

**PROGRAM PENELITIAN DOSEN MUDA**



**Kajian Metode Pengolahan dan Analisis Bioaktivitas Balsam Rasamala  
Terinduksi Metil Jasmonat**

**Ketua Peneliti : Anne Carolina, S.Si., M.Si. (0024098104)**

**Anggota Peneliti : Dr. Ir. Rita Kartika Sari, M.Si. (0024116805)**

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**Februari 2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Kajian Metode Pengolahan dan Analisis  
Bioaktivitas Balsam Rasamala Terinduksi Metil  
Jasmonat

Nama Rumpun Ilmu : Teknologi Hasil Hutan


Bidang Unggulan PT : Ekologi

Ketua Peneliti : Anne Carolina. S.Si., M.Si.  
NIDN : 0024098104  
Jabatan Fungsional : Lektor  
Departemen/Fakultas : Hasil Hutan/FAHUTAN  
Alamat surel : a\_caroline@apps.ipb.ac.id  
Nomor HP : 081286092834

Anggota Peneliti (1) : Dr. Ir. Rita Kartika Sari, M.Si.  
NIDN : 0024116805  
Departemen/Fakultas : Hasil Hutan /FAHUTAN  
Alamat surel : rita\_kartikasari@apps.ipb.ac.id  
Skema : Penelitian Dasar  
Biaya yang diusulkan : Rp. 29.800.000,00  
Target luaran : Journal of Sustainable Forestry (Q2)  
Lokasi penelitian : IPB

Bogor, 28 Februari 2023

Mengetahui,  
  
Dekan  
Fakultas Kehutanan  
IPB  
Naresworo Nugroho, MS  
NIP.196501221989031002

Ketua Peneliti,  
  
Anne Carolina, S.Si., M.Si.  
NIP.198109242009122004

Menyetujui,  
Wakil Rektor Bidang Riset, Inovasi,  
dan Pengembangan Masyarakat Agromaritim

Prof. Dr. Ir. Ernan Rustiadi, M.Agr.  
NIP. 196510111990021002

## ABSTRAK

Balsam rasamala merupakan eksudat yang diperoleh dari pelukaan batang pohon rasamala *Liquidambar excelsa* (Noronha) Oken. Pada penelitian sebelumnya, Pengusul memberikan perlakuan aplikasi metil jasmonat dan etefon pada cabang muda yang disayat. Aplikasi eksogen tersebut berhasil meningkatkan kuantitas rasamala menginduksi eksudat balsam. Pada penelitian ini balsam rasamala hasil induksi metil jasmonat dilakukan ekstraksi dengan pelarut n-heksana (1:20) dengan alat soxhlet. Ekstrak balsam dalam pelarut *n*-heksana diperoleh dengan rendemen sebesar 3.18% kemudian ditentukan aktivitas biologisnya terhadap larva udang (*Artemisia salina* L.) metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) dan analisis komponen kimia penyusunnya menggunakan GC-MS. Pengujian toksisitas larva udang ekstrak *n*-heksana menunjukkan nilai  $LC_{50}$  sebesar 51.83  $\mu\text{g/ml}$ . Hasil pengujian dengan GC-MS. ekstrak memperlihatkan adanya kelompok senyawa monoterpene yang mendominasi, yaitu sabinene (38.24%),  $\alpha$ -pinen (25.77%), dan  $\beta$ -pinen (14.53%).

**Kata kunci:** Balsam, rasamala, ekstraksi Soxhlet, bioaktivitas larvasida, *n*-heksana.

## BAB I PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Eksudat tanaman berupa gum, resin, atau balsam merupakan komoditas hutan bukan kayu yang dapat dihasilkan dari pohon-pohon di hutan Indonesia. Eksudat ini terbentuk sebagai respon terhadap berbagai stimulus lingkungan. Eksudat yang mengalami pengeringan, kemudian diambil dan diolah untuk berbagai keperluan. Eksudat memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan menjadi sumber pendapatan bagi masyarakat di sekitar hutan. Namun, pengambilan eksudat harus dilakukan secara bijaksana dan berkelanjutan, sehingga tidak merusak ekosistem hutan dan dapat terus berkelanjutan untuk generasi mendatang. Hal ini dapat dilakukan dengan menerapkan prinsip-prinsip pengelolaan hutan yang berkelanjutan, seperti pemanenan yang selektif dan efektif, perlindungan pohon yang masih muda, dan perbaikan kualitas pohon melalui pengelolaan hutan yang baik.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Pengusul telah berhasil melakukan metode induksi untuk memanen balsam rasamala (*Liquidambar excelsa* (Noronha) Oken) menggunakan stimulan metil jasmonat dan etefon. Induksi ini dikombinasikan dengan membuat sayatan sebesar 1 cm<sup>2</sup> pada ranting muda. Selanjutnya, untuk memanfaatkan eksudat balsam ini perlu dilakukan pengolahan yang tepat sehingga diperoleh balsam dengan rendemen tinggi dan sifat fisikokimia yang terstandar, serta bioaktivitas yang tinggi. Sepanjang pengetahuan Pengusul, saat ini belum diketahui metode untuk mengolah balsam rasamala. Selain itu informasi ilmiah mengenai eksudat balsam rasamala sangat terbatas, baik mengenai sifat fisikokimia, bioaktivitas, dan pemanfaatannya

Balsam Altingiaceae dikelompokkan ke dalam salah satu dari sembilan kelompok eksudat pohon<sup>1</sup>. Balsam ini diperoleh dari eksudasi pohon termasuk *Liquidambar* spp atau *Myroxylon* spp yang memiliki aroma harum dan rasa yang menyengat. Storax adalah balsam yang diproduksi oleh *Liquidambar orientalis* (Hamamelidaceae) dan digunakan sebagai fiksatif aromatik. Banyak sekali senyawa kimia yang terkandung di dalam balsam *L. orientalis*, baik senyawa bersifat volatil maupun *non-volatil*, seperti kelompok tri-, seskui-, dan mono-

terpenoid, juga senyawa turunan sinamat<sup>1</sup>. Di sisi lain, pengetahuan yang masih terbatas mengenai komposisi senyawa kimia di dalam eksudat balsam rasamala yang juga termasuk ke dalam kelompok storax, mendorong dilakukannya penelitian ini. Begitupun pengolahan balsam yang efektif perlu dilakukan sehingga dapat dihasilkan rendemen balsam tinggi.

Pengolahan eksudat tanaman dapat dilakukan dengan beberapa metode yang bergantung pada jenis eksudat, produk yang diinginkan, dan peralatan yang tersedia. Pada penelitian ini pengolahan balsam rasamala akan dilakukan dengan metode ekstraksi pelarut n-heksana dengan metode soxhlet dengan menggunakan pelarut yang selektif ini dilakukan pada suhu didih pelarut sehingga diharapkan dapat mengekstraksi senyawa kimia di dalam balsam lebih efektif.

Oleh karenanya tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis teknik pengolahan balsam rasamala hasil induksi kimiawi metil jasmonat sehingga diperoleh balsam dengan rendemen, sifat fisiko-kimia, serta bioaktivitas tinggi.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Eksudat pohon merupakan sumber bahan obat, parfum yang telah dikenal sejak lebih dari tujuh abad lalu<sup>3</sup>. Eksudat ini diketahui memiliki potensi nilai ekonomi yang besar. Saat ini, eksudat pohon yang telah dieksploitasi secara komersial diantaranya adalah damar dari Dipterocarpaceae, resin gondorukem dan terpentin dari Pinus spp., dan kemenyan dari Boswellia spp<sup>4</sup>. Eksudat pohon dapat dibagi menjadi sembilan kelompok, yaitu resin, gum, kino, lateks, manna, amber, balsam, gula *maple*, dan senyawa kristalin<sup>5</sup>. Pohon daun jarum, seperti pinus, mengandung oleoresin yang terdiri dari seskuiterpenoid dan diterpenoids, yang terbentuk pada saluran resin di kulit kayu<sup>5,6,7</sup>.

Balsam sebagai eksudat resin dapat diperoleh dengan melukai kulit pohon *Liquidambar* spp. atau *Myroxylon* spp. Balsam ini dicirikan karena memiliki harum aroma dan rasa yang menyengat. Storax adalah balsam yang terkenal sejak zaman dulu dieksudasikan oleh *Liquidambar orientalis* (Hamamelidaceae) dan digunakan sebagai fiksatif aromatik<sup>1</sup>.

Rasamala (*Liquidambar excelsa* (Noronha) Oken) adalah jenis pohon endemik di beberapa wilayah Indonesia, seperti Jawa Barat, Bengkulu dan Bukit Barisan, yang menawarkan banyak manfaat. Seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan; kayu, daun, akar, minyak atsiri, dan getahnya yang berupa balsam<sup>8</sup>. Balsam ini berwarna kuning dapat digunakan sebagai bahan baku di industri parfum karena memiliki bau harum yang khas. Akan tetapi, balsam rasamala belum dimanfaatkan secara optimum karena kurangnya pengetahuan petani akan eksudat balsam yang dihasilkan. Rasamala mengandung minyak atsiri dengan monoterpen sebagai komponen utama dan seskuiterpen sebagai komponen minor<sup>9</sup>.

Secara komersial, eksudat diperoleh dengan proses penyadapan dengan membuat sayatan. Prosedur penyadapan dapat meningkatkan kuantitas eksudat gum sampai 77.42%<sup>10</sup>. Akan tetapi, teknik ini akan menyebabkan kerusakan pada pohon bila dilakukan tanpa teknik dan perhitungan yang tepat. Oleh karenanya diperlukan penelitian untuk memperoleh metode induksi, ekstraksi, konservasi, dan pemasaran yang berkelanjutan.

Percobaan sebelumnya yang dilakukan Pengusul pada ranting muda rasamala yang diberikan perlakuan perlukaan dan aplikasi etefon dan metil jasmonat eksogen memberikan hasil adanya peningkatan pada produksi balsam. Hal ini diduga dielisitasi oleh etilen endogen yang dihasilkan akibat respon terhadap stress mekanis tersebut<sup>11</sup>. Mekanisme pertahanan pada jaringan yang luka sebagai respon rangsang eksternal diregulasi melalui jejaring signal yang kompleks, yang dimediasi oleh berbagai hormon tumbuhan, seperti etilen, jasmonat, dan asam salisilat<sup>12,13,14,15,16,17</sup>. Hormon tersebut berperan sebagai elisitor yang berperan dalam mengendalikan jalur signal pertahanan diri, termasuk pembentukan saluran eksudat resin, gum, dan balsam. Perlakuan etefon menghasilkan induksi saluran gum pada spesies berdaun lebar sub-tropis, *Cerasus × yedoensis*, *Prunus mume*, dan *Liquidambar styraciflua*<sup>18</sup>. Begitu pun, hormon tanaman yang berperan dalam merespon stres lingkungan, yaitu dari golongan jasmonat, juga diketahui memiliki kemampuan untuk menginduksi produksi gum pada Pohon Prunus<sup>19,20,21</sup>.

Untuk mendapatkan manfaat dari eksudat balsam, perlu dilakukan pengolahan dan ekstraksi eksudat balsam. Tahapan ini melibatkan beberapa metode yang bergantung pada jenis balsam, produk yang diinginkan, dan peralatan yang tersedia. Beberapa metode yang umum digunakan adalah ekstraksi pelarut. Metode ini melibatkan penggunaan pelarut polar sampai non-polar, seperti alkohol atau *n*-heksana untuk mengekstrak balsam dari pohon. Pelarut melarutkan balsam dan larutan kemudian disaring untuk menghilangkan kotoran. Pelarut kemudian diuapkan, menghasilkan ekstrak balsam.

Pada penelitian ini akan dilakukan ekstraksi menggunakan metode refluks. Metode ini dipilih karena didasarkan pada pertimbangan dapat mengekstraksi senyawa kimia lebih efisien. Refluks adalah metode ekstraksi yang menggunakan panas dan uap untuk mengekstraksi senyawa dari sampel. Ekstraksi ini memerlukan waktu yang lebih singkat untuk mengekstraksi senyawa dibandingkan dengan maserasi. Hal ini disebabkan karena refluks memanfaatkan panas dan uap untuk meningkatkan kecepatan ekstraksi. Selain itu, refluks menghasilkan kuantitas senyawa yang lebih banyak dibandingkan dengan maserasi<sup>22</sup>. Hal ini karena penggunaan panas dan uap dapat meningkatkan solubilitas senyawa dalam pelarut. Akan tetapi, perlu diperhatikan aspek keamanannya. Karena refluks memerlukan

peralatan khusus seperti alat refluks dan kondensor, maka hal ini dapat meningkatkan risiko kecelakaan dan keamanan jika tidak digunakan dengan benar. Hasil ekstraksi juga bergantung kepada pemilihan pelarut yang digunakan. Penggunaan pelarut polar, semi-polar, maupun *non*-polar akan menghasilkan jenis senyawa kimia yang terekstrak berbeda. Adapun kualitas ekstrak yang dihasilkan dari metode refluks diharapkan dapat menghasilkan ekstrak yang lebih murni dan konsisten dibandingkan dengan maserasi.

Selain dengan ekstraksi pelarut, balsam dapat dipisahkan dari komponen volatil penyusunnya dengan cara destilasi. Keuntungan penggunaan metode destilasi uap adalah jumlah uap dapat dengan mudah dikontrol. Karena uap dihasilkan dalam *boiler*, sampel dipanaskan tidak lebih tinggi dari 100 °C. Hal ini untuk mencegah terjadinya degradasi termal<sup>23</sup>. Destilasi uap adalah proses yang paling banyak digunakan untuk memproduksi minyak atsiri dalam skala besar. Pada praktiknya, pilihan antara metode pengolahan balsam didasarkan pada tujuan ekstraksi.



## **BAB III METODOLOGI**

### **Alat dan Bahan**

Bahan utama penelitian adalah balsam rasamala hasil induksi metil jasmonat 10%. Bahan kimia yang digunakan adalah metil jasmonat, etanol, *n*-heksana, mikroorganisme uji *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan larva udang.

Peralatan yang digunakan diantaranya adalah neraca digital, alat destilasi, bejana ekstraksi, alat Soxhlet, *rotary evaporator*, oven, pisau, bor, gelas kimia, spatula, pH meter, alat GC- MS.

### **Induksi pelukaan-metil jasmonat pada cabang muda rasamala**

Bagian batang dan ranting muda dari pohon rasamala dipilih untuk dilakukan penyayatan/pengelupasan dan pengaplikasian metil jasmonat 10% (b/b) serta akuades sebagai kontrol. Perlakuan induksi ini berlangsung selama 2-4 minggu. Balsam yang tereksudasi dikumpulkan segera, lalu disimpan untuk pengolahan berikutnya.

### **Ekstraksi refluks balsam rasamala dalam *n*-heksana dan etanol**

Balsam kering rasamala sebanyak 5 gram ditempatkan bersama 100 ml *n*-heksana di dalam alat refluks. Setelah ekstraksi selesai, larutan ekstrak dipisahkan dari residu dengan disaring menggunakan kertas saring *Whatman* dan pelarut diuapkan dengan *rotary evaporator*. Minyak dan ekstrak balsam yang diperoleh, dikumpulkan, dan disimpan untuk analisis selanjutnya. Prosedur ekstraksi yang sama dilakukan dengan menggunakan pelarut etanol.

### **Analisis senyawa kimia dengan GC-MS**

Untuk mengetahui komponen senyawa kimia yang terkandung di dalam ekstrak balsam, minyak atsiri balsam rasamala dilakukan analisis dengan *Gas Chromatography- Mass Spectrometry*.

### **Pengujian toksisitas larva udang (*Artemia salina L*)**

*Penetasan larva udang*

Bejana untuk penetasan telur udang disiapkan. Bejana diberi pencahayaan dengan lampu untuk menghangatkan suhu dalam penetasan selama 48 jam. Wadah diberi air laut dan diberi perlakuan aerator. Selanjutnya dalam air laut dimasukkan  $\pm 100$ -300 mg telur udang untuk ditetaskan.

#### *Uji toksisitas BSLT*

Sebanyak 10 ekor larva udang dipipet dimasukkan ke dalam wadah uji. Konsentrasi tiap larutan uji 0, 200, 400, 600, 800 dan 1000 ppm dalam 2  $\mu$ L larutan uji dengan air laut. Setiap konsentrasi dilakukan 3 kali pengulangan (triplo). Larutan diaduk sampai homogen. Kontrol dilakukan tanpa penambahan sampel, hanya diisi air laut 2 mL dan 10 larva udang. Larutan dibiarkan selama 24 jam, kemudian dihitung jumlah larva yang mati dan masih hidup dari tiap lubang. Setiap perlakuan dilakukan tiga kali ulangan. Data yang diperoleh kemudian dilakukan analisis probit untuk mendapatkan nilai konsentrasi letal 50% ( $LC_{50}$ )

## BAB IV HASIL PENELITIAN

### *Induksi balsam rasamala menggunakan metil jasmonat 10%(w/w)*

Perlakuan stimulasi metil jasmonat 10% (w/w) pada ranting muda rasamala berhasil menginduksi pembentukan saluran balsam dan eksudasi balsam rasamala dengan jumlah seperti pada Tabel 1. Metil jasmonat 10% digunakan sebagai penginduksi didasarkan pada hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan eksudasi balsam rasamala tertinggi, diantara konsentrasi lain dan stimulasi lain (etefon).

### *Rendemen ekstraksi balsam rasamala dalam n-heksana*

Pengolahan balsam diperlukan untuk mendapatkan senyawa aktif balsam tertentu yang bebas pengotor, dan memiliki bioaktivitas tinggi. Ekstraksi di dalam pelarut *n*-heksana merupakan tahap awal untuk mengetahui sifat kelarutan balsam rasamala. Hasil ekstraksi balsam dengan metode soxhlet menggunakan pelarut menghasilkan ekstrak dengan rendemen sebesar 3.18%.

### *Komposisi kimia ekstrak n-heksana balsam rasamala*

Analisis GC-MS memperlihatkan adanya 17 senyawa kimia pada ekstrak *n*-heksana. Keberadaan monoterpena mendominasi.

Tabel 1 Komposisi senyawa kimia ekstrak *n*-heksan balsam rasamala

<b>Waktu retensi (menit)</b>	<b>Konsentrasi relatif (%)</b>	<b>Senyawa kimia</b>
3.362	22.21	alpha-Pinene
3.95	1.52	Camphene
4.89	37.15	Sabinene
5.78	0.6	beta-Myrcene
6.69	1.06	D-Limonene
8.96	0.76	p-Cymene
18.54	1.09	alpha-Cubebene
23.78	2.24	Caryophyllene
24.39	2.58	Terpinen-4-ol
29.63	11.07	Germacrene D

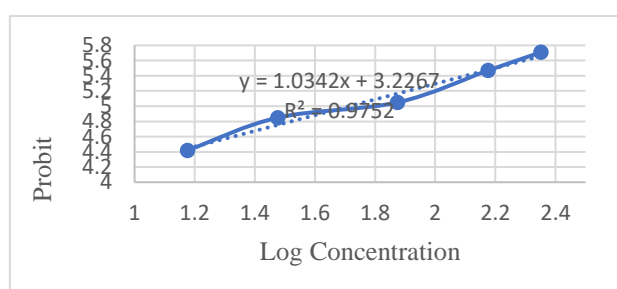
Waktu retensi (menit)	Konsentrasi relatif (%)	Senyawa kimia
47.48	1	Bicyclo[2.2.1]heptane,
48.25	0.73	1H-Pyrazole-4-carboxaldehyde
48.34	0.81	Spathulenol
49.79	0.83	Eudesma-4(15),7-dien-1,beta-ol
50.542	1.08	2-Propen-1-ol
50.636	1.84	((4aS,8S,8aR)-8-Isopropyl-5-methyl-3,4,4a,7,8,8a-hexahydronaphthalen-2yl)methanol
51.54	0.9	((4aS,8S,8aR)-8-Isopropyl-5-methyl-3,4,4a,7,8,8a-hexahydronaphthalen-2yl)methanol

#### Sifat larvasida ekstrak *n*-heksana balsam rasamala

Pemberian ekstrak *n*-heksana balsam rasamala ke dalam media tumbuh yang berisi larva udang *A. salina* menyebabkan kematian larva yang semakin meningkat seiring dengan konsentrasi, seperti ditunjukkan oleh Tabel 2. Sementara itu analisis probit menunjukkan bahwa nilai  $LC_{50}$  adalah 51.83  $\mu\text{g/ml}$  (Gambar 1).

Tabel 2 Mortalitas larva udang (*Artemisia salina*) setelah 24 jam pemberian ekstrak *n*-heksana balsam rasamala

Konsentrasi ( $\mu\text{g/ml}$ )	Mortalitas (%)
0	16.67
15	40
30	53.33
75	60
150	73.33
225	80



Gambar 1 Hubungan antara log konsentrasi ekstrak *n*-heksana balsam rasamala dengan mortalitas larva udang berdasarkan analisis probit.

## **BAB V KESIMPULAN**

Ekstraksi eksudat balsam rasamala di dalam pelarut *n*-heksana menghasilkan ekstrak dengan rendemen sebesar 3.18%, dengan kandungan komponen kimia yang didominasi oleh kelompok terpena. Hasil pengujian larvasida metode BSLT menunjukkan adanya aktivitas mortalitas yang meningkat dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak balsam yang diberikan, dengan nilai LC<sub>50</sub> sebesar 51.83 µg/ml.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Chien SC, Xiao JH, Tseng YH, Kuo YH, Wang SY. 2013. Composition and antifungal activity of balsam from *Liquidambar formosana* Hance. *Holzforschung* 67(3): 345–351. DOI 10.1515/hf-2012-0086.
2. Institut Pertanian Bogor. Rencana induk penelitian Institut Pertanian Bogor tahun 2016-2025. Bogor: IPB 2016.136 p.
3. Öztürka M, Çelikk A, Güvensena A, Hamzaoğluc E. 2008. Ecology of tertiary relict endemic *Liquidambar orientalis* Mill. forests. *For. Ecol. Manage.* 4:510 – 518.
4. Rijkers T, Ogbazghi W, Wessel M, Bongers F. 2006. The effect of tapping for frankincense on sexual reproduction in *Boswellia papyrifera*. *J. Appl. Ecol.* 43:1188 – 1195.
5. Hillis WE. 1987. *Heartwood and Tree Exudates*. Springer-Verlag, New York.
6. Byun-McKay SA, Hunter WL, Godard KA, Wang SX, Martin DM, Bohlmann J, Plant AL. 2003. Insect attack and wounding induce traumatic resin duct development and gene expression of (–)-pinene synthase in *Sitka spruce*. *Plant Physiol.* 133:368 – 378.
7. Holmbom T, Reunanen M, Fardim P. 2008. Composition of callus resin of Norway spruce, Scots pine, European larch and Douglas fir. *Holzforschung* 62:417 – 422.
8. Sakai KI, Rumbino A, Iyama S, Gadrinab LU. 1987. Studies on Interference Among Trees in A Plantation of *Altingia Excelsa*. *Biotropia* 1 (1) 26-40.
9. Anwar R, Setiawan A, Supriatno, Supratman U. 2019. Senyawa daun rasamala (*Altingia excelsa* Nornha) sebagai penghambat proliferasi sel kanker lidah manusia *in vitro*. *Stomatognatic* 16(2):42-48.
10. Wekesa C, Makenzi P, Chikamai BN, Lelon JK, Luvanda AM, Muga M. 2009. Gum arabic yield in different varieties of *Acacia senegal* (L.) Willd in Kenya. *African Journal of Plant Science* 3(11): 263-276.
11. Boothby D. 1983. Gummosis of stone-fruit trees and their fruits. *J. Sci. Food Agric.* 34: 1–7. DOI: 10.1002/jsfa.2740340102.

12. Olien WC, Bukovac MJ. 1982. Ethephon-induced gummosis in sour cherry (*Prunus cerasus* L.) I. Effect of xylem function and shoot water status. *Plant Physiol.* 70: 547–555. DOI: 10.1104/pp.70.2.547.
13. Gedalovich E, Fahn A. 1985a. Ethylene and gum duct formation in Citrus. *Ann. Bot.* 56: 571–577. DOI:10.1093/oxfordjournals.aob.a087048.
14. Babu AM, Nair GM, Shah JJ. 1987. Traumatic gum-resin cavities in the stem of *Ailanthus excelsa* Roxb. *IAWA Bull.* 8: 167–174.
15. Menon ARS, Babu AM. 1989. Structure and development of ethephon induced gum cavities in the stem of *Sterculia urens* Roxb. *Phyton.* 29: 41– 47.
16. Zheng Y, Pan B, Itoh T. 2015. Chemical induction of traumatic gum ducts in Chinese sweetgum, *Liquidambar formosana*. *IAWA J.* 36(1): 58– 68. DOI: 10.1163/22941932- 00000085.
17. Yamamoto F, Iwanaga F, Al-Busaidi A, Yamanaka N. 2020. Roles of ethylene, jasmonic acid, and salicylic acid and their interactions in frankincense resin production in *Boswellia sacra* Flueck. trees. *Sci Rep* 10, 16760 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73993-2>.
18. Carolina A, Kusumoto D. 2020. Gum duct formation mediated by various concentrations of ethephon and methyl jasmonate treatments in *Cerasus* × *yedoensis*, *Prunus mume* and *Liquidambar styraciflua*. *IAWA J.* 41 (1): 98–108.
19. Saniewski M, Miyamoto K, Ueda J. 1998. Methyl jasmonate induces gums and stimulates anthocyanin accumulation in peach shoots. *J. Plant Growth Regul.* 17: 121–124. DOI: 10.1007/PL00007024.
20. Saniewski M, Ueda J, Horbowicz M, Miyamoto K, Puchalski J. 2001. Gum in apricot (*Prunus armeniaca* L.) shoots induced by methyl jasmonate. *Acta Argobot.* 54: 27–34. DOI: 10.5586/aa.2001.020.
21. Saniewski M, Miyamoto K, Ueda J. 2004. Gum induction by methyl jasmonate in fruits, stems, and petioles of *Prunus domestica* L. *Acta Hort.* 636: 151–158. DOI: 10.17660/ActaHortic.2004.636.18.
22. Palma M, Barbero G, Pineiro Z, Liazid A, Barroso CG, Rostagno MA, Prado JM, Meireles MA. 2013. Extraction of Natural Products: Principles and Fundamental Aspects. In: Rostagno, M.A. and J.M. Prado (Eds.), *Natural*

*products Extraction: Principles and Applications*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, pp. 58–86.

23. Cerpa MG, Mato RB, Cocero M.J. 2008 Modeling Steam Distillation of Essential Oils: Application to Lavandin Super Oil. *AIChE Journal*, 54, 909-917. <https://doi.org/10.1002/aic.11438>.