

## Инновационные перспективы создания биологически активных комплексов на основе полисахаридной матрицы

Виктор Г. Шелепов	<sup>1</sup>	<a href="mailto:vshelepov@ya.ru">vshelepov@ya.ru</a>
Бадарч Бямбаа	<sup>2</sup>	<a href="mailto:agri_science@myls.edu.mn">agri_science@myls.edu.mn</a>
Нина Г. Челнакова	<sup>3</sup>	
Валерий М. Позняковский	<sup>4</sup>	<a href="mailto:pvm1947@bk.ru">pvm1947@bk.ru</a>

<sup>1</sup> Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН

<sup>2</sup> Монгольская академия аграрных наук, 11-ый Хороо, Зайсан, Хан-уул район, г. Улан-Батор, 17024, Монголия

<sup>3</sup> Артлайф, ул. Нахимова, 8/2г. Томск, 634034, Россия

<sup>4</sup> Кемеровский государственный медицинский университет, ул. Ворошилова 22А, г. Кемерово, 650021, Россия

**Аннотация.** Рассматривается возможность соединения сложнорастворимых полисахаридов арабиногалактана с полисахаридами хитозана для повышения всасываемости биологически активных веществ и соединений, характеризующихся низкой биодоступностью. Входящие в состав биологически активной биополимерной матрицы сукцинат хитозана, янтарный ангидрид, арабиногалактан и дигидрокверцетин соответственно в количествах, мас. %: 3–5,0; 2,0–4,0; 15,0–20,0 и 3,5 могут служить целенаправленным носителем для доставки диагностических и терапевтических агентов, в том числе ферментов, нуклеиновых кислот, витаминов, гормонов и др. к определенным клеткам, в частности, гепатоцитам (parenchymal cells печени). Установлена высокая мембранотропность арабиногалактана, выделенного из ливернички, что позволяет его использовать для повышения всасываемости в желудочно-кишечном тракте других функционально-активных ингредиентов с низкой биодоступностью. Механизм такого действия связан с образованием связующего комплекса между арабиногалактаном и доставляемым агентом, обладающим способностью взаимодействовать с асialogликопротеиновым рецептором клетки. Выполнены исследования по возможности соединения полисахаридов арабиногалактана с полисахаридами хитозана с получением биополимерной матрицы, которая включает сукцинат хитозана, янтарный ангидрид и арабиногалактан, содержащий ковалентно не связанный с ним дигидрокверцетин. Наряду с вышеуказанными свойствами показана эффективность применения арабиногалактана на примере его применения для улучшения технологических и функциональных характеристик мяса цыплят-бройлеров с признаками PSE. Добавление арабиногалактана в рецептурный состав фарша при производстве колбас, в количестве 0,5% от основного сырья, повышало влагосвязывающую способность на 5% при снижении потерь при тепловой обработке на 6%. Отмечено улучшение перекисного и кислотного чисел при хранении, что обеспечивает ингибирование окислительных процессов и предотвращает порчу готовой продукции.

**Ключевые слова:** арабиногалактан, сукцинат хитозана, биоконкомплекс, биологически активные соединения, полисахариды

## Innovative prospects for the creation of biologically active complexes based on a polysaccharide matrix

Victor G. Shelepov	<sup>1</sup>	<a href="mailto:vshelepov@ya.ru">vshelepov@ya.ru</a>
Badarch Byambaa	<sup>2</sup>	<a href="mailto:agri_science@myls.edu.mn">agri_science@myls.edu.mn</a>
Nina G. Chelnakova	<sup>3</sup>	
Valery M. Pozniakovsky	<sup>4</sup>	<a href="mailto:pvm1947@bk.ru">pvm1947@bk.ru</a>

<sup>1</sup> Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnology RAS, Tsentralnaya St., Presidium, Krasnobl settlement, 633501, Russia,

<sup>2</sup> Mongolian Academy of Agrarian Sciences, 11th Khoroo, Zaisan, Khan Uul District, Ulaanbaatar, 17024, Mongolia

<sup>3</sup> Artlife, st. Nakhimova, 8/2g. Tomsk, 634034, Russia

<sup>4</sup> Kemerovo State Medical University, 22A Voroshilova St., Kemerovo, 650021, Russia

**Abstract.** The possibility of combining complexly soluble arabinogalactan polysaccharides with chitosan polysaccharides to increase the absorption of biologically active substances and compounds characterized by low bioavailability is being considered. Included in the biologically active biopolymer matrix are chitosan succinate, succinic anhydride, arabinogalactan and dihydroquercetin, respectively, in quantities, wt. %: 3–5.0; 2.0–4.0; 15.0–20.0 and 3.5 can serve as a targeted carrier for the delivery of diagnostic and therapeutic agents, including enzymes, nucleic acids, vitamins, hormones, etc. to certain cells, in particular, hepatocytes (liver parenchyma cells). The high membranotropic properties of arabinogalactan isolated from larch have been established, which allows its use to increase the absorption in the gastrointestinal tract of other functionally active ingredients with low bioavailability. The mechanism of this action is associated with the formation of a binding complex between arabinogalactan and the delivered agent, which has the ability to interact with the asialoglycoprotein cell receptor. Studies have been carried out on the possibility of combining arabinogalactan polysaccharides with chitosan polysaccharides to obtain a biopolymer matrix, which includes chitosan succinate, succinic anhydride and arabinogalactan containing dihydroquercetin not covalently bound to it. Along with the above properties, the effectiveness of using arabinogalactan is shown using the example of its use to improve the technological and functional characteristics of broiler chicken meat with PSE traits. The addition of arabinogalactan to the recipe composition of minced meat during the production of sausages, in an amount of 0.5% of the main raw material, increased the moisture-binding capacity by 5% while reducing losses during heat treatment by 6%. There was an improvement in peroxide and acid numbers during storage, which ensures inhibition of oxidative processes and prevents spoilage of finished products.

**Keywords:** arabinogalactan, chitosan succinate, biocomplex, biologically active compounds, polysaccharides

Для цитирования

Шелепов В.Г., Бямбаа Б., Челнакова Н.Г., Позняковский В.М. Инновационные перспективы создания биологически активных комплексов на основе полисахаридной матрицы // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 85. № 2. С. 151–155. doi:10.20914/2310-1202-2023-2-151-155

For citation

Shelepov V.G., Byambaa B., Chelnakova N.G., Pozniakovsky V.M. Innovative prospects for the creation of biologically active complexes based on a polysaccharide matrix. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2023. vol. 85. no. 2. pp. 151–155. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2023-2-151-155

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Введение

Многолетние исследования полисахаридов высших растений, проводимые в нашей стране и за рубежом, свидетельствуют о возможности их широкого применения в производстве специализированных продуктов, в т. ч. и БАД [2, 3]. Это связано с функциональными свойствами представителей галактансодержащих полисахаридов – иммуномодулирующими, активирующими ретикулоэндотелиальную систему (РЭС) с увеличением фагоцитарного индекса. Их биологическая активность зависит от особенностей структуры и конформации макромолекул, механизма образования агрегатов. Немаловажное значение имеет локализация полисахарида в растительной клетке [1].

**Цель работы** – биополимерной матрицы на основе сукцината хитозана, арабиногалактана и изучение их функциональных свойств.

## Материалы и методы

Для выявления фазовых и структурных превращений применяли рентгенофазовый (РФА) и термический анализ – дифференциальную сканирующую калориметрию (ДСК). Для получения микрофотографий исследуемых образцов использовали метод сканирующий электронный микроскопии.

Концентрацию исследуемых веществ в водных растворах определяли методом ВЭЖХ на хроматографах Agilent 1200 и Милихром А-02.

Для идентификации опытного образца АГ на спектрометре записаны ИК-спектры.

Исследование комплексообразования в растворах проводилось путем измерения увеличения растворимости БАВ, а также методом измерения времен релаксации<sup>1</sup> <sup>1</sup>H ЯМР в водных и водно-спиртовых растворах.

Молекулярно-массовое распределение (ММР) образцов исследовали методом гелепроникающей хроматографии (ГПХ).

## Результаты и обсуждение

Разработана биологически активная добавка добавка – арабиногалактан (АГ), выделенный из лиственницы. Новизна и оригинальность препарата подтверждены выдачей патента [7].

Показано [3–6], что АГ из западной лиственницы может служить целенаправленным носителем для доставки диагностических и терапевтических агентов, а также ферментов, нуклеиновых кислот, витаминов или гормонов, к определенным клеткам, в частности, гепатоцитам – паренхимным клеткам печени. В модельных экспериментах АГ из лиственницы показал высокую мембранотропность [7]. Благодаря этому его можно использовать для повышения

всасываемости других биологически активных ингредиентов, характеризующихся низкой биодоступностью [2, 5, 7]. При этом образуется комплекс между доставляемым агентом и арабиногалактаном, способным взаимодействовать с асиалогликопротеиновым рецептором клетки. Причина взаимодействия арабиногалактана с рецепторами может заключаться в высокой разветвленности структуры макромолекул АГ и наличии многочисленных концевых галактозных и арабинозных групп [1]. Конъюгаты АГ и продуктов его деградации с различными лекарственными средствами могут найти разнообразное применение [9–15].

Арабиногалактан является перспективным синтоном, способным вступать в реакции с моно- и бифункциональными реагентами. Это открывает путь к получению новых промышленно доступных водорастворимых препаратов. Их свойства будут определяться как свойствами самого полисахарида, так и введенных функциональных групп. Продукты химического модифицирования АГ представляют значительный интерес для различных отраслей промышленности. Имеются данные о том, что химическое модифицирование АГ вызывает заметное падение или исчезновение биоактивности полимеров [16, 17]. Таким образом, работы по модификации арабиногалактанов показывают перспективность этого направления.

Проведены исследования по соединению полисахаридов арабиногалактана с полисахаридами хитозана.

Особенность строения макромолекул АГ может способствовать образованию прочных межмолекулярных комплексов действующих веществ, молекулы которых могут связываться межмолекулярными водородными связями в пространстве, образованном боковыми цепями. Учитывая конформационную подвижность макромолекул АГ, размеры этого пространства могут варьироваться, способствуя образованию супрамолекулярных комплексов с широким кругом веществ [5].

Хитозан хороший гелеобразователь и эмульгатор. Доказана его способность образовывать комплексные соединения с протеинами и липидами. Наличие гидроксильных групп высокой электронной плотности с неподеленными электронными парами вдоль молекулы приводит к образованию водородных связей с другими биополимерными соединениями, в первую очередь формируются прочные комплексы с липидами и белками, в которых хитозан выполняет роль ядра [6].

Благодаря позитивно заряженным молекулам и свойствам сорбента хитозан крепко

связывается с негативно заряженными молекулами, расположенными на мембранах микробов (теиховые кислоты, фосфорнокислые и карбоксильные группы). Фиксация мембран парализует их работу, особенно транспорт ионов, полезных веществ, что ведет к усилению чувствительности возбудителей заболеваний к различным антибактериальным веществам. Полезные и важные особенности хитозана заключаются также в том, что он соединяется с любой живой тканью, обладает мукоадгезивными свойствами, разлагается и открывает плотные сочленения между клетками. С помощью использования этих свойств доставка лекарственного средства через слизистую мембрану может быть существенно улучшена [18].

Протонированный хитозан в организме распадается при помощи лизоцима, превращаясь в глюкозамин и сопряженное основание кислоты – сукцинат. Сукцинат хитозана представляет собой соль деацетилизованного хитина и янтарной кислоты. Сукцинат хитозана гипоаллергенен, биосовместим, биоразлагаем. Благодаря деацетилированию хитозан приобретает два важных свойства, обуславливающих особенности и сферу его использования.

Сукцинат хитозана хорошо растворим в воде, его деацетилированные и замещенные группы при значениях  $\text{pH} < 7$  приобретают положительный заряд, т. е. хитозановый гель представляет собой поликатион, который связывается с отрицательно заряженными молекулами.

Производство биополимерной матрицы основано на механохимической активации двух полисахаридов: растительного (арабиногалактан) и хитинового (сукцинат хитозана).

Метод механохимической активации позволяет проводить измельчение твердых тел до молекулярного уровня. В результате измельченные частички образуют агрегаты, а при продолжении механической активации происходит смешивание твердых веществ на молекулярном уровне. В зависимости от природы веществ происходят химические реакции с образованием твердой фазы, в которой молекулы вступают в различного рода взаимодействия. При тепловом воздействии или гидратации происходит химическая реакция с образованием целевых продуктов.

Процесс получения полисахаридной матрицы осуществляется в два этапа.

На первом получен сукцинат хитозана – деацетилированием хитина, имеющего степень деацетилирования больше или равную 75% и молекулярную массу в диапазоне от 1 до 30 кДа, механохимическим способом его сшивали янтарным ангидридом. В результате механической активации происходит количественное

ацилирование всех аминогрупп хитозана, что подтверждается кондуктометрическим титрованием. Следует отметить, что сам принцип проведения реакции в твердофазовом состоянии не требует растворения ангидридов дикарбоновых кислот в органическом растворителе.

На втором этапе для модификации арабиногалактана, полученный механическим способом сукцинат хитозана соединяли на молекулярном уровне с арабиногалактаном. Механохимическую обработку исходных компонентов проводили в ротационной (валковой) мельнице ВМ-1 с барабаном, имеющим фторопластовую футеровку. Полученный мелкодисперсный порошок растворяли в воде, нейтрализацию смеси проводили водным щелочным раствором и сушили методом распылительной или вакуумной сушки [7].

Полимерная матрица приобретает пластичную структуру частиц хитозана, отличающуюся тем, что имеет вид поперечно сшитого сетчатого полимера с множеством сферических полостей, имеющих размер не менее 1,0 нм и не более 5000,0 нм.

Предлагаемый состав биополимерной матрицы включает сукцинат хитозана, янтарный ангидрид и арабиногалактан, содержащий ковалентно не связанный с ним дигидрокверцетин.

Комплексообразующая способность супрамолекулярной композиции, состоящей из сукцината хитозана, янтарно ангидрида и арабиногалактана, изучена методом оптической спектроскопии с целью оценки степени увеличения растворимости гидрофобных лекарственных соединений в воде.

Для исследования взяты два соединения, карведилол и зеаксантин, обладающие низкой растворимостью в воде.

Зеаксантин – один из распространенных антиоксидантов и пигментов каротиноидной группы. Является одним из двух каротиноидов, которые содержатся в сетчатке глаза (зона макулы). Как антиоксидант, он способен нейтрализовать свободные радикалы, которые окисляют и повреждают сетчатку. Эти свойства зеаксантина предотвращают развитие катаракты, служат профилактикой возрастной макулярной дегенерации. Одним из основных ограничений применения зеаксантина в фармакологии и пищевой промышленности является его незначительная растворимость в воде.

Обнаружено, что комплексообразование более чем в 1000 раз повышает растворимость зеаксантина в воде. Измеренная нами концентрация комплекса зеаксантин – БПМ 1:10 составила 40 микромолей или 22 мг/л. Установленная величина повышения растворимости (1000 раз) является нижней оценкой, поскольку его

собственная растворимость ниже предела чувствительности прибора.

Карведилол – антиангинальное, антиоксидантное, гипотензивное, вазодилатирующее лекарственное средство. Слабо растворим в воде. Биодоступность около 25%.

Обнаружено, что комплексобразование с полимерной матрицей повышает растворимость карведилола в воде в 40 раз. Измеренная концентрация комплекса карведилол-БПМ 1:10 составила 50 микромолей или 20 мг/л. Абсолютное значение растворимости рассчитано из измеренного коэффициента экстинкции карведилола при длине волны 332 нм равного 4760 л моль<sup>-1</sup> см<sup>-1</sup>.

Показана эффективность использования АГ для улучшения технологических и функциональных свойств мяса цыплят-бройлеров с признаками PSE путем включения пищевой добавки в рецептуру колбасных изделий в количестве 0,5% от основного сырья. Установлено повышение влагосвязывающей способности фарша на 5%, потери при тепловой обработке снизились на 6%.

Улучшились консистенция и цвет колбас с повышением балльной оценки на 4%. Установлено снижение пероксидного и кислотного чисел при хранении, что свидетельствует об ингибировании процессов окисления и предотвращении порчи продукта.

## Заключение

Проведенные исследования послужили еще одним доказательством, что полисахаридная матрица обладает высокой биологической активностью как самостоятельно, так и в комплексе с другими веществами. Разработанная биологически активная биополимерная матрица, включающая, мас. %: сукцинат хитозана 3,0–5,0; янтарный ангидрид 2,0–4,0; арабиногалактан 15,0–20,0 и дигирокверцетин 3–5 может служить носителем для широкого спектра биологически активных веществ (витаминов, минералов, аминокислот) и иметь достаточную область применения в пищевой и перерабатывающей промышленности.

## Литература


- 1 Антонова Г.Ф., Тюкавкина Н.А. Получение высокочистого арабиногалактана из древесины лиственницы // *Химия древесины*. 1976. № 4. С. 60–62.
- 2 Арифходжаев А.О. Галактаны и галактансодержащие полисахариды высших растений // *Химия природных соединений*. 2000. № 3. С. 185–197.
- 3 Бабкин В.А., Остроухова Л.А., Малков Ю.А., Иванова С.З. и др. Биологически активные вещества из древесины лиственницы // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2001. Т. 9, № 3. С. 363–367.
- 4 Гришин А.А. Хитин и хитозан: Химия, биологическая активность, применение // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2014. Т.6. № 1. С. 29–34.
- 5 Оводов Ю.С. Полисахариды цветковых растений: структура и физиологическая активность // *Биоорганическая химия*. 1998. Т. 24. № 7. С. 483–501.
- 6 Васюкова А.Т., Славянский А.А., Хайрулин М.Ф., Алексеев А.Е., Мошкин А.В. и др. Продукты с растительными добавками для здорового питания // *Пищевая промышленность*. 2019. №. 12. С. 72–75.
- 7 Фазилова С.А., Югай С.М., Рашидова С.Ш. Структурные исследования полисахаридов и наноконпозиций на их основе // *Химия растительного сырья*. 2010. № 1. С. 13–19.
- 8 Пат. № 2698455, RU, А61К 31/352, 31/715, 47/36, 47/12, 9/00. Биополимерная матрица на основе сукцината хитозана, арабиногалактана и способ её получения / Шелепов В.Г., Углов В.А., Душкин А.В., Сунцова Л.П. и др. № 2018141734; Заявл. 26.11.2018; Опубл. 27.08.2019.
- 9 Макеева И., Пряничникова Н.С., Богатырев А.Н. Научные походы к выбору нетрадиционных ингредиентов для создания функциональных продуктов животного происхождения, в том числе органических // *Пищевая промышленность*. 2016. №. 3. С. 34–37.
- 10 Assam T., Eliyahu H., Shapira L., Linial M. et al. Polysaccharide-oligoamine based conjugates for gene delivery // *Journal Med. Chem.* 2002. V. 45. №. 9. P. 1817–1824.
- 11 Chintalwar G., Jain A., Sipahimalani A., Banerji A. et al. An immunologically active arabinogalactan from *Tinospora cordifolia* // *Phytochemistry*. 1999. V. 52. №. 6. P.1089–1093.
- 12 Pat. № 6406686, US, А61К8/463. Conditioning shampoo containing arabinogalactan / Chun Ho-Ming. Appl. 21.03.2000; Publ. 18.06. 2002.
- 13 Silva B.P., Parente J.P. Chemical properties and biological activity of a polysaccharide from *Melocactus depressus* // *Planta Medica*. 2002. V. 68. №. 1. P. 74–76.
- 14 Pat. № 3509126, US, C08B37/006. Recovery of high-purity arabinogalactan from larch / Dahl K. Appl. 07.09.1967; Publ. 28.04.1970.
- 15 Clarcke A.E., Anderson R.L., Stone B.A. Form and function of arabinogalactans and arabinogalactan-proteins // *Phytochemistry*. 1979. V. 18. P.521–540.
- 16 Da Silva B.P., Parente J.P. Chemical properties and biological activity of a polysaccharide from *Melocactus depressus* // *Planta Medica*. 2002. V. 68. №. 1. P. 74–76.
- 17 Grieshop C.M., Flickinger E.A., Fahey G.C. Oral administration of arabinogalactan affects immune status and fecal microbial populations in dogs // *Journal of Nutrition*. 2002. V. 132. №. 3. P.478–482.
- 18 Groman E.V., Enriquez P.M., Jung Chu, Josephson L. Arabinogalactan for hepatic drug delivery // *Bioconjugate Chem.* 1994. № 5. P. 547–556.
- 19 Sajjad A. Chitosan as a Flocculant: An Approach to Improve its Solubility for Efficient Harvesting of Microalgae // *Korean Chemical Engineering Research*. 2017. V. 55. №. 4. P. 530–534.
- 20 Тихомирова Н.А. Продукты функционального питания // *Молочная промышленность*. 2013. №. 6. С. 46–49.

## References

- 1 Antonova G.F., Tyukavkina N.A. Preparation of high-purity arabinogalactan from larch wood. Chemistry of wood. 1976. no. 4. pp. 60–62. (in Russian).
- 2 Arifkhodzhaev A.O. Galactans and galactan-containing polysaccharides of higher plants. Chemistry of natural compounds. 2000. no. 3. pp. 185–197. (in Russian).
- 3 Babkin V.A., Ostroukhova L.A., Malkov Yu.A., Ivanova S.Z. et al. Biologically active substances from larch wood. Chemistry for sustainable development. 2001. vol. 9. no. 3. pp. 363–367. (in Russian).
- 4 Grishin A.A. Chitin and chitosan: Chemistry, biological activity, application. News of universities. Applied chemistry and biotechnology. 2014. vol. 6. no. 1. pp. 29–34. (in Russian).
- 5 Ovodov Yu.S. Polysaccharides of flowering plants: structure and physiological activity. Bioorganic chemistry. 1998. vol. 24. no. 7. pp. 483–501. (in Russian).
- 6 Vasyukova A.T., Slavyansky A.A., Khairulin M.F., Alekseev A.E., Moshkin A.V. et al. Products with herbal additives for a healthy diet. Food industry. 2019. no. 12. pp. 72–75. (in Russian).
- 7 Fazilova S.A., Yugai S.M., Rashidova S.Sh. Structural studies of polysaccharides and nanocompositions based on them. Chemistry of plant raw materials. 2010. no. 1. pp. 13–19. (in Russian).
- 8 Shelepov V.G., Uglov V.A., Dushkin A.V., Suntsova L.P. et al. Biopolymein matrix based on chitosan succinate, arabinogalactan and method of its preparation. Patent RF, no. 2698455, 2019.
- 9 Makeeva I., Pryanichnikova N.S., Bogatyrev A.N. Scientific approaches to the selection of non-traditional ingredients for the creation of functional products of animal origin, including organic ones. Food industry. 2016. no. 3. pp. 34–37. (in Russian).
- 10 Assam T., Eliyahu H., Shapira L., Linial M. et al. Polysaccharide-oligoamine based conjugates for gene delivery. Journal Med. Chem. 2002. vol. 45. no. 9. pp. 1817–1824.
- 11 Chintalwar G., Jain A., Sipahimalani A., Banerji A. et al. An immunologically active arabinogalactan from *Tinospora cordifolia*. Phytochemistry. 1999. vol. 52. no. 6. pp. 1089–1093.
- 12 Chun Ho-Ming. Conditioning shampoo containing arabinogalactan. Patent US, no. 6406686, 2002.
- 13 Silva B.P., Parente J.P. Chemical properties and biological activity of a polysaccharide from *Melocactus depressus*. Planta Medica. 2002. vol. 68. no. 1. pp. 74–76.
- 14 Dahl K. Recovery of high-purity arabinogalactan from larch. Patent US, no. 3509126, 1970.
- 15 Clarke A.E., Anderson R.L., Stone B.A. Form and function of arabinogalactans and arabinogalactan-proteins. Phytochemistry. 1979. vol. 18. pp. 521–540.
- 16 Da Silva B.P., Parente J.P. Chemical properties and biological activity of a polysaccharide from *Melocactus depressus*. Planta Medica. 2002. vol. 68. no. 1. pp. 74–76.
- 17 Grieshop C.M., Flickinger E.A., Fahey G.C. Oral administration of arabinogalactan affects immune status and fecal microbial populations in dogs. Journal of Nutrition. 2002. vol. 132. no. 3. pp. 478–482.
- 18 Groman E.V., Enriquez P.M., Jung Chu, Josephson L. Arabinogalactan for hepatic drug delivery. Bioconjugate Chem. 1994. no. 5. pp. 547–556.
- 19 Sajjad A. Chitosan as a Flocculant: An Approach to Improve its Solubility for Efficient Harvesting of Microalgae. Korean Chemical Engineering Research. 2017. vol. 55. no. 4. pp. 530–534.
- 20 Tikhomirova N.A. Functional food products. Dairy industry. 2013. no. 6. pp. 46–49. (in Russian).

## Сведения об авторах

**Виктор Г. Шелепов** член-корреспондент РАН, д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник, лаборатория продуктов функционального питания, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, ул. Центральная, Президиум, п. Краснообск, 633501, Россия, vshelepov@ya.ru

 [https://orcid.org/введите\\_здесь\\_orcid](https://orcid.org/введите_здесь_orcid)

**Бадарч Бямбаа** д.вет.н., президент, Монгольская академия аграрных наук, 11-ый Хороо, Зайсан, Хан-уул район, г. Улан-Батор, 17024, Монголия, agri\_science@myls.edu.mn

**Нина Г. Челнакова** д.т.н., профессор биологии и медицины Оксфордского университета (г. Оксфорд, Англия), директор центра содействия здоровью компании «АртЛайф» (г. Томск)

**Валерий М. Позняковский** заслуженный деятель наук РФ, д.б.н., профессор, руководитель научно-образовательного центра «Прикладная биотехнология и нутрициология», профессор кафедры гигиены, Кемеровский государственный медицинский университет, ул. Ворошилова 22А, г. Кемерово, 650021, Россия, pvm1947@bk.ru

## Вклад авторов


Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Information about authors

**Victor G. Shelepov** corresponding member of RAS, Dr. Sci. (Agric.), professor, chief researcher, laboratory of functional nutrition products, Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnology RAS, Tsentralnaya St., Presidium, Krasnobsk settlement, 633501, Russia, vshelepov@ya.ru

 [https://orcid.org/введите\\_здесь\\_orcid](https://orcid.org/введите_здесь_orcid)

**Badarch Byambaa** Dr. Sci. (Vet.), president, Mongolian Academy of Agrarian Sciences, 11th Khoroo, Zaisan, Khan Uul District, Ulaanbaatar, 17024, Mongolia, agri\_science@myls.edu.mn

**Nina G. Chelnakova** Dr. Sci. (Tech.), professor of Biology and Medicine at Oxford University (Oxford, England), Director of the ArtLife Health Promotion Center (Tomsk)

**Valery M. Pozniakovsky** Honored Worker of Sciences of the Russian Federation, Dr. Sci. (Biol.), professor, hygiene department, Kemerovo State Medical University, 22A Voroshilova St., Kemerovo, 650021, Russia, pvm1947@bk.ru

## Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 04/04/2023

После редакции 24/04/2023

Принята в печать 25/05/2023

Received 04/04/2023

Accepted in revised 24/04/2023

Accepted 25/05/2023

