

**Сергей Витальевич Хижняк**

Красноярский государственный аграрный университет, профессор кафедры экологии и природопользования, доктор биологических наук, Россия, Красноярск

E-mail: skhizhnyak@mail.ru

**Галина Александровна Демиденко**

Красноярский государственный аграрный университет, профессор, заведующая кафедрой ландшафтной архитектуры и ботаники, доктор биологических наук, профессор, Россия, Красноярск

E-mail: demidenkoechos@mail.ru

**Татьяна Георгиевна Бутова**

Сибирский федеральный университет, профессор кафедры международной и управленческой экономики, доктор экономических наук, профессор, Россия, Красноярск

E-mail: tgbutova@mail.ru

**Елена Яковлевна Мучкина**

Сибирский федеральный университет, профессор кафедры экологии и природопользования, доктор биологических наук, профессор, Россия, Красноярск

E-mail: emuchkina@yandex.ru

**Екатерина Анатольевна Струпан**

Сибирский федеральный университет, Институт торговли и сферы услуг, профессор кафедры технологии и организации общественного питания, доктор технических наук, доцент, Россия, Красноярск

E-mail: st.ek@bk.ru

**ПАПОРОТНИК, КОНСЕРВИРОВАННЫЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БРУСНИКИ  
(*VACCINIUM VITIS-IDAEA*), – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПРОДУКТ ДЛЯ ТОВАРНОГО  
БРЕНДА МАКРОРЕГИОНА «ЕНИСЕЙСКАЯ СИБИРЬ»**

*Цель исследований – оценить возможность использования листьев брусники (*Vaccinium vitis-idaea*) как антимикробного средства для увеличения срока хранения папоротника, консервированного методом засола. В модельных экспериментах использовали ранее выделенные авторами культуры галофильных архей, вызывающие порчу соленого папоротника. Культуры выращивали аэробно на жидкой питательной среде при оптимальной температуре с добавлением сухих измельченных листьев брусники. Стартовый титр культур перед внесением листьев брусники был равен  $5,6 \times 10^7$  клеток на мл, что в 28 раз превышает максимальную зафиксированную численность указанных галофильных архей в соленом папоротнике. Контролем служили культуры тех же архей без добавления листьев брусники. Установлено, что добавление листьев брусники вызывает гибель галофильных архей. При дозировке листьев 130 мг/мл популяция архей полностью погибает через 16 часов инкубирования, при дозировке 26 мг/мл – через 100 часов инкубирования, при дозировке 13 мг/мл – через 140 часов инкубирования. Водные экстракты листьев обладают аналогичным эффектом. При использовании водных экстрактов в дозировке, эквивалентной 130 мг/мл, 26 мг/мл и 13 мг/мл сухих листьев брусники, гибель популяции наступает соответственно через 185, 128 и 22 часа. Эксперимент с искусственно инокулированными галофильными археями папоротником показал, что минимальная доза свежих листьев брусники, позволяющая предотвратить порчу соленого папоротника, составляет 6,6–13,2 г/кг продукции. При использовании сухих листьев брусники дозировку следует уменьшить в 2 раза. С учетом полученных результатов папоротник, консервированный с использованием листьев брусники, можно предложить в качестве продукта для бренда территории Енисейской Сибири.*

**Ключевые слова:** папоротник соленый, галофильные археи, листья брусники, антимикробная активность, Енисейская Сибирь, бренд.

**Sergey V. Khizhnyak**

Krasnoyarsk State Agrarian University, professor of the chair of ecology and environmental management, doctor of biological sciences, Russia, Krasnoyarsk

E-mail: skhizhnyak@mail.ru

**Galina A. Demidenko**

Krasnoyarsk State Agrarian University, professor, head of the chair of landscape architecture and botany, doctor of biological sciences, professor, Russia, Krasnoyarsk

E-mail: demidenkoekos@mail.ru

**Tatyana G. Butova**

Siberian Federal University, professor of the chair of international and administrative economy, doctor of economics, professor, Russia, Krasnoyarsk

E-mail: tgbutova@mail.ru

**Elena Ya. Muchkina**

Siberian Federal University, professor of the chair of ecology and environmental management, doctor of biological sciences, Russia, Krasnoyarsk

E-mail: emuchkina@mail.ru

**Ekaterina A. Strupan**

Siberian Federal University, Institute of Trade and Services Sector, professor of the chair of technology and organization of public catering, doctor of technical sciences, associate professor, Russia, Krasnoyarsk

E-mail: st.ek@bk.ru

**FERN CANNED FOOD WITH LINGONBERRIES (*VACCINIUM VITIS-IDAEA*) – A PROSPECTIVE PRODUCT FOR THE COMMODITY BRAND OF "THE YENISEI SIBERIA" MACROREGION**

*The aim of the research was to assess the possibility of using the leaves of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*) as an antimicrobial agent to increase the shelf life of ferns preserved by salting method. In model experiments, halophilic archaea cultures previously isolated by the authors, causing spoilage of salted ferns was used. The cultures were grown aerobically in a liquid nutrient medium at an optimal temperature with the addition of dry crushed lingonberry leaves. The starting titer of cultures before the introduction of lingonberry leaves was  $5.6 \times 10^7$  cells per ml, which is 28 times higher than the maximum recorded number of these halophilic archaea in salted ferns. As control cultures of the same archaea without the addition of lingonberry leaves were used. It was found that the addition of lingonberry leaves had caused the death of halophilic archaea. With the leaf dosage of 130 mg/ml, the archaea population completely perishes after 16 hours of incubation, with the dosage of 26 mg/ml – after 100 hours of incubation, with the dosage of 13 mg/ml – after 140 hours of incubation. Aqueous extracts of the leaves have a similar effect. When using aqueous extracts in a dosage equivalent to 130 mg / ml, 26 mg / ml and 13 mg/ml of dry lingonberry leaves, the death of the population occurs after 185, 128 and 22 hours, respectively. An experiment with a fern artificially inoculated by halophilic archaea showed that the minimum dose of fresh lingonberry leaves, which prevents the spoilage of salted ferns, is 6.6–13.2 g/kg of the product. When using dry lingonberry leaves, the dosage should be 2 times reduced. Taking into account the results obtained, the fern canned with the use of lingonberry leaves can be offered as the product for the brand of the territory of the Yenisei Siberia.*

**Keywords:** salty fern, halophilic archaea, lingonberry leaves, antimicrobial activity, Yenisei Siberia, brand.

**Введение.** В настоящее время активно расширяется ассортимент и увеличиваются объемы производства пищевых продуктов из дикорастущих ресурсов, имеющих высокую биологическую активность, определяемую содержанием микро- и макроэлементов, биологически активных веществ. Все большую привлекательность для потребителей приобретает папоротник орляк обыкновенный *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.,

который в последнее время пользуется высоким спросом продуктом экспорта в страны Азии. Растущий спрос на консервированный папоротник орляк отмечается и в России.

По пищевой ценности (содержание белка, липидов, углеводов, витаминов и минеральных веществ) папоротник орляк превосходит большинство овощных культур [1]. Растворимые полисахариды, входящие в состав папоротника

орляка, обладают существенной антиоксидантной активностью [2].

В Средней (Енисейской) Сибири орляк обыкновенный широко распространен, он выступает в качестве доминанта и кодоминанта травостоя в светлохвойных и мелколиственных лесах, а также на лесных лугах [3]. Он является продуктом экспорта Красноярского края. Так, один только Курагинский промхоз ежегодно отправляет на экспорт в Японию более 100 тонн соленого папоротника орляка.

Ранее нами было показано, что консервированный путем засола в насыщенном солевом растворе папоротник орляк подвержен микробиологической порче. Агентом, вызывающим порчу, являются археи семейства *Halobacteriaceae*, способные к росту в средах, содержащих до 360 г/л хлорида натрия (что соответствует насыщенному раствору) [4, 5]. Развитие данных архей ведет к снижению качества соленого папоротника при транспортировке и хранении.

В последнее время в мире наметился растущий интерес к натуральным растительным консервантам, сочетающим антимикробную активность с безопасностью для здоровья человека [6, 7].

В этой связи нами была проверена возможность использования листьев брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) в качестве дополнительного антимикробного средства при консервировании папоротника методом засола. Выбор листьев брусники в качестве вспомогательного консерванта был обусловлен тем, что они являются природным источником антимикробных и биологически активных веществ [8–10]; кроме того, в Енисейской Сибири брусника широко распространена в тех же эколого-географических районах, в которых произрастает папоротник орляк.

**Цель исследования.** Изучение возможности использования листьев брусники в качестве натурального антимикробного средства для продления срока хранения соленого папоротника-орляка.

**Задачи:** изучение влияния листьев брусники на динамику численности культуры галофильных архей, вызывающих порчу соленого папоротника; анализ зависимости антимикробного эффекта листьев брусники от их дозировки; изучение влияния листьев брусники на сохранение соленого папоротника.

**Объекты и методы исследования.** Объектом исследования являлись сухие и свежие листья брусники. Тест-объектами служили накопительная культура экстремально галофильных

архей, выделенных из засоленного папоротника производства ООО «Курагинское промыслово-охотничье хозяйство», а также соленый папоротник орляк.

Для проверки антимикробного действия листьев брусники в отношении тест-объекта в лабораторных условиях культуру архей выращивали на жидкой среде следующего состава (г/л): пептон ферментативный – 9,0; гидролизат казеина – 8,0; дрожжевой экстракт – 3,0; натрия гидроортофосфат – 2,0; натрия хлорид – 300,0; рН среды 7,2±0,2. Эксперименты проводили в пробирках емкостью 5 мл, в которые вносили по 1 мл культуры с начальным титром  $2 \times 10^7$  клеток на мл. В опытных вариантах в культуры вносили сухие измельченные листья брусники производства ООО «Красногорсклексредства» с заявленной влажностью продукции 13–14 % в дозировке 13, 26 и 130 мг/мл. Контролем служила культура без внесения листьев брусники. Наряду с сухими листьями использовали их водные вытяжки. Дозировку вытяжек подбирали таким образом, чтобы она соответствовала 13, 26 и 130 мг/мл сухого листа. Инкубацию пробирок проводили аэробно при температуре 35 °С во влажной камере для предотвращения высыхания культур. Подсчет численности клеток архей проводили методом прямого счета с использованием фазово-контрастной микроскопии с периодичностью от 8 до 24 часов в зависимости от динамики роста культуры.

Для проверки влияния листьев брусники на сохранность соленого папоротника в производственных условиях использовали метод ускоренного старения продукции. Рассол в образцах папоротника соленого производства ООО «Курагинское промыслово-охотничье хозяйство» инокулировали накопительной культурой вышеупомянутых галофильных архей до численности  $1 \times 10^6$  клеток на 1 мл рассола, после чего инкубировали образцы при температуре 28–30 °С в течение 6 месяцев с периодическим контролем численности микроорганизмов, цвета и органолептических показателей. В опытные образцы вносили цельные свежие листья брусники в дозировке, определенной в ходе лабораторных экспериментов, контролем служили образцы без добавления листьев брусники. Общим контролем служил папоротник той же партии, хранившийся анаэробно при температуре 4 °С, то есть в условиях, исключающих развитие галофильных архей.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Измельченные сухие листья брусники при

внесении в культуру архей во всех использованных дозировках вызывают гибель микробных клеток (рис. 1). Время полной гибели популяции архей при внесении 130 мг/мл сухих листьев составляет 16 часов, при внесении

26 мг/мл – 100 часов, при внесении 13 мг/мл – 140 часов. Водные вытяжки обладают аналогичным эффектом, хотя время гибели популяции увеличивается в 1,3–1,4 раза (рис. 2).

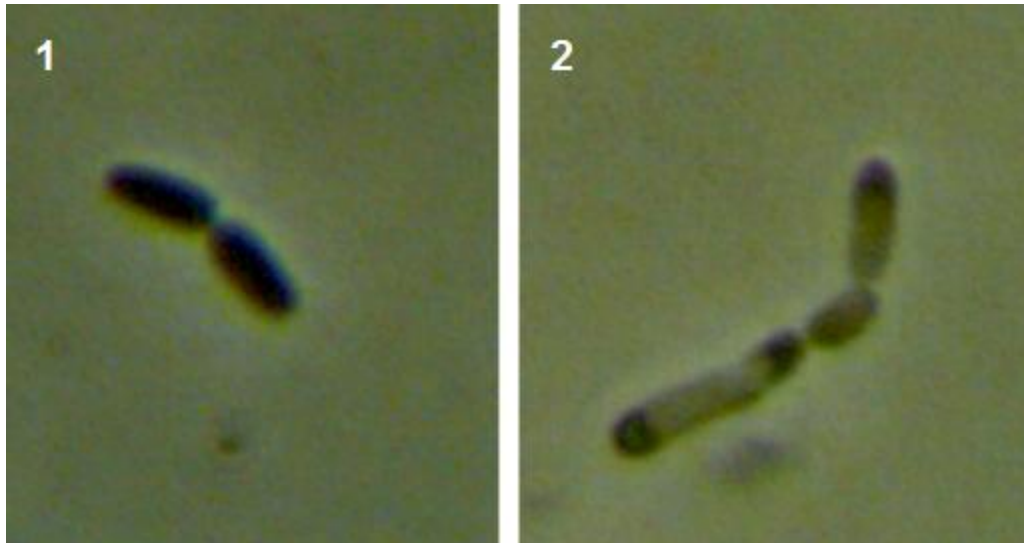


Рис. 1. Действие листьев брусники на галофильных архей: 1 – живые клетки в контроле; 2 – погибшие клетки в присутствии листьев брусники (масляная иммерсия, фазовый контраст)

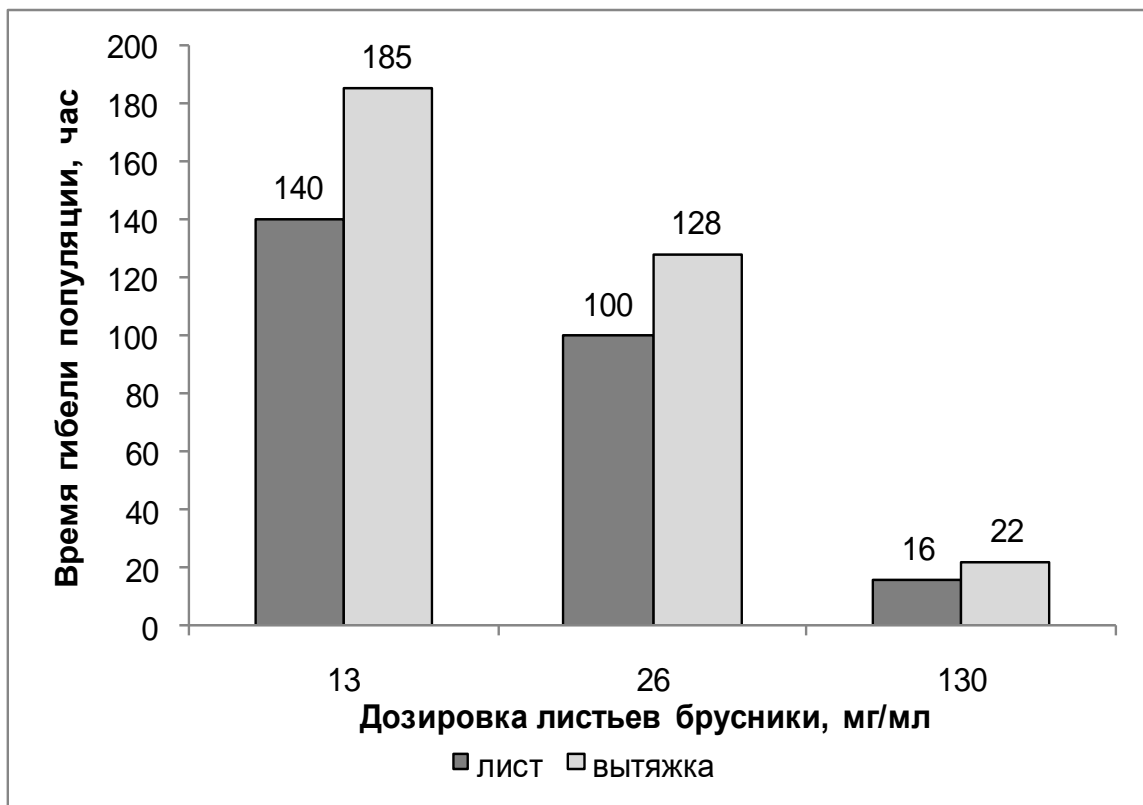


Рис. 2. Время гибели популяции галофильных архей при разных дозировках сухих листьев брусники и водных вытяжек из листьев

Таким образом, минимальная дозировка сухих листьев брусники, обеспечивающая полную гибель популяции галофильных архей в лабораторных условиях, составляет 13 мг/мл культуры.

В присутствии 26 мг/л листьев брусники динамика численности галофильных архей описывается регрессионной моделью

$$n = \frac{a_0}{\tau + a_1} + a_2$$

где  $n$  – численность клеток;  $\tau$  – время;  $a_0$ ,  $a_1$  и  $a_2$  – коэффициенты.

Данная модель демонстрирует высокую степень адекватности. После подбора коэффициентов методом наименьших квадратов наблюдается очень хорошее совпадение расчетных значений с экспериментальными данными (коэффициент детерминации  $R^2 = 0,998$ ). Динамика численности популяции архей в присутствии 26 мг/л листьев брусники представлена на рисунке 3.

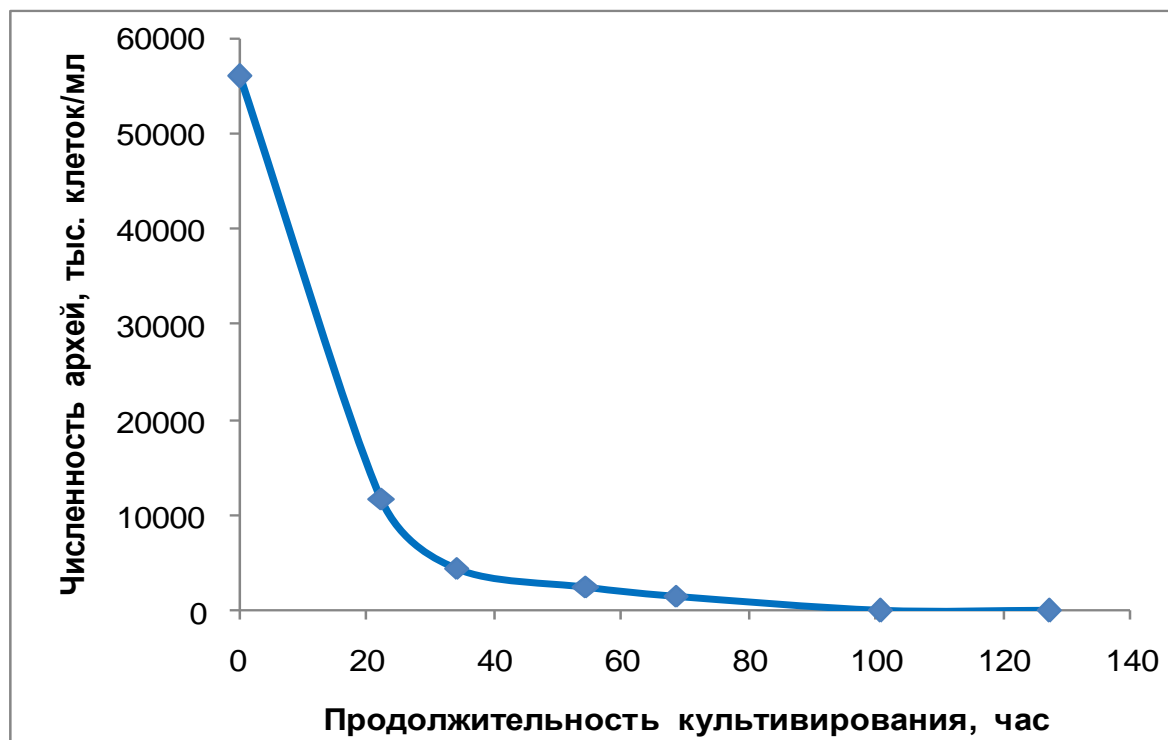


Рис. 3. Динамика численности галофильных архей в присутствии 26 мг/мл листьев брусники

При внесении в культуру листьев брусники в дозировке 13 мг/мл динамика численности популяции галофильных архей носит более сложный характер. После первоначального резкого падения численности происходит частичное восстановление популяции за счет присутствия в культуре некоторого количества делящихся клеток. Однако затем падение численности возобновляется (рис. 4).

В эксперименте по искусственному старению соленого папоротника использовали свежие неизмельченные листья брусники с предварительно определенной влажностью. Их дозировку (6,6 и 13,2 г/кг соленого папоротника) подби-

рали с учетом влажности нативных листьев и объема рассола таким образом, чтобы она соответствовала ранее определенным эффективным дозировкам – 13 и 16 мг/мл сухого листа на 1 мл рассола.

При добавлении листьев брусники в соленый папоротник, искусственно инокулированный галофильными археями до титра  $1 \times 10^6$  клеток на 1 мл рассола, полной гибели популяции архей не произошло. Более того, наблюдался рост численности популяции – в 43,7 раза в варианте с 6,6 г листьев на 1 кг продукта и в 18,3 раза в варианте с 13,2 г на 1 кг продукта за шесть месяцев эксперимента (рис. 5).

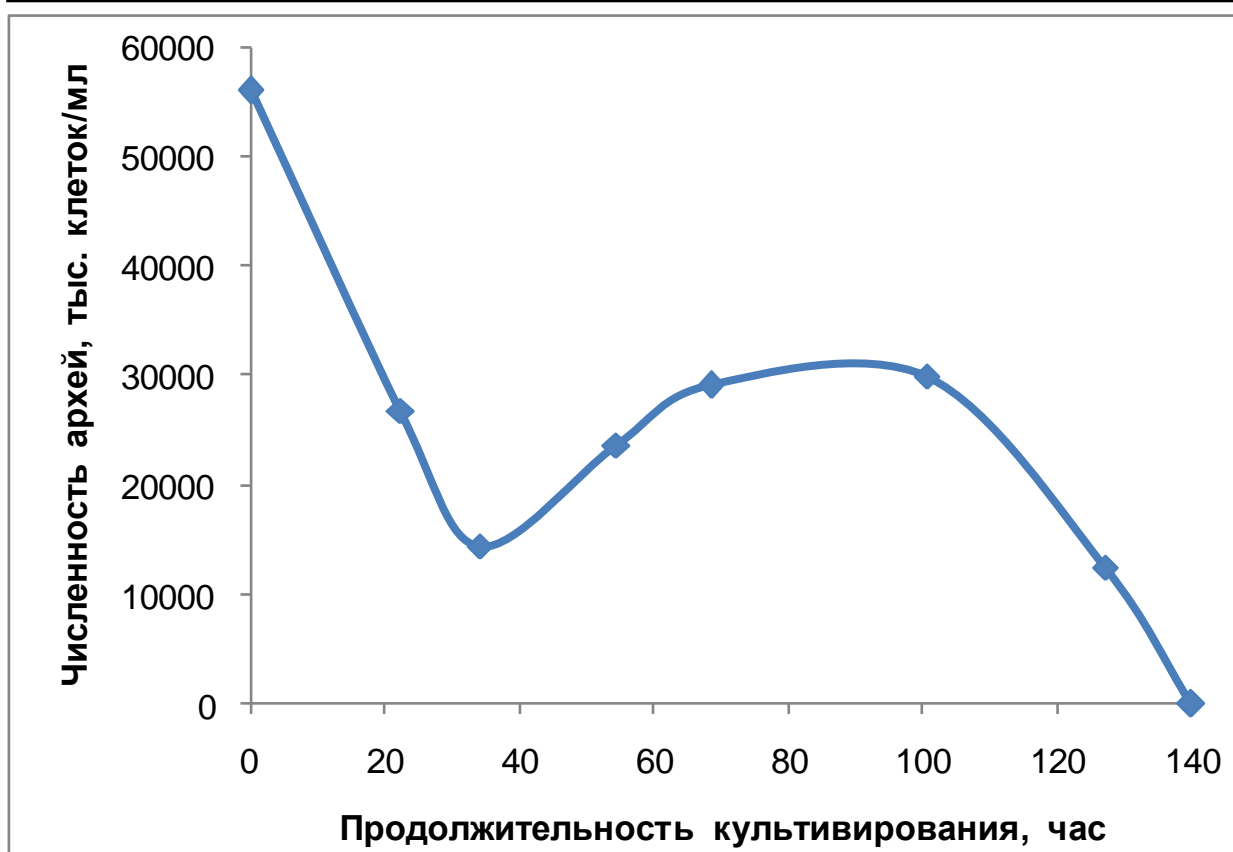


Рис. 4. Динамика численности галофильных архей в присутствии 13 мг/мл листьев брусники

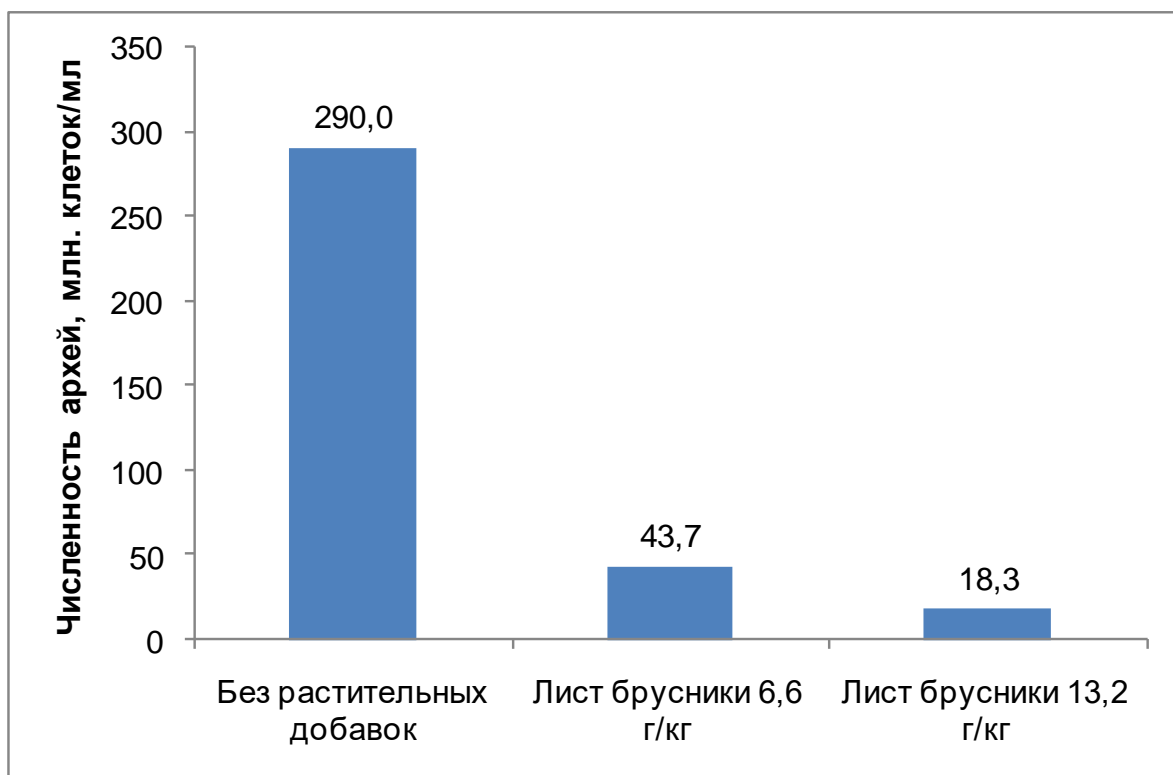


Рис. 5. Эксперимент по искусственному старению соленого папоротника орляка

Тем не менее в обоих вариантах с добавлением листьев брусники изменений цвета, запаха и органолептических показателей соленого папоротника не произошло, продукт был признан годным к употреблению. В то же время в варианте без листьев брусники популяция галофильных архей в растворе увеличилась в 270 раз, продукт изменил цвет, приобрел посторонний гнилостный запах и утратил годность к употреблению.

**Выводы.** Наши исследования показали, что листья брусники обладают ярко выраженным антимикробным эффектом в отношении галофильных архей, вызывающих порчу соленого папоротника орляка. Добавление свежего листа брусники в соленый папоротник из расчета 6,6–13,2 г на 1 кг папоротника в качестве дополнительного натурального консерванта существенно увеличивает срок хранения продукции. При использовании сухих листьев дозировку можно уменьшить в 2 раза.

Совокупность таких факторов, как распространение и промысловые запасы сырья, наличие необходимых и полезных элементов и веществ, технологии, не требующие сложного оборудования для обработки и изготовления продукции, отсутствие ограничений по возрасту для использования продукции, определяет возможность представления папоротника, консервированного с использованием листьев брусники, в качестве перспективного пищевого продукта для брендинга на территории макрорегиона «Енисейская Сибирь».

### Литература

1. Li H.Y., Wang L.C., Tang W.B. Analysis and contrast on the nutrition components among wild and cultivated *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum* and common vegetables // Journal of Anhui Agricultural Sciences. 2008. № 36. P. 5868–5869.
2. Xu W., Zhang F., Luo Y., Ma L., Kou X., Huang K. Antioxidant activity of a water-soluble polysaccharide purified from *Pteridium aquilinum* // Carbohydrate research. 2008. Vol. 344 № 2. P. 217–222.
3. Ершова Э.А. Особенности адаптации орляка обыкновенного в Сибири // Сиб. экол. журн. 2010. Т. XVII, вып. 6. С. 955–961.

4. Хижняк С.В., Демиденко Г.А., Мучкина Е.Я. Микрофлора консервированной растительной продукции при использовании насыщенного рассола в качестве консерванта // Вестник КрасГАУ. 2015. № 11 (110). С. 120–124.
5. Хижняк С.В., Янова М.А., Мучкина Е.Я. [и др.]. Влияние концентрации соли на скорость роста экстремально галофильных архей // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2016. № 1 (349). С. 34–37.
6. Pisoschi A.M., Pop A., Georgescu C., Turcuş V., Olah N.K. and Mathe E. 2018. An overview of natural antimicrobials role in food Eur J Med Chem. 143 922–35.
7. Arshad M and Batool S 2017 Natural Antimicrobials, their Sources and Food Safety Food Additive (IntechOpen) 87–102
8. Vučić D., Čomić L., Petković M., Stefanović O. Antibacterial effects of leaves of *Vaccinium vitis-idaea* L // Planta Medica. 2009. № 9 (75). P. 1044.
9. Raudone L., Vilkičkyte G., Pitkauskaitė L., Raudonis R., Vainoriene R., Motiekaitė V. Antioxidant Activities of *Vaccinium vitis-idaea* L. Leaves within Cultivars and Their Phenolic Compounds // Molecules. 2019. Vol. 24. P. 844.
10. Kryvtsova M.V., Trush K., Eftimova J., Koščová J., Spivak M.J. Antimicrobial, Antioxidant and some Biochemical Properties of *Vaccinium vitis-idaea* L. // Mikrobiol. Z. 2019. № 3 (81). P. 40–52.

### Literatura

1. Li H.Y., Wang L.C., Tang W.B. Analysis and contrast on the nutrition components among wild and cultivated *Pteridium aquilinum* var. *latiusculum* and common vegetables // Journal of Anhui Agricultural Sciences. 2008. № 36. P. 5868–5869.
2. Xu W., Zhang F., Luo Y., Ma L., Kou X., Huang K. Antioxidant activity of a water-soluble polysaccharide purified from *Pteridium aquilinum* // Carbohydrate research. 2008. Vol. 344 № 2. P. 217–222.
3. Ershova Je.A. Osobennosti adaptacii orljaka obyknovenного v Sibiri // Sib. jekol. zhurn. 2010. T. XVII, vyp. 6. S. 955–961.

4. *Hizhnjak S.V., Demidenko G.A., Muchkina E.Ja.* Mikroflora konservirovannoj rastitel'noj produkcii pri ispol'zovanii nasyshhennogo rassola v kachestve konservanta // *Vestnik KrasGAU.* 2015. № 11 (110). S. 120–124.
5. *Hizhnjak S.V., Janova M.A., Muchkina E.Ja.* [i dr.]. Vlijanie koncentracii soli na skorost' rosta jekstremal'no galofil'nyh arhej // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Pishhevaja tehnologija.* 2016. № 1 (349). S. 34–37.
6. *Pisoschi A.M., Pop A., Georgescu C., Turcuş V., Olah N.K. and Mathe E.* 2018. An overview of natural antimicrobials role in food *Eur J Med Chem.* 143 922–35.
7. *Arshad M and Batool S* 2017 Natural Antimicrobials, their Sources and Food Safety Food Additive (IntechOpen) 87–102
8. *Vučić D., Čomić L., Petković M., Stefanović O.* Antibacterial effects of leaves of *Vaccinium vitis-idaea* L // *Planta Medica.* 2009. № 9 (75). P. 1044.
9. *Raudone L., Vilkičkyte G., Pitkauskaitė L., Raudonis R., Vainoriene R., Motiekaityte V.* Antioxidant Activities of *Vaccinium vitis-idaea* L. Leaves within Cultivars and Their Phenolic Compounds // *Molecules.* 2019. Vol. 24. P. 844.
10. *Kryvtsova M.V., Trush K., Eftimova J., Koščová J., Spivak M.J.* Antimicrobial, Antioxidant and some Biochemical Properties of *Vaccinium vitis-idaea* L. // *Mikrobiol. Z.* 2019. № 3 (81). P. 40–52.

*Данная статья подготовлена в рамках проекта «Концепция и модели товарного брендинга макрорегиона «Енисейская Сибирь»» при частичной поддержке Красноярского краевого фонда науки.*

