

Научная статья
УДК 630*892.5

**ОСНОВНЫЕ ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
В ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
И ИХ ПРОТИВОГРИБКОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ**

Марина Ильдаровна Яковлева

Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук,
Екатеринбург, Россия
hmi81@mail.ru

Аннотация. Исследованиями установлено, что среди идентифицированных соединений в хвое сосны обыкновенной преобладали галловая кислота, арбутин, аскорбиновая кислота, а также флавоноиды гиперозид и феникулин. Анализ литературных источников показал, что галловая кислота обладает противогрибковым действием. Также противогрибковые свойства характерны для арбутина, гиперозида и феникулина.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., фенольные соединения, противогрибковые свойства

Благодарности: работа выполнена в рамках исполнения госбюджетной темы № 123112700125-1.

Для цитирования: Яковлева М. И. Основные фенольные соединения в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и их противогрибковый потенциал // Вигоровские чтения = Vigorovsky readings : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвященной 75-летию Уральского сада лечебных культур им. профессора Л. И. Вигорова. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 33–38.

Original article

**THE MAIN PHENOLIC COMPOUNDS IN SCOTS PINE NEEDLES
(*PINUS SYLVESTRIS* L.) AND THEIR ANTIFUNGAL POTENTIAL**

Marina I. Yakovleva

Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia
hmi81@mail.ru

Abstract. The research has established that gallic acid, arbutin, ascorbic acid, as well as flavonoids hyperoside and fenculin predominate among the identified compounds in Scots pine needles. An analysis of literary sources has shown that

gallic acid has proven antifungal effect. Antifungal properties are also characteristic of arbutin, hyperoside, and feniculin.

Keywords: *Pinus sylvestris* L., phenolic compounds, antifungal properties

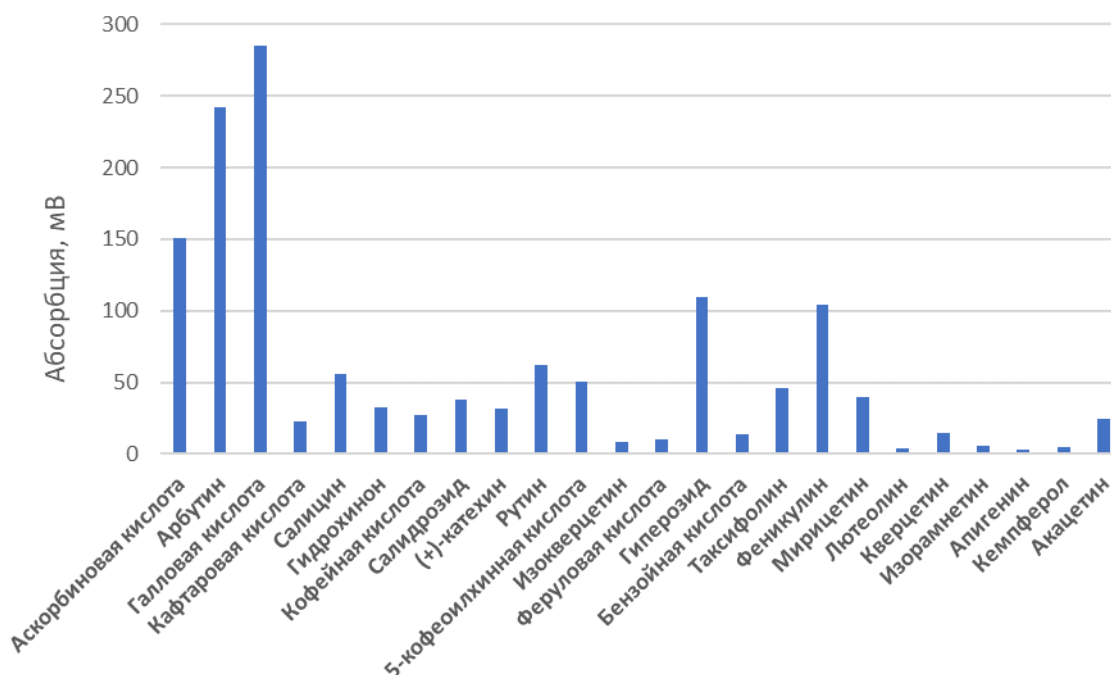
Acknowledgments: the work was carried out within the framework of the implementation of the state budgetary theme № 123112700125-1.

For citation: Yakovleva M. I. (2025) Osnovnye fenol'nye soedineniya v hvoe sosny obyknovennoj (*Pinus sylvestris* L.) i ih protivogribkovyj potencial [The main phenolic compounds in Scots pine needles (*Pinus sylvestris* L.) and their antifungal potential]. Vigorovskie chteniya [Vigorovsky readings] : proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference with international participation dedicated to the 75th anniversary of the Ural Garden of Medicinal Crops named after Professor L. I. Vigorov. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 33–38. (In Russ).

Сосну обыкновенную с древнейших времен используют в качестве лекарственного растения. Современные препараты на ее основе обладают широким спектром терапевтического действия: отхаркивающим, мочегонным, желчегонным, обезболивающим, бактерицидным и др. [1]. В хвое были обнаружены биологически активные соединения, обеспечивающие ее высокую лекарственную эффективность, в первую очередь – аскорбиновая кислота, флавоноиды, каротиноиды, оксикоричные кислоты и дубильные вещества [2]. Однако противогрибковые свойства компонентов сосновой хвои остаются недостаточно изученными [3]. В связи с этим нами были идентифицированы с помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) основные фенольные соединения в хвое сосны обыкновенной и на основе литературных данных проанализированы их потенциальные противогрибковые свойства.

Для хроматографического анализа 18 апреля 2023 г. были взяты образцы двухлетних сеянцев сосны (всего 66 шт.). Сеянцы выращивали в условиях открытого грунта Сарафановского питомника (Артемовский городской округ Свердловской области). Для анализов (ВЭЖХ) использовалась парная хвоя второго года. Условия подготовки проб, приготовления экстрактов и проведения хроматографических анализов подробно описаны нами ранее [4].

С помощью хроматографического анализа экстрактов хвои было выявлено более 100 фенольных соединений, из них идентифицировано 24 (рисунок). По составу это были: простые фенолы и их гликозиды (гидрохинон, арбутин, салицин, салидрозид), оксибензойные кислоты (галловая и бензойная кислоты), оксикоричные кислоты (кафтаровая, кофейная, 5-кофеилхинная и феруловая кислоты), флавоноиды ((+)-катехин, лютеолин, апигенин, акацетин, кверцетин, рутин, изокверцетин, гиперозид, феникулин, мирицетин, изорамнетин, кемпферол, таксифолин), а также витамин С (аскорбиновая кислота).



Состав и содержание идентифицированных фенольных соединений в хвое сосны обыкновенной. *Примечание:* мВ – милливольты.

Результаты показали, что в хвое сосны среди идентифицированных нами веществ доминирующими являются галловая кислота, арбутин, аскорбиновая кислота, гиперозид и феникулин (рисунок выше).

Известно, что галловая кислота обладает широким спектром противогрибковой активности. При этом активность галловой кислоты в отношении *Candida albicans* (*C. Albicans*) была сопоставима с медицинским препаратом флуконазолом [5]. Более того, недавние исследования показали, что галловая кислота из листьев *Sarcochlamys pulcherrima* (Roxb.) Gaudich. подавляла рост штаммов не только *C. albicans*, но и устойчивого к флуконазолу *C. auris* [6].

Арбутин, представляющий собой фенольный гликозид гидрохинона, обладает антиоксидантными, противомикробными, противовоспалительными, а также противораковыми свойствами. Кроме того, экспериментально была показана противогрибковая активность арбутина, содержащегося в экстракте листьев груши Буассье (*Pyrus boissieriana* Buhse), в отношении *C. albicans* и *Cladasporium cucumericum* [7].

Аскорбиновая кислота известна своими сильными антиоксидантными и противовоспалительными свойствами. Однако сведения о ее применении как противогрибкового компонента противоречивы. В одном исследовании было показано связанное с аскорбиновой кислотой ингибирование морфогенеза *C. albicans*, тогда как в другом – низкая противогрибковая активность аскорбиновой кислоты против этого же патогена [8].

Гиперозид (кверцетин-3-О-галактозид), выделенный из листьев камптотеки остроконечной *Camptotheca acuminata*, обладал выраженным противогрибковым эффектом против фитопатогенов *Pestalotia guepinii*, *Drechslera sp.* и *Fusarium avenaceum* [9]. Экстракты зверобоя, продырявленного *Hypericum perforatum*, а также золотарника травянистого *Solidago graminifolia* L. Salisb., содержащие в своих составах гиперозид, подавляли штаммы грибов рода *Candida*: *C. albicans*, *C. parapsilosis*, *C. neoformans* [10]. Показано, что феникулин (кверцетин-3-О-арабинопиранозид), более известный как гуаяверин, из листьев *Myrcia tomentosa*, проявлял противогрибковую активность в отношении *C. albicans* и *C. parapsilosis* [10].

Таким образом, полученные нами результаты показали, что идентифицированные в хвое двухлетних сеянцев сосны обыкновенной соединения могут быть полезны в качестве источников укрепления здоровья человека. Так, в хвое сосны следует отметить высокое содержание аскорбиновой кислоты (витамина С). Среди фенольных соединений преобладала галловая кислота, обладающая доказанной противогрибковой активностью. Также в хвое сосны выявлено высокое содержание арбутина, гиперозида и феникулина, которые, согласно литературным данным, проявляли противогрибковые свойства по отношению к различным патогенам. Таким образом, хвоя сосны обыкновенной представляет собой перспективный источник для дальнейших исследований ее противогрибкового потенциала.

Список источников

1. Кулачек В. Д. Общая характеристика лекарственного растительного сырья сосны обыкновенной // Глобальные проблемы современности. 2024. Т. 5, № 2. С. 4–9.
2. Коваль Ю. И., Васильцова И. В., Бочкарева И. И. Лекарственные растения Новосибирской области как дополнительные экзогенные источники биологически активных веществ // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2024. Т. 4, № 2. С. 95–102.
3. Furfural from Pine Needle Extract Inhibits the Growth of a Plant Pathogenic Fungus, *Alternaria mali* / K.-H. Jung, S.-K. Yoo, S.-K. Moon [et al.] // Mycobiology. 2007. V. 35, № 1. P. 39–43. DOI:10.4489/MYCO.2007.35.1.039
4. Колтунов Е. В., Яковлева М. И. Состав фенольных соединений в листьях березы повислой (*Betula pendula* Roth.), детерминирующих параметры конститутивной энтоморезистентности // Леса России и хозяйство в них. 2017. № 2 (61). С. 61–68.
5. Antifungal activity of gallic acid in vitro and in vivo / Z. J. Li, M. Liu, G. Dawuti [et al.] // Phytother. Res. 2017. V. 3, № 7. P. 1039–1045. DOI:10.1002/ptr.5823

6. Potent antifungal properties of gallic acid in *Sarcochlamys pulcherrima* against *Candida auris* / N. Akhtar, M. A. U. Mannan, D. Pandey [et al.] // *Biotechnologia*. 2023. V. 104, № 2. P. 105–119. DOI:10.5114/bta.2023.127202
7. Biological activity of leaf extract and phenolglycoside arbutin of *Pyrus biossieriana* Buhse / M. Azadbakht, A. Marston, K. Hostettmann [et al.] // *J. Med. Plants*. 2004. V. 3, № 10. P. 9-14.
8. Mousavi S., Bereswill S., Heimesaat M. M. Immunomodulatory and antimicrobial effects of vitamin C // *Eur. J. Microbiol. Immunol.* 2019. V. 9, № 3. P. 73–79. DOI:10.1556/1886.2019.00016
9. Antifungal activity of camptothecin, trifolin, and hyperoside isolated from *Camptotheca acuminata* / S. Li, Z. Zhang, A. Cain [et al.] // *J Agric Food Chem.* 2005. Vol. 53, № 1. P. 32–37. DOI:10.1021/jf0484780
10. Aboody M. S. A., Mickymaray S. Anti-Fungal Efficacy and Mechanisms of Flavonoids // *Antibiotics (Basel)*. 2020. V. 9, № 2. Article number: 45. P. 1–42. DOI:10.3390/antibiotics9020045

References

1. Kulachek V. D. General characteristics of medicinal plant raw materials of Scots pine // *Global problems of modernity*. 2024. V. 5, № 2. P. 4–9. (In Russ)
2. Koval Yu. I., Vasiltsova I. V., Bochkareva I. I. Medicinal plants of the Novosibirsk region as additional exogenous sources biologically active substances // *Interexpo Geo-Siberia*. 2024. V. 4, № 2. P. 95–102. (In Russ)
3. Furfural from Pine Needle Extract Inhibits the Growth of a Plant Pathogenic Fungus, *Alternaria mali* / K.-H. Jung, S.-K. Yoo, S.-K. Moon [et al.] // *Mycobiology*. 2007. V. 35, № 1. P. 39–43. DOI:10.4489/MYCO.2007.35.1.039
4. Koltunov E. V., Yakovleva M. I. The composition of phenolic compounds in the leaves of silver birch (*Betula pendula* Roth.), determining the parameters of constitutive entomoresistance // *Forests of Russia and the economy in them*. 2017. № 2 (61). P. 61–68. (In Russ)
5. Antifungal activity of gallic acid in vitro and in vivo / Z. J. Li, M. Liu, G. Dawuti [et al.] // *Phytother. Res.* 2017. V. 3, № 7. P. 1039–1045. DOI:10.1002/ptr.5823
6. Potent antifungal properties of gallic acid in *Sarcochlamys pulcher-rima* against *Candida auris* / N. Akhtar, M. A. U. Mannan, D. Pandey [et al.] // *Biotechnologia*. 2023. V. 104, № 2. P. 105–119. DOI:10.5114/bta.2023.127202
7. Biological activity of leaf extract and phenolglycoside arbutin of *Py-rus biossieriana* Buhse / M. Azadbakht, A. Marston, K. Hostettmann [et al.] // *J. Med. Plants*. 2004. V. 3, № 10. P. 9–14.
8. Mousavi S., Bereswill S., Heimesaat M. M. Immunomodulatory and antimicrobial effects of vitamin C // *Eur. J. Microbiol. Immunol.* 2019. V. 9, № 3. P. 73–79. DOI:10.1556/1886.2019.00016

9. Antifungal activity of camptothecin, trifolin, and hyperoside isolated from *Camptotheca acuminata* / S. Li, Z. Zhang, A. Cain [et al.] // J Agric Food Chem. 2005. Vol. 53, № 1. P. 32–37. DOI:10.1021/jf0484780
10. Aboody M. S. A., Mickymaray S. Anti-Fungal Efficacy and Mechanisms of Flavonoids // Antibiotics (Basel). 2020. V. 9, № 2. Article number: 45. P. 1–42. DOI:10.3390/antibiotics9020045