

ВАКУУМНАЯ СУШКА СОРТОВ ЯБЛОК, ГРУШИ И МАЛИНЫ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЮЖНЫХ РЕГИОНАХ РК

¹А.У. ШИНГИСОВ*, ¹Р.С. АЛИБЕКОВ, ¹С.У.ЕРКЕБАЕВА,
¹Э. А.ГАБРИЛЬЯНЦ, ¹У.У. ТАСТЕМИРОВА

¹(«Южно-Казахстанский университет» им. М.Ауэзова, Казахстан, 160000,
г. Шымкент, пр. Тауке-хана 5)

Электронная почта автора корреспондента: azret_utebai@mail.ru*

В статье разрабатывается методика проведения экспериментальных исследований по вакуумной сушке сортов яблок, груш и малины, произрастающих в южных регионах Республики Казахстан. Проведены экспериментальные исследования и анализ влияния режимных параметров на процесс сушки выбранных продуктов в зависимости от высоты слоя высушиваемого материала, степени измельчения сырья, степени нагрева высушиваемого материала и давления среды в вакуумируемой камере. Анализ полученных кривых сушек яблок, груши и малины, в начальном состоянии имеющих жидкую пастообразную массу, при ранее выбранных для исследования: давлении в вакуумной камере 0,008 МПа, высоте загрузки 3, 4 и 5 мм, степени нагрева высушиваемого материала - около 40 °С, показывает, что они имеют сходный характер - все кривые сушки имеют довольно четко выраженные сегменты: период установления режимных параметров или период начала сушки, период постоянной скорости сушки и период падающей скорости сушки. Результаты экспериментальных исследований обобщены и на их основе получены уравнения, описывающие динамику испарения влаги с поверхности продуктов в виде уравнений полинома четвертой степени.

Ключевые слова: вакуумная сушка, яблоки, груша, малина, влажность.

ҚР ОҢТҮСТІК АЙМАҚТАРЫНДА ӨСЕТІН АЛМА, АЛМҰРТ ЖӘНЕ ТАҢҚУРАЙ СҰРЫПТАРЫН ВАКУУМДЫҚ КЕПТІРУ

¹А.У. ШИНГИСОВ*, ¹Р.С. АЛИБЕКОВ, ¹С.У. ЕРКЕБАЕВА,
¹Э.А. ГАБРИЛЬЯНЦ, ¹У.У. ТАСТЕМИРОВА

¹(«М.Әуезов, Оңтүстік Қазақстан университеті», Қазақстан,
Шымкент, 160000, Тауке хан даңғылы 5)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: azret_utebai@mail.ru*

Мақалада Қазақстан Республикасының оңтүстік аймақтарында өсетін алма, алмұрт және таңқурай сорттарын вакуумдық кептіру бойынша тәжірибелік зерттеулер жүргізу әдістемесі әзірленуде. Кептірілетін өнім қабатының биіктігіне, шикізаттың ұсақталу дәрежесіне, кептірілетін өнімнің қыздыру дәрежесіне және вакуумдалатын камерадағы ауаның қысымына байланысты режимдік параметрлерінің кептіру процесіне әсерін эксперименттік зерттеулер мен талдау жүргізілді. Алма, алмұрт және таңқурайдың бастапқы күйінде сұйық паста тәрізді массасы бар, вакуумдық камерадағы қысымы 0,008 МПа, тиеу биіктігі 3, 4 және 5 мм болатын кептіру қисықтарының талдауы кептірілген материалды қыздыру - зерттеу үшін бұрын таңдалған шамамен 40 °С, олардың ұқсас сипатқа ие екендігін көрсеті - барлық кептіру қисықтарының нақты анықталған сегменттері бар: басталу кезеңі, тұрақты кептіру жылдамдығының периоды және кептіру жылдамдығының төмендеу кезеңі. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері жалпыланған және олардың негізінде төртінші дәрежелі көпмүшелік теңдеулер түрінде өнім бетіндегі ылғалдың булану динамикасын сипаттайтын теңдеулер алынған.

Негізгі сөздер: вакуумдық кептіру, алма, алмұрт, таңқурай, ылғалдылық.

VACUUM DRYING OF APPLE, PEAR AND RASPBERRY VARIETIES GROWING IN THE SOUTHERN REGIONS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

¹A.U. SINGISOV*, ¹R.S. ALIBEKOV, ¹S.U. YERKEBAYEVA,
¹E.A. GABRILYANTS, ¹U.U. TASTEMIROVA

¹(«M.Auezov South Kazakhstan University», Shymkent, 5 Tauke-khan Ave., Kazakhstan, 160000)
Corresponding author e-mail: azret_utebai@mail.ru*

The article develops a methodology for conducting experimental studies on vacuum drying of varieties of apples, pears and raspberries growing in the southern regions of the Republic of Kazakhstan. Experimental studies and analysis of the influence of regime parameters on the drying process of selected products have been carried out, depending on the height of the layer of the dried material, the degree of grinding of raw materials, the degree of heating of the dried material and the pressure of the medium in the evacuated chamber. The analysis of the obtained drying curves for apples, pears and raspberries, in the initial state having a liquid paste-like mass, at the pressure in the vacuum chamber of 0.008 MPa, the loading height of 3, 4 and 5 mm, the degree of heating of the dried material - about 40 °C, previously selected for research, shows that they have a similar character - all drying curves have quite clearly defined segments: the period of establishing regime parameters or the period of the beginning of drying, the period of constant drying rate and the period of decreasing drying rate. The results of experimental studies are generalized and based on them, equations describing the dynamics of moisture evaporation from the surface of products in the form of fourth-degree polynomial equations are obtained.

Keywords: vacuum drying, apple, pear, raspberry, humidity.

Введение

Вакуумная сушка является процессом, во многих случаях определяющим качество готовой продукции и технико-экономические показатели пищевого производства. Поэтому актуальной задачей становится производство пищевых продуктов, которые представляют интерес для его промышленного производства. Отечественные сорта плодовых культур могут быть использованы для создания пищевых продуктов, обладающих ценным химическим составом, прекрасными органолептическими показателями и длительными сроками хранения.

Особо актуальным в этом аспекте является обезвоживание пищевого сырья, которое имеет достаточно жестко ограниченные тепловлажностные режимы сушки. В этом отношении интерес в производственном масштабе представляют пищевое сырье, произрастающее в южных регионах РК. К нему относятся плоды и ягоды, которые относятся сезонным продуктам, массово вызревая в только летний период года. Поэтому для круглогодичного обеспечения ими потребности населения и пищевой промышленности их необходимо подвергать хранению в обезвоженном состоянии - сушке.

В настоящее время в пищевой промышленности используются различные способы сушки. В этой области проводятся широкие

исследования по совершенствованию их технологий. Например, в области вакуумной и сублимационной сушек это следующие работы.

Г.В. Семенов [1] рассматривает современные направления научных исследований и технических решений в области интенсификации и повышения энергоэффективности сублимационной сушки сырья растительного происхождения (яблоки, груши, сливы, дыня) при температурах.

Разработкой энергоэффективной технологии производства сушеных чипсов с повышенной пищевой ценностью, использованием комбинированной вакуумно-импульсной сушки занимается Зорин А.С[2]. Исследования направлены на снижение энергетических затрат, повышение производительности и качества сушеного растительного сырья для производства чипсов. Однако энергозатраты при сушке продуктов двухступенчатой комбинированной вакуум-импульсной сушки будут выше а технологичность технологий ниже, чем в одноступенчатой.

Существующие способы сушки продуктов растительного происхождения и достоинства вакуумной сушки пищевых продуктов исследует К.М.Хазимов [3]. Автор отмечает, что основным достоинством вакуумно-сублимационной сушки продуктов является малая усадка исходного продукта, быстрое восстановление сублимированных

продуктов при добавлении воды и отсутствие необходимости применения ароматизаторов, красителей и консервантов.

Исследование процесса сушки пищевых продуктов рассмотрено также в следующих работах [4,5,6,7]. Одной из наиболее интересных работ являются исследования Н.А. Грибова [7], которым разработан способ вакуумной сушки ягод. Достоинство исследования характеризуется тем, что сушка осуществляется в два этапа, которым обеспечивают быстрое и качественное высушиваемого ягодного сырья.

Переработку плодово-ягодного сырья из ягод сублимированием и вакуумной сушкой анализируют авторы работ [8,9,10]. Например, в работе [8] в процессах, для того чтобы максимально сохранить в высушиваемых продуктах пищевую ценность, не допускается перегрев. Недостаток – применение импульсных технологий удорожает готовый продукт.

Среди рассмотренных работ, с точки зрения сохранения нативных свойств продукта и, особенно, витаминного состава, интерес представляет их сушка в вакууме, который по сравнению с вакуумно-сублимационной сушкой является непродолжительным и не требует больших энергетических затрат. Поэтому вакуумная является наиболее перспективным для сушки пищевых продуктов.

Из отечественных сортов плодово-ягодных культур для вакуумной сушки вы-

бираются сорта яблок, груши малины южных сортов, что в определенной степени будет способствовать развитию местных малых производств.

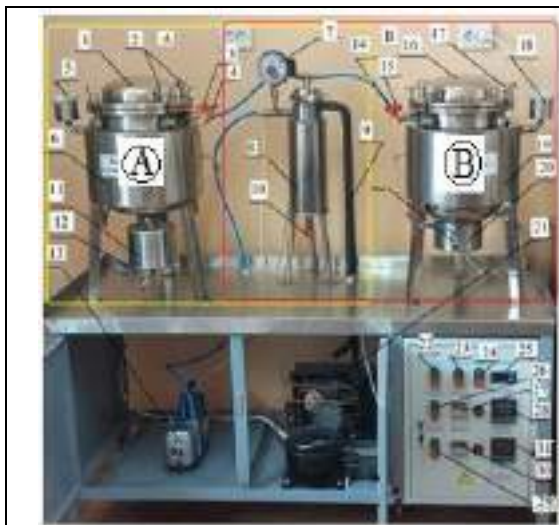
Материалы и методы исследований

Объектами исследований вакуумной сушки служили свежесобранные зимние сорта яблок Байтерек, сорта груши Жаздык, а также местные сорта малины.

Относительная влажность воздуха в камере измерялась с помощью прибора для измерения температуры и влажности TESTO 635-2. Начальная влажность высушиваемого материала и ее изменение в процессе сушки определялась по методике определения сухих веществ, приведенной в ГОСТ 8756.2 «Продукты пищевые концентрированные. Методы определения сухих веществ или влаги».

Для измерения массы продукта в процессе сушки использовали лабораторные электронные весы марки - CAS MWP-300H.

Экспериментальная вакуумная сушильная установка приведена на рисунке 1. Разработанная конструкция экспериментальной установки позволяет осуществлять вакуумную сушку исследуемых материалов с использованием различных способов их нагрева. Установка включает: А - блок вакуумной сушки исследуемых материалов и блок В - для вакуумной сушки исследуемых материалов с их низкочастотной ультразвуковой обработкой продукта. Оба блока установки смонтированы на одной раме.



1, 16 - крышки вакуумных камер; 2, 17- вентили крышек; 3, 14- краны для впуска воздуха; 4, 15 – вакуумные вентили; 5, 18 - бачки расширительные; 6, 19 - вакуумные камеры; 7- вакуумный манометр; 8- десублиматор; 9- трубка испарителя холодильной машины; 10- сливной кран; 11- емкость для сбора жидкости; 12 - вентиль для слива конденсата; 13 - вакуумный насос, 20 - низкочастотный ультразвуковой аппарат, 21 – компрессор и конденсатор холодильной машины, 22-33 элементы пульта управления.

Рисунок - 1 Экспериментальная вакуумная сушильная установка.

Методика проведения экспериментальных исследований приведена для исследований вакуумной сушки яблок, груш и малины с тепловой обработкой.

Проведение экспериментальных исследований по вакуумной сушке исследуемых материалов включало подготовку сырья

к эксперименту, проведение исследований и обработку результатов исследований.

Результаты и их обсуждение

На основе разработанной методики проведения экспериментальных исследований вакуумной сушки яблок, груш и малины эксперименты проводились в 3 этапа. На первом этапе исследуемое сырье подготавливалось к проведению исследований. На втором проводились исследования по вакуумной сушке яблок, груш и малины. На третьем этапе осуществлялась обработка результатов экспериментальных исследований.

Для определения практически целесообразных высоты слоя, вида измельчения сырья, степени нагрева при сушке высушиваемого материала и степени разрежения окружающей среды в вакуумной камере были проведены предварительные исследования, по результатам, которых были выбраны следующие параметры.

- Для определения практически целесообразной степени измельчения сырья и высоты слоя загрузки исследуемого материала каждый продукт подвергался измельчению. В первом варианте каждый продукт измельчался ножом на дольки, позволяющим загружать их на противни с высотой слоя от 2 до 15 мм. Во втором - каждый продукт измельчался на мельнице до состояния жидкой пастообразной массы. В обоих вариантах исследуемый материал загружался или заливался на противни высотой слоя от 2 до 15 мм, укладывался на разные противни вакуумной сушилки и подвергался вакуумной сушке. Практически целесообразной высотой слоя загрузки всех видов сырья признана высота загрузки от 3 до 5 мм, в этом интервале высоты загрузки получается достаточно высокая скорость сушки исследуемых материалов хорошее качество готового продукта.

- Для определения практически целесообразной степени нагрева высушиваемого материала на основе анализа результатов предварительных исследований сушки яблок, груш и малины по качеству готового продукта и продолжительности практически целесообразной степенью нагрева высушиваемого материала выбрана температура 40°C, при которой наблюдается минимальная степень «прилипания» готового продукта к противням сушилки и гарантируется получение его хорошего качества.

- Для определения практически целесообразной степени разрежения окружающей среды в вакуумной камере были проведены предварительные исследования по вакуумной сушке яблок, груш и малины при давлениях в камере 0,05-0,005 МПа. Результаты экспериментов показали, что при давлениях в камере 0,05-0,01 МПа процесс сушки составляет более 16-17 часов. Это является крайне нетехнологичным, поскольку при двухсменной работе предприятия не остается времени на перезагрузку сушильной установки и ее санобработку. При давлениях в камере 0,007 МПа и ниже значительно увеличиваются затраты на осуществление процесса сушки при незначительном сокращении времени сушки. Поэтому практически целесообразной степенью разрежения вакуумной камеры принято давление порядка 0,008 МПа, которое позволяло осуществлять процесс сушки в пределах 10-11 часов.

Таким образом, на основании полученных результатов предварительных исследований вакуумной сушки яблок, груш и малины были определены параметры, при которых проводились дальнейшие исследования: высота загрузки высушиваемого продукта независимо от его вида: 3, 4 и 5 мм; степень нагрева высушиваемого материала 40 °С; степень измельчения продукта - до состояния жидкой пастообразной массы; степень разрежения окружающей среды в вакуумной камере порядка 0,008 МПа.

Полученные результаты экспериментальных исследований вакуумной сушки исследуемых материалов представлены на рисунках 2а-2в в виде обобщенных кривых сушек: 2а- яблок, 2б – малины, 2в – груши.

Анализ полученных кривых сушек исследуемых продуктов, в начальном состоянии имеющих жидкую пастообразную массу, при ранее выбранных для исследования: давлении в вакуумной камере 0,008 МПа, высоте загрузки 3, 4 и 5 мм, степени нагрева высушиваемого материала - около 40 °С, показывает, что они имеют сходный характер - все кривые сушки имеют довольно четко выраженные сегменты: период установления режимных параметров или период начала сушки, период постоянной скорости сушки и период падающей скорости сушки (рисунки 2а-2б).

В процессе экспериментальных исследований выявлено, что скорость сушки при

изменении высоты слоя высушиваемого материала в пределах 3-5 мм изменяется крайне незначительно (на рисунках 2а-2в высота слоя загружаемого продукта имеет обозначения: ▲ - 3 мм, ◆ - 4 мм, ■ - 5 мм.). Так, при этих значениях высоты слоя и температуре нагрева продуктов в вакуумной камере порядка 40°C пюре из яблок высушиваются до остаточной влажности продукта 18-20% примерно за 10 часов – рисунок 2а. Аналогичная картина наблюдается и при вакуумной сушке пюре из груши – рисунок 2в. Несколько дольше - примерно на 0,5 - часа сушится пюреобразная малина – рисунок 2б, что можно объяснить более высоким содержанием в малине моносахаридов, которые, находясь в растворенном виде в удаляемой из продукта влаге, оказывают

некоторое влияние на скорость сушки. Также определенное влияние на скорость сушки оказывают разные начальные влажности исследуемых продуктов. В тоже время, как показывает анализ экспериментальных кривых сушек – рисунок 2а-2в, они не являются определяющим фактором, в основном влияя на скорость сушки в период нагрева высушиваемого материала. Этот период для яблок и груш в зависимости от высоты слоя продукта находится в пределах 20-30 минут – рисунок 2а. Для пюре малины он имеет очень малый период – рисунок 2б, поэтому на кривых сушек не отражается, практически совпадая с периодом постоянной сушки, что объясняется теплофизическими свойствами малины.

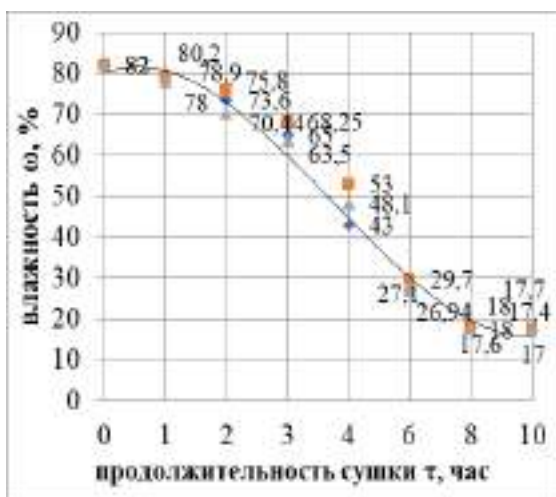


Рисунок 2а - Обобщенная кривая сушки яблок

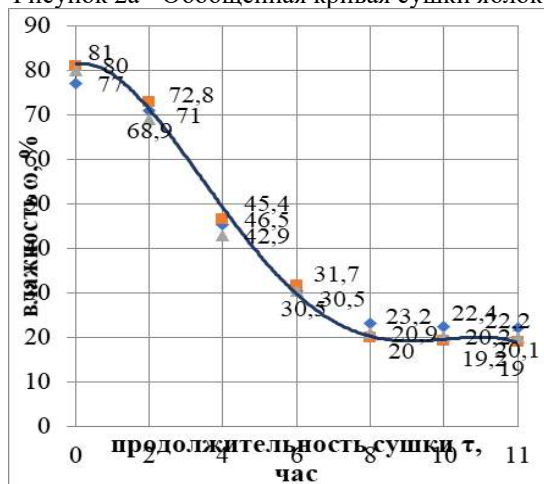


Рисунок 2в - Обобщенная кривая сушки груши

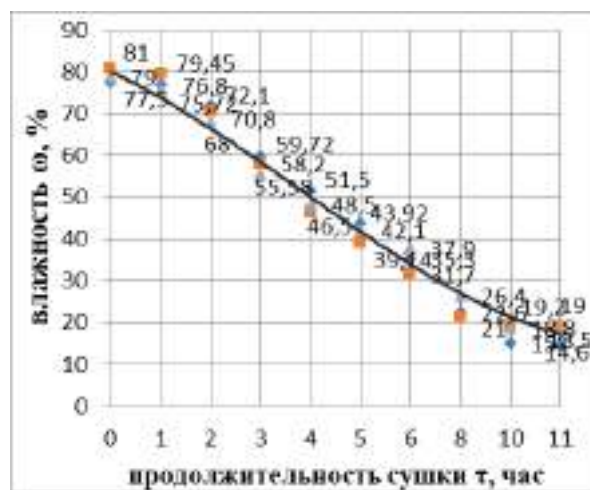


Рисунок 2б - Обобщенная кривая сушки малины

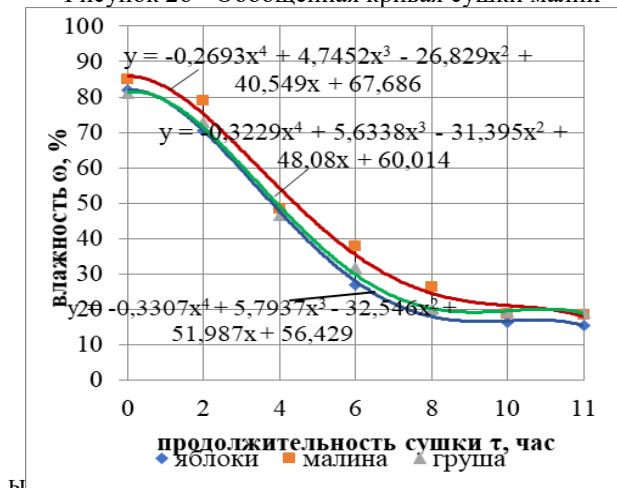


Рисунок 3 - Обобщенные кривые сушки исследуемых материалов

Обработка результатов экспериментальных исследований динамики испарения влаги с поверхности продуктов при их ваку-

умной сушке в виде обобщенных кривых сушек для яблок, малины и груши - рисунок 3 позволила на их основе получить уравне-

ния в виде полиномов четвертой степени, описывающие кривые сушки, которые описываются уравнениями:

$$\text{для яблок: } y = -0,3307x^4 + 5,7937x^3 - 32,546x^2 + 51,987x + 56,429$$

$$\text{для малины: } y = -0,2693x^4 + 4,7452x^3 - 26,829x^2 + 40,549x + 67,686$$

$$\text{для груш: } y = -0,3229x^4 + 5,6338x^3 - 31,395x^2 + 48,08x + 60,014$$

Заключение, выводы

Разработана методика проведения экспериментальных исследований вакуумной сушки сортов яблок, груш и малины, произрастающих в южных регионах РК, которая включает подготовку сырья к эксперименту, проведение исследований и обработку результатов исследований.

Проведен анализ влияния режимных параметров на ход процесса сушки и разработаны рекомендации для осуществления процессов вакуумной сушки исследуемых материалов в оптимальном режиме.

Получены обобщенные кривые сушек вакуумной сушки в зависимости от высоты слоя высушиваемого материала уравнения, описывающие динамику испарения влаги с поверхности продуктов в виде полиномов четвертой степени.

Благодарность, конфликт интересов (финансирование)

Авторы выражают признательность за финансовую поддержку проекта «Разработка технологии переработки перспективных сортов плодовых, ягодных культур и винограда отечественной селекции с целью получения биологически активных веществ и плодово-ягодных порошков для использования в пищевой промышленности» в рамках программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10764977).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г.В. Семенов. Современные направления научных исследований и технические решения по интенсификации процесса сублимационной сушки в пищевой промышленности, фармпроизводствах и прикладной биотехнологии. / Г.В. Семенов, М.С. Булкин, А.В. Кузенков // Научный журнал НИУ ИТМО «Процессы и аппараты пищевых производств» No 2, 2015.- С 112-124.

2. Зорин А.С. Совершенствование технологии и технических средств комбинированной вакуумной сушки растительного сырья для производства чипсов. // Автореф. дисс. канд. техн. наук по спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства». ФГБОУ ВО «ТГТУ». Мичуринск-научоград РФ 2019.- 16 с.

3. Хазимов К.М. Интенсификация процесса сушки продуктов растительного происхождения с использованием солнечной энергии. // Дисс. докт. техн. наук по спец. 6D080600 - Аграрная техника и технология. Казахский национальный аграрный университет. Алматы, 2015. 201 с.

4. Виниченко С.А. Разработка и научное обеспечение процесса сушки плодов смородины черной в вакуум-аппарате с СВЧ-энергоподводом. // Дисс. канд. техн. наук по спец. 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств. Воронежский государственный университет инженерных технологий. Воронеж, 2014.- 204 с.

5. Алтухов И.В. Энергосберегающая технология импульсной инфракрасной сушки сахаросодержащих корнеклубнеплодов // Дисс. докт. техн. наук по спец. 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А.Ежевского». Иркутск– 2015. 313 с.

6. Брюханов М.А. Разработка технологии вакуумной сушки полутвердых сыров с различными способами подвода теплоты. // Дисс. канд. техн. наук по спец. 05.18.04 - Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств. ФГБОУ ВПО Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия. Кемерово, 2022.- 151 с.

7. Н.А. Грибова. Перспективные способы переработки плодово-ягодного сырья. // Современные исследования основных направлений технических и общественных наук. Сб. научн. тр. Международной научно-практической конференции (секция «Технология продукции и организация общественного питания и товароведения») Казанский кооперативный институт (филиал) АНО ОВО ЦС РФ «Российский университет кооперации». Казань. 2 – 3 марта 2017 г.- С. 81-88.

8. Ваншин В., Ваншина Е. Технология пищевого концентрата / В. Ваншин, Е. Ваншина. - Оренбург: ОГУ, 2012. - 180 с.

9. Патент РФ No 2541395. Способ вакуумной сушки ягод / Ермолаев В.А., Федоров Д.Е., Соснина О.Б., Лифенцева Л.В.; заявл. 15.10.2013. опубл. 10.02.2015. Бюл. No 4.

10. Семенов Г.В., Касьянов Г.М. Сушка термолабильных продуктов в вакууме-технология XXI-века//Известия вузов. Пищевая технология №4, 2001г.- С. 5-13.

REFERENCES

1. G.V. Semenov. Modern directions of scientific research and technical solutions for the intensification of the freeze-drying process in the food industry, pharmaceutical production and applied biotechnology. / G.V. Semenov, M.S. Bulkin, A.V. Kuzenkov // Scientific journal NRU ITMO "Processes and apparatuses of food production" No 2, 2015. P 112-124.
2. Zorin A.S. Improving the technology and technical means of combined vacuum drying of vegetable raw materials for the production of chips. // Abstract. diss. cand. tech. sciences on special 05.20.01 "Technologies and means of agricultural mechanization". FGBOU VO "TSTU". Michurinsk-Science City of the Russian Federation 2019. 16 p.
3. Khazimov K.M. Intensification of the drying process of vegetable products using solar energy. // Diss. doc. tech. sciences on special 6D080600 - Agricultural machinery and technology. Kazakh National Agrarian University. Almaty, 2015. 201 p.
4. Vinichenko S.A. Development and scientific support of the process of drying black currant fruits in a vacuum apparatus with a microwave power supply. // Diss. cand. tech. sciences on special 05.18.12 - Processes and apparatuses for food production. Voronezh State University of Engineering Technologies. Voronezh, 2014. 204 p.
5. Altukhov I.V. Energy-saving technology of pulsed infrared drying of sugar-containing root crops // Diss. doc. tech. sciences on special 05.20.02 - Electrical technologies and electrical equipment in agriculture FGBOU VPO "Irkutsk State Agrarian University. A.A. Yezhevsky. Irkutsk– 2015. 313 p.
6. Bryukhanov M.A. Development of technology for vacuum drying of semi-hard cheeses with various methods of heat supply. // Diss. cand. tech. sciences on special 05.18.04 - Technology of meat, dairy and fish products and refrigeration industries. FGBOU VPO Kuzbass State Agricultural Academy. Kemerovo, 2022. 151 p.
7. N.A. Gribov. Perspective methods of processing fruit and berry raw materials. // Modern studies of the main directions of technical and social sciences. Sat. scientific tr. International Scientific and Practical Conference (section "Technology of products and organization of public catering and commodity science") Kazan Cooperative Institute (branch) ANO OVO CA RF "Russian University of Cooperation". Kazan. March 2 - 3, 2017. From 81-88.
8. Vanshin V., Vanshina E. Technology of food concentrate production / V. Vanshin, E. Vanshina. - Orenburg: OGU, 2012. - 180 p.
9. Patent of the Russian Federation No. 2541395. Method for vacuum drying of berries / Ermolaev V.A., Fedorov D.E., Sosnina O.B., Lifentseva L.V.; dec. 10/15/2013. publ. 02/10/2015. Bull. no 4.
10. Semenov G.V., Kasyanov G.M. Drying of thermolabile products in a vacuum-technology of the XXI century//Izvestiya vuzov. Food technology №4, 2001 With. 5-13.