

흰줄숲모기에 대한 5종 식물추출물의 기피효능 평가

박성익 · 박정주 · 김단비 · 문나영 · 신지윤 · 차성경 · 김사라 · 김종식¹ · 손동철*

경상북도 보건환경연구원, ¹국립 안동대학교 생명과학과

Repellent Activity of Five Different Plant Extracts Against *Aedes albopictus*

Seong Ik Park, Jeong Ju Park, Dan Bi Kim, Na Young Moon, Ji Yoon Shin, Sung Kyung Cha, Sa Ra Kim, Jong-Sik Kim¹ and Dong Cheol Shon*

Gyeongangbuk-do Government Public Institute of Health & Environment, Yeongcheon 38874, Korea

¹Department of Biological Sciences, Andong National University, Andong 36729, Korea

ABSTRACT: Five different methanol extracts of plants were evaluated as a mosquito repellent against *Aedes albopictus* in nude mice model. The volatile components of plants were analyzed with GC-MS. The effective dose was the highest in *Nepeta cataria* with 72.9, 83.7, 86.4, and 97.3% efficiencies at 10, 50, 100, and 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$, respectively. *Nepeta cataria*, *Actinidia polygama*, and *Artemisia annua* extracts were the most effective in duration time test. And there was no difference compared to negative control in the low mosquito repellent efficiency from 30 minutes. As a result of analyzing the volatile components of each plant, a total of 28 components in *Mentha suaveolens*, 19 components in *Actinidia polygama*, 27 components in *Artemisia annua*, 26 components in *Nepeta cataria*, and 19 components in *Taraxacum platycarpum* were detected. Especially, nepetalactone known as an effective ingredient of a mosquito repellent was identified (27.95 mg/Kg) in one of volatile components of *Nepeta cataria*. Overall, our results provide the possibility to develop mosquito repellents material using natural plants which contain various volatile components.

Key words: *Aedes albopictus*, Mosquito repellent, Plant extracts, Nude mice, Volatile

조 록: 본 연구에서는, 5가지 식물의 메탄올 추출물을 이용하여 모기기피 효과 실험을 진행하고 누드 쥐를 모델로 하여 흰줄숲모기에 대한 모기기피제의 유효용량 및 유효시간을 평가하였다. 그리고 식물의 휘발성분을 GC-MS로 분석하였다. 유효용량은 개박하가 10, 50, 100, 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 에서 72.9, 83.7, 86.4, 97.3%의 효율로 가장 높았다. 누드 쥐를 대상으로 한 유효시간 연구에서는 5가지 식물의 메탄올 추출물 중 개박하, 개다래 및 개똥쑥이 90.5%로, 30분까지만 지속하였다. 각 식물의 휘발성분을 분석한 결과, 에플린트 28개 성분, 개다래 19개 성분, 개똥쑥 27개 성분, 개박하 26개 성분, 민들레 19개 성분이 확인 되었다. 특히 모기기피제의 유효 성분으로 알려진 네페탈락톤(nepetalactone)이 개박하의 휘발성분 중 한 성분으로 확인 되었다(27.95 mg/Kg). 본 연구결과는 다양한 휘발성분을 함유한 식물을 이용한 모기기피제 재료로서 가능성을 제시한다.

검색어: 흰줄숲모기, 모기기피제, 식물 추출물, 누드 쥐, 휘발성분

최근 기후의 온난화, 그리고 교통수단의 발달로 대륙 간 운송, 여행 등을 통해 여러 종의 모기들이 한반도에 서식하게 되었다. 모기는 파리목(Diptera), 모기과(Culicidae)로 분류되며 전 세계적으로 3,209 종이 보고 되었다(Harbach, 2007). 모기는 완전 변태하는 곤충으로 알, 유충, 번데기와 성충을 거치며 발

육을 한다. 알에서 부화한 유충은 물속에 있는 유기물 및 조류를 섭취하며 성장하지만 여러 종의 모기 성충은 알 발육을 위해서 동물의 피를 흡혈하게 된다(Kim et al., 2020).

모기는 흡혈 외에 말라리아, 사상충증, 황열, 일본뇌염, 뎅기열, 웨스트나일열 등 인체, 가축에게 질병을 매개하는 위생곤충으로서 곤충류에선 보기 드물게 전 세계적으로 많은 연구가 진행되었으며 인간에게 많은 피해를 주는 해충이다(Kim et al., 2012). 국내 서식 모기 중 중국얼룩날개모기(*Anopheles sinensis* Wiedemann), 레스터얼룩날개모기(*Anopheles lesteri* Baisas

*Corresponding author: sondc@korea.kr

Received January 4 2022; Revised May 18 2022

Accepted May 24 2022

and Hu)는 말라리아(Kamimura, 1968; White, 1989), 작은빨간집모기(*Culex tritaeniorhynchus* Giles)는 일본뇌염(Wada et al., 1975; Chung et al., 2015), 흰줄숲모기(*Aedes albopictus* Skuse)는 땀기열(Chung, 2009)을 빨간집모기(*Culex pipiens complex* Linnaeus), 일본숲모기(*Aedes japonicus* Theobald), 등줄숲모기(*Ochlerotatus dorsalis* Meigen), 금빛숲모기(*Aedes vexans* Meigen), 흰줄숲모기는 웨스트나일열(Kim et al., 2018)을 유발한다.

흡혈활동을 하며, 질병을 매개하는 모기로부터 인체를 보호하기 위해 인류는 다양한 종류의 모기기피제를 이용하였다. 기피제는 합성화합물 기피제와 천연성분 기피제로 나뉜다. 합성화합물 기피제 중 DEET (N,N-diethyl-3-methylbenzamide)는 1946년 미군에 의해 처음 사용되었고, 1957년 이후 전 세계적으로 보급되어 널리 사용 중이다(Peterson and Coats, 2001). 모기 기피에 효과가 좋은 것으로 알려져 있으나 임신부나 어린이 등에서 아직 안전성이 입증되지 않아 사용농도를 제한하고 있으며(Koren et al., 2003), 더운 날 땀이나 비 등에 의하여 쉽게 소실될 수 있으며, 플라스틱이나 합성섬유 등에 변색을 초래하는 문제점을 안고 있다(Rueda et al., 1998). 이러한 합성화합물 기피제의 문제점들로 인하여 최근에 인간에게 미치는 영향을 최소화하면서 모기로부터 효과적으로 보호할 수 있는 천연성분 기피제 개발이 활발하게 이루어지고 있다.

남(*Azadirachta indica* A.Juss)과 씨트로넬라(*Cymbopogon nardus* Rendle)를 포함한 여러 식물의 추출물에서 유래된 화합물에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔다(Lindsay et al., 1996; Schmutterer, 1990; Shaema et al., 1993). 식물은 풍부한 생리활성 화합물로 구성되어 있어 모기기피제로 유용하게 개발할 수 있으며, 대부분 독성이 낮거나 안전한 성분을 함유하고 있어 상업적으로 이용할 가치가 매우 높은 것으로 판단된다(Isman, 1995).

본 연구는 5종의 식물을 이용하여 모기기피 효과 실험을 진행하고 흰줄숲모기에 대한 모기기피 유효성을 연구하였다. 또한 식물의 휘발성 향기성분을 분석하여 확인하고 모기기피 효과가 있다고 알려진 향기 성분을 정량하였다.

재료 및 방법

식물

실험의 재료인 5 종의 식물은 21년 5월 영천시 소재 한약업사 및 인터넷에서 구매한 국내산 제품으로 그늘에서 말린 후 분말로 만들어 실험재료로 사용하였다(Table 1). 5 종의 식물 분말시료에 10배량(w/v)의 메탄올을 가해 80°C에서 4 시간씩 2회 환류추출 후 추출액을 합하여 여과지(5 C, Advantec, Minato, Japan)로 여과 후 여액을 45°C에서 감압농축기(N-1000, Eyla, Tokyo, Japan)로 농축하였다. 농축한 시료는 동결 건조한 후 70% 에탄올에 녹여 본 실험의 시료로 사용하였다. 수율은 다음과 같다(Table 1).

모기사육 및 실험동물

흰줄숲모기는 질병관리청 매개체분석과로부터 성충 및 유충을 정식으로 분양받았으며, 계대사육은 질병관리청의 모기 계대사육 매뉴얼을 참고하였다. 성충은 분양 하루 후 실험에 이용하였다. 유충은 사육실내에서 설탕물을 먹이로 하여 유충사육용 통에 사육하였다. 사육실 조건은 온도 27±2°C, 상대습도 80±10% 이상에서 12 시간 광 조건을 유지하며 사육하였다.

실험동물은 6주령 수컷 누드 쥐 35 마리를 구매하여 대구한의대학교 동물실험윤리위원회(승인번호 DHU2021-036) 규정에 의해 동물실험계획을 승인 받은 후 실험 하였으며, 물질 처리 후 쥐는 모두 폐기 하였다.

모기기피제 효력 검정법 분석

모기기피제 효력 검정은 가로, 세로, 높이가 45 cm인 아크릴 사육상을 제작하여 누드 쥐를 착지 및 흡혈대상으로 모기기피제의 유효용량 및 기피 유효시간을 실험하였다. 이때 사용된 누드 쥐는 6 주령의 암컷이었다. 추출한 모든 검정은 식품의약품

Table 1. List of plants used for this study

Common	Order	Sample name				Korean	Part used	Yield (%)
		Family	Genus	Species				
Apple mint	Lamiales	Mints	Mint	<i>Mentha suaveolens</i>	애플민트	Leaf	19.8	
Silver vine	Heathers and allies	Actinidiaceae	Actinidia	<i>Actinidia polygama</i>	개다래	Leaf	14.2	
Annual wormwood	Carlquistia	Daisy family	Mugworts	<i>Artemisia annua</i>	개똥쑥	Leaf	7.3	
Catmint	Lamiales	Mints	Catnips	<i>Nepeta cataria</i>	개박하	Leaf	8.2	
Dandelion	Asterales	Daisy family	Dandelions	<i>Taraxacum platycarpum</i>	민들레	Leaf	16.2	

안전처에서 발행한 모기기피제 효력평가법 가이드라인(Lee, 2017)을 이용하여 모기의 수, 실험대상, 추출물 함량, 시간 등을 변형하여 수행하였다.

기피 유효용량

유효용량 실험은 식품의약품안전처에서 발행한 모기기피제 효력평가법 가이드라인(Lee, 2017)을 응용하여 모기의 수, 실험대상, 추출물 함량, 시간 등을 변형하여 수행하였다. 시료는 70% 에탄올을 사용하여 일정한 농도로 식물 추출물을 희석하여 사용하였다. 모기기피 유효량 측정은 시료의 농도별 기피효과로 측정하였다. 누적용량 실험법을 응용하였다. 기피효과(A)는 누드 쥐에 착지하거나 흡혈한 모기의 수(B)에 비해 기피제를 처리한 누드 쥐에 착지하거나 흡혈한 모기 수(C)를 비율로 계산하였다($A = 1 - C / B$). 누드 쥐를 이소플루란(Isoflurane, Sigma, St. Louis, USA)을 이용하여 마취시킨 후 기피제 200 μ L를 누드 쥐 전신에 골고루 도포하고 건조하였다. 그리고, 70-100 마리의 모기가 있는 시험용 사육상에 넣고 마취된 상태에서 30 초 동안 누드 쥐의 피부에 착지하거나 흡혈을 하는 모기 수를 기록하였다. 5 종류의 식물 희석한 시료는 3 회에 걸쳐 착지 및 흡혈을 확인하여 이들의 평균값을 계산하였다.

기피효과 유효시간

기피효과 유효시간 실험은 식품의약품안전처에서 발행한 모기기피제 효력평가법 가이드라인(Lee, 2017)을 응용하여 모기의 수, 실험대상, 추출물 함량, 시간 등을 변형하여 수행하였다. 시료와 양성대조군인 DEET (Sigma, St. Louis, USA)를 70% 에탄올을 사용하여 20%로 희석하여 사용하였다. 누드 쥐를 이소플루란을 이용하여 마취시킨 후 시료 200 μ L를 누드 쥐의 피부에 골고루 도포하고 건조시킨 후 70-100 마리의 모기가 있는 시험용 사육상에 넣고, 1 분간 피부에 착지하거나 흡혈을 하는 모기 수를 기록하였다. 30 분 간격으로 반복 실험을 하였다.

휘발성분 분석

시료의 휘발성분은 GC-MS를 이용한 헤드스페이스법으로 분석하였다. 시료 5 g을 헤드스페이스 바이알(20 mm, aluminum/silicon septum)에 넣고 헤드스페이스(TurboMatrix Headspace Samplers, PerkinElmer, Waltham, MA)가 장착된 GC-MS (Clarus 600 S, PerkinElmer, Waltham, MA)로 분석하였다. 분석조

건은 바늘 온도는 105°C, 전이 온도 115°C, 오븐 온도 95°C로 하여 20 분간 교반하여 시료와 헤드스페이스의 휘발성분이 평형을 이루게 하였다. 칼럼은 elite-5 (60 m \times 0.32 mm, 1 μ m PerkinElmer, Waltham, MA)를 사용하였고, 오븐의 온도는 40°C에서 5 분간 유지한 다음 10°C/min의 속도로 250°C까지 상승시킨 후 240°C에서 5 분간 머물렀다. 이동 가스의 유속은 1.2 mL/min (He), 주입구의 온도는 200°C으로 유지하였으며, 분배 비율 10:1 로 분석하였다. 질량 스펙트럼 조건은 MS scan 범위 30~300 m/z, EI 모드로 분석하였다. GC-MS로 분리되어 동정된 휘발성분은 Wiley and NIST Mass Spectral Search Program (version 2.2, FairCom Co., MO, USA)을 통해 동정하였다.

네페탈락톤(Nepetalactone) 정량 분석

휘발성분 분석결과 모기기피 유효용량이 높았던 개박하내 다양한 휘발성분이 확인되었는데, 이 중 네페탈락톤은 이전부터 모기기피 효과가 있다고 알려진 성분이며, 개박하의 모기기피 성분 연구 중 가장 다양하게 연구가 되어 있어, 정량분석의 의미가 유의 할 것으로 예상되어 분석하였다(Birkett et al., 2011; Gkinis et al., 2014; Uenoyama et al., 2021; Zhu and Zeng, 2006). 네페탈락톤 성분의 정량분석은 UPLC (Acquity i class, Waters, Milford, U.S.A)/MS/MS (Xevo-TQ, Waters, Milford, U.S.A)를 사용하였다. 먼저, UPLC 분석조건은 ACQUITY UPLC® BEH C18 (1.7 μ m) 컬럼을 선택하여, 컬럼온도 40°C, 유량 300 μ L/min, 주입량 5 μ L로 하였고, 이동상 용매 A는 0.1% 개미산이 포함된 증류수, B는 0.1% 개미산이 포함된 아세토니트릴로 기울기 용리를 수행하였다. 기울기 용리는 5% 용매 B에서 95% 용매 B까지를 이용하였다. MS/MS 분석조건은 분석의 선택성과 검출감도 향상을 위해 다중반응모니터링 방식으로, 양이온 모드로 최적의 조건을 조성하였다. 선구이온(m/z) 167, 생성이온(m/z) 81, 109으로, 충돌에너지(v) 15, 탈용매화 가스 유속비율 546 L/hr와 탈용매화 온도 150°C로 분석하였다. 분석시료는 일정량을 에탄올에 녹인 후 0.20 μ m 막 여과한 후 사용하였고, 이동상 용매는 HPLC-MS/MS용 등급을 사용하였다. 표준품의 농도는 10, 50, 100, 250, 500 ng/mL로 검량선을 작성하여 정량하였다.

통계처리

모든 실험 결과는 3회 반복하여 실시했고 그 결과 값을 평균과 표준편차로 표시하고(mean \pm SD), SPSS (SPSS Statistics 25,

SPSS Inc.)을 이용하여 분산분석(ANOVA)과 터키 검정법($p < 0.05$)을 실시하였다.

결과 및 고찰

기피 유효용량 실험결과

식물 메탄올 추출물에 대한 유효용량 실험을 10, 50, 100, 200 $\mu\text{g/mL}$ 에서 실시하였다. 대조군인 70% 에탄올에는 12.3 마리의 흰줄숲모기가 착지 및 흡혈을 하였다. 개박하의 기피효율이 가장 높았다. 그 다음으로는 애플민트, 개똥쑥, 개다래 순으로 효율을 보였으며, 민들레는 가장 낮은 기피효율을 나타내었다(Table 2).

식물 5종류 모두 200 $\mu\text{g/mL}$ 에서 60% 이상의 모기기피 효과가 있었다. 애플민트는 시트로넬라 성분이 있으며 이는 모기기피제로 효과가 있는 것으로 보고되었다(Kim et al., 2005). 개다래와 개박하 두 종의 식물 내 네페탈락톨과 네페탈락톤 성분이 존재하며 이는 모기기피제로 효과가 있는 것으로 연구되었다(Uenoyama et al., 2021). 국화과에 속하는 개똥쑥은 국화추출물의 한 종류인 피레트린 성분에 의한 효과가 있는 것으로 연구

되었다(Park et al., 2014).

기피효과 유효시간

식물 메탄올 추출물을 70% 에탄올을 사용하여 20%로 희석하여 유효시간을 실험하였다. 음성대조군인 70% 에탄올을 도포하였을 때는 14.0 마리의 흰줄숲모기가 착지 및 흡혈을 하였다. 기피제를 처리한 직후에는 식물 5종 모두 흰줄숲모기가 착지 및 흡혈을 하지 않았다. 30 분 경과 후 측정 시에는 개박하와 개다래, 개똥쑥이 1.3 마리 착지 및 흡혈하였으며, 애플민트가 2.7 마리, 민들레가 3 마리 착지 및 흡혈하였다. 60 분 경과 후 측정 시에는 기피효율이 50% 이하로 기피제로서의 효과가 없었으며 음성대조군과도 큰 차이가 없어 실험을 종료 하였다. 양성대조군인 DEET는 60 분 경과 시까지 착지 및 흡혈이 없었다. 기피효과와 유효시간에 대한 결과는 Table 3에 제시하였다.

식물 메탄올 추출물의 희석 용매로 휘발성이 강한 70% 에탄올을 사용하였고, 대부분의 식물체 추출물은 알케인, 알코올, 알데하이드와 같은 매우 휘발성이 강한 물질로 이루어져 있어서 모기기피제의 유효시간이 짧은 것으로 생각된다(Curtis et al., 1990; Rozendaal, 1997).

Table 2. Repellent activities of plants against *Aedes albopictus* in nude mouse

Conc. ($\mu\text{g/mL}$)	Samples repellency (%)				
	<i>Mentha suaveolens</i>	<i>Actinidia polygama</i>	<i>Artemisia annua</i>	<i>Nepeta cataria</i>	<i>Taraxacum platycarpum</i>
10	40.4 \pm 9.4 ^{1)A}	37.7 \pm 12.4 ^A	56.6 \pm 12.4 ^A	72.9 \pm 12.4 ^A	24.1 \pm 16.9 ^A
50	81.0 \pm 4.7 ^B	59.3 \pm 21.5 ^{AB}	78.3 \pm 12.4 ^{AB}	83.7 \pm 8.1 ^A	35.0 \pm 14.1 ^A
100	91.9 \pm 8.1 ^B	72.9 \pm 26.1 ^{AB}	81.0 \pm 12.4 ^{AB}	86.4 \pm 16.9 ^A	43.1 \pm 21.5 ^A
200	94.6 \pm 4.7 ^B	86.4 \pm 9.4 ^B	91.9 \pm 8.1 ^B	97.3 \pm 4.7 ^A	62.1 \pm 4.7 ^A
F value	38.177 ^{2)**}	3.746	4.942 [*]	2.286	3.166

¹⁾Values are mean \pm SD (n = 3). Data with same superscript letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

²⁾* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, $df = 3$.

Table 3. Repellent protection time of plants against *Aedes albopictus* in nude mouse

Samples	Repellency Protection Time	
	30 min	60 min
<i>Mentha suaveolens</i>	81.0 \pm 4.1 ^{1)A}	23.8 \pm 18.0 ^B
<i>Actinidia polygama</i>	90.5 \pm 8.2 ^A	28.6 \pm 14.3 ^B
<i>Artemisia annua</i>	90.5 \pm 10.9 ^A	19.0 \pm 8.2 ^B
<i>Nepeta cataria</i>	90.5 \pm 4.1 ^A	21.4 \pm 18.9 ^B
<i>Taraxacum platycarpum</i>	78.6 \pm 7.1 ^A	16.7 \pm 8.2 ^B
N,N-diethyl-3-methylbenzamide (PC)	100 ^A	100 ^A

¹⁾Values are mean \pm SD (n=3). Data with same superscript letters in the same row are not significantly different ($p < 0.05$).

휘발성분 실험결과

식물 각각의 휘발성분을 분석한 결과 5종 모두 아세톤, 이소뷰티랄데하이드, 이소아밀알코올, 부탄올, 2-메틸-1-부탄올, 펜탄올 성분이 검출되었다. 휘발성분은 애플민트에서 총 28 종이, 개다래에서 총 19 종이, 개똥쑥에서 총 27 종이, 개박하에서 총 26 종이, 민들레에서 총 19 종이 검출되었다. 개박하에서는 락톤류인 네페탈락톤을 확인하였다(Table 4).

Park et al. (2009)이 쑥의 처리조건에 따른 휘발성 성분 분석 결과에서 확인한 주요 휘발 성분인 헥사날, 유칼립톨, 카리오필렌, n-코사네인, d-캄퍼를 본 연구에서도 확인하였다. 개박하에는 네페탈락톤 성분이 존재하며 이는 모기기피 효과가 있는 것으로 알려져 있어(Uenoyama et al., 2021), UPLC-MS/MS를

이용하여 정량 분석하였다.

네페탈락톤 정량결과

모기기피제로 유효성이 가장 높았던 개박하의 메탄올 추출물을 에탄올에 녹인 후 UPLC-MS/MS를 이용하여 네페탈락톤 성분을 정량하였다. 정량결과 개박하의 메탄올 추출물에는 27.95 ± 0.05 mg/Kg의 네페탈락톤 성분이 있음을 확인하였다(Fig. 1).

개박하 내 네페탈락톤을 정량한 이전 연구에서는 HPLC-UV와 HPLC-MS로 정량하여, 분석 조건에 따라 $0.00114\text{-}0.655$ mg/mL을 확인하였다(Wang et al., 2007). 본 연구와 차이는 물질의 추출방법과 분석방법의 차이에 따른 결과로 생각된다.

Table 4. Volatile components in the plants

Classification	Volatile compound	Peak area(%)				
		<i>Mentha suaveolens</i>	<i>Actinidia polygama</i>	<i>Artemisia annua</i>	<i>Nepeta cataria</i>	<i>Taraxacum platycarpum</i>
Acids	Acetic acid	-	3.51	24.38	12.39	1.38
	Hydrogen azide	-	0.47	-	-	-
Alcohols	1-Penten-3-ol	-	0.54	-	-	-
	1-Pentanol	-	-	-	0.27	0.41
	1, 5-Hexadien-3-ol	-	-	-	0.96	-
	2, 5-Hexadine-3-ol	-	-	-	-	1.01
	(E)-2-Octen-1-ol	0.61	-	-	-	-
	(E)-2-penten-1-ol	0.03	-	-	-	-
	3-Hexen-1-ol	-	-	0.40	-	-
	bicyclo[3,1,0]hexan-3-ol	-	-	1.42	-	-
	Isopentane	2.45	-	-	-	-
	2-Methyl-1-butanol	0.83	3.75	2.65	4.19	7.62
	Isoamyl alcohol	1.80	8.02	2.80	5.93	11.28
	Ethyl alcohol	-	4.23	0.80	0.87	1.29
	Glycidol	-	-	-	24.81	-
	Methyl alcohol	1.33	-	17.92	-	13.64
	Pentanol	0.09	0.82	0.62	0.85	8.37
Aldehydes	1-Propanol	-	-	-	0.47	-
	2-Hexenal	-	1.79	-	-	-
	Acetadehyde	0.43	45.29	-	-	3.27
	Benzaldehyde	-	-	0.46	-	-
	Hexanal	-	1.91	3.09	2.10	3.17
	Propanal	-	1.78	-	1.68	1.63
	Isobutyraldehyde	3.05	5.36	2.90	11.06	9.06
Alkanes	4-Octyne	-	0.46	-	-	-

Table 4. Continued

Classification	Volatile compound	Peak area(%)				
		<i>Mentha suaveolens</i>	<i>Actinidia polygama</i>	<i>Artemisia annua</i>	<i>Nepeta cataria</i>	<i>Taraxacum platycarpum</i>
Esters	1-Octenyl acetate	3.82	-	-	-	-
	3-octyl acetate	0.26	-	-	-	-
	2-Methylbutanoic acid	4.00	-	-	-	-
	Dimethyl sulfide	10.21	1.39	-	0.56	29.70
	Pentyl formate	0.02	-	-	-	-
	Ethyl isobutyrate	0.51	-	-	-	-
	Methyl acetate	-	-	5.70	1.19	0.68
	Isobornyl formate	-	-	0.42	-	-
Ethers	Allyl ether	-	-	-	0.27	-
	Anethole	-	-	0.27	-	-
	Ethyl ether	0.61	-	-	-	-
	Eucalyptol	-	-	7.51	18.94	-
Furans	2-Ethylfuran	-	3.00	0.39	0.56	-
Hydrocarbons	1,3,3-Trimethylcyclopropene	-	0.65	-	-	-
	1R- α -Pinene	6.51	-	4.38	-	-
	1-Hexen-3-yne, 2-tert-butyl	-	-	0.64	-	-
	3-Undecyne	-	-	-	0.15	-
	α -Phellandrene	0.50	-	-	-	-
	Sabinene	-	-	-	0.60	-
	L- β -Pinene	1.86	-	-	-	-
	Benzocyclobutene	0.38	-	-	-	-
	Caryophyllene	-	-	0.39	0.44	-
	b-Myrcene	3.34	-	-	-	-
	b-Pinene	4.36	-	-	-	-
	Camphene	-	-	1.90	-	-
	Chromethane	-	-	0.39	0.56	2.68
	cis-Muurola-3, 5-diene	-	-	-	0.30	-
	Terpinolene	4.27	-	-	-	-
	d-Limonene	19.08	-	-	-	-
	n-Hexane	-	12.66	7.98	-	-
	o-Cymene	-	-	0.69	-	-
	trans-b-Ocimene	2.86	-	-	-	-
	β -Curcumene	-	-	-	-	0.69
γ -Terpinene	0.47	-	-	-	-	
Ketones	2-3-Butanedione	-	-	-	0.83	0.65
	2-Butanone	-	-	-	-	0.61
	Eucarvone	-	0.50	-	-	-
	d-Camphor	-	-	8.77	-	-
	Acetone	1.19	3.87	1.57	2.67	2.87
	Dihydrocarvone	25.13	-	-	-	-
	3-Methylcyclopentanone	-	-	-	0.58	-
	Pinocarvone	-	-	0.95	-	-
Lactones	Andrographolide	-	-	0.61	-	-
	Nepetalactone	-	-	-	6.78	-
Total		100	100	100	100	100

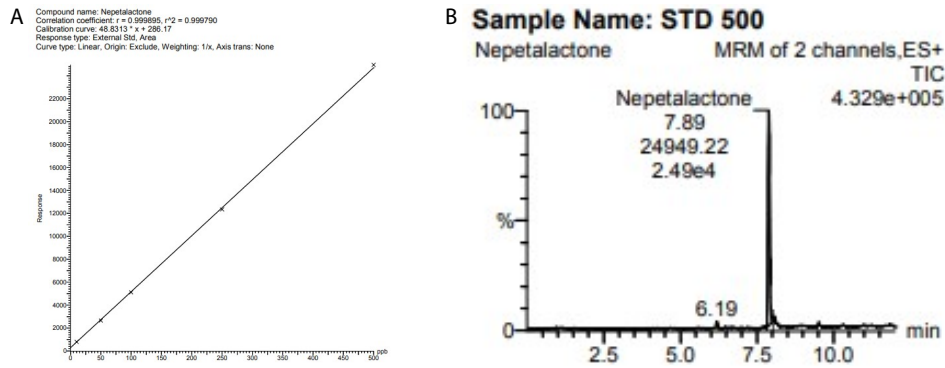


Fig. 1. Standard curve of Nepetalactone by UPLC-MS/MS. A. Calibration curve, B. Retention time

결론

식물 5 종 추출물은 흰줄숲모기에 대한 모기기피제로서의 유효성이 있으나, 기피제로서 중요한 과제인 지속시간이 짧아 모기기피제로서의 활용성에 의문은 있지만, 재료로서의 가능성은 제시한다. 모기기피제로 활용하기 위해서는 많은 기술적 문제점을 해결해야 하며, 앞으로 기피 활성을 나타내는 성분의 규명과 그들의 안전성에 대한 연구가 더 필요할 것이라고 판단된다(Choi and Yang, 2002).

사사

본 논문은 경상북도 보건환경연구원 지원에 의해 이루어진 것이며, 논문 교정 및 실험에 도움을 주신 김종식 교수님과 대구한의대학교 정지욱 교수님께 감사의 인사를 드립니다.

저자 직책 & 역할

박성익: 경상북도 보건환경연구원, 보건연구사; 실험설계, 실험수행 및 논문작성

박정주: 경상북도 보건환경연구원, 보건연구사; 실험설계

김단비: 경상북도 보건환경연구원, 보건연구사; 실험수행

문나영: 경상북도 보건환경연구원, 보건연구사; 실험설계 및 실험수행

신지윤: 경상북도 보건환경연구원, 보건연구사; 실험수행

차성경: 경상북도 보건환경연구원, 보건연구사; 실험수행

김사라: 경상북도 보건환경연구원, 공무원; 실험수행

김종식: 안동대학교, 교수; 논문교정

손동철: 경상북도 보건환경연구원, 보건연구관, 논문교정

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였음.

Literature Cited

- Birkett, M.A., Hassanali, A., Høglund, S., Pettersson, J., Pickett, J.A., 2011. Repellent activity of catmint, *Nepeta cataria*, and iridoid nepetalactone isomers against Afrotropical mosquitoes, ixodid ticks and red poultry mites. *Phytochemistry* 72, 109-114.
- Choi, H.Y., Yang, Y.C., 2002. Repellent activity of aromatic medicinal plant extracts against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Korean J. Sanitation* 17, 110-114.
- Chung, D.H., Lee, W.G., Shin, E.H., 2015. Forecast of *Culex tritaeniorhynchus* as temperature change. *JKDAS* 17, 117-125.
- Chung, M.H., 2009. Dengue fever. *Korean J. Med.* 77, 165-170.
- Curtis, C.F., Lines, J.D., Lu, B.L., Renz, A., 1990. Natural and synthetic repellents. CRC Press, Inc, Florida, pp. 75-92.
- Gkinis, G., Michaelakis, A., Koliopoulos, G., Ioannou, E., Tzakou, O., Roussis, V., 2014. Evaluation of the repellent effects of *Nepeta parnassica* extract, essential oil, and its major nepetalactone metabolite against mosquitoes. *Parasitol. Res.* 113, 1127-1134.
- Harbach, R.E., 2007. The Culicidae (Diptera): a review of taxonomy, classification and phylogeny. *Zootaxa* 1668, 591-638.
- Isman, M.B., 1995. Leads and prospects for the development of new botanical insecticides. *Rev. Pestic. Toxicol.* 3, 1-20.
- Kamimura, K., 1968. The distribution and habitat of medically important mosquitoes of Japan. *Jap. J. Sanit. Zool.* 19, 15-34.
- Kim, D.M., Roh, B.Y., Heo, J.H., Lee, W.G., Yang, S.C., Lee, D.K., 2018. Seasonal prevalence of mosquitoes collected from light traps in Gyeongsangnam province, Republic of Korea (2013-2014). *Entomol. Res.* 48, 437-445.
- Kim, J.K., Kang, C.S., Lee, J.K., Kim, Y.R., Han, H.Y., Yoon, H.K., 2005. Evaluation of repellency effect of two natural aroma mosquito repellent compounds, citronella and citronellal. *Entomol. Res.* 35, 117-120.
- Kim, Y.G., Sajjadian, M., Shabbir, A., 2020. Control efficacy of BtPlus against two mosquitoes, *Aedes koreicus* and *Culex vagans*. *Korean J. Appl. Entomol.* 59, 41-54.

- Kim, Y.K., Lee, C.M., Lee, J.B., Bae, Y.S., 2012. Seasonal prevalence of mosquitoes and ecological characteristics of anopheline larval occurrence in Gimpo, Gyeonggi province, Republic of Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 51, 305-312.
- Koren, G., Matsui, D., Bailey, B., 2003. DEET-based insect repellents: safety implications for children and pregnant and lactating women. *CMAJ* 169, 209-212.
- Lee, S.H., 2017. Guidelines for evaluating the effectiveness of mosquito repellents, Ministry of Food and Drug Safety.
- Lindsay, L.R., Surgeoner, G.A., Heal, J.D., Gallivan, G.J., 1996. Evaluation of the efficacy of 3% citronella candles and 5% citronella incense for protection against field populations of *Aedes* mosquitoes. *J. AM. Mosq. Control Assoc.* 12, 293-294.
- Park, M.H., Kim, M.J., Cho, W.I., Chang, P.S., Lee, J.H., 2009. Effect of Treatments on the Distribution of Volatiles in *Artemisia princeps* Pampan. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41, 587-591.
- Park, S.H., Oh, H.W., Kwon, H.R., Seo, M.J., Yu, Y.M., Youn, Y.N., 2014. Insecticidal Activities of *Tussilago farfara* Extracts against *Culex pipiens pallens* and *Tetranychus urticae*. *KJOAS* 41, 177-185.
- Peterson, C., Coats J.R., 2001. Insect repellents - past, present and future. *Pesticide Outlook.* 12, 154-158.
- Rozendaal, J.A., 1997. Vector control. WHO, Geneva, pp. 7-177.
- Rueda, L.M., Rutledge, L.C., Gupta, R.K., 1998. Effect of skin abrasion on the efficacy of the repellent deet against *Aedes aegypti*. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 14, 178-182.
- Schmutterer, H., 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Ann. Rev. Entomol.* 35, 271-279.
- Shaema, V.P., Ansari, M.A., Razdan, R.K., 1993. Mosquito repellent action of neem (*Azadirachta indica*) oil. *J. AM. Mosq. Control Assoc.* 9, 359-360.
- Uenoyama, R., Miyazaki, T., Hurst, J.L., Beynon, R.J., Adachi, M., Murooka, T., Onoda, I., Miyazawa, Y., Katayama, R., Yamashita, T., Kaneko, S., Nishikawa, T., Miyazaki, M., 2021. The characteristic response of domestic cats to plant iridoids allows them to gain chemical defense against mosquitoes. *Sci. Adv.* 20, 7-10.
- Wada, Y., Oda, T., Mogi, M., Mori, A., Omori, N., Fukumi, H., Hayashi, K., Mifune, K., Shichijo, A., Matsuo, S., 1975. Ecology of Japanese encephalitis virus in Japan. II. The population of vector mosquitoes and the epidemic of Japanese encephalitis. *Trop. Med.* 17, 111-127.
- Wang, M., Cheng, K.W., Wu, Q., Simon, J.E., 2007. Quantification of nepetalactones in catnip (*Nepeta cataria* L.) by HPLC coupled with ultraviolet and mass spectrometric detection. *Phytochem. Anal.* 18, 157-160.
- White, G.B., 1989. Geographical distribution of arthropod-borne diseases and their principal vectors. 1. MALARIA, WHO/VBC/89.967, 7-20.
- Zhu, J., Zeng, X., 2006. Adult repellency and larvicidal activity of five plant essential oils against mosquitoes. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 22, 515-522.