

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-27-36>
УДК: 635.1/.7-021.66:664.8.047

Е.В. Янченко¹, К.А. Зыкин^{2*},
Н.Э. Каухчешвили², А.А. Грызунов²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО) 140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Верейя, стр. 500

² Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12

*Автор для переписки: kirill1580@yandex.ru

Вклад авторов: Янченко Е.В.: концептуализация, методология, выращивание сырья, проведение ферментации капусты белокочанной, анализы, верификация данных, создание рукописи и её редактирование, формальный анализ. Зыкин К.А.: концептуализация, проведение ферментации моркови столовой, дегустации, верификация данных, создание рукописи и её редактирование, формальный анализ. Каухчешвили Н.Э., Грызунов А.А.: концептуализация, методология, проведение низкотемпературной вакуумной сушки (НВС) и вакуумной низкотемпературной вакуумной сушки (НВС), верификация данных, редактирование рукописи, формальный анализ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Статья опубликована по материалам II Конференции «Питание в Космосе: наука, инновации, перспективы», посвященной 90-летию со дня рождения Ю.А. Гагарина и 300-летию Российской академии наук.

Для цитирования: Янченко Е.В., Зыкин К.А., Каухчешвили Н.Э., Грызунов А.А. Сухие овощные ферментированные продукты длительного хранения и их интеграция в рацион питания космонавтов. *Овощи России*, 2024; (2): 27-36. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-27-36>

Поступила в редакцию: 20.02.2024

Принята к печати: 11.03.2024

Опубликована: 25.03.2024

Elena V. Yanchenko¹, Kirill A. Zykin^{2*},
Nikolay E. Kauhcheshvili², Alexey A. Gryzunov²

¹ All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center" p. 500, Vereya village, Ramensky district, Moscow region, 140153, Russia

² All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration industry -Branch of "V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems" of the Russian Academy of Sciences 12 Kostyakova str., Moscow, 127422, Russia

*Correspondence: kirill1580@yandex.ru

Authors' Contribution: Yanchenko E.V.: conceptualization, methodology, cultivation of raw materials, fermentation of cabbage, analyses, data verification, creation of the manuscript and its editing, formal analysis. Zykin K.A.: conceptualization, fermentation of canteen carrots, tasting, data verification, manuscript creation and editing, formal analysis. Kauhcheshvili N.E., Gryzunov A.A.: conceptualization, methodology, LTVD (low temperature vacuum drying) and VFD (vacuum freeze drying), data verification, manuscript editing, formal analysis.

Conflict of interest: The authors declare that there is not conflict of interest regarding the publication.

Acknowledgments. The article was published based on the materials of the II Conference "Nutrition in Space: Science, Innovation, Prospects", dedicated to the 90th anniversary of Yu.A. Gagarin and the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Yanchenko E.V., Zykin K.A., Kauhcheshvili N.E., Gryzunov A.A. Dry fermented vegetable products of long-term storage and their integration into the diet of astronauts. *Vegetable crops of Russia*, 2024; (2): 27-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-27-36>

Received: 20.02.2024

Accepted for publication: 11.03.2024

Published: 25.03.2024

Сухие овощные ферментированные продукты длительного хранения и их интеграция в рацион питания космонавтов

РЕЗЮМЕ

Введение. Ферментация позволяет улучшать свойства конечного продукта, повышать его пищевую ценность и органолептические показатели. Научно доказано, что употребление ферментированных продуктов (с высокой пищевой и биологической ценностью) на регулярной основе оказывает положительное влияние на здоровье человека, повышает иммунитет, улучшает работу ЖКТ. Сухие ферментированные продукты длительного срока хранения могут быть рекомендованы как часть рациона питания в космосе.

Цель. Создание сухой основы для ферментированных напитков длительного хранения на основе капусты белокочанной и моркови столовой, применимых в рационе космического питания.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили отечественный гибрид капусты белокочанной F₁ Северянка и отечественный сорт моркови столовой Маргоша и полученные из них сухие ферментированные продукты.

Результаты. Установлено, что по биохимическим и органолептическим показателям качества отечественный гибрид капусты белокочанной F₁ Северянка и отечественный сорт моркови столовой Маргоша пригодны к различным видам переработки, в том числе к ферментации и изготовления сухих ферментированных продуктов. Проведено сравнение количества микроорганизмов в ферментированной капусте и капусте, обезвоженной методами низкотемпературной вакуумной сушки (НВС) и вакуумной сублимационной сушки (ВСС). Выживаемость микроорганизмов оказалась выше при НВС в 1,62 раза. Рассмотрены способы ускорения процесса ферментации моркови столовой. Подтверждена целесообразность использования заквасок, полученных на основе ферментируемого продукта. Установлено, что использованием стартовых культур в виде высушенного методом НВС ферментированного продукта, ускоряет ферментацию и позволяет достигнуть нужного уровня pH в 1,33 раза быстрее базового и не оказывает влияния на конечные органолептические характеристики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

космическое питание, овощи, ферментация, вакуумная сушка, рационы питания космонавтов, ферментированные напитки

Dry fermented vegetable products of long-term storage and their integration into the diet of astronauts

ABSTRACT

Relevance. Fermentation makes it possible to improve the properties of the final product, increase its nutritional value and organoleptic characteristics. It has been scientifically proven that the use of fermented foods (with high nutritional and biological value) on a regular basis has a positive effect on human health, increases immunity, improves the functioning of the gastrointestinal tract. Dry fermented products with a long shelf life can be recommended as part of the diet in space. The aim is to creation of a dry base for fermented long-term storage beverages based on cabbage and table carrots, applicable in the diet of space nutrition.

Objects and methods of research. The objects of the study were the domestic hybrid of white cabbage F₁ Severyanka and the domestic variety of carrot table Margosha, and the dry fermented products obtained from them.

Results. It was found that, according to biochemical and organoleptic quality indicators, the domestic hybrid of white cabbage F₁ Severyanka and the domestic carrot variety Margosha are suitable for various types of processing, including fermentation and manufacture of dried fermented products. The comparison of the number of microorganisms in fermented cabbage and cabbage dehydrated by LTVD (low temperature vacuum drying) and VFD (vacuum freeze drying) methods was carried out. The survival rate of microorganisms was 1.62 times higher in LTVD. The ways of accelerating the fermentation process of table carrots are considered. The expediency of using starter cultures obtained on the basis of the fermented product has been confirmed. It has been found that using starter cultures in the form of a fermented product dried by the LTVD method accelerates fermentation and allows you to reach the desired pH level 1.33 times faster than the base one and does not affect the final organoleptic characteristics.

KEYWORDS:

space nutrition, vegetables, fermentation, vacuum drying, astronauts' diets, fermented drinks



Введение

С давних времен ферментация являлась одним из основных способов обработки пищевых продуктов. Особую ценность ферментированным продуктам (кисломолочным, продуктам брожения, квашения и другим) придавало изменение их свойств, например, увеличение срока годности и повышение органолептических показателей. При этом широко известно, что ферментированная пища способствует лучшему пищеварению, ускоряет обмен веществ и химические реакции внутри клеток организма человека. Продукты, подвергшиеся ферментации, легче усваиваются и перерабатываются, поэтому ее иногда называют «внешним пищеварением». Ферментированные продукты (содержащих в себе комплекс полезных микроорганизмов) оказывают положительное влияние на здоровье человека, работу ЖКТ. При этом научно доказано, что около 80% иммунной системы человеческого организма связано с кишечником. Потребляемая человеком пища влияет на его микробиоту, а та, в свою очередь, выполняет защитную функцию, регулируя иммунную, эндокринную и нервную системы. Одной из важных категорий полезных продуктов являются ферментированные напитки [1-2] и продукты, имеющие дополнительные свойства, помимо традиционной пищевой ценности [3-5].

Необходимо отметить, что большинство полезных ферментированных продуктов имеют небольшой срок годности и зачастую привередливы к условиям хранения. Создание сухого ферментированного продукта длительного срока хранения позволит расширить его область применения и задействовать в рационе питания космонавтов [6-7].

Известно, что при нахождении в космосе организм человека подвергается высоким и зачастую нестандартным нагрузкам. Для того, чтобы успешно их переносить, космонавтов необходимо обеспечивать пищевыми продуктами с высокой энергетической и биологической ценностью, их рацион должен быть разнообразен и включать в себя максимальный набор полезных веществ и микроэлементов [8]. При этом, к питанию для космонавтов предъявляется ряд требований [9], которые касаются как продуктового состава рациона питания, так и характеристик определенных продуктов. К обязательным требованиям относятся: высокая питательная ценность, безопасность, длительный срок хранения при температуре воздушной среды +20...+25°C, а также в условиях нерегулируемых температур и влажности, минимальный вес и объем, разнообразие и высокие органолептические характеристики, а также продукты должны быть удобно упакованы и легки в использовании.

Актуальность данной работы заключается в необходимости создания сухого ферментированного продукта с длительным сроком хранения, соответствующего требованиям, предъявляемым к космическому питанию. Полученный сухой ферментированный продукт на основе овощного растительного сырья может быть основой ферментированных напитков [10-12] и интегрирован в рацион космонавтов с целью дополнительного обогащения его витаминами, микроэлементами и полезными соединениями [13-15].

Условия и методика исследований

Исследования проводили на базе ВНИИО - филиала ФГБНУ ФНЦО (Московская область, Раменский район) и в лаборатории замороженных и обезвоженных пищевых продуктов Всероссийского научно-исследовательского института холодильной промышленности (ВНИХИ) – филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем имени В.М. Горбатова» РАН. Определение количества микроорганизмов в посевном материале и культуральной жидкости проводили методом предельных разведений согласно ГОСТ 9225 [16]. Титруемую кислотность определяли после культивирования в термостате разведения 1 г сухого продукта в 20 см³ жидкой питательной среды MRS 24 часа при 37°C. Питательная среда использовалась HimediaM 1396 Agar, микроскоп Nikon ECLIPSE Ci-S/Ci-L. Подсчет выросших колоний проводили на автоматическом счетчике колоний Scan 500 Software. Органолептические свойства исследовали в соответствии с ГОСТ 8756.1-2017 [17] «Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема».

В качестве объектов исследования использовали один гибрид отечественной селекции капусты белокочанной F₁ Северянка и один отечественный сорт моркови столовой Маргоша.

Капуста белокочанная— это широко распространенный и высокоурожайный овощ. К достоинствам капусты относятся: большой срок хранения, ее пригодность для переработки (квашения и консервирования), а также наличие множества сортов разных сроков созревания. Кочаны капусты белокочанной могут иметь округлую форму, округло-плоскую, конусовидную. Имеют плотную структуру, массу не менее 0,4 кг для ранних сортов и не менее 0,7 кг – для средних и поздних.

Северянка F₁ – среднепоздний высокопродуктивный гибрид капусты белокочанной селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Кочаны округлые, плотные, сочные, хрустящие, на разрезе белые, массой до 3 кг. Имеют короткую внутреннюю кочерыгу. Сорт устойчив к перепадам температуры, растрескиванию кочана, болезням.

Маргоша – среднеспелый сорт моркови столовой селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Корнеплод длинный, цилиндрический со слабым сбегом и тупым основанием (сортотип Берликум/Нантская). Масса корнеплода – 170-190 г. Пригоден не только для употребления в свежем виде, но и для длительного хранения.

Морковь столовая, используемая в опытах, соответствовала ГОСТ 32284-2013 «Морковь столовая свежая, реализуемая в розничной торговой сети. Технические условия». Плоды моркови были отобраны целые, чистые, без признаков поражения насекомыми или болезнями, без механических повреждений.

В первой серии экспериментов проводили оценку по биохимическим показателям сырья капусты белокочанной гибрида F₁ Северянка и моркови столовой сорта Маргоша и полученной из них ферментированной продукции, а также сухих ферментированных продуктов, выработанных методом низкотемпературной вакуумной сушки (НВС) и вакуумной сублимационной сушки (ВСС).

Следующим этапом были обезвожены базовые ферментированные напитки из капусты белокочанной (капустный рассол) и моркови столовой (морковный квас). Обезвоживание проводили в вакуумной камере при температуре не выше 40°C методом НВС. Высушенный ферментированный продукт измельчали до порошкообразного состояния и хранили в герметичной стеклянной таре. Для восстановления сухой продукт заливали водой комнатной температуры 22...24°C в определенном количестве, через 3-5 минут порошок полностью растворялся, а через 25-30 минут настаивания напиток проводили оценку его органолептических свойств.

Экспериментальные исследования по вакуумной сушке осуществляли на установке фирмы Hetosicc (Дания). Сырье подогревали контактным способом от нагревательных полок установки до температуры, не превышающей 40°C. Теплоносителем внутри полок являлась вода, а измерение температуры осуществляли термометрами ТРМ-200 ОБЕН (допустимая погрешность: $\pm 0,5\%$). Значение вакуума фиксировали электронным вакуумметром.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследований многих ученых [18-20] позволяют заключить, что при переработке капусты белокочанной путем квашения следует учитывать ее индивидуальные сортовые биохимические особенности.

Предварительно были проведены биохимические анализы качества сырья и ферментированной продукции с целью оценки выбранных сортообразцов на пригодность к переработке (ферментации) (рис.1-5).

Сухое вещество включает клетчатку, пектиновые вещества, гемицеллюлозу, углеводы, минеральные вещества и азотистые соединения [21]. В кочанах капусты белокочанной F₁ Северянка (сырьё) содержание сухого вещества составило 10,2%, что является

хорошим показателем качества (рис. 1). При ферментации было отмечено небольшое снижение, при этом использование заквасок не повлияло на этот процесс. Для производства сухих овощных ферментированных продуктов квашеная капуста подвергалась сушке двумя способами (НВС и ВСС) до примерно одинакового уровня влажности, поэтому содержание сухого вещества в готовом продукте значимо не отличалось по вариантам (85,6-86,2%).

Рядом исследователей установлено, что добавление микробиологического препарата позволяет сократить продолжительность процесса квашения капусты, ускорить формирование органолептических свойств и сохранить в максимальной степени витаминную активность исходного сырья [22]. По результатам биохимических анализов в кочанах капусты белокочанной гибрида F₁ Северянка установлено высокое содержание витамина С – 20,8 мг%. При ферментации количество витамина С возрастает на 2,3-2,6 мг%. Современные технологии НВС и ВСС щадяще воздействуют на овощную продукцию и позволяют сохранить в продукте высокое содержание витамина С (95,3-98,9 мг%). При этом оба вида сушки не показали значимой разницы между собой по данному показателю, а использование микробиологических заквасок оказывало положительное влияние на содержание витамина С в конечном продукте длительного хранения (рис.2.).

При ферментации сумма сахаров снизилась вследствие протекающих биохимических процессов ферментации в 1,42-1,46 раза по сравнению с содержанием в сырье, что является естественным процессом. Современные технологии НВС и ВСС сохранили в сушеном продукте высокое содержание суммы сахаров. При этом оба вида сушки, как и в предыдущих анализах, не показали значимой разницы между вариантами по данному показателю (рис. 3).

Сухое вещество, %

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Рис. 1. Содержание сухого вещества в кочанах капусты белокочанной гибрида F₁ F₁ Северянка (сырьё) и продуктах её переработки

Fig. 1. The content of dry substances in the heads of white cabbage F₁ Severyanka (raw materials) and products of its processing



Рис. 2. Содержание витамина С в кочанах капусты белокочанной гибрида F₁ Северянка (сырьё) и продуктах её переработки
Fig. 2. The content of vitamin C in white cabbage heads of the F₁ Severyanka (raw materials) and its processed products

Для производства овощного ферментированного напитка из моркови столовой (морковный квас) использовали отечественный сорт Маргоша (рис. 4-6).

Был проведён биохимический анализ качества корнеплодов моркови, используемых для производства сухих ферментированных напитков: высушенных методом НВС и непосредственно перед переработкой (сырьё). В сырье содержание сухого вещества состави-

ло 12,8%, а в готовом продукте – 91,1% (рис. 4).

При сушке методом НВС в готовом продукте содержалось β-каротина в 3,12 раза больше, чем в сырье, что безусловно связано с естественной концентрацией веществ в процессе сушки (рис. 5). В структуре сахаров, как в сырье, так и в переработанном продукте, преобладали моносахара (фруктоза) (рис.6).

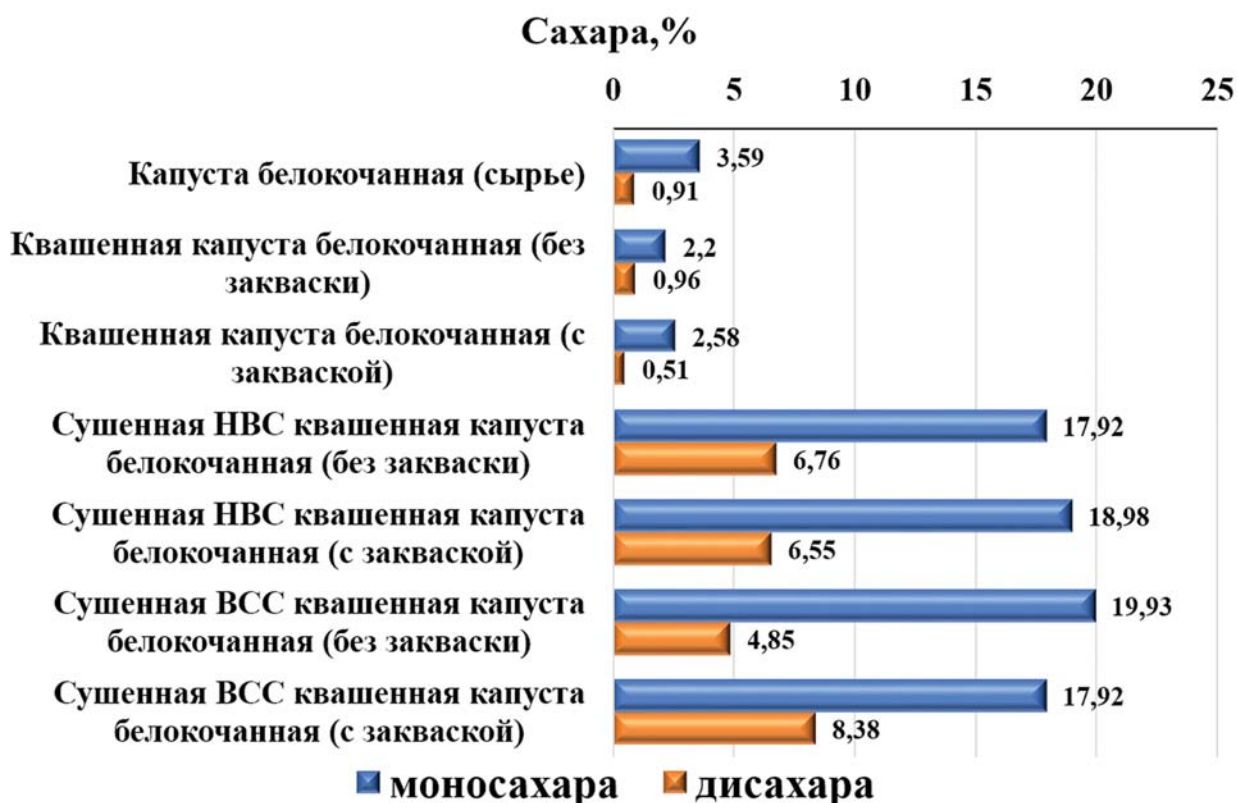


Рис. 3. Содержание сахаров в кочанах капусты белокочанной гибрида F₁ Северянка (сырьё) и продуктах её переработки
Fig. 3. The sugar content in the heads of white cabbage F₁ Severyanka (raw materials) and products of its processing

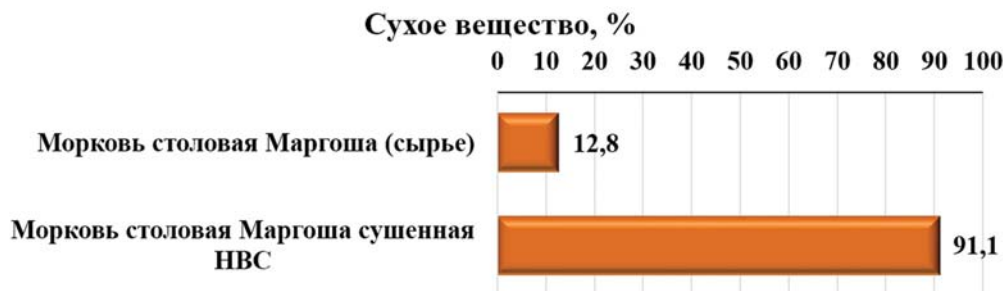


Рис. 4. Содержание сухого вещества в корнеплодах моркови столовой (сырьё) и продуктах её переработки
 Fig. 4. The content of dry substances in the heads of white cabbage hybrid Severyanka (raw materials) and products of its processing

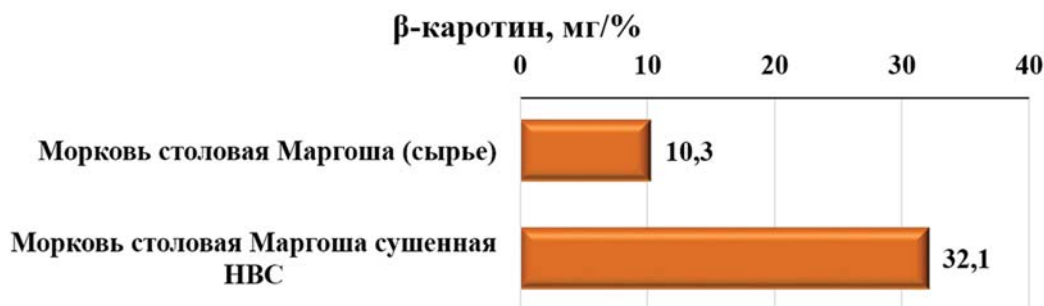


Рис. 5. Содержание β-каротина в корнеплодах моркови столовой (сырьё) и продуктах её переработки
 Fig. 5. The content of β-carotene in carrot roots (raw materials) and products of its processing

Обезвоживание ферментированного продукта с сохранением максимального количества полезных микроорганизмов можно получить двумя способами, а именно вакуумной сублимационной сушкой (ВСС) и низкотемпературной вакуумной сушкой (НВС). Одним из показателей эффективности данных видов сушки является выживаемость микроорганизмов. Содержание полезных бактерий в ферментированной

капусте, обезвоженной способом НВС выше, чем при обезвоживании ВСС.

В результате проведенных исследований, составлены таблицы содержания микроорганизмов в сушеной методами НВС и ВСС ферментированной капусте. Графическая интерпретация выживаемости микроорганизмов капусты гибрида F₁ Северянка при сушке разными способами приведена на диаграмме (рис. 7 а, б).

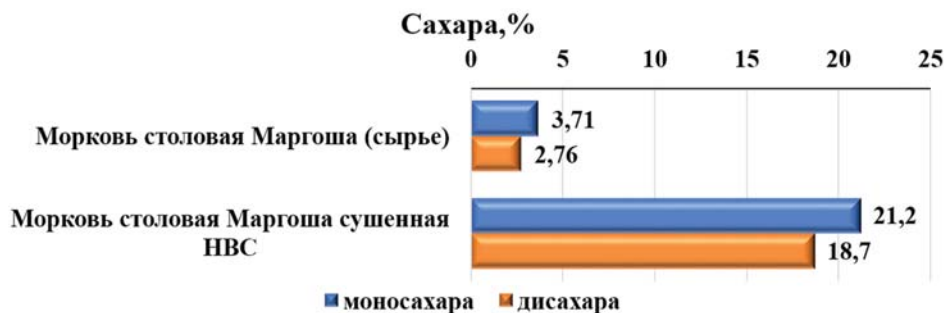


Рис. 6. Содержание сахаров в корнеплодах моркови столовой (сырьё) и продуктах её переработки
 Fig. 6. Sugar content in carrot root crops (raw materials) and processed products

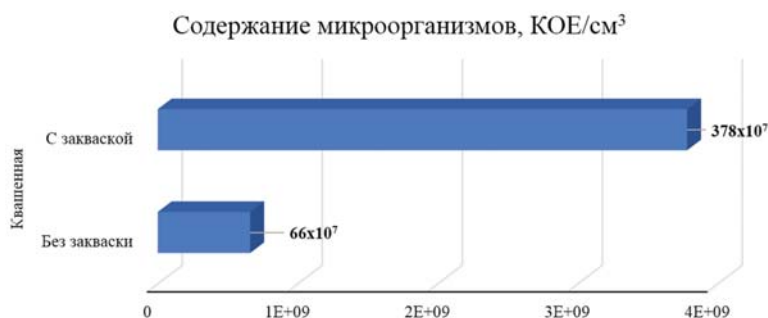


Рис. 7а. Содержание микроорганизмов в квашеной капусте F₁ Северянка при естественной и направленной (с помощью закваски) ферментации
 Fig. 7a. The content of microorganisms in sauerkraut of the F₁ Severyanka with natural and directed (with the help of starter culture) fermentation

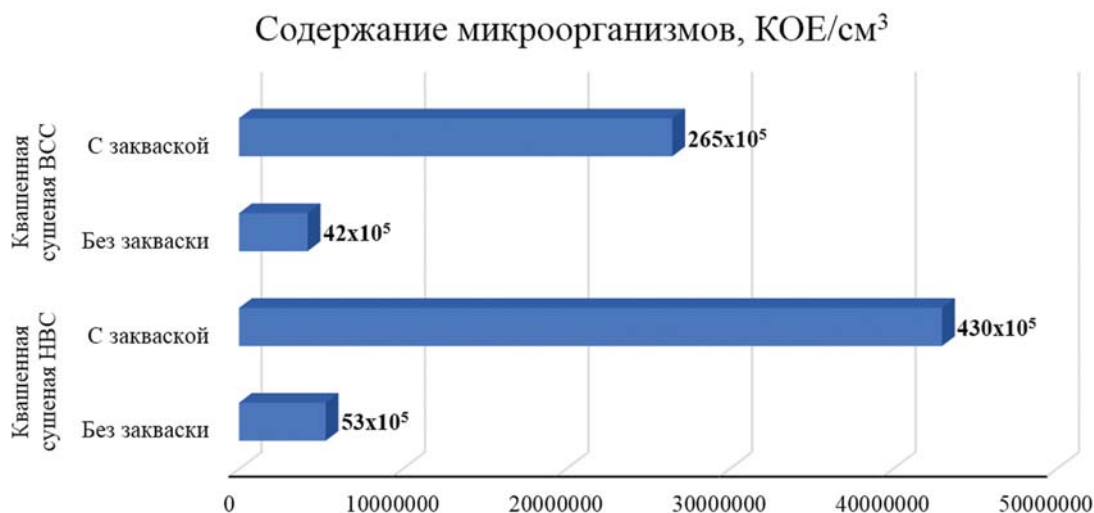


Рис. 7б. Содержание микроорганизмов в сухом ферментированном продукте, приготовленном из капусты белокочанной F₁ Северянка, при разных видах сушки
Fig. 7b. The content of microorganisms in a dry fermented product made from white cabbage F₁ Severyanka with different types of drying

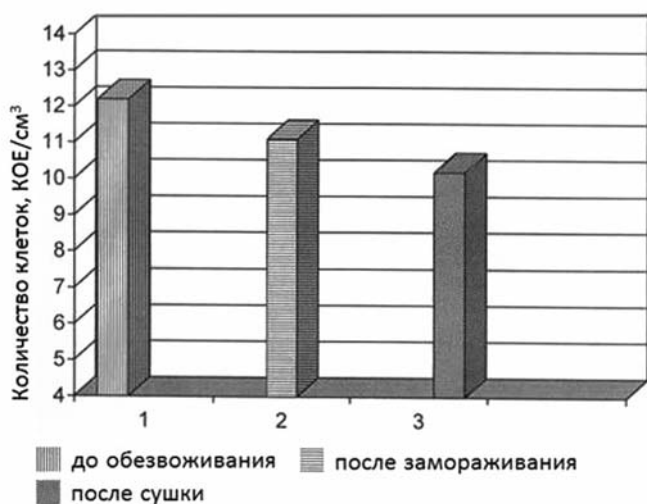


Рис. 8. Диаграмма изменения пропионовокислых бактерий
Fig. 8. Diagram of changes in propionic acid bacteria

Содержание микроорганизмов в ферментированной с использованием закваски молочнокислых бактерий капусте гибрида Северянка при сушке методом НВС оказалось в 1,62 раза выше. Это согласуется с данными других исследователей. Так некоторые исследователи [23] связывают это явление с тем, что при ВСС продукт перед обезвоживанием проходит стадию замораживания, уменьшающую количество микроорганизмов. Низкотемпературная вакуумная сушка (НВС) по сравнению с сублимационной, исключает замораживание, что позволяет обеспечить большую выживаемость полезных микроорганизмов. Влияние замораживания наглядно отражено на рисунке 8 (взято из описания изобретения к патенту РФ №2309982) [23]. На нем показано изменение количества клеток пропионовокислых бактерий в закваске жидкой, замороженной и после сублимационной сушки. Показатель колониеобразующих бактерий КОЕ/см³ упал с 12 до 11 и 10 порядков соответственно.



Рис. 9. Подготовка моркови столовой перед и после НВС
Fig. 9. Preparation of carrots before and after LTVD

Сублимационная сушка является достаточно дорогостоящим способом обезвоживания и может существенно влиять на стоимость конечного продукта. В отличие от сублимации НВС является более экономичной и позволяет избежать замораживания, что увеличивает выживаемость полезных микроорганизмов в конечном продукте. Дальнейшие эксперименты в работе проводили с использованием метода НВС, как наиболее предпочтительного согласно результатам проведенных экспериментов.

Заключительная серия экспериментов заключалась в смешении высушенной методом НВС капусты и моркови с высушенной методом НВС закваски на основе предварительно ферментированной капусты и моркови соответственно. На рисунке 9 показана морковь столовая, подготовленная к процессу сушки и после НВС.

Сухие порошкообразные компоненты, полученные в результате НВС (основной продукт и закваска на его основе), смешивали в определенных пропорциях и заливали водой комнатной температуры 22...24°C в соответствующем количестве. Через 3-5 минут закваска растворялась полностью, а сухой продукт только частично. Далее напитки ферментировали в течение 10-12 часов. После этого времени получали готовый ферментированный напиток с мякотью, содержащий пробиотики, каротиноиды, сахара и полезные бактерии в количестве, превышающем 10^5 КОЕ/см³. Полученные ферментированные напитки с мякотью на основе высушенного методом НВС продукта из капусты и моркови обладали более ярким вкусом и насыщенным ароматом по сравнению с базовыми. Но при этом они уступали по цвету и прозрачности из-за присутствия мякоти. Органолептические свойства ферментированного напитка на основе капусты отражены в диаграмме на рис. 12.

В следующей части экспериментов было проведено сравнение процесса ферментации моркови столовой при различных стартовых условиях и получение из нее ферментированного напитка.

Существует два основных способа пищевой ферментации:

1. Естественная ферментация. При таком способе продукт преобразуется эпителифной микрофлорой, то есть микроорганизмами, уже живущими на его поверхности. Наиболее часто данным способом готовят традиционные ферментированные продукты: квашеную капусту, кимчи, моченые яблоки.

2. Ферментация с использованием стартовых культур. При данном способе к сырому продукту добавляют некоторое количество готовой культуры микроорганизмов (закваску, дрожжи, ферментированный продукт). Этот способ позволяет сделать процесс ферментации более контролируемым, увеличить скорость процесса и получать продукт с заданными свойствами.

Естественная ферментация является менее контролируемым процессом и требует довольно больших затрат времени. Для получения продукта с заданными свойствами, оптимизации процесса ферментации и снижения сроков получения готового продукта больше подходит ферментация с использованием стартовых культур.

В эксперименте участвовали 3 образца. Подготовленная морковь, в одинаковом количестве была помещена в идентичные емкости под гнет (рис. 10).

В ходе эксперимента каждые сутки фиксировали значение pH ферментированного морковного напитка, а также содержание сахара в нем. В образце 1 процесс ферментации протекал естественным образом. В образец 2 было внесено дополнительное количество сахара, которое должно было повысить скорость ферментации. В образец 3 была внесена заранее подготовленная ферментированная морковь, высушенная способом НВС. Процесс ферментации образца 1 составил 12 суток и был остановлен, когда значение pH на протяжении двух дней подряд оказалось ниже 4,6 и не имело значительного перепада. Аналогичным образом (при достижении pH ниже 4,6) останавливался эксперимент в образцах 2 и 3. Образец 1 по органолептическим свойствам получился пригодным к употреблению, прозрачным на свет и с довольно ярким вкусом и арома-



Рис. 10. Ферментированный напиток из моркови столовой под гнетом
Fig. 10. Fermented carrot drink from a canteen under oppression

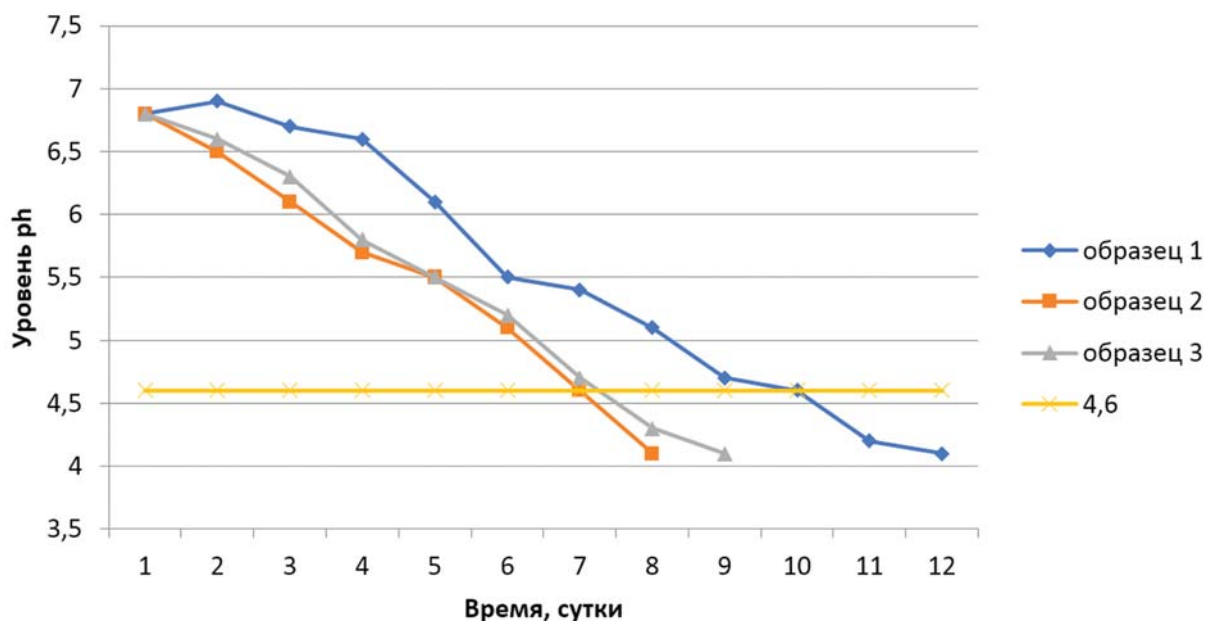


Рис. 11. Динамика изменения уровня кислотности при ферментации морковного напитка
Fig. 11. Dynamics of changes in the acidity level during fermentation of carrot drink

том. Образец 2 достиг нужных значений рН на 8 сутки, но при этом не имел яркого вкуса и насыщенности, был более «пустым». Образец 3 дошел до нужного состояния на 9 сутки, при этом имел такой же вкус и аромат, как базовый образец 1. Результаты процессов ферментации образцов были сведены в график (рис. 11).

На основании проведенного эксперимента за базовый был взят образец 1, как полученный в результате естественной ферментации моркови. Образец 2 достиг нужного уровня рН в 1,5 раза быстрее за счет добавления сахара. Однако это оказало влияние на органолептические свойства конечного напитка, ослабив его вкус и аромат. Подобный способ влияния на процесс фер-

ментации не является оптимальным. Образец 3 ферментировался и достиг нужного уровня рН в 1,33 раза быстрее базового. При этом вкус и аромат были идентичны образцу 1. Использование высушенной методом НВС закваски (из ферментированной моркови), ускоряет процесс ферментации моркови и не оказывает влияния на конечные органолептические характеристики.

Результаты оценки органолептических свойств полученных восстановленных ферментированных напитков из капусты представлены на рисунке 12.

Органолептические свойства «восстановленного» из сухого продукта ферментированного напитка на

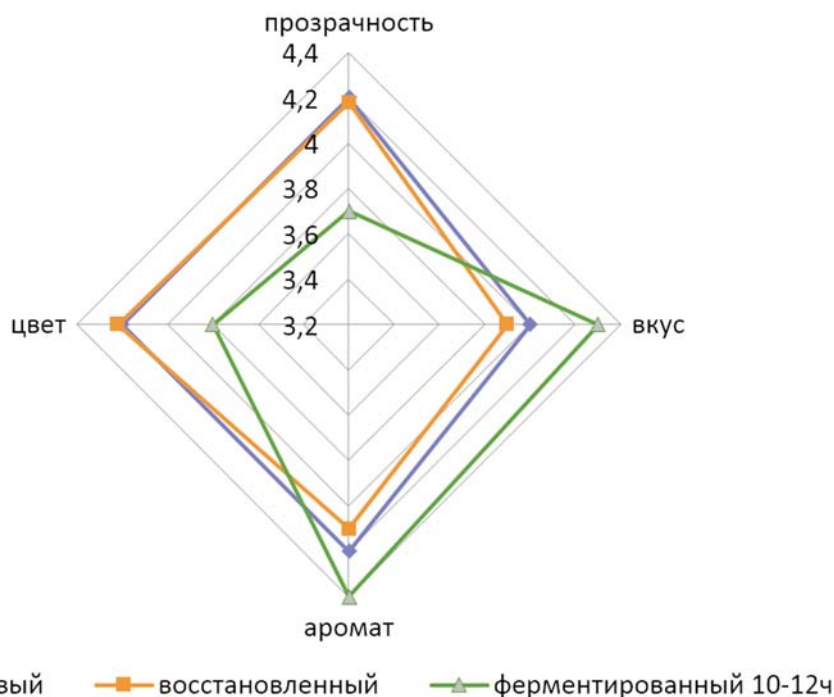


Рис. 12. Профилограмма результатов органолептической оценки ферментированных напитков из капусты белокачанной гибрида F₁ Северянка
Fig. 12. Profilogram of the results of organoleptic evaluation of fermented beverages from cabbage of the F₁ Severyanka

основе капусты белокочанной были практически идентичны базовому, незначительно уступив во вкусе и аромате. При этом сухие ферментированные продукты (основа для приготовления ферментированного напитка из капусты белокочанной, моркови столовой) имеют более длительный срок хранения по сравнению с базовыми, а также обладают минимальным весом и объемом, что является огромным преимуществом и делает возможным использование их в рационе питания космонавтов.

Выводы

1. По биохимическим и органолептическим показателям качества отечественный гибрид капусты белокочанной F₁ Северянка и отечественный сорт моркови столовой Маргоша пригодны к различным видам переработки, в том числе к ферментации и изготовления сушеных ферментированных продуктов.

2. Использование сухих заквасок, созданных на основе ферментируемых продуктов (морковь столовая) методом НВС, является целесообразным и позволяет влиять на сроки получения и микробиологический состав конечного ферментированного продукта, не снижая его органолептические свойства.

3. Способ НВС, на основании сравнительных данных о содержании микроорганизмов в сушеной ферментированной капусте, является приоритетным по сравнению с сублимационной сушкой.

4. Сохранение полезных микроорганизмов, в том числе ароматообразующих бактерий, в сухих ферментированных продуктах делает их пригодными для включения в рацион питания. В том числе они могут быть интегрированы в космическое меню для обогащения его вкусового разнообразия, а также микробиологического состава.

Литература

1. Белокурова Е.С., Борисова Л.М., Панкина И.А. Овощные ферментированные напитки. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*. 2015;(1):173–179. EDN TIJTLN.
2. Кригер О.В. Научные и практические аспекты получения ферментированных напитков. *Актуальные вопросы индустрии напитков*. 2017;(1):65–66. EDN YKVYXG.
3. Меренкова С.П., Резанова М.А. Технологические аспекты получения ферментированных напитков антиоксидантной направленности на основе зернового сырья. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2022;10(1):76–85. <https://doi.org/10.14529/food220109>. EDN NEIJWD.
4. Белокурова Е.С., Борисова Л.М., Семёнова Е.Ю. Разработка технологии получения ферментированных напитков функционального назначения из овощного сырья. В сб. «Проблемы гигиены и технологии питания. Современные тенденции и перспективы развития.» материалы международной научно-практической конференции, 19-20 апреля 2012 г. Донецк: Изд-во Донецкого университета экономики и торговли им. Туган-Барановского. 2012. С.16-17.
5. Лисицын А. Б., Лунина О. И., Чернуха И. М. Современные тенденции развития индустрии функциональных пищевых продуктов в России и за рубежом. *Теория и практика переработки мяса*. 2018;3(1):29–45. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-29-45>
6. Агуреев А.Н. [и др.]. Физиолого-гигиеническая оценка рационов питания орбитальной станции «Мир». *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1994;(5):8–12.
7. Павлова Л.П., Лукьянова Л.В., Евстигнеева Н.И., Шаклеина А.Ю. Напитки с добавлением кофе и какао в питании космонавтов: инновационное сырье – основа качественных напитков. *Пиво и напитки*. 2014;(1):16–18. EDN RVOKOD.
8. Добровольский В.Ф. Использование современных технологий для разработки и обеспечения питанием космонавтов. *Индустрия питания*. 2016;1(1):33–36. EDN YHWORZ.
9. Добровольский В.Ф., Павлова Л.П., Лындина М.И. Разработка инновационных технологий пищевых продуктов для питания космонавтов. *Индустрия питания*. 2019;4(3):34–41. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2019-4-3-4>. EDN DABNYX.
10. Аристов Н.И. Космическое питание. Технологии. История и современность. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*. 2017;3(13):980–982. EDN YQWCSS.
11. Павлова Л.П., Стоянова Л.И., Шаклеина А.Ю., Герман А.Д. Кисломолочные продукты в питании космонавтов на

Международной космической станции. *Пищевая промышленность*. 2015;(1):12–13. EDN TKLVKN.

12. Белокурова Е.С., Борисова Л.М., Панкина И.А. Перспективные направления переработки овощного сырья Северо-Западного региона. *Conduct of modern science - 2014. Materials of the X international scientific and practical conference. Editor: Michael Wilson. - Том. 22. Chemistry and chemical technology. Construction and architecture. Agriculture. Sheffield. Science and education LTD*. 2014;(22):59–62.

13. Комаров В.И., Иванова Е.А. Ферменты для производства продуктов питания // *Пищевая промышленность*. 1997;(12):12–14.

14. Афанасьева В.С., Кузнецова Е.Н., Спиренкова А.М. Сброженные овощные соки. *Пищевая промышленность*. 1992;(1):22–23.

15. Шингисов А.У. Вакуум-сублимационная сушка сгущенных кисломолочных продуктов с растительными добавками. *Пищевая промышленность*. 2011;(10):24–25. EDN OGUUSD.

16. ГОСТ 9225 Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа. [Электронный ресурс] URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200021610>. Дата обращения: 25.02.24.

17. ГОСТ 8756.1-2017 Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157570>. Дата обращения: 25.02.24.

18. Янченко Е.В., Волкова Г.С., Куксова Е.В., Вирченко И.И., Янченко А.В., Серба Е.М., Иванова М.И. Химический состав и микробиологические показатели квашеной капусты, приготовленной из разных гибридов. *Техника и технология пищевых производств*. 2023;53(1):131–139. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2420>. EDN FOEDXY.

19. Терешонок В.И., Маркарова М.Ю., Посокина Н.Е., Бондарева Л.Л., Надежкин С.М. Влияние сортовых особенностей капусты белокочанной на качество продукции при квашении после длительного хранения. *Овощи России*. 2019;(6):91–95. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-91-95> EDN OVKPAL.

20. Гаспарян Ш.В. Инновационные технологии в производстве солено-квашеной продукции. Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. 129 с. ISBN 978-5-9675-1272-8. EDN ZFERKX.

21. Иванова М.И., Янченко Е.В., Янченко А.В., Вирченко И.И. Качество и оптимальный срок лежкости капусты белокочанной позднего срока созревания. *Техника и технология пищевых производств*. 2021;51(4):690–700. <https://doi.org/10.21603/2074-9414->

2021-4-690-700. EDN SOVSHZ.

22. Чернега О.П., Казимирченко О.В. Совершенствование технологии производства квашеной белокочанной капусты с применением молочнокислых бактерий. *Известия КГТУ*. 2020;(58):102-115. EDN BDHBFLL.

23. Патент № 2309982 С2 Российская Федерация, МПК С12Н 1/20, А23С 9/12, С12Р 1/15. способ получения бактериального концентрата пропионово-кислых бактерий: № 2005117901/13: заявл. 09.06.2005: опубл. 10.11.2007 / И.С. Хамагаева, С.М. Тумурова; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Восточно-Сибирский государственный технологический университет. EDN VDXSJY.

• References

1. Belokurova E.S., Borisova L.M., Pankina I.A. Vegetable fermented drinks. *Processes and food production equipment*. 2015;(1):173–179. EDN TIJTLN. (In Russ.)
2. Krieger O.V. Scientific and practical aspects of obtaining fermented beverages. *Current issues of the beverage industry*. 2017;(1):65–66. EDN YKVYXG. (In Russ.)
3. Merenkova S.P., Rezanova M.A. Technological aspects of producing fermented beverages with antioxidant properties based on grain raw materials. *Bulletin of the South Ural State University. series: food and biotechnology*. 2022;10(1):76-85. <https://doi.org/10.14529/food220109>. EDN NEIJWD. (In Russ.)
4. Belokurova E.S., Borisova L.M., Semenova E.Y. Development of technology for the production of fermented functional drinks from vegetable raw materials. In the collection "Problems of hygiene and nutrition technology. Modern trends and development prospects." materials of the international scientific and practical conference, April 19-20, 2012-Donetsk: Publishing House of the Donetsk University of Economics and Trade named after Tugan-Baranovsky. 2012. pp. 16-17. (In Russ.)
5. Lisitsyn A.B., Chernukha I.M., Lunina O.I. Modern trends in the development of the functional food industry in Russia and abroad. *Theory and practice of meat processing*. 2018;3(1):29-45. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-29-45> (In Russ.)
6. Agureev A.N. [et al.]. Physiological and hygienic assessment of the nutrition rations of the Mir orbital station. *Aerospace and environmental medicine*. 1994;(5):8–12. (In Russ.)
7. Pavlova L.P., Lukianova L.V., Evstigneeva N.I., Shakleina A.Yu. Drinks with coffee and cocoa addition in the diet of astronauts. *Beer and drinks*. 2014;(1):16–18. EDN RVOKOD. (In Russ.)
8. Dobrovolsky V. F. The use of modern technologies for the development and nutrition of astronauts. *Food industry*. 2016;1(1):33-36. EDN YHWORZ. (In Russ.)
9. Dobrovolsky V. F., Pavlova L.P., Lyndina M.I. Development of innovative food technologies for nutrition of astronauts. *Food industry*. 2019;4(3):34-41. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2019-4-3-4>. EDN DABNYX. (In Russ.)
10. Aristov N.I. Space food. technologies. History and present. *Actual problems of aviation and cosmonautics*. 2017;3(13):980–982. EDN YQWCSS. (In Russ.)

11. Pavlova L.P., Stoyanova L.I., Shakleina A.Yu., German A.D. Fermented products in the astronauts diet on the International Space Station. *Food industry*. 2015;(1):12–13. EDN TKLVKN.

12. Belokurova E.S., Borisova L.M., Pankina I.A. Promising directions for processing vegetable raw materials of the Northwestern region. *Conduct of modern science - 2014. Materials of the X international scientific and practical conference*. Editor: Michael Wilson. - T. 22. *Chemistry and chemical technology. Construction and architecture. Agriculture. Sheffield. Science and education LTD*. 2014;(22):59-62. (In Russ.)

13. Komarov V.I., Ivanova E.A. Enzymes for food production. *Food industry*. 1997;(12):12–14. (In Russ.)

14. Afanasyeva V.S., Kuznetsova E.N., Spirenkova A.M. Fermented vegetable juices. *Food industry*. 1992;(1):22–23. (In Russ.)

15. Shingisov A.U. Vacuum-sublimated to drying of the condensed sour-milk products with vegetable additives. *Food industry*. 2011;(10):24–25. EDN OGUISD. (In Russ.)

16. GOST 9225 Milk and dairy products. Methods of microbiological analysis. [Electronic resource] URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200021610>. Date of application: 02/25/24. (In Russ.)

17. GOST 8756.1-2017 Processed fruits, vegetables and mushrooms. Methods for determining organoleptic parameters, mass fraction of components, net weight or volume [Electronic resource] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157570> . Date of application: 02/25/24. (In Russ.)

18. Yanchenko E.V., Volkova G.S., Kuksova E.V., Virchenko I.I., Yanchenko A.V., Serba E.M., Ivanova M.I. Chemical Composition and Sensory Profile of Sauerkraut from Different Cabbage Hybrids. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2023;53(1):131-139. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2420> . EDN FOEDXY. (In Russ.)

19. Tereshonok V.I., Markarova M.Yu., Posokina N.E., Bondareva L.L., Nadezhkin S.M. Influence of varietal characteristics the cabbage in the quality of the products used for pickling after a long storage period. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(6):91-95. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-91-95> EDN OVKPAL.

20. Gasparyan Sh.V. Innovative technologies in the production of pickled products. Moscow: Russian State Agrarian University - K.A. Timiryazev Agricultural Academy, 2015. 129 p. ISBN 978-5-9675-1272-8. EDN ZFERKX. (In Russ.)

21. Ivanova M. I., Yanchenko E. V., Yanchenko A.V., Virchenko I. I. Quality and Optimal Shelf Life of Late Season Green Cabbage. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(4):690-700. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-690-700> . EDN SOVSHZ. (In Russ.)

22. Chernega O.P., Kazimирchenko O.V. Improvement of sour white cabbage technology with the application of lactic-acid bacteria. *KSTU news*. 2020;(58):102-115. EDN BDHBFLL. (In Russ.)

23. Patent No. 2309982 С2 Russian Federation, IPC С12Н 1/20, А23С 9/12, С12Р 1/15. method for obtaining bacterial concentrate of propionic acid bacteria: No. 2005117901/13: application. 06/09/2005: publ. 11/10/2007 / I.S. Khamagaeva, S.M. Tumorova; applicant State Educational Institution of Higher Professional Education East Siberian State Technological University. EDN VDXSJY. (In Russ.)

Об авторах:

Елена Валерьевна Янченко – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>, SPIN-код: 6301-7782

Кирилл Андреевич Зыкин – аспирант, инженер лаборатории систем хладоснабжения и теплофизических измерений,
<https://orcid.org/0009-0005-6718-8671>, автор для переписки, kirill1580@yandex.ru

Николай Эрнестович Каухчешвили – кандидат технических наук, заведующий лабораторией замороженных и обезвоженных пищевых продуктов,
<https://orcid.org/0000-0003-0203-3597>, SPIN-код: 7195-0990

Алексей Алексеевич Грызунов – научный сотрудник лаборатории замороженных и обезвоженных пищевых продуктов,
<https://orcid.org/0000-0003-4591-5688>, SPIN-код: 2783-5980

About the Authors:

Elena V. Yanchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher,
<https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>, SPIN-code: 6301-7782, Corresponding Author, elena_0881@mail.ru

Kirill A. Zykin – postgraduate student, engineer of the Laboratory of Cooling systems and Thermophysical Measurements,
<https://orcid.org/0009-0005-6718-8671>, Correspondence Author, kirill1580@yandex.ru

Nikolay E. Kauhcheshvili – Cand. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory of Frozen and Dehydrated Food Products,
<https://orcid.org/0000-0003-0203-3597>, SPIN-code: 7195-0990

Alexey A. Gryzunov – Researcher at the Laboratory of Frozen and Dehydrated Foods,
<https://orcid.org/0000-0003-4591-5688>, SPIN-code: 2783-5980