

A Comparative Analysis of the Volatile Components of Agarwood from Vietnam and other Regions

Kwang Ho Jung¹, Keun-Jae Lee^{2*}

¹Department of Psychological Safety Management, Kwangwoon Graduate School of Business Administration, Seoul, Korea

²Department of Service Management, Kwangwoon Graduate School of Business Administration, Seoul, Korea

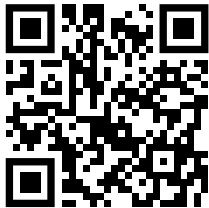
*Corresponding author: Keun-Jae Lee,
Department of Service Management,
Kwangwoon Graduate School of Business
Administration, 20 Kwangwoon-ro, Nowon-
gu, Seoul 01897, Korea
Tel.: +82 2 3676 0900
Fax: +82 2 3676 1515
Email: kjlee@howon.ac.kr

Received September 29, 2022

Revised November 26, 2022

Accepted December 06, 2022

Published December 30, 2022



Abstract

Purpose: The objective of this study was to evaluate the quality of five different types of agarwood from Vietnam and 4 other areas and analyze the volatile chemical components by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). We attempted to identify the ingredients that have previously been reported to have skin health benefits, and reviewed their potential future use as raw materials for natural cosmetics. **Methods:** The five sources of *Aquilaria crassna* (*A. crassna*) were from Vietnamese, Indonesian, Malaysian, Myanmar, and Cambodian agarwoods. The volatile chemical components of each agarwood were analyzed by GC-MS. The Vietnamese agarwood was selected as a standard by identifying *A. crassna* through DNA analysis. **Results:** GC-MS analysis revealed that 'sesquiterpene' was contained in all the agarwood samples. The four sesquiterpene components, italicene ether, epi- γ -eudesmol, δ -guaiane, and α -agarofuran were commonly detected in all agarwood samples. Eight simple volatile aromatic compound components (1-octanol, 4-(4-methoxyphenyl)-2-butanone, 4-phenyl-2-butanone, benzaldehyde, ethylbenzene, nonanal, octanal, and 2-ethyl-1-hexanol) were commonly detected. The sesquiterpene components, α -agarofuran, β -selinene, α -curcumene, and α -santalol have been reported to have anti-inflammatory, antioxidant, antibacterial, and anti-skin cancer properties, respectively. **Conclusion:** This study demonstrated a substantial difference in the quality of the volatile component composition in each of the four source areas other than *A. crassna* from Vietnam. Agarwood contains sesquiterpene, which has a unique fragrance and is beneficial for skin health, and it is expected to be utilized as a raw material for natural cosmetics and developed in the future as a functional cosmetic with high added value.

Keywords: Agarwood, *Aquilaria crassna*, Sesquiterpene, Skin health, GC-MS

Introduction

침향은 침향나무에서 얻는 식물성 향료로 한자명은 물에 가라앉는다는 뜻의 '沈香'이며 agarwood, aloes, aloeswood, eaglewood 등으로 불린다. 침향나무 가지가 꺾여 부러지거나 상처 난 부위를 중심으로 수지(樹脂, resin)가 분비되고 축적되어 굳어진 부분을 침향이라고 한다. 팔꽃나무과(*Thymelaeaceae*)에 속하는 침향나무는 *Aquilaria crassna*, *A. malaccensis*, *A. sinensis* 등 21종이 알려졌고, 베트남을 중심으로 인도네시아, 말레이시아, 미얀마, 캄보디아 등 아열대 기후의 동남아시아 국가에 분포하며 현재는 *Aquilaria* 종 모두

CITES (국제멸종위기동물협약) 부속서 II에 속하여 전세계적으로 보호받고 있다(Naef, 2011). 기원전부터 침향은 독특한 향기로 인해 그 자체를 향으로 사용해왔고 신성하고 귀한 대접을 받는 고급 향료로 종교단체의 제사, 왕실의 행사 등에 사용되었다. 또한 약재로도 사용되었는데 중국, 한국 등 동북아시아 지역의 전통의학에서는 침향을 진해, 건위, 정장, 진정 효과가 있다고 하고, 인도의 아유르베다를 비롯한 말레이시아, 필리핀 등 동남아시아의 민간요법에서는 류마티즘, 관절염, 신체 통증, 천식 등 염증성 질환 치료에 사용하거나 강장제, 안정제 등으로도 사용했다. 이 외 아랍에서는 내빈을 환영하는 뜻으로 침향을 향료에 피워 내고 일본에서는 침향을 즐기는 전통

문화가 전해지는 등 오래 전부터 다양한 문화권에서 다양한 용도로 사용되어 왔다(Hashim *et al.*, 2016; Kim *et al.*, 1997). 최근에는 프랑스, 이탈리아 등 주요 유럽 국가와 동남아시아, 중동, 일본 등에서 주로 소비되며, 침향은 품질에 따라 낮은 등급은 kg당 100 USD에서 100,000 USD 이상의 고가에 거래된다(Naef, 2011). 침향을 추출한 향료는 오드(oud) 향이라고도 하여 향수나 화장품으로 이용하는 데 지속시간이 아주 길어 몸에 뿌린 후 일주일 이상 지속되는 특징이 있다. 오드는 1 kg에 10만 유로에 달하는 아주 고가이지만 2000년대 이후 향수 산업의 고급화 추세에 따라 거의 대부분의 향수회사에서 오드향을 생산한다고 한다(quoted in Song, 2020).

침향의 효능에 대한 연구는 추출물의 항알러지, 항염증, 진통, 항산화, 심장보호, 항비만 활성에 영향을 주는 궤장의 지방분해 효소를 저해하는 효능, 면역 증진 효능 등이 보고되었고, 침향 오일은 항암, 항균, 신경안정 효능이, 침향을 전기 향료로 피워서 향기를 흡입한 성인에서 스트레스 감소와 진정 효과가 보고되었다(Hashim *et al.*, 2016; Ji *et al.*, 2021; Kim *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 2015; Park & Weon, 2021). 특히 피부 효능에 있어서 침향의 80% 에탄올 추출물은 미백 증진, 주름개선을 나타냈고, 표고버섯과 침향 1:1 혼합 추출물은 자외선에 의해 손상된 피부세포의 DNA를 안정화시키고 알려지성 접촉 피부염에서 면역을 안정시키는 효과가 보고되었다(Kim *et al.*, 2015; Park & Kim, 2019).

침향의 주요 성분은 sesquiterpene 및 phenylethyl chromone 유도체 외에 monoterpene, 기타 단순 휘발성 방향족 화합물(simple volatile aromatic compound; SVAC) 등을 포함한다(Naef, 2011). 또한 침향은 불에 태우거나 열을 가하면 신비로운 향기를 내는 특징이 있는데, 성분 분석결과 9,11-eremophiladien-8-one, dihydrokaranone (dehydrofukinone), karanone 등 sesquiterpene 성분 외에 benzaldehyde, 달콤한 향기를 나타내는 vanillin 등 침향에 함유된 다양한 방향성 성분들의 조화로움으로 구성된다고 보고된 바 있다(Ishihara *et al.*, 1993). Sesquiterpene은 테르펜(terpene)계 화합물의 일종으로 자연에 광범위하게 분포되어 있으면서 중추신경계에 영향을 미치고 항염, 항균, 항암 등의 활성을 나타내며, chromone 유도체는 항균, 항산화, 항말라리아, 신경보호, 항바이러스 등의 활성을 갖는 것으로 알려졌다(Liew, 2022; da Silveira e Sá *et al.*, 2015).

최근 피부에 자극이 없고 안전한 화장품에 대한 수요의 증가에 따라 식물 유래의 천연 화장품 수요가 증가하면서 글로벌 화장품 기업에서도 천연 화장품 점유율을 높이는 추세이다. 오랫동안 민간처방에서 약재로 사용되었던 소재들은 인체에 대한 효능과 부작용이 검증되었으면서 다양한 효능을 갖는 성분들이 풍부하게 존재하기 때문에 천연 화장품의 원료로 개발되고 있다. 또한 화장품법을 통해 피부 미백, 피부주름 개선, 자외선으로부터 피부 보호 등에 도움을 주거나 항염증, 비만 개선 등과 같은 의약품과 유사한 치료 활성에 해당하는 기능을 가지는 제품을 기능성 화장품이라고 정의하고 산업계에서는

이러한 기능성을 나타내는 다양한 소재를 개발하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다(Jeong, 2018). 침향은 앞서 언급하였듯이 전통적으로 약재나 향료로 사용되어 왔고 독특한 향기를 가지면서 다양한 활성 성분을 함유하고 있어서 기능성 화장품으로 개발이 기대된다. 또한 침향은 원료 자체가 고가이기 때문에 고부가가치 제품으로 개발하여 천연 화장품 시장에서 차별화된 위치를 가져갈 수 있을 것으로 본다.

침향을 화장품 원료로 활용하기 위한 연구는 아직 초기 단계로 보이며 본 연구자들은 원산지별 침향의 함유 성분을 분석하여 품질 기준 마련을 위한 기초 연구를 하는 한편, 피부 건강에 도움을 주는 성분을 검토해서 기능성 화장품으로 활용 가능성을 모색하였다. 품질 기준을 참고하기 위해 침향의 식품 및 의약품에서의 성분 기준을 찾아보았으나, 식품의약품안전처의 <생약규격집>에서는 '침향의 묽은 에탄올 엑스 18.0 % 이상, 건조감량 8.0 % 이하, 회분 2.0 % 이하'를 규정하고 있을 뿐 화학적 성분 기준에 대한 규정이나 가이드는 없었다. <본초강목>, <동의보감>등 고서에서 침향의 '물에 가라앉는' 특징을 기록하고 있으나, 우리나라를 비롯한 중국, 베트남 등 국가의 공정서에서 물에 완전히 가라앉는 것 만을 침향이라고 규정한 나라는 없으므로 보다 객관적인 품질 평가 기준의 필요성을 인식하게 되었다(Park & Kim, 2012). 국내에 유통되는 침향의 기원식물은 크게 세 가지로 구분되는데 각각의 품질에 대해서 전문가들 사이에서도 견해 차이가 있다. 최고 품질로 인정받는 종은 베트남산 *A. crassna Pierre* (또는 *A. agallocha Roxb.*)에서 나는 것으로 가장 고가이고, 인도네시아산 및 말레이시아산 침향은 *A. malaccensis Lam.*에서 주로 얻는데 품질이 베트남산보다는 못하지만 가격이 경제적이며, 중국 해남, 광둥지역에서는 *A. sinensis Lour.* 종에서 침향을 얻는데 이는 백목향(白木香)으로 불리며 침향 대용으로 사용된다(Shin *et al.*, 2011). 침향의 산지별 성분 비교연구는 GC-MS를 통한 성분 분석을 통해 *A. agallocha* (또는 *A. crassna*) 종으로 동정된 베트남산 침향 외에 미얀마산 및 인도네시아산 *A. malaccensis* 침향을 구분할 수 있는 지표물질로 β -selinene를 제시한 연구가 대표적이다(Park & Kim, 2019). 또 다른 연구에서는 인도네시아산 *A. malaccensis* 추출물에서 eudesmol 외에 플라보노이드 성분 genkwanin을 확인한 내용이 있다(Park & Kim, 2019). 이 외에 국내에서 침향의 산지별 차이에 대한 연구는 크게 이루어져 있지 않다.

이에 본 연구자들은 최고 품질의 침향 등급으로 알려진 베트남과 인근 4개국의 침향을 확보하고 GC-MS로 분석한 휘발성 성분의 비교, 대조를 통해 산지별로 침향의 품질 평가를 위한 지표물질로 제시할 수 있는 성분을 검토하고자 한다. 이와 별도로 침향에서 검출된 성분 중에 항염증, 항산화, 멜라닌 형성 억제, 항균, 항알러지, 항암 등 피부 보호 및 건강과 연관된 효능이 보고된 성분을 확인하여 피부 개선 기능성 화장품의 소재로 침향의 활용 가능성에 대해 고찰해보고자 한다.

Methods

1. DNA 분석

베트남 하띤성(Hà Tĩnh Province) 지역에서 자생하는 침향나무의 잎을 채취하여 DNA 분석 전문기관인 miDNA유전체연구소(전북 군산시)에 2019년 11월 분석을 의뢰하였다. 해당기관에서는 ITS (internal transcribed spacer) DNA와 엽록체 DNA의 trnF-L DNA 구간을 증폭하여 염기서열을 분석하고, 그 결과를 NCBI 유전자은행에 보고된 종들과 비교하여 시료의 종을 확인하였다.

1) DNA 분석방법

(1) DNA 추출

침향나무의 잎을 5 mm씩 잘라 0.05 g을 DNA 추출용 시료로 사용하였으며 Phillips & Simon 방법으로 CTAB buffer를 이용하여 DNA를 추출하였다. 시료에 CTAB buffer 500 µL와 5 µL β-mercaptoethanol을 혼합하고 65°C에서 30 min 간 반응을 시켰다. CIA (chloroform:isoamyl alcohol, 24:1)로 2회 처리하고 원심분리해서 핵산이 포함된 상층액을 취하고 silica magnetic bead로 핵산을 분리하였다. Bead를 70% ethanol 500 µL로 2회 세척하고 건조시킨 후 50 µL의 TE buffer에 핵산을 용출시켰다.

(2) DNA 증합효소연쇄반응(PCR)

PCR 반응물의 조성은 주형 DNA 10ng, 1 unit hot-start Taq polymerase 2 µL의 10X PCR buffer, 2 mM MgCl₂, 0.2 mM dNTP, 각 5 pM의 primer 쌍을 혼합하고 증류수를 넣어 총량 20 µL로 혼합하였다. ProFlex PCR system에서 94°C에서 10 min 간 perdenaturation 시킨 후 94°C에서 20 s, 55°C에서 20 s, 72°C에서 1 min으로 설정하여 30 cycle 수행하고 72°C에서 1 min으로 설정하여 30 cycle 수행하고 72°C에서 10 min간 final extension 하였다. 반응물은 1% 아가로스 겔에서 전기영동하여 PCR 증폭 여부를 확인하였다.

(3) 염기서열 해독(sequencing)

젤 정제된 DNA 10 ng, 2 µL 5x sequencing buffer, 한쪽 방향의 primer 3.75 pM 그리고 BigDye 3.1을 혼합하여 98°C 5 s, 50°C 5 s, 60°C 4 min의 조건으로 25 cycle을 수행하였다. BigDye cycling PCR 후 Magnesil Green (Promega, USA) 100 µL를 넣어 정제 후 20 µL의 증류수에 dye-termination 된 핵산 단편들을 용출시켰다. 모세관 전기영동장치인 Applied Biosystems 3130xl (ThermoFisher scientific, USA) 자동염기서열분석 장치를 사용하였으며 모세관 전기영동 매질은 POP-7™ polymer를 사용하고 36 cm 길이의 모세관을 사용하여 분석하였다.

(4) 데이터의 분석

염기서열이 해독된 데이터 forward 방향과 reverse 방향의 염기서열을 토대로 하나의 완성된 contig 염기서열을 만든 후 식물 종을 결정하기 위해 유전자은행(NCBI) Blast 검색으로 이미 보고된 식물 종들과 염기서열 일치 정도를 비교분석 하였다.

2. 침향의 휘발성 성분 분석

1) 시료

본 성분분석 실험에 활용한 시료 Sample 1-5 (시료1-5)는 베트남 침향협회(Vietnam Agarwood Association)를 통하여 구입하였다.

- Sample 1 (시료 1): 베트남산 침향 (*A. crassna* Pierre 침향나무로 추정)
- Sample 2 (시료 2): 인도네시아산 침향
- Sample 3 (시료 3): 말레이시아산 침향
- Sample 4 (시료 4): 캄보디아산 침향
- Sample 5 (시료 5): 미얀마산 침향

2) 성분 분석 기기 및 조건

침향의 산지별 성분을 분석하기 위하여 7890B Gas Chromatography & 5977B Mass Spectrometer Detector (Agilent

Table 1. Gas chromatography mass spectrometry analysis conditions of the chemical composition of agarwood volatile components

| GC-MS | Agilent 7890B Gas Chromatography & 5977B Mass Spectrometer Detector |
|------------------------|---|
| Method | SPME, fiber CAR/DVB/PDMS gray |
| Column | DB-WAX 60 m × 250 µm × 0.25 µm |
| Oven temperature | 40°C/2 min → 2°C/min → 220°C → 20°C/min → 240°C/5 min |
| Run time | 98 min |
| Injector temperature | 250°C |
| Split | 20:1 |
| Carrier gas | He, flow 1 mL/min |
| Sampler | SPME-STD-v3.0 |
| Incubation time | 20 min |
| Incubation temp. | 70°C |
| Sample extraction time | 30 min |

Technologies, USA)를 사용하여 정성(定性)분석을 실시하였다. 시료 중 휘발 성분의 분석은 Solid Phase Micro-extraction (SPME, 고체상 미세추출법)을 사용하였다. 시료 1-5의 분석에 사용한 기기, 분석법 및 분석 조건은 다음 Table 1과 같다. 2019년 8월에는 인도네시아, 말레이시아산, 캄보디아산, 미얀마산을 분석하였고(각각 시료 2,3,4,5), 2020년 10월에는 베트남산 침향(시료 1)을 분석하였다.

Results & Discussion

1. 베트남산 침향나무의 DNA 종 감별 분석

DNA 염기서열해독 결과 베트남 하편성 지역에서 채취한 침향나무의 잎의 계놈 ITS DNA와 엽록체의 trnF-L DNA는 NCBI 유전자은행에 보고된 *A. crassna*와 100% 일치하였고, 인접한 종인 *A. sinensis*와 *A. malaccensis*와는 확연한 차이를 나타내는 결과를 확인

Table 2. Previously reported chemical components in agarwood from Vietnam and other regions

| Source or origin | Sesquiterpene name | SLVC name | Ref. |
|---|---|---|------|
| Vietnamese agarwood (<i>A. agallocha</i> (= <i>A. crassna</i>)) extract | β-Agarofuran, agarospirol, jinkoh-eremol, kusunol, oxo-agarospirol, nor-ketoagarofuran, dihydrokaranone | - | A |
| Indonesian agarwood (<i>A. malaccensis</i>) extract | α-Agarofuran, agarospirol, jinkoh-eremol, kusunol, oxo-agarospirol, (-)-10-epi-γ-eudesmol, jinkohol, jinkohol II | - | |
| Vietnamese agarwood (<i>A. agallocha</i> (= <i>A. crassna</i>)) | α-, β-, and γ-eudesmol, β-selinene, nootakatone, etc. | Hexadecane, heptadecane, octadecane, etc. | |
| Myanmar agarwood (Unknown) | α-, β-, and γ-Eudesmol, β-selinene, valerianol, elemol, etc. | Hexadecane, etc. | B |
| Indonesian agarwood (<i>A. malaccensis</i>) | α-, β-, and γ-Eudesmol, α-selinene, β-selinene, α-curcumene, 7-epi-α-selinene, etc. | Hexadecane, octadecane, nonadecane, etc. | |
| Malaysian agarwood (<i>A. malaccensis</i>) | β-Maaliene, β-agarofuran, α-guaiene, α-bulnesene, α-elemol, guaia-1(10)-dien-9-one, nor-ketoagarofuran, dehydrojinkoh-eremol, agarospirol, jinkoh-eremol, kusunol, bulnesol, selina-3,11-dien-9-one, karanone | Benzaldehyde, 2-hydroxy-benzaldehyde, 4-phenyl-2-butanone | C |
| Agarwood (<i>A. crassna</i>) essential oil | β-Agarofuran, jinkoh-eremol, kusunol, karanone, dehydrojinkoh-eremol, nor-ketoagarofuran, valerianol, acorenone B, guaia-1(10),11-dien-15-ol, etc. | Isoamyl dodecanoate, benzaldehyde, heptanol, etc. | D |
| Agarwood (<i>A. malaccensis</i>) essential oil | β-Agarofuran, jinkoh-eremol, kusunol, karanone, dehydrojinkoh-eremol, guaia-1(10),11-dien-15-ol, etc. | Isoamyl dodecanoate, hexanal, benzaldehyde, heptanol, limonene, 1,8-cineole, etc. | |
| Vietnamese agarwood (<i>A. agallocha</i>) | β-Agarofuran, α-guaiene, α-bulnesene, (-)-guaia-1(10),11-dien-14-al, (-)-selina-3,11-dien-9-one, dehydrojinkoh-eremol, neopetasane, etc. | - | |
| Indonesian agarwood (<i>A. malaccensis</i>) | α-Agarofuran, α-guaiene, α-bulnesene, jinkoh-eremol, kusunol, (-)-10-epi-γ-eudesmol, jinkohol, etc. | - | E |
| Cambodian agarwood (<i>A. malaccensis</i>) | Oxoagarospirol, isoagarospirol, dihydrokaranone, karanone, etc. | - | |
| Vietnamese agarwood (<i>A. agallocha</i>) | α-Guaiene, β-agarofuran, α-bulnesene, agarospirol, jinkoh-eremol, kusunol, dihydrokaranone, nor-ketoagarofuran, guaia-1(10),11-dien-15-oic acid, karanone, etc. | Benzaldehyde, benzylacetone, anisaldehyde, vanillin, furfural, p-methylanisol, etc. | F |
| Agarwood of unknown origin (<i>A. sinensis</i>) | β-Agarofuran, kusunol, nor-ketoagarofuran, dihydrokaranone, agarospirol, sienofuranol, karanone, jinkoh-eremol, etc. | Enzaldehyde, benzylacetone, anisaldehyde, vanillin, furfural, p-methylanisol, etc. | |

※ Ref. : A (Yoneda *et al.*, 1983), B (Shin *et al.*, 2011), C (Ismail *et al.*, 2015), D (Pripdeevech *et al.*, 2011), E (Chen *et al.*, 2012), and F (Ishihara *et al.*, 1993).

하였다(Figure 1). 이 유전자 분석에 사용한 시료용 나뭇잎을 채취한 침향나무와 동일한 지역에서 얻은 침향이 시료 1이며, DNA 분석 결과에 따라 시료 1 베트남산 침향의 기원식물은 *A. crassna*로 확정하고 표준품으로 선정하였다.

2. 선행연구에서의 산지별 성분 분석 결과 비교

기 보고되어 있는 데이터베이스를 활용하여 다음의 선행 연구 결과 (1)–(6)을 바탕으로 본 연구의 침향 시료를 비교 분석하고자 아래와 같이 선행 연구별 침향 성분을 검토하였다(Table 2).

(1) 베트남 및 인도네시아산 침향 각각의 벤젠 추출물의 GC-

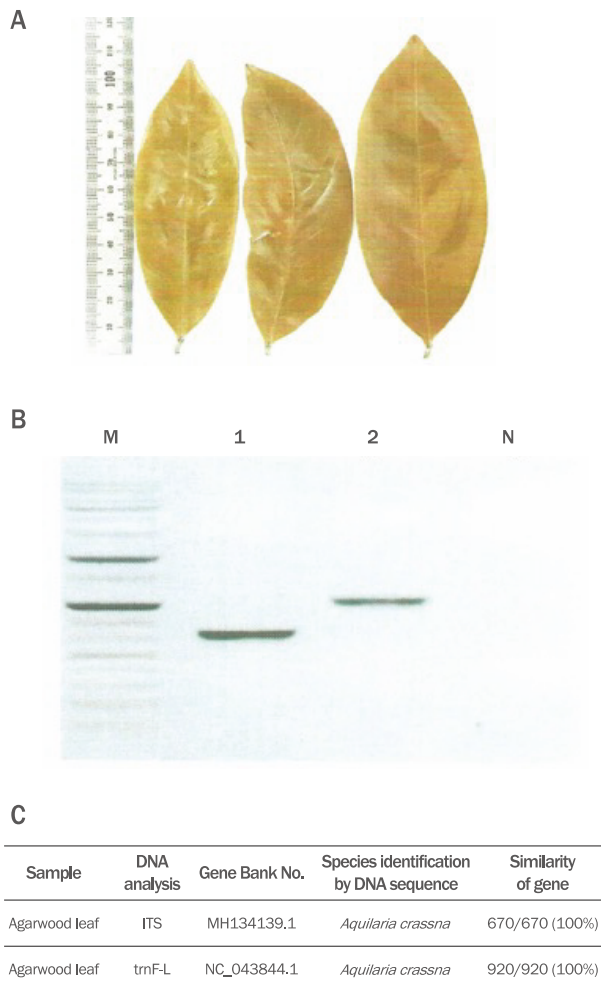


Figure 1. Result of agarwood leaves from Vietnam for DNA analysis.

(A) Leaf sample of agarwood tree from Vietnam for DNA analysis; (B) PCR amplification results of ITS and trnF-L DNA of each sample (M: 1Kb(+) marker, 1: ITS DNA, 2: trnF-L DNA, N: Negative control); (C) Comparative search results of NCBI gene bank of analyzed ITS DNA sequence of leaf sample of agarwood tree from Vietnam.

MS 분석결과 sesquiterpene이 주로 검출되었고, agarospirol, jinkoh-eremol, kusunol, oxo-agarospirol은 두 시료에서 모두 검출되었다. 베트남산은 β -agarofuran, nor-ketoagarofuran, dihydrokaranone, 인도네시아산은 α -agarofuran, (-)-10-epi- γ -eudesmol, jinkohol, jinkohol II이 각각 검출되었다 (Yoneda *et al.*, 1984).

(2) 인도네시아, 베트남, 미얀마 등 산지별 침향 수지에 대해 SPME 시험법으로 측정된 결과 베트남산 침향에서 최다성분은 sesquiterpene 성분인 β -selinene이었고, 미얀마산에서는 α -, β -, γ -eudesmol, β -selinene, valerianol, 인도네시아산에서는 α -selinene, β -selinene이 각각 최다 검출되었다. 최종적으로 침향 산지별 특성 감별을 위한 지표물질로 β -selinene을 제시하였다(Shin *et al.*, 2011).

(3) 말레이시아와 인도네시아의 주요 침향 품종인 *A. malaccensis*에서 benzaldehyde, 4-phenyl-2-butanone를 비롯한 SVAC와 β -maaliene, β -agarofuran, α -guaiene, α -bulnesene, dehydrojinkoh-eremol 등의 sesquiterpene이 보고되었다(Ismail *et al.*, 2015).

(4) 침향 *A. malaccensis*, *A. crassna* 품종별 에센셜 오일에 대하여 Gas Chromatography flame ionization detector (GC-FID) 및 gas chromatography-olfactometry (GC-O)로 분석한 결과 SVAC인 isoamyl dodecanoate가 가장 높게 검출되었고, sesquiterpene 성분은 두 품종 공통으로 β -agarofuran, jinkoh-eremol, kusunol, karanone, guaia-1(10),11-dien-15-ol 등이 검출되었으며, *A. crassna*에서는 selina-3,11-dien-14-ol, acorenone B, valerianol 등이 특징적으로 검출되었다. *A. malaccensis*에서는 hexanal, limonene, 1,8-cineole 등 SVAC가 특징적으로 검출되었다(Pripdeevech *et al.*, 2011).

(5) 침향의 주요 화학성분을 sesquiterpene, 2-(2-phenylethyl)-4H-chromen-4-one 유도체, aromatics, triterpenes 등으로 구분하고, *A. sinensis*, *A. malaccensis*, *A. agallocha* 품종에서 유래한 인도, 중국, 캄보디아, 인도네시아, 베트남 산지별 침향의 화학 성분 연구자료를 보고하였다(Chen *et al.*, 2012).

(6) 베트남산 침향 중에서 일본에서 최고 등급으로 분류하는 'kanakoh(kyara)'과 낮은 등급으로 분류하는 'jinkoh' 시료 각각에 불을 붙여서 발생한 연기를 GC-MS를 통해 성분 분석 하였다. Sesquiterpene 성분은 kanakoh에서 guaia-1(10),11-dien-15-oic acid가 가장 높게 검출되었고, jinkoh 및 kanakoh 공통으로 β -agarofuran, kusunol, nor-

ketoagarofuran, dihydrokaranone, agarospirol 등이 검출되었다. Sesquiterpene, aromatic, chromone 성분들의 면적 (peak area, %) 합의 비율을 비교했을 때, kanakoh는 약 7:2:1, jinkoh는 kanakoh는 3.9:6:0.1로 높은 품질의 침향인 kanakoh에는 sesquiterpene을 SVAC보다 많이 포함하고 있었다(Ishihara *et al.*, 1993).

3. 침향 시료 5 종의 휘발성 성분 분석

산지별 침향 시료 5 종을 GC-MS로 성분 분석하여 각각의 결과를 비교 분석하였다(Table 3). SPME 방법을 통해 시료를 분석하였기 때문에 침향 시료에 별도의 용매를 처리하지 않았으며, 극미량 존재하는 성분들까지도 분석할 수 있었다. 검출된 휘발 성분은 크게 sesquiterpene, monoterpene 및 SVAC의 3종류로 구분할 수 있었다.

1) Sesquiterpenes

(1) 베트남산 침향 *A. crassna*의 휘발 성분 특성 (시료 1)

베트남 침향협회(VAA)를 통해 구입한 베트남산 침향은 DNA 분석을 통해 *A. crassna* Pierre 종으로 동정한 다음 시료 1로 명명하고 표준품으로 정했다. GC-MS에 의해 분석한 결과 9-hydroxy-isolongifolene, 80.703 분, 8.513%이 시료 1에서 최다 검출되었다. 아토피 피부염 증상의 개선효과를 나타내는 valencene, 54.33 min, 0.174% 외에 germacrene D, 78.857 min, 1.447%, (3aR,3bR,6aR,7aR)-2,2,3b-trimethyl-4-methylene-decahydro-cyclopenta[a]pentalen-6a-ol, 74.312 min, 6.668%, (-)-aristolene, 78.252 min, 3.797%, (3aR,4R,7R)-1,4,9,9-tetramethyl-3,4,5,6,7,8-hexahydro-2H-3a,7-methanoazulen-2-one, 75.726 min, 1.624%, muurola-4,10(14)-dien-1,β-ol, 88.394 min, 3.73% 검출되었는데 이들은 시료 1에서만 특징적으로 검출된 성분이다(Yang *et al.*, 2016). 이 외에 뇌기능 개선효과 및 혈소판 응집을 억제하는 활성효과를 나타내는 δ-guaiene(α-bulnesene)이 72.609 min, 0.242% 검출되었고, 안정 및 진정효과가 있는 dehydrofukinone (dihydrokaranone)과 α-agarofuran이 각각 88.173 min, 7.931% 및 63.297 min, 0.154% 검출되었다(Hsu *et al.*, 2006; Liew, 2022). 피부암 예방 활성이 보고된 α-santalol은 74.859 min, 2.255%으로 5개 시료 중에서 가장 높게 나타났다(Kaur *et al.*, 2005).

베트남산 침향의 성분을 분석한 선행 연구와 비교하였을 때 dehydrofukinone이 시료 1에서 가장 높게 검출되었지만, 그 외에 베트남 침향의 대표성분으로 알려진 agarospirol을 비롯한 jinkoh-eremol, kusunol, oxo-agarospirol, β-selinene이나 일본에서 높은 등급으로 분류되는 베트남산 침향 kanakoh에서 검출된 guaia-1(10),11-dien-15-oic acid, β-agarofuran, nor-ketoagarofuran은 시료 1에서는 검출되지 않았다(Shin *et al.*, 2011; Yoneda *et al.*, 1984).

(2) 인도네시아산 침향의 향기성분 특성 (시료 2)

5-epi-aristolochene, 52.694 min, 8.271%과 α-eudesmol, 78.939 min, 1.543%이 시료 2에서만 특징적으로 검출되었고, 항알러지 활성이 보고된 β-eudesmol은 79.336 min, 6.667%로 시료 2에서 가장 높게 검출되었다(Han *et al.*, 2017). 선행연구는 인도네시아산 침향에서 α-selinene, 9.59%, β-selinene, 9.493% 함유하는 결과가 나왔으나, 시료 2에서는 두 성분 모두 검출되지 않았다(Shin *et al.*, 2011). 다른 연구에서 인도네시아산 *A. malaccensis* 침향 추출물의 성분 분석결과 지표성분으로 추정되었던 eudesmol 검출량이 미얀마산과 유사하게 확인되었다는 보고가 있다(Park & Kim, 2019). 이번 실험 결과에서는 인도네시아산에서 α-eudesmol, β-eudesmol, γ-eudesmol 모두 검출되었고, 미얀마산에서 β-eudesmol, γ-eudesmol, 캄보디아산에서 β-eudesmol이 검출되었으므로, eudesmol을 특정 산지를 구분하는 성분으로 보기는 어렵다고 사료된다.

(3) 말레이시아산 침향의 향기성분 특성 (시료 3)

시료 1-5에서 공통적으로 검출되는 성분인 α-agarofuran이 63.15 min, 15.808%로 5개 시료 중 가장 높게 검출되었다. Dihydro-cis-.alpha.-copaene-8-ol, 75.733 min, 2.116%, longifolene, 78.062 min, 7.648%, 1,4-dimethyl-7-(prop-1-en-2-yl)decahydroazulen-4-ol, 78.397 min, 1.108%, elemol, 72.418 min, 0.454%은 시료 3에서만 특징적으로 검출되었다.

(4) 캄보디아산 침향의 향기성분 특성 (시료 4)

시료 1-5에서 공통적으로 검출되는 성분인 italicene ether가 54.281 min, 16.242%로 시료 4에서 가장 높게 검출되었다. 이 외에 aromadendrene, 53.745 min, 1.168%, α-selinene, 78.051 min, 4.846%, valerianol, 78.655 min, 2.737%의 4종 성분은 시료 4의 특이한 패턴으로 검출되었다.

(5) 미얀마산 침향의 향기 성분 특성 (시료 5)

침향의 대표적인 sesquiterpene 성분으로 알려진 agarospirol이 76.949 min, 11.714%으로 5개 시료 중 가장 높게 검출되었다(Park *et al.*, 2011). Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene-, 78.681 min, 8.458%, neoisolongifolene 78.071 min, 6.964%가 시료 5에서 단독으로 검출되었고, baimuxinal이 96.373 min, 2.166%로 5개 시료 중에서 가장 높게 검출되었다. 선행연구의 미얀마산 침향에서는 α-, β-, γ-eudesmol을 20% 전후 함유하고 β-selinene, 1.608%, valerianol 4.076% 인 특성이 보고되었으나, 시료 5에서는 β-eudesmol, 1.555%, γ-eudesmol, 0.51% 검출되었고 α-eudesmol, valerianol은 검출되지 않았다(Shin *et al.*, 2011).

Table 3. Sesquiterpenes and simple volatile aromatic compound from agarwood samples identified by GC-MS (1/2)

| Components | Retention Time (min) | Peak area (%) | | | | | |
|--|---|---------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|----------|-----------------|
| | | Ref. | Sample 1 | Sample 2 | Sample 3 | Sample 4 | Sample 5 |
| Monoterpenes | | | | | | | |
| <i>d</i> -Limonene | 21.672 | D | | 0.092 | | | |
| trans- α -Bergamotene | 45.087 | D | | | | 0.272 | |
| (E)-1,3,6-octatriene, 3,7-dimethyl-, | 45.272 | | 0.035 | | | | |
| Bicyclo[2.2.1]heptane, 7,7-dimethyl-2-methylene- | 44.085 | - | 0.036 | | | | |
| 1,3,7-Octatriene, 3,7-dimethyl- | 87.977 | - | | | | | 0.359 |
| α -Phellandrene | 60.098 | D | | | | 0.264 | |
| Simple volatile aromatic compounds (SVAC) | | | | | | | |
| Heptanal | 20.953/20.89/20.898/-/- | D | 0.031 | 0.074 | 0.031 | | |
| <i>o</i> -Xylene | 20.816 | D | 0.119 | | | | |
| Furfural | 38.453 | D | | | | | 0.055 |
| Hexanal | -/14.962/14.976/-/14.98 | D | 0.021 | | 0.046 | 0.021 | |
| <i>o</i> -Xylene | 20.816 | D | 0.119 | | | | |
| Ethyl benzene | 17.417/17.357/17.362/ 17.369/17.288 | - | 0.118 | 0.134 | 0.072 | 0.048 | 0.049 |
| Octanal | 27.586/27.492/27.495/27.493/ 27.482 | - | 0.109 | 0.282 | 0.099 | 0.048 | 0.026 |
| 2-Nonanone | 34.082/-/33.981/-/- | D | 0.023 | | 0.025 | | |
| Nonanal | 34.349/34.234/34.233/ 34.233/34.222 | D | 0.091 | 3.041 | 0.288 | 0.413 | 0.104 |
| 2-Ethyl-1-hexanol | 40.637/40.555/40.559/ 40.554/40.548 | D | 0.13 | 1.209 | 0.178 | 3.360 | 0.062 |
| Acetophenone | -/49.706/-/49.707/49.703 | D | | 3.678 | | 2.520 | 0.618 |
| Benzaldehyde | 42.272/42.112/41.745/ 42.112/42.109 | C, D, F | 0.299 | 8.507 | 0.273 | 2.736 | 2.012 |
| 1-Octanol | 44.788/44.702/44.705/44.701/ 44.698/ | D | 0.085 | 0.365 | 0.097 | 0.107 | 0.043 |
| 4-Phenyl-2-butanone | 61.332/61.145/61.149,68.185/ 61.145/61.152 | C, D | 0.429 | 5.239 | 3.925, 0.368 | 2.971 | 3.929 |
| 4-(4-methoxyphenyl)-2-butanone | 82.001/81.789/81.787/ 81.784/81.791 | - | 0.152 | 0.505 | 0.170 | 0.247 | 0.307 |
| Diethyl phthalate | -/85.288/85.297/85.289/85.291 | - | | 6.202 | 11.18 | 7.167 | 6.183 |
| Sesquiterpenes | | | | | | | |
| Cyperene | 42.729, 48.004/-/-/42.52 | - | 0.213, 0.134 | | | | 0.071 |
| β -Caryophyllene | 46.925/-/ 86.436/ 76.518/- | | 0.086 | | 0.142 | 0.685 | |
| α -Guaiene | -/-/46.396/-/46.39 | C, D, E, F | | | 0.268 | | 0.081 |
| β -Elemene | 46.508, 71.24, 71.748 | D | 0.371, 0.515, 0.033 | | | | |
| γ -Selinene | 48.71, 49.278, 52.368/52.155, 54.013, 78.653/-/-/- | B | 0.025, 0.095, 0.261 | 0.440, 0.414, 0.179 | | | |
| β -Selinene | -/-/76.046/49.972/49.563, 53.281 | B | | | 0.167 | 0.059 | 0.027, 0.043 |
| (4R,4aS,6S)-4,4a-Dimethyl-6-(prop-1-en-2-yl)-1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydronaphthalene | 51.793/-/-/51.595/51.569 | - | 3.124 | | | 7.312 | 0.325 |
| 5-epi-Aristolochene | 52.694 | - | | 8.271 | | | |
| δ -Guaiene(= α -bulnesene) | 72.609/72.419/53.13, 53.556/53.563/53.561/ | B, D, E, F | 0.242 | 0.289 | 0.047, 1.168 | 1.18 | 0.519 |

Table 3. Sesquiterpenes and simple volatile aromatic compound from agarwood samples identified by GC-MS (2/2)

| Components | Retention Time (min) | Peak area (%) | | | | | |
|--|---|---------------|---------------------------|----------|-----------------|----------|------------------|
| | | Ref. | Sample 1 | Sample 2 | Sample 3 | Sample 4 | Sample 5 |
| Germacrene D | 53.368, 78.857 | - | 0.036, 1.447 | | | | |
| Aromadendrene | 53.745 | - | | | | 1.168 | |
| Dihydroagarofuran | 54.182, 57.104/-/53.949, 79.407/ 53.966/53.988, 56.916 | D, E | 0.903, 0.080 | | 1.782, 1.658 | 2.014 | 2.862, 0.135 |
| Valencene | 54.33 | B | 0.174 | | | | |
| Italicene ether | 54.452/54.253/54.261/ 54.281/54.279 | - | 1.473 | 2.100 | 4.923 | 16.242 | 6.771 |
| α -Curcumene | 56.923/56.698/56.714/-/56.701 | B, E | 1.007 | 0.259 | 0.275 | | 0.180 |
| 4a,5-Dimethyl-3-(prop-1-en-2-yl) 1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydronaphthalen-1-ol | 61.581/-/61.346/61.344 | - | 1.917 | | | 0.586 | 0.072 |
| α -Agarofuran | 63.297/63.107/63.15/63.111/63.12 | A, D, E | 0.154 | 0.129 | 15.808 | 0.841 | 3.358 |
| Elemol | 72.418 | B, C | | | 0.454 | | |
| Epi- γ -eudesmol | 73.814/73.608/73.624/73.617 /73.630 | A, E | 0.566 | 0.537 | 5.21 | 0.950 | 5.688 |
| Cedrol | -/74.221/74.222/74.225/- | B | | 1.132 | 0.081 | 0.302 | |
| (3aR,3bR,6aR,7aR)-2,2,3b-Trimethyl-4-methylene-decahydro-cyclopenta[a]pentalen-6a-ol | 74.312 | - | 6.668 | | | | |
| α -Santalol | 74.859/-/74.669/- | - | 2.255 | | | 1.075 | |
| (3aR,4R,7R)-1,4,9,9-Tetramethyl-3,4,5,6,7,8-hexahydro-2H-3a,7-methanoazulen-2-one | 75.726 | - | 1.624 | | | | |
| Dihydro-cis- α -copaene-8-ol | 75.733 | - | | | 2.116 | | |
| γ -Eudesmol | -/76.582/-/76.601 | B | | 1.214 | | | 0.510 |
| Agarospirol | -/76.912/76.915/76.918/ 76.949, 77.497 | A, C, D, E | | 1.748 | 1.265 | 2.842 | 11.714, 0.414 |
| α -Selinene | 78.051 | B | | | | 4.846 | |
| Longifolene | 78.062 | - | | | 7.648 | | |
| Neoisolongifolene | 78.071 | - | | | | | 6.964 |
| (-)-Aristolene | 78.252 | - | 3.797 | | | | |
| 1,4-Dimethyl-7-(prop-1-en-2-yl) decahydroazulen-4-ol | 78.397 | - | | | 1.108 | | |
| Valerianol | 78.655 | B | | | | 2.737 | |
| Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-methyl-9-methylene- | 78.681 | - | | | | | 8.458 |
| α -Eudesmol | 78.939 | B | | 1.543 | | | |
| β -Eudesmol (β -Selinol) | -/79.336/-/79.341/79.346 | B | | 6.667 | | 1.446 | 1.555 |
| 9-Hydroxy-isolongifolene | 80.703 | - | 8.513 | | | | |
| Methyl isocostate | 82.916/-/82.685 | - | 1.611 | | | | 0.567 |
| Eremophilone | 84.275 | - | 1.502 | | | | |
| Dehydrofukinone (Dihydrokaranone) | 87.758, 88.173, 88.961/- /88.781/88.770/- | A, E, F | 1.987, 7.931, 4.812 | | 0.100 | 3.137 | |
| Muurolo-4,10(14)-dien-1. β -ol | 88.394 | - | 3.730 | | | | |
| Baimuxinal | 96.517/-/96.366/-/96.373 | E | 0.565 | | 0.346 | | 2.166 |

The selected components mentioned as standard markers in the reference were compared with the component analysis results for each sample. It was reviewed whether there were previous reports of agarwood component analysis in prior studies (Ref. A-F). Sample 1, Vietnamese agarwood (*A. crassna*); Sample 2, Indonesian agarwood; Sample 3, Malaysian agarwood; Sample 4, Myanmar agarwood; Sample 5, Cambodian agarwood. * Ref. : A (Yoneda *et al.*, 1983), B (Shin *et al.*, 2011), C (Ismail *et al.*, 2015), D (Pripdeevech *et al.*, 2011), E (Chen *et al.*, 2012), and F (Ishihara *et al.*, 1993).

2) Monoterpenes

5종의 침향에서 공통적으로 검출된 monoterpene 성분은 없었고, 각각 시료당 검출되지 않거나 1-2종으로 0.5% 미만 검출되었다(Table 3). 레몬의 향기 성분에 함유된 d-limonene이 시료 2에서 0.092%, 시료 4에서 시트러스 향의 α -phellandrene, 0.264%, 나무 향의 trans- α -bergamotene, 0.272% 검출되었다(Pripdeevech *et al.*, 2011).

3) Simple volatile aromatic compounds (SVAC)

각 산지별로 다양한 방향족 화합물이 검출되었으며, 꽃향기, 허브 향 등을 나타내는 4-phenyl-2-butanone, 시트러스 향, 싱그러운 향의 1-octanol, 아몬드, 과일, 견과류향을 나타내는 benzaldehyde, 달콤한 메론향의 nonanal 등이 시료 1-5에 공통적으로 검출되었다(Table 3). 이 외의 각 시료에서 검출된 SVAC 중에서 hexanal은 풀향기, furfural은 아몬드 향, o-xylene은 달콤한 향, heptanal은 과일 향, 시트러스향, acetophenone은 달콤한 오렌지향 등을 나타낸다고 보고되었다(Pripdeevech *et al.*, 2011). 이러한 결과로 미루어 보아 다양한 향기를 가지는 SVAC의 조화가 침향의 향기에 영향을 미치는 것으로 사료된다. SVAC에 속하는 성분들은 대부분 알려진 활성이 없었고, 시료 1-5 공통으로 검출된 성분인 benzaldehyde는 항균활성 및 항염증 활성이 보고된 바 있다(Im, 2014). 한편, 베트남산 침향 A,

crassna 표준품으로 정한 시료 1을 제외하고 합성 유기 화합물로 알려진 diethyl phthalate (DEP) 성분이 시료 2-5에서 공통적으로 5% 이상 검출되었다. DEP는 무색, 무취의 성분으로 플라스틱을 부드럽게 하는 데 사용되는 가소제의 일종으로 천연에서 합성되지 않는 물질이며 내분비계 교란을 일으키는 환경호르몬으로 분류되는 성분이므로 주의 깊게 관찰이 필요한데, 침향 수지에는 어떤 경로로 DEP가 유입된 것인지는 알 수 없었다(Kim & Gye, 2017).

4) 성분 분석 결과 종합

베트남산 침향 A, *crassna* 표준품으로 정한 시료 1과 전체적인 크로마토그램을 비교한 결과 시료 2-5는 서로 다른 성분 패턴을 나타냈다. 시료 1-5에서 검출된 sesquiterpene 계열 성분 중에서 선행논문에서 보고된 β -agarofuran, jinkoh-eremol, nor-ketoagarofuran, kusunol, karanone 등은 검출되지 않았다(Table 2). 또한 베트남, 인도네시아, 미얀마에서 hexadecane, β -selinene, α -selinene, α -eudesmol, β -eudesmol의 5종 성분이 공통적으로 검출되었다고 보고되었으나 이번 연구에서는 일부 산지 시료에서만 검출되었고, agarospirol은 베트남산 침향의 대표성분으로 알려진 물질이지만 이번 분석 결과에서는 베트남산을 제외한 4개 산지에서 모두 검출되었으므로 선행 문헌과 차이가 있었다(Shin *et al.*, 2011; Yoneda *et al.*, 1984).

Table 4. Samples components reported to be related to skin health

| No. | Components | Physiological activity | Sample No. |
|-----|-----------------------------------|---|--|
| 1 | α -Santalol | Sadative effect (<i>in vivo</i>), skin cancer chemopreventive effect (<i>in vivo</i>) | Sample 1, Sample 4 |
| 2 | Cedrol | Sedative effect (<i>in vivo</i>), decreased motor activity (<i>in vivo</i>) type III collagen synthesis effect (<i>in vivo</i>) | Sample 2, Sample 3, Sample 4 |
| 3 | Elemol | Antifungal activity (<i>Trichophyton rubrum</i>) (<i>in vivo</i>) | Sample 3 |
| 4 | α -Eudesmol | | Sample 2 |
| 5 | γ -Eudesmol | Antimicrobial activity (<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Candida albicans</i>) (<i>in vivo</i>) | Sample 2, Sample 5 |
| 6 | β -Eudesmol | Antiallergic activity (<i>in vivo</i>), antioxidant activity, inhibited expression of NO, promoted collagen synthesis, and suppressed melanin synthesis (<i>in vivo</i> & <i>in vivo</i>) | Sample 2, Sample 4, Sample 5 |
| 7 | α -Agarofuran | Anti-inflammatory effect (<i>in vivo</i>), NS depressant activity (<i>in vivo</i>) | Sample 1, Sample 2, Sample 3, Sample 4, Sample 5 |
| 8 | Dehydrofukinone (dihydrokaranone) | Promotes skin permeation of ibuprofen (<i>in vivo</i>) | Sample 1, Sample 3, Sample 4 |
| 9 | Cyperene | | Sample 1, Sample 5 |
| 10 | α -Curcumene | Antimicrobial activity (<i>in vitro</i>) | Sample 1, Sample 2, Sample 3, Sample 5 |
| 11 | Valencene | Inhibitory effect of atopic dermatitis-like skin lesions in NC/Nga mice (<i>in vivo</i>) | Sample 1 |
| 12 | γ -Selinene | Antimicrobial activity (<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Candida albicans</i>) (<i>in vivo</i>) | Sample 1, Sample 3 |
| 13 | β -Selinene | Antioxidant activity (<i>in vitro</i>), anti-inflammatory activity, Analgesic activity (<i>in vivo</i>) | Sample 3, Sample 4, Sample 5 |
| 14 | β -Caryophyllene | Antioxidant activity, anti-inflammatory activity (<i>in vitro</i>) | Sample 1, Sample 3, Sample 4 |

Sample 1, Vietnamese agarwood (*A. crassna*); Sample 2, Indonesian agarwood; Sample 3, Malaysian agarwood; Sample 4, Myanmar agarwood; Sample 5, Cambodian agarwood.

A Comparative Analysis of the Volatile Components of Agarwood from Vietnam and other Regions

이번 연구에서 5개 산지별 침향에서 공통적으로 검출된 성분은 italicene ether, epi- γ -eudesmol, δ -guaiene(α -bulnesene), α -agarofuran의 4종의 sesquiterpene 성분과 4-phenyl-2-butanone, 4-(4-methoxyphenyl)-2-butanone, benzaldehyde, ethyl benzene, nonanal, octanal, 1-octanol, 2-ethyl-1-hexanol 등 8종의 SVAC 성분으로 선행 연구와는 차이가 있었다. 특히 italicene ether의 경우 베트남산<인도네시아산<말레이시아산<미얀마<캄보디아 순으로 검출량의 차이가 있었으므로 산지를 구분하는 기준 성분으로 제시할 수 있다. 각 산지별로 가장 높게 검출된 성분은 베트남산 dehydrofukinone (7.931%, 4.812%, 1.987%), 인도네시아산 β -eudesmol (6.667%), 말레이시아산 α -agarofuran

(15.808%), 캄보디아산 italicene ether (16.242%), 미얀마산 agarospirol (12.128%)으로 각 산지별로 차이가 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 침향에 공통적으로 포함되어 있는 sesquiterpene 4종과 SVAC 8종은 성분분석의 지표물질로 제시할 수 있지만 특정 산지의 침향에 대한 우열을 가릴 수는 없었다.

한편 SVAC 성분 중에 베트남산을 제외한 침향 시료 2-5에서 자연에서 유래하지 않는 합성 유기 화합물인 diethyl phthalate (DEP)가 약 5% 이상 검출되었다. 향후에는 다양한 침향 시료를 확보하여 DEP 성분이 어디에서 유입되었는지 추적하여 원인을 규명하고 침향의 등급에 미치는 영향은 없는지, 산지를 구분하는 지표물질로 활용할 수 있을지 후속 연구가 필요하다.

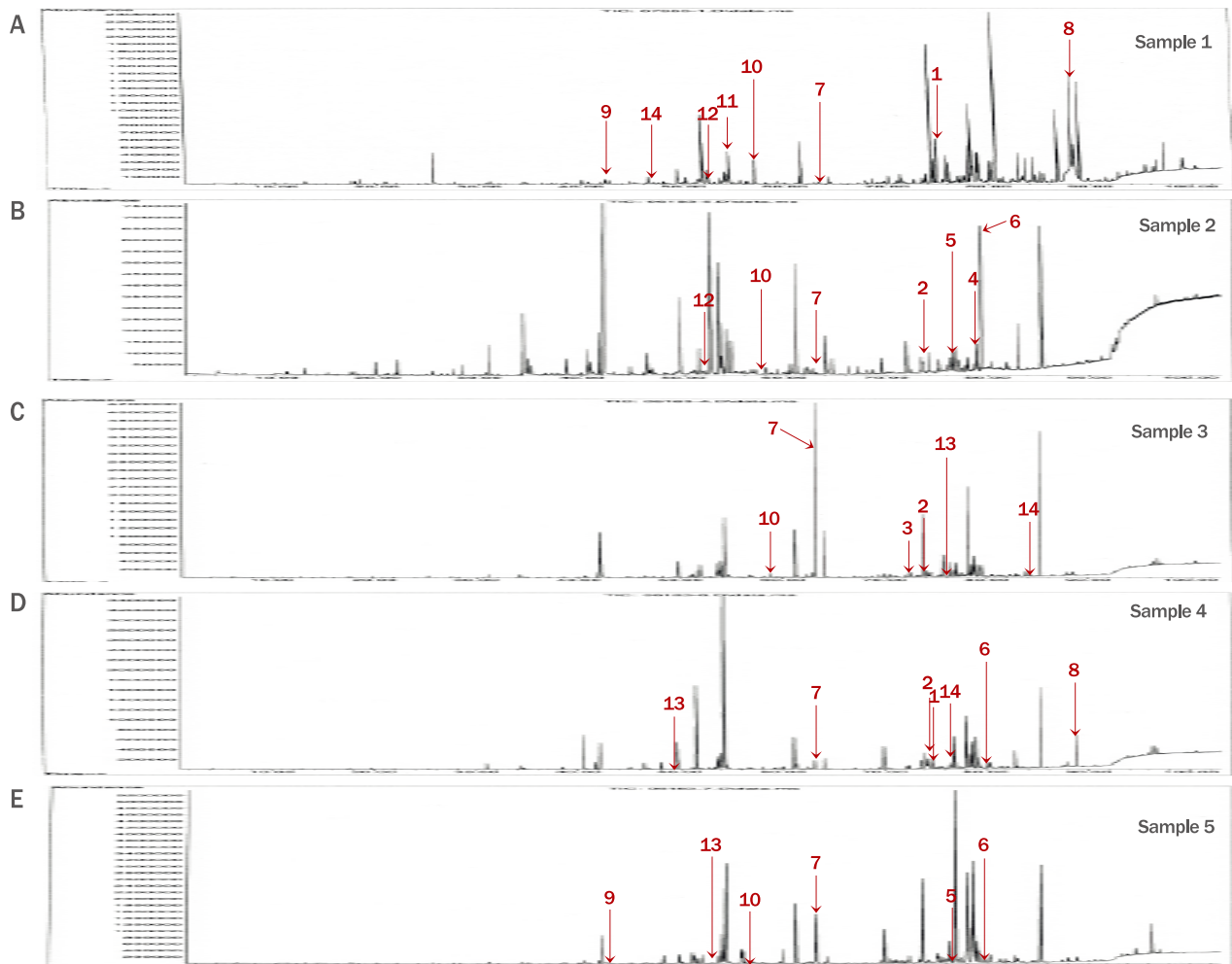


Figure 2. GC-MS chromatogram of agarwood samples.

Sample 1, Vietnamese agarwood (*A. crassna*); Sample 2, Indonesian agarwood; Sample 3, Malaysian agarwood; Sample 4, Myanmar agarwood; Sample 5, Cambodian agarwood.

1, α -Santalol; 2, Cedrol; 3, Elemol; 4, α -Eudesmol; 5, γ -Eudesmol; 6, β -Eudesmol; 7, α -Agarofuran; 8, Dehydrofukinone; 9, Cyperene; 10, α -Curcumene; 11, Valencene; 12, γ -Selinene; 13, β -Selinene; 14, β -caryophyllene. See Table 2 for details.

3. 산지별 침향 시료에서 검출된 sesquiterpene 성분과 피부 효능 활성

침향을 향으로 피웠을 때 발산하는 연기에 sesquiterpene 에 속하는 karanone, agarospirol, kusunol, dihydrokaranone (dehydrofukinone) 등이 포함되는데, 이러한 휘발성 sesquiterpene 이 열에 의해 산화되거나 분해되면서 독특한 향기를 갖는 물질로 바뀌게 된다. 열분해에 의해 생기는 sesquiterpene의 분해산물 중에서 케톤(ketone)과 알데하이드(aldehyde) 계열 성분들은 꽃향기를 나타내고, 락톤(lactone) 계열 성분은 달콤한 향기를, 카복실산(carboxylic acid) 계열의 성분은 톡 쏘는 듯한 향을 나타낸다. Sesquiterpene을 비롯한 이런 다양한 휘발성 물질의 조화로우며 최상급의 우아하고 신비한 침향 향기를 나타낸다고 보고되었다(Ishihara *et al.*, 1993). Sesquiterpene은 테르펜(terpene) 계 물질로 화학 구조가 약 5천여 개, 22가지 세부 구조로 분류될 만큼 다양하며 곤충에서는 유충을 성충으로 변태를 촉진시키거나 성장 속도에 관여하는 유충 호르몬(juvenile hormone) 역할을 하거나, 식물에서는 초식동물이나 해충을 쫓아내고 미생물이나 병원체로부터 스스로를 보호하는 방어 역할을 한다고 알려졌으며, sesquiterpene에 속하는 성분들은 항균, 항암, 진통, 진정 작용 등을 나타내는 것으로 알려져 있다(Minakuchi & Riddiford, 2006).

침향 시료 1-5에서 검출된 sesquiterpene 성분 중 선행연구에서 피부 건강과 관련된 효능이 보고된 총 14종의 성분 α -santalol, cedrol, elemol, α -eudesmol, γ -eudesmol, β -eudesmol, α -agarofuran, α -curcumene, γ -selinene, β -selinene, β -caryophyllene, valencene, dehydrofukinone, cyperene을 확인하였다(Table 4, Figure 2). 각 성분은 항암, 콜라겐 합성 시너지 효과, 항진균, 항알러지, 항균, 항산화, 아토피성 피부염 증상 개선, 항암, 신경 안정 등의 활성이 보고된 바 있다. 이를 통해 향후 침향을 활용하여 항균, 항염증, 항산화, 진정작용을 나타내는 기능성화장품으로 개발 가능성을 확인하였으며, 각 성분별로 보고된 피부 건강과 연관된 활성 연구 내용은 다음과 같다.

1) α -Santalol

일본에서 대중적인 향재료로 활용하는 백단향(*Santalum album*)의 주성분으로 예전부터 동양에서 안정제로 사용되었으며 향수로도 활용되는 성분이다. α -Santalol은 마우스 실험에서 중추신경(CNS)에 활성을 나타내어 신경이완 효능을 가지며, 피부암 동물모델에서 세포사멸(apoptosis) 기전을 바탕으로 예방효능이 보고되었다(Kaur *et al.*, 2005; Okugawa *et al.*, 1995). α -Santalol은 시료 1에서 2.255%로 가장 높게 검출되었고 그 외에 시료 4에서 1.075% 검출되었다.

2) Cedrol

Cedrol은 백향목(cedar wood)의 주성분이며 숲에서 나무가 발산하는 다양한 휘발성 성분인 피톤치드에도 포함되어 있다고 알려졌다. 백향목에서 추출한 오일은 흡입하였을 때 안정작용 및 이완작용

을 나타내는데 이는 cedrol 성분에 기인한다(Kagawa *et al.*, 2003). Cedrol과 콜라겐 유래 펩타이드 성분을 혼합한 물질은 *in vitro* 콜라겐 합성 시너지 효과를 나타냈고, 크림제형으로 인체에 적용하였을 때 사용 4주 후부터 주름 개선 효능을 확인하였으나 피부의 밝기 개선에는 효능이 없었다(Ryu *et al.*, 2015). 성분분석 결과 시료 2에서 1.132%로 가장 높게 검출되었고, 시료 3, 0.081%, 시료 4, 0.302% 검출되었다.

3) Elemol, α -eudesmol, γ -eudesmol

Elemol 및 eudesmol은 항궤양, 항염증, 항균 활성을 나타내는 삼나무(*Cryptomeria japonica*)에도 함유된 성분이다. 삼나무에서 추출한 elemol, α -eudesmol, γ -eudesmol 성분을 포함하는 에센셜 오일은 무좀을 유발하는 적색 백선균(*Trichophyton rubrum*)에 대한 항진균(antifungal) 활성이 보고되었다(Kim *et al.*, 2016). 한편 *A. crassna* 침향 물 증류 추출을 통해 얻은 에센셜 오일은 항미생물 활성을 나타냈으며, GC-MS 성분 분석 결과 이 오일에는 γ -eudesmol 이 13.656%로 가장 높게 나타났기에 항미생물 활성에 연관되었을 것으로 유추한다(Thavanapong & Charoenteeraboon, 2009). 성분분석 결과 elemol은 시료 3에서 0.454% 검출되었으며, γ -eudesmol은 시료 2, 시료 5에서 각각 1.214%, 0.51% 검출되었고, α -eudesmol은 시료 2에서 1.543% 검출되었다.

4) β -eudesmol

β -eudesmol은 비만세포의 과립화를 저해시켜 알러지 반응을 억제하는 활성이 보고되었다(Han *et al.*, 2017). 인도네시아 *A. malaccensis* 침향 80% 에탄올 추출물은 *in vitro* 항산화, NO 생성억제, 콜라겐 합성 활성화 및 멜라닌 합성 억제 기능 등의 피부 개선 효과가 있었고 이는 β -eudesmol 성분과 연관되었을 가능성이 높을 것으로 추정되어 피부 노화에 대응하는 소재로 잠재성을 확인한 바 있다(Kim *et al.*, 2015; Park & Kim, 2019). 산지별 침향 성분 분석 결과 시료 2에서 6.667%로 가장 높았고, 시료 4에서 1.446%, 시료 5에서 1.555% 검출되었다.

5) α -agarofuran

Agarofuran은 과일과 종자류에도 포함된 성분으로 NF- κ B의 활성 저해기전을 바탕으로 하는 항염증 활성이 보고되었고, 특히 α -agarofuran은 나무향, 견과류향을 나타내며 중추신경을 안정시켜 항불안 활성과 진정 효과를 가지므로 침향이 안정작용을 나타내는 데 주요 역할을 한다고 하였다(Alizadeh *et al.*, 2020; Okugawa *et al.*, 1993; Pripdeevech *et al.*, 2011). 시료 3에서 15.808%로 가장 높게 나타났고, 다른 4종 시료에서도 모두 검출되었다.

6) Dehydrofukinone, cyperene

Dehydrofukinone (dihydrokaranone)을 베트남산 *A. gallocha*

침향에서만 포함된 성분으로 보고된 연구가 있었고, 중추신경계인 GABA 수용체에 작용하여 진정 효과와 항발작 효과 등이 보고되었다. Dehydrofukinone (27%), cyperene (27.15%) 등을 주성분으로 포함하는 사이프러스 나무(cypress tree)의 에센셜 오일은 피부투과도 평가에서 털을 제거한 마우스 피부에 도포한 ibuprofen의 경피 흡수를 개선시켰다(Garlet *et al.*, 2016; Jiang *et al.*, 2017; Yoneda *et al.*, 1984). Dehydrofukinone는 시료 1에서 7.931%, 4.812%, 1.987%, 시료 3에서 0.1%, 시료 4에서 3.137% 검출되었고, cyperene은 시료 1에서 0.213%, 0.134%, 시료 5에서 0.071% 검출되었다.

7) α -Curcumene

갯شم방이(*Senecio selloi*)의 지상부에서 분리해낸 α -curcumene의 항균활성이 보고되었다(Silva *et al.*, 2021). 시료 1에서 1.007%로 가장 높았고, 시료 2, 시료 3, 시료 5에서 각각 0.259%, 0.275%, 0.18% 검출되었다.

8) Valencene

아토피 피부염 증상 마우스 모델에서 valencene을 피부에 국소 도포하였을 때 아토피 피부염 증상의 발현과 피부 가려움증 개선을 확인하였고, 이는 valencene이 대식세포에 의해 분비되는 염증성 사이토카인의 저해하는 기전에 의한 것으로 추정한다(Yang *et al.*, 2016). Valencene은 시료 1에서 0.174% 검출되었다.

9) γ -Selinene

γ -Selinene은 *A. crassna* 침향의 물추출물을 GC-MS로 분석하였을 때 최다 검출성분이 이었고, 황색포도상구균 및 칸디다균에 대한 항균활성을 나타냈다(Wetwitayaklung *et al.*, 2009). 시료 3에서 0.44, 0.414%, 0.179%로 가장 높았고, 시료 1에서 0.025%, 0.095%, 0.261% 검출되었다.

10) β -Selinene

우리나라 황칠나무는 β -selinene을 많이 함유하고 있고 잎은 미백활성을 나타내어 천연 미백원료 소재로 가능성이 보고되기도 하였다(Jeong, 2018). 인도 및 중국 전통 약용식물인 *Callicarpa macrophylla*의 에센셜 오일은 β -selinene을 35% 이상 포함하면서 *in vitro* 항산화 활성을 나타내고 마우스 실험에서 항염증 및 진통 활성을 나타내었다(Chandra *et al.*, 2017). β -Selinene은 시료 3에서 0.167%에서 가장 높았고, 시료 4에서 0.059%, 시료 5에서 0.045%, 0.027%, 0.043% 검출되었다.

11) β -Caryophyllene

국내 미나리, 초피 정유에서도 향기성분을 GC-MS로 분석하였을 때 대표 성분으로 항염 및 항균 효과가 있는 β -caryophyllene이 확인

되었다(Lee *et al.*, 2017). 시료 4에서 0.685%로 가장 높았고, 시료 1, 시료 3에서 각각 0.086%, 0.142% 검출되었다.

Conclusion

천연 화장품 원료로 활용을 고려하여 침향의 산지별 화학적 성분의 특징을 비교하기 위해 GC-MS로 휘발성 성분을 분석하고 피부 개선과 연관성이 높은 활성이 보고된 성분을 검토하였다. 이를 위해 베트남과 인근 국가인 인도네시아, 말레이시아, 캄보디아, 미얀마의 총 5개 산지별 침향(시료 1-5)을 분석하기에 앞서 베트남산 침향에 대하여 DNA 종 감별 분석을 통해 베트남에서 자생하는 침향나무를 *A. crassna*로 동정하였고 동일한 지역에서 채취한 베트남산 침향(시료 1)을 표준품으로 삼았다.

GC-MS 성분 분석 결과 모든 침향에서 공통적으로 주성분은 휘발성의 sesquiterpene과 SVAC이었고 각 산지별로 다양한 화합물의 조성 및 함량의 차이가 있었다. 그 중에서 4종의 sesquiterpene 성분인 italicene ether, epi- γ -eudesmol, δ -guaiene (α -bulnesene), α -agarofuran과 4-phenyl-2-butanone, 4-(4-methoxyphenyl)-2-butanone, benzaldehyde, ethylbenzene, nonanal, octanal, 1-octanol, 2-ethyl-1-hexanol의 8종의 SVAC는 5개 산지별 침향에서 공통적으로 검출되었으므로 침향을 확인하는 기준이 되는 지표물질로 제시되었다. 한편 선행 연구문헌에서 베트남, 인도네시아, 미얀마 산지별 공통 지표물질로 제시된 성분인 β -selinene은 이번 연구에서는 말레이시아산 침향에서만 검출되었고, eudesmol은 성분 분석 결과 인도네시아산에서 주로 검출되었으나 선행문헌에서는 eudesmol을 미얀마산 침향 위주로 유추하는 등 실제 연구결과와 선행 연구문헌과 차이가 있었다(Shin *et al.*, 2011). Italicene ether의 경우 분석결과 베트남산<인도네시아산<말레이시아산<미얀마<캄보디아 순으로 검출량의 차이가 있었으므로 침향 산지별 구분을 위한 성분으로 제시할 수 있다. 그러나 이 외 특정 성분의 많고 적음으로 침향의 품질 우위를 가리거나 침향 산지를 구분하기에는 어려웠다. 향후에는 선행문헌과 sesquiterpene 성분 분석결과와의 차이에 대한 후속 연구도 필요하며, 침향에 존재하는 특정 성분의 추적보다는 다양한 화합물의 조성 및 함량에 대해서 통합적으로 관리하는 관점으로 지속적인 정성 및 정량적 변화 연구를 수행함으로써 품질 지표 확립을 위한 기초 자료로 활용할 계획이다.

침향은 오래 전부터 약재와 향료로 사용했으므로 산업적으로 부가가치가 높은 기능성 화장품으로 개발 방향을 검토하고자 선행 연구자료를 검토하였다. 성분 분석에서 검출된 sesquiterpene 성분 중에서 특히 피부 건강 관련 활성이 보고된 14종 성분을 확인하였다. β -caryophyllene 등 항산화 활성, α -agarofuran 등 항염증 활성, elemol 등 항균 활성, cedrol 등 콜라겐 합성 촉진 활성을 비롯하여 β -eudesmol의 항알러지 활성, β -selinene의 진통 효과, valencene

의 아토피 완화 효과, α -santalol의 피부암예방효과 등을 확인하였으므로, 앞으로 침향을 피부 노화와 염증성 피부질환을 개선하고 세포 재생을 유도하는 기능성 화장품의 소재로 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 침향에는 향기를 나타내는 다양한 휘발성 성분을 비롯하여 dehydrofukinone, α -agarofuran, α -santalol 등 신경 안정 활성을 나타내는 성분도 함께 포함하므로, 향기를 활용한 아로마테라피 관련 제품으로 개발하여 현대인의 스트레스를 완화시켜주고 신체적, 정신적 안정 효과에 도움을 주는 차별화된 기능성화장품으로 발전할 잠재력을 확인하였다(Lee *et al.*, 2017; Pripdeevech *et al.*, 2011). 향후에는 침향에 대한 원산지별 품질 지표 확립, 침향 원재료 고유의 향기를 손상시키지 않고 잘 보존시킨 추출물의 제조 조건 연구, 침향 추출물의 활성과 유효성분의 규명 연구 등의 추가 연구를 통해, 침향을 포함하는 항염증 및 항노화, 스트레스 완화에 효과적인 차별화된 천연 화장품으로의 개발이 기대된다.

Acknowledgements

K.H.J. would like to thank Mr. Tran Hop, the chairman of VAA, IAA and IAMA, for providing help to this research.

Author's contribution

K.H.J. devised the project, the main conceptual ideas and proof outline. K.H.J. designed all experimental investigations, collected GC-MS data, and analysed the data. K.L. oversaw the project and assisted with experimental design. K.H.J. wrote the manuscript with support from K.L. All authors discussed the results and contributed to the final version of the manuscript.

Author details

Kwang Ho Jung (Student), Department of Psychological Safety Management, Kwangwoon Graduate School of Business Administration, 20 Kwangwoon-ro, Nowon-gu, Seoul 01897, Korea; Keun-Jae Lee (Professor), Department of Service Management, Kwangwoon Graduate School of Business Administration, 20 Kwangwoon-ro, Nowon-gu, Seoul 01897, Korea.

References

Alizadeh M, Jalal M, Hamed K, Saber A, Kheirouri S, Pourteymour Fard Tabrizi F, Kamari N. Recent updates on anti-inflammatory and antimicrobial effects of furan natural derivatives. *Journal of Inflammation Research*, 13:

451, 2020.

Chen HQ, Wei JH, Yang JS, Zhang Z, Yang Y, Gao ZH, Gong B. Chemical constituents of agarwood originating from the endemic genus *Aquilaria* plants. *Chemistry & Biodiversity*, 9: 236-250, 2012.

Chandra M, Prakash O, Kumar R, Bachheti RK, Bhushan B, Kumar M, Pant AK. β -Selinene-rich essential oils from the parts of *Callicarpa macrophylla* and their antioxidant and pharmacological activities. *Medicines*, 4: 52, 2017.

da Silveira e Sá Rde C, Andrade LN, de Sousa DP. Sesquiterpenes from essential oils and anti-inflammatory activity. *Natural Product Communications*, 10: 1767-1774, 2015.

Garlet QI, Pires LC, Silva DT, Spall S, Gressler LT, Bürger ME, Heinzmann BM. Effect of (+)-dehydrofukinone on GABAA receptors and stress response in fish model. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 49: e4872, 2016.

Han NR, Moon PD, Ryu KJ, Jang JB, Kim HM, Jeong HJ. β -eudesmol suppresses allergic reactions via inhibiting mast cell degranulation. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 44: 257-265, 2017.

Hashim YZHY, Kerr PG, Abbas P, Salleh HM. *Aquilaria spp.* (agarwood) as source of health beneficial compounds: a review of traditional use, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 189: 331-360, 2016.

Hsu HC, Yang WC, Tsai WJ, Chen CC, Huang HY, Tsai YC. Alpha-bulnesene, a novel PAF receptor antagonist isolated from *Pogostemon cablin*. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 345: 1033-1038, 2006.

Im DY. Volatile compounds analysis of the extract from dried bark of *Prunus sargentii* and physiological activity of the main compound, benzaldehyde. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 12: 155-162, 2014.

Ishihara M, Tsuneya T, Uneyama K. Components of the agarwood smoke on heating. *Journal of Essential Oil Research*, 5: 419-423, 1993.

Ismail N, Rahiman MHF, Taib MN, Ibrahim M, Zareen S, Tajuddin SN. A review on agarwood and its quality determination. 2015 IEEE 6th Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC), Malaysia, pp103-108, 2015.

Jeong SH. A review of current research on natural skin

- whitening products. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 16: 599-607, 2018.
- Ji SY, Hwangbo H, Lee H, Koo YT, Kim JS, Lee KW, Choi YH. Immunostimulatory activity of agarwood through activation of MAPK signaling pathway in RAW 264.7 murine macrophages. *Journal of Life Science*, 31: 745-754, 2021.
- Jiang Q, Wu Y, Zhang H, Liu P, Yao J, Yao P, Chen J, Duan J. Development of essential oils as skin permeation enhancers: penetration enhancement effect and mechanism of action. *Pharmaceutical Biology*, 55: 1592-1600, 2017.
- Kagawa D, Jokura H, Ochiai R, Tokimitsu I, Tsubone H. The sedative effects and mechanism of action of cedrol inhalation with behavioral pharmacological evaluation. *Planta Medica*, 69: 637-641, 2003.
- Kaur M, Agarwal C, Singh RP, Guan X, Dwivedi C, Agarwal R. Skin cancer chemopreventive agent, α -santalol, induces apoptotic death of human epidermoid carcinoma A431 cells via caspase activation together with dissipation of mitochondrial membrane potential and cytochrome c release. *Carcinogenesis*, 26: 369-380, 2005.
- Kim MS, Hwang HI, Lee YR, Kim HW, Park JK. The effects of *Lentinula edodes* and *Aquilaria agallocha* extracts combination on the repair of UVA-damaged DNA and DNCB-Induced allergic dermatitis. *The Korean Journal of Food and Nutrition*, 28: 759-765, 2015.
- Kim SH, Lee SY, Hong CY, Cho SM, Park MJ, Choi SM, Park MJ, Choi IG. Antifungal effect of elemol and eudesmol from *Cryptomeria japonica* essential oil against *Trichophyton rubrum*. *Academia Journal of Agricultural Research*, 4: 511-517, 2016.
- Kim W, Gye MC. Maleficent effects of phthalates and current states of their alternatives: a review. *Korean Journal of Environmental Biology*, 35: 21-36, 2017.
- Kim YC, Jeong SJ, Kim HM. Antiallergic effect of *Aquilariae lignum*. *Yakhak Hoeji*, 41: 255-259, 1997.
- Lee EK, Shin, MC, Jung SH, Lee EK, Shin MC, Jung SH. Volatile compound analysis and anti-oxidant and anti-inflammatory effects of *Oenanthe javanica*, *Perilla frutescens*, and *Zanthoxylum piperitum* essential oils. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 15: 355-366, 2017.
- Lee HY, Lee IC, Kwak JH, Kim TH. Evaluation of free radical scavenging and pancreatic lipase inhibitory effects of *Aquilaria agallocha* extracts. *Korean Journal of Food Preservation*, 22: 437-442, 2015.
- Liew HJ. A study on agarwood as a medi-food material in the food service. *Food Service Industry Journal*, 18: 33-39, 2022.
- Minakuchi C, Riddiford LM. Insect juvenile hormone action as a potential target of pest management. *Journal of Pesticide Science*, 31: 77-84, 2006.
- Naef R. The volatile and semi-volatile constituents of agarwood, the infected heartwood of *Aquilaria* species: a review. *Flavour and Fragrance Journal*, 26: 73-87, 2011.
- Okugawa H, Ueda R, Matsumoto K, Kawanishi K, Kato A. Effects of agarwood extracts on the central nervous system in mice. *Planta Medica*, 59: 32-36, 1993.
- Okugawa, H, Ueda R, Matsumoto K, Kawanishi K, Kato A. Effect of α -santalol and β -santalol from sandalwood on the central nervous system in mice. *Phytomedicine*, 2: 119-126. 1995.
- Park HD, Weon HW. The effect of agarwood inhalation using an electric incense burner on stress and brain waves. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 22: 536-545, 2021.
- Park SJ, Kim IR. A philological study on submersion property of *Aquilariae Lignum*. *The Korea Journal of Herbology*, 27: 25-31, 2012.
- Park S, Kim H. Study on marker component and skin efficacy of *Aquilaria malaccensis* agarwood extract. *Journal of The Korean Society of Cosmetology*, 25: 685-693, 2019.
- Pripdeevech P, Khummueng W, Park SK. Identification of odor-active components of agarwood essential oils from Thailand by solid phase microextraction-GC/MS and GC-O. *Journal of Essential Oil Research*, 23: 46-53, 2011.
- Ryu JS, Cho HI, Won JH, Jeon MN, Kwon OS, Won BM, Lee SH. Anti-aging effects of cedrol and collagen-derived peptide. *Journal of the Society of Cosmetic Scientists of Korea*, 41: 229-235, 2015.
- Shin KH, Choi KY, Cho SY, Ahn DK, Park SK. GC-MS Analysis of chemical constituents from various agarwood. *The Korea Journal of Herbology*, 26: 7-12, 2011.
- Song SM. The power of fragrance that moves the heart. Geuldam Publishing, Seoul, pp161-162, 2020. (Müller-Grünow R. (Die) geheime Macht der Düfte : warum wir unserem Geruchssinn mehr vertrauen sollten. 2018).

- Silva GNSD, Pozzatti P, Rigatti F, Hörner R, Alves SH, Mallmann CA, Heinzmann BM. Antimicrobial evaluation of sesquiterpene α -curcumene and its synergism with imipenem. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 04: 434-436, 2021.
- Wetwitayaklung P, Thavanapong N, Charoenteeraboon J. Chemical constituents and antimicrobial activity of essential oil and extracts of heartwood of *Aquilaria crassna* obtained from water distillation and supercritical fluid carbon dioxide extraction. *Silpakorn University Science and Technology Journal*, 3: 25-33, 2009.
- Yang IJ, Lee DU, Shin HM. Inhibitory effect of valencene on the development of atopic dermatitis-like skin lesions in NC/Nga mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016: 9370893, 2016.
- Yoneda K, Yamagata E, Nakanishi T, Nagashima T, Kawasaki I, Yoshida T, Mori H, Miura I. Sesquiterpenoids in two different kinds of agarwood. *Phytochemistry*, 23: 2068-2069, 1984.

국문초록

베트남 등 산지별 침향의 휘발성 성분 분석 연구

정광호¹, 이근재^{2*}

¹광운대학교 경영대학원 심리안전경영전공, 서울, 한국

²광운대학교 경영대학원 서비스경영학과, 서울, 한국

목적: 이 연구의 목적은 베트남산 침향과 인근 4개 국가에서 생산된 침향을 GC-MS로 휘발성 성분 분석을 통해 피부 건강과 관련한 효능이 보고된 성분을 확인하고, 향후 천연 화장품 원료로 활용 가능성을 확인하고자 하였다. **방법:** 베트남산 *Aquilaria crassna* (*A. crassna*) 침향을 포함하여 인도네시아, 말레이시아, 미얀마, 캄보디아 각각 침향을 포함하여 총 5개의 침향 시료를 확보하였고, 각각 침향에 대하여 시료 1-5로 명명하고 GC-MS로 측정하여 정성분석 결과를 비교하였다. 베트남산 침향(시료 1)은 DNA 분석을 통해 *A. crassna*임을 동정하고 표준품으로 선정하였다. **결과:** GC-MS 실험 결과 침향의 휘발성 성분 중 sesquiterpene을 주로 포함하고 있었다. 시료 1-5 공통으로 검출되는 성분은 sesquiterpene으로 italicene ether, epi- γ -eudesmol, δ -guaiene, α -agarofuran의 4종이었고, 단순 휘발성 방향성 성분(simple volatile aromatic compounds, SVAC)으로 1-octanol, 4-(4-methoxyphenyl)-2-butanone, 4-phenyl-2-butanone, benzaldehyde, ethylbenzene, nonanal, octanal, 2-ethyl-1-hexanol 등 8종이었다. 특히 sesquiterpene 성분 중 α -agarofuran, β -selinene, α -curcumene, α -santalol 등은 각각 항염증, 항산화, 항균, 항피부암 활성 등이 보고되었다. **결론:** 이 연구를 통해 베트남산 *A. crassna* 외의 4개 산지별로 품질에 있어서 휘발성 성분 조성에서 현저한 차이를 확인하였다. 침향은 그 자체가 고유한 향기를 가지면서 피부 건강에 유용한 활성을 가지는 sesquiterpene 성분을 포함하고 있으므로, 향후 천연 화장품 원료로 활용하여 고부가가치를 가지는 기능성 화장품으로 개발이 기대된다.

핵심어: 침향, *Aquilaria crassna*, Sesquiterpene, 피부 건강, GC-MS

K.H.J. would like to thank Mr. Tran Hop, the chairman of VAA, IAA and IAMA, for providing help to this research.

참고문헌

- 김민섭, 황현익, 이유리, 김호원, 박종근. 자외선A로 손상된 DNA의 회복과 DNCB에 의한 알러지성 접촉피부염에 대한 표고버섯과 침향 추출 혼합물의 효과. *한국식품영양학회지*, 28: 759-765, 2015.
- 김선홍, 이수연, 홍창영, 정한섭, 박미진, 최인규. 삼나무 정유의 표재성 진균에 대한 항진균 활성. *목재공학*, 40: 276-286, 2012.
- 김용, 계명찬. 프탈레이트의 유해성과 대체재 현황: 소고. *환경생물*, 35: 21-36, 2017.
- 김윤철, 정세준, 김형민. 침향의 항알레르기 효과. *약학회지*, 41: 255-259, 1997.
- 류종성, 조환일, 원지희, 전미나, 권오선, 원보미, 임준만, 이상화. 세드롤과 콜라겐 유래 펩타이드의 피부노화 개선효과. *대한화장품학회지*, 41: 229-235, 2015.
- 류현정. 침향(Agarwood)의 메디푸드 외식산업 적용. *한국외식산업학회지*, 18: 33-39, 2022.
- 박수진, 김인락. 침향의 침수성에 관한 문헌적 연구. *대한분초학회지*, 27: 25-31, 2012.
- 박신영, 김호연. 침향추출물 (*Aquilaria Malaccensis* Agarwood)의 지표 성분 분석 및 피부 효능에 대한 연구. *한국미용학회지*, 25: 685-693, 2019.
- 박현덕, 원희욱. 전기향로를 이용한 침향 흡입이 스트레스와 뇌파에 미치는 영향. *한국산학기술학회논문지*, 22: 536-545, 2021.

- 송소민. 마음을 움직이는 향기의 힘. 글담출판사, 서울, pp161-162, 2020. (로베르트 밀뤼-그뤼노브, (Die) geheime Macht der Düfte: warum wir unserem Geruchssinn mehr vertrauen sollten, 2018.)
- 신광호, 최규열, 조성용, 안덕균, 박성규. GC-MS를 이용한 침향류의 성분 비교 연구. *대한본초학회지*, 26: 7-12, 2011.
- 이은경, 신민철, 정숙희. 미나리, 갯잎, 초피 정유의 향기성분 분석과 항산화 및 항염 효과. *아시아뷰티화장품학술지*, 15: 355-366, 2017.
- 이하영, 이인철, 곽재훈, 김태훈. 침향 추출물의 라디칼 및 퀘장 지방분해 효소저해 활성 평가. *한국식품저장유통학회지*, 22: 437-442, 2015.
- 임도연. 화피의 휘발성 향기성분 조성과 주요성분인 Benzaldehyde의 생리활성. *아시아뷰티화장품학술지*, 12: 155-162, 2014.
- 정선희. 천연 미백원료의 최신 동향. *아시아뷰티화장품학술지*, 16: 599-607, 2018.
- 지선영, 황보현, 이혜숙, 구영태, 김진수, 이기원, 노동진, 최영현. RAW 264.7 대식세포에서 MAPKs 신호 전달 경로의 활성화를 통한 침향의 면역 자극 활성. *생명과학회지*, 31: 745-754, 2021.

中文摘要

越南等产地沉香挥发性成分分析研究

鄭光浩¹, 李根在^{2*}

¹光云大学经营大学院心理安全经营专攻, 首尔, 韩国

²光云大学经营大学院服务管理学科, 首尔, 韩国

目的: 评估来自越南和其他4个地区的五种不同类型的沉香的质量, 并通过气相色谱质谱法(GC-MS)分析挥发性化学成分。我们试图确定以前被报道对皮肤健康有益的成分, 并审查了它们未来作为天然化妆品原料的潜在用途。**方法:** 沉香的五个来源分别来自越南、印度尼西亚、马来西亚、缅甸和柬埔寨。通过GC-MS分析每种沉香的挥发性化学成分。通过DNA分析鉴定*A. crassna*, 选择越南沉香作为标准。**结果:** GC-MS分析显示, “倍半萜”包含在所有沉香样品中。在所有沉香样品中普遍检测到四种倍半萜成分有italicene ether, epi- γ -eudesmol、 δ -guaiene、 α -agarofuran, 八种简单的挥发性芳香化合物成分(1-octanol, 4-(4-methoxyphenyl)-2-butanone, 4-phenyl-2-butanone, benzaldehyde, ethylbenzene, nonanal, octanal, 2-ethyl-1-hexanol)等。据报道, 倍半萜成分中 α -agarofuran、 β -selinene、 α -curcumene, α -santalol 等分别具有抗炎、抗氧化、抗菌和抗皮肤癌的特性。**结论:** 这项研究表明, 除了来自越南的沉香之外, 四个来源区域的挥发性成分组成的质量存在显著差异。沉香中含有倍半萜烯, 具有独特的香味, 有益于皮肤健康, 有望作为天然化妆品的原料, 未来有望发展为高附加值的功能性化妆品。

关键词: 沉香, *Aquilaria crassna*, 倍半萜, 皮肤健康, 气相色谱质谱法