

편백(*Chamaecyparis obtusa*) 정유의 항균, 항염, 항산화 효과

안정엽[†] · 이성숙* · 강하영**

(주)생그린 기술연구소, *국립산림과학원 화학미생물과, **국립산림과학원 남부산림연구소

Biological Activities of Essential Oil from *Chamaecyparis obtusa*

Jeung-Youb Ahn[†], Sung-suk Lee*, and Ha-young Kang**

Section of Biosciences, SaengGreen R&D Center, 224-1, Jeongchon-ri, Seonggeo-up, Chonan-si, Chungnam 330-833, Korea

*Division of Wood chemistry & Microbiology, Korea Forest Research Institute

**Southern Forest Research Center

요약: 천연물은 지역 및 그 이용 특성에 따라 약용 및 식용으로 다양한 쓰임새가 있으며 그 연구 대상으로는 초본, 목본 등의 식물류와 담자균류, 미생물 등을 포함할 수 있으며 그리고 최근 연구가 활성화된 해양생물과 광물에게까지 다양하게 소재를 탐색할 수 있다. 그 결과물의 활용은 의약품, 식품 및 화장품의 소재로써 넓게 쓰일 수 있다. 본 연구는 천연물의 활용이 날로 증가되는 현상과 더불어 이미 알려진 수목의 물질 소재에 대해 다양한 생리활성 검색을 실시하여 그 적용을 검토하여 보고하고자 한다. 선택된 수목 수종은 우리나라 자생 침엽수 중 가장 계절적 수량적 확보가 용이하다고 보고된 편백 정유를 이용하여 항세균, 항산화 그리고 항염 작용에 대한 활성 정도를 검토하였다. 항세균 활성 검토에는 그람양성균 2종과 그람양성균 2종에 대하여 실험하였으며 disc paper법, 탁도법, IC₅₀, minimum inhibitory concentration (MIC) 등을 평가하였으며 그 결과 항세균 효과는 그람 양성균보다 그람양성균에 대해 보다 높은 활성을 나타내었다. 또한 랫드를 이용한 *in vivo* 항염 실험을 실시한 결과에서는 실험 대조군의 75%를 상회하는 수준으로 검토되었으며 hyaluronidase 저해 정도를 이용한 *in vitro* 실험에서는 55%의 저해 정도를 나타내었다. 항산화 정도는 methanol based DPPH법에 의해 0.78% (IC₅₀)를 나타내었으며 butylated hydroxy toluene (BHT)를 표준 물질로 사용하였다.

Abstract: The essential oil from *Chamaecyparis obtusa* was investigated for biological activities in anti-oxidative, anti-inflammation and antibacterial method, respectively. The Growth inhibitory effect of *C. obtusa* oil on the bacteria was evaluated with MIC (minimum inhibitory concentration), IC₅₀ (50% inhibitory concentration), and paper disc method. Two kinds of gram positive strains and two kinds of gram negative strains were used in this study. Gram positive strains were *B. subtilis* and *S. aureus*. and Gram negative strains were *E. coli* and *P. aeruginosa*. Gram positive strains showed much more intensive effect than gram negative strains. Anti-oxidative effect was investigated with DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) in methanol based and IC₅₀ was 0.78%. Our results suggest that the essential oil from *Chamaecyparis obtusa* has effects on anti-bacterial, anti-oxidative and anti-inflammation in *in vitro* and *in vivo*. Then this material could be expect synergic effect with other candidated extracts and oils.

Keywords: *Chamaecyparis obtusa*, essential oil, biological activity, anti-oxidant, antibacterial

1. 서 론

수목 정유는 동일종, 동일屬에 속하는 식물의 경우 성분의 종류, 조성 및 함량이 거의 유사하나 식물이 생육하는 기후 풍토의 차이 또는 수확 시기 등의 차이에 따라 성분조성 및 함량에 차이를 나타낸다[1,2]. 정유는 식물체

를 수증기 증류하여 얻는 휘발성 방향 성분(phytoncide)을 가지는 유지를 일컫는다. 이들 휘발성분들은 수집종에서 많은 것은 200여 종에 달하는 phenolics, terpenoid, alkaloid, phenylpropane, acetogenin, steroid 등의 화합물로 구성되어 있으며[3-5], 미생물 등의 외부의 공격으로부터 수목 자신을 보호하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 이러한 현상은 식물의 방어기작으로 인지되며 알레로파시(allelopathy)라고도 한다[6]. 정유의 생리활성에 대

† 주 저자 (e-mail: ahnahnjy@hotmail.com)

한 보고로는 항균력, 즉 항세균[7-9], 항진균[10-12] 등에 대한 효과가 보고된 바 있다. 식품 분야에서는 식품관련 미생물 균주에 대하여 정유의 적용을 위한 보고[3,4]를 하고 있으며 이는 식품의 보존성과 향을 이용한 기호성 향상에 검토가 이루어지고 있다[13]. 식품의 항균효과를 위한 첨가물로서 다양한 추출물이 화학적 합성품의 대체로 인정되고 있으나[14,15] 침엽수목에서 얻어진 정유의 생리활성에 대한 검토는 극히 미약하다. 그리고 최근 aromatherapy의 개념의 도입과 함께 정유의 스트레스 완화에 의한 진정 효과를 보고한 연구도 활발하다[16-18]. 이외에도 화장품 분야에서는 방부효과를 위하여 합성 물질인 paraben류(methylparaben, MP, and butylparaben, BP)를 이용하고 있으나 합성 항균제를 대체하기 위한 항균효과를 갖는 천연물질의 개발에 있어 정유를 활용하는 연구가 활발하다[19]. 일반적으로 정유는 또한 유지 성분으로써 화장품의 배합 원료로서 크게 각광을 받을 수 있는데 그것은 피부의 장벽 기능에 해당하는 기능을 유지하기 위해서는 수분과 유분의 밸런스 조절에 크게 기여할 수 있기 때문이다.

따라서 이들의 체계적인 연구는 인체에 무해한 항균제, 천연방부제, 피부보호제, 식품 첨가물 등으로 응용될 수 있을 것으로 기대한다. 이러한 정유를 기능성 물질로 활용하기 위해서는 보다 다양한 실험체계를 이용한 생리활성의 검토가 필요하다고 하겠다.

본 연구에서는 국내에서 가장 넓게 분포하며 생육하는 상록 침엽수종(편백, 측백, 소나무, 잣나무 등) 중 측백나무과 편백나무속의 편백(*Chamaecyparis obtusa*)을 선정하고 휘발성 물질을 추출하여 편백 정유의 항균, 항산화 그리고 항염 효과에 대한 생리활성을 검토하여 기초 자료로서 결과를 보고하는 바이다.

2. 실험 재료 및 방법

2.1. 미생물

본 실험에 사용한 균주는 그람양성균인 *B. subtilis* (KCTC 1022), *S. aureus* (KCTC 1916)와 그람음성균인 *E. coli* (KCTC 2571), *P. aeruginosa* (KCTC 2513)으로 한국 생명공학 연구원(KRIBB, Dajeon)에서 분양받은 균주를 사용하였다.

2.2. 배양 및 배양 조건

증류수 1000 mL에 nutrient agar (bacto beef extract 3 g, bacto peptone 5 g, bacto agar 15%, DIFCO, MD) 8 g을 용해하여 121°C, 15 min간 autoclave하여 멸균한 후 45°C로 냉각하여 petri dish에 각각 15 mL씩 주입하여 고체 평판배지로 사용하였으며 액체배지는 이 중 agar pow-

der가 포함되지 않은 동일한 조성의 nutrient broth를 이용하여 시험관에 10 mL씩 분주하여 사용하였다. 균체는 -70°C에 보관중인 균을 holding loop를 이용하여 고체배지에 streaking 한 후 37°C에서 12 h 배양하였다. 300 mL 삼각 플라스크에 액체배지를 100 mL씩 넣고 멸균시킨 후 고체배지에서 자란 각 균주들로부터 단일 콜로니를 취하여 액체배지에 접종한 후 37°C 진탕 배양기에서 12 h 전배양을 실시하였다. 전배양된 각 균액을 10 mL 액체배지가 든 시험관에 최종 농도가 0.5% 되게 접종하여 실험에 사용하였다. 균주의 성장은 UV/VIS spectrophotometer (UV-1601 Shimadzu, Japan)를 이용하여 600 nm에서 흡광도를 측정하여 활성이 가장 우수한 시간대의 균주를 사용하여 paper disc법에 의한 항균활성 측정을 실시하였다. 탁도 측정에는 전배양된 각 균액을 $2 \sim 3 \times 10^6$ /mL, $2 \sim 3 \times 10^7$ /mL이 되도록 접종량을 조절하여 사용하였다.

2.3. 시료의 조제

항균 활성 측정을 위해 쓰여진 천연 원료로는 편백 정유를 사용하였으며 합성 항균제인 BP를 표준물질로 실험하여 비교하였다. 각 시료는 실험에 사용할 적정 농도로 하기 위하여 99.5% 에탄올(Merck, German)을 사용하였다.

2.4. Paper Disc Method

10 mL 액체배지에서 배양된 대수 증식기(O.D 600 = 0.5)의 활성화된 균을 연속 배지 희석법을 통한 colony count를 통하여 적절한 균액량을 결정하였다. 균액 100 μ L를 고체배지에 spreader를 이용하여 균일하게 도말한 후 BP와 편백정유 각각을 멸균된 8 mm filter paper disc에 농도별로 40 μ L씩 흡수시킨 후 고체배지 위에 놓아 37°C, 24 h 동안 배양한 후 filter paper disc 주위의 clear zone의 직경크기를 측정하였다.

2.5. 탁도 측정법

탁도 측정법은 세균의 경우 크기가 균일한 집단으로 세포수가 증가함에 따라 탁도가 증가하는 것을 이용한 방법으로 소정농도의 편백정유와 BP를 첨가한 nutrient broth 배지에 세균을 접종하여 37°C에서 18 h 배양한 후 세포수 증가를 600 nm의 흡광도로 측정하여 아래의 세균 생육 억제율로 나타내었다.

$$\text{* 세균생육 억제율(\%)} = \frac{[(\text{무처리구의 흡광도} - \text{처리구의 흡광도}) / \text{무처리구의 흡광도}] \times 100}{}$$

2.6. 최소억제 농도(Minimum Inhibitory Concentration, MIC)

균의 생육을 억제한 최저농도 희석액을 기준으로 시료

의 최소억제 농도(minimum inhibitory concentration, MIC)를 결정하였다. 세균의 생육억제 활성은 탁도 측정법에서와 동일한 방법으로 실시하였다.

2.7. IC₅₀ (Fifty Percent Inhibitory Concentration)의 결정

시료 무처리군의 흡광도에 대비하여 50%의 생육억제를 나타내는 시료의 농도를 IC₅₀으로 나타내었으며, 세균의 생육억제 활성은 탁도 측정법에서와 동일한 방법으로 실시하였다.

2.8. *In vivo* 항염 실험

부종 유발을 위한 실험 동물은 Sprague-Dawley (SD) 계 랫드, 5주령된 수컷을 사용하였다. 염증 유발 물질인 카라게닌(carrageenan lambda Type IV, Sigma)을 1% 되도록 생리 식염수에 준비하고 양성 대조군에는 aminopyrine (Sigma)을 증류수에 제조하여 100 mg/kg으로 경피 투여하였다. 시험군의 항염 물질로는 편백 정유를 투여하여 부종이 발생하는 오른쪽 뒷발의 발목 관절부위의 두께를 마이크로 캘리퍼스로 측정하였다. 편백정유와 양성대조 표준품인 aminopyrine을 사용하여 경피 투여 경로로 투여 후 일정 시간 후 생리식염수에 녹여 제조한 1% 카라게닌을 뒷발에 0.1 mL/paw 용량으로 피하 주사한다. 2 h 후 부종 정도를 측정하여 아래의 수식에 따라 부종 억제율을 측정하여 대조군과 비교한다.

$$* \text{부종 억제율}(\%) = 100 - [(\text{시료 무주사시 두께} - \text{시료 주사시 두께}) / \text{시료 무주 사시 두께}] \times 100$$

2.9. *In vitro* 항염실험

효소 히알로니다제 용액(hyaluronidase type IV-s, from bovine testis, Sigma)을 최종 효소활성이 400 NF units/mL로 되게 완충용액(0.1 M 초산완충액, pH 3.5)으로 용해하여 사용하였다. 기질로는 히알론산 인산염(Wako, Japan. from rooster comb)을 최종 농도가 0.4 mg/mL되게 완충용액에 용해하고, 활성화제 compound 48/80 (Sigma), CaCl₂, NaCl의 최종 농도가 각각 0.1 mg/mL, 2.5 mM, 0.15 M 되게 완충용액에 용해하여 사용하였다. *p*-dimethylaminobenzaldehyde (*p*-DABA) 시약으로는 *p*-DABA (Wako, Japan) 10 g을 10 N HCl 12.5 mL, 초산 87.5 mL을 혼합하고 사용 직후에 초산으로 10배 희석하여 사용하였다. 봉산수용액은 봉산 4.95 g에 물 50 mL을 가하여 1 N NaOH 용액으로 pH 9.1로 조제한 후 100 mL로 한다. 편백정유는 Tween80 1% 수용액에 20%가 되도록 용해하여 시료로 사용하였다. 편백정유와 완충액 0.2 mL에 히알로니다제 용액 0.1 mL을 가하고 37°C에서 20 min간

Table 1. The Clear Zone Size of Various Microorganisms after Applying *Chamaecyparis obtusa*

Strains	Clear zone size (mm)							BP
	<i>C. obtusa</i>							
	0.2%	0.4%	0.8%	1%	5%	10%	10%	0.2%
<i>S. aureus</i>	8.8	9.6	9.8	10.5	13.8	19.3	38.0	9.5
<i>P. aeruginosa</i>	8.2	8.8	9.5	9.8	10.5	10.8	14.7	8.8
<i>B. subtilis</i>	8.8	9.3	10.0	10.8	12.5	17.3	43.0	9.2
<i>E. coli</i>	8.3	9.7	10.2	10.3	10.8	11.7	28.9	9.2

* The results were represented in triplicate experiments.

incubation한다. 활성화제 용액 0.5 mL DMF를 가해 다시 37°C에서 20 min간 incubation한 후 히알론산 인산염용액 0.5 mL을 가하고 37°C에서 40 min간 incubation 한다. 이후 0.4 N NaOH 0.2 mL를 가하여 반응을 정지시키고 냉각하여 Morgan-Elson법에 의해 발색시켜 585 nm에서 흡광도를 측정한다.

$$* \text{저해율}(\%) = [1 - (C - D) / (A - B)] \times 100$$

A: 대조용액의 585 nm에서 흡광도

B: 대조용액 블랭크의 흡광도

C: 시료용액의 흡광도

D: 시료용액 블랭크의 흡광도

2.10. 편백 정유의 프리라디칼 소거능

프리라디칼 소거능은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)의 환원성을 이용하여 편백 정유의 항산화력 정도를 측정하였다. DPPH 용액(2×10^{-4} M)에 시료를 1:4의 비율로 혼합하여 microplate reader (Model550, Bio-Rad, CA)의 490 nm에서 측정하였다. 측정값은 대조군에 대한 시료 흡광도의 감소 비율로써 나타내었다. 대조군은 BHT를 사용하여 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 편백정유의 항세균효과

그람양성균(*B. subtilis*, *S. aureus*)과 그람음성균(*E. coli*, *P. aeruginosa*)에 대하여 편백 정유의 항균 효과를 paper disc 법, MIC (minimum inhibitory concentration) 및 IC₅₀ (fifty percent inhibition concentration)을 실시하여 그 결과를 Table 1~3에 정리하여 나타내었다. Paper disc 법은 편백 정유의 농도를 0.0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.0, 5.0, 10.0%로 하였으며 BP은 0.2%를 사용하여 비교하였다. 각각의 시료 농도에서 배양된 각 균주에 따라 형성된 clear zone의 직경을 측정하여 Table 1에 나타내었다. 시료의 첨가 농

Table 2. Minimum Inhibitory Concentration (MIC) of *Chamaecyparis obtusa* against Various Microorganisms

Strains	MIC (%)	
	<i>C. obtusa</i>	BP
Gram positive		
<i>B. subtilis</i>	0.01 ± 0.02	0.01 ± 0.02
<i>S. aureus</i>	0.009 ± 0.004	0.01 ± 0.02
Gram Negative		
<i>E. coli</i>	0.1 ± 0.05	0.02 ± 0.03
<i>P. aeruginosa</i>	0.8 ± 0.05	0.7 ± 0.1

* The results were represented in triplicate experiments. The data shown mean (± SD). SD is standard deviation.

도가 증가함에 따라 clear zone이 커지는 것을 알 수 있으며 그람양성균이 그람음성균보다 크게 항균성을 나타내었다. 1% 미만의 농도에서 농도-의존적으로 항균효과가 뚜렷이 증가하는 현상은 관찰할 수 없었으나 0.4% 정도의 농도에서 합성 항균제인 BP와 유사하거나 우세한 항균효과를 볼 수 있었다.

Disc 법에서 얻어진 항세균 활성을 정량적으로 비교할 수 있는 탁도 측정법을 이용하여 피부 상재균인 그람양성균 2종과 그람음성균 2종에 대한 편백 정유의 항균 활성을 조사하였다. 각 균주에 대한 편백 정유의 MIC 측정 결과 *B. subtilis* > *S. aureus* > *E. coli* > *P. aeruginosa*의 순으로 그람양성균에 대해 항균활성이 더욱 뚜렷함을 관찰할 수 있었다(Table 2). *B. subtilis*와 *P. aeruginosa*는 각각 0.01%와 0.8%의 농도에서 MIC를 나타내었으며 이는 항균 대조균인 BP와 거의 유사한 농도에서 항균효과를 나타내었다. *E. coli*와 *S. aureus*는 항균 대조균인 BP에 비해 약 4~5 배 높은 농도에서 MIC를 나타내었다.

위에서 얻어진 MIC 결과로부터 생육을 억제하는 농도를 세분화하여 IC₅₀을 결정하였다. IC₅₀ 또한 *B. subtilis* > *S. aureus* > *E. coli* > *P. aeruginosa*의 순으로 항균활성이 강하게 나타났다(Table 3). *E. coli*를 제외한 나머지 세 균주는 항균 대조균인 BP와 동등한 항균력을 나타내었으며, *E. coli*는 MIC에서 보여진 것과 같이 항균 대조균인 BP에 비해 5 배 높은 농도에서 IC₅₀을 나타내었다.

이상 편백 정유의 항세균 활성을 종합해보면, paper disc법으로 관찰한 결과와 마찬가지로 탁도 측정법(MIC)에서도 그람양성균에 대해 훨씬 우세한 항균활성이 나타남을 볼 수 있으며, 이것은 그람양성균의 세포벽이 그람음성균의 세포벽보다 비교적 약한 구조로 구성되어 있어 편백 정유의 성분이 그람양성균의 세포막에 높은 흡착 및 투과성을 가지고 세포를 사멸시킨 결과로 사료된다. 편백 정유는 현재 상용되고 있는 항균제가 농도 0.2~0.5% 범위에서 사용되는 것과 비교하면 균주에 따라서는

Table 3. Fifty Percent Inhibitory Concentration (IC₅₀) of *Chamaecyparis obtusa* against Gram Positive and Negative Microorganisms

Strains	IC ₅₀ (% of inhibition)	
	<i>C. obtusa</i>	BP
Gram positive		
<i>B. subtilis</i>	0.005 ± 0.003	0.006 ± 0.002
<i>S. aureus</i>	0.009 ± 0.004	0.0092 ± 0.005
Gram Negative		
<i>E. coli</i>	0.071 ± 0.01	0.014 ± 0.005
<i>P. aeruginosa</i>	0.035 ± 0.05	0.3 ± 0.08

* The results were represented in triplicate experiments. The data shown mean (± SD). SD is standard deviation.

이보다 적은 농도에서도 우수한 항균활성을 나타내므로 천연 항균제로서의 가능성을 시사하였다.

방부제가 살균 및 방부 기능을 보이는 것은 세균이나 진균의 세포막을 파괴하여 사멸시키기 때문이다. 미생물 세포막은 지질과 단백질로 구성되어 있는데 방부제는 세포막을 파괴함으로써 세포 내부의 유기 물질들이 세포 밖으로 유출되어 세포 내부의 환경이 바뀌게 되고 세포가 파괴되어 미생물이 사멸된다. 이러한 세균의 억제를 위해 방부제를 다량으로 사용할 경우 화장품의 안정성 및 피부자극 등이 유발될 수 있기 때문에 최소량으로 최대의 항균력을 나타낼 수 있는 방부 체계를 선택하는 것이 매우 중요하다. 이와 더불어 기존에 넓게 이용되고 있는 합성물질을 대신하여 친환경 물질 및 인체에 무독한 자연 유래물질로 대체해 나가는 데에 필요하다고 하겠다.

3.2. 편백정유의 부종 억제 효과 및 Hyaluronidase 활성 저해 효과

카라게닌(carrageenan)은 알레르기 유발물질이 체내에 유입되었을 때 보체 활성화에 의해서 분비되는 물질로써 비만세포를 활성화시켜 비만세포에서 분비되는 염증 유발물질인 히스타민의 분비를 촉진하는 물질이다. 따라서 시료물질을 경피 주사 후 카라게닌을 투여하였을 때 카라게닌이 비만세포의 활성화하여 분비하는 히스타민을 억제하여 결국 염증유발을 제어하는 정도를 측정하게 된다. 즉시형 알레르기에 의해서 유발되는 부종에 대한 염증반응을 발의 부종 상태에서 두께를 측정하여 관찰한다. 따라서 염증 억제 효과를 관찰하기 위한 효능검사에 있어 시료 물질 투여에 의한 부종 억제 정도를 관찰하게 된다. 기염 물질인 카라게닌으로 유도된 부종은 대조군 및 시료 무주사의 경우 평균 12.3 mm의 부종을 유도하였으나 aminopyrine를 주사한 양성 대조군은 6.4 mm로 48%의 부종억제율을 나타내고, 편백정유의 경우 8.3 mm로 33%의 부종 억제율을 나타내었다. 이 결과는 편백 정

유의 부종 억제율이 양성 대조군의 부종 억제율의 70%에 달하는 효과를 나타내므로 염증 유도로 인한 반응을 완화시킬 수 있는 가능성을 제시하는 것으로 사료된다. 또한 염증 반응의 중간 단계에 작용하는 hyaluronidase의 활성 저해 정도는 *in vitro* 실험에서 55%로 나타났다. 이는 랫드 생체실험과 다소 차이가 있으나 시료가 유지 성분이므로 직접 완충액에 용해되지 않아 계면활성제인 Tween80 용액에 용해하여 사용했기 때문에 신뢰도가 떨어지는 것에 기인하는 것으로 생각한다. 따라서 향후 이와 비슷한 시료들끼리 상대 평가하는 것이 중요하며 이러한 요인을 고려한 방법적 개선도 이루어져야 하겠다.

3.3. 편백정유의 프리라디칼 소거능

프리라디칼 소거능은 DPPH의 환원성을 이용하여 편백 정유의 항산화력 정도를 측정하였다. DPPH 용액(2×10^{-4} M)에 시료를 1:4의 비율로 혼합하여 microplate reader (Model550, Bio-Rad, CA)의 490 nm에서 측정하였다. 측정값은 대조군에 대한 시료 흡광도의 감소 비율로써 나타났다. 실험 대조군은 BHT를 사용하여 비교하였으며 편백정유의 프리라디칼 소거능 IC₅₀은 0.78%로 나타났다.

4. 결 론

최근 천연 추출물의 활용성에 대한 이해가 넓어지고 연구가 활성화되면서 결과물의 이용도를 다양하게 모색하고 있다. 추출물의 소재 또한 생약, 식물, 수목 그리고 미생물 및 해양생물에 이르기까지 다양하게 검토되고 있다. 그 중에서도 정유는 aroma oil 또는 essential oil로 불리며 주성분인 terpenoid류가 주요 성분을 이루고 있다. 본 연구에서 나타난 결과에 의하면 사용된 편백 정유는 항세균 효과 및 항염 효과를 기대할 수 있었으며 이는 피부 보호제로써의 효과를 발휘할 것으로 기대한다. 따라서 편백 정유 및 편백 정유와 상승효과를 발휘할 수 있는 다른 천연물과의 혼합물의 개발로 더욱 안정된 개발의 가능성을 시사하는 것으로 사료된다. 특허: 10-2003-0023796

참 고 문 헌

- G. S. Shim and W. Y. Ahn, Domestic production and utilization of oleoresin (II) seasonal variation of monoterpenes composition in needles of Korean white pine (*Pinus koraiensis*), *J. Kor. For. En.*, **9**(2), 35 (1989).
- W. Y. Ahn, Domestic production and utilization of oleoresin (III) increased in recovery amount of terpenes from kraft black liquors of pitch pine (*Pinus rigida*) by paraquat induced lengths and cooking condition, *J. Kor. For. En.*, **9**(2), 49 (1989).
- 강하영, 오종환, 침엽수 침엽 정유의 방향성 이용적성, *임업연보*, **49**, 177 (1994).
- 강하영, 이성숙, 최인규, 침엽수 수엽 정유의 항균성에 관한 연구, *한국임산에너지학회지*, **13**(2), 71 (1993).
- R. H. Whittaker and P. P. Feeny, Allelochemicals, chemical interactions between species, *Science*, **171**, 757 (1971).
- C. H. Meller, Allelopathy as a factor in ecological process, *Vegetatio.*, **18**, 348 (1969).
- S. Gocho, Antibacterial action of aroma compounds in vapor state, *Int. J. Antimicrob. Agents*, **19**(7), 329 (1991).
- S. Gocho, The factors affecting antibacterial action of FDA vapor, *Int. J. Antimicrob. Agent*, **19**(8), 389 (1991).
- 谷田貝光克, 大平辰朗, 바이오마스變換計劃研究報告(農林水産技術會義), **24**, 36 (1990).
- P. Rudman, The causes of natural durability in timber (9), The antifungal activity of heartwood extractives in a wood substrate, *Holzforschung*, **16**, 74 (1962).
- P. Rudman, The causes of natural durability in timber(11), some tests on the fungi toxicity of wood extractives and related compounds, *Holzforschung*, **17**, 54 (1963).
- 강하영, 수목 추출 성분의 생화학적 역할, *목재공학*, **22**(1), (1994).
- A. K. Mishra and N. K. Dubey, Evaluation of some essential oils for their toxicity against fungi causing deterioration of stored food commodities, *Appl. Environ. Microbiol.*, **60**(4), 1101 (1994).
- 박희준, 권상혁, 이명선, 김갑태, 최무영, 정원태, 배초향 지상부에서 얻은 정유의 조성 및 항균효과, *한국식품과학회지*, **29**(6), 1123 (2000).
- 이현옥, 한규용, 한동민, 참쭈 정유의 항세균 및 항진균 효과, *한국식품과학회지*, **12**(6), 559 (1999).
- 나기정, 강하영, 오종환, 최인규, 윤영원, 정의배, 침엽수종으로부터 분리된 정유의 스트레스 완화 효과, *한국식물동물학회지*, **14**(1), 93 (1998).
- 나기정, 강하영, 윤신근, 정의배, 침엽수 정유의 생물학적 효능, *한국식물동물학회지*, **15**(1), 79 (1999).
- 노택우, 윤석신, 삼림육 향기 성분 분석, *대한화학제품학회지*, **17**, 29 (1991).
- 조춘구, 김봉남, 홍세흠, 한창규, 합성항균제를 대체하기 위한 천연물질의 항균효과, *대한화학제품학회지*, **28**(1), 166 (2002).

