

УДК: 664.8.037.5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ПЕРЕРАБОТКИ ЗАМОРОЖЕННЫХ ЯГОД В АППАРАТЕ С ВИБРАЦИОННОЙ ТАРЕЛКОЙ

А.Ф. Сорокопуд, И.Б. Плотников*, Л.В. Плотникова

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

*e-mail: plotnikov-ib@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 20.02.2017

Дата принятия в печать: 17.04.2017

Аннотация. Ягодные культуры наиболее перспективны для Сибирского региона в качестве сырьевой базы для создания продуктов, обогащенных биологически активными веществами. Отмечены недостатки известного способа переработки замороженного плодово-ягодного сырья в поле низкочастотных механических колебаний, показана целесообразность улучшения его технико-экономических характеристик. Экспериментальная установка представляет собой аппарат диаметром 0,146 м с плоским дном, в объеме аппарата установлена плоская тарелка диаметром 0,142 м толщиной 3 мм и перфорированная отверстиями диаметром 2,5...3,5 мм. Тарелка жестко закреплена на штоке, который совершает возвратно-поступательные движения и через кривошипный механизм соединен с валом электродвигателя. Расстояние от тарелки до дна составляло 0,045 м, частота колебаний тарелки 13,3...20 Гц, амплитуда 6, 7 и 8 мм. Аппарат герметично закрывался крышкой, которая устанавливалась на расстоянии 0,02 м от свободной поверхности жидкости. По периферии тарелки установлена отбортовка равномерно вверх и вниз, общей высотой 0,02 м. Содержание сухих водорастворимых веществ измерялось рефрактометрическим методом. В экспериментах использовалась ягода клюквы урожая 2015 года, собранная в Мариинском районе Кемеровской области. Замороженные при минус 18 °С ягоды клюквы по 300 граммов помещались в пространство под и над тарелкой, заливалась вода в количестве 1200 мл, при температуре (18±2) °С, тарелка приводилась в движение, переработка прекращалась при достижении равновесия в системе. В результате обработки данных установлено влияние исследуемых параметров на извлечение сухих водорастворимых веществ: наиболее влиятелен диаметр отверстий, влияние амплитуды колебаний во взаимодействии с другими параметрами присутствует, но менее существенно. Получена экспериментально-статистическая модель, справедливая для исследуемой системы в диапазонах изменения параметров. Выполнена оптимизация параметров с использованием метода Ньютона. Показано, что содержание сухих веществ по сравнению с известным способом возросло в экстракте почти в 2 раза.

Ключевые слова. Клюква, сухие вещества, вибрационная перфорированная тарелка, амплитуда, частота, гидромодуль

IMPROVING THE METHOD OF FROZEN BERRY PROCESSING IN THE DEVICE WITH VIBRATING PLATE

A.F. Sorokopud, I.B. Plotnikov*, L.V. Plotnikova

Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: plotnikov-ib@mail.ru

Received: 20.02.2017

Accepted: 17.04.2017

Abstract. Berries are the most promising source of raw materials for the Siberian region to create products enriched with biologically active substances. Noted are drawbacks of the common method of processing of frozen fruit raw material in the field of low-frequency mechanical vibrations. The expediency of improving its technical and economic characteristics is shown. The experimental device is an apparatus with a diameter of 0.146 m and having a flat bottom. A 3 mm thick flat plate with a diameter of 0.142 m and having perforated holes with a diameter of 2.5 ... 3.5 mm is installed in the device. The plate is rigidly fixed on the rod which performs reciprocating motion through a crank mechanism and is connected with the motor shaft. The distance from the plate to the bottom is 0.045 m; the frequency of the plate oscillation is 20 ... 13.3 Hz, and the amplitude of 6, 7 and 8 mm. The device is sealed with a lid which is placed at a distance of 0.02 m from the free surface of the liquid. On the plate periphery a flange is set uniformly upward and downward having the overall height of 0.02 m. The content of dry water-soluble substances is measured with refractometer. Carrying out the experiments we use cranberry collected in 2015 in the Mariinsk district of the Kemerovo region. A 300 gram batch of cranberry frozen at -18°C is placed in a space under and over the plate, 1200 ml of water at the temperature of 18 ± 2°C being poured into the vessel. Then the plate is set in motion. Processing is stopped when equilibrium in the system is reached. Basing on the obtained data the influence of the studied parameters on the extraction of dry water-soluble substances has been established: the diameter of the holes is the most influential parameter while the amplitude of oscillations is less influential but interacting with other parameters it does influence the process. Experimentally-statistical model valid for the studied system in the range of parameter changes has been obtained. The optimization of parameters using Newton's method has been fulfilled. It has been shown that in this case the content of dry substances in the extract increases by almost 2 times in comparison with the known method.

Keywords. Cranberry, dry substances, vibrating perforated plate, amplitude, frequency, water duty

Введение

Создание продуктов, обогащенных биологически активными веществами, – важная задача в решении проблемы здорового питания. Для Сибирского региона ягодные культуры особенно перспективны: стабильные урожаи, быстрое плодоношение, богатый химический состав, хорошая сохранность ягодников в зимних условиях и др. Использование местного растительного сырья для обогащения продуктов питания массового потребления – перспективно. Ягодные культуры Сибири содержат большой комплекс витаминов, биологически активных веществ, микроэлементов [1, 2, 3, 8].

Существующие способы переработки и последующего использования растительного сырья базируются на извлечении целевых компонентов, их дальнейшем переводе в нейтральный растворитель и последующем внесении в продукты. Экстрагирование твердого растительного сырья для получения экстрактов, концентратов, сиропов наиболее часто используется для извлечения полезных веществ. Переработка ягодного сырья ввиду несложной технологии, достаточной сырьевой базы, невысоких капитальных затрат является перспективной сферой деятельности для создания малотоннажных производств.

Короткий срок сбора ягодного сырья, его большие объемы предопределяют условия консервирования для дальнейшей переработки в течение года. Замораживание ягод и дальнейшее их хранение в замороженном состоянии – наиболее распространенный, простой и дешевый способ консервирования [4].

Недостатки традиционного способа переработки замороженного плодово-ягодного сырья отмечены в [5] и др. работах. Совершенствование технологии и аппаратного оформления производства экстрактов из замороженного ягодного сырья представляется актуальной научно-технической проблемой. Осуществление в одной единице оборудования нескольких технологических операций в условиях наложения на обрабатываемую систему поля низкочастотных механических колебаний позволяет существенно сократить время переработки, снизить энергозатраты, уменьшить число единиц оборудования и др. [1, 5].

Однако, способ [5] имеет и недостатки: невысокая производительность, недостаточное содержание сухих водорастворимых веществ (СВВ) в экстракте, невысокий коэффициент полезного использования рабочего объема аппарата. Таким образом, совершенствование способа переработки замороженного ягодного сырья с целью повышения технико-экономических характеристик и создания многофункционального аппарата является актуальной проблемой.

В работе рассматривается запатентованный способ [5] получения водных экстрактов из замороженного плодово-ягодного сырья в поле низкочастотных механических колебаний, создаваемых перфорированной вибрационной тарелкой, и пути совершенствования способа и его аппаратного оформления.

Целью работы является модернизация запатентованного способа [5] путем увеличения производительности аппарата; обоснование предложенного решения.

Объекты и методы исследования

Ягоды клюквы широко распространены в северных болотистых районах Сибири. Химический состав отличается разнообразием витаминов, минералов и многих биологически активных веществ [1, 6]. Ягоды клюквы издавна применяются в народной медицине. Одним из способов переработки клюквы является производство клюквенного экстракта. Клюква дает устойчивые урожаи, она использовалась в качестве объекта исследования в [5]. В экспериментах использовалась ягода клюквы урожая 2015 года, собранная в Мариинском районе Кемеровской области.

Способ [5] осуществляется следующим образом. Взвешивается замороженная при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ягода клюквы и помещается в рабочий объем аппарата диаметром 0,146 м. Туда же заливается вода температурой $(18\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ в соотношении $t/j=0,67$, где t – масса твердой фазы (замороженных ягод); j – масса жидкой фазы (вода). Затем устанавливается перфорированная тарелка диаметром 0,97 Да (Да – диаметр аппарата). Толщина тарелки 3 мм, доля свободного сечения 16,5 %, образованное отверстиями диаметром 5 мм. Расстояние от дна аппарата до тарелки 45 мм, общая высота слоя образованной системы $(t+j)$ составляет 102 мм. После этого с помощью электродвигателя перфорированная тарелка приводится в возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости с частотой 10 Гц и амплитудой 7 мм.

Перфорированная тарелка по периферии снабжена кольцом (отбортовкой), направленным в сторону дна. Высота отбортовки составляет 10 мм.

Таким образом, вся твердая фаза размещается под тарелкой. Высота слоя жидкости в аппарате составляет 102 мм, в том числе над тарелкой 54 мм.

Совершая возвратно-поступательные движения в вертикальной плоскости, тарелка во всем объеме жидкости создает поле низкочастотных механических колебаний. Наиболее эффективно это поле в объеме под тарелкой, где рабочий объем ограничен корпусом аппарата и дном, здесь и обрабатывается ягода. Отдельные ее фрагменты через зазор между тарелкой и корпусом, а также через отверстия попадают в пространство над тарелкой. Поле низкочастотных механических колебаний создается и над тарелкой в объеме жидкости. Однако этот объем ограничен только корпусом, поскольку крышка находится достаточно высоко и жидкость ее не касается. В объеме жидкости над тарелкой вибрационное поле малоэффективно.

Для увеличения производительности аппарата, а также содержания СВВ в экстракте, способ, описанный в [5], предлагается модернизировать. Модернизация заключается в следующем: предлагается загружать твердую фазу (ягоды клюквы) как под тарельчатое пространство, так и над тарелкой, при этом между свободной поверхностью жидкости и

крышкой остается свободное пространство высотой 0,02 м. Это позволяет обрабатываемой системе свободно перемещаться внутри аппарата. Кроме того, необходимо снабдить тарелку отбортовкой, направленной не только вниз, но и вверх, что позволит интенсифицировать процессы размораживания, разрушения и экстрагирования при движении тарелки как вниз, так и вверх. Таким образом, над тарелкой создается вторая рабочая зона, что позволит увеличить коэффициент полезного использования рабочего объема аппарата. Для оценки предложенной модернизации проведен ряд экспериментов.

Экспериментальная установка – аппарат с перфорированной вибрационной тарелкой [1, 5]. Все элементы установки, соприкасающиеся с твердой и жидкой фазами, выполнены из нержавеющей марки стали. В корпусе аппарата диаметром 0,146 м размещена плоская тарелка диаметром 0,142 м толщиной 0,003 м, перфорированная отверстиями диаметром 0,0025–0,0035 м. При этом доля живого сечения тарелки оставалась постоянной – 16,5 %. Аппарат имеет плоское дно, параллельное плоскости тарелки. Тарелка имеет возможность совершать возвратно-поступательные движения в вертикальной плоскости с частотой $n=13,3–20$ Гц. Она жестко закреплена на штоке, который через кривошипно-шатунный механизм приводится в возвратно-поступательное движение от электродвигателя постоянного тока, включенного в бытовую электросеть через диодный мост и ЛАТР. Амплитуда колебаний тарелки изменялась с помощью сменных планшайб на валу электродвигателя и принимала значения $A=6, 7$ и 8 мм. Тарелка по периферии снабжена отбортовкой, равномерно распределенной вверх и вниз общей высотой 20 мм. Расстояние от перфорированной тарелки до дна аппарата составляло 0,045 м. Шток помещен в подшипник скольжения, размещенный на крышке за пределами аппарата. Аппарат имеет герметичную крышку, которая устанавливалась на расстоянии 0,02 м от свободной поверхности жидкости. Диапазоны изменения параметров приняты на основании литературных данных и результатов предварительных исследований.

Содержание СВВ в экстракте определялось рефрактометрическим методом [7] с использованием прибора ИРФ-454БМ. Частота вращения вала электродвигателя замерялась с помощью тахометра ТЧ-10Р, классом точности 1. Температура жидкой фазы измерялась ртутным термометром ТЛ-4 с ценой деления 0,2 °С.

Эксперименты выполнялись в 2–3-кратном повторении, результаты, отличающиеся более чем на 5 % от средних, отбраковывались. Для анализа приняты средние арифметические значения СВВ.

Замороженные при -18 °С ягоды клюквы навешивались двумя порциями по 300 граммов, одна порция помещалась под тарелку, а вторая – в пространство над тарелкой. В аппарат заливалась питьевая вода с температурой (18 ± 2) °С в количестве 1200 мл. Гидромодуль во всех экспериментах оставался постоянным и составлял $j=(\tau/ж)=600/1200=0,5$. После этого вклю-

чался электродвигатель привода и устанавливались заданные параметры вибрации (A и n).

Процесс переработки замороженных ягод в поле низкочастотных механических колебаний завершается по достижению постоянных значений СВВ в водном растворе. Далее аппарат опорожнялся, вынималась перфорированная тарелка, и суспензия разделялась на экстракт и шрот на ситах, а затем на вакуум-фильтровальной установке.

Результаты и их обсуждение

Данные на рис. 1–3 показывают, что для достижения равновесной концентрации СВВ (C , % масс.) в исследуемой системе достаточно 20 мин. Данные, обобщенные линией 4 (рис. 1), получены при переработке замороженных ягод клюквы той же партии, но по [5] при $d=0,0025$ м, $n=13,3$ Гц, $A=0,07$ м $j=0,5$. Увеличение массы ягод в 2 раза по сравнению с [5] предопределяет увеличение концентрации СВВ в готовом экстракте (линии 1, 2, 3 рис.1).

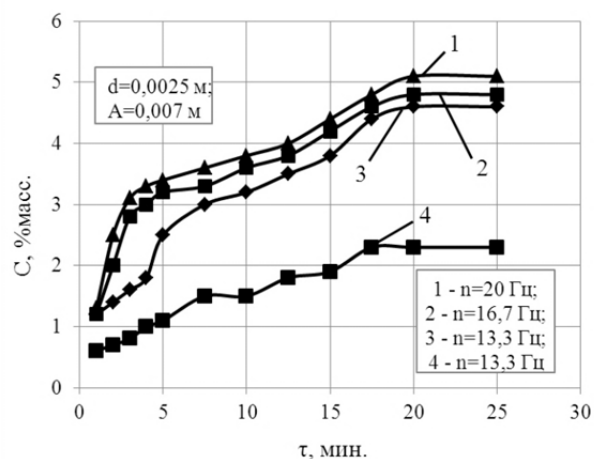


Рис. 1. Зависимость выхода СВВ от времени при варьировании частоты колебаний тарелки

Характер зависимости выхода СВВ от времени идентичен для линий 4 и 1, 2, 3. Имеет место три периода: первый – до пятой минуты (линии 1–3) и до 7,5 мин (линия 4), второй период – для линий 1–3 с 5 по 20 минуты и с 7,5 до 17,5 минут (линия 4), третий период соответственно с 20 минуты и далее и с 17,5 минуты и далее. При переработке замороженных ягод клюквы в исследуемом аппарате происходят процессы: размораживания и выход сока в растворитель (первый период); дробления твердой фазы и начало экстрагирования (второй период); достижения равновесия в системе при данных условиях переработки (третий период). Увеличение времени достижения равновесия с 17,5 до 20 минут можно объяснить увеличением массы перерабатываемых ягод. Конечная температура экстракта при этом составила: для линии 4 – 7 °С, для линии 1–3 – 4–5 °С. При разделении остатков твердой фазы после переработки в аппарате на наборе сит существенных различий в размерах частиц не выявлено. Неразрушенных ягод не было. Как при реализации [5], так и при предложенной модернизации остаток на ситах после высушивания был достаточно близок по массе, что свидетельствует о воз-

возможности совмещения в данном аппарате процессов размораживания, диспергирования и экстрагирования при увеличении в два раза нагрузки по твердой фазе.

Скорость перехода СВВ из твердой фазы в жидкую для линии 4 (рис. 1) существенно ниже, несмотря на близкие параметры (линия 3). Это можно объяснить меньшим количеством перерабатываемой твердой фазы. Из данных рис. 1 следует, что в процессе размораживания ягод (первый период) в экстрагент переходит 50–60 % СВВ в виде сока (линии 1–4). Второй период более длительный, поскольку происходит разрушение твердых тканей ягод и экстрагирование СВВ. При этом и выделяются оставшиеся СВВ, до наступления равновесной концентрации в системе.

Характер линии 1–3 на рис. 1–3 во многом идентичен и определяется условиями экспериментов. Из данных следует, что увеличение n , A увеличивает выход СВВ, и с увеличением d он снижается. Сопоставляя данные на рис. 1–3 можно утверждать, что амплитуда колебаний оказывает наибольшее влияние на выход СВВ. В меньшей степени влияет частота колебаний (рис. 1).

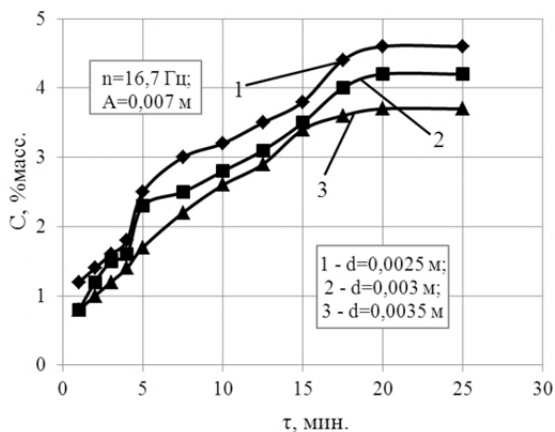


Рис. 2. Зависимость выхода СВВ от времени при варьировании диаметров отверстий в тарелке

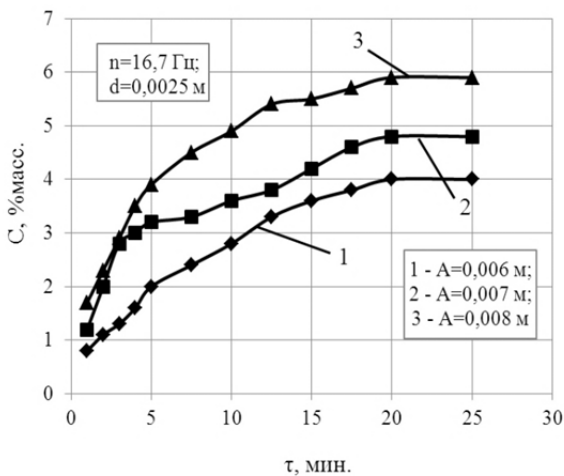


Рис. 3. Зависимость выхода СВВ от времени при варьировании амплитуды колебаний тарелки

Весь массив полученных экспериментальных данных был обработан на ЭВМ с использованием стандартных пакетов программ, что и позволило получить экспериментально-статистическую модель справедливую для исследуемой системы в диапазонах изменения параметров: $d=0,0025–0,0035$ м; $n=13,3–20$ Гц; $A=0,006–0,008$ м; $j=0,5$.

$$C = 1,724 + 0,187 \times d^2 + 0,034 \times n^2 + 0,005 \times A^2 - 0,0014 \times d \times n \times A - 0,115 \times d \times n - 0,023 \times d \times A - 0,005 \times A \times n \quad (1)$$

Полученное выражение (1) имеет коэффициент множественной регрессии $R=0,98$ и показывает достаточно сложное влияние исследуемых параметров на выход СВВ. Наиболее влиятельным фактором является амплитуда (рис. 3), она существенно влияет на выход СВВ как сама по себе, так и в межфакторном взаимодействии, диаметр отверстий оказывает влияние как индивидуальный фактор, но и входит в состав межфакторных взаимодействий. Частота колебаний тарелки влияет как самостоятельно, так и в межфакторном взаимодействии (рис. 1–3).

Сложность выражения (1) объясняется сложной гидродинамической обстановкой во всем рабочем объеме аппарата. Выражение (1) описывает весь диапазон изменения параметров, где имеют место два основных периода различной зависимости выхода СВВ от времени. А также в аппарате создана вторая рабочая зона – над тарелкой. Влияние исследуемых параметров на выход СВВ в обеих зонах различно, несмотря на то, что в обеих зонах создается поле низкочастотных механических колебаний. Рабочая зона под тарелкой ограничена не только корпусом, но и дном аппарата, поэтому исследуемые параметры (A , d , n) здесь оказывают большее влияние на эффективность извлечения СВВ. Рабочая зона над тарелкой заканчивается в вертикальной плоскости свободным пространством высотой 0,02 м от свободной поверхности жидкости до герметичной крышки. В верхней зоне влияние параметров (A , d , n) на извлечение СВВ меньше. Однако это свободное пространство необходимо для обеспечения свободной циркуляции перерабатываемой системы.

Созданные рабочие зоны различаются по характеру воздействия поля низкочастотных механических колебаний. Под тарелкой объем ограничен стенками корпуса и дном, объем замкнут. На обрабатываемую систему воздействуют образуемые тарелкой струи, а также параметры вибрации (A , n). Тарелка создает наибольшее воздействие на систему именно в замкнутом объеме – интенсивное перемешивание за счет изменения движения на противоположное и т.п. Под тарелкой возможно и механическое воздействие тарелки на элементы твердой фазы. Над тарелкой поле низкочастотных механических колебаний создается в незамкнутом объеме. Этот объем ограничен лишь стенкой аппарата, а крышка находится на расстоянии 0,02 м от свободной поверхности жидкости. Воздействие

параметров (A, n, d) здесь меньше. Однако твердая фаза подвергается постоянному механическому воздействию от вибрирующей тарелки.

Наличие твердой фазы как под перфорированной тарелкой, так и над ней усложняет влияние исследованных параметров на эффективность выхода СВВ, кроме того, наличие двухсторонней отбортовки по периферии тарелки затрудняет условия циркуляции растворителя в объеме аппарата. Однако повышение концентрации СВВ в экстракте позволит в дальнейшем снизить энергозатраты при концентрировании экстрактов.

Параметры A и n являются определяющими при создании поля низкочастотных механических колебаний и установлении необходимой эффективности процесса переработки замороженных ягод клюквы. Диаметр отверстий перфорированной тарелки определяет интенсивность движения потоков жидкой фазы в рабочем объеме аппарата, чем меньше d, при одинаковой доле живого сечения, тем выше скорость струй жидкости и интенсивнее перемешивание в системе. Дальнейшее уменьшение d нецелесообразно, поскольку отверстия диаметром менее 0,0025 м забиваются косточками ягод и фрагментами твердой фазы. Живое сечение тарелки при этом снижается, и ухудшается равномерность перемешивания.

Оптимизация параметров осуществлялась с использованием метода Ньютона в системе Microsoft Excel, результаты приведены в табл. 1.

Из приведенных в табл. 1 данных следует, что оптимальные параметры работы аппарата соответствуют результатам, представленным на рис. 1–3. Проведение контрольного эксперимента при установленных оптимальных параметрах позволило

получить выход СВВ 5,8 %. Это достаточно корректно согласуется с расчетным оптимальным значением.

Таблица 1
Оптимальные параметры процесса

d, м	n, Гц	A, м	C, % масс.	
			теория	практика
0,0025	14	0,008	5,99	5,8

Выводы

Предложенное техническое решение позволяет интенсифицировать процесс переработки замороженных ягод клюквы в аппарате с вибрационной тарелкой, повысить производительность, содержание СВВ в готовом экстракте, коэффициент полезного использования рабочего объема аппарата.

Увеличение нагрузки аппарата по твердой фазе в два раза не снижает эффективность осуществляемых процессов размораживания, диспергирования и экстрагирования, аппарат пригоден для осуществления нескольких технологических процессов.

Установлено влияние основных параметров на процесс переработки замороженных ягод клюквы в аппарате с вибрационной тарелкой при загрузке ягод в равных долях, как под тарелкой, так и над ней. Определены оптимальные параметры процесса.

Результаты выполненных исследований показывают, что предложенная модернизация способа переработки замороженных ягод целесообразна для дальнейшей разработки.

Список литературы

1. Сорокопуд, А.Ф. Плодово-ягодные экстракты Западной Сибири: теоретические и практические аспекты: монография / А.Ф. Сорокопуд, П.П. Иванов. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2014. – 136 с.
2. Ed. By Rechange, M. Nutrient fortification of dairy products: CRC Handbook of nutritional supplements / M. Ed. By Rechange // Florida, USA. – 1983. – P. 515–519.
3. Mann, E. I. Dairy spreads / E. I. Mann // Dairy Industries International. – 1988. – № 12. – P. 17–18.
4. Короткий, И.А. Сибирская ягода. Физико-химические основы технологии низкотемпературного консервирования. Монография / И.А. Короткий. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2007. – 146 с.
5. Пат. 2341979 Российская Федерация. МЛК А 231, 1/212. Способ получения экстрактов / А.Ф. Сорокопуд, М.В. Суменков, заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – № 2007116408 / 11., заявл. 02.05.2007, опубл. 27.12.2009, бюл. № 36.
6. Лекарственные растения: справочное пособие / Н.К. Гренкевич [и др.]. – М.: Высш. Шк., 1991. – 398 с.
7. ГОСТ 28562-90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. – Введ. 1991-07-01. – М.: Стандартиформ, 1990. – 12 с.
8. Antioxidant activities and bioactive components in some berries / J. Namiesnik, M. Kupska, K. Veerasilp, K.S. Ham, S.G. Kang, Y.K. Park, D. Barasch, A. Nemirovski, S. Gorinstein // European food research and technology. – 2013. – № 5. – P. 819–829.

References

1. Sorokopud A.F., Ivanov P.P. *Plodovo-yagodnye ekstrakty Zapadnoy Sibiri: teoreticheskie i prakticheskie aspekty* [Fruit and berry extracts in Western Siberia: Theoretical and Practical Aspects]. Kemerovo: KemIFST Publ., 2014. 136 p.
2. Rechcigl M.Jr. (ed.) *CRC Handbook of nutritional supplements*. CRC Press, Boca Raton, FL. 1983. pp. 515–519.
3. Mann E.I. Dairy spreads. *Dairy Industries International*, 1988, no. 12, pp. 17–18.
4. Korotkiy I.A. *Sibirskaya yagoda. Fiziko-khimicheskie osnovy tekhnologii nizkotemperaturnogo konservirovaniya* [Siberian berry. Physical and chemical bases of technology of low-temperature preservation]. Kemerovo: KemIFST Publ., 2007. 146 p.
5. Sorokopud A.F., Sumenkov M.V. *Sposob polucheniya ekstraktov* [A method of producing extracts] Patent RF, no. 2341979, 2009.
6. Grenkevich N.K. et al. *Lekarstvennye rasteniya* [Medicinal Plant]. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1991. 398 p.

7. GOST 28562-90. *Produkty pererabotki plodov i ovoshchey. Refraktometricheskij metod opredeleniya rastvorimykh sukhikh veshchestv* [Products of fruits and vegetables. Refractometric method for the determination of soluble solids]. Moscow: Standartinform Publ., 1990. 12 p.

8. Namiesnik J., Kupska M., Vearasilp K., Ham K.S., Kang S.G., Park Y.K., Barasch D., Nemirovski A., Gorinstein S. Antioxidant activities and bioactive components in some berries. *European food research and technology*, 2013, no. 5, pp. 819–829.

Дополнительная информация / Additional Information

Сорокопуд, А.Ф. Совершенствование способа переработки замороженных ягод в аппарате с вибрационной тарелкой / А.Ф. Сорокопуд, И.Б. Плотников, Л.В. Плотникова // *Техника и технология пищевых производств*. – 2017. – Т. 45. – № 2. – С. 93–98.

Sorokopud A.F., Plotnikov I.B., Plotnikova L.V Improving the method of frozen berry processing in the device with vibrating plate. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2017, vol. 45, no. 2, pp. 93–98 (In Russ.).

Сорокопуд Александр Филиппович

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры машины и аппараты пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: mapp@kemtipp.ru

Плотников Игорь Борисович

канд. техн. наук, доцент кафедры машины и аппараты пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: mapp@kemtipp.ru

Плотникова Любовь Васильевна

аспирант кафедры машины и аппараты пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

Aleksandr F. Sorokopud

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of machines and equipment for food production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: mapp@kemtipp.ru

Igor' B. Plotnikov

Cand. Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of machines and equipment for food production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: mapp@kemtipp.ru

Lyubov' V. Plotnikova

Postgraduate Student of the Department of machines and equipment for food production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

