

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-43-50>
УДК: 633/635-021.51:664.8.047

С.С. Борзов^{1*}, Н.Э. Каухчешвили¹, Е.В. Янченко²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН 127422, г. Москва, ул. Костякова, д. 12

² 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. Верея, стр. 500

*Автор для переписки: dons@bk.ru

Вклад авторов: Борзов С.С.: концептуализация, проведение низкотемпературной вакуумной сушки (НВС), верификация данных, создание рукописи и её редактирование, формальный анализ. Каухчешвили Н.Э.: концептуализация, методология, проведение низкотемпературной вакуумной сушки (НВС), верификация данных, редактирование рукописи. Янченко Е.В.: концептуализация, проведение конвективной сушки, биохимических анализов, создание рукописи и её редактирование, формальный анализ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Борзов С.С., Каухчешвили Н.Э., Янченко Е.В. Обезвоживание растительного сырья для разнообразия космического меню. *Овощи России*. 2024;(2):43-50.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-43-50>

Поступила в редакцию: 19.02.2024

Принята к печати: 12.03.2024

Опубликована: 25.03.2024

Sergey S. Borzov^{1*}, Nikolay E. Kauhcheshvili¹, Elena V. Yanchenko²

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Refrigeration industry -Branch of "V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems" of the Russian Academy of Sciences 12 Kostyakova str., Moscow, 127422, Russia

² 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

*Correspondence: dons@bk.ru

Authors' Contribution: Borzov S.S.: conceptualization, LTVD (low temperature vacuum drying), data verification, manuscript creation and editing, formal analysis. Kauhcheshvili N.E.: conceptualization, methodology, LTVD (low temperature vacuum drying), data verification, manuscript editing. Yanchenko E.V.: conceptualization, convective drying, biochemical analyses, manuscript creation and editing, formal analysis. Conflict of interest: The authors declare that there is no 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: Borzov S.S., Kauhcheshvili N.E., Yanchenko E.V. Dehydration of plant raw materials for variety of the space menu. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(2):43-50. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-2-43-50>

Received: 19.02.2024

Accepted for publication: 12.03.2024

Published: 25.03.2024

Обезвоживание растительного сырья для разнообразия космического меню

РЕЗЮМЕ

Актуальность работы обусловлена необходимостью поиска способов сохранения нутриентного состава витаминного и другого необходимого сырья для создания готовых пищевых изделий, которые смогут разнообразить рацион питания космонавтов с учетом среды их обитания.

Цель – сравнение способов обезвоживания растительного сырья и создание готовых пищевых изделий с определенной степенью дегидратации, рекомендуемых для питания космонавтов. Эти способы применяли для получения так называемых «фрипсов» – разновидность снеков, так же широко применяемых и разрабатывающихся в современной пищевой промышленности.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования были плоды киви 2-х сортов и высушенные из них двумя видами сушки фрипсы.

Результаты. Обезвоживание способом низкотемпературной вакуумной сушки (НВС) позволяет получать готовые изделия с заданным конечным влагосодержанием, причем изделие может быть из многокомпонентного сырья. Продолжительность процесса обезвоживания способом НВС по сравнению со способом ВСС сокращается приблизительно на 10-20% в зависимости от продукта, при этом за счет отсутствия предварительного замораживания удельные энергетические затраты на сушку пищевого объекта предположительно могут быть снижены на 15-25%. Показатели качества готового сухого продукта, высушенного представленными способами сопоставимы, содержание витаминов и микроэлементов находится на почти одинаковом уровне, поэтому при выборе вида сушки можно рекомендовать способ НВС, как менее энергетически затратный. Выход товарной продукции при производстве фрипсов составляет от 15,0 до 19,5% от массы исходного сырья, что соответствует требованиям экономической эффективности производства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

фрукты, ягоды, технологии, сублимационная сушка, низкотемпературная сушка, питание космонавтов, качество, биохимический состав

Dehydration of plant raw materials for variety of the space menu

ABSTRACT

Introduction. The relevance of the work is due to the need to find ways to preserve the nutrient composition of vitamins and other necessary raw materials to create finished food products that can diversify the diet of astronauts, taking into account their habitat. Goal – Comparison of methods for dehydrating plant materials and creating finished food products with a certain degree of dehydration, recommended for feeding astronauts. These methods were used to produce so-called "frips" from fresh fruits and berries; this is a type of snack that is also widely used and developed in modern industry.

Objects and methods of research. The objects of the study were several types of fruits and berries of various varieties (minimum 2) during dehydration by several types of drying.

Results. Dehydration using the LTVD (low temperature vacuum drying) method makes it possible to obtain finished products with a given final moisture content, and the product can be made from multi-component raw materials. The duration of the dehydration process using the LTVD method compared to the VFD (vacuum freeze drying) method is reduced by approximately 10-20% depending on the product, while due to the absence of preliminary freezing, the specific energy costs for drying a food object can presumably be reduced by 15-25%. Quality indicators of the finished dry product The product dried using the presented methods is comparable, the content of vitamins and microelements is at almost the same level, therefore, when choosing the type of drying, we can recommend the LTVD method as less energy-consuming. The yield of marketable products in the production of frips ranges from 15.0 to 19.5% by weight of the initial raw materials, which meets the requirements for economic efficiency of production.

KEYWORDS:

fruits, berries, technology, freeze drying, low temperature drying, astronaut nutrition, quality, biochemical composition



Введение

В шестидесятые годы прошлого века, на заре освоения космоса, многие специалисты считали, что оптимальной формой продуктов в условиях невесомости будут таблетки, содержащие необходимые микро- и макроэлементы, витамины, белки, жиры и т.п. Спустя некоторое время стало понятно, что комфортно космонавт (или астронавт) чувствовать себя может, только когда потребляет привычные продукты питания. Особенность современного космического питания в том, что используют много сублимированных продуктов. Понятно, что вакуумная сублимационная сушка (ВСС) позволяет серьёзно снизить массу продукта (до 0.1-0.25 частей от первоначального значения – что важно именно для космонавтики), при этом сохраняя все его полезные свойства [1-3]. На сегодняшний день ассортимент таких продуктов состоит из более двухсот наименований, это и готовые супы, вторые блюда, творожные и фруктовые десерты, мучные кондитерские изделия, соки и т.д. Достаточно добавить подогретую воду в специальный пакетик и можно ее употреблять.

Главной особенностью ВСС, является соблюдение технологии обезвоживания, которое включает в себя предварительного замораживания продукта. Если для готового продукта не требуется сохранения своей первоначальной формы и геометрических размеров, то обезвоживание можно осуществить способом низкотемпературной вакуумной сушки (НВС), что целесообразней с точки зрения снижения удельных энергетических затрат на сушку. Метод обезвоживания способом НВС принципиально отличается ВСС тем, что обезвоживание объекта происходит в вакуумной камере не обязательно предварительно замороженного, а с положительной температурой, что, в свою очередь, обеспечивает:

- 1 - сокращение продолжительности процесса сушки за счет кипения и испарения влаги, а не сублимации её;
- 2 - завершать процесс сушки практически на любой стадии, чем обеспечивается заранее принятая конечная влагосодержание готового изделия (от 3-х до 50-ти %).

Разработка космического питания – это, без сомнения, важная научно-практическая задача для современных различных отраслей науки [4-7]. Условия космоса, сложности доставки и хранения требуют безукоризненно качественного сырья, специальной подготовки всех ингредиентов продукта, специализированной упаковки для сохранности и удобства использования [8-9]. Космическая пища должна обладать высокими вкусовыми качествами и максимально походить на свои земные аналоги.

Актуальность работы обусловлена необходимостью поиска способов сохранения нутриентного состава витаминного и другого необходимого сырья для создания готовых пищевых изделий, которые смогут разнообразить рацион питания космонавтов с учетом среды их обитания.

Цель исследования

Сравнение способов обезвоживания растительного сырья и создание готовых пищевых изделий с определенной степенью дегидратации, рекомендуемых для питания космонавтов.

Исследовать и сравнить способы обезвоживания: сублимационная и низкотемпературная и конвективная сушка (горячим воздухом).

Определить влияние на качественные характеристики пищевых продуктов тремя способами обезвоживания, для получения так называемых «фрипсов» из плодов киви, разновидности снеков так же широко применяемых и разрабатывающихся в современной промышленности [10-14].

Условия, материалы и методы

Во Всероссийском научно-исследовательском институте холодильной промышленности – филиале ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» разрабатываются технологии обезвоживания продуктов питания.

Биохимические исследования и дегустационную оценку по органолептическим показателям проводили во Всероссийском научно-исследовательском институте овощеводства – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО). Сухое вещество определяли по ГОСТ 28561–90 путем высушивания навески при температуре 105°C до появления постоянной массы; витамин С – по ГОСТ 24556–89 путем его экстрагирования раствором соляной кислоты с последующим визуальным титрованием; сахара – по ГОСТ 8756.13–87, основанном на способности карбонильных групп сахаров восстанавливать в щелочной среде оксид меди (I) до оксида меди (II); нитраты – по ГОСТ 29270–95 ионометрическим методом. Органолептические свойства - по ГОСТ 8756.1-2017 «Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема».

В качестве исследуемого продукта были рассмотрены «фрипсы» из плодов киви (Актинидия деликатесная – *Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C. F. Liang & A. R. Ferguson).

Фрипсы – это своеобразные чипсы из фруктов и ягод, дольки фруктов и ягод, высушенные при минимальном термическом воздействии, именно поэтому они сохраняют максимальное количество полезных веществ. Фруктовые чипсы, в отличие от сухофруктов – не засахариваются при изготовлении и хранении. По факту – это те же ягоды и фрукты, только порезанные на слайсы и высушенные до определенного конечного влагосодержания.

В качестве объекта исследования использовали 2 сорта киви разной окраски плодов: зеленые Хейворд (производство Турция) и желтые Голд (производства Китай).

Плоды киви, используемые в опытах, соответствовали высшему и первому классу по ГОСТ 31823-2012 «Киви, реализуемые в розничной торговле. Технические условия». Плоды были свежие, целые, чистые, здоровые, твердые, в стадии товарной зрелости, хорошо сформировавшиеся, без стебля, не перезревшие, без повреждений насекомыми – вредителями и болезнями, без излишней внешней влажности, типичной для помологического сорта формы и окраски.

Результаты и их обсуждение

Продолжительный период времени во Всероссийском научно-исследовательском институте холодильной промышленности – филиале ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» проводится серия экспериментов по обезвоживанию растительного и мясорастительного сырья разными способами сушки, что позволила получить широкий спектр данных. Были проведены эксперименты и осуществлен сравнительный анализ продолжительности обезвоживания между сублимационной и низкотемпературной вакуумной сушкой, а также анализ качества и органолептики. Данные исследования отражены в материалах конференции «Искусственный холод в XXI веке», поэтому в данной статье сублимационный способ полностью рассматриваться не будет.

Кратко о технологии продукта. Для устранения микробиологической опасности кроме традиционной подготовки исходное сырье (и мясное, и растительное) дополнительно обрабатывается натуральным биокон-

сервантом. Сырье измельчается до нужной консистенции в куттере или блендером. Мясное и растительное сырье смешивается в любой выбранной пропорции и формуется с помощью кулинарного шприца или иначе. При необходимости придать нужную форму готовому изделию можно с помощью пресса. Для исключения «прилипания» высушиваемый продукт размещается на тефлоновой подстилке в вакуумной камере, в которой и происходит процесс вакуумного обезвоживания при давлении 3-10 мм ртутного столба до заданной конечной влажности. Ниже на рисунке 1 показаны этапы процесса приготовления «чипсов» из мясорастительного сырья с добавлением ягод методом низкотемпературной вакуумной сушки. На рисунке 2 хорошо видно, что при «правильной» влажности готовый продукт не крошится и не ломается. Предложенным способом можно реализовывать практически любые сочетания исходных продуктов: с мясом, без мяса только с растительной продукцией, использовать мясо птицы или рыбы.

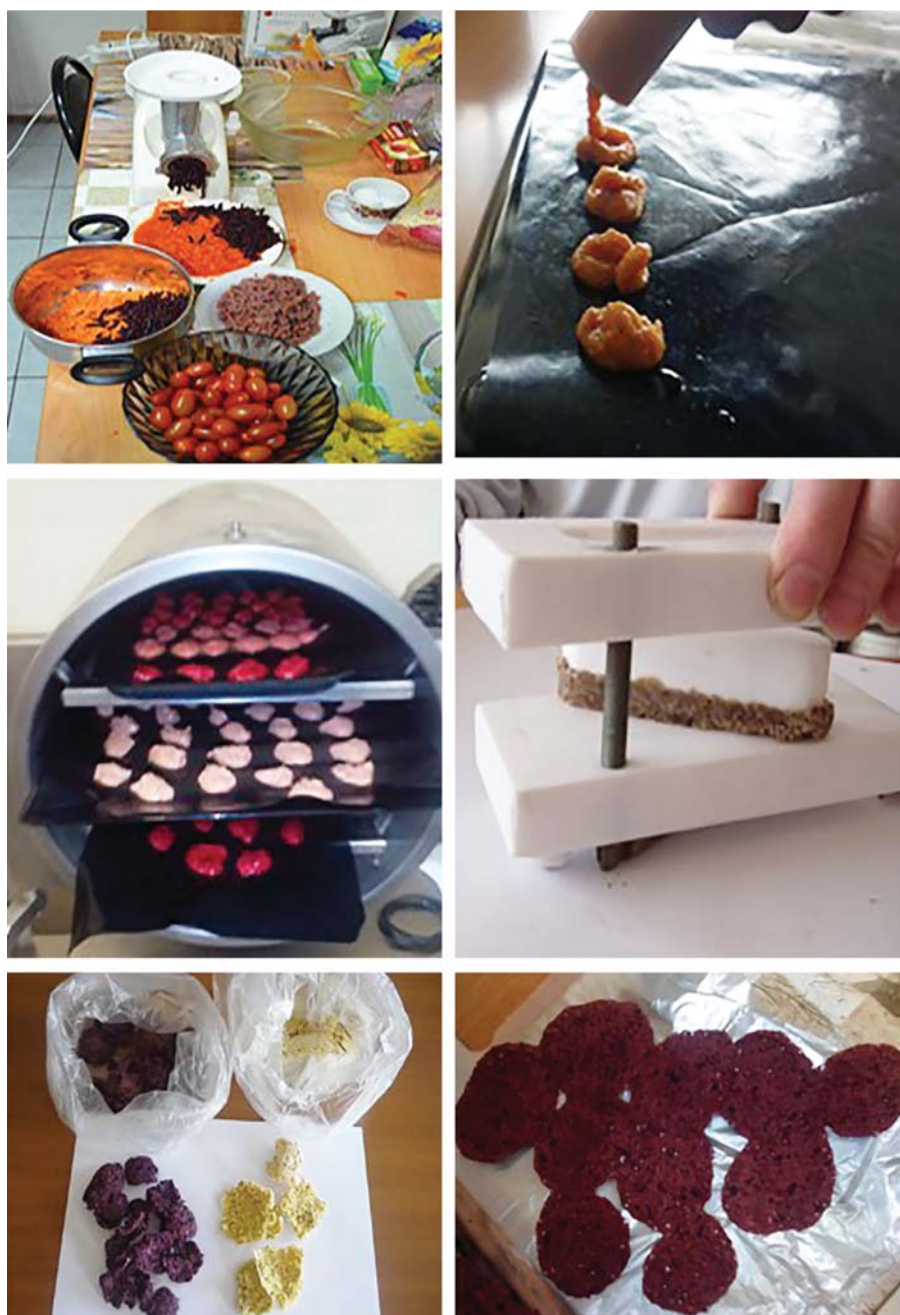


Рис. 1. Технологический процесс подготовки и обезвоживания многокомпонентного сырья методом НВС
Fig. 1. Technological process of preparation and dehydration of multi-component raw materials using the LTVD method

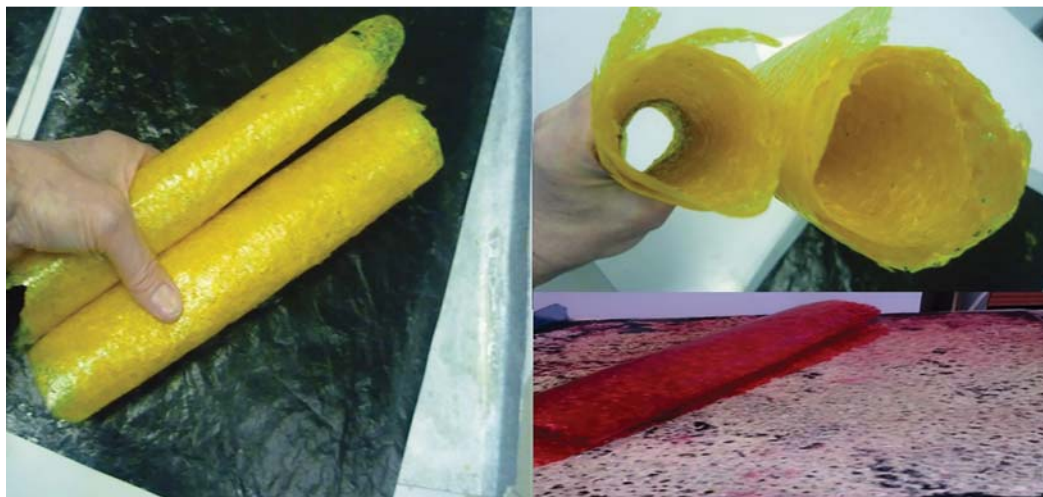


Рис. 2. Обезвоженные методом низкотемпературной вакуумной сушки «рулоны» из измельченных остатков манго и клубники с остаточной влажностью 15-20%

Fig. 2. "Rolls" of crushed mango residues and strawberries dehydrated by LTVD (low temperature vacuum drying) with a residual moisture content of 15-20%

Обработку продукта можно выполнять, например высокоэффективным консервантом, обладающим и антисептическими, и пробиотическими свойствами (разработка – Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии (ВНИИПБТ) – филиал ФГБУН "Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи):

- однопроцентный водный раствор спиртового уксуса, содержащий *Lactobacillus plantarum* В-578/25 и полученный методом ферментации уксуснокислых бактерий;

- однопроцентный водный раствор молочной кислоты, содержащий *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* Ас-103/12 и полученный методом ферментации молочнокислых бактерий.

На рисунке 3 представлена диаграмма изменения температуры продукта, на которой можно четко видеть принципиальное различие двух способов вакуумного обезвоживания: ВСС и НВС – в первом случае объект заморожен (BCDE), а во втором – нет (BFE).

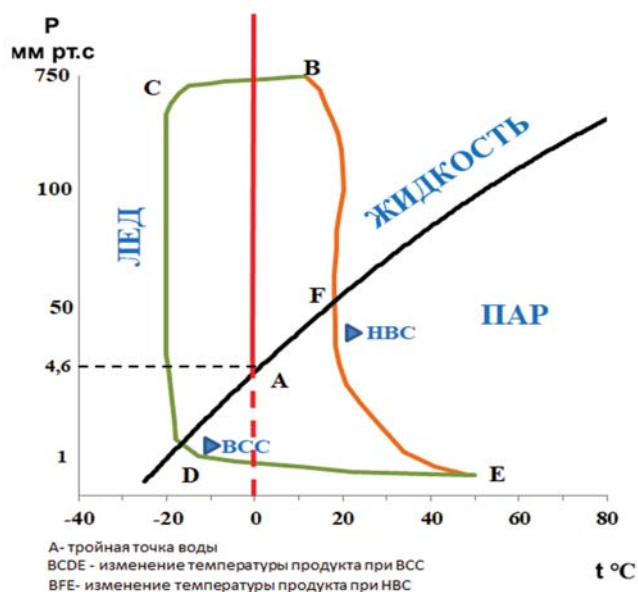


Рис. 3. Диаграмма равновесного состояния (тройной точки) воды. ВСС и НВС
Fig. 3. Diagram of the equilibrium state (triple point) of water. LTVD and VFD

Экспериментальные исследования по вакуумной сушке проводились на установке фирмы Hetosicc. Подогрев сырья осуществлялся контактным способом от нагревательных полок до температуры 40°C. В качестве теплоносителя внутри полок для подогрева использовалась вода. Температуру измеряли двумя термометрами ТРМ-200 ОВЕН (предел основной допустимой погрешности: $\pm 0,5\%$), значение вакуума – электронным вакуумметром Меродат и дублировали стрелочным вакуумметром ВО11201 (класс точности 0,4). Максимальное значение разряжения составляло 200 Па. Значение начальной и конечной влажности определяли с помощью анализатора влажности AND ML-50 (погрешность содержания влаги 0,1/1%).

Кроме продуктовых изделий из свежих плодов ягод и фруктов, были предложены и рассмотрены, многокомпонентные готовые к употреблению продукты, содержащие термически обработанное или не обработанное белковое сырье животного происхождения в различных сочетаниях с растительным. Овощи и плоды как продукты питания являются практически единственными поставщиками витаминов, пектиновых волокон и активной клетчатки, минеральных элементов щелочного характера, органических кислот и углеводов. Дефицит этой части рациона – самая распространенная ошибка питания, которая может привести к весьма серьезным отрицательным последствиям.

Экспериментально были установлены для разных видов продукции физические параметры сушки как вакуумной сублимационной, так и модифицированной технологии – вакуумной сушки без замораживания сырья.

Проанализировав проблемы питания космонавтов в условиях космического полета, рядом авторов отмечены следующие проблемы, с которыми космонавты сталкиваются: продукты должны иметь низкий вес и объем, быть готовы к употреблению и при этом не портятся при хранении в кабине корабля, имеющей температуру воздушной среды 20...25°C. Кроме того, во время приема пища не должна быть источником загрязнения воздушной среды мелкими частицами, которые могли бы попадать с вдыхаемым воздухом в дыхательные пути [7,15,16]. Если с первыми тремя проблема

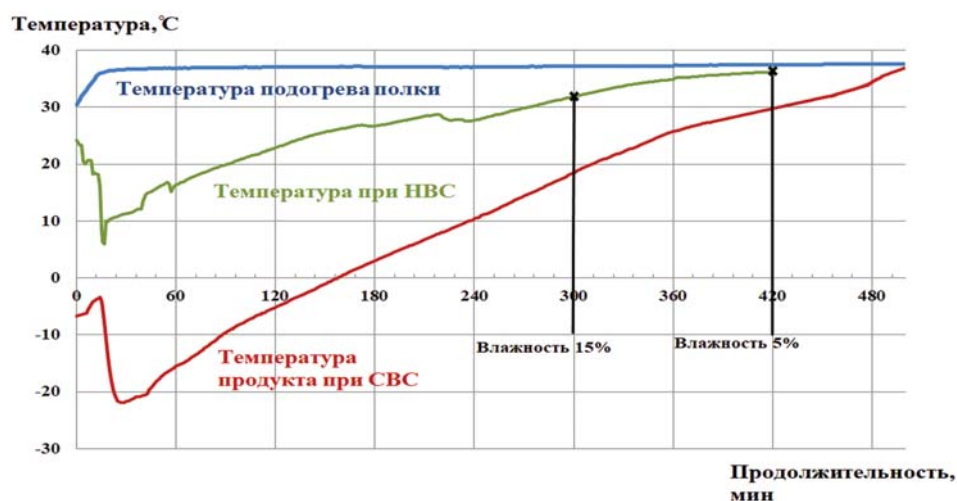


Рис. 4. Изменение температуры исследуемого образца по времени
Fig. 4. Change in temperature of the sample under study over time

справляются любые виды обезвоживания, то последнее условие не всегда выполнимо при сублимационной сушке.

Чтобы решить эту проблему, лучше всего подходит вакуумная сушка без замораживания сырья – низкотемпературная вакуумная сушка. Поскольку сухой продукт может крошиться и превращаться в мелкую пыль, что категорически невозможно допустить на борту обитаемого космического корабля или станции, то мы предлагаем для космического питания конечное значение влагосодержания готового продукта доводить до определенного коридора значений в 15-30%. Продукты с такой остаточной влажностью – не крошатся и не разваливаются на мелкие частицы, при этом могут быть многокомпонентными (мясо + овощи + фрукты + ягоды + сыр + и т.п.) – по консистенции, например, как сыровяленая колбаса или сухофрукты.

Экспериментально была подтверждена особенность модифицированной технологии сушки – вакуумной сушки без замораживания сырья: возможность проводить обезвоживание продукта до заданной конечной влажности, т.к. кипение и испарение влаги происходит по всему объему высушиваемого объекта. При сублимации (ВСС) этот же процесс повторить практически невозможно, т.к. объект заморожен, а сублимация льда происходит с его

поверхности и прервать этот процесс до полного его испарения – сублимации из средних слоев нельзя.

На рисунке 4 представлен характерный график изменения температур в процессе обезвоживания свежих плодов манго. На данном графике показана разница в продолжительности обезвоживания плодов манго при одинаковом тепло подводе, двумя разными способами вакуумной сушки, черными линиями показаны моменты остановки процесса обезвоживания до заданного значения конечного влагосодержания именно при обезвоживании способом НВС (25, 15 и 5%), чего нельзя сделать при способе ВСС.

В результате исследований составлены сравнительные таблицы содержания полезных веществ и витаминов в исследуемых продуктах, выявлены энергетические преимущества и положительное влияние на структуру продукта низкотемпературной вакуумной сушки. При проведении сравнения качественных показателей готовых пищевых продуктов после обезвоживания было выявлено, что два рассмотренных способа вакуумной сушки сопоставимы между собой и значительно эффективнее, чем конвективное обезвоживание. Поэтому мы решили сравнить новую технологию низкотемпературной вакуумной сушки (без замораживания сырья) сравнить с обычной конвективной сушкой

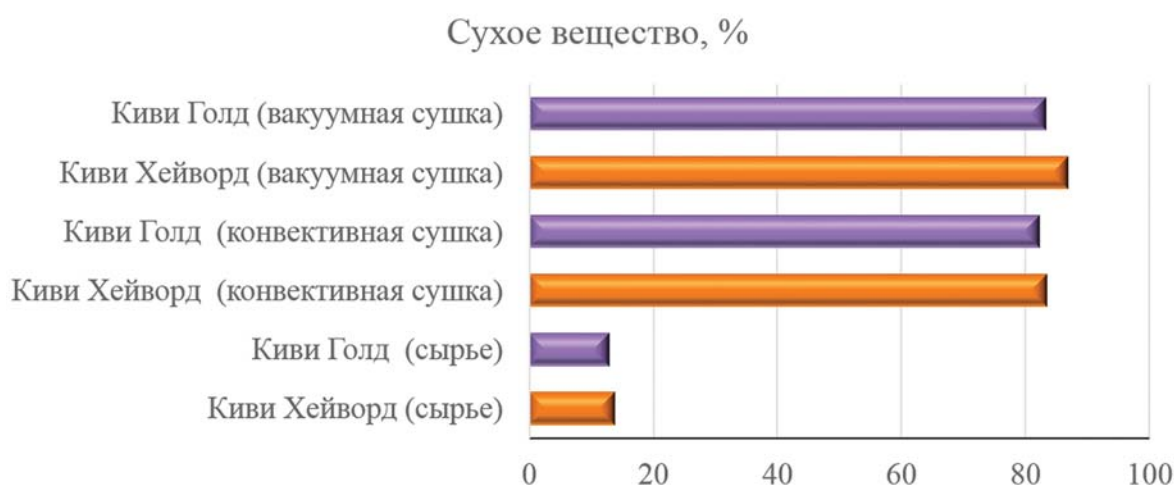


Рис. 5. Содержание сухого вещества в сырье и готовом продукте (фрипсах) плодов киви, высушенном разными видами сушки
Fig. 5. Content of dry substances in raw materials and finished product (frips) of kiwi fruits dried by different types of drying

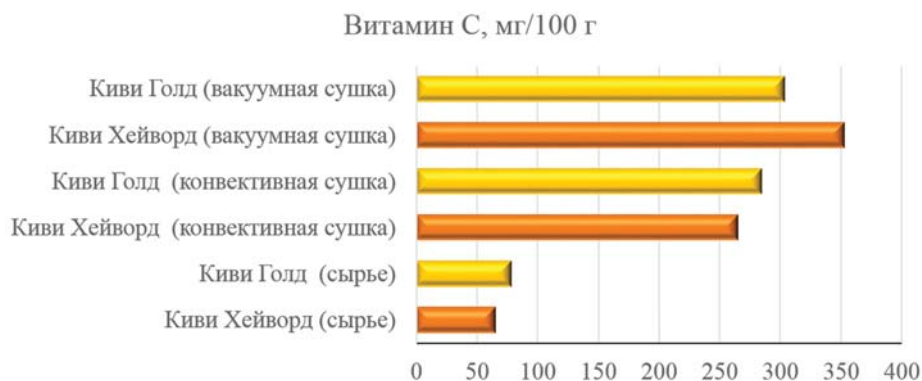


Рис. 6. Содержание витамина С в сырье и готовом продукте (фрипсах) плодов киви, высушенном разными видами сушки
Fig. 6. Content of vitamin C in raw materials and finished product (frips) of kiwi fruits, dried by different types of drying



Рис. 7. Содержание сахаров в сырье и готовом продукте (фрипсах) плодов киви, высушенном разными видами сушки
Fig. 7. Sugar content in raw materials and finished product (frips) of kiwi fruits dried by different types of drying

(сушка горячим воздухом), так как именно при этих видах сушки возможно не доводить продукт до высокой степени обезвоживания.

В процессе сушки удаляется влага и продукт становится более концентрированным, поэтому содержание всех биохимических показателей качества увеличивается естественным образом. Так, в сырых плодах киви содержится 12,9-13,7% сухого вещества. Конвективную и вакуумную сушку без замораживания сырья доводили до содержания сухого вещества на уровне 82,3-86,8% (рис. 5).

При выборе объектов исследований в первую очередь учитывают содержание в исходном сырье витамина С и готовых фрипсах. Полученные экспериментальным путем показатели качества высушенных и свежих продуктов представлены на рисунке 6.

Сравнивая полученные данные, следует отметить, что новая технология сушки – низкотемпературная вакуумная сушка, лучше сохраняет витамин С. Так в

фрипсах из желтых плодов киви сорта Голд, высушенных вакуумной сушкой без замораживания сырья, содержание витамина С было выше на 18,6 мг/100 г, чем у фрипсов, высушенных конвективной сушкой. Также и у фрипсов из плодов зеленого киви сорта Хейворд при низкотемпературной вакуумной сушке витамина С было больше на 87,8 мг/100 г, чем при конвективной сушке.

Исходя из экспериментальных данных (рис. 7), установлено, что сахара хорошо сохраняются при обеих видах сушки. Новая технология сушки – низкотемпературная вакуумная сушка имеет тенденцию по лучшему сохранению сахаров в готовом продукте. Так, в фрипсах из желтых плодов киви сорта Голд, высушенных вакуумной сушкой без замораживания сырья, сумма сахаров была выше, чем у фрипсов, высушенных конвективной сушкой, на 1,6%. Также и у фрипсов из плодов зеленого киви сорта Хейворд при вакуумной сушке сумма сахаров была больше на 1,53%, чем при конвективной сушке.

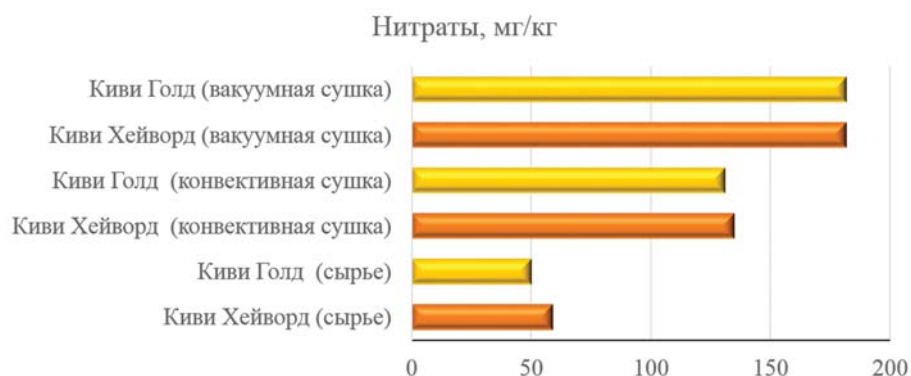


Рис. 8. Содержание сахаров в сырье и готовом продукте (фрипсах) плодов киви, высушенном разными видами сушки
Fig. 8. Sugar content in raw materials and finished product (frips) of kiwi fruits dried by different types of drying



Рис. 9. Внешний вид фрипсов плодов киви сорта Голд, полученных вакуумной сушкой (слева) и конвективной сушкой (справа)
Fig. 9. Appearance of frips of Gold variety kiwi fruits obtained by vacuum drying (left) and convective drying (right)

низкотемпературной вакуумной сушки перед конвективной, поэтому для получения фрипсов рекомендуется использовать именно низкотемпературную вакуумную сушку.

Закключение

На основании проведенных экспериментальных исследований и обработки полученных результатов сделаны следующие выводы:

1. Обезвоживание способом НВС позволяет получать готовые изделия с заданным конечным влагосодержанием, причем изделие может быть из многокомпонентного сырья.

2. Продолжительность процесса обезвоживания способом НВС по сравнению со способом ВСС сокращается приблизительно на 10-20% в зависимости от продукта, при этом за счет отсутствия предварительного замораживания удельные энергетические затраты на сушку пищевого объекта предположительно могут быть снижены на 15-25%.

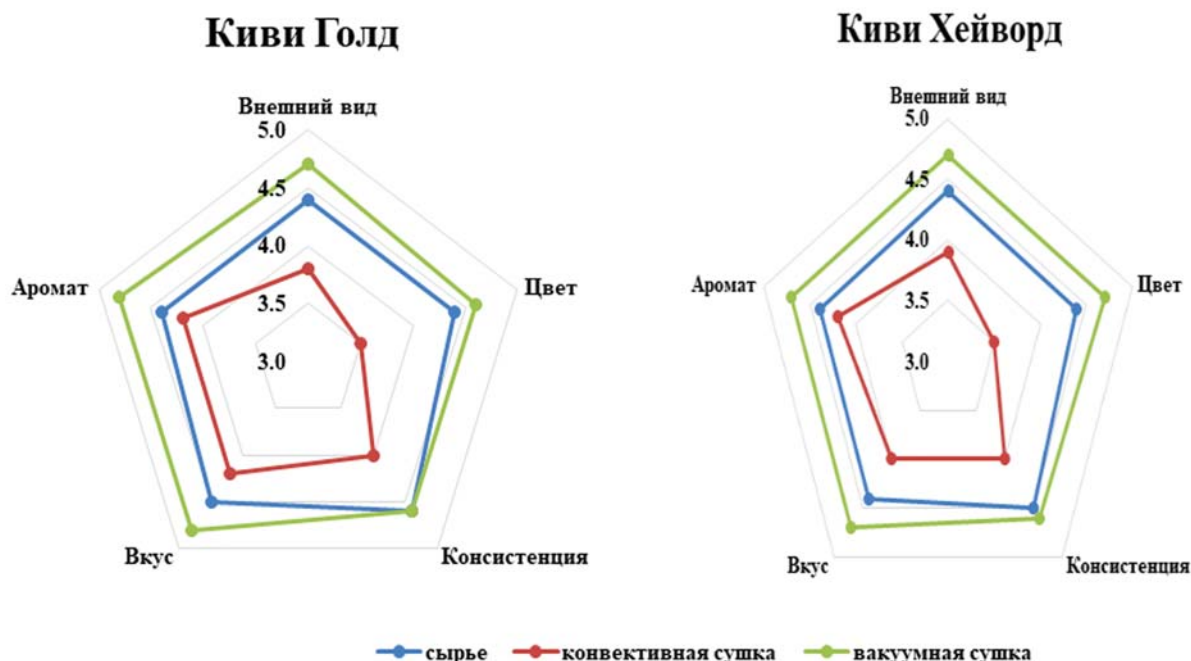


Рис. 10. Профилограмма результатов органолептической оценки плодов киви сорта Голд и Хейворд в качестве сырья и в качестве фрипсов, полученных разными видами сушки
Fig. 10. Profilogram of the results of organoleptic evaluation of kiwi fruits of the Gold and Hayward varieties as raw materials and as frips obtained by different types of drying

Исходя из того, что при сушке содержание сухого вещества в готовом продукте увеличилось в 6,3 раза, следует отметить, что содержание нитратов в полученных фрипсах было невысоким, что свидетельствует о том, что переработка растительного сырья, в том числе и тепловая обработка в виде сушки, уменьшают содержание нитратов (рис. 8). При этом вакуумная сушка меньше разрушала нитраты, как более щадящая.

Органолептическая оценка растительного сырья и фрипсов, полученных из плодов киви разными видами сушки, показала, что фрипсы, высушенные вакуумной сушкой без замораживания сырья, значительно превосходят фрипсы, высушенные конвективной сушкой по всем показателям (рис. 9-10).

Сравнивая органолептические и биохимические показатели качества, следует отметить преимущества

3. Показатели качества готового сухого продукта, высушенного представленными способами, сопоставимы, содержание витаминов и микроэлементов находится на почти одинаковом уровне, поэтому при выборе вида сушки можно рекомендовать способ НВС, как менее энергетически затратный.

4. По основным биохимическим показателям качества низкотемпературная вакуумная сушка превосходит конвективную при изготовлении фрипсов из растительного сырья.

5. Органолептическая оценка растительного сырья и фрипсов, полученных из плодов киви разными видами сушки, показала, что фрипсы, высушенных низкотемпературной вакуумной сушкой (без замораживания сырья), значительно превосходят фрипсы, высушенные конвективной сушкой по всем показателям.

• Литература

1. Vega-Gálvez A., Uribe E., Pastén A., Vega M., Poblete J., Bilbao-Sainz C., Chiou B. Low-temperature vacuum drying as novel process to improve papaya (*Vasconcellea pubescens*) nutritional-functional properties. *Future Foods*. June 2022;(5):100117. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100117>
2. Семенов Г.В. Особенности процесса сублимационной сушки в условиях промышленного производства. Материалы 3-й международной научно-практической конференции. «Современные энергосберегающие технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов), СЭТТ-2008», МГУПБ, 2008. Том 2. С. 122-123.
3. Roratto T.B., Monteiro R.L., Carciofi B.A.M. Laurindo J.B. An innovative hybrid-solar-vacuum dryer to produce high-quality dried fruits and vegetables. *LWT*. 2021;(140):110777. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110777>
4. Аристов Н.И. Космическое питание. Технологии. История и современность. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*. 2017;3(13):980–982. EDN YQWCSS.
5. Либорова Е.А., Козлова Е.И. Особенности питания космонавтов. Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых : сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок : в 5 т., Курск, 01 декабря 2021 года. Том 4. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. С. 176-179. EDN MEKCUE.
6. Самигулла Т., Абжанова А.Х. Питание в космосе. Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика: материалы XLI Междуна. науч.-практ. конф. Алматы, Казахстан, 03–04 апреля 2017 года. Под редакцией Б.М. Ибраева. Том 3. Алматы, Казахстан: Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, 2017. С. 497-502. EDN WTVBAE.
7. 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.
8. Проблемы космического питания [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://www.cosmos-journal.ru/articles/225> (дата обращения: 5.02.2024).
9. Очень высокая кухня и никаких тюбиков: чем и как питаются современные космонавты [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://knife.media/space-menu/> (дата обращения: 5.02.2024).
10. Милеенкова Е.В., Насонова В.В., Бдоян В.А. Снеки - ретроспектива и современность. Все о myase. 2021;(1):6-10. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2021-1-6-10>. EDN UVFWXZ.
11. Царахов О.А., Бигулова А.А., Козырева А.Э. Обзор продуктов здорового питания и активного долголетия массового потребления. *Молодые ученые в решении актуальных проблем науки*: Материалы XI Международной научно-практической конференции, Владикавказ, 20–26 декабря 2021 года. Владикавказ: Веста, 2021. С. 141-144. EDN LWNXMI.
12. Рахта А.А., Игнатчук А.В. Конкурентный анализ рынка овощных чипсов Республики Беларусь. *NovalInfo.Ru*. 2023;(140):34-37. EDN TWHIEI.
13. Кузнецова Н.Е., Медведев П.В. Исследование ассортимента продуктов функционального назначения в виде банановых чипсов, представленного на потребительском рынке маркетплейсов в Г. Москве. Актуальные проблемы прикладной биотехнологии и инженерии : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Оренбург, 21 июня 2022 года. Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2022. С. 39-57. EDN VVJXHN.
14. Макушин А.Н., Волкова А.В. Выбор оптимального способа сушки при производстве овощных фрипов. Актуальные проблемы технологии продуктов питания, туризма и торговли : Сборник научных трудов II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Нальчик, 30 сентября 2021 года. Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2021. С. 46-51. EDN WYXJYR.
15. Добровольский В.Ф. Использование современных технологий для разработки и обеспечения питанием космонавтов. *Индустрия питания*. 2016;1(1):33-36. EDN YHWORZ.
16. Крутий А.В., Зундуев Д.Б., Смертина Н.Д. Обеспечение качества и безопасности питания в жизнедеятельности космонавтов. Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сборник материалов IX Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики. В 3-х томах, Красноярск, 10–14 апреля 2023 года. Том 3. Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2023. С. 37-39. EDN EOPGQM.

• References

1. Vega-Gálvez A., Uribe E., Pastén A., Vega M., Poblete J., Bilbao-Sainz C., Chiou B. Low-temperature vacuum drying as novel process to improve papaya (*Vasconcellea pubescens*) nutritional-functional properties. *Future Foods*. June 2022;(5):100117. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100117>
2. Semenov G.V. Features of the freeze drying process in industrial production conditions. Materials of the 3rd international scientific and practical conference. "Modern energy-saving technologies (drying and thermal-moisture processing of materials), SETT-2008", MGUPB, 2008. Volume 2. P. 122-123. (In Russ.)
3. Roratto T.B., Monteiro R.L., Carciofi B.A.M. Laurindo J.B. An innovative hybrid-solar-vacuum dryer to produce high-quality dried fruits and vegetables. *LWT*. 2021;(140):110777. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110777>
4. Aristov N.I. Space food. technologies. History and present. *Actual problems of aviation and cosmonautics*. 2017;3(13):980–982. EDN YQWCSS. (In Russ.)
5. Liborova E.A., Kozlova E.I. Peculiarities of nutrition of astronauts. Innovative potential for the development of society: the view of young scientists: collection of scientific articles of the 2nd All-Russian Scientific Conference of Advanced Developments: in 5 volumes, Kursk, December 01, 2021. Volume 4. Kursk: Southwestern State University, 2021. pp. 176-179. EDN MEKCUE. (In Russ.)
6. Samigulla T., Abzhanova A.Kh. Food in space. Innovative technologies in transport: education, science, practice: materials of the XLI International. scientific-practical conf. Almaty, Kazakhstan, April 03–04, 2017. Edited by B.M. Ibraeva. Volume 3. Almaty, Kazakhstan: Kazakh Academy of Transport and Communications named after. M. Tynyspayeva, 2017. P. 497-502. EDN WTVBAE. (In Russ.)
7. 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.)
8. Problems of space nutrition [Electronic resource]/ Access mode: <https://www.cosmos-journal.ru/articles/225> (access date: 02/5/2024).
9. Very haute cuisine and no tubes: what and how modern cosmonauts eat [Electronic resource]/ Access mode: <https://knife.media/space-menu/> (access date: 02/5/2024).
10. Mileenkova E.V., Nasonova V.V., Bdoyan V.A. Snacks - the retrospective and the present. *Vsyo o myase*. 2021;(1):6-10. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2021-1-6-10>. EDN UVFWXZ. (In Russ.)
11. Tsarakhov O.A., Bigulova A.A., Kozyreva A.E. Overview of healthy food products and active longevity of mass consumption. *Young scientists in solving current problems of science: Materials of the XI International Scientific and Practical Conference*, Vladikavkaz, December 20–26, 2021. Vladikavkaz: Vesta, 2021. pp. 141-144. EDN LWNXMI. (In Russ.)
12. Rakhta A.A., Ignatchuk A.V. Competitive analysis of the vegetable chips market in the Republic of Belarus. *NovalInfo.Ru*. 2023;(140):34-37. EDN TWHIEI. (In Russ.)
13. Kuznetsova N.E., Medvedev P.V. A study of the range of functional products in the form of banana chips, presented on the consumer market of marketplaces in Moscow. Current problems of applied biotechnology and engineering: Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference, Orenburg, June 21, 2022. Orenburg: Orenburg State University, 2022. pp. 39-57. EDN VVJXHN. (In Russ.)
14. Makushin A.N., Volkova A.V. Choosing the optimal drying method for the production of vegetable frips. Current problems of food technology, tourism and trade: Collection of scientific papers of the II All-Russian (national) scientific and practical conference, Nalchik, September 30, 2021. Nalchik: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov", 2021. P. 46-51. EDN WYXJYR. (In Russ.)
15. 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.)
16. Kruty A.V., Zunduev D.B., Smeritina N.D. Ensuring the quality and safety of nutrition in the astronauts life. Current problems of aviation and astronautics: collection of materials from the IX International Scientific and Practical Conference dedicated to Cosmonautics Day. In 3 volumes, Krasnoyarsk, April 10–14, 2023. Volume 3. Krasnoyarsk: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev", 2023. P. 37-39. EDN EOPGQM. (In Russ.)

Об авторах:

Сергей Сергеевич Борзов – младший научный сотрудник лаборатории систем климатоснабжения и теплофизических измерений, <https://orcid.org/0000-0003-4431-1815>, SPIN-код: 9609-6436, автор для переписки, donsb@bk.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
Елена Валерьевна Янченко – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>, SPIN-код: 6301-7782

About the Authors:

Sergey S. Borzov – Junior Researcher, Laboratory of Refrigeration Systems and Thermophysical Measurements, <https://orcid.org/0000-0003-4431-1815>, SPIN-code: 9609-6436, Corresponding Author, donsb@bk.ru
Nikolay E. Kaikhcheshvili – Cand. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory of Frozen and Dehydrated Food Products, <https://orcid.org/0000-0003-0203-3597>, SPIN-code: 7195-0990
Elena V. Yanchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-3165-7238>, SPIN-code: 6301-7782