | 12029 | - | - | - | + | + | - | - | - | - | - |
| <i>Shigella dysenteriae</i> | 9750 | + | + | - | ++ | ++ | - | - | + | - | - |
| <i>Escherichia coli</i> | 19215 | - | + | - | ++ | ++ | + | - | - | - | - |
| <i>Vibrio parahaemolyticus</i> | 27519 | + | - | + | ++ | +++ | ++ | - | + | - | - |
| <i>Yersinia enterocolitica</i> | 27724 | - | - | - | + | ++ | ++ | - | - | - | - |

¹⁾Fractions classified by Prep-HPLC from the volatile essential oil of *Houttuynia cordata*. -, no inhibition(ϕ 8mm); +, weak inhibition(ϕ 9~11mm); ++, moderate inhibition(ϕ 11~14mm); +++, strong inhibition(ϕ 14~20mm)

추정되었다.

본 연구에서 공시한 균은 식중독 원인균으로 중요 시되는 *Salmonella enterocolitis*, *Yersinia enterocolitica* 및 병원성 대장균, 세균성 이질의 원인균인 *Shigella dysenteriae*, 비브리오 패혈증의 원인균인 *Vibrio parahaemoliticus* 등과 같은 병원성 세균을 공시하였으며, 이들 병원성 세균들은 각종 항생제의 오용과 남용으로 많은 항생제에 대하여 내성화되었거나, 내성화가 이루어지고 있는 추세에 있다. 따라서 이들 병원성 세균에 의한 감염의 경우 임상치료에 많은 어려움이 있기 때문에 많은 연구자들이 새로운 항균성 물질의 개발에 많은 관심을 나타내고 있는 실정이다. 이러한 관점에서 어성초의 정유 분획물중 Fr. 5, 6, 7 이 높은 항균성을 나타낸다는 본 연구 결과는 대단히 흥미로운 사실이며, 다른 병원성세균에 대하여도 항균성 효과를 검색하고, 무엇보다도 각 분획물의 정확한 농도 산출에 대하여 계속 연구되어야 할 것으로 사료된다.

요 약

어성초의 향특성과 항균효과를 검색하기 위하여 정유성분을 포집한 후 Prep-HPLC로 분획한 결과 11개의 분획물로 분리되었고, 각 분획물의 향 특성을 관능적으로 검색한 결과 한개의 분획물(Fr. 6)에서 어성초 특유의 비린내를 감지할 수 있었다. 이 분획물을 GC-MS로 확인한 결과 2-undecanone, β -myrcene, decanoyl acetaldehyde, β -ocimene 및 1-decanol들로 확인되었으며 이들 중 2-undecanone과 decanoyl acetaldehyde의 두 화합물들이 어성초 특유의 비린내에 중요한 작용을 할 것으로 추정되었다. Prep-HPLC로 분획된 11개의 분획물들 중 decanal, endobornyl acetate, fenchene과 decanoic acid가 함유된 분획물(Fr. 5)과 어성초 특유의 향이 감지된 분획물(Fr. 6)이 공시한 Gram 음성균에 대하여 강한 항균활성을 나타내었다. Gram 양성균에 대하여서는, Fr. 6의 분획물에 대하여 *Bacillus subtilis* 가 약한 활성을 나타내었고, *cis*-3-hexenal, hexanal 및 α -terpinolene 등이 함유되어 있는 Fr. 3의 분획물에 대하여 *Staphylococcus aureus*가 다소의 활성을 나타내었으나 그의 분획물들은 Gram 양성균에 대한 항균활성이 나타나지 않았다.

문 헌

- Batles, W. and Bochman, G. : Model reactions on roast aroma formation. 1. Reaction of serine and threonine with sucrose under the conditions of coffee roasting and identification of new coffee aroma compounds. *J. Agric. Food Chem.*, **35**, 340(1987)
- 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(1969)
- Shelef, L. A., Naglik, O. A. and Bogen, D. W. : Sensitivity of some common food-borne bacteria to the spices sage, rosemary and allspice. *J. Food Science*, **45**, 1042(1980)
- Yoshida, S., Kasuga, S., Hayashi, N., Ushiroguchi, T., Matura, H. and Nakagawa, S. : Antifungal activity of ajoene derived from garlic. *Appl. Environ. Microbiol.*, **53**, 615(1987)
- Nakamura, S., Kato, A. and Kobayashi, K. : New antimicrobial characteristics of lysozyme-dextran conjugate. *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 647(1991)
- Bizri, J. N. and Wahem, I. A. : Citric acid and antimicrobials affect microbiological stability and quality of tomato juice. *J. Food Sci.*, **59**, 130(1994)
- El-Shenawy, M. A. and Marth, E. H. : Inhibition or inactivation of *Listeria monocytogenes* by sodium benzoate together with some organic acids. *J. Food Protect.*, **52**, 771(1989)
- Wang, L. L., Yong, B. K., Parkin, K. L. and Johnson, E. A. : Inhibition of *Listeria monocytogenes* by monoacylglycerols synthesized from coconut oil and milk-fat by lipase-catalyzed glycerolysis. *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 1000(1993)
- 조성환, 서일원, 최종덕, 주인생 : 자몽종자추출물이 *Penicillium islandicum* 생육 및 독성성분 skyrin 생합성에 미치는 저해효과. *한국농화학회지*, **33**, 169(1990)
- 조성환, 이현철, 서일원, 김재욱, 장영상, 신재익 : Grape fruit종자추출물을 이용한 밀감의 저장효과. *한국식품과학회지*, **23**, 614(1991)
- 조성환, 정덕화, 서일원, 이현수, 황보혜, 박우포 : Grape fruit 종자추출물을 이용한 *Aspergillus parasiticus*의 생육 및 aflatoxin생성 억제효과. *한국식품위생학회지*, **7**, 15(1992)
- 조성환, 김기욱, 이근희 : 천연항균제 처리에 의한 과채류의 선도유지 및 병해방지에 관한 연구-Grape fruit 종자추출물로부터 활성물질의 분리를 중심으로. *한국농산물저장유통학회지*, **1**, 1(1994)
- Bae, K. H. and Byun, J. H. : Screening of leaves of higher plants for antibacterial action. *Kor. J. Pharmacogn.*, **18**, 1(1987)
- 남상해, 양민석 : 산균 추출물의 항균력. *한국농화학회지*, **38**, 269(1995)
- 박종철, 유영범, 이종호, 김남재 : 한국산 식용 식물의 화학성분 및 생리활성(4). *한국영양식량학회지*, **23**, 116(1994)
- 박옥연, 장동석, 조학래 : 한약재 추출물의 항균효과 검색. *한국영양식량학회지*, **21**, 91(1992)
- Schultz, T. P., Boldin, W. D., Fisher, T. H., Nicholas, D. D., McMurtrey, K. D. and Pobanz, K. : Structure-Fungicidal properties of some 3- and 4-hydroxylated stilbenes and bibenzyl analogues. *Phytochemistry*, **31**, 3801(1992)
- 문관심 : 약초의 성분과 이용. 일월서각, p.127(1994)

19. 강정미, 차인호, 이영근, 류홍수 : 어성초 휘발성 정유성분의 동정과 분획물의 향특성 및 향균활성. II. 어성초의 휘발성 정유성분의 동정, 한국식품영양과학회지, **26**, 209(1997)
20. Ferretti, A., Flanagan, V. P. and Ruth, J. M. : Nonenzymatic browning in a lactose-casein model system. *J. Agric. Food Chem.*, **18**, 13(1970)
21. Shibamoto, T. : Heterocyclic compounds found in cooked meats. *J. Agric. Food Chem.*, **28**, 237(1980)
22. Ho, C. T. and Coleman, E. C. : Halogen compounds identified in the volatile constituents of baked potatoes. *J. Agric. Food Chem.*, **29**, 200(1981)
23. Shibamoto, T. and Bernhard, R. A. : Investigation of pyrazine formation pathways in sugar-ammonia model systems. *J. Agric. Food Chem.*, **25**, 609(1977)
24. Umamo, K., Hagi, Y., Shoji, A. and Shibamoto, T. : Volatile compounds formed from cooked whole egg, egg yolk, and egg white. *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 461(1990)
25. 권영주, 김영희, 곽재진, 김근수, 양광규 : 살구와 매실의 휘발성 향기성분. 한국농화학회지, **33**, 319(1990)
26. 이종원, 이재곤, 도재호, 성현순 : 한국산 털목이버섯의 휘발성 향기성분. 한국농화학회지, **38**, 546(1995)
27. 지원대, 이은주, 김중규 : 재래식 메주와 개량식 메주로 제조한 된장의 휘발성 향기성분. 한국농화학회지, **35**, 248(1992)
28. 김영숙, 이종호, 김무남, 이원구, 김정옥 : 생쪽과 뒤음썩차의 향기성분. 한국영양식량학회지, **23**, 261(1994)
29. Farrell, K. T. : Spices, condiments, and seasonings. In "Spices and culinary herbs" Farrell, K. T.(ed.), AVI Publishing, New York, p.25(1985)

(1997년 1월 23일 접수)