

БИОКОМПЛЕКС ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЭНДОТОКСИНОВ

Н.Б. Трофимова¹, Koptelovanat@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8675-4983>

А.А. Вековцев², andrey@artlife.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5639-7022>

В.М. Позняковский³, pvm1947@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7034-4675>

Е.Л. Томилова¹, mybox.katja@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-0437-1979>

¹ Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

² Компания «Арт Лайф», Томск, Россия

³ Кемеровский государственный медицинский университет Минздрава РФ, Кемерово, Россия

Аннотация. Разработан инновационный биокomплекс в форме БАД «Сорбенизм», направленный на нейтрализацию бактериальных и грибковых эндотоксинов – липополисахаридов (ЛПС), пептидогликанов и бета-глюканов, которые при транслокации в системный кровоток инициируют воспалительные реакции и перегрузку иммунной системы. Функциональная направленность БАД основывается на комплексном подходе, объединяющем энзиматическую деструкцию, сорбцию и постбиотическую модуляцию. В состав комплекса входят: метафильтрат (постбиотический продукт) на цеолитовой основе; цеолит (природный минерал); бактериальный субстрат, очищенный; экстракты из грейпфрутовых семян и исландского мха; ферменты – целлюлаза, папаин, лизоцим; кремния двуокись; рутин (растительный гликозид) и хитозан (полимер хитинозного происхождения). Ферменты разрушают углеводные и белковые структуры токсинов: лизоцим гидролизует (1,4β)-связи в пептидогликане, целлюлаза разрушает 1,3- и 1,6-β-глюкановые связи грибковых клеточных стенок, папаин выполняет широкий протеолиз белковых фрагментов, включая элементы, связанные с липидом А. Наличие в составе продукта природных сорбентов обеспечивает оперативное выведение токсичных продуктов расщепления пептидов и фрагментов клеточных стенок, предотвращая их абсорбцию в системный кровоток человека и возможную интоксикацию. Имобилизация ферментов на цеолите дополнительно обеспечивает локализованную и пролонгированную активность. В состав включены постбиотический метафильтрат и бесклеточный бактериальный фильтрат, которые представляют собой биокomплекс, содержащий антибиотикоподобные пептиды, бактериоцины и каталазы. Указанные ингредиенты избирательно угнетают болезнетворные и условно-болезнетворные бактерии и не наносят вреда естественной микробиоте кишечника, сохраняя ее баланс и жизнедеятельность. Разработана технология специализированного продукта с применением кишечнорастворимой капсулированной оболочки для адресной доставки компонентов к клеткам-мишеням. Биокomплекс представляет средство для детоксикации, направленное на устранение первопричин системного воспаления, связанного с эндотоксинемией и нарушением микробиома.

Ключевые слова: биотехнология, бактериальные эндотоксины, воспаление, биологически активная добавка, биокomплекс, энтеросорбент, постбиотический метафильтрат, кишечнорастворимая оболочка, детоксикация, микробиом

Для цитирования: Биокomплекс для нейтрализации бактериальных эндотоксинов / Н.Б. Трофимова, А.А. Вековцев, В.М. Позняковский, Е.Л. Томилова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2026. Т. 14, № 2. С. 70–80. DOI: 10.14529/food260208

Original article

DOI: 10.14529/food260208

BIOCOMPLEX FOR NEUTRALIZATION OF BACTERIAL ENDOTOXINS

N.B. Trofimova¹, Koptelovanat@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8675-4983>

A.A. Vekovtsev², andrey@artlife.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5639-7022>

V.M. Poznyakovsky³, pvm1947@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7034-4675>

E.L. Tomilova¹, mybox.katja@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-0437-1979>

¹ Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

² Art Life Company, Tomsk, Russia

³ Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russia

Abstract. An innovative biocomplex has been developed in the form of the dietary supplement “Sorbenism” aimed at neutralizing bacterial and fungal endotoxins – lipopolysaccharides (LPS), peptide glycans and beta glucans, which, when translocated into the systemic bloodstream, initiate inflammatory reactions and overload the immune system. The functional focus of the dietary supplement is based on an integrated approach that combines enzymatic destruction, sorption and postbiotic modulation. The complex includes: metafiltrate (postbiotic product) on a zeolite base; zeolite (natural mineral); purified bacterial substrate; extracts from grapefruit seeds and Icelandic moss; enzymes – cellulase, papain, lysozyme; silicon dioxide; rutin (plant glycoside) and chitosan (a polymer of chitinous origin). Enzymes break down the carbohydrate and protein structures of toxins: lysozyme hydrolyzes (1,4 β)-bonds in peptide glycan, cellulase breaks down 1,3- and 1,6 β -glucan bonds in fungal cell walls, and papain performs extensive proteolysis of protein fragments, including elements associated with lipid A. The presence of natural sorbents in the product ensures the rapid removal of toxic peptide breakdown products and cell wall fragments, preventing their absorption into the human systemic bloodstream and possible intoxication. Immobilization of enzymes on zeolite additionally ensures localized and prolonged activity. The composition includes a postbiotic metafiltrate and a cell-free bacterial filtrate, which represent a biocomplex containing antibiotic-like peptides, bacteriocins, and catalases. These ingredients selectively inhibit pathogenic and opportunistic bacteria without harming the natural intestinal microbiota, maintaining its balance and vital functions. A specialized product technology has been developed using an enteric-coated encapsulated shell for targeted delivery of components to target cells. This biocomplex is a detoxifying agent aimed at eliminating the root causes of systemic inflammation associated with endotoxemia and microbiome imbalance.

Keywords: biotechnology, bacterial endotoxins, inflammation, dietary supplement, biocomplex, enterosorbent, postbiotic metafiltrate, enteric-coated capsule shell, detoxification, microbiome

For citation: Trofimova N.B., Vekovtsev A.A., Poznyakovsky V.M., Tomilova E.L. Biocomplex for neutralization of bacterial endotoxins. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2026, vol. 14, no. 2, pp. 70–80. (In Russ.) DOI: 10.14529/food260208

Введение

Бактериальные и грибковые эндотоксины представляют собой мощные патоген-ассоциированные молекулярные паттерны, способные вызывать деструктивные воспалительные процессы в организме человека, переходящие в хроническое субклиническое воспаление, приводящие к сердечно-сосудистым заболеваниям и болезням печени.

Поскольку организм человека не обладает

высокоэффективными ферментативными системами для быстрой и полной деградации эндотоксинов бактериальной и грибковой природы, критически важным становится внешняя нутритивная поддержка. Целью борьбы с эндотоксинами является не только купирование острых состояний, но и предотвращение хронической иммунной стимуляции путем снижения количества токсинов в организме, разложения их молекул на нетоксичные ком-

поненты и поддержка микрофлоры кишечника для предотвращения дисбиоза.

Выбор формы БАД обеспечивает удобство и неинвазивность применения, необходимого для коррекции хронических дисбиотических состояний. Применение инновационных технологических решений гарантирует стабильность активных компонентов и их адресную доставку, повышая эффективность продукта [1–13].

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись: постбиотический метафилтрат иммобилизованный, цеолит природный СТ, бесклеточный филтрат бактерий сухой «Метафилтрат LB-Vg ARTB-204, 272, 274», цетрарии исландской экстракт, усиновая кислота, грейпфрута косточек экстракт, нарингенин, целлюлаза, папаин, кремния диоксид, рутин, лизоцима гидрохлорид, хитозан.

Применяли стандартные и современные инструментальные методы анализа качества и безопасности сырьевых ингредиентов, готовых продуктов, а также доказательных клинических исследований.

Результаты и их обсуждение

Разработан инновационный биокомплекс в форме БАД «Сорбензим» для нейтрализации бактериальных эндотоксинов, представляющих пептидо- и бетаглобулины, которые формируют каркас клеточных оболочек грамотрицательных и грамположительных пато-

генов (бактерий и грибов). Человеческий организм не вырабатывает ферменты, способные расщеплять эти токсичные структуры. В условиях, когда целостность кишечного барьера нарушена (так называемый синдром повышенной проницаемости), эти вещества беспрепятственно проникают в кровеносное русло, провоцируя развитие воспалительных реакций. Такая ситуация усугубляется недостаточностью кишечного микробиома при наличии в крови конечных продуктов обмена, вредных для организма.

Рецептура БАД представлена в табл. 1.

Качественный и количественный состав биокомплекса обусловлен функциональными свойствами исходных ингредиентов, характеристика которых дана ниже.

Метафилтрат постбиотический. В составе присутствует обширный набор ферментов и пептидных соединений, обладающих антимикробными свойствами. Они демонстрируют высокую эффективность в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также грибковых патогенов.

Метаболиты, накапливающиеся в бесклеточной среде при культивировании пробиотических культур, формируют сложный комплекс биоактивных элементов, оказывающих целенаправленное подавляющее и уничтожающее действие на микроорганизмы. В этот комплекс входят различные липопептиды, фермент лизоцим, полипептидные структуры,

Таблица 1
Рецептура биокомплекса для нейтрализации бактериальных эндотоксинов

№	Наименование компонентов	Содержание, мг/1 капсулу	Содержание, мг/2 капсулы	% от АУП в 2 капсулах
1	Постбиотический метафилтрат иммобилизованный на цеолите	190	380	
2	Цеолит природный СТ	130	260	
3	Бесклеточный филтрат бактерий сухой	90	180	
4	Цетрарии исландской экстракт	60	120	
5	Грейпфрута косточек экстракт	15	30	
6	Целлюлоза	15	30	
7	Папаин	15	30	
8	Кремния диоксид	15	30	
9	Рутин	6,5	13	45
10	Лизоцима гидрохлорид	4,5	9,0	
11	Хитозан	3,0	6,0	

бактериоцины, ферменты, расщепляющие бета-глюканы, каталазы, а также вещества, по механизму действия напоминающие антибиототики, и прочие компоненты. Разрушая патогенную и условнопатогенную микрофлору, они сохраняют ее полезную часть.

Целлюлоза (1,4; 1,3; 1,6 бета-глюканаза). Расщепляет 1,3 и 1,6 связи бета-глюкана клеточной стенки *Candida albicans*. При уничтожении этих взаимосвязей оболочка клетки разрушается, что приводит к ее гибели. При этом фермент эффективно ингибирует процессы жизнеобеспечения гриба на разных стадиях развития.

Протеолитический фермент папаин. Данный компонент проявляет универсальную активность, воздействуя на белковые и пептидные структуры вне зависимости от длины их молекулярных цепочек.

Лизоцим, будучи веществом белкового происхождения, функционирует как мукопептид, относящийся к классу гликогидролаз. Его действие избирательно нацелено на токсичные пептидогликаны, входящие в состав бактериальных оболочек. Находясь в сочетании с постбиотическим метафилтратом пробиотических культур, он гидролизует (1,4-β)-гликозидные связи между N-ацетилглюкозамином и N-ацетилмурамовой кислотой. В организме этот фермент концентрируется в зонах, наиболее уязвимых для атак патогенов: в слизистой глаз, эпителии дыхательных путей, ротовой полости и прочих участках. Процесс обезвреживания токсичных пептидогликанов происходит за счет их фиксации в так называемом «кармане» – активном центре, расположенном в промежутке между двумя структурными доменами лизоцима. Данный сорбционный узел образован шестью углублениями, обозначаемыми как А, В, С, D, Е и F. При этом полости А, С и Е связывают исключительно N-ацетилглюкозамин, тогда как остальные (В, D и F) взаимодействуют как с N-ацетилглюкозамином, так и с N-ацетилмурамовой кислотой [14].

Ферменты в составе рецептуры направлены на борьбу с углеводными и белковыми эндотоксинами, жирными кислотами липида А, входящего в структуру липополисахарида. Липид А высвобождается в кровоток и может вызывать тяжёлые токсические последствия вплоть до септического шока.

Специфические группы рассматриваемых ферментов иммобилизованы с использова-

нием различных носителей, обеспечивающих их сохранность и эффективность. Благодаря тому, что специализированные сорбирующие компоненты локализованы в непосредственной близости от ферментативных элементов, удастся заблокировать проникновение в кровеносное русло опасных продуктов распада. Эти вещества образуются в процессе разложения углеводов при ферментации, естественном разрушении микробных клеток, а также в ходе расщепления пептидов, бактериальных белков и пептидогликановых структур. Действие этих ферментов не ограничивается значениями pH среды, поэтому они эффективны в предотвращении гниения белков, брожения сахаров, интоксикации и роста дисбиоза при расстройствах пищеварения и засилии грибковой флоры.

Природный цеолит. В отличие от других сорбентов характеризуется избирательностью действия, которая исключает выведение полезных нутриентов вместе с токсичными. Данные характеристики обусловлены уникальным строением кристаллической решетки цеолита, которая напоминает ячеистую структуру. В этих полостях располагаются отрицательно заряженные ионы кремния, калия и магния. Благодаря способности к ионному обмену, минерал электростатически притягивает положительно заряженные вредные компоненты – бактериальные токсины, чужеродные белковые соединения и ионы тяжелых металлов (ртути, стронция, свинца, рубидия, кадмия, цезия, мышьяка и прочих), после чего эффективно эвакуирует их из организма [15].

Помимо этого, цеолит активно поглощает антигены и аллергены, которые нередко провоцируют приступы астмы и мигрени. В результате его применения нормализуются метаболические процессы, активизируется работа защитных систем организма, снижается функциональная нагрузка на печень и почечный аппарат, что, в целом, снижает симптомы заболевания и повышает общее самочувствие.

Диоксид кремния. Обладает способностью сорбировать, удерживать и выводить из организма широкий спектр токсических веществ, что обеспечивается большой сорбционной поверхностью. Удельная площадь наночастиц двуокиси кремния составляет 380 м²/г. При небольших дозировках его эффективность объясняется особыми свойствами сорбента: нетоксичен, высокая поглощающая способность, отсутствие десорбции и влияния на

pH среды, нетравматичность для слизистых ЖКТ, хорошая эвакуация из кишечника.

Хитозан. Универсальный сорбент, связывающий значительный спектр токсических веществ органической и неорганической природы. Оказывает общее очищающее действие, предупреждает аллергические реакции [16].

В целом цеолит, диоксид кремния и хитозан составляют органоминеральный сорбент, связывающий до 99 % моносахаридов клеточной стенки грамотрицательных бактерий.

Экстракт цетрарии исландской (исландский мох). Богат витаминами, минералами и аминокислотами, помогающими укреплять иммунную систему, повышать выносливость и улучшать пищеварение и обмен веществ, общее состояние организма [17, 18].

Цетрария обладает противовоспалительными свойствами, содержит усиновую кислоту, которая подавляет активность бактерий и вирусов. Входящие в состав концентрата антиоксиданты защищают от действия свободных радикалов, замедляют процесс старения,

улучшают кожный покров, делая его упругим и гибким.

Ирландский мох помогает снизить стресс и улучшить психическое состояние, проявляя успокаивающие свойства, что, в целом, обеспечивает поддержку самочувствия.

Экстракт косточек грейпфрута. Обладает детоксицирующими свойствами, способствует очищению организма от токсических продуктов обмена, укрепляет иммунную систему. Подавляет патогенную микрофлору, защищая от инфекций и вирусов. Содержит флавоноиды, обладающих противовоспалительным эффектом. Активизирует процессы пищеварения и обмен веществ.

Процесс изготовления продукта складывается из нескольких последовательных технологических операций (схематично представлено на рисунке), каждая из которых выполняется при строго контролируемых показателях. На начальном этапе осуществляется подготовка исходных компонентов, после чего приступают к созданию промежуточных форм – полупро-



Технологическая схема производства БАД

дуктов. Далее готовят специальную опудривающую композицию и смесь, предназначенную для наполнения капсул. Затем проводят непосредственно капсулирование с последующим удалением излишков пыли. На следующей стадии на поверхность капсул наносят кислотоустойчивую оболочку. После этого проводят визуальный контроль готовых единиц. Завершающие этапы включают расфасовку, помещение в потребительскую тару, нанесение маркировки и последующее размещение на хранение.

Инновацией в технологии производства является разработка специального покрытия капсулы кишечнорастворимой оболочкой, которая обеспечивает адресную доставку действующих веществ БАД к клеткам-мишеням желудочно-кишечного тракта.

Установлены регламентируемые органолептические и физико-химические показатели (табл. 2).

Таблица 2
Органолептические и физико-химические показатели БАД

Наименование показателя	Содержание характеристики
Внешний вид	Капсулы желатиновые или целлюлозные
Цвет содержимого капсулы	От бежевого до коричневого, с вкраплениями
Запах и вкус	Присущий компонентам
Средняя масса капсулы, мг	790
Содержание рутина, мг в 1 капсуле	6,9

Пищевая ценность БАД, г/100 грамм продукта: жиры – 0,2, белки – 21, углеводы – 9, органические кислоты – 1,5. Энергетическая ценность – 110 ккал (484 кДж).

Для определения сроков реализации проведены гигиенические и токсикологические исследования продукта по окончании 27 месяцев хранения при 25 °С и влажности не выше 60 % согласно ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Полученные данные свидетельствуют о гигиеническом благополучии разработанного биокомплекса при указанных режимах и сроках хранения, что позволило определить сроки реализации – 2 года с «запасом прочности» в 3 месяца.

Изучена антимикробная и антигрибковая активность постбиотического метафилтрата in-vitro (табл. 3).

Таблица 3
Исследования антимикробной и антигрибковой активности постбиотического метафилтрат

Тест-культура	Диаметр подавления роста, мм
<i>E. coli</i> (грамм –)	51,4 ± 1,0
<i>St. aureus</i> (грамм +)	12,9 ± 0,5
<i>Candida sp.</i>	13,6 ± 1,5

Проведена оценка бактерицидной и бактериостатической активности иммобилизованных метафилтратов на примере грамотрицательной бактерии *E. Coli* (табл. 4).

Через 24 часа посева антимикробных и контрольных образцов регистрировали количество выросших микроорганизмов и определяли процент гибели тест-микроорганизмов.

Для определения степени воздействия на микроорганизмы проводили сравнение количества бактериальных клеток в контрольных и тестируемых образцах до начала эксперимента и после 24-часовой выдержки. Вычисление параметров, характеризующих подавление роста (статический эффект) и гибель клеток (цидный эффект), выполняли по следующим математическим выражениям:

Показатель bacteriostatic (Z) = $\lg(K_k) - \lg(K_o)$,

Показатель bactericidal (C) = $\lg(K_n) - \lg(K_o)$,

где Z – величина, отражающая задержку размножения; C – величина, отражающая уничтожение микроорганизмов; K_n – десятичный логарифм концентрации микробов в контроле сразу после засева; K_k – десятичный логарифм концентрации микробов в контроле спустя 24 часа; K_o – десятичный логарифм концентрации микробов в образце с действующим веществом спустя 24 часа.

Оценка результатов: бактерицидный эффект (C) регистрируется при любых положительных значениях, бактериостатический (Z) – когда показатель превышает пороговое значение 2.

Сделан вывод, что метафилтрат на цеолитовом носителе проявляет подавляющее и ингибирующее действие по отношению к грамотрицательным патогенам и условно-патогенной флоре. В опыте, по сравнению с контролем, отмечено угнетение роста вредных микроорга-

Таблица 4

Оценка бактерицидной и бактериостатической активности иммобилизованных метафилтратов

Образцы	Параметр	Количество жизнеспособных микроорганизмов, КОЕ/мл	Общий логарифм числа бактерий (Lg)	Бактериостатическая активность (S) Mb – Mc	Бактерицидная активность (L) Ma – Mc
Цеолит (контроль)	Mb	$2,9 \cdot 10^5$	4,96	–	–
Цеолит + метафилтрат пробиотических бактерий	Mc	$3,1 \cdot 10^2$	2,30	2,66	1,01

низмов, количество полезных бактерий значительно увеличивается.

Какого-либо негативного влияния на состояние биофлоры кишечника не оказывает:

Контроль – *Bifidobacterium bifidum* – $7,5 \cdot 10^9$ КОЕ/мл;

Эксперимент – *Bifidobacterium bifidum* с БАД – $1,0 \cdot 10^{10}$ КОЕ/мл;

Контроль – *Lactobacillus plantarum* – $1,0 \cdot 10^{10}$ КОЕ/мл;

Эксперимент – *Lactobacillus plantarum* с БАД – $1,0 \cdot 10^{10}$ КОЕ/мл.

Проведены клинические испытания эффективности БАД при хронических кольпитах и вульвагинальном кандидозе (ВВК), который является наиболее распространенными среди всех гинекологических патологий (85% женщин всех возрастов).

В исследованиях принимали участие 20 пациентов в возрасте от 30 до 41 года.

БАД назначали по одной капсуле 2 раза в день во время или сразу после еды в течение двух месяцев совместно с другими БАД – «Канди Комплекс», «Комплекс изофлавонов с пробиотиками», «Флора Вуаль» и «Синбио фибер».

Результаты исследования до и после лечения представлены в табл. 5.

В целом используемые совместно с «Сорбензим» БАД являются его промодуляторами в отношении метаболической детоксикации и коррекции биоценоза кишечника.

Результаты клинических исследований свидетельствуют, что испытываемая комплексная программа терапии устраняет явления хронического кольпита и ВВК, уменьшает степень выраженности указанных заболеваний. БАД рекомендуется для профилактики и

комплексного лечения рассматриваемых патологий с нарушением микрофлоры ЖКТ.

Эффективность испытываемой формы БАД связана с синергическим действием компонентов программного комплекса и их индивидуальными свойствами:

- БАД обеспечивает санацию патогенов и грибов, приводя к разрушению их клеточной стенки и гибели. Сорбирует и выводит из организма разрушенные клеточные мембраны бактерий и грибов, нивелируя токсическую атаку на организм;

- использование ферментированных пищевых волокон в составе биологически активной добавки способствует восстановлению баланса полезной микробиоты как в кишечнике, так и во влагалище. Кроме того, данный компонент повышает степень приживаемости пробиотических культур и способствует расширению их видового разнообразия.

Результаты клинических исследований свидетельствуют, что испытываемая комплексная программа терапии устраняет явления хронического кольпита и ВВК, а также рекомендуется при лечении в случае хронических заболеваний с нарушением микрофлоры ЖКТ [19, 20].

Негативного влияния на полезную микрофлору и угнетения роста пробиотических бактерий кишечника не отмечено.

Выводы

1. На основе данных анализа литературных источников определены актуальные направления разработки биоконплексов для нейтрализации эндотоксинов.

2. В ходе работы была создана композиция биологически активной добавки, компоненты которой подобраны таким образом,

Таблица 5

Результаты комплексной терапии при хроническом кольпите и ВВК

Показатель	До лечения	После лечения	Норма
Субъективные ощущения	Дискомфорт, зуд в области влагалища	Полностью прошли жалобы на дискомфорт в области влагалища, зуда нет	–
Мазок (лейкоциты)	15–20 ед.	10–15 ед.	10–15 ед.
Мазок (флора)	Палочки, кокки, коккобациллы, споры и мицелий дрожжей	Палочки	Палочки
Фемофлор-16 (лактобактерии)	10^4 КОЕ	10^7 КОЕ	10^7 – 10^8 КОЕ
Фемофлор-16 (патогенная флора)	10^5 и 10^7 КОЕ	10^3 и 10^4 КОЕ	10^4 и 10^3 КОЕ
рН-метрия	4,5 – 5,0 ед. рН	3,7 ед. рН	3,7–4,5 ед. рН
Копрограмма	Мицелий и споры дрожжей, йодофильные бактерии	Отсутствие патогенной флоры	Отсутствие патогенной флоры

чтобы их действие взаимно усиливалось. Это обеспечивает эффективное обезвреживание токсинов, выделяемых бактериями и грибами, а также способствует сохранению здорового баланса кишечной микробиоты.

3. Определены регламентируемые органолептические и физико-химические показате-

ли качества и безопасности готового продукта. Установлен гарантированный срок и условия хранения.

4. Клиническими испытаниями подтверждена эффективность комплекса в терапии хронического кольпита, ВВК, хронических нарушений микрофлоры.

Список литературы

1. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения: монография / А.Н. Австриевских, А.А. Вековцев, Н.Г. Челнакова, В.М. Позняковский; под общ. ред. проф. ВМ Позняковского. М.: ИНФРА-М, 2022. 414 с.
2. Вековцев А.А., Никитюк Д.Б., Позняковский В.М. Новые масштабные биотехнологические проекты в метаболической коррекции дисфункциональных состояний и синдромов дезадаптации // Актуальные проблемы хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: коллективная монография. СПб.: Лань, 2020. С. 18–26. EDN: VWBLVV
3. Микробиом и биохакинг: парадигма управления здоровьем / А.А. Вековцев, Е.М. Серба, Б. Бямбаа, В.М. Позняковский // Индустрия питания. 2021. Т. 6, № 2. С. 16–22. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-2-2. EDN: MMZHEE
4. Герасименко Н.Ф., Позняковский В.М., Челнакова Н.Г. Методологические аспекты полноценного, безопасного питания: значение в сохранении здоровья и работоспособности // Человек. Спорт. Медицина. 2017. Т. 17, № 1. С. 79–86. DOI: 10.14529/hsm170108. EDN: YGSEAR
5. Жминченко В.М., Гаппаров М.М.Г. Современные тенденции исследований в нутрициологии и гигиене питания // Вопросы питания. 2015. Т. 84, № 1. С. 5–13. EDN: TMLCQT
6. Микробиота и болезни человека: возможности диетической коррекции / Ю.С. Карпеева, В.П. Новикова, А.И. Хавкин [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии, 2020. Т. 65, № 5. С. 116–125. DOI: 10.21508/1027-4065-2020-65-5-116-125. EDN: RUUNYT

7. Современные представления о микробиоме и его роли в регуляции обменных процессов, сохранении здоровья и работоспособности / Д.Б. Никитюк, В.М. Позняковский, Е.М. Сербя и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2022. Т. 10, № 2. С. 59–72. DOI: 10.14529/food220207. EDN: YRPKFY
8. Позняковский В.М. Эволюция питания и формирование нутриома современного человека // Индустрия питания. 2017. № 3(4). С. 5–12. EDN: ZTLWZH
9. Ahern P.P., Maloy K.J. Understanding immune – microbiota interactions in the intestine // Immunology. 2020. Vol. 159, Iss. 1. P. 4–14. DOI: 10.1111/imm.13150. EDN: KCOHXM
10. Role of the microbiome in human development / M.G. Dominguez-Bello, F. Godoy-Vitorino, R. Knight, M.J. Blaser // Gut. 2019. Vol. 68, Iss. 6. P. 1108–1114. DOI: 10.1136/gutjnl-2018-317503. EDN: JKPRSL
11. Structure, function and diversity of the healthy human microbiome / C. Huttenhower, D. Gevers, R. Knight et al. // Nature. 2012. Vol. 486. P. 207–214. DOI: 10.1038/nature11234
12. Хавкин А.И., Новикова В.П., Евдокимова Н.В. Питание как способ контроля хронического воспаления низкой интенсивности через коррекцию кишечной микробиоты // Вопросы детской диетологии. 2022. Т. 20, № 1. С. 32–41. DOI: 10.20953/1727-5784-2022-1-32-41. EDN: XYXQNY
13. Черешнев В.А., Позняковский В.М. Фактор питания и эволюционно-генетическое формирование кишечной микрофлоры: значение для сохранения иммунитета и здоровья // Индустрия питания. 2020. Т. 5, № 3. С. 5–16. DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-3-1. EDN: JJAEO
14. Марченкова М.А. Особенности различных стадий кристаллизации лизоцима и получение планарных структур на основе белков цитохрома с и лизоцима: специальность 01.04.18 «Кристаллография, физика кристаллов»: дис. ... канд. физ.-мат. наук. 2016. 144 с. EDN: WZBOBS
15. Bactericidal activity of Cu-, Zn-, and Ag-containing zeolites toward Escherichia coli isolates. Environ / J. Milenkovic, J. Hrenovic, D. Matijasevic et al. // Sci. Pollut. Res. Int., 2017. Vol. 24(6). P. 20273–20281. DOI: 10.1007/s11356-017-9643-8. EDN: XLINXH
16. Формирование комплексов папаина с частицами хитозана и карбоксиметилхитозана, полученными в присутствии и в отсутствие аскорбиновой кислоты / М.Г. Холявка, Ю.А. Редько, С.С. Гончарова [и др.] // Биофизика. 2025. Т. 70, № 1. С. 22–34. DOI: 10.31857/S0006302925010036. EDN: LXTEFE
17. Жилыева В.В., Климкина Е.А., Криштанова Н.А. К вопросу о разработке мягкой лекарственной формы, содержащей комплекс биологически активных веществ из слоевищ цетрарии исландской // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции. Вып. 71. Ижевск: ООО «Принт-2», 2016. С. 109–111. EDN: WIVMQZ
18. Изучение фармакологической активности отдельных компонентов полисахаридного комплекса слоевищ цетрарии исландской / Н.А. Криштанова, И.А. Наркевич, В.Ц. Болотова [и др.] // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2006. № 2(16). С. 69–75. EDN: KWZOGH
19. Специализированный продукт в форме биотехнологического комплекса бактериальных метафилтратов для избирательной сорбции эндотоксинов и метаболической коррекции микрофлоры кишечника / В.М. Позняковский, М.А. Захаренко, А.Н. Австриевских, Е.Н. Зиновьева // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2022. Т. 25, № 3. С. 197–206. DOI: 10.21443/1560-9278-2022-25-3-197-206. EDN: BCJWNM
20. Биотехнологическая программа в форме БАД для поддержки индигенной микрофлоры кишечника / Б. Тохириён, А.А. Вековцев, О.Н. Булашко и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2020. Т. 8, № 2. С. 65–73. DOI: 10.14529/food200208. EDN: RTSTJG

References

1. Avstriyevskikh A.N., Vekovtsev A.A., Chelnakova N.G., Poznyakovskiy V.M. *Produkty zdorovogo pitaniya: novyye tekhnologii, obespecheniye kachestva, effektivnost' primeneniya* [Healthy Food Products: New Technologies, Quality Assurance, and Efficiency of Use]. Moscow, 2022. 414 p.

2. Vekovtsev A.A., Nikityuk D.B., Poznyakovskiy V.M. Novyye masshtabnyye biotekhnologicheskiye proyekty v metabolicheskoy korrektsii disfunktsional'nykh sostoyaniy i sindromov dezadaptatsii [New Large-Scale Biotechnological Projects in the Metabolic Correction of Dysfunctional States and Maladaptation Syndromes]. *Aktual'nyye problemy khraneniya i pererabotki sel'skokhozyaystvennogo syr'ya* [Actual Problems of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials]. St. Petersburg, 2020, pp. 18–26.

3. Vekovtsev A.A., Serba E.M., Byambaa B., Poznyakovskiy V.M. Microbiome and Biohacking: Health Management Paradigm. *Индустрия питания* [Food Industry, 2021, vol. 6, no. 2, pp. 16–22. (In Russ.) DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-2-2

4. Gerasimenko N.F., Poznyakovskiy V.M., Chelnakova N.G. Methodological Aspects of Adequate Safe Nutrition: Meaning for Health Promotion and Maintenance of Working Capacity. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 79–86. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm170108

5. Zhminchenko V.M., Gapparov M.M.G. Modern trends of research in nutritiology and nutrition hygiene. *Voprosy pitaniya*, 2015, vol. 84, no. 1, pp. 5–13. (In Russ.)

6. Karpeeva Yu.S., Novikova V.P., Khavkin A.I., Kovtun T.A., Makarkin D.V., Fedotova O.B. Microbiota and human diseases: dietary correction. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii* (Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics), 2020, vol. 65, no. 5, pp. 116–125. (In Russ.) DOI: 10.21508/1027-4065-2020-65-5-116-125

7. Nikityuk D.B., Poznyakovskiy V.M., Serba E.M., Avstrieviskikh A.N., Potoroko I.Yu. Modern concepts of the microbiome and its role in metabolic process regulation, health preservation, and performance. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2022, vol. 10, no. 2, pp. 59–72. (In Russ.) DOI: 10.14529/food220207

8. Poznyakovskiy V.M. Nutrition evolution and nutriom formation of the modern human. *Индустрия питания* [Food Industry, 2017, no. 3(4), pp. 5–12. (In Russ.)

9. Ahern P.P., Maloy K.J. Understanding immune – microbiota interactions in the intestine. *Immunology*, 2020, vol. 159, iss. 1, pp. 4–14. DOI: 10.1111/imm.13150

10. Dominguez-Bello M. G., Godoy-Vitorino F., Knight R., Blaser M. J. Role of the microbiome in human development. *Gut*, 2019, vol. 68, iss. 6, pp. 1108–1114. DOI: 10.1136/gutjnl-2018-317503

11. Huttenhower C., Gevers D., Knight R., Abubucker S. [et al.]. Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. *Nature*, 2012, vol. 486, pp. 207–214. DOI: 10.1038/nature11234

12. Khavkin A.I., Novikova V.P., Evdokimova N.V. Dietary control of low-grade chronic inflammation by correcting gut microbiota. *Vopr. det. dietol. (Pediatric Nutrition)*, 2022, vol. 20(1), pp. 32–41. (In Russ.) DOI: 10.20953/1727-5784-2022-1-32-41

13. Chereshev V.A., Poznyakovskiy V.M. Nutrition Factor and Evolutionary Genetic Development of Intestinal Microflora: Importance for Maintaining Immunity and Health. *Индустрия питания* [Food Industry, 2020, vol. 5, no. 3, pp. 5–16. (In Russ.) DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-3-1

14. Marchenkova M.A. *Osobennosti razlichnykh stadiy kristallizatsii lizotsima i polucheniye planarnykh struktur na osnove belkov tsitokhroma s i lizotsima* [Features of various stages of lysozyme crystallization and the preparation of planar structures based on cytochrome c and lysozyme proteins]. Dis. ... Cand. of Phys. and Mathematics. 2016. 144 p.

15. Milenkovic J., Hrenovic J., Matijasevic D., Niksic D., Rajic N. Bactericidal activity of Cu-, Zn-, and Ag-containing zeolites toward *Escherichia coli* isolates. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 2017, vol. 24(6), pp. 20273–20281. DOI: 10.1007/s11356-017-9643-8.

16. Holyavka M.G., Redko Yu.A., Goncharova S.S., Lavlinskaya M.S., Sorokin A.V., Kondratyev M.S., Artyukhov V.G. Complexation of papain with particles of chitosan and carboxymethyl chitosan, obtained with or without ascorbic acid. *Biophysics*, 2025, vol. 70, no. 1, pp. 17–28. DOI: 10.1134/S0006350925700034

17. Zhilyayeva V.V., Klimkina E.A., Krishtanova N.A. On the question of the development of a soft dosage form comprising a complex of biologically active substances from the thalli of *Cetraria islandica*. *Razrabotka, issledovaniye i marketing novoy farmatsevticheskoy produktsii* [Development, research and marketing of new pharmaceutical products]. Izhevsk, 2016, iss. 71, pp. 109–111. (In Russ.)

18. Krishtanova N.A., Narkevich I.A., Bolotova V.Ts. [Study of the pharmacological activity of individual components of the polysaccharide complex of the thalli of *Cetraria islandica*]. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-meditsinskoy akademii* [Bulletin of the Russian Military Medical Academy], 2006, no. 2(16), pp. 69–75. (In Russ.)

19. Poznyakovskiy V.M., Zakharenko M.A. Avstriyevskikh., A.N., Zinov'yeva E.N. Specialized product in the form of a biotechnological complex of bacterial metafiltrates for selective sorption of endotoxins and metabolic correction of intestinal microflora. *Vestnik of MSTU*, 2022, vol. 25(3), pp. 197–206. (In Russ.) DOI: 10.21443/1560-9278-2022-25-3-197-206

20. Tokhirjon B., Vekovtsev A.A., Bulashko O.N., Kotova T.V., Poznyakovskiy V.M. Biotechnological Program in the Form of Biologically Active Additives to Support Indigenous Intestinal Microflora. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2020, vol. 8, no. 2, pp. 65–73. (In Russ.) DOI: 10.14529/food200208

Информация об авторах

Трофимова Наталья Борисовна, кандидат технических наук, доцент кафедры управления качеством института инженерных технологий, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия; koptelovanat@yandex.ru

Вековцев Андрей Алексеевич, кандидат технических наук, дипломированный врач, вице-президент компании «Арт Лайф» по науке и производству, Томск, Россия; andrey@artlife.ru

Позняковский Валерий Михайлович, Заслуженный деятель науки РФ, доктор биологических наук, профессор кафедры «Гигиена», руководитель научно-образовательного центра «Прикладная биотехнология и нутрициология», Кемеровский государственный медицинский университет Минздрава РФ, Кемерово, Россия; pvm1947@bk.ru

Томилова Екатерина Леонидовна, аспирант кафедры управления качеством Института инженерных технологий, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия; mybox.katja@mail.ru

Information about the authors

Natalya B. Trofimova, PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Quality Management, Institute of Engineering Technologies, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia; koptelovanat@yandex.ru

Andrey A. Vekovtsev, PhD (Engineering), certified medical doctor, Vice President for Science and Production, Art Life Company, Tomsk, Russia; andrey@artlife.ru

Valery M. Poznyakovskiy, Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Sciences (Biology), Professor, Department of Hygiene, Head of the Scientific and Educational Center “Applied Biotechnology and Nutrition”, Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russia; pvm1947@bk.ru

Ekaterina L. Tomilova, Postgraduate Student, group PTA-241, Department of Quality Management, Institute of Engineering Technologies, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia; mybox.katja@mail.ru

Статья поступила в редакцию 03.03.2026

The article was submitted 03.03.2026