

Технологические решения в области производства сушеного лука, представленные в современных источниках научно-технической информации

Technological solutions in the field of dried onion production, presented in modern sources of scientific and technical information

Гаспарян Ш.В., Масловский С.А.,
Мудреченко С.Л., Цыганкова К.Ю.

Gasparyan Sh.V., Maslovskiy S.A., Mudrechenko S.L.,
Tsygankova K.Yu.

Аннотация

Представлен обзор технологических решений в области производства сушеного лука на основании анализа открытых источников научно-технической информации. Сушеный лук представляет собой востребованное сырье, используемое при производстве широкого ассортимента ряда продуктов питания и имеет большой экспортный потенциал. Совершенствование технологий его производства, направленных на повышение качества продукции, требует соответствующего научного обеспечения, и исследования в данном направлении проводятся как в Российской Федерации, так и за рубежом. В работе представлен аналитический обзор научно-технической информации по вопросам технологических свойств сортов репчатого лука применительно к регионам выращивания сырья и способам сушки, рассмотрены способы сушки (конвективный, сублимационный, радиационный) и промышленное оборудование, применяемое для этих целей, а также представлены данные о влиянии способов и параметров сушки на кинетику процесса и свойства готовой продукции. Рассмотрено влияние способа и температурного режима сушки на сохраняемость компонентов химического состава сырья. Представлены данные из зарубежных источников, о совершенствовании технологий сушки лука с использованием солнечной энергии, что актуально для стран тропического пояса, являющихся лидерами по производству лука репчатого. На основании анализа источников научно-технической информации по данной тематике был сделан вывод о том, что основными направлениями научно-исследовательской работы по совершенствованию технологий производства сушеного лука являются изучение способов дегидратации с позиции физических аспектов сушки. Основной акцент делается на процессы тепло- и массообмена, о которых можно судить по кривым сушки. При этом недостаточное внимание уделяется вопросам обоснования параметров сушки и их влияния на качество готовой продукции. Также в недостаточной степени проработаны вопросы формирования технологических свойств сырья, используемого для данного способа переработки. Дальнейшая научно-исследовательская работа в этой области должна быть направлена на решение этих вопросов.

Ключевые слова: лук репчатый, сушка, сорта, дегидратация, конвекция, сублимация, излучение.

Для цитирования: Технологические решения в области производства сушеного лука, представленные в современных источниках научно-технической информации / Ш.В. Гаспарян, С.А. Масловский, С.Л. Мудреченко, К.Ю. Цыганкова // Картофель и овощи. 2025. №5. С. 31-36. <https://doi.org/10.25630/PAV.2025.10.84.001>

Abstract

The paper presents an overview of technological solutions in the field of dried onion production based on the analysis of open sources of scientific and technical information. Dried onion is a popular raw material used in the production of a wide range of food products and has great export potential. Improving its production technologies aimed at improving product quality requires appropriate scientific support, and research in this area is conducted both in the Russian Federation and abroad. The paper presents an analytical review of scientific and technical information on the technological properties of onion varieties in relation to raw material growing regions and drying methods, considers drying methods (convective, sublimation, radiation) and industrial equipment used for these purposes, and presents data on the influence of drying methods and parameters on the kinetics of the process and the properties of finished products. The effect of the drying method and temperature regime on the shelf life of the components of the chemical composition of the raw materials is considered. Data from foreign sources on the improvement of onion drying technologies using solar energy are presented, which is important for tropical countries that are leaders in onion production. Based on the analysis of sources of scientific and technical information on this topic, it was concluded that the main areas of research work on improving the technology of dried onion production are the study of dehydration methods from the standpoint of the physical aspects of drying. The main emphasis is on the processes of heat and mass transfer, which can be judged by the drying curves. At the same time, insufficient attention is paid to the issues of substantiating the drying parameters and their impact on the quality of the finished product. Also, the issues of forming the technological properties of the raw materials used for this processing method have not been sufficiently developed. Further research work in this area should be aimed at solving these issues.

Key words: onions, drying, varieties, dehydration, convection, sublimation, radiation.

For citing: Technological solutions in the field of dried onion production, presented in modern sources of scientific and technical information. Sh.V. Gasparyan, S.A. Maslovskiy, S.L. Mudrechenko, K.Yu. Tsygankova. Potato and vegetables. 2025. No5. Pp. 31-36. <https://doi.org/10.25630/PAV.2025.10.84.001> (In Russ.).

Сушка – один из способов переработки растительного сырья, основанный на принципе анабиоза (ксероанабиоза). Ее сущность заключается в удалении влаги до остаточного содержания 12-14%, при которой становится невозможным развитие патогенной микрофлоры, вызывающей порчу готовой продукции [1, 2]. Сушеная овощная продукция отличается продолжительным сроком хранения, имеет меньшие массу и объем по сравнению со свежим сырьем. Технологии сушки отвечают требованиям, предъявляемым к производству органической продукции [3].

Лук репчатый в силу своих технологических особенностей представляет большой интерес как сырье для данного способа переработки. Сушеный лук вырабатывается в виде измельченных хлопьев, чипсов, гранул, порошка. Они широко используются при приготовлении таких продуктов, как супы, соусы, закуски и блюда, готовые к употреблению в качестве альтернативы свежему луку. Включение в рецептуру пищевых продуктов сушеного лука придает им характерный вкус, аромат и текстуру [4]. Существенной предпосылкой для организации производства подобной продукции в Российской Федерации являются достаточный объем его производства – по данным портала AtlasBig под репчатым луком занято 55,787 тыс. га, валовый сбор составляет 1,6 млн т. (14-е место среди стран – производителей этой культуры) [5] (**рис. 1**).

Производство сушеного лука представляет собой сложный технологический процесс, параметры которого оказывают решающее влияние на качество готового продукта. Анализ и обобщение научно-технической информации по данной тематике представляет интерес как для научных работников, так и производителей, занятых в данной сфере.

Цель работы – аналитический обзор по вопросам современных технологий сушки репчатого лука в части обоснования требований к сырью, его



предварительной обработки, и способам дегидратации. При ее выполнении использовали открытые информационные ресурсы – научная электронная библиотека e-library, Гугл-академия, Agris, Elsevier и др.

Условие получения высококачественного продукта – использование сырья, технологические характеристики которого в наибольшей степени отвечают тому или иному способу переработки. Основные из них для репчатого лука – урожайность, форма и размер луковиц, строение и окраска покровных и сочных чешуй, консистенция, вкус и аромат, химический состав. На основании результатов исследований, проведенных во ВНИИ консервной и овощесушильной промышленности, были сформулированы технические требования к данному виду сырья (**табл.**) [6].

Для сушки непригодны сорта с фиолетовой окраской сочных чешуй, так как при обработке они приобретают непривлекательный грязно-черный цвет.

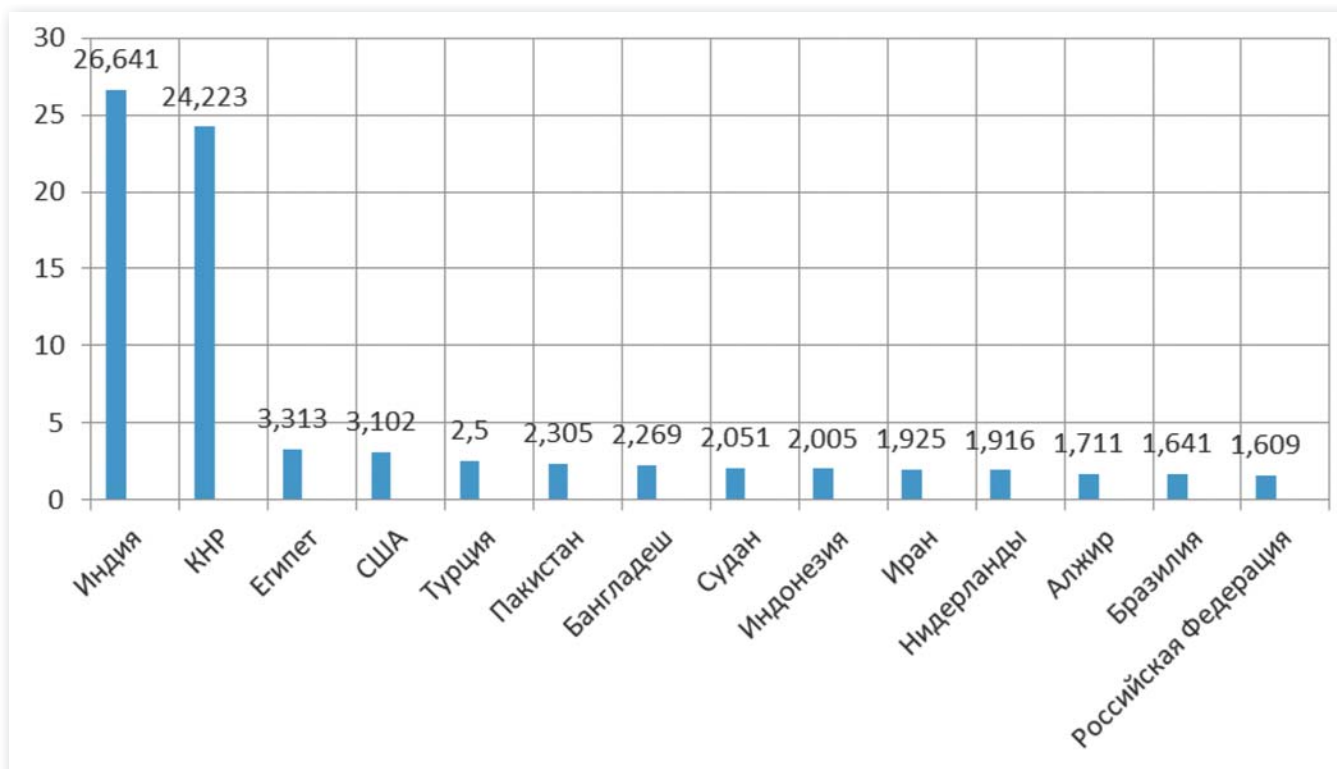


Рис. 1. Объемы производства лука репчатого (млн т.) по странам – ведущим производителям

Технологические требования к сортам репчатого лука, предназначенным для консервирования и сушки

Показатель	Технологические требования
Форма луковицы	Округлая
Размер луковицы	Не менее 4 см по наибольшему диаметру
Толщина шейки на высоте 1,5 см, мм	4-5
Покровные чешуи	Плотно прилегающие от белого до красно-коричневого цвета
Сочные чешуи	Белые, с легким кремовым оттенком, мясистые
Консистенция	Плотная
Вкус и аромат	Острый, полуострый с хорошо выраженным ароматом свежего лука
Содержание сухих веществ (высушиванием), %	Не менее 17
растворимых сухих веществ, %	Не менее 15
редуцирующих сахаров, %	Не более 2,5
пропилалин, %	0,2-0,4
витамина С, мг/100г	Не менее 10
Отходы при очистке, %	Не более 8
Лежкость в обычных условиях склада	Не менее 6 месяцев

В различных регионах Российской Федерации проводили технологические испытания современных сортов на пригодность к различным способам сушки. Применительно к условиям Московской области Е.В. Янченко и др. [7] рекомендуют сорта Глобус и Золотые купола в качестве сырья для низкотемпературной вакуумной и сублимационной сушки. В.А. Бочаров [8] на основе анализа сортов, возделываемых в Волго-Вятском регионе, в качестве наилучших для сушки выделил Халцедон, Музыка и Робин. Сорт Халцедон также рекомендуется применительно к условиям Хорезмской области Республики Узбекистан [9]. Л.Ф. Скалецкая и др. [10] для условий лесостепи, на территории Украины выделяет сорта Гармония и Сквырська.

Необходимо отметить, что вопросы взаимосвязи сортовых особенностей лука репчатого и его технологических свойств, применимых к производству сушеной продукции, раскрыты недоста-

точно. В частности, отсутствуют перечни сортов и гибридов, рекомендуемых для данного способа переработки относительно основных регионов его возделывания, что не позволяет обосновывать сортимент возделывания в зонах заготовительной деятельности перерабатывающих предприятий.

Технологическая схема производства сушеного лука включает в себя следующие основные операции: инспекция, калибрование, очистка, мойка, измельчение, сульфитация, сушка, инспекция, упаковка [11]. Для предварительной подготовки сырья используется стандартное оборудование, применяемое в консервном производстве. Важная особенность репчатого лука состоит в том, что в отличие от других овощей его не подвергают бланшированию, а для предотвращения потемнения сульфитируют 0,2%-ным раствором бисульфита натрия (в основном, для лука сушеного, предусмотренного для экспорта).

Основная роль в формировании качества готовой продукции принадлежит процессу дегидратации сырья. По способу подвода тепла способы сушки можно подразделить на конвективный, кондуктивный и радиационный. При конвективной сушке подвод тепла и удаление влаги осуществляется за счет нагретого воздуха. Кондуктивная сушка заключается в подводе тепла к высушиваемому объекту за счет контакта с нагретой поверхностью, и он используется только для сушки пюреобразных и пастообразных материалов. Радиационный способ предусматривает использование ИК излучения [12]. Данная классификация не отвечает современному состоянию овощесушильной промышленности, поскольку не охватывает такие инновационные технологии, как низкотемпературная вакуумная, сублимационная сушка, использование СВЧ-излучения, комбинирование различных способов – объектов исследования на современном этапе.

Традиционный способ сушки овощного сырья – конвективный. В зависимости от объемов производства для его реализации применяют сушильные установки различных типов – шкафные, боксовые, ленточные [13].

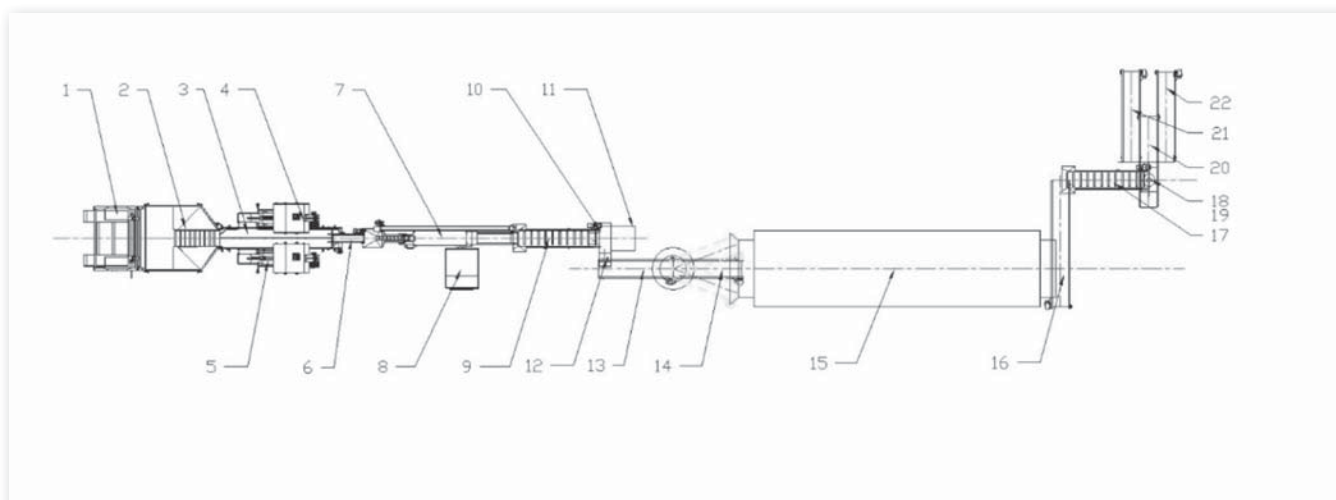


Рис. 2. Принципиальная схема линии по производству репчатого лука

1 – опрокидыватель контейнеров; 2 – приемный бункер; 3 – транспортер-питатель; 4, 5 – установки для обрезки донца и шейки; 6 – транспортер; 7 – машина для очистки лука; 8 – транспортер для удаления отходов; 9 – скребковый транспортер; 10 – машина для резки; 12 – вибротранспортер; 13 – транспортер; 14 – раскладчик; 15 – сушильный аппарат туннельного типа; 16 – отводной транспортер; 17 – Z-образный транспортер; 18 – металлодетектор; 19 – фасовочное устройство; 20, 21, 22 – рольганги.

Промышленные шкафы для сушки имеют небольшую производительность – разовая загрузка сырья составляет от 100 до 400 кг. В качестве источника энергии могут использоваться пар, газ, горячая вода, электричество, масло, инфракрасное излучение. Подготовленное сырье размещают на поддонах и помещают в сушильный шкаф. Вода испаряется под воздействием горячего воздуха, поток которого направлен на высушиваемый материал. Водяные пары удаляются при помощи вытяжного вентилятора; при этом происходит рециркуляция горячего воздуха, что обеспечивает высокую эффективность процесса.

Сушильные боксы на сегодняшний день – наиболее доступный тип сушильного оборудования. Применение в производстве нескольких единиц боксового сушильного оборудования позволяет вести процесс сушки непрерывно. Подготовленное сырье поступает в бункер сушильного бокса, где вода испаряется под воздействием горячего воздуха, поток которого направлен на высушиваемый материал. Воздух нагревается напрямую при помощи газовых, масляных, паровых теплообменников или аналогичных воздушонагревателей, а подается снизу вверх. Во время сушки продукт может перемешиваться как сильными потоками воздуха, так и вручную, что позволяет получить эффект сушки «в кипящем слое», что способствует интенсификации влагоудаления. Производительность линии, состоящей из 10 сушильных боксов серии СБ75 составляет 750 кг/ч.

Автоматические ленточные сушилки характеризуются непрерывностью процесса, большой производительностью при высокой степени дегидратации сырья. Они могут проектироваться как одноуровневыми, так и многоуровневыми. Ленточные сушилки работают по принципу непрерывной конвекции – сырье транспортируется с помощью стальной ленты через сушильную камеру подвергаясь воздействию потоков горячего воздуха. Во время процесса сушки продукт находится в неподвижном состоянии. Если с технологический цикл требует сдвигание продукта, то устанавливают дополнительные устройства – ворошители. Также дополнительное сдвигание происходит при передаче продукта с ленты на ленту в многоуровневых сушилках. Ворошение продукта способствует его более равномерной дегидратации.

На **рис. 2** представлена принципиальная схема технологической линии сушки лука, производства АО «Каховский экспериментальный механический завод» [14].

Лук на переработку поступает в контейнерах. Опрокидывателем контейнеров 1 сырье выгружается в приемный бункер 2 и транспортером-питателем 3 подается на установки для обрезки донца и шейки 4 и 5. Затем транспортером 6 лук подается на машину абразивного проходного действия 7, где происходит очистка луковиц от сухих чешуек и их ополаскивание водой перед подачей на резку. Сухие чешуи отводятся транспортером 8. Далее скребковым транспортером 9 сырье подается в машину для резки 10, установленную на технологической платформе 11, где происходит измельчение на фрагменты типа «кубик» или «кольцо».

Нарезанный лук поступает на сепарационный вибротранспортер 12, на котором отделяются

мелкие фрагменты нарезки от основной массы измельченного сырья.

Далее подготовленный лук транспортером 13 подается на раскладчик 14, который формирует равномерный слой на приемном транспортере сушильного аппарата туннельного типа 15.

После сушильного аппарата продукт поступает на поперечный отводной транспортер 16, а из него – в приемный лоток подъемного Z-образного транспортера 17.

За счет свободного падения продукт просыпается через рабочие органы металлодетектора 18, где осуществляется отделение металлических примесей, после чего подается в приемный бункер дозирующего устройства для расфасовки в коробки и/или крафт-мешки с системой зашивания 19. Данный участок укомплектован рольгангами №20, №21, №22, задача которых облегчить операторам участка формирование паллетных грузовых мест для отправки на склад готовой продукции.

Основные параметры конвективной сушки лука репчатого – температура, влажность, скорость движения воздуха в рабочей камере и продолжительность. Д.И. Фролов и К.П. Фудин [15, 16] изучая кинетику конвективной сушки при температурных режимах 30, 40, 50 и 60 °С установили, что повышение температуры от 30 до 60 °С позволяет сократить продолжительность сушки от 7 до 2 ч, что приводит к существенной экономии энергии, но при этом возрастают потери сахаров, органических кислот и аскорбиновой кислоты как наиболее термолабильным соединениям. Аналогичные результаты были получены С. Мота [17]. С увеличением температуры конвективной сушки отмечалось увеличение содержания в готовом продукте тиофенов, придающем ему сладкий вкус и снижение содержания альдегидов [18].

Е. Demiray и др. [19] с целью обоснования параметров конвективной сушки провели многофакторный опыт, в котором исследовали температуру сушильного агента, его скорость движения и направление движения – параллельно или перпендикулярно слою высушиваемого продукта. Анализируя процесс сушки с помощью математических методов было установлено, что горизонтальный подвод теплоносителя способствует сокращению продолжительности сушки, а образцы лука, высушенные при повышенных температурах, имеют более высокие коэффициенты регидратации.

Наиболее эффективный способ сушки лука с точки зрения сохранения его пищевой ценности – сублимационная сушка, суть которой заключается в дегидратации предварительно замороженного сырья при низких температурах в условиях разряжения. Технологическая схема традиционной сублимационной сушки предусматривающая замораживание при температуре -20 °С в течение 8-10 ч, дегидратацию при температуре до 40 °С и остаточном давлении 10-15 Па. [20, 21]. Эти же авторы, отмечая высокую энергозатратность и продолжительность этого способа сушки, с целью ее интенсификации предлагают кратковременную тепловую обработку (2-3 мин) путем воздействия микроволнового излучения. Препятствия для широкого распространения сублимационной сушки – энергозатратность, потребность в дорогостоящем оборудовании и высококвалифицированных специалистах. Себестоимость сублимированной про-

дукции примерно в 4 раза больше аналогичной, полученной методом конвективной сушки.

Один из путей снижения энергозатрат при производстве сушеного лука – использование технологии инфракрасной сушки. Продолжительность инфракрасной сушки примерно в 2-3 раза ниже, чем конвективной, полученный продукт легко подвергается гидратации, инфракрасное излучение существенно подавляет патогенную микрофлору [22]. В.А. Антоновой и др. [23] были определены кривые сушки лука репчатого по которым возможно определить время сушки слоя продукта в зависимости от температуры, размеров частиц лука, а также охарактеризовать изменение влажности продукта во время сушки.

Ведущие производители лука репчатого – страны тропического пояса (Индия, Китай, Египет), где возможно применение технологий солнечной сушки, и научные исследования, проводимые в этих странах, затрагивают вопросы этой технологии. Обзор технических решений солнечной сушки представлен в работе S. Vijaya Venkata Raman и др. [24]. Анализируются различные конструкции солнечных сушилок, особое внимание уделяя использованию сушилок с солнечными батареями, которые могут использоваться в пасмурные дни. Разработана модель солнечной сушилки с при-

нудительной конвекцией, обеспечивающая регулирование скорости воздушного потока, температуры воздуха и степени его рециркуляции [25]. Многие авторы [26, 27] отмечали, что при использовании солнечных сушилок наилучший способ подачи нагретого воздуха такой, при котором он проходит через слой высушиваемого материала.

Выводы

На основании анализа отечественной и зарубежной научной литературы можно сделать вывод о том, что основное направление научно-исследовательской работы по совершенствованию технологий производства сушеного лука – изучение способов дегидратации с позиции физических аспектов сушки. Основной акцент делается на процессы тепло- и массообмена, о которых можно судить по кривым сушки. При этом недостаточное внимание уделяется вопросам обоснования параметров сушки и их влияния на качество готовой продукции. Также в недостаточной степени проработаны вопросы формирования технологических свойств сырья, используемого для данного способа переработки. Дальнейшая научно-исследовательская работа в этой области должна быть направлена на решение этих вопросов.

Библиографический список

- 1.Трисвятский Л.А., Лесик Б.В., Курдина В.Н. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов. М.: Агропромиздат, 1991. 415 с.
- 2.Флауменбаум Б.Л., Танчев С.С., Гришин М.А. Основы консервирования пищевых продуктов. М.: Агропромиздат, 1986. 494 с.
- 3.Производство органической продукции из дикорастущего сырья: аналит. обзор / С.А. Масловский, И.Н. Ким, В.Я. Гольяпин, П.Н. Шаповалова. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. 88 с.
- 4.Global Dehydrated Onion Market – Industry Trends and Forecast to 2031 [Электронный ресурс] URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/ru/reports/global-dehydrated-onion-market>. Дата обращения 20.05.2025.
- 5.Моровое производство лука по странам [Электронный ресурс] URL: <https://ru.atlasbig.com/strany-po-proizvodstvu-luka>. Дата обращения 20.05.2025.
- 6.Мегердичев Е.Я. Технологические требования к сортам овощей и плодов, предназначенным для различных видов консервирования: методические рекомендации. М.: РАСХН, ВНИИКОП. 2003. 93 с.
- 7.Технологическая оценка отечественных сортов лука репчатого на пригодность к переработке / Е.В. Янченко, М.И. Иванова, А.А. Коломиец, Н.Э. Каухчешвили, А.А. Грызунов // Картофель и овощи. 2024. №4. С. 18-23. <https://doi.org/10.25630/PAV.2024.42.64.003>
- 8.Бочаров В.А. Совершенствование элементов технологии сушки овощей: специальность 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства»: дисс. канд. с.-х. наук. Мичуринск-наукоград РФ, 2010. 216 с. EDN QFACLF.
- 9.Каримова Д.З., Акрамов У.И. Выбор сортов овощных культур для сушки // Кронос: естественные и технические науки. 2021. №3(36). С. 18–20.
- 10.Скалецкая Л.Ф., Завадская О.В., Дяденко Т.В. Качество свежей и сушеной продукции лука репчатого (*Allium cepa* L.) разных сортов // Plant Varieties Studying and Protection. 2013. №3. С. 37–40.
- 11.Сборник рецептур и технологических указаний по переработке плодов и овощей. М.: Госторгиздат, 1960. 318 с.
- 12.Скрипников Ю.Г., Гореньков Э.С. Оборудование предприятий по хранению и переработке плодов и овощей: Учебник для техникумов. М.: Колос, 1993. 336 с.
- 13.DryFood Оборудование для сушки [Электронный ресурс] URL: <http://dry-food.ru/oborudovanie/> Дата обращения 27.05.2025.
- 14.Технологические промышленные линии и оборудование для сушки репчатого лука и других овощей серии V-SS от АО «Каховский Экспериментальный Механический завод» [Электронный ресурс] URL: <https://tmt-kemz.ru/tehnologicheskie-promyshlennye-linii-i-oborudovanie-dlya-sushki-repchatogo-luka-i-drugih-ovoshhej-serii-v-ss-ot-ao-kahovskij-eksperimentalnyj-mehanicheskij-zavod/> Дата обращения 18.06.2025.
- 15.Фролов Д.И., Фудин К.П. Изучение кинетики конвективной сушки репчатого лука // Инновационная техника и технология. 2015. №3(4). С. 28–32. EDN SVIQIO.
- 16.Фролов Д.И., Фудин К.П. Влияние конвективной сушки и температурного режима на содержание химических веществ в репчатом луке // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2016. №1(29). С. 84–89. EDN VRNCLZ.
- 17.Convective drying of onion: Kinetics and nutritional evaluation / C.L. Mota, C. Luciano, A. Dias, M.J. Barroca, R.P.F. Guiné. Food and Bioproducts Processing. 2010. Vol. 88. Iss. 2–3. Pp. 115–123. DOI: 10.1016/j.fbp.2009.09.004
- 18.Volatile composition and sensory characteristics of onion powders prepared by convective drying / S.M. Choi, D.L. Lee, J.Y. Kim, S.T. Lim. Food Chemistry. 2017. Vol. 231. Pp 386–392. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.129>.
- 19.Demiray E., Şeker A., Tulek Y. Drying kinetics of onion (*Allium cepa* L.) slices with convective and microwave drying // Heat and Mass Transfer. 2017 No53(5). Pp. 1–11. DOI:10.1007/s00231-016-1943-x
- 20.Анализ показателей качества сублимационных продуктов на примере лука и свеклы. / У.Р. Кадилов, М.М.У. Арипов, Д. Юсупова, Ш.М. Маматов // Universum: технические науки. 2023. №1–3. С. 30–33.
- 21.Экспериментальные исследования сублимационной сушки / М.М.У. Арипов, У.Р. Кадилов, Ш. М. Маматов, С.М. Турабджанов // Universum: технические науки. 2019. №9. С. 36–38.
- 22.Завалий А.А., Рутенко В.С. Энергосберегающие устройства инфракрасной сушки сельскохозяйственной продукции. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. №5(55). С. 79–82. EDN UZBXLY.
- 23.Кинетика процесса сушки репчатого лука в сушилке с инфракрасным нагревом / В. А. Антонова, В. Г. Корнийчук, С. В. Владимиров // Фундаментальная и прикладная наука: актуальные вопросы теории и практики: сборник статей VI Международной научно-практической конференции, Пенза, 28 февраля 2024 года. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.). 2024. С. 35-38. EDN AEEJQY.
- 24.Vijaya Venkata Raman S. A review of solar drying technologies.

Iniyani, Ranko Goic. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2012. Vol. 16. Iss. 5. Pp. 2652–2670. DOI: 10.1016/j.rser.2012.01.007

25.Sarsavadia P.N. Development of a solar-assisted dryer and evaluation of energy requirement for the drying of onion. P.N. Sarsavadia. Renewable Energy. 2007. Vol. 32. Pp. 2529–2547 DOI:10.1016/j.renene.2006.12.019

26.Effect of architectural form of greenhouse solar dryer system on drying of onion flakes./ A. M. Kassem, Y.A. Habib, S.K. Harb, K. S. Kallil. Egyptian Journal of Agricultural Research. 2011. №89(2). Pp. 627–638.

27.Osman Y., Can E. Thin layer solar drying of some vegetables. Drying Technology. An International Journal. 2001. Vol. 19. Iss. 3–4. Pp. 583–597. <https://doi.org/10.1081/DRT-100103936>

References

1.Trisvyatskii L.A., Lesik B.V., Kurdina V.N. Storage and technology of agricultural products. Moscow. Agropromizdat. 1991. 415 p. (In Russ.).

2.Flaumenbaum B.L., Tanchev S.S., Grishin M.A. Fundamentals of food canning. Moscow. Agropromizdat. 1986. 494 p. (In Russ.).

3.Production of organic products from wild-growing raw materials: analyst. review. S.A. Maslovskii, I.N. Kim, V.Ya. Gol'tyapin, P.N. Shapovalova. Moscow. FGBNU "Rosinformagrotech". 2024. 88 p. (In Russ.).

4.Global Dehydrated Onion Market – Industry Trends and Forecast to 2031 [Web resource] URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/ru/reports/global-dehydrated-onion-market> Access date: 20.05.2025.

5.Onion production by country [Web resource] URL: <https://ru.atlasbig.com/strany-po-proizvodstvu-luka>. Access date: 05.20.2025. (In Russ.).

6.Megerdichev E.Ya. Technological requirements for varieties of vegetables and fruits intended for various types of canning: methodical recommendations. Moscow. RAAS. VNIHKOP. 2003. 93 p. (In Russ.).

7.Technological assessment of onion varieties for their suitability for processing. E.V. Yanchenko, M.I. Ivanova, A.A. Kolomiets, N.E. Kaikhcheshvili, A.A. Gryzunov. Potato and vegetables. 2024. No4. Pp. 18–23. <https://doi.org/10.25630/PAV.2024.42.64.003> (In Russ.).

8.Bocharov V.A. Improving the Elements of Vegetable Drying Technology: specialty 05.18.01 «Technology of Processing, Storage and Refining of Cereals, Legumes, Cereal Products, Fruit and Vegetable Products and Viticulture»: diss. Cand.Sci. (Agr.). Michurinsk-Science City of the Russian Federation. 2010. 216 p. EDN QFACLF. (In Russ.).

9.Karimova D.Z., Akramov U.I. Selection of Vegetable Varieties for Drying. Kronos: Natural and Technical Sciences. 2021. No3(36) P. 18–20. (In Russ.).

10.Skaletskaya L.F., Zavadskaya O.V., Dyadenko T.V. Quality of Fresh and Dried Onion Products (*Allium cepa* L.) of Different Varieties. Plant Varieties Studying and Protection. 2013. No3. Pp. 37–40 (In Russ.).

11.Collection of recipes and technological instructions for processing fruits and vegetables. Moscow. Gostorgizdat. 1960. 318 p. (In Russ.).

12.Skripnikov Yu.G., Goren'kov E.S. Equipment for enterprises for storage and processing of fruits and vegetables : textbook for technical schools. Moscow. Kolos. 1993. 336 p. (In Russ.).

13.DryFood Drying equipment [Web resource] URL: <http://dry-food.ru/oborudovanie/> Access date 05.27.2025. (In Russ.).

14.Technological industrial lines and equipment for drying onions and other vegetables of the V-SS series from JSC Kakhovka Experimental Mechanical Plant [Web resource] URL: <https://tmt-kemz.ru/tehnologicheskie-promyshlennye-linii-i-oborudovanie-dlya-sushki-repchatogo-luka-i-drugih-ovoshhej-serii-v-ss-ot-ao-kahovskij-eksperimentalnyj-mehanicheskij-zavod/> Access date 18.06.2025. (In Russ.).

15.Frolov D.I., Fudin K.P. Study of the kinetics of convective drying of onions. // Innovative equipment and technology. 2015. 2(3). Pp. 28–32. EDN SVIQIO (In Russ.).

16.Frolov D.I., Fudin K.P. Effect of convective drying and temperature conditions on the content of chemical substances in onions // XXI century: results of the past and problems of the present plus. 2016. No1(29). Pp. 84–89. EDN VRNCLZ. (In Russ.).

17.Convective drying of onion: Kinetics and nutritional evaluation / C.L. Mota, C. Luciano, A. Dias, M.J. Barroca, R.P.F. Guiné. Food and Bioprocess Processing. 2010. Vol. 88. Iss. 2–3. Pp. 115–123. DOI: 10.1016/j.fbp.2009.09.004

18.Volatile composition and sensory characteristics of onion powders prepared by convective drying. S.M. Choi, D.L. Lee, J.Y. Kim, S.T. Lim. Food Chemistry. 2017. Vol. 231. Pp 386–392. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.129>.

19.Demiray E., Şeker A., Tulek Y. Drying kinetics of onion (*Allium cepa* L.) slices with convective and microwave drying. Heat and Mass Transfer. 2017 No53(5). Pp. 1–11. DOI:10.1007/s00231-016-1943-x

20.Analysis of quality indicators of sublimation products using onions and beets as an example. U.R. Kadirov, M.M.U. Aripov, D. Jusupova, Sh.M. Mamatov // Universum: technical sciences. 2023. No1–3. Pp. 30–33. (In Russ.).

21.Experimental studies of sublimation drying / M.M.U. Aripov, U.R. Kadirov, Sh.M. Mamatov, S.M. Turabdzhanov. Universum: technical sciences. 2019. No9. Pp. 36–38. (In Russ.).

22.Zavaliy A.A., Rutenko V.S. Energy-saving devices for infrared drying of agricultural products. News of the Orenburg State Agrarian University. 2015. No5(55). Pp. 79–82. EDN UZBXLY (In Russ.).

23.Antonova, V.A., Korniyuchuk V.G., Vladimirov S.V. Kinetics of the onion drying process in a dryer with infrared heating. Fundamental and applied science: current issues of theory and practice: collection of articles from the VI International scientific and practical conference. Penza. February 28. 2024. Penza. Science and Education (IP Gulyaev G. Yu.). 2024. Pp. 35–38. EDN AEEJQY (In Russ.).

24.Vijaya Venkata Raman S. A review of solar drying technologies. Iniyani, Ranko Goic. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2012. Vol. 16. Iss. 5. Pp. 2652–2670 DOI: 10.1016/j.rser.2012.01.007

25.Sarsavadia P.N. Development of a solar-assisted dryer and evaluation of energy requirement for the drying of onion. Renewable Energy. 2007. Vol. 32. Pp. 2529–2547 DOI:10.1016/j.renene.2006.12.019

26.Effect of architectural form of greenhouse solar dryer system on drying of onion flakes. A. M. Kassem, Y.A. Habib, S.K. Harb, K. S. Kallil. Egyptian Journal of Agricultural Research. 2011. No89(2). Pp. 627–638.

27.Osman Y., Can E. Thin layer solar drying of some vegetables // Drying Technology. An International Journal. 2001. Vol. 19. Iss. 3–4. Pp. 583–597. <https://doi.org/10.1081/DRT-100103936>

Об авторах

Гаспарян Шаген Вазгенович, канд. с.-х. наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки плодовоощной и растениеводческой продукции, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: schagen2010@yandex.ru

Масловский Сергей Александрович (ответственный за переписку), канд. с.-х. наук, в.н.с. отдела научно-информационного обеспечения инновационного развития АПК, ФГБНУ «Росинформагротех». E-mail: smaslovskij@rambler.ru

Мудреченко Сергей Леонович, н.с. сектора оценки селекционных достижений на хранение и качество, ВНИИ овощеводства – филиала ФГБНУ ФНЦО. E-mail msl70@mail.ru

Цыганкова Ксения Юрьевна, студент кафедры Технологии хранения и переработки плодовоощной и растениеводческой продукции, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. E-mail: miss.ksenya1225@mail.ru

Author details

Gasparyan Sh.V., Cand.Sci. (Agr.), associate professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Fruit and Vegetable and Plant Products, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. E-mail: schagen2010@yandex.ru

Maslovsky S.A. (author for correspondence), Cand.Sci. (Agr.), leading research fellow of the Department of scientific and information support for innovative development of the agro-industrial complex, FSBSI «Rosinformagrotech». E-mail: smaslovskij@rambler.ru

Mudrenchenko S.L., research fellow of the Sector for the assessment of selection achievements for storage and quality of the All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the FSBSI Federal Scientific Center of Vegetable Growing. E-mail msl70@mail.ru

Tsygankova K.Yu., student of the Department of Technology of Storage and Processing of Fruit and Vegetable and Plant Products of the Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. E-mail: miss.ksenya1225@mail.ru