

Application of the Extract of *Zanthoxylum piperitum* DC to Manufacturing Eco-friendly Nosocomial Infection Control Protective Materials

Shin Young Park¹, Ki Yun Kim¹, Do Youn Jun¹, Sung Chul Kim², Hyo-Il Jung³ and Young Ho Kim^{1*}

¹Laboratory of Immunobiology, School of Life Science and Biotechnology, College of Natural Sciences, Kyungpook National University, 80 Daehak-ro, Buk-gu, Daegu 41566, Korea

²KM Healthcare Corporation, 15 Geumhak-ro, Cheorwon-eup, Cheorwon-gun, Gangwon-do 24025, Korea

³Market and Farm Corporation, 188 Sadang-ro, Dongjak-gu, Seoul 07009, Korea

Received October 24, 2023 /Revised October 27, 2023 /Accepted October 27, 2023

Since COVID-19 began at the end of 2019, the wearing time of protective clothing used to prevent pathogenic bacteria and virus infection has increased, and the development of safe protective materials that are human-friendly and have antibacterial and antiviral functions has been required. In this study, we investigated the possibility of developing natural antibacterial protection materials using ethanol extract of the medicinal plant *Zanthoxylum Piperitum* DC. The antibacterial activity assay of the 80% ethanol extract of *Z. piperitum* DC leaves against various nosocomial infectious bacteria, using the disk diffusion method, showed that *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883, *Salmonella typhimurium*, and *Aeromonas hydrophila* are sensitive to the inhibitory action of the extract. The IC₅₀ values of the ethanol extract against *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *P. vulgaris* and *A. hydrophila* were about 0.59 mg/ml, 0.50 mg/ml, 1.06 mg/ml, and 0.06 mg/ml, respectively. To determine whether the ethanol extract of *Z. piperitum* DC leaves can be applied to the development of antibacterial protective fabric, the ethanol extract was tested using a protective fabric from the KM Health Care Corp. using the JIS L1902-Absorption method. As a result, the bacteriostatic and bactericidal activity values of *S. aureus* ATCC 25923 and *K. pneumoniae* ATCC 13883 appeared to be more than 2.0 when treated with the ethanol extract at a concentration of 1% (w/v). Together, these results suggest that *Z. piperitum* DC leaves can be applied to develop natural antibacterial functional protective fabrics.

Key words : Eco-friendly antibacterial material, ethanol extract, infection prevention fabrics, nosocomial infection, *Zanthoxylum piperitum* DC

서 론

짧은 시간 착용이 필요한 방호복의 특징상 현재까지 사용되고 있는 대부분의 방호복의 항균 및 항바이러스 관련 원단 소재는 은나노[9], 금속염이온과 화학물질 복합체[16], 천연 항균 소재와 은 (Ag) 혼합물[17]이 주류를 이루고 있다. 그러나 2019년 말 시작된 COVID-19 이후 병원성균과 바이러스 감염을 방지하기 위하여 일시적으로 병원이나 의료기관에서 사용하던 방호복이 하루 종일 착용하는 방호복으로 일상화되면서, 장시간 갈아입지 않

아 방호복 착용자 뿐만 아니라 이들의 대상자들을 균 또는 바이러스로부터 안전하게 보호할 수 있는 방호복이 필요하게 되었다. 또한 장시간 착용에 따른 항균 및 항바이러스 활성 소재의 인체 유해성이 제기되면서 항균과 항바이러스 기능 외에 인체에 무해한 안전한 소재개발이 필요하게 되었다[14, 18]. 특히 2000년대 들어 세계적으로 감염병이 대유행하는 팬데믹의 발생주기가 점점 짧아지는 현실과 코로나19의 경우 원내감염 비율이 발병 초기에 44%에 달한 것을 고려하면 병원에 입원하는 환자 및 의료진 보호를 위한 건강 친화적 안전한 방역 보호복 원단개발이 매우 중요하다.

초피나무(*Zanthoxylum piperitum*)는 운향과(Rutaceae)에 속하며, 근연식물로 황초피나무(*Zanthoxylum coreanum*), 개산초나무(*Zanthoxylum planispinum*), 산초나무(*Zanthoxylum schinifolium*)가 있다. 한국을 중심으로 중국과 일본과 같은 동아시아에 자생하며, 오랜 기간 동안 한방 약재로 향신 외에 소화를 도우며, 탈항 방지, 지사, 항당뇨, 항산화[7], 항염증[10], 간기능 보호작용[13], 항 충치[19]

*Corresponding author

Tel : +82-53-950-5378, Fax : +82-53-955-5522.

E-mail : ykim@knu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

와 초피잎의 고운 가루를 이용하여 타박상, 종기 및 상처에 사용한 기록으로 항균 효과가 탁월한 약재로 알려져 오랜 기간 사용되었으며, 방충 활성도 보고되었다[6]. 초피의 항균 활성에 대한 연구는 초피열매에서 확인된 polymeric procyanidin 이 메티실린 내성균 *Staphylococcus aureus* 에 탁월한 항균력을 있다고 보고[5, 11]한 후 초피잎의 플라보놀 글라이코사이드가 항-인플루엔자 바이러스 활성과[4], 항 SARS-CoV-2 바이러스 활성이 있다고 보고되었다[12]. 그리고 최근에는 초피의 항균 활성에 방향성 향기 성분을 이용한 친환경 블라인드 소재 개발에 대한 보고도 있다[22].

본 논문은 초피의 항균 기능성과 아로마 기능성을 이용하여 친환경적인 원내 감염 제어 방호 소재 개발에 관한 연구결과이다. 먼저 초피잎 80% 에탄올 추출물의 원내 감염균에 대한 항균력을 비교 조사한 결과, 각 시험균 종에 대한 항균 활성은 다소 차이가 있었으나 그람음성세균과 그람양성세균 모두에 대한 항균력이 확인되었다. 항균력이 확인된 초피 에탄올 추출물을 국내 전문 감염관리 및 환경관리 Total solution 전문기업 (주)케이엠 헬스케어사의 1회용 수술포 원단에 처리하여 JIS L1902-Absorption 방법으로 실시한 결과, 초피잎 에탄올 추출물 처리농도 1% (w/v)에서 공시 균주 *Streptococcus aureus* ATCC 25923 와 *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883 에 대해 유효 정균 및 살균 활성치를 확인할 수 있었으며, 방호 원단에서의 항균력은 *K. pneumoniae* ATCC 13883보다 *S. aureus* ATCC 25923에 대해 강력하였다.

재료 및 방법

시험균주 및 배지

실험에 사용한 원내 감염균은 *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Escherichia coli* 0-157 ATCC 43895, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 1917, *Bacillus subtilis*, *Proteus vulgaris* KCTC 2433, *Samonella typhimurium*, 및 *Aeromonas hydrophila*로 총 9종이었으며 모든 시험 균주는 Luria-Bertani (LB) 배지를 사용하여 배양하였다.

천연 초피 잎 유래 항균 물질 조제

대광농원(산청군 경상남도, 대한민국)과 동아임장(경산시, 경상북도, 대한민국)으로부터 초피잎을 구입한 후 세절하고 동결 건조한 잎을 대구 TP 한방뷰티융합센터(대구시, 대한민국)에 에탄올 추출물 제조를 의뢰하였다. 초피잎 에탄올 추출물은 80% 에탄올 농도에서 80°C에서 3시간 추출하는 과정을 3회 반복 추출하여 합친 후 이를 동결 건조하여 본 실험에 사용하였다. 초피잎의 항균 소

재 확인을 위하여 초피 80% 에탄올 추출물 50 g를 다시 물에 녹인 다음 리투에이 등의 방법에 따라 메틸렌클로라이드(MC), 에틸아세테이트(EtOAc), 및 부탄올(n-BuOH)의 순서로 추출하여 각 유기용매 분획과 잔여 수층 분획을 확보하였다[22]. 이를 감압농축한 후 동결건조하여 본 실험에 사용하였다.

초피잎 추출물의 성분분석(GC-MS analysis)

초피잎 추출물의 활성 관련 소재를 확인하기 위하여 Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) 분석을 실시하였다. 이를 위하여 Hewlett-Packard (HP) 6890 gas chromatography와 HP 5903N mass spectrometer 분석기기를 사용하였다. Column은 5% Phenyl Methyl Siloxane을 충전한 capillary column HP-5MS 이었고, helium carrier gas flow rate는 0.7 ml/min으로 60°C에서 15분간 holding 한 후 detector의 온도를 280°C로 하였으며, split ratio는 30:1로 하였다. MS 부분은 electron impact (EI) mode로 50-800 mass 단위로 하였다. 시료의 각 성분은 실험에서 얻은 mass spectrum과 library search로 찾아낸 mass spectrum을 비교하여 확인하였으며, 사용한 프로그램은 NIST/EPA/MSDC 이었다.

Disc 확산법에 의한 항균 활성 검정

초피잎의 항균 활성은 disc 확산법으로 측정하였다. 먼저 시험 균주를 double layer 방식으로 접종하였으며(OD 600 nm = 0.1), 시험 추출물은 DMSO에 용해하여 사용하였다. DMSO 용액을 7 mm 크기의 3M paper disc에 30 µl까지 로딩하여도 균 생육에는 영향을 미치지 않았다. 항균력은 균 생육 저해에 의한 clear zone 지름으로 측정하였고 각각의 minimum inhibitory concentration (MIC)는 Broth Micro-dilution Method (BMD)와 Colony forming Unit 방법으로 측정하였다.

초피잎 에탄올 추출물의 방호 원단개발에 대한 유효성 검정

초피잎 추출물의 방호 원단 항균력 소재 가능성을 (주)케이엠 헬스케어(KM Health Care Corp.)사의 수술복 방호 원단에 JIS L1902-Absorption방법을 수정하여 검정하였다. 간략히 설명하면, 방호 소재 원단을 가로 10 cm와 세로 10 cm로 재단한 후 이를 0.1%, 0.5%, 1.0% 혹은 2.0% (w/v)농도로 초피잎 에탄올 추출물을 조제한 수용액에 함침법으로 처리하여 기능성을 부여하고 실온에서 건조시켰다. 건조된 원단을 가로 3.3 cm 와 세로 3.3 cm로 자른 후 100 ml 유리병에 3장씩 넣은 후 고압증기멸균(auto-clave)처리하여 준비하였다. 멸균된 원단에 그람양성세균으로는 *K. pneumoniae* ATCC 13883 균주와 그람양성세균으로는 *S. aureus* ATCC 25923 균주를 사용하여 초기 접종균을 $1\sim 2 \times 10^4$ 균 수로 접종하고 18시간 배양 후 생균수를

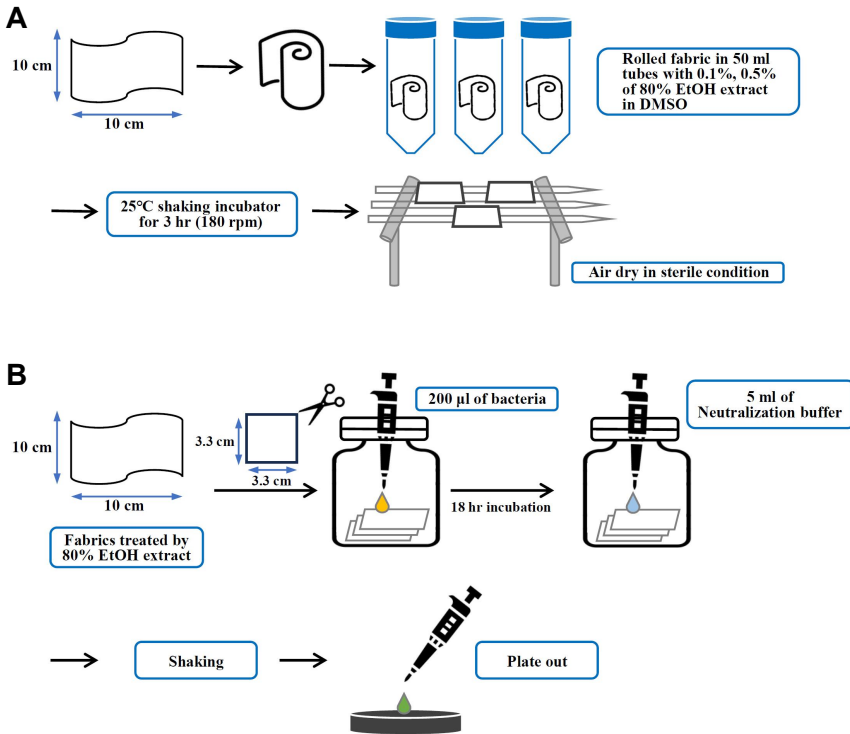


Fig. 1. Schematic diagram of the fabric treatment process based on the JIS L1902-Absorption method.

측정하여 항균력을 결정하였다(Fig. 1).

통계처리

모든 결과는 3회 이상 반복 실험하였으며 모든 실험값은 평균±표준편차(mean±SD로 표시하였고, 통계학적 유의치는 비교 분석은 SPSS Statistics 23 (IBM, New York, NY, USA)를 이용하였고 각 결과의 통계 유의치는 Student's t-test로 계산하였다. 검정 유의치는 p값이 0.05 미만 수준일 때를 기준으로 하였다.

결과 및 고찰

초피잎 에탄올 추출물의 원내 감염균에 대한 항균 활성 검정

원내 감염균 9종을 대상으로 초피잎 에탄올 추출물의 항균력을 조사한 결과, Table 1에서 보는 바와 같이 그람 양성세균인 *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, 그람 음성세균으로 *Proteus vulgaris* KCTC 2433, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883, *Salmonella typhimurium*A과 *Aeromonas hydrophila*에 대해 항균력이 있음을 확인하였다. 항균 관련 소재를 확인하기 위하여 초피잎 에탄올 추출물을 다시 메틸렌클로라이드(MC), 에틸아세테이트(EtOAc), 부탄올(n-BuOH)과 수층으로 분획한 후 각 분획 추출물을 동결건조하여 항균력을 재료 및 방법에 서술한대로 디스크 확산법으로 항균력을 비교 조사하였다. 그 결과, Table 2에서 나타난 바와 같이 에탄올 추출물에서 확인되는 항균력이

주로 MC와 EtOAc 분획에 분포하는 것으로 확인되었다. 이때 항균력에 대한 감수성은 시험균 간에 차이가 있었다. 특히, *P. vulgaris* KCTC 2433균은 타 균이 보이는 clear zone과는 다른 disc 주위에 약한 용해환의 특징을 보였다.

Table 1과 Table 2의 결과에서 보는 바와 같이, 초피잎 80% 에탄올 추출물의 항균 관련 소재는 그람음성세균과 그람양성세균 간 구별없이 균 종에 따라 감수성이 다른 것으로 확인되었으며, 초피잎 에탄올 추출물의 항균 활성 소재는 메틸렌클로라이드 층과 에틸아세테이트 층에 소재하는 것으로 확인되었다. 이는 대부분의 *Zanthoxylum* 속의 항균력이 그람음성세균보다는 그람양성세균에 대해 더 강하다고 보고한 선행연구 결과와는 차이가 있었다 [3, 15].

초피잎 80% 에탄올 추출물의 항균 활성에 감수성이 확인된 병원성 세균 4종에 대한 IC₅₀ 값을 측정한 결과, *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *P. vulgaris*와 *A. hydrophila*의 경우에 각각 0.59 mg/ml, 0.50 mg/mL 1.06 mg/ml 및 0.06 mg/ml로 IC₅₀ 값이 확인되었으며 가장 감수성이 높은 균은 *A. hydrophila*였다(Fig. 2). 이러한 결과는 Bhattacharya 등이 *Z. nitidum*의 뿌리와 줄기 에탄올 추출물을 이용하여 *S. aureus*에 대한 MIC를 조사한 결과, 뿌리의 에탄올 추출물은 0.16 mg/ml이고, 줄기 에탄올 추출물의 MIC₅₀값이 0.31 mg/ml이라고 보고한 연구결과[1]와 비교하였을 때 초피 뿌리와 줄기 부위에 비해 초피 잎의 항균력은 다소 약한 편이었다. 그러나 초피 뿌리와 줄기는 초피 나무 자원의 큰 손실이 요구되는 소재로 원료 공급면에서 제한적이다.

Table 1. The antimicrobial activities of EtOH extract from the leaf of *Z. piperitum* DC against various human nosocomial infectious pathogens

No.	Microorganisms	80% EtOH extract (mg/ml)*		
		0.5	1.0	2.0
1	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	9 mm**	9.5 mm	10 mm
2	<i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC 1917			
3	<i>Bacillus pumilus</i>			
4	<i>Proteus vulgaris</i> KCTC 2433	–	–	10 mm
5	<i>Escherichia coli</i> O-157 ATCC 43895			
6	<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 13883	12 mm	13 mm	15.5 mm
7	<i>Salmonella typhimurium</i>	–	11 mm	12 mm
8	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			
9	<i>Aeromonas hydrophila</i>	14 mm	14 mm	16 mm

Disc size: R = 8 mm, h = 0.7 mm

*The concentration of extract (mg/disc).

**Zone of inhibition (mm).

Table 2. Antimicrobial activities of various organic extracts from the leaves of *Z. piperitum* DC against various human nosocomial infectious microorganisms (mm)*

Fractions	Conc. (mg/ml)**	Microorganisms				
		<i>S. aureus</i> ATCC 25923	<i>P. vulgaris</i> KCTC 2433	<i>K. pneumoniae</i> ATCC 13883	<i>S. typhimurium</i>	<i>A. hydrophila</i>
EtOH	0.05	9.0 ± 0.00	N.D	12.0 ± 0.00	N.D	14.0 ± 1.41
	0.1	9.5 ± 0.14	N.D	13.0 ± 0.18	11.0 ± 0.00	14.0 ± 1.14
	0.2	10.0 ± 0.11	N.D	15.5 ± 0.18	12.0 ± 0.35	16.0 ± 1.09
MC	0.05	N.D***	N.D	N.D	9.5 ± 0.00	N.D
	0.1	8.5 ± 0.18	N.D	N.D	10.0 ± 0.35	N.D
	0.2	N.D	N.D	N.D	11.0 ± 0.35	9.0 ± 0.35
EtOAc	0.05	N.D	N.D	10.0 ± 0.35	N.D	N.D
	0.1	9.5 ± 0.18	9.0 ± 0.35	12.0 ± 0.35	9.0 ± 0.35	12.0 ± 0.00
	0.2	11.0 ± 0.00	15.0 ± 0.71	14.0 ± 0.00	10.0 ± 0.71	14.0 ± 0.00
H ₂ O	0.2	N.D	N.D	13.5 ± 0.00	N.D	N.D
n-BuOH	0.05	N.D	N.D	N.D	N.D	10.0 ± 0.00
	0.1	N.D	10.0 ± 0.35	12.0 ± 0.16	N.D	12.0 ± 0.00
	0.2	10.0 ± 2.12	11.0 ± 0.00	16.0 ± 0.12	11.0 ± 0.35	15.0 ± 0.71

*Zone of inhibition (mm).

**The concentration of organic fractions (mg/disc).

***N.D; not detected. Each value represents the mean ± SD.

이에 반해 초피잎은 매 년 새로운 잎을 활용할 수 있어 원료 공급면에서 훨씬 안정적이라고 볼 수 있다. 그리고 Diao 등이 보고한 *Z. schinifolium* 열매의 정유 성분이 *S. aureus*에 대해 나타내는 MIC₅₀값이 10 mg/ml이라는 연구 결과[3]와 비교할 때, 초피 근연류에 있어 항균력이 매우 우수하여 이를 이용한 친환경 항균 방호 소재 개발에 매우 유리할 것으로 사료된다.

초피 잎 에탄올 추출물 내의 항균 기능성 소재 검정

초피잎으로 부터 항균 관련 소재를 검토하기 위하여

초피 잎 80% 에탄올 추출물을 GC-MS로 성분 분석을 한 결과, Table 3에서 보는 바와 같이 hydroquinone, (pyro)-catechol, phytol, neophytodiene과 2-methoxy-4-vinylphenol 등[20]이 항균 관련 소재로 확인되었다. 초피잎 유래의 항균 활성 소재로 quinic acid[23], hesperetin[8]과 kaempferol [21] 등이 알려져 있으나, 본 추출물에서는 이들이 미량 소재로 확인되었다. 이러한 결과는 초피잎 채취시기에 기인하는 것으로 사료된다. 초피잎의 항균 활성 소재의 종류와 소재의 함량은 차이가 있으나, *S. aureus*와 *K. pneumoniae*에 대한 IC₅₀ 값이 0.5~6.0 mg/ml로 유사하여 초피

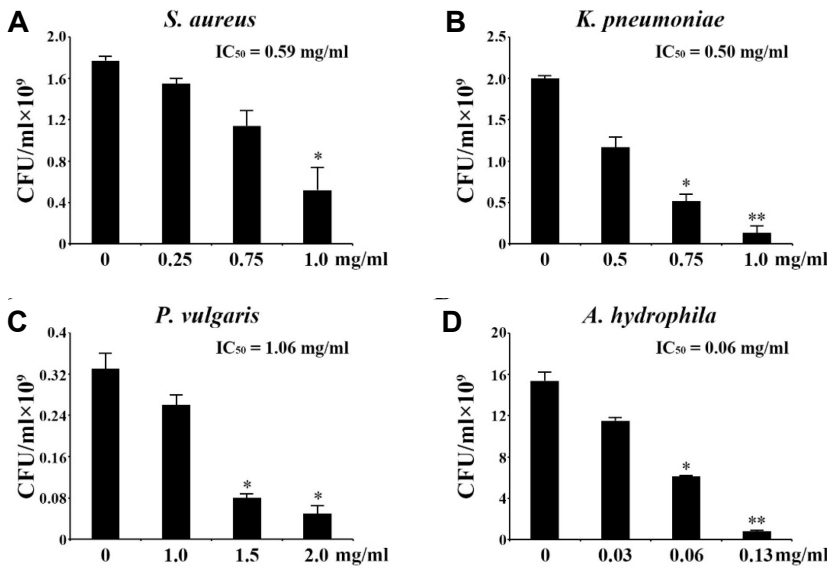


Fig. 2. Inhibitory effect of the EtOH extract from *Z. piperitum* DC leaves on growth of *S. aureus* ATCC 25923 (A), *K. pneumoniae* ATCC 13883 (B), *P. vulgaris* (C), and *A. hydrophila* (D) for 24 hr. Each value is expressed as mean±SD (n=3 with three replicates per independent experiment). *p<0.05, **p<0.001 compared with control.

Table 3. The chemical composition of the EtOH extract from *Z. piperitum* DC leaves

Peak No.*	Compounds	Ri**	Peak area (%)***	Biological activity
23	Propancediamide, 2-amino-	20.37	30.71	
51	1,3,4,5,-Tetrahydrocyclohexanecarboxylic acid	34.28	8.52	
52	DL-Arabinose	34.63	3.31	
15	1,2,3,-Propanetriol	17.22	2.81	
25	4H-Pyran-4-one, 2,1-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one	21.58	2.25	
34	Hydroquinone	25.07	2.14	항균, 미백효과
27	(pyro)-Catechol	22.78	1.89	항균, 항염증
37	2-methoxy-4-vinyl-phenol	26.36	1.56	향취
10	Methanesulfonic acid methyl ester	14.91	1.49	
49	beta-Asarone	33.79	1.4	방충, 살충
75	Phytol	44.10	1.28	항균, 항염증
84	(+)-Sesamine	63.84	1.24	
42	2-Deoxy-D-galactose	29.88	1.22	
3	DL-Allo-cystathione	4.79	1.12	Cys 중간산물, GSH 합성
5	Methane, thiobis-	5.15	1.11	
45	3,4-Altrosan	31.22	1.09	
4	2,3-Epoxybutane	5.013	1.06	
68	Neophytadiene	38.75	1.05	항균, 항염증
82	Vitamin E	62.43	1.05	항산화

*Numbering refers to the elution order on an HP-5MS column.

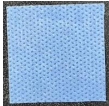
**Retention index on an HP-5MS column.

***Peak area (%) was related to total detected compounds by GC-MS.

있에는 항균 활성과 관련한 소재가 다양하게 존재함을 확인하였다. 그리고 이들 소재는 초피 과피나 종자의 정유성분에서는 항균 물질로 보고된 citronellal, citronellol, isopulegol 등의 citronelloid계, geranyl acetate계 그리고 2-β-pinene, γ-terpinene, β-myrcene, β-phellandrene류 등과도 구분되었다[2].

초피잎 에탄올 추출물의 방호 원단 적용 예비 타당성 검증
(주)케이엠 헬스케어 사의 수술복 방호 원단에 초피잎 추출물을 처리하여 친환경 방호 소재로 개발 가능성을 조사하였다. 원단의 방호 활성은 JIS L1902-Absorption 시험법을 재료 및 방법에 기술한대로 수정하여 실시하였다. 초피잎 에탄올 추출물의 방호 원단에 처리하는 농도를 0.5%, 1.0%와 2.0%로 하여 조사한 결과, Table 4에서 보는

Table 4. Bacteriostatic (S) and bactericidal (C) activity of protective fabric treated with 80% EtOH extract from leaves of *Z. piperitum* DC against *S. aureus* ATCC 25923 and *K. pneumoniae* ATCC 13883

Fabrics	Conc. of 80% EtOH extract	<i>S. aureus</i>		<i>K. pneumoniae</i>	
		S*	C**	S	C
	0.5%	11.30 ± 0.054	8.30 ± 0.013	0.72 ± 0.078	-2.29 ± 0.018
	1.0%	11.30 ± 0.017	8.30 ± 0.016	11.25 ± 0.078	8.24 ± 0.017
	Protective fabric	2.0%	11.30 ± 0.023	8.30 ± 0.009	11.25 ± 0.078

*Bacteriostatic activity (S) = M1 – M3.

**Bactericidal activity (C) = M2 – M3.

M1: Common logarithmic value of cells after 18 hr of incubation in control.

M2: Common logarithmic value of the number of live cells inoculated into control.

M3: Common logarithmic value of viable cells after 18 hr of incubation of fabrics treated with 80% EtOH extract of *Z. piperitum* DC.

바와 같이 *S. aureus* ATCC 25923는 초피잎 추출물 0.5% 처리에 의해 정균 및 살균 활성치가 2.0이상 나왔으며, *K. pneumoniae* ATCC 13883는 1% 농도에서 정균 및 살균 활성치를 보여 *S. aureus* ATCC 25923가 *K. pneumoniae* ATCC 13883보다 초피잎 추출물에 대해 감수성이 높음을 알 수 있었다. 이는 disc 확산법에 의한 활성 검정에서 나타난 항균 활성과 차이가 있었다.

이상의 연구 결과를 연구결과를 종합하면 다음과 같다. 초피잎에는 다양한 항균 활성 소재가 있어 COVID-19 이후 장시간 착용이 불가피한 기존 항균 방호복의 위해성을 감소시킬 뿐만 아니라, 원내 감염균의 제어에도 유리하여 기능성 방호 원단 개발에 활용할 수 있음을 확인하였다. 그리고 초피의 과피나 종자 유래의 휘발성 항균 소재와 달리, 초피잎 추출물을 처리한 방호원단은 고압증기멸균 (autoclave) 처리 후에도 항균력을 유지하는 것으로 나타나 매우 안정한 소재로 확인되었다. 이는 최근 항생제 내성균의 원내 감염이 문제 시 되는 병원뿐만 아니라 보건소, 요양원 및 어린이 보육시설의 환경 관리에도 활용할 수 있어 그 부가가치가 매우 높을 것으로 사료 된다. 특히 가격이 높은 초피 과피나 종자에 비해 농산 폐자원으로 버려지는 초피잎 활용면에서 경제적 부가가치가 기대되나, 최근 급격히 상승한 인건비로 인해 생산 단가 상승 요인이 있을 것으로 우려되는 점은 있다.

감사의 글

이 논문은 중소벤처기업부 2021 현장수요맞춤형 방역 물품 개발사업(과제번호 : S3193334) 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

The Conflict of Interest Statement

The authors declare that they have no conflicts of interest

with the contents of this article.

References

- Bhattacharya, S., Zama, M. K. and Haldar, P. K. 2009. Antibacterial activity of stem bark and root of indian *Zanthoxylum nitidum*. *Asian J. Pharm. Clin. Res.* **2**, 30-34.
- Choi, S. I., Chang, K. M., Lee, Y. S. and Kim, G. H. 2008. Antibacterial activity of essential oils from *Zanthoxylum piperitum* A.P. DC. and *Zanthoxylum schinifolium*. *Food Sci. Biotechnol.* **17**, 195-198.
- Diao, W. R., Hu, Q. P., Feng, S. S., Li, W. Q. and Xu, J. G. 2013. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil from green huajiao (*Zanthoxylum schinifolium*) against selected foodborne pathogens. *J. Agric. Food Chem.* **61**, 6044-6049.
- Ha, S. Y., Youn, H., Song, C. S., Kang, S. C., Bae, J. J., Kim, H. T., Lee, K. M., Eom, T. H., Kim, I. S. and Kwak J. H. 2014. Antiviral effect of flavonol glycosides isolated from the leaf of *Zanthoxylum piperitum* on influenza virus. *J. Microbiol.* **52**, 340-344.
- Hatano, T., Kusuda, M., Inada, K., Ogawa, T. O., Shiota, S., Tsuchiya, T. and Yoshida, T. 2005. Effects of tannins and related polyphenols on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Phytochemistry* **66**, 2047-2055.
- Hieu, T. T., Kim, S. I., Kwon, H. W. and Ahn, Y. J. 2010. Enhanced repellency of binary mixtures of *Zanthoxylum piperitum* pericarp steam distillate or *Zanthoxylum armatum* seed oil constituents and *Calophyllum inophyllum* nut oil and their aerosols to *Stomoxys calcitrans*. *Pest Manag. Sci.* **66**, 1191-1198.
- Hisatomi, E., Matsui, M., Kobayashi, A. and Kubota, K. 2000. Antioxidative activity in the pericarp and seed of Japanese pepper (*Zanthoxylum piperitum* DC). *J. Agric. Food Chem.* **48**, 4924-4928.
- Iranshahi, M., Rezaee, R., Parhiz, H., Roohbakhsh, A. and Soltani, F. 2015. Protective effects of flavonoids against microbes and toxins: The cases of hesperidin and hesperetin. *Life Sci.* **137**, 125-132.

9. Koduru, J. R., Kailasa, S. K., Bhamore, J. R., Kim, K., Dutta, T. and Vellingiri, K. 2018. Phytochemical-assisted synthetic approaches for silver nanoparticles antimicrobial applications: a review. *Adv. Colloid Interface Sci.* **256**, 326-339.
10. Kono, R., Nomura, S., Okuno Y., Kagiya T., Nakamura M., Utsunomiya H. and Ueno M. 2020. Two Japanese pepper (*Zanthoxylum piperitum*) fruit-derived compounds attenuate IgE-mediated allergic response in vitro and in vivo via inhibition of mast cell degranulation. *Eur J Pharmacol.* **15**, 885, 173435.
11. Kusuda, M., Inada, K., Ogawa, T. O., Yoshida, T., Shiota, S., Tsuchiya, T. and Hatano, T. 2006. Polyphenolic constituent structures of *Zanthoxylum piperitum* fruit and the antibacterial effects of its polymeric procyanidin on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **70**, 1423-1431.
12. Latha, D., Hrishikesh, D., Shibani, G., Chandrashekar, C. and Bharath, B. R. 2022. In silico, *in vitro* screening of plant extracts for anti-SARS-CoV-2 activity and evaluation of their acute and sub-acute toxicity. *Phytomed. Plus* **2**, 100233.
13. Lee, S. J. and Lim, K. T. 2008. Glycoprotein of *Zanthoxylum piperitum* DC has a hepatoprotective effect via anti-oxidative character *in vivo* and *in vitro*. *Toxicol. In Vitro* **22**, 376-385.
14. Loutfy, S. A., Elberry, M. H., Farroh, K. Y., Mohamed, H. T., Mohamed, A. A., Mohamed, E. B., Faraag, A. H. I. and Mousa, S. A. 2020. Antiviral activity of chitosan nanoparticles encapsulating curcumin against hepatitis C virus genotype 4a in human hepatoma cell lines. *Int. J. Nanomed.* **15**, 2699-2715.
15. Luo, X., Pedro, L., Milic, V., Mulhovo, S., Duarte, A., Duarte, N. and Ferreira, M. J. 2012. Antibacterial benzofuran neolignans and benzophenanthridine alkaloids from the roots of *Zanthoxylum capense*. *Planta Med.* **78**, 148-153.
16. Mallakpour, S., Azadi, E. and Hussain, C. M. 2020. Environmentally benign production of cupric oxide nanoparticles and various utilizations of their polymeric hybrids in different technologies. *Coord Chem. Rev.* **419**, 213378.
17. Mallakpour, S. and Ramezanzade, V. 2020. Green fabrication of chitosan/tragacanth gum bionanocomposite films having TiO₂@Ag hybrid for bioactivity and antibacterial applications. *Int. J. Biol. Macromol.* **162**, 512-522.
18. Pacho, M. N., Pugni, E. N., Diaz Sierra, J. B., Morell, M. L., Sepulveda, C. S., Damonte, E. B., Garcia, C. C. and D'Accorso, N.B. 2021. Antiviral activity against Zika virus of a new formulation of curcumin in poly lactic-co-glycolic acid nanoparticles. *J. Pharm. Pharmacol.* **73(3)**, 357-365.
19. Park, H. S., Jun, D. Y., Fang, Z., Woo, M. H. and Kim, Y. H. 2008. Antimicrobial activity of seeds of *Zanthoxylum piperitum* against oral pathogen *Streptococcus mutans*. *J. life Sci.* **18**, 167-174.
20. Rubab, M., Chelliah, R., Saravanakumar, K., Barathikannan, K., Wei, S., Kim J. R., Yoo, D., Wang, M. H. and Oh, D. H. 2020. Bioactive potential of 2-methoxy-4-vinylphenol and benzofuran from *Brassica oleracea* L. var. *capitata f. rubra* (Red Cabbage) on oxidative and microbiological stability of beef meat. *Foods* **9**, 568.
21. Tatsimo, S. J. N., de Dieu Tamokou, J., Havyarimana, L., Csupor, D., Forgo, P., Hohmann, J., Kuate, J. R. and Tane, P. 2012. Antimicrobial and antioxidant activity of kaempferol rhamnoside derivatives from *Bryophyllum pinnatum*. *BMC Res. Notes* **5**, 1-6.
22. Xie, L. R., Jun, D. Y., Cho, B., Lee, C. W., Kim, C. Y., Jung, H. and Kim, Y. H. 2016. Application of the extract of *Zanthoxylum piperitum* DC to ecofriendly antimicrobial fabric-like shielding materials. *J. Life Sci.* **26**, 936-942.
23. Zhang, M., Liu, W. X., Zheng, M. F., Xu, Q. L., Wan, F. H., Wang, J., Lei, T., Zhou, Z. Y. and Tan, J. W. 2013. Bioactive quinic acid derivatives from *Ageratina adenophora*. *Molecules* **18**, 14096-14104.

초록 : 초피의 항균 활성을 이용한 원내 감염 제어 친환경 방호 소재 개발

박신영¹ · 김기윤¹ · 전도연¹ · 김성철² · 정효일³ · 김영호^{1*}

(¹경북대학교 자연과학대학 생명과학부, ²㈜케이엠 헬스케어, ³(주)마켓엔팜)

2019년 말 시작된 코로나바이러스감염증-19(COVID-19) 이후 병원성균과 바이러스 감염을 방지하기 위하여 사용한 방호복의 착용 시간이 길어지면서, 항균 및 항바이러스 기능에 인체 친화적인 안전한 방호 소재 개발이 요구되었다. 본 연구에서는 약용식물인 *Zanthoxylum piperitum* DC의 에탄올 추출물을 이용하여 천연 항균 방호 소재 개발 가능성을 조사하였다. 초피잎 80% (w/v) 에탄올 추출물의 원내 감염균 9종에 대한 항균력을 디스크 확산법으로 측정된 결과, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883, *Salmonella typhimurium*과 *Aeromonas hydrophila*에 항균력을 보였다. 초피잎 에탄올 추출물로부터 유기용매 분획을 실시하여 얻는 분획의 항균 활성을 비교하였을 때, EtOAc 분획이 *S. aureus* ATCC 25923, *K. pneumoniae* ATCC 13883, *S. typhimurium*과 *A. hydrophila*와 *P. vulgaris* KCTC 2433에 대해 항균력을 보였다. 초피잎 80% 에탄올 추출물의 *S. aureus* ATCC 25923, *K. pneumoniae* ATCC 13883, *P. vulgaris*과 *A. hydrophila*에 대한 IC₅₀은 각각 0.59 mg/ml, 0.50 mg/mL, 1.06 mg/ml 그리고 0.06 mg/ml 이었다. *Z. piperitum* DC 잎의 80% (w/v) 에탄올 추출물의 항균 보호 원단 개발에 적용 가능한지 알아보기 위해 초피잎 에탄올 추출물을 케이엠 헬스케어 사의 방호 원단에 처리한 후 방호원단에 부여된 항균활성을 JIS L1902-Absorption 방법으로 검정하였다. 초피잎 80% 에탄올 추출물을 1.0% (w/v) 농도로 처리하였을 때, *S. aureus* ATCC 25923와 *K. pneumoniae* ATCC 13883에 대해 정균 및 살균 활성치가 2.0이상으로 확인되었다. 이러한 결과는, 초피잎 에탄올 추출물을 천연 항균 기능성 방호 원단 개발에 활용할 수 있음을 시사한다.