

Отработка режимов двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушки дайкона сорта «Хару»

Самохвалов Д.С., Родионов Ю.В., Билан Н.В., Скоморохова А.И.

Аннотация. В статье дана характеристика дайкона сорта «Хару», произрастающего в Тамбовской области. Проанализированы свойства данного овоща, сделан качественный анализ. Определена область его применения. Так благодаря химическому составу данный сорт широко применяется в пищевой промышленности и медицине. Проведено экспериментальное исследование двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушки при щадящих режимах. Получено влагосодержание конца первого периода данного овоща, которое составило 77 %. Определены преимущества нарезки 3 мм, по сравнению 5 мм, позволяющее уменьшить время сушки на 50 %. Установлен наиболее рациональный процесс двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушки, как для длительного хранения, так и для производства пищевых и лекарственных веществ. Установленные щадящие рациональные режимы данной сушки, составляют: в первом периоде температура теплоносителя 56 °С, скорость теплоносителя 1,5 м/с; во втором периоде температура теплоносителя 55 °С, скорость теплоносителя 2,5 м/с при влажности воздуха в помещении до 60 %. Также определена область применения порошка дайкона сорта «Хару» для продуктов функционального питания.

Ключевые слова: дайкон сорта «Хару», пищевая и энергетическая ценность, питание, лечебные свойства, двухступенчатая конвективная вакуумно-импульсная сушка, влагосодержание.

Для цитирования: Самохвалов Д.С., Родионов Ю.В., Билан Н.В., Скоморохова А.И. Отработка режимов двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушки дайкона сорта «Хару» // Инновационная техника и технология. 2020. № 1 (22). С. 42–48.

Processing the modes of the two-stage convective vacuum-pulse drying of daikon grade «Haru»

Samokhvalov D.S., Rodionov Yu.V., Bilan N.V., Skomorokhova A.I.

Abstract. The article gives a characteristic of the «Haru» daikon growing in the Tambov region. The properties of this vegetable are analyzed, a qualitative analysis is made. The scope of its application is determined. So due to the chemical composition of this variety is widely used in medicine. An experimental study of two-stage convective vacuum-pulse drying under gentle conditions was carried out. The moisture content of the end of the first period of this vegetable was obtained, which amounted to 77 %. The advantages of 3 mm slicing, compared to 5 mm, are determined, which allows reducing drying time by 50 %. The most rational process of two-stage convective vacuum-pulse drying has been established, both for long-term storage and for the production of food and medicinal substances. The established gentle rational modes of this drying are: in the first period, the temperature of the coolant is 56 °C, the speed of the coolant is 1.5 m/s; in the second period, the coolant temperature is 55 °C, the coolant speed is 2.5 m/s with indoor air humidity up to 60 %. The scope of «Haru» daikon powder for functional foods is also identified.

Keywords: daikon «Haru», food and energy value, nutrition, therapeutic properties, two-stage convective vacuum-pulse drying, convective drying, moisture content.

For citation: Samokhvalov D.S., Rodionov Yu.V., Bilan N.V., Skomorokhova A.I. Processing the modes of the two-stage convective vacuum-pulse drying of daikon grade «Haru». Innovative Machinery and Technology. 2020. No.1 (22). pp. 42–48. (In Russ.).

Введение

Как известно, овощи являются неотъемлемой частью рациона человека. Они крайне полезны благодаря их химическому составу, который включает в себя биологически активные компоненты, аминокислоты, огромное количество витаминов и минеральных веществ, пищевые волокна. Немаловажным является то, что в овощах перечисленные выше вещества представлены в легкой для усвоения организмом человека форме. Помимо пищевой ценности овощи обладают лечебными и лечебно-профилактическими свойствами, что делает их незаменимыми при лечении самых разнообразных заболеваний и общего укрепления организма. Дайкон является ярким представителем семейства овощей и обладает большим разнообразием полезных компонентов [1].

Овощи представляют собой богатейший источник биологически активных веществ и природных антиоксидантов, таких как ферменты, бета-каротин, аскорбиновая кислота. В состав овощей входят аминокислоты, являющиеся строительным материалом белка. Их наличие особенно важно для людей, выполняющих физические нагрузки, ведь организм самостоятельно может синтезировать лишь часть необходимых аминокислот, некоторые виды поступают исключительно с пищей. Овощи содержат и другие важные для организма нутриенты, в том числе, иммуномодуляторы, а так же минеральные вещества, обеспечивающие нормальную жизнедеятельность (магний, фтор, фосфор, йод, кальций, калий). Природные антиоксиданты нейтрализуют свободные радикалы, тяжелые металлы и радионуклиды в организме человека, способствуют их выведению. Это показывает важность овощной продукции и поэтому она занимает важное место в продовольствии нашей страны. Употребление полезной пищи связано со здоровьем, работоспособностью и продолжительностью жизни. Овощная продукция позволяет сбалансировать ежедневный рацион человека, сохраняет кислотно-щелочной баланс в организме.

В настоящее время в России достаточно многие слои населения интересуются новыми овощными культурами, которые являются не только ценными пищевыми продуктами, но и имеют лечебно-профилактическое значение. Поэтому продукты функционального питания с добавлением овощей пользуются большим спросом [2]. Одной из таких культур, пользующейся широкой популярностью на



Рис. 1. Очищенный дайкон сорта «Хару»

Востоке, особенно в Японии, является аналог европейской редьки и редисов корнеплод дайкона [3].

Особенность дайкона заключается в том, что при относительно малом вегетационном периоде он дает большой урожай корнеплодов с высокими вкусовыми качествами. Растение является двухлетним. В первый год жизни образуется корнеплод, а на второй – семена и цветоносный побег. Одно из главных достоинств дайкона – отсутствие острого вкуса редьки, высокое содержание солей калия, солей кальция, необходимых для организма человека, витамина С и других биологически активных веществ. Помимо этого в пищу используется не только сам корнеплод, но и его листья, а также молодые проростки.

Урожайность корнеплода может достигать 100 т/га, а вегетационный период достаточно короткий и составляет в среднем 60-70 дней. Высаживать дайкон следует в два срока посева: весенний (максимально ранний, т.к. проростки хорошо переносят кратковременные пониженные температуры) или осенний (начало августа). При этом корнеплод достаточно теплолюбивый, поэтому почва должна быть прогретой, а температура воздуха не ниже +10 °С. Сложности возделывания этой ценной культуры определяются трудным получением производства семян из-за низкого сохранения маточных корнеплодов. Наиболее распространенным сортом дайкона, растущего в ЦЧР является сорт «Хару» [4], который в очищенном виде представлен на рисунке 1.

Химический состав дайкона богат витаминами, необходимыми для поддержания жизнедеятельности организма. Данный корнеплод рекомендуется употреблять в пищу людям, страдающим сердечно-сосудистыми заболеваниями, слабым иммунитетом, проблемами с холестерином, депрессией и пониженным гемоглобином. Витамины, макро- и микроэлементы, содержащиеся в дайконе, отражены в таблице 1 [5].

Полезные свойства дайкона определяются входящими в его состав витаминами. Так, например, витамин РР регулирует обмен липидов, снижает уровень холестерина в крови, витамин В1 нормализует работу нервной системы, участвует в обмене углеводов, улучшает перистальтику кишечника, витамин В2 улучшает обмен веществ, защищает слизистые оболочки, участвует в образовании эритроцитов, укрепляет нервную систему. Благодаря наличию витамина С, употребление корнеплода в пищу способствует укреплению иммунной системы, защищает организм от бактерий и вирусов, оказывает влияние на синтез гормонов, регулирует процессы кроветворения, участвует в синтезе коллагена. Пантотеновая кислота принимает участие в окислении углеводов и жирных кислот, улучшает состояние кожных покровов, а пиридоксин помогает бороться с депрессией, участвует в синтезе гемоглобина и способствует усвоению белков.

Помимо витаминов, дайкон богат различными макро- и микроэлементами, которые не ме-

Таблица 1 – Химический состав дайкона сорта «Хару»

Пищевое вещество	Содержание на 100 г съедобной части
Витамины	
Витамин А	0,01 мг
Тиамин (витамин В1)	0,8 мг
Рибофлавин (витамин В2)	0,2 мг
Пантотеновая кислота (витамин В5)	2,2 мг
Пиридоксин (витамин В6)	0,3 мг
Фолаты (витамин В9)	0,018 мг
Аскорбиновая кислота (витамин С)	30 мг
Альфа токоферол (витамин Е)	2,1 мг
Биотин (витамин Н)	0,019 мг
Макроэлементы	
Калий	280 мг
Кальций	27 мг
Магний	9 мг
Натрий	16 мг
Сера	5 мг
Фосфор	28 мг
Хлор	7 мг
Микроэлементы	
Железо	0,84 мг
Йод	0,0021 мг
Марганец	0,75 мг
Медь	0,01 мг
Селен	0,0008 мг
Цинк	0,18 мг

нее важны для поддержания хорошего здоровья и предупреждения различных заболеваний. Высокое содержание калия обуславливает способность нормализовать работу сердечно-сосудистой системы, выводить шлаки и токсины. Кальций формирует и укрепляет костную и зубную ткани, регулирует возбудимость нервной системы, делает мышцы упругими, участвует в свертывании крови. Наличие магния позволяет регулировать обмен белков и углеводов, снижает уровень холестерина в крови, снимает спазмы. Железо входит в состав гемоглобина, участвует в кроветворении, нормализует работу мышц, укрепляет нервную систему, борется с усталостью и слабостью организма. Медь участвует в образовании красных кровяных телец и в синтезе коллагена, улучшает состояние кожи, способствует переходу железа в гемоглобин. Натрий регулирует кислотно-щелочной и электролитный баланс, нормализует процессы возбудимости и сокращения мышц, укрепляет стенки сосудов. Фосфор регулирует обмен веществ, улучшает мозговую деятельность, участвует в синтезе гормонов, фор-

Таблица 2 – Аминокислотный состав дайкона сорта «Хару»

Аминокислота	Количество
Триптофан	0,003 г
Треонин	0,025 г
Изолейцин	0,026 г
Лейцин	0,031 г
Лизин	0,03 г
Метионин	0,006 г
Цистин	0,005 г
Фенилаланин	0,02 г
Тирозин	0,011 г
Валин	0,028 г
Аргинин	0,035 г
Гистидин	0,011 г
Аланин	0,019 г
Аспаргиновая кислота	0,041 г
Глутаминовая кислота	0,113 г
Глицин	0,019 г
Пролин	0,015 г
Серин	0,018 г

мирует костные ткани. Марганец участвует в окислительных процессах, регулирует обмен веществ, нормализует уровень холестерина в крови, предотвращает отложение жиров в печени. Селен укрепляет иммунитет, замедляет процессы старения, предотвращает развитие раковых опухолей. Цинк регулирует уровень глюкозы в крови, поддерживает остроту обоняния и вкуса, укрепляет иммунитет, защищает от воздействия бактерий и вирусов.

Дайкон рекомендуется для употребления в пищу спортсменам и людям, подверженным физическим нагрузкам, так как в его состав входят аминокислоты, перечисленные в таблице 2.

Кроме того, дайкон имеет низкую калорийность. Пищевая ценность 100 г свежего продукта составляет всего 21 ккал. В таблице 3 приведен анализ пищевой ценности дайкона сорта «Хару», который показывает содержание нутриентов и их процент от суточной нормы в ккал.

Благодаря тому, что дайкон обладает более мягким вкусом по сравнению с редькой и реди-

Таблица 3 – Пищевая ценность дайкона сорта «Хару»

Нутриент	Количество на 100 г съедобной части	% от нормы в 100 г	% от нормы в 100 ккал
Белки	1,2 г	1,6	7,6
Углеводы	0,1 г	1,9	9
Пищевые волокна	4,8 г	7	33,3
Вода	95,4	4,2	20

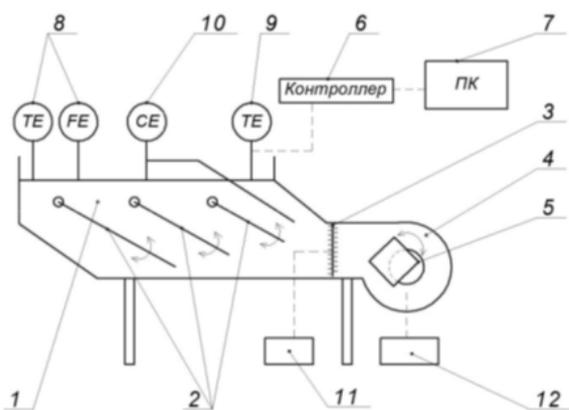


Рис. 2. Схема конвективной лотковой сушильной установки – первая ступень

1 – лоток; 2 – заслонки регулирования равномерности потока воздуха; 3 – ТЭНы; 4 – вентилятор радиальный; 5 – заслонка; 6 – контроллер; 7 – персональный компьютер; 8 – датчик скорости и температуры теплоносителя; 9 – датчик температуры материала; 10 – датчик влагосодержания; 11 – регулятор мощности; 12 – частотный преобразователь.

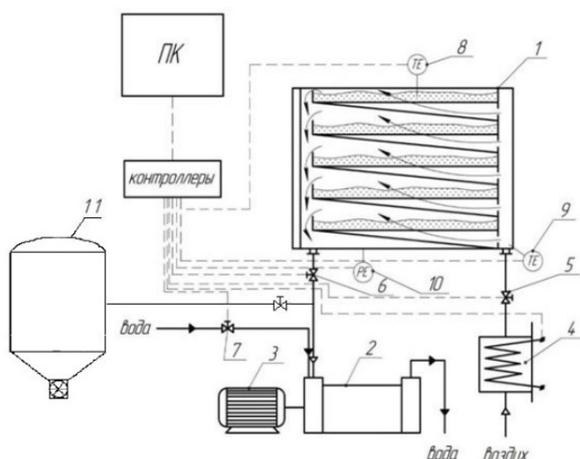


Рис. 3. Схема конвективной вакуумно-импульсной сушильной установке – вторая ступень.

1 – сушильный шкаф; 2 – жидкостнокольцевой вакуумный насос; 3 – электродвигатель; 4 – ТЭНы; 5, 6, 7 – клапаны; 8, 9 – термопары; 10 – вакуумметр; 11 – цилиндрическая емкость для создания сухих импульсов.

сом, он является универсальным овощем для использования в самых разнообразных блюдах или употреблении отдельно. Сушеный дайкон может разнообразить область его применения, например, в зимние периоды, когда организм особенно нуждается в витаминах, а порошок дайкона может стать полезным дополнением приправ.

Срок хранения высушенного корнеплода в несколько раз превосходит срок хранения свежего, к тому же его удобней транспортировать и использовать в качестве добавки для создания функционального питания, способствующего обогащению ежедневного рациона необходимыми витаминами и минералами.

Целью работы являлось определение рациональных режимных параметров двухступенчатой вакуумно-импульсной суши (ДКВИС) дайкона сорта «Хару».

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлись дайкон сорта «Хару», который возделывают на полях и огородах Тамбовской области, и процесс его сушки в двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной суши (ДКВИС).

Методами исследования являлись многочисленные теоретические и экспериментальные исследования, изложенные в литературе [6-9], в ходе которых было установлено, что наилучшей является двухступенчатая конвективная вакуумно-импульсная суши.

ДКВИС состоит из двух ступеней [10]. Первая ступень – конвективная лотковая сушилка с неподвижным слоем материала (рисунок 2). Она включает лоток в корпусе (позиция 1), установленный на ножках на пол цеха. Подача теплоносителя (воздуха), осуществляется вентилятором (позиция 4), его производительность обеспечивается изменением заслонкой (позиция 4) площади впускного отверстия, а равномерность подачи регулируется заслонками (позиция 2), установленными в корпусе. Основные параметры процесса определяются датчиками скорости и температуры теплоносителя, температуры материала, влагосодержания (позиции 8-10). Сигналы поступают на контроллер 6 и записываются на ПК. С помощью частотного преобразователя (позиция 12) может изменяться частота вращения вентилятора.

Вторая ступень – конвективная вакуумно-импульсная сушилка (рисунок 3) состоит из сушильного шкафа с лотками (позиция 1), одноступенчатого жидкостнокольцевого вакуумного насоса (позиция 2) с приводом от асинхронного электродвигателя (позиция 3), работающего в режиме как воздуходувки для нагрева через тэны (позиция 4) материала, так и вакуумного насоса. Регулирование стадий продувки, нагрева, вакуумной суши осуществляется с помощью клапанов (позиция 5), а контролируется термопарами (позиции 8, 9), вакуумметром (позиция 10). Сигналы второй также поступают на контроллеры и поступают на персональный компьютер. Для интенсификации процесса сушки во второй ступени, предварительно подсушенный после первой ступени нарезанные кусочки дайкона Хару подвергаются вакуумным импульсам. Экспериментальные исследования вакуумных импульсов дайкона в перспективе.

Результаты и их обсуждение

По результатам многочисленных опытов различных видов сушки дайкона, были обработаны данные и построены рациональные кривая сушки и температурная кривая данного процесса. Причем вначале при равных режимных параметрах установлено преимущество нарезки в 3 мм по сравнению с 5 мм. Время первого периода примерно 50% меньше при нарезке в 3 мм по сравнению

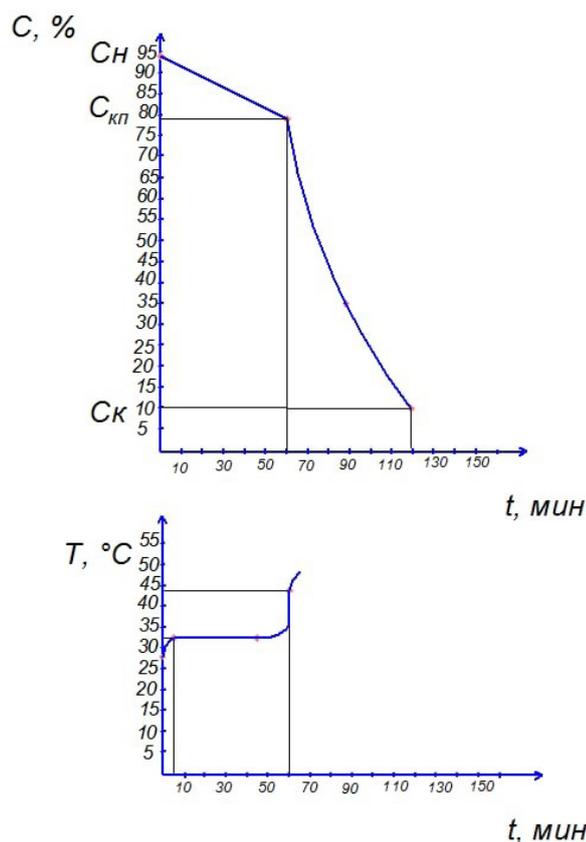


Рис. 4. Кривые сушки (вверху) и температуры (внизу) рационального режима ДВИС дайкона сорта Хару

с 5 мм. Рациональные кривые ДКВИ сушки и температуры материала в первом периоде показаны на рисунке 4.

Дайкон, порезанный толщиной 3 мм, сушился при следующих режимах теплоносителя первого периода: температура 56 °С, скорость 1,5 м/с; второго периода: температура 55 °С, скорость 2,5 м/с, время продувки 120 сек, время выдержки под вакуумом – сушки 120 сек.

Кривая сушки показывает, что конец первого периода, характеризующийся температурным скачком внутри материала по истечении 60 минут от начала сушки и влагосодержание составляет 77% при рациональных параметрах: скорости теплоносителя (воздуха) 1,5 м/с, температуре теплоносителя 56 °С. Второй период проводится при температуре 55 °С и скорости теплоносителя 2,5 м/с соответственно. Время продувки и выдержки под вакуумом чередуется по 120 секунд. Проведение второго периода с 15 циклами при толщине 3 позволяет получить влагосодержание 10%, а 18 циклов позволяет получить влагосодержание 6%, что позволяет использовать корнеплоды для производства порошков. Сравнение порезанных сырых и высушенных кусочков дайкона показаны на рисунке 5.

Выводы

Определено влагосодержание конца первого периода, получен рациональный режим и его срав-



а)



б)

Рис. 5. Дайкон сорта «Хару» до сушки (а) и после сушки (б)

нения. Проведено исследование дайкона сорта Хару нарезкой 3 мм и 5 мм. Установлено, что длительность сушки при режимах 60 °С при нарезке 3 мм на 50 % меньше, чем при нарезке 5 мм. Проведены исследования нескольких режимов сушки и выбран наиболее рациональный режим. Значение влагосодержания конца первого периода составило 77 %. Степень нарезки первого дайкона составила 3 мм, а степень нарезки второго дайкона составила 5 мм.

Подобраны рациональный режим и параметры сушки (в первой ступени: скорость теплоносителя 1,5 м/с, температура 56 °С; во второй ступени: скорость теплоносителя и его температура 2,5, 55 °С соответственно, режим вакуумирование продувки 120/120) корнеплодов дайкона. Благодаря относительно невысокой температуре сушки дайкона сохранилось максимальное количество полезных питательных веществ. При добавлении трех циклов во второй ступени конечная влажность составила 6%. Таким образом мы высушили дайкон безопасно, не потеряв витамины.

Список литературы

- [1] Coogan R.C., Wills R. B. H., Nguyen V.Q. Pungency levels of white radish (*Raphanus sativus* L.) grown in different seasons in Australia // *Food Chem.* 2001. No 72 (1). pp. 1-3.
- [2] Винницкая В.Ф., Данилин С.И., Перфилова О.В. Перспективы развития производства основных видов плодоовощной продукции для полноценного и здорового питания // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания.* 2014. № 2 (2). С. 45-51.
- [3] Tseng Y.H., Lee Y.L., Li R.C., Mau J. L. Non-volatile flavor components of *Ganoderma tsugae* // *Food Chem.* 2005. No 90. pp. 409-415.
- [4] Данилин С.И. Разработка элементов технологии выращивания семян и корнеплодов дайкона в условиях ЦЧР: дис. канд. сельскохозяйственных наук: 06.01.05. Мичурин. гос. аграр. ун-т. 2001. С. 133.
- [5] Мой здоровый рацион [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://health-diet.ru>, свободный.
- [6] Попова И.В., Родионов Ю.В., Щербаков С.А., Однолько В.Г., Скрипников Ю.Г., Митрохин М.А. Математическое моделирование комбинированной конвективной вакуумимпульсной сушки растительных продуктов // *Вестник мичуринского государственного аграрного университета.* 2008. № 1. С. 60-65.
- [7] Скрипников Ю.Г., Митрохин М.А., Ларионова Е.П., Родионов Ю.В., Зорин А.С. Инновационные технологии сушки растительного сырья // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского.* 2012. №3 (41). С. 371-376.
- [8] Иванова Э.С., Скоморохова А.И., Кольцов В.А., Родионов Ю.В., Капустин В.П., Никитин Д.В. Исследование процесса сушки топинамбура // *Наука в центральной России.* 2019. №2 (38). С. 77-85.
- [9] Скоморохова А.И., Завьялов А.А., Родионов Ю.В., Зорин А.С. Разработка режима вакуумной сушки перца сорта «Ласточка» // *Инновационная техника и технология.* 2019. № 3 (20). С. 23-28.
- [10] Пат. 2548230 РФ, Энергосберегающая двухступенчатая сушильная установка для растительных материалов. / Родионов Ю.В., Никитина Д.В., Зорин А.С., Щегольков А.В., Дмитриев В.М., Ларионова Е.П. № 2013111266/06; заявл 12.03.2013; опубл. 20.04.2015 Бюл. № 11.

References

- [1] Coogan R.C., Wills R. B. H., Nguyen V.Q. Pungency levels of white radish (*Raphanus sativus* L.) grown in different seasons in Australia // *Food Chem.* 2001. No 72 (1). pp. 1-3.
- [2] Vinnickaja V.F., Danilin S.I., Perfilova O.V. Perspektivy razvitija proizvodstva osnovnyh vidov plodoovoshhnoj produkcii dlja polnocennogo i zdorovogo pitanija // *Tehnologii pishhevoj i pererabatyvajushhej promyshlennosti APK - produkty zdorovogo pitanija.* 2014. No 2 (2). pp. 45-51.
- [3] Tseng Y.H., Lee Y.L., Li R.C., Mau J. L. Non-volatile flavor components of *Ganoderma tsugae* // *Food Chem.* 2005. No 90. pp. 409-415.
- [4] Danilin S.I. Razrabotka jelementov tehnologii vyrashhivanija semjan i korneplodov dajkona v uslovijah CChR: dis. kand. sel'skhozjajstvennyh nauk: 06.01.05. Michurin. gos. agrar. un-t. 2001. 133 p.
- [5] Moj zdorovyj racion (My healthy diet) Available at: <https://health-diet.ru>, free.
- [6] Popova I.V., Rodionov Ju.V., Shherbakov S.A., Odnol'ko V.G., Skripnikov Ju.G., Mitrohin M.A. Matematicheskoe modelirovanie kombinirovannoj konvektivnoj vakuumimpul'snoj sushki rastitel'nyh produktov // *Vestnik michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2008. No 1. pp. 60-65.
- [7] Skripnikov Ju.G., Mitrohin M.A., Larionova E.P., Rodionov Ju.V., Zorin A.S. Innovacionnye tehnologii sushki rastitel'nogo syr'ja // *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo.* 2012. No 3 (41). pp. 371-376.
- [8] Ivanova Je.S., Skomorohova A.I., Kol'cov V.A., Rodionov Ju.V., Kapustin V.P., Nikitin D.V. Issledovanie processa sushki topinambura // *Nauka v central'noj Rossii.* 2019. No 2 (38). pp. 77-85.
- [9] Skomorohova A.I., Zav'jalov A.A., Rodionov Ju.V., Zorin A.S. Razrabotka rezhima vakuumnoj sushki perca sorta «Lastochka» // *Innovacionnaja tehnika i tehnologija.* 2019. No 3 (20). pp. 23-28.
- [10] Pat. 2548230 RF, Jenergoberegajushhaja dvuhstupenchataja sushil'naja ustanovka dlja rastitel'nyh materialov. / Rodionov Ju.V., Nikitina D.V., Zorin A.S., Shhegol'kov A.V., Dmitriev V.M., Larionova E.P. № 2013111266/06; zajavl 12.03.2013; opubl. 20.04.2015 Bjul. No 11.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Самохвалов Дмитрий Сергеевич студент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(953) 713-14-08 E-mail: sam_dima2000@inbox.ru</p>	<p>Samokhvalov Dmitry Sergeevich student of the department «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(953) 713-14-08 E-mail: sam_dima2000@inbox.ru</p>
<p>Родионов Юрий Викторович доктор технических наук профессор кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p>Rodionov Yuri Viktorovich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>
<p>Билан Наталия Викторовна студент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(980) 670-68-27 E-mail: nataliya.bilan@list.ru</p>	<p>Bilan Natalia Viktorovna student of the department «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(980) 670-68-27 E-mail: nataliya.bilan@list.ru</p>
<p>Скоморохова Анастасия Игоревна студент кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: nasta373@mail.ru</p>	<p>Skomorokhova Anastasia Igorevna student of the department «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: nasta373@mail.ru</p>