



Анализ состава жирных кислот, летучих полярных и неполярных органических соединений ветеринарного препарата «Траметин Плюс»

В.А. Чхенкели***✉, Г.Д. Чхенкели*, А.А. Никонова***, А.Г. Горшков***

*ООО «Биотехвет», г. Иркутск, Российская Федерация

**Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация

***Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Российская Федерация

Аннотация. Для профилактики и лечения ассоциированных желудочно-кишечных и респираторных болезней у молодняка сельскохозяйственных животных предлагается новый ветеринарный препарат «Траметин Плюс», получаемый на основе грибов-ксилотрофов с использованием методов биотехнологии. Свойства биопрепаратов, получаемых на основе микроорганизмов и грибов, зависят от биологически активных веществ, входящих в их состав. В литературе имеются разрозненные сведения об особенностях липогенеза и составе жирных кислот, синтезируемых дереворазрушающими грибами. В работе представлены данные по изучению качественного и количественного состава жирных кислот, качественный анализ летучих полярных и неполярных органических соединений препарата. Установлено, что суммарная концентрация жирных кислот составляет 70 мкг/г препарата. Из них 50,0% приходится на свободные жирные кислоты, из которых доля этерифицированных кислот составляет 50,0% от общей массы жирных кислот. Среди доминирующих неполярных летучих компонентов препарата «Траметин Плюс» можно отметить сквален. Органические алифатические аминокислоты, такие как глицин, аргинин, β-аланин с небольшой молекулярной массой, представлены как минорные неполярные летучие компоненты препарата «Траметин Плюс». Данные анализа подтверждают многокомпонентность препарата, что обуславливает его разнообразные биологические свойства, а именно антибактериальную, противовирусную, антиоксидантную и иммуностимулирующую активность, что вызывает высокую лечебно-профилактическую эффективность ветеринарного препарата «Траметин Плюс».

Ключевые слова: ксилотрофы, ветеринарный препарат, жирные кислоты, метиловые эфиры, хромато-масс-спектрометрия

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке ФБГУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере», договор № 4893ГС1/86520 от 16 февраля 2023 г.

Для цитирования: Чхенкели В.А., Чхенкели Г.Д., Никонова А.А., Горшков А.Г. Анализ состава жирных кислот, летучих полярных и неполярных органических соединений ветеринарного препарата «Траметин Плюс» // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2023. Т. 13. N 3. С. 382–391. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2023-13-3-382-391>. EDN: KBHSUY.

PHYSICOCHEMICAL BIOLOGY

Original article

Determining the fatty acids, polar and non-polar volatile organic compounds of the veterinary preparation “Trametin Plus”

Vera A. Chkhenkeli***✉, Guram D. Chkhenkeli*, Alena A. Nikonova***,
Alexander G. Gorshkov***

*Biotechvet LLC, Irkutsk, Russian Federation

**Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

***Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. For the prevention and treatment of associated gastrointestinal and respiratory diseases of growing stock, a new veterinary preparation “Trametin Plus” is proposed. This drug is obtained from fungi-xylophiles using biotechnology methods. The properties of such preparations depend on bioactive substances included in their composition.

Available publications present miscellaneous information on the lipogenesis features and fatty acids composition synthesized by wood-destroying fungi. In this work, we study the qualitative and quantitative composition of fatty acids and analyze volatile polar and non-polar organic compounds of "Trametin Plus". The total concentration of fatty acids was found to be 70 µg/g, with 50.0% being free acids and 50.0% being their esters. Squalene was established to be the most dominant non-polar volatile component. Concerning the minor non-polar volatile components of "Trametin Plus", these are amino acids with a low molecular weight, such as glycine, arginine and β-alanine. The analysis confirms the multicomponent composition of the preparation, which accounts for its diverse biological properties, namely antibacterial, antiviral, antioxidant and immune-boosting activity. These properties determine the high health-promoting efficacy of the studied veterinary preparation.

Keywords: xylotrophs, veterinary preparation, fatty acids, methyl esters, chromatography-mass spectrometry

Funding. The work was carried out with financial support of the Federal State Budgetary Institution "Fund for Promotion of the Development of Small Forms of Enterprises in the Scientific and Technical Sphere", contract no. 4893GS1/86520 dated February 16, 2023.

For citation: Chkhenkeli V.A., Chkhenkeli G.D., Nikonova A.A., Gorshkov A.G. Determining the fatty acids, polar and non-polar volatile organic compounds of the veterinary preparation "Trametin Plus". *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2023;13(3):382–391. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2023-13-3-382-391>. EDN: KBHSUY.

ВВЕДЕНИЕ

Во всем мире возрастает интерес к разработке лекарственных препаратов на основе природных соединений. В медицине становятся приоритетными направления по изучению природных источников лекарственных препаратов [1–10].

Совершенствование системы мер по снижению заболеваемости молодняка сельскохозяйственных животных включает в себя использование новых лечебно-профилактических препаратов, в качестве которого предлагается новый препарат «Траметин Плюс», получаемый на основе культуральной жидкости при жидкофазном культивировании продуцента *Trametes pubescens* (Shumach. Fr.) Pilat., штамм 0663 из коллекции Ботанического института им. Л.Л. Комарова РАН [11–14].

В литературе имеются сведения об особенностях липогенеза и составе липидов низших грибов, водорослей, в то время как для высших грибов, в частности для базидиомицетов, аналогичные данные практически являются разрозненными. Состав свободных жирных кислот (СЖК) базидиомицетов рода малоизучен^{1,2,3}. Исследования ограничиваются единичными работами по изучению липидов плодовых тел [15–21]. Однако достаточно хорошо известно, что жирные кислоты обладают фармакологической активностью в отношении различных нозологий как у человека, так и у животных. Целью настоящей работы являлось изучение качественного и количественного состава жирных кислот, качественного состава летучих полярных и неполярных органических соединений ветеринарного препарата «Траметин Плюс».

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Определение жирных кислот проводили по методике Никоновой А.А. и соавторов [22].

Экстракция липидов из препарата «Траметин Плюс». Липиды экстрагировали из параллельных навесок смесью Фолча (хлороформ–метанол в соотношении 2:1, по объему) в пластиковых пробирках типа Эппендорф емкостью 2 мл, встряхивая и выдерживая их в ультразвуковой ванне (1,2 мл × 3 × 5 мин). Экстракты объединяли в стеклянных пробирках для центрифугирования, добавляли 1,2 мл воды, эмульгировали, центрифугировали при 3000 об/мин. Перед экстракцией липидов из губок к навескам (масса влажной навески 0,02 г при влажности 97%) добавляли 100 мкл 8%-й H₂SO₄ в воде и после изменения окраски с зеленой на желтую через 2 мин экстрагировали липиды. Экстракцию липидов из губок проводили один раз, к экстракту добавляли 350 мкл воды.

Кислотная этерификация жирных кислот и получение метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) (общее содержание) препарата «Траметин Плюс». Хлороформный слой экстракта (нижний) переносили в стеклянные пенициллиновые флаконы емкостью 10 мл, упаривали в токе аргона досуха, сразу добавляли 4,5 мл 2%-й H₂SO₄ в метаноле, плотно закрывали фольгой и помещали в термостат при температуре 55 °С на 1,5 ч. После метанолиза жирных кислот растворы охлаждали до комнатной температуры, добавляли 0,8 мл *n*-гексана. МЭЖК из полученных растворов экстрагировали *n*-гексаном (3 мл × 2 × 2 мин). Перед второй экстракцией к растворам добавляли по 1 мл воды. Экстракты концентрировали до 1 мл в токе аргона, сушили безводным Na₂SO₄. Экстракты анализировали методом ГХ-МС.

Раздельное получение метиловых эфиров этерифицированных и свободных жирных кислот в условиях изменения pH препарата «Траметин Плюс». К навескам выделенных липидов (0,2 г сырой массы) добавляли 2 мл 0,4 М раствора NaOH в метаноле, помещали в УЗ-ванну

¹Цуркан Я.С. Селекция микроорганизмов с высоким содержанием практически значимых полиненасыщенных жирных кислот: дис. ... д-ра философии (PhD). Алматы, 2015. 195 с.

²Поединок Н.И. Биотехнологические основы интенсификации культивирования съедобных и лекарственных макромицетов с помощью света низкой интенсивности: дис. ... д-ра биол. наук. Киев, 2015. 387 с.

³Горностаев Т.Г. Химический состав, способ получения и фармакогностическая характеристика мицелия *Inonotus rheades* (Hymenochaetales): дис. ... канд. фарм. наук. Иркутск, 2019. 208 с.

на 5 мин. Полученные метиловые эфиры (МЭ) этерифицированных жирных кислот (ЭЖК) экстрагировали *n*-гексаном (3 мл × 2), промывали водой, сушили безводным Na₂SO₄, концентрировали в токе аргона до объема 1 мл. Экстракты МЭ ЭЖК анализировали методом ГХ. К оставшемуся щелочному раствору добавляли 3 мл воды, 0,15 г перетертого в фарфоровой ступке сульфата меди(II), встряхивали в течение 5–10 мин до перехода голубой окраски Cu₂SO₄ в зеленую – Cu(OH)₂ (до pH=6,0), не передерживая раствор, чтобы избежать перехода Cu(OH)₂ в CuO черного цвета, способного окислять жирные кислоты. СЖК экстрагировали *n*-гексаном (3 мл × 2). Гексан выпаривали и проводили кислотную этерификацию СЖК. Экстракты анализировали методом ГХ-МС.

Анализ МЭЖК (качественный) методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием экстрактов. Экстракты анализировали на хромато-масс-спектрометре 6890В GC System, 7000С GC/MS Triple Quad (Agilent, США) с колонкой Optima-17 (30 м × 0,25 мм; 0,25 мкм) фирмы Macherey-Nagel (Германия). Температура инжектора составляла 280 °С, температура квадруполя – 150 °С, температура ионного источника – 230 °С; тип ионизации – электронный удар; энергия ионизации 70 эВ; объем пробы 2 мкл в режиме без деления потока; температура блока сопряжения ГХ-МСД 310 °С; поток по колонке 2,54 мл/мин. Хроматографию проводили в условиях нагрева колонки от 80 (удерживание 0,5 мин) до 290 °С со скоростью 2 °С/мин и далее нагрев до 310 °С (удерживание 5 мин) со скоростью 5 °С/мин. Общее время анализа составило 115 мин. Пики детектировали в диапазоне значений *m/z* 40–500. Масс-спектры идентифицировали с использованием программного обеспечения NIST Mass Spectral Search Program for the NIST Mass Spectral Library (V. 2.2).

Количественное определение МЭЖК жирных кислот методом ГХ-МС. Количественное определение МЭЖК проводили методом внутреннего стандарта, для чего к экстрактам перед анализом добавляли 50 мкл стандартного раствора дидецилового эфира (C₂₀H₄₂O) в *n*-гексане (1 мг/мл). Детектор градуировали в диапазоне ΣМЭЖК от 40 до 540 мкг в пробе с использованием стандартов (Supelco, США) «35 F.A.M.E. Mix, C4–C24, 100 mg neat» и «Methyl cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic ester, 10 mg/mL in heptane» (70–1000 мкг в пробе). Калибровочные коэффициенты были определены для индивидуальных кислот и для групп кислот (насыщенных, моновенасыщенных, полиненасыщенных).

Экстракция неполярных органических компонентов препарата «Траметин Плюс». Экстракцию неполярных компонентов пробы проводили из навесок препарата «Траметин Плюс» массой 1,0 г. Навеску препарата помещали в стеклянный флакон и экстрагировали 3 мл *n*-гексана трижды (1 мин). Экстракты объединяли, промывали дистиллированной водой, осушали безводным сульфатом натрия, концентрировали в токе аргона до объема 0,5 мл и анализировали методом ГХ-МС в режиме полного сканирования масс-спектра с использованием программного обеспечения «Библиотека масс-спектров» NIST и Mass Spectral Search Program for the NIST Mass Spectral Library (V. 2.2).

Экстракция полярных органических компонентов препарата «Траметин Плюс»

Способ 1. Экстракцию полярных компонентов пробы проводили из навесок препарата «Траметин Плюс» массой 1,0 г. Навеску препарата наносили на патрон с обращенно-фазным сорбентом DSC C-18 (Supelco, США), предварительно промытый *n*-гексаном (5 мл), ацетоном (5 мл), метанолом (5 мл) и дистиллированной водой (10 мл) в вакууме. Элюирование пробы, сконцентрированной на патроне, проводили этанолом (5 мл.) под вакуумом. Экстракт концентрировали в токе аргона до объема 0,5 мл и анализировали методом ГХ-МС в режиме полного сканирования масс-спектра с использованием программного обеспечения «Библиотека масс-спектров» NIST и Mass Spectral Search Program for the NIST Mass Spectral Library (V. 2.2).

Способ 2. Экстракцию полярных компонентов пробы проводили из навесок препарата «Траметин Плюс» массой 1,0 г. К навеске препарата добавляли соляную кислоту HCl до pH=2,0. Экстракцию осуществляли 3 мл хлористого метилена трижды в течение 1 мин. Экстракты объединяли, промывали дистиллированной водой, осушали безводным сульфатом натрия, концентрировали в токе аргона до объема 0,5 мл и анализировали методом ГХ-МС в режиме полного сканирования масс-спектра с использованием программного обеспечения «Библиотека масс-спектров» NIST и Mass Spectral Search Program for the NIST Mass Spectral Library (V. 2.2).

Качественный анализ полярных и неполярных компонентов проб методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. Экстракты анализировали на хромато-масс-спектрометре 6890В GC System, 7000С GC/MS Triple Quad (Agilent, США) с колонкой Optima-17 (30 м × 0,25 мм; 0,25 мкм) фирмы Macherey-Nagel (Германия). Температура инжектора составила 280 °С, температура квадруполя – 150 °С, температура ионного источника – 230 °С; тип ионизации – электронный удар; энергия ионизации 70 эВ; объем пробы 2 мкл в режиме с делением потока в соотношении 5:1. Деление 12,691 см³/мин. Температура блока сопряжения ГХ-МСД 310 °С; поток по колонке 3,02 мл/мин. Хроматографию проводили в условиях нагрева колонки от 45 (удерживание 3 мин) до 310 °С (удерживание 15 мин) со скоростью 7 °С/мин. Общее время анализа составило 56 мин. Пики детектировали в диапазоне значений *m/z* 40–500. Масс-спектры идентифицировали с использованием программного обеспечения NIST Mass Spectral Search Program for the NIST Mass Spectral Library (V. 2.2).

В табл. 1 приведены массы проб препарата «Траметин Плюс», указаны экстрагенты, способ подготовки проб, анализируемые компоненты пробы.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При проведении анализа СЖК, ЭЖК и общих жирных кислот (ОЖК) ветеринарного препарата «Траметин Плюс» в форме их МЭ среди них проанализированы насыщенные жирные кислоты (НЖК), моновенасыщенные жирные кислоты (МНЖК) и полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК).

На хроматограммах экстрактов МЭ СЖК было выявлено 15 пиков жирных кислот, из которых были идентифицированы все 15 пиков. На хроматограммах экстрактов МЭ ЭЖК было выявлено 18 пиков жирных кислот, из которых были идентифицированы все 18 пиков.

Таблица 1. Данные по анализу проб ветеринарного препарата «Траметин Плюс»

Table 1. Analysis data of samples of the veterinary drug "Trametin Plus"

№ пробы	Препарат, масса, г	Анализируемые компоненты	Экстрагент	Особенности пробоподготовки		
1.1	0,996	Общие жирные кислоты	Смесь Фолча для экстракции липидов и н-гексан для экстракции метиловых эфиров жирных кислот	Кислотный гидролиз общих жирных кислот		
1.2	1,006					
2.1	1,013	Свободные жирные кислоты		Щелочная этерификация свободных жирных кислот и экстракция метиловых эфиров свободных жирных кислот н-гексаном		
2.2	1,024					
3.1	1,013	Этерифицированные жирные кислоты			Перезетерификация этерифицированных жирных кислот при pH = 6 и экстракция метиловых эфиров этерифицированных жирных кислот н-гексаном	
3.2	1,024					
4	5,031	Неполярные компоненты	н-гексан			Жидкость-жидкостная экстракция
5	5,025	Полярные компоненты	Этанол			Твердофазная экстракция на патронах с обращенно-фазным сорбентом C18 и элюирование этанолом
6	5,032	Полярные компоненты	Хлористый метилен	Жидкость-жидкостная экстракция при pH = 2,0		

Таблица 2. Время удерживания t_R и калибровочные коэффициенты k идентифицированных жирных кислот

Table 2. Retention time t_R and calibration coefficients k of identified fatty acids

Формула жирных кислот	Название IUPAC (и тривиальное название)	t_R , мин	k
12:0	Додекановая кислота (лауриновая)	27,603	1,2149
13:0	Тридекановая кислота (тридециловая)	33,433	1,2416
iso-14:0	Изо-тетрадекановая кислота	36,662	1,3677
a/iso-14:0	Анти-изо-тетрадекановая кислота	36,950	1,3677
14:0	Тетрадекановая кислота (миристиновая)	39,098	1,3677
iso-15:0	Изо-пентадекановая кислота	42,492	1,3842
a/iso-15:0	Анти-изо-пентадекановая кислота	42,975	1,3842
15:0	Пентадекановая кислота (пентадециловая)	44,562	1,3842
16:1	Цис-11-гексадеценовая кислота	48,364	1,2873
16:1	Цис-9-гексадеценовая кислота (пальмитолеиновая)	48,522	1,2873
16:0	Гексадекановая кислота (пальмитиновая)	49,880	1,6130
17:0	Гептадеценовая кислота (маргариновая)	52,928	1,1129
18:2	Цис, цис-9, 12-октадекадиеновая кислота (линолевая)	57,902	1,2477
18:1	Цис-11-октадеценовая кислота (цис-вакценовая)	58,240	1,5533
18:1	Цис-9-октадеценовая кислота (олеиновая)	58,535	1,5533
18:0	Октадекановая кислота (стеариновая)	59,686	1,7802
20:0	Эйкозановая кислота (арахиновая)	68,757	1,8832
22:1	цис-13-докозеновая кислота (эруковая)	76,026	1,6634

На хроматограммах экстрактов МЭ ОЖК было представлено 18 пиков жирных кислот, из которых были идентифицированы все 18 пиков. Всего в составе проб ветеринарного препарата «Траметин Плюс» идентифицировано 18 жирных кислот, из них 12 НЖК, 5 МНЖК и одна ПНЖК – незаменимая ω-6 полиненасыщенная линолевая кислота, представленная в минимальных количествах. Хроматографические характеристики идентифицированных кислот представлены в табл. 2, качественный и количественный состав – в табл. 3.

На долю этерифицированных кислот, т.е. кислот, которые находятся в препарате в связанной форме в качестве кислотных остатков триглицеридов и фосфолипидов, приходится 45,0% всех жирных кислот препарата. На долю свободных несвязанных жирных кислот приходится 55,0% всех жирных кислот препарата «Траметин Плюс» (табл. 3).

Основная доля всех жирных кислот препарата (82,0%) приходится на НЖК. На долю МНЖК приходится 16,0% всех кислот, на долю ПНЖК – 2,0% (см. табл. 3). Наблюдается перераспределение в составе жирных кислот в зависимости от степени их насыщенности между свободными и связанными кислотами. Так, для свободных кислот на долю насыщенных жирных кислот приходится 67,0%, а на долю ненасыщенных – 33,0%; для связанных кислот на долю НЖК приходится 82,0%, а на долю ненасыщенных – 18,0%. Отмечено преобладание ненасыщенных кислот в свободной неэтерифицированной форме (см. табл. 3).

Из табл. 3 видно, что средняя концентрация жирных кислот в препарате «Траметин Плюс» составляет около 70,0 мкг/г ветпрепарата. Концентрация НЖК составляет около 57,0 мкг/г, концентрация ненасыщенных жирных кислот – около 12,0 мкг/г. Концентрация СЖК составляет около 41,0 мкг/г, концентрация ЭЖК – около 34,0 мкг/г препарата.

Процентное содержание жирных кислот приведено в табл. 4.

Качественный анализ летучих полярных и неполярных органических соединений ветеринарного препарата «Траметин Плюс» был проведен с использованием библиотеки масс-спектров NIST Database. Отмечен очень сложный состав компонентов. В особенности это касается гексанового и этанольного экстрактов препарата. Значительная часть пиков на хроматограммах является негомогенными пиками, которые не могут быть идентифицированы простым сравнением с библиотеками масс-спектров NIST. Значительная часть пиков регистрируется как гомогенные пики, но также не может быть идентифицирована путем сравнения масс-спектров этих пиков с библиотечными, поскольку масс-спектры пиков препарата «Траметин Плюс» и библиотечных спектров имеют значимые различия.

Вероятнее всего, это связано со сложностью объекта и уникальностью биологических соединений,

Таблица 3. Качественный и количественный (мкг/г) состав жирных кислот препарата «Траметин Плюс»

Table 3. Qualitative and quantitative (mcg/g) composition of fatty acids of “Trametin Plus”

Формула жирных кислот	Содержание жирных кислот в препарате, мкг/г препарата									
	Номера проб						Среднее содержание			
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	ОЖК*	ЭЖК	СЖК	ОЖК**
12:0	0,099	0,098	0,091	0,127	0,031	0,709	0,099	0,109	0,370	0,478
13:0	0,122	0,121	0,000	0,000	0,045	0,145	0,121	0,000	0,095	0,095
iso-14:0	0,444	0,439	0,226	0,237	0,280	0,696	0,441	0,232	0,488	0,720
a/iso-14:0	0,234	0,232	0,299	0,274	0,067	0,146	0,233	0,287	0,106	0,393
14:0	3,317	3,284	1,107	1,031	0,890	3,325	3,301	1,069	2,108	3,177
iso-15:0	3,835	3,797	6,659	5,886	0,132	0,451	3,816	6,272	0,291	6,564
a/iso-15:0	6,221	6,159	10,26	9,481	0,252	0,984	6,190	9,871	0,618	10,49
15:0	1,642	1,626	0,290	0,320	0,363	1,238	1,634	0,305	0,800	1,106
16:1	2,951	2,921	0,852	0,810	1,601	3,397	2,936	0,831	2,499	3,330
16:1	1,090	1,079	1,629	1,287	0,426	0,621	1,085	1,458	0,524	1,982
16:0	28,57	28,29	8,270	7,760	7,33	23,57	28,428	8,016	15,45	23,46
17:0	1,077	1,066	1,365	1,061	0,193	0,164	1,071	1,213	0,179	1,392
18:2	1,161	1,150	0,555	0,505	0,932	1,771	1,156	0,530	1,352	1,881
18:1	6,047	5,987	2,038	1,878	4,801	10,37	6,017	1,958	7,586	9,544
18:1	0,550	0,544	0,318	0,289	0,367	0,830	0,547	0,304	0,598	0,902
18:0	10,71	10,60	1,691	1,580	3,330	9,605	10,65	1,636	6,468	8,103
20:0	0,735	0,727	0,000	0,000	0,177	0,413	0,731	0,000	0,295	0,295
22:1	0,589	0,583	0,000	0,000	0,834	1,288	0,586	0,000	1,061	1,061
Сумма	69,39	68,70	35,65	32,53	22,05	59,72	69,05	34,09	40,88	74,97
НЖК	57,00	56,44	30,26	27,76	13,09	41,44	56,72	29,01	27,26	56,27
МНЖК	11,23	11,11	4,838	4,265	8,030	16,51	11,17	4,551	12,27	16,82
ПНЖК	1,161	1,150	0,555	0,505	0,932	1,771	1,156	0,530	1,352	1,881

Примечание. Здесь и в табл. 4: * – общее содержание жирных кислот (свободных и этерифицированных), полученное прямым способом (см. п. 2); ** – общее содержание жирных кислот (свободных и этерифицированных), полученное суммированием значений содержаний свободных и этерифицированных жирных кислот в пробах, полученных согласно п. 3.

Таблица 4. Качественный и количественный (% от суммы) состав жирных кислот препарата «Траметин Плюс»

Table 4. Qualitative and quantitative (% of the total) composition of the fatty acids of "Trametin Plus"

Формула жирных кислот	Состав жирных кислот в препарате, % от суммы жирных кислот в пробе									
	Номера проб						Среднее содержание			
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	ОЖК*	ЭЖК	СЖК	ОЖК**
12:0	0,14	0,14	0,25	0,39	0,14	1,19	0,14	0,32	0,90	0,64
13:0	0,18	0,18	0,00	0,00	0,20	0,24	0,18	0,00	0,23	0,13
iso-14:0	0,64	0,64	0,63	0,73	1,27	1,17	0,64	0,68	1,19	0,96
a/iso-14:0	0,34	0,34	0,84	0,84	0,30	0,24	0,34	0,84	0,26	0,52
14:0	4,78	4,78	3,11	3,17	4,04	5,57	4,78	3,14	5,15	4,24
iso-15:0	5,53	5,53	18,7	18,1	0,60	0,76	5,53	18,40	0,71	8,75
a/iso-15:0	8,96	8,96	28,8	29,2	1,14	1,65	8,96	29,0	1,51	14,0
15:0	2,37	2,37	0,81	0,98	1,65	2,07	2,37	0,90	1,96	1,47
16:1	4,25	4,25	2,39	2,49	7,26	5,69	4,25	2,44	6,11	4,44
16:1	1,57	1,57	4,57	3,96	1,93	1,04	1,57	4,28	1,28	2,64
16:0	41,2	41,2	23,2	23,9	33,2	39,5	41,2	23,5	37,8	31,3
17:0	1,55	1,55	3,83	3,26	0,88	0,27	1,55	3,56	0,44	1,86
18:2	1,67	1,67	1,56	1,55	4,23	2,97	1,67	1,55	3,31	2,51
18:1	8,71	8,71	5,72	5,77	21,8	17,4	8,71	5,74	18,6	12,7
18:1	0,79	0,79	0,89	0,89	1,67	1,39	0,79	0,89	1,46	1,20
18:0	15,4	15,4	4,74	4,86	15,1	16,1	15,4	4,80	15,8	10,8
20:0	1,06	1,06	0,00	0,00	0,80	0,69	1,06	0,00	0,72	0,39
22:1	0,85	0,85	0,00	0,00	3,78	2,16	0,85	0,00	2,60	1,42
Сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
НЖК	82,2	82,2	84,9	85,3	59,4	69,4	82,2	85,1	66,7	75,1
МНЖК	16,2	16,2	13,6	13,1	36,4	27,6	16,2	13,4	30,0	22,4
ПНЖК	1,67	1,67	1,56	1,55	4,23	2,97	1,67	1,55	3,31	2,51

входящих в его состав, часть из которых может быть пока просто неизвестна науке. Подробная идентификация компонентов препарата требует серьезных длительных научных исследований, тщательной и детализированной для каждого класса соединений подготовки проб, изучения структуры соединений с использованием различных методов хроматографии, масс-спектрометрии, ядерного магнитного резонанса и т.д. Ряд пиков летучих компонентов на хроматограммах указанных экстрактов может быть идентифицирован с вероятностью $\geq 70,0\%$. Эти соединения представлены ниже (табл. 5, 6).

Неполярные летучие компоненты пробы, растворимые в *n*-гексане, представлены соединениями с небольшими молекулярными массами $M_r \leq 350$ (см. табл. 5), среди них пираны, фураны, спирты, альдегиды, кетоны, гетероциклические соединения, насыщенные алифатические углеводороды (предельные *n*-алканы), непредельные углеводороды диенового ряда, в том числе сквален, ароматические соединения, индол (см. табл. 5).

Полярные летучие компоненты пробы, растворимые в этиловом спирте, представлены соединениями с небольшими молекулярными массами $M_r \leq 310$ (см. табл. 6), среди них уксусная кислота, ацетоин – один из продуктов бутандиолового брожения, уксусный ангидрид, фурфураль – продукт дегидрирования ксилозы (см. табл. 6), гетероциклические соединения фуранон и пиранон, альдегиды, в том числе фенилацетальдегид, пептиды, кетоны, простейшие сахара и аминокислоты, ароматические соединения.

Летучие аминокислоты препарата «Траметин Плюс» представлены как минорные компоненты пробы, среди них глицин и саркозин в форме дипептида глицилсаркозина, где саркозин – метильное производное аминокислоты глицина, аргинин и β -аланин, представленный в форме амида аминокислоты β -аланин и пантотеновой кислоты (витамин группы В).

Среди перечисленных соединений есть соединения, обладающие несомненной и достаточно сильной биологической активностью. Активность проявляется как противовоспалительное, антибактериальное, противовирусное, антиоксидантное, обволакивающее, иммуномодулирующее, противоопухолевое действие. При этом ряд соединений обладает несомненной токсичностью в экспериментах на животных согласно литературным данным, включая гепатотоксичность, канцерогенность, общетоксическое действие, нейротоксичность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен количественный анализ жирных кислот ветеринарного препарата «Траметин Плюс». Показано, что суммарная концентрация жирных кислот составляет 70 мкг/г препарата. Из них 50,0% приходится на СЖК, большинство из которых обладают мощным антибактериальным, противовирусным, противоопухолевым действием, в то время как этерифицированные (связанные) кислоты, на долю которых приходится 50,0% от общей массы жирных кислот, в большей степени обладают обволакивающим и противовоспалительным действием. В то же время незаменимые ПНЖК в препарате практически отсутствуют. Согласно литературе

Таблица 5. Неполярные органические компоненты препарата «Траметин Плюс» согласно библиотеке NIST

Table 5. Non-polar organic components of the drug "Trametin Plus" according to the NIST library

t_R , мин	Формула	Название согласно библиотеке масс-спектров NIST
2,089	$C_6H_{12}O$	2,5-диметилтетрагидрофуран
2,204	$C_6H_{12}O$	2-метилтетрагидро-2Н-пиран
2,239	C_7H_{14}	метилциклогексан
2,647	$C_6H_{14}O$	3-метил-3-пентанол,
2,941	C_7H_8	толуол
3,336	$C_6H_{12}O$	3-метил-1-пентин-3-ол
3,409	$C_6H_{14}O$	2-гексанол
3,723	$C_6H_{12}O$	3-гексанон
5,427	$C_7H_{16}O_2$	5-метокси-2-метил-2-пентанол
5,507	$C_6H_{14}S$	1- гексантиол
5,950	$C_9H_{18}O_3$	2-этоксипентил-3-метилбутаноат
6,443	$C_6H_{10}O_2$	1-(3-этилоксиранил)этанон
7,654	$C_{17}H_{30}O_4$	циклогексилнонилоксалат
9,123	$C_{13}H_{26}$	гептилциклогексан
10,239	C_8H_8O	фенилацетальдегид
12,882	$C_{11}H_{16}O$	1-метокси-4-метил-2-(1-метилэтил) бензол
14,478	C_7H_5NS	1,2-бензизотиазол
15,691	$C_{10}H_{12}O$	анетол
15,776	C_8H_7N	индол
17,211	$C_{14}H_{30}$	тетрадекан
21,004	$C_{16}H_{34}$	гексадекан
21,477	$C_{12}H_{14}O$	4-метил-1-фенил-1-пентен-3-он
22,957	$C_{13}H_{16}O$	5-метил-1-фенил-1-гексен-3-он
25,027	$C_{17}H_{34}O_2$	изопропил-12-метилтридеcanoат
25,600	$C_{18}H_{38}O$	1-октадеканол
26,382	$C_{16}H_{22}O_4$	диизобутилфталат
27,515	$C_{17}H_{36}$	2,6,10-триметилтетрадекан
27,929	$C_{16}H_{22}O_4$	дибутилфталат
28,711	$C_{20}H_{40}$	1-эйкозен
31,553	$C_{22}H_{46}O$	1-докозанол
35,434	$C_{24}H_{38}O_4$	диизоктилфталат
37,738	$C_{30}H_{50}$	скавален
38,435	$C_{22}H_{43}NO$	транс-13-докозенамид

Таблица 6. Полярные органические компоненты препарата «Траметин Плюс» согласно библиотеке NIST

Table 6. Polar organic components of the drug "Trametin Plus" according to the NIST library

t_R , мин	Формула	Название согласно библиотеке масс-спектров NIST
2,586	$C_2H_4O_2$	уксусная кислота
3,485	$C_4H_8O_2$	ацетоин
4,09	$C_4H_{10}O_2$	2,3-бутандиол, [S-(R*,R*)]-
4,489	$C_4H_6O_3$	уксусный ангидрид
5,156	$C_5H_4O_2$	фурфурол
8,046	$C_4H_4O_2$	2(5Н)-Фуранон
8,616	$C_6H_6O_2$	5-метилфурфурол
10,255	C_8H_8O	фенилацетальдегид
10,932	$C_5H_{10}N_2O_3$	глицилсаркозин
11,711	$C_6H_8O_4$	пиранон
12,161	$C_{12}H_{14}N_4O_4$	2-винил-9-[3-дезоксид-β-d-рибофуранозил]гипоксантин
12,97	$C_{25}H_{44}N_2O_5S$	2-миристиноилпантетеин
13,712	$C_6H_{14}N_4O_2$	аргинин
14,534	$C_6H_6O_3$	5-гидроксиметилфурфурол
14,863	$C_8H_{14}O_7$	6-O-acetyl-β-d-маннопираноза
15,785	C_8H_7N	м-аминофенилацетилен
20,963	$C_{19}H_{15}N_3O$	имидазол[1,2-a] пиридин-6-карбонитрил, 1,2,3,5-тетрагидро-7-метил мочевиная кислота
24,782	$C_5H_4N_4O_3$	5,10-диэтокси-2,3,7,8-тетрагидро-1Н,6Н-дипирроло[1,2-a:1',2'-d] пирозин
28,693	$C_{14}H_{22}N_2O_2$	3-метил-6-(фенилметил)-2,5-пиперазиндион
31,316	$C_{12}H_{14}N_2O_2$	3-(фенилметил)-2,5-пиперазиндион
31,714	$C_{11}H_{12}N_2O_2$	цикло-(L-лейцил-L-фенилаланил)
33,951	$C_{15}H_{20}N_2O_2$	пирроло[1,2-a] пирозин-1,4-дион, гексагидро-3-(фенилметил)-
34,714	$C_{14}H_{16}N_2O_2$	

высокое содержание СЖК может быть характерно для ряда водорослей [15], мицеллярных грибов [16] и, как показано в наших исследованиях, для базидиальных грибов. Их анализ, бесспорно, играет важную роль в диагностической медицине [17].

Среди доминирующих неполярных летучих компонентов препарата «Траметин Плюс» присутствует соединение тритерпенового ряда – скавален $C_{30}H_{50}$ (надежность определения методом ГХ-МС $\geq 95,0\%$). Это вещество обладает мощным антиоксидантным, иммуностимулирующим, обволакивающим поверхностно-активным действием, защищая слизистые оболочки организма.

Простейшие органические алифатические аминокислоты, такие как глицин ($M = 75$ г/моль), аргинин ($M = 174$ г/моль), β-аланин ($M = 89$ г/моль), с небольшой молекулярной массой представлены как минорные неполярные летучие компоненты препарата «Траметин Плюс».

Остальные органические компоненты препарата способны оказывать комплексное воздействие на организм. Токсичность некоторых компонентов для животных может быть рассмотрена для установления доз и сроков применения препарата «Траметин Плюс».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ильичёва Т.Н., Ананко Г.Г., Косогова Т.А., Олькин С.Е., Омигов В.В., Таранов О.С. [и др.]. Проти-вовирусная активность меланина из чаги (*Inonotus obliquus*), полученного на основе культивирования штамма F-1244, выделенного в чистую культуру // Химия растительного сырья. 2020. N 2. С. 283–289. <https://doi.org/10.14258/jcpim.2020025167>.
2. Теплякова Т.В., Пьянков О.В., Косогова Т.А., Кабанов А.С., Петровская И.Ф. Трутовик скошенный, чага *Inonotus obliquus* (Ach. ex Pers.) Pilat. – перспективный гриб для получения противовирусных препаратов // Микология сегодня. М.: Национальная академия микологии, 2022. Т. 4. С. 107–119.
3. Teplyakova T.V., Gashnikova N. Medical mushrooms in complex treatment of human Immunodeficiency virus infection // International Journal of Medicine Mushrooms. 2019. Vol. 21, no. 5. P. 487–492. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2019030175>.
4. Голышкин А.В., Альмяшева Н.Р., Зиангирова М.Ю., Краснопольская Л.М. Ростовые и биохимические характеристики некоторых видов съедобных и лекарственных грибов в зависимости от способов предобработки лигноцеллюлозного сырья // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. N 3. С. 607–615. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.3.607rus>.
5. Тренин А.С., Краснопольская Л.М., Бычкова О.П., Альмяшева Н.Р., Голышкин А.В., Максимова М.А. [и др.]. Скрининг ингибиторов биосинтеза стеролов для создания новых антифунгальных антибиотиков // Успехи медицинской микологии. 2019. Т. 20. С. 465–469. EDN: QXHX SX.
6. Golyshkin A., Almyasheva N., Yarina M., Krasnopol'skaya L. Mycelium growth of xylophilic basidiomycetes on chemically modified lignocellulosic substrates // Abstract Book, XVIII Congress of European Mycologists (Warsaw and Białowieża, 16–21 September 2019). Warsaw, 2019. P. 98.
7. Almyasheva N., Golyshkin A., Rogozhin E., Krasnopol'skaya L. The comparative study of phenolic metabolites produced by *Hericiaceae* and *Agaricaceae* in vegetative and generative stages // Abstract Book, XVIII Congress of European Mycologists (Warsaw and Białowieża, 16–21 September 2019). Warsaw, 2019. P. 99.
8. Тренин А.С., Краснопольская Л.М., Бычкова О.П., Максимова М.А., Альмяшева Н.Р., Голышкин А.В. Биологически активные соединения высших грибов с антифунгальной активностью и способностью к подавлению биосинтеза стеролов // Молекулярные и биологические аспекты химии, фармацевтики и фармакологии: 5-я Международная междисциплинарная конференция (г. Судак, 15–18 сентября 2019 г.). М.: Перо, 2019. С. 172. EDN: QNTAIH.
9. Альмяшева Н.Р., Голышкин А.В., Зиангирова М.Ю., Петрова Д.А., Краснопольская Л.М. Продукция липо-литических ферментов ксилотрофными грибами отдела Basidiomycota // Антибиотики и химиотерапия. 2018. Т. 63. N 1-2. С. 8–13. EDN: XTGEMH.
10. Almyasheva N.R., Shuktueva M.I., Petrova D.A., Kopytsyn D.S., Kotolev M.S., Vinokurov V.A., et al. Biodiesel fuel production by *Aspergillus niger* whole-cell biocatalyst in optimized medium // Mycoscience. 2017. Vol. 59, no. 2. P. 147–152. <https://doi.org/10.1016/j.myc.2017.09.003>.
11. Ченкели В.А., Романова Е.Д., Власов Б.Я. Профилактика негативного воздействия экологических факторов на организм молодняка сельскохозяйственных животных и птицы с использованием ветеринарного препарата Траметин. Lambert Academic Publishing, 2020. 121 с.
12. Ченкели В.А. Механизмы действия препарата Траметин на организм животных при ассоциированных инфекциях. СПб.: Проспект науки, 2020. 176 с.
13. Ченкели В.А. Препараты последнего поколения на основе грибов-ксилотрофов рода *Trametes*: обнаруженные эффекты, механизмы действия и применение. М.: Перо, 2014. 126 с. EDN: SXVQZ.
14. Ченкели В.А., Уланская А.В. Сальмонеллез как биологический фактор в экотехносистеме и его профилактика с использованием ветеринарного препарата «Траметин». Иркутск: Изд-во ИГУ, 2022. 107 с.
15. Falk-Petersen S., Sargent J.R., Henderson J., Hegseth E.N., Hop H., Okolodkov Y.B. Lipids and fatty acids in ice algae and phytoplankton from the marginal ice zone in the Barents sea // Polar Biology. 1998. Vol. 20. P. 41–47. <https://doi.org/10.1007/s003000050274>.
16. Феофилова Е.П., Бурлакова Е.Б., Кузнецова Л.С. Значение реакции свободного окисления в регуляции роста и липидообразования эукариотных и прокариотных организмов // Прикладная биохимия и микробиология. 1987. Т. 23. N 1. С. 3–13.
17. Феофилова Е.П., Горнова И.Б., Меморская А.С., Гарибова Л.В. Липидный состав плодовых тел и глубинного мицелия *Lentinus edodes* (Berk.) Sing [*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler] // Микробиология. 1998. Т. 67. N 5. С. 655–659.
18. Белова Н.В. Перспективы использования биологически активных соединений базидиальных грибов в России // Микология и фитопатология. 2004. Т. 38. N 2. С. 1–7.
19. Бабицкая В.Г., Черноок Т.В., Щерба В.В. Характеристика липидов глубинного мицелия грибов // Вестник Белорусского государственного университета. Серия 2: Химия. Биология. География. 2009. Т. 4. N 1. С. 101–111.
20. Лощина Е.А., Цивилева О.М., Макаров О.Е., Никитина В.Е. Изменение углеводного и жирнокислотного состава мицелия *Lentinus edodes* при совместном культивировании *Azopirillum brasilense* // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2012. N 2. С. 64–67.
21. Цивилёва О.М., Нгуен Т.Ф., Ву Л.Н., Чернышова М.П., Юрасов Н.А., Петров А.Н. [и др.] Липидные компоненты пигментированного и глубинного мицелия *Ganoderma* разных климатических зон // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. N 3. С. 37–47.
22. Никонова А.А., Шишлянников С.М., Шишлянникова Т.А., Авезова Т.Н., Бабенко Т.А., Белых О.И. [и др.] Определение свободных и этерифицированных жирных кислот в гидробионтах с различным содержанием полиненасыщенных кислот методом газожидкостной хроматографии // Журнал аналитической химии. 2020. Т. 75. N 10. С. 907–920. <https://doi.org/10.31857/S0044450220100102>. EDN: WHRREK.

REFERENCES

1. Ilyicheva T.N., Anan'ko G.G., Kosogova T.A., Olkin S.E., Omigov V.V., Taranov O.S., et al. Antiviral activity of the melanin from birch fungus (*Inonotus obliquus*) obtained by cultivating F-1244 strain isolating to pure culture. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2020;(2):283-289. (In Russian).
<https://doi.org/10.14258/jcpim.2020025167>.
2. Teplyakova T.V., P'yankov O.V., Kosogova T.A., Kabanov A.S., Petrovskaya I.F. Mowed polypore, chaga *Inonotus obliquus* (Ach. ex Pers.) Pilat. – a promising mushroom for obtaining antiviral drugs. In: *Mycology today*. Moscow: Natsional'naya akademiya mikologii; 2022, vol. 4, p. 107-119. (In Russian).
3. Teplyakova T.V., Gashnikova N. Medical mushrooms in complex treatment of human Immunodeficiency virus infection. *International Journal of Medicine Mushrooms*. 2019;21(5):487-492.
<https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2019030175>.
4. Golyshkin A.V., Almyasheva N.R., Ziangirova M. Yu., Krasnopol'skaya L.M. Effect of pretreatment of lignocellulosic substrates on physiological and biochemical characteristics of some species of edible and medical mushrooms. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2019;54(3):607-615. (In Russian).
<https://doi.org/10.15389/agrobiol.2019.3.607rus>.
5. Trenin A.S., Krasnopol'skaya L.M., Bychkova O.P., Al'myasheva N.R., Golyshkin A.V., Maksimova M.A., et al. Screening of inhibitors of sterol biosynthesis for the development of new antifungal antibiotics. *Uspekhi meditsinskoj mikologii*. 2019;20:465-469. (In Russian). EDN: QXHXSX.
6. Golyshkin A., Almyasheva N., Yarina M., Krasnopol'skaya L. Mycelium growth of xylophilic basidiomycetes on chemically modified lignocellulosic substrates. In: *Abstract Book, XVIII Congress of European Mycologists*. Warsaw and Białowieża, 16–21 September 2019. Warsaw; 2019, p. 98.
7. Almyasheva N., Golyshkin A., Rogozhin E., Krasnopol'skaya L. The comparative study of phenolic metabolites produced by *Hericium erinaceus* and *Agrocybe aegerita* in vegetative and generative stages. In: *Abstract Book, XVIII Congress of European Mycologists*. Warsaw and Białowieża, 16–21 September 2019. Warsaw; 2019, p. 99.
8. Trenin A.S., Krasnopol'skaya L.M., Bychkova O.P., Maksimova M.A., Al'myasheva N.R., Golyshkin A.V. Biologically active compounds of higher fungi with antifungal activity and the expectation of a decrease in sterol biosynthesis. In: *Molekulyarnye i biologicheskie aspekty khimii, farmatsevtiki i farmakologii: 5-ya Mezhdunarodnaya mezhdistsiplinarnaya konferentsiya = Molecular and Biological Aspects of Chemistry, Pharmaceuticals and Pharmacology: 5th International Interdisciplinary Conference*. Sudak, 15–18 September 2019. Moscow: Pero; 2019, p. 172. (In Russian). EDN: QNTAIH.
9. Almyasheva N.R., Golyshkin A.V., Ziangirova M.Y., Petrova D.A., Krasnopol'skaya L.M. Production of lipolytic enzymes by xylophilic fungi of the division Basidiomycota. *Antibiotiki i khimioterapiya = Antibiotics and Chemotherapy*. 2018;63(1-2):8-13. (In Russian). EDN: XTGEMH.
10. Almyasheva N.R., Shuktueva M.I., Petrova D.A., Kopytsyn D.S., Kotolev M.S., Vinokurov V.A., et al. Biodiesel fuel production by *Aspergillus niger* whole-cell biocatalyst in optimized medium. *Mycoscience*. 2017;59(2):147-152.
<https://doi.org/10.1016/j.myc.2017.09.003>.
11. Chkhenkeli V.A., Romanova E.D., Vlasov B.Ya. Prevention of the negative impact of environmental factors on the body of young farm animals and poultry using the veterinary drug *Trametin*. Lambert Academic Publishing; 2020. 121 p. (In Russian).
12. Chkhenkeli V.A. Mechanisms of action of trametin preparations on the body of animals with concomitant infections. St. Petersburg: Prospekt nauki; 2020.176 p. (In Russian).
13. Chkhenkeli V.A. Main generations based on xylophilic fungi of the genus *Trametes*: revealed effects, mechanisms of action and application. Moscow: Pero; 2014. 126 p. EDN: SXVVQZ. (In Russian).
14. Chkhenkeli V.A., Ulanskaya A.V. Salmonellosis as a biological factor in the eco-technical system and its prevention using the veterinary drug "Trametin". Irkutsk: Izd-vo IGU; 2022. 107 p. (In Russian).
15. Falk-Petersen S., Sargent J.R., Henderson J., Hegseth E.N., Hop H., Okolodkov Y.B. Lipids and fatty acids in ice algae and phytoplankton from the marginal ice zone in the Barents sea. *Polar Biology*. 1998;20:41-47.
<https://doi.org/10.1007/s0030000050274>.
16. Feofilova E.P., Burlakova E.B., Kuznetsova L.S. The significance of the free oxidation reaction in the regulation of growth and lipid formation of eukaryotic and prokaryotic organisms. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 1987;23(1):3-13. (In Russian).
17. Feofilova E.P., Gornova I.B., Memorskaya A.S., Garibova L.V. Lipid composition of fruit bodies and deep mycelium of *Lentinus edodes* (Berk.) Sing [*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler]. *Mikrobiologiya*. 1998;67(5):655-659. (In Russian).
18. Belova N.V. Prospects for the use of biologically active compounds of basidiomycetes in Russia. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2004;38(2):1-7. (In Russian).
19. Babitskaya V.G., Chernook T.V., Shcherba V.V. Characterization of lipids in the deep mycelium of fungi. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 2: Khimiya. Biologiya. Geografiya*. 2009;4(1): 101-111. (In Russian).
20. Loschinina E.A., Tsvileva O.M., Makarov O.E., Nikitina V.E. Changes in carbohydrate and fatty-acid content of *Lentinus edodes* mycelium in dual cultures with *Azospirillum brasilense*. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2012;2:64-67. (In Russian).
21. Tsvileva O.M., Nguyen T.P., Vu L.N., Chernyshova M.P., Yurasov N.A., Petrov A.N., et al. Lipidic components of pigmented and submerged mycelium of *Ganoderma* from different climatic zones. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2015;(3):37-47. (In Russian).
22. Nikonova A.A., Shishlyannikov S.M., Shishlyannikova T.A., Avezova T.N., Babenko T.A., Belykh O.I., et al. Determination of free and esterified fatty acids in hydro-

coles of different content of polyunsaturated fatty acids by gas-liquid chromatography. *Zhurnal analiticheskoi khimii*. 2020;75(10):907-920. (In Russian).

<https://doi.org/10.31857/S0044450220100102>.
EDN: WHRREK.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чхенкели Вера Александровна,

д.б.н., доцент,
Иркутский государственный университет,
664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 2,
Российская Федерация;
генеральный директор,
ООО «Биотехвет»,
664007, г. Иркутск, ул. Декабрьских событий,
105А/12, Российская Федерация,
✉ chkhenkeli@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8175-2623>

Чхенкели Гурам Давидович,

к.т.н., старший научный сотрудник,
ООО «Биотехвет»,
664007, г. Иркутск, ул. Декабрьских событий,
105А/12, Российская Федерация,
chkhenkeli@rambler.ru

Никонова Алена Александровна,

к.х.н., старший научный сотрудник,
Лимнологический институт СО РАН,
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, Рос-
сийская Федерация,
alenaxis@list.ru

Горшков Александр Георгиевич,

к.х.н., заведующий лабораторией,
Лимнологический институт СО РАН,
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, Рос-
сийская Федерация,
gorchkov_ag@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный
вариант рукописи.*

Информация о статье

Поступила в редакцию 04.05.2023.
Одобрена после рецензирования 29.06.2023.
Принята к публикации 31.08.2023.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vera A. Chkhenkeli,

Dr. Sci. (Biology), Associate Professor,
Irkutsk State University,
2, Lenin St., Irkutsk, 664003,
Russian Federation;
General Director,
Biotechvet LLC,
105A/12, Dekabr'skikh Sobytiy St., Irkutsk, 664007,
Russian Federation,
✉ chkhenkeli@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8175-2623>

Guram D. Chkhenkeli,

Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher,
Biotechvet LLC,
105A/12, Dekabr'skikh Sobytiy St., Irkutsk, 664007,
Russian Federation,
chkhenkeli@rambler.ru

Alena A. Nikonova,

Cand. Sci (Chemistry), Senior Researcher,
Limnological Institute SB RAS,
3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033,
Russian Federation,
alenaxis@list.ru

Alexander G. Gorshkov,

Cand. Sci (Chemistry), Head of the Laboratory,
Limnological Institute SB RAS,
3, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033,
Russian Federation,
gorchkov_ag@mail.ru

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict interests

The authors declare no conflict of interests
regarding the publication of this article.

*The final manuscript has been read and approved
by all the co-authors.*

Information about the article

The article was submitted 04.05.2023.
Approved after reviewing 29.06.2023.
Accepted for publication 31.08.2023.