

## ФЕРМЕНТИРОВАННЫЙ СВЕКОЛЬНЫЙ СОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОАКТИВНОГО СИМБИОТИЧЕСКОГО КОНСОРЦИУМА ПРОБИОТИЧЕСКИХ ШТАММОВ ЛАКТОБАЦИЛЛ КАК СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПРОДУКТ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЛИЦ, РАБОТАЮЩИХ И ПРОЖИВАЮЩИХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

А.В. Мачулин<sup>1,\*</sup>, И.В. Косарев<sup>2</sup>, В.С. Хлебников<sup>2</sup>, Р.Н. Василенко<sup>2</sup>, В.А. Самойленко<sup>1</sup>,  
С.Ю. Пчелинцев<sup>2</sup>, В.М. Абрамов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр  
биологических исследований РАН»

142290, Российская Федерация, Московская обл., Пушкино, просп. Науки, 3

<sup>2</sup>ОАО «Институт инженерной иммунологии»

142380, Российская Федерация, Московская обл., Чеховский р-н, п. Любучаны, ул. Научная, 1

Консорциум симбиотических штаммов лактобацилл *Lactobacillus plantarum* MDIIE 2165 и *Lactobacillus rhamnosus* MDIIE 2166, депонированных во Всероссийской коллекции микроорганизмов (ИБФМ РАН), является наиболее пригодным для ферментации свекольного сока (ФСС). В качестве закваски прямого внесения данный консорциум инновационных пробиотических лактобацилл обеспечивает глубокую переработку исходного сырья и получение продукта специализированного питания с высокими органолептическими показателями, биологической ценностью и адаптогенными свойствами. ФСС сок может использоваться в качестве продукта специализированного питания для повышения результативности спортсменов, лиц, работающих и проживающих в экстремальных условиях, а также для продления активного профессионального долголетия населения страны.

**Ключевые слова:** лактобациллы *Lactobacillus plantarum* MDIIE 2165 и *Lactobacillus rhamnosus* MDIIE 2166, ферментация свекольного сока

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Мачулин А.В., Косарев И.В., Хлебников В.С., Василенко Р.Н., Самойленко В.А., Пчелинцев С.Ю., Абрамов В.М. Ферментированный свекольный сок с использованием высокоактивного симбиотического консорциума пробиотических штаммов лактобацилл как специализированный продукт для питания лиц, работающих и проживающих в экстремальных условиях. *Биомедицина*. 2022;18(3):95–98. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-18-3-95-98>

Поступила 08.04.2022

Принята после доработки 18.04.2022

Опубликована 10.09.2022

## FERMENTED BEET JUICE WITH A HIGHLY ACTIVE SYMBIOTIC CONSORTIUM OF PROBIOTIC LACTOBACILLUS STRAINS AS A SPECIALIZED PRODUCT FOR NUTRITION OF PEOPLE WORKING AND LIVING IN EXTREME CONDITIONS

Andrey V. Machulin<sup>1,\*</sup>, Igor V. Kosarev<sup>2</sup>, Valentin S. Khlebnikov<sup>2</sup>, Raisa N. Vasilenko<sup>2</sup>,  
Vladimir A. Samoilenko<sup>1</sup>, Sergey Yu. Pchelintsev<sup>2</sup>, Vyacheslav M. Abramov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Center "Pushchino Scientific Center for Biological Research  
of the Russian Academy of Sciences"

142290, Russian Federation, Moscow Region, Pushchino, Science Ave., 3

<sup>2</sup>Institute of Immunological Engineering

142380, Russian Federation, Moscow Region, Chekhov District, Lyubuchany, Nauchnaya Str., 1

The consortium of symbiotic strains of lactobacilli *Lactobacillus plantarum* MDIIE 2165 and *Lactobacillus rhamnosus* MDIIE 2166, deposited in the All-Russian Collection of Microorganisms (IBFM RAS), is the most suitable starter for obtaining a fermented beet juice (FBJ). These innovative probiotic lactobacilli ensure a deep processing of raw materials and allow a specialized food product with high organoleptic characteristics, biological value and adaptogenic properties to be obtained. FBJ can be used as a specialized nutrition product to improve the performance of athletes and people working and living in extreme conditions, as well as to prolong the professional longevity of the population.

**Keywords:** lactobacilli *Lactobacillus plantarum* MDIIE 2165, *Lactobacillus rhamnosus* MDIIE 2166, beet juice fermentation

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Machulin A.V., Kosarev I.V., Khlebnikov V.S., Vasilenko R.N., Samoilenko V.A., Pchelintsev S.Yu., Abramov V.M. Fermented Beet Juice with a Highly Active Symbiotic Consortium of Probiotic *Lactobacillus* Strains as a Specialized Product for Nutrition of People Working and Living in Extreme Conditions. *Journal Biomed.* 2022;18(3):95–98. <https://doi.org/10.33647/2074-5982-18-3-95-98>

Submitted 08.04.2022

Revised 18.04.2022

Published 10.09.2022

Создание функциональных и специализированных продуктов питания является актуальной задачей диетологии XXI века. Пища будущего призвана быть не только источником энергии и пластических веществ, но и средством профилактики вызываемых цивилизационными стрессами заболеваний. Один из эффективных путей функционализации продуктов питания — их ферментация с помощью пробиотических микроорганизмов. По современным представлениям, помимо подавления патогенной микрофлоры, пробиотики способны активировать иммунную систему хозяина, предотвращать негативные последствия окислительного стресса, в т. ч. и повреждение ДНК, и вызывать целый ряд других адаптогенных эффектов. В связи с этим, наиболее перспективным направлением пищевой промышленности является технология производства ферментированных овощных соков, таких как ферментированный свекольный сок (ФСС), в качестве

продукта специализированного питания. Созданный продукт должен сочетать в себе все положительные свойства как свекольного сока, так и пробиотиков, находящихся в закваске прямого внесения и обеспечивающих его ферментацию. Учитывая, что обогащение соков биологически активными веществами в процессе молочнокислого брожения зависит от используемых штаммов молочнокислых бактерий, важно подобрать такие штаммы, которые помогут целенаправленно обогащать конечный продукт, тем самым повышая его адаптационные и лечебно-профилактические свойства, а также сохранять полезные свойства натурального свекольного сока.

При разработке основ технологии получения ФСС нами предлагается использовать консорциум инновационных штаммов симбиотических лактобацилл *L. rhamnosus* 2166 и *L. plantarum* 2165. Согласно данным полногеномного секвенирования, в геноме *L. rhamnosus* 2166 обнаружено

545 генов, отвечающих за метаболизм различных сахаров, что позволяет производить глубокую переработку исходного сырья и получать ФСС с высокими органолептическими свойствами и пищевой ценностью. *L. plantarum* 2165 содержит в своём геноме GABA-гены, ответственные за продукцию и секрецию нейротрансмиттера — гамма-аминомасляной кислоты, участвующей в обменных процессах головного мозга и препятствующей развитию депрессивных состояний у людей, находящихся в экстремальных условиях [5]. Оба штамма обладают пробиотическими свойствами: являются регуляторами естественного иммунитета, проявляют антагонистические свойства к патогенам и условно-патогенным микроорганизмам, устойчивы к желудочному и кишечному стрессу [1]. На базе опытной технологической установки ИБФМ РАН инициативно проведены исследования по оценке соответствия консорциума штаммов *L. rhamnosus* MD ПЕ 2166 и *L. plantarum* MD ПЕ 2165 технологическим требованиям. Установлено, что консорциум обеспечивает ультрабыструю ферментацию свекольного сока. Полученный ФСС обладает высокими органолептическими свойствами и пищевой ценностью. ФСС содержит соли железа, кобальта, магния, фосфора, витамин В12, активирующие процессы кроветворения и особенно эритропоэз.

Применение ФСС в качестве продукта специализированного питания повышает адаптационные способности спортсменов и лиц, работающих и проживающих в экстремальных условиях, к возрастающим физическим и психическим нагрузкам, без нарушения здоровья. При этом ферментация

свекольного сока приводит к усилению его антиоксидантных свойств за счёт метаболитов пробиотических микроорганизмов, находящихся в закваске прямого внесения, что повышает ценность ФСС как продукта специализированного питания. Кроме того, пробиотические лактобациллы способны нормализовать состав микрофлоры кишечника. Натуральный свекольный сок является NO-донором, природным нитрозильным биомиметиком. Известно, что NO играет ключевую роль в регуляции кровообращения, мышечной контрактильности, дифференцировки миоцитов. Участвует в обеспечении гомеостаза глюкозы и кальция [2]. В организме человека экзогенный нитрат ( $\text{NO}_3^-$ ) превращается в биодоступный нитрит ( $\text{NO}_2^-$ ) путём восстановления, которое осуществляют анаэробные факультативные бактерии, находящиеся в слюне. Образовавшийся нитрит всасывается в кровь и по кровяному руслу доставляется в различные ткани и органы, где под воздействием NO-синтазы превращается в NO [3]. NO проявляет хорошо известные гемодинамические эффекты. В литературе также имеются убедительные данные о способности пробиотических лактобацилл генерировать NO в тонком кишечнике, где располагаются ворсинки, в которых энтероциты контактируют с эндотелиоцитами кровеносных капилляров [4].

Таким образом, ФСС может использоваться в качестве продукта специализированного питания для спортсменов, контингентов людей, находящихся в экстремальных условиях труда (работники МЧС, космонавты, участники освоения Арктики), а также для населения страны с целью продления активного профессионального долголетия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Абрамов В.М., Хлебников В.С., Пчелинцев С.Ю., Василенко Р.Н., Косарев И.В., Сакулин В.К., Мельников В.Г. Консорциум пробиотических штаммов *Lactobacillus rhamnosus* и *Lactobacillus plantarum*

для изготовления бактериального препарата и закваски прямого внесения для производства ферментированного молока и ферментированного свекольного сока. Патент РФ № RU 2506308 C1.

2012. [Abramov V.M., Khlebnikov V.S., Pchelintsev S.Yu., Vasilenko R.N., Kosarev I.V., Sakulin V.K., Melnikov V.G. *Konsortsiy probioticheskikh shتامov Lactobacillus rhamnosus i Lactobacillus plantarum dlya izgotovleniya bakterial'nogo preparata i zakvaski pryamogo vneseniya dlya proizvodstva fermentirovannogo moloka i fermentirovannogo svekol'nogo soka [Consortium of Lactobacillus rhamnosus and Lactobacillus plantarum probiotic strains for the manufacture of a bacterial preparation and of direct-to-the vat starters for the production of fermented milk and fermented beet juice]*. Patent of RF No. RU 2506308 (In Russian)].
2. Dejam A., Hunter C.J., Schechter A.N., Gladwin M.T. Emerging role of nitrite in human biology. *Blood Cells Mol. Dis.* 2004;32(3):423–429. DOI: 10.1016/j.bcmd.2004.02.002.
3. Duncan C., Dougall H., Johnston P., Green S., Brogan R., Leifert C., Smith L., Golden M., Benjamin N. Chemical generation of nitric oxide in the mouth from the enterosalivary circulation of dietary nitrate. *Nat. Med.* 1995;1:546–551. DOI: 10.1038/nm0695-546.
4. Jensen F.B. The role of nitrite in nitric oxide homeostasis: A comparative perspective. *Biochim. Biophys. Acta.* 2009;1787(7):841–848. DOI: 10.1016/j.bba-bio.2009.02.010.
5. Karlyshev A.V., Abramov V.M. Draft genome sequence of *Lactobacillus plantarum* 2165. *Genome Announc.* 2014;2(1):e01179–e011713. DOI: 10.1128/genomeA.01179-13.

---

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

---

**Мачулин Андрей Валериевич\***, к.б.н., ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушчинский научный центр биологических исследований РАН»;  
e-mail: [and.machul@gmail.com](mailto:and.machul@gmail.com)

**Andrey V. Machulin\***, Cand. Sci. (Biol.), Federal Research Center “Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences”;  
e-mail: [and.machul@gmail.com](mailto:and.machul@gmail.com)

**Косарев Игорь Васильевич**, к.б.н., ОАО «Институт инженерной иммунологии»;  
e-mail: [kosarev-52@mail.ru](mailto:kosarev-52@mail.ru)

**Igor V. Kosarev**, Cand. Sci. (Biol.), Institute of Immunological Engineering;  
e-mail: [kosarev-52@mail.ru](mailto:kosarev-52@mail.ru)

**Хлебников Валентин Сергеевич**, д.б.н., проф., ОАО «Институт инженерной иммунологии»;  
e-mail: [vkhleb@mail.ru](mailto:vkhleb@mail.ru)

**Valentin S. Khlebnikov**, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Institute of Immunological Engineering;  
e-mail: [vkhleb@mail.ru](mailto:vkhleb@mail.ru)

**Самойленко Владимир Александрович**, к.б.н., ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушчинский научный центр биологических исследований РАН»;  
e-mail: [samva@rambler.ru](mailto:samva@rambler.ru)

**Vladimir A. Samoilenko**, Cand. Sci. (Biol.), Federal Research Center “Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences”;  
e-mail: [samva@rambler.ru](mailto:samva@rambler.ru)

**Пчелинцев Сергей Юрьевич**, д.м.н., проф., ОАО «Институт инженерной иммунологии»;  
e-mail: [serg.pch@yandex.ru](mailto:serg.pch@yandex.ru)

**Sergey Yu. Pchelintsev**, Dr. Sci. (Med.), Prof., Institute of Immunological Engineering;  
e-mail: [serg.pch@yandex.ru](mailto:serg.pch@yandex.ru)

**Абрамов Вячеслав Михайлович**, д.б.н., проф., ОАО «Институт инженерной иммунологии»;  
e-mail: [slavab2017@mail.ru](mailto:slavab2017@mail.ru)

**Vyacheslav M. Abramov**, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Institute of Immunological Engineering;  
e-mail: [slavab2017@mail.ru](mailto:slavab2017@mail.ru)

---

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author