

УДК 57.083.132

# Сравнительная характеристика $\beta$ -глюканов, получаемых из плодовых тел и мицелия базидиальных грибов, с использованием ИК-спектроскопии

Канд. биол. наук А. Н. РАЗИН<sup>1\*</sup>, Е. Н. ВЛАСОВА<sup>2</sup>,  
канд. мед. наук Е. В. ВОРОБЕЙЧИКОВ<sup>1</sup>, канд. биол. наук Н. В. ЛЕОНОВА<sup>1</sup>,  
канд. мед. наук В. Г. КОНУСОВА<sup>1</sup>, канд. техн. наук М. М. ШАМЦЯН<sup>1</sup>,  
М. ФРИУИ<sup>1</sup>, канд. техн. наук Б. А. КОЛЕСНИКОВ<sup>1</sup>,  
д-р техн. наук Е. И. КИПРУШКИНА<sup>1</sup>, д-р биол. наук М. Ю. ВОЛКОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный Технологический институт (Технический университет)

<sup>2</sup>Институт высокомолекулярных соединений РАН

<sup>3</sup>Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии МВА имени К. И. Скрябина

\*E-mail: pharmlines@yandex.ru

*Поиск методов, демонстрирующих сохранение структуры  $\beta$ -глюканов после их выделения, является актуальной практической задачей. Цель исследования — оценка характеристик  $\beta$ -глюканов из плодовых тел *Pleurotus ostreatus* и мицелия *Phallus impudicus* с использованием ИК-спектроскопии. В ходе работы были получены образцы, содержащие растворимые и нерастворимые фракции  $\beta$ -глюканов. Содержание  $\beta$ -глюканов в образцах определяли с помощью ферментативного метода. Наличие  $\alpha$ - и  $\beta$ -гликозидных связей устанавливали с помощью метода ИК-спектроскопии. Было показано, что метод ИК-спектроскопии является перспективным инструментом структурного анализа полисахаридов, благодаря возможности регистрации гликозидных связей  $\alpha$ - и  $\beta$ -глюканов. Этот метод может быть рекомендован для идентификации и стандартизации грибных полисахаридов, полученных из мицелия и плодовых тел базидиальных грибов.*

**Ключевые слова:** базидиальные грибы,  $\beta$ -глюкан, *Pleurotus ostreatus*, *Phallus impudicus*, ферментативный метод, ИК-спектроскопия.

## Информация о статье:

Поступила в редакцию 16.07.2024, одобрена после рецензирования 15.08.2024, принята к печати 03.09.2024

DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-4-46-51

Язык статьи — русский

## Для цитирования:

Разин А. Н., Власова Е. Н., Воробейчиков Е. В., Леонова Н. В., Конусова В. Г., Шамцян М. М., Фриуи М., Колесников Б. А., Кипрушкина Е. И., Волков М. Ю. Сравнительная характеристика  $\beta$ -глюканов, получаемых из плодовых тел и мицелия базидиальных грибов, с использованием ИК-спектроскопии. // Вестник Международной академии холода. 2024. № 4. С. 46–51. DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-4-46-51

## Comparative analysis of $\beta$ -glucans received from fruit bodies and mycelium of basidiomycetes with IR-spectroscopy

Ph. D. A. N. RAZIN<sup>1\*</sup>, E. N. VLASOVA<sup>2</sup>, Ph. D. E. V. VOROBAYCHIKOV<sup>1</sup>, Ph. D. N. V. LEONOVA<sup>1</sup>,  
Ph. D. V. G. KONUSOVA<sup>1</sup>, Ph. D. M. M. SHAMTSYAN<sup>1</sup>, M. FRIQUI<sup>1</sup>, Ph. D. B. A. KOLESNIKOV<sup>1</sup>,  
D. Sc. E. I. KIPRUSHKINA<sup>1</sup>, D. Sc. M. Yu. VOLKOV<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State Institute of Technology

<sup>2</sup>Institute of Macromolecular Compounds RAS

<sup>3</sup>Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K. I. Skryabin

\*E-mail: pharmlines@yandex.ru

*The search for methods demonstrating the preservation of the structure of  $\beta$ -glucans after their isolation is an urgent practical problem. The aim of the study was to evaluate the characteristics of  $\beta$ -glucans from the fruit bodies of *Pleurotus ostreatus* and the mycelium *Phallus impudicus* using IR spectroscopy. During the research, samples containing soluble and insoluble fractions of  $\beta$ -glucans were obtained. The content of  $\beta$ -glucans in the samples was determined using an enzymatic method. The presence of  $\alpha$ - and  $\beta$ -glycosidic bonds was determined using IR spectroscopy. It has been shown that the IR*

*spectroscopy method is a promising tool for the structural analysis of polysaccharides, due to the possibility of recording the glycosidic bonds of  $\alpha$ - and  $\beta$ -glucans. This method can be recommended for the identification and standardization of fungal polysaccharides obtained from the mycelium and fruiting bodies of basidiomycetes.*

**Keywords:** basidiomycetes,  $\beta$ -glucan, *Pleurotus ostreatus*, *Phallus impudicus*, enzymatic method, IR spectroscopy.

#### Article info:

Received 16/07/2024, approved after reviewing 15/08/2024, accepted 03/09/2024

DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-4-46-51

Article in Russian

#### For citation:

Razin A. N., Vlasova E. N., Vorobeychikov E. V., Leonova N. V., Konusova V. G., Shamtsyan M. M., Frioui M., Kolesnikov B. A., Kiprushkina E. I., Volkov M. Yu. Comparative analysis of  $\beta$ -glucans received from fruit bodies and mycelium of basidiomycetes with IR-spectroscopy. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2024. No 4. p. 46–51. DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-4-46-51

## Введение

Базидиальные грибы являются уникальным источником получения биологически активных веществ, используемых в медицине, ветеринарии, косметологии и других областях [1, 2]. Наибольшим фармакологическим потенциалом обладают полисахариды клеточных стенок высших грибов, состоящих из молекул D-глюкозы, связанных в полимерную последовательность  $\beta$ -связями в положении 1–3, с боковыми ответвлениями в позиции 1–6. Эти биополимеры по своим характеристикам относятся к «патоген-ассоциированным паттернам», активирующим врожденный иммунитет через взаимодействие с рядом специфических рецепторов, прежде всего, с лектиновым рецептором С типа — Дектином-1 [3, 4]. Взаимодействие этих рецепторов с  $\beta$ -глюканами приводит к развитию противовоспалительных, антиоксидантных, противоопухолевых и других эффектов, связанных с нормализацией липидного, углеводного обмена и микробиоты кишечника. Поэтому широкий спектр биологических эффектов, вызываемых этими природными биополимерами, позволяет рассматривать их в качестве «модификаторов биологических реакций», имеющих большой потенциал для создания лекарственных средств, продуктов функционального питания, нутрицевтиков и парафармацевтиков.

Биологическая активность  $\beta$ -глюканов определяется рядом факторов: строением и размером полисахаридной цепочки, наличием и количеством ответвлений от основной цепи, третичной структурой молекулы, ее весом и зарядом, растворимостью и т. д. [5, 6]. Технологии выделения  $\beta$ -глюкана из плодовых тел или мицелия также оказывают влияние на сохранение его структуры и на его биологическую активность [7, 8].

Известны технологии получения  $\beta$ -глюкана из плодовых тел или мицелия грибов с помощью водного, кислотного или щелочного гидролиза, растворителей (метанол, этанол, диметилсульфоксид), ультразвука, микроволнового излучения, радиационного облучения, ферментной обработки, субкритической водной экстракции, импульсной экстракции в электрическом поле и т. д. [9]. Эти технологии позволяют выделять растворимые и нерастворимые фракции  $\beta$ -глюкана, но в процессе их экстракции не всегда происходит сохранение структуры биополимера, что затрудняет характеристику таких субстанций и оценку их биологических свойств.

Риски потери биологической активности при многообразии способов получения  $\beta$ -глюканов обуславливают поиск надежных методов определения их структурных характеристик, связанных с их биологической активностью. Широко используемый ферментативный метод позволяет оценить общее содержание  $\beta$ -глюкана в конечной субстанции, но не информативен в отношении присутствия в ней гликозидных связей в позициях 1–3 и 1–6. Одним из возможных методов определения гликозидных связей в положениях 1–3 и 1–6 является метод ИК-спектроскопии.

Целью исследования является оценка характеристик  $\beta$ -глюканов из плодовых тел *Pleurotus ostreatus* и мицелия *Phallus impudicus* с использованием ИК-спектроскопии.

## Материалы и методы

### *Выделение $\beta$ -глюкана из плодовых тел *Pleurotus ostreatus*.*

Плодовые тела гриба *Pleurotus ostreatus* сушили при температуре 70,0 °С в течение 18 ч. Далее, высушенные плодовые тела измельчали на шаровой мельнице до получения частиц порошка 40–60 мкм. Полученный грибной порошок обрабатывали 80,0% спиртовым раствором при температуре 75,0 °С в течение 3 ч. После удаления спиртового раствора с помощью фильтрации получали нерастворимую фракцию  $\beta$ -глюкана (образец 1), которую высушивали при температуре 45,0 °С до состояния порошка с влажностью не более 6,0%.

Для получения растворимой фракции  $\beta$ -глюкана образец № 1 подвергали водной экстракции при температуре 100,0 °С в течение 3 ч. Затем из раствора с помощью нетканого фильтра с диаметром пор 5,0 мкм удаляли нерастворимые частицы образца № 1. Полученный фильтрат смешивали с 96° этанолом в соотношении 1:5 и выдерживали в течение 24 ч при температуре +4,0 °С. Полученный осадок фильтровали и высушивали при температуре 45,0 °С. Далее, сухой осадок измельчали на шаровой мельнице до размера частиц 40–60 мкм, который представлял растворимую в воде фракцию  $\beta$ -глюкана (образец 2).

### *Выделение $\beta$ -глюкана из мицелия *Phallus impudicus*.*

В качестве продуцента мицелия использовали чистую культуру гриба базидиомицета *Phallus impudicus*

(*Phallus impudicus* Linnaeus, 1753; Persoon, 1801) из коллекции культур микроорганизмов Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург. Мицелий гриба получали по оптимизированной нами технологии глубинного культивирования [10]. Полученный мицелий отделяли от культуральной жидкости (КЖ) фильтрацией через синтетический фильтр с диаметром пор 1,0 мкм и смешивали с дистиллированной водой в соотношении 1:5. Далее, для разрушения клеточных стенок взвесь мицелия в дистиллированной воде помещали в проточный гидродинамический дисковый диспергатор-кавитатор (D-160, Китай). Диаметр дисков диспергатора-кавитатора составлял 160 мм, расстояние между дисками — 0,5 мм, скорость вращения — 3500 об/мин, время физической обработки смеси — 5 мин.

Для гидратации  $\beta$ -глюкана, диспергированную взвесь мицелия в воде подвергали термической обработке при температуре 85,0 °C в течение 2 ч, затем взвесь охлаждали до температуры 21,0 °C и лиофильно высушивали. Параметры лиофилизации составляли: температура замораживания –55,0 °C; время замораживания 24 ч; температура испарения 25,0 °C; время испарения 24 ч. Лиофильно высушенный продукт представлял собой пористый порошок светло-коричневого цвета. Для стандартизации порошка по размеру частиц использовали сито с диаметром отверстий 100 мкм (образец 3).

#### Ферментный метод определения $\beta$ -глюкана.

Определение  $\beta$ -глюканов образцах 1, 2 и 3 проводили с помощью стандартного набора реактивов « $\beta$ -GlucanAssayKit (Yeast)» фирмы Megazyme (USA) в соответствии с инструкцией [11]. Метод основан на определении количества глюкозы, образовавшейся в результате ферментативного и кислотного гидролиза исследуемых образцов.

Применение этого метода рекомендовано ГОСТ Р 57513–2017 (Национальный стандарт Российской Федерации. Пищевая продукция, специализированная).

#### Метод ИК-спектроскопии.

Спектры образцов 1, 2 и 3 определяли на ИК-Фурье спектрометре «Vertex 70» фирмы «Bruker» при разрешении 4 см<sup>-1</sup>, число сканов 60. Спектры образцов регистрировали в режиме поглощения. Образцы готовили методом прессования таблеток с KBr, используя навески массой 3,0 мг и 750,0 мг KBr.

#### Результаты исследования

В табл. 1 представлены результаты определения содержания  $\beta$ -глюкана в образцах 1, 2 и 3 с помощью ферментного метода. Установлено, что в образцах 1 и 3 со-

держание  $\beta$ -глюкана (масс%) имеет сходные значения: 28,27 и 28,00, соответственно. В образце 2 содержание  $\beta$ -глюкана (масс%) имеет меньшее значение (23,69), относительно образцов 1 и 3.

На рис. 1 представлена общая область ИК спектров исследуемых образцов. Анализ ИК-спектрограмм показывает, что нерастворимые и растворимые фракции, полученные из плодовых тел *Pleurotus ostreatus* (образцы 1, 2) и мицелия *Phallus impudicus* (образец 3), содержат как полисахариды, так и высокомолекулярные фракции белков. В спектрах всех образцов имеются полосы поглощения: в интервале 3600–3000 см<sup>-1</sup>, относящиеся к группам О-Н и N-Н; полосы в области 2980–2800 см<sup>-1</sup>, относящиеся к колебаниям С-Н групп. Полосы вблизи 1700–1650 см<sup>-1</sup> (amid I), 1570–1500 см<sup>-1</sup> (amid II) и 1320 см<sup>-1</sup> (amid III), в совокупности, свидетельствуют о наличии в образцах амидов [12, 13]. В области 1200–900 см<sup>-1</sup> имеются полосы, характерные для полисахаридов. Ранее было показано, что наиболее характерные полосы поглощения для  $\beta$ -глюканов находятся в областях: 1060 см<sup>-1</sup>, 1030 см<sup>-1</sup> и 890 см<sup>-1</sup> [14, 15].

На рис. 2 представлен участок ИК спектра в интервале от 1200 см<sup>-1</sup> до 800 см<sup>-1</sup>. На ИК спектре видны полосы поглощения, характерные для гликозидного цикла от 1100 см<sup>-1</sup> до 1000 см<sup>-1</sup>, наблюдаемые во всех полисахаридах. Согласно литературным данным, полоса поглощения 890 см<sup>-1</sup> соответствует  $\beta$ -1–3 связи  $\beta$ -гликозидной группы. Кроме того, во всех образцах (1, 2, 3) заметны полосы поглощения 930 см<sup>-1</sup> и 914 см<sup>-1</sup>, которые согласно литературным данным относятся к  $\alpha$ -глюканам и  $\beta$ -1–6 разветвлениям, соответственно [16].

#### Обсуждение результатов

Использованные в исследовании методы выделения нерастворимых и растворимых фракций  $\beta$ -глюканов из плодовых тел грибов и нерастворимой фракции  $\beta$ -глюканов из мицелия позволили получить биополимеры и представить их характеристики с помощью ферментного метода и ИК-спектроскопии.

При сравнении растворимой фракции (образец 2) и нерастворимых фракций (образцы 1 и 3) показано незначимое снижение количества  $\beta$ -глюканов (~4,0 масс%), измеренное с помощью ферментативного метода. По-видимому, это связано с дополнительной технологической стадией получения растворимой фракции биополимера путем его водной экстракции и последующей обработки этанолом. Однако снижение количества  $\beta$ -глюкана (масс%) в образце 2 не является критичным для реализации биологической активности этого биополимера. Полученные близкие значения количества  $\beta$ -глюкана (масс%) в образцах 1 и 3 демонстрируют, что использу-

Таблица 1

#### Содержание $\beta$ -глюканов в исследуемых образцах

Table 1

#### Content of $\beta$ -glucans in the tested samples

| Номер образца                     | Источник получения                       | Содержание $\beta$ -глюкана в образце, масс% |
|-----------------------------------|--|--|
| Образец 1 (нерастворимая фракция) | Плодовые тела <i>Pleurotus ostreatus</i> | 28,27  |
| Образец 2 (растворимая фракция)   | Плодовые тела <i>Pleurotus ostreatus</i> | 23,69  |
| Образец 3 (нерастворимая фракция) | Мицелий <i>Phallus impudicus</i>         | 28,00  |

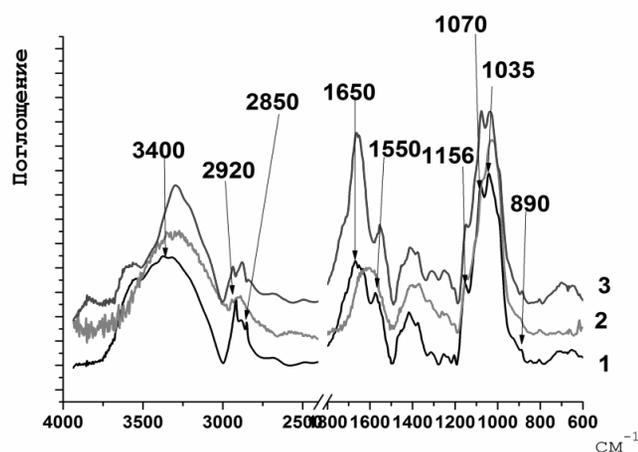


Рис. 1. ИК спектры образцов:

- 1 — нерастворимая фракция *Pleurotus ostreatus*;  
 2 — растворимая фракция *Pleurotus ostreatus*;  
 3 — мицелий *Phallus impudicus*

Fig. 1. IR spectra of the samples: 1 — insoluble fraction *Pleurotus ostreatus*; 2 — soluble fraction *Pleurotus ostreatus*;  
 3 — mycelium *Phallus impudicus*

емые способы получения  $\beta$ -глюкана, практически, не зависят от источника их извлечения — плодового тела гриба или его мицелия, а также изученного вида гриба — *Pleurotus ostreatus* или *Phallus impudicus*.

При анализе ИК спектров нерастворимой фракции (образец 1) и водорастворимой фракции (образец 2) обнаружено, что в образце 2 происходит уменьшение белковой составляющей и увеличение полисахаридной. В водорастворимой фракции заметно незначительное уменьшение интенсивностей полос поглощения  $930\text{ см}^{-1}$  и  $914\text{ см}^{-1}$ , что свидетельствует о снижении количества  $\alpha$ -глюканов и  $\beta$ -1-6 разветвлений глюканов, а также некоторое снижение количества  $\beta$ -1-3 разветвлений глюканов, что согласуется с данным ферментного анализа. При сравнении образцов 1 и 3 в области полос поглощения  $930\text{ см}^{-1}$ ,  $914\text{ см}^{-1}$  и  $890\text{ см}^{-1}$  имеют сходные профили поглощения, которые демонстрируют наличие  $\alpha$ -глюканов,  $\beta$ -1-6 и  $\beta$ -1-3 разветвлений глюканов, соответственно. Возможно, что сходные профили поглощения ИК-спектров в образцах 1 и 3 связаны с приготовлением точных навесок этих образцов для анализа, что также совпадает с результатом ферментного способа определения  $\beta$ -глюкана.

Применение ИК-спектроскопии позволяет определить содержание и структуру  $\beta$ -глюканов, в том числе, в неочищенных высокомолекулярных фракциях, выделенных как из плодовых тел грибов, так и из мицелия. Кроме того, ИК-спектроскопия показывает гликозидные связи в глюканах, наличие которых свидетельствует о сохранении их структуры. ИК-спектроскопия может быть рекомендована для количественного определения  $\beta$ -глюканов при условии использования калибровочной кривой, построенной с использованием не менее 5–6 образцов с разным содержанием (масс%) этого биополимера в интересующем интервале концентрации.

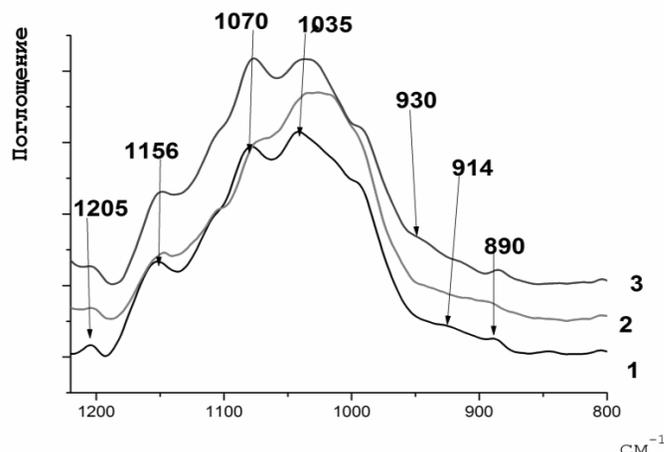


Рис. 2. ИК спектры образцов 1, 2 и 3 в области  $1230\text{--}800\text{ см}^{-1}$ :

- 1 — нерастворимая фракция *Pleurotus ostreatus*;  
 2 — растворимая фракция *Pleurotus ostreatus*;  
 3 — мицелий *Phallus impudicus*

Fig. 2. IR spectra of the samples 1, 2 and 3 in the region of  $1230\text{--}800\text{ см}^{-1}$ : 1 — insoluble fraction *Pleurotus ostreatus*; 2 — soluble fraction *Pleurotus ostreatus*; 3 — mycelium *Phallus impudicus*

## Выводы

По результатам проведенного исследования, можно сделать следующие выводы.

1. Метод ИК-спектроскопии является перспективным инструментом структурного анализа полисахаридов, благодаря возможности регистрации гликозидных связей, альфа и  $\beta$ -глюканов.
2. Метод ИК-спектроскопии может быть рекомендован для идентификации и стандартизации грибных полисахаридов, полученных из мицелия и плодовых тел.
3. Используемые в работе методы получения  $\beta$ -глюканов сохраняют их структуру.

## Литература/References

1. Hidde P. van Steenwijk, Aalt Bast, Alie de Boer. Immunomodulating Effects of Fungal Beta-Glucans: From Traditional Use to Medicine. *Nutrients*. 2021 Apr 17;13 (4):1333. DOI: 10.3390/nu13041333.
2. Lin H., Han R., Wu W. Glucans and applications in drug delivery. *Carbohydr Polym*. 2024 May 15;332:121904. DOI: 10.1016/j.carbpol.2024.121904.
3. Tang C., Sun H., Kadoki M., Han W., Ye X., Makusheva Y., Deng J., Feng B., Qiu D., Tan Y., Wang X., Guo Z., Huang C., Peng S., Chen M., Adachi Y., Ohno N., Trombetta S., Iwakura Y. Blocking Dectin-1 prevents colorectal tumorigenesis by suppressing prostaglandin E2 production in myeloid-derived suppressor cells and enhancing IL-22 binding protein expression. *Nat Commun*. 2023 Mar 17; 14 (1):1493. DOI: 10.1038/s41467-023-37229-x.
4. Mata-Martínez P., Bergón-Gutiérrez M., Del Fresno C. Dectin-1 Signaling Update: New Perspectives for Trained Immunity. *Front Immunol*. 2022 Feb 14; 13:812148. DOI: 10.3389/fimmu.2022.812148.
5. Bao X., Fang J., Li X. Structural characterization and immunomodulating activity of a complex glucan from spores of *Ganoderma lucidum*. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2001 Nov; 65 (11):2384–91. DOI: 10.1271/bbb.65.2384.

6. Bohn J. A., BeMiller J. N. (1→3) —  $\beta$ -D-Glucans as biological response modifiers: a review of structure-functional activity relationships. *Carbohydr. Polym.* 1995. Vol. 28. no 1. P. 3–14. DOI: 10.1016/0144–8617 (95) 00076–3.
7. Mallick S. K., Maiti S., Bhutia S. K., Maiti T. K. Immunostimulatory properties of polysaccharide isolated from *Austrorhynchus grometicus*. *J. Med. Food.* 2010. Vol. 13. no 3. P. 665–672 DOI: 10.1089/jmf. 2009.1300.
8. Du B., Meenu M., Liu H., Xu B. A Concise Review on the Molecular Structure and Function Relationship of  $\beta$ -Glucan. *Int J Mol Sci.* 2019 Aug 18; 20 (16):4032. DOI: 10.3390/ijms20164032.
9. Leong Y. K., Yang F. C., Chang J. S. Extraction of polysaccharides from edible mushrooms: Emerging technologies and recent advances. *Carbohydr Polym.* 2021 Jan 1; 251:117006. DOI: 10.1016/j. carbpol. 2020.117006.
10. Разин А. Н., Воробейчиков Е. В., Волков М. Ю., Шамцян М. М., Кипрушкина Е. И. Оптимизация условий глубоководного культивирования гриба *Phallus Impudicus*. // Вестник Международной академии холода. 2023. № 2. С. 59–67. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-2-59-67. [Razin A. N., Vorobeychikov E. V., Volkov M. Yu., Shamtsyan M. M., Kiprushkina E. I. Optimization of conditions for submerged cultivation of the fungus *Phallus Impudicus*. *Journal of International Academy of Refrigeration.* 2023. No 2. p. 59–67. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-2-59-67 (in Russian) ]
11. ГОСТ Р 57513–2017 Продукция пищевая специализированная. Методы определения  $\beta$ -глюканов. [State standard R 57513–2017 Specialized food products. Methods for the determination of  $\beta$ -glucans. (in Russian) ]
12. Galichet A., Sockalingum G. D., Belarbi A., Manfait M. FTIR spectroscopic analysis of *Saccharomyces cerevisiae* cell walls: study of an anomalous strain exhibiting a pink-colored cell phenotype. *FEMS Microbiology Letters.* 197 (2001) P. 179–186, DOI: 10.1111/j. 1574–6968.2001. tb10601. x.
13. Thanardkit P., Khunrae P., Suphantharika M. et al. Glucan from spent brewer's yeast: preparation, analysis and use as a potential immunostimulant in shrimp feed. *World Journal of Microbiology and Biotechnology.* 2002. 18, 527–539. DOI: 10.1023/A:1016322227535.
14. Fusté N. P., Guasch M., Guillen P., Anerillas C., Cemeli T., Pedraza N., Ferrezuelo F., Encinas M., Moralejo M., Gari E. Barley  $\beta$ -glucan accelerates wound healing by favoring migration versus proliferation of human dermal fibroblasts. *Carbohydr Polym.* 2019 Apr 15; 210:389–398. DOI: 10.1016/j. carbpol. 2019.01.090.
15. Bikmurzin R., Bandzevičiūtė R., Maršalka A., Maneikis A., Kalėdienė L. FT-IR Method Limitations for  $\beta$ -Glucan Analysis. *Molecules.* 2022, 27, 4616. DOI: 10.3390/molecules27144616.
16. Synytsya A., Novak M. Structural analysis of glucans. *Ann. Transl. Med.* 2014 Feb; 2 (2):17. DOI: 10.3978/j. issn. 2305–5839.2014.02.07.

### Сведения об авторах

#### Разин Александр Николаевич

К. биол. н., кафедра технологии микробиологического синтеза, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет), 190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 24–26/49 литера А. [pharmlines@yandex.ru](mailto:pharmlines@yandex.ru)

#### Власова Елена Николаевна

Научный сотрудник лаборатории № 21 спектроскопии полимеров, Институт высокомолекулярных соединений РАН, Россия, 199004, Санкт-Петербург, В. О. Большой пр. 31, [evl021960@gmail.com](mailto:evl021960@gmail.com)

#### Воробейчиков Евгений Владимирович

К. мед. н., кафедра технологии микробиологического синтеза, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет), 190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 24–26/49 литера А. [evorobeychikov@gmail.com](mailto:evorobeychikov@gmail.com)

#### Леонова Наталья Викторовна

К. биол. н., кафедра технологии микробиологического синтеза, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет), 190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 24–26/49 литера А. [n\\_v\\_leonova@mail.ru](mailto:n_v_leonova@mail.ru)

#### Конусова Валентина Георгиевна

К. мед. н., кафедра технологии микробиологического синтеза, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет), 190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 24–26/49 литера А. [val-g-kon@yandex.ru](mailto:val-g-kon@yandex.ru)

### Information about authors

#### Razin Alexander N.

Ph. D., Department of Microbiological Synthesis Technology, St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), 190013, Russia, St. Petersburg, Moskovsky ave., 24–26/49 litera A. [pharmlines@yandex.ru](mailto:pharmlines@yandex.ru)

#### Vlasova Elena N.

Researcher at Laboratory No. 21 of Polymer Spectroscopy, Institute of Macromolecular Compounds RAS, Russia, 199004, St. Petersburg, V. O. Bolshoy ave. 31, [evl021960@gmail.com](mailto:evl021960@gmail.com)

#### Vorobeychikov Evgeny V.

Ph. D., Department of Microbiological Synthesis Technology, St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), 190013, Russia, St. Petersburg, Moskovsky ave., 24–26/49 litera A. [evorobeychikov@gmail.com](mailto:evorobeychikov@gmail.com)

#### Leonova Natalia V.

Ph. D., Department of Microbiological Synthesis Technology, St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), 190013, Russia, St. Petersburg, Moskovsky ave., 24–26/49 litera A. [n\\_v\\_leonova@mail.ru](mailto:n_v_leonova@mail.ru)

#### Konusova Valentina G.

Ph. D., Department of Microbiological Synthesis Technology, St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), 190013, Russia, St. Petersburg, Moskovsky ave., 24–26/49 litera A. [val-g-kon@yandex.ru](mailto:val-g-kon@yandex.ru)

**Шамцян Марк Маркович**

К. т. н., кафедра технологии микробиологического синтеза, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет), 190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 24–26/49 литера А. mark.shamtsyan@yandex.ru

**Фриун Мохамед**

Аспирант кафедры технологии микробиологического синтеза, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет), 190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 24–26/49 литера А. friouipeter90@gmail.com

**Колесников Борис Алексеевич**

К. т. н., кафедра технологии микробиологического синтеза, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет), 190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 24–26/49 литера А. kalelovo@mail.ru

**Кипрушкина Елена Ивановна**

Д. т. н., кафедра технологии микробиологического синтеза, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет), 190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., 24–26/49 литера А. kipelena@yandex.ru

**Волков Михаил Юрьевич**

Д. биол. н., кафедра иммунологии и биотехнологии, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии МВА имени К. И. Скрябина, Россия, 109472, Москва, ул. Академика Скрябина, 23. mik-vlk@yandex.ru

**Shamtsyan Mark M.**

Ph. D., Department of Microbiological Synthesis Technology, St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), 190013, Russia, St. Petersburg, Moskovsky ave., 24–26/49 litera A. mark.shamtsyan@yandex.ru

**Frioui Mohamed**

Graduate student of Department of Microbiological Synthesis Technology, St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), 190013, Russia, St. Petersburg, Moskovsky ave., 24–26/49 litera A. friouipeter90@gmail.com

**Kolesnikov Boris A.**

Ph. D., Department of Microbiological Synthesis Technology, St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), 190013, Russia, St. Petersburg, Moskovsky ave., 24–26/49 litera A. kalelovo@mail.ru

**Kiprushkina Elena I.**

D. S., Department of Microbiological Synthesis Technology, St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), 190013, Russia, St. Petersburg, Moskovsky ave., 24–26/49 litera A. kipelena@yandex.ru

**Volkov Mikhail Yu.**

D. Sc., Department of Immunology and Biotechnology, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K. I. Skryabina, 23 Akademika Skryabina str., Moscow, 109472, Russia. mik-vlk@yandex.ru



Статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution-NonCommercial»



**Выставка продуктов питания и напитков**

***InterFood Krasnodar***

**23–25 апреля 2025 г.**

**InterFood Krasnodar** – эффективная бизнес-площадка для прямого контакта производителей и поставщиков с представителями предприятий оптовой торговли, независимой и сетевой розничной торговли, а также предприятий общественного питания регионов России. Ежегодно свою продукцию здесь представляют производители и поставщики продуктов питания, а также напитков из разных регионов страны. Участие в выставке InterFood Krasnodar – возможность охватить значительную часть целевой аудитории, заинтересованной в постоянном обновлении ассортимента продуктов питания и напитков.

<https://inter-food.su/ru-RU/>