

## Инновации в переработке ягодного сырья с использованием технологии осмотического обезвоживания на примере земляники садовой

Наталья А. Грибова<sup>1</sup> natali-g@bk.ru  0000-0002-8440-5325

<sup>1</sup> Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия

**Аннотация.** Осмотическое обезвоживание является важной унитарной операцией по превращению скоропортящихся фруктов, плодов, ягод в новые продукты с добавленной стоимостью и с более длительным сроком хранения. Основной целью и задачами являлось изучение осмотического обезвоживания в сочетании с комбинированной технологией переработки растительного сырья. Объектами исследований являлись свежие ягоды земляники садовой, в качестве осмотического агента взят гипертонический раствор сахарозы. В процессе исследований изучены активность воды, сухие вещества, потеря влаги, массы, витамины (С, β-каротин, РР), углеводы, органические кислоты, энергетическая ценность и макроэлементы (К, Са). В результате научных исследований установлено, что после осмотического обезвоживания ягод, уменьшение массы составило до 23%, потеря влаги до 26%, твердое усиление выше на 4%. Выбор температурного режима имеет линейную зависимость от потери влажности во времени сушки осмодезвоженных ягод. Изучены и определены пороговые значения активности воды для большинства микроорганизмов, за пределами которых, замедляются или прекращаются процессы их роста, следовательно, активность воды в осмодезвоженных ягодах составила 0,578 и полученный продукт можно отнести к продукту с низкой влажностью. По органолептическим показателям осмодегидратированные ягоды соответствуют требованиям, предъявляемым к нормативным правовым актам. Энергетическая ценность осмодегидратированных ягод земляники садовой увеличилась примерно на 13%, кислотность уменьшилась на 38%, массовая доля сахаров в среднем меньше на 30% чем в цуккатах. Изменения витаминного состава и макроэлементов в осмодегидратированных ягодах имеют положительную динамику, потери во время комбинированной переработки были незначительны и составили около 5%. Следовательно, подтвержден положительный эффект комплексной технологии переработки ягодного сырья с применением предварительного обезвоживания гипертоническим раствором сахарозы и с последующей сушкой.

**Ключевые слова:** дегидратация, осмотическое обезвоживание, ягоды, конвективная сушка, раствор сахарозы

## Innovations in the processing of berry raw materials using osmotic dehydration technology on the example of strawberries

Natalya A. Gribova<sup>1</sup> natali-g@bk.ru  0000-0002-8440-5325

<sup>1</sup> Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia

**Abstract.** Osmotic dehydration is an important unitary operation to transform the perishable fruits, fruits, berries in new products with added value and longer shelf life. The main goal and task was to study osmotic dehydration in combination with the combined technology of processing of vegetable raw materials. Objects and methods were the fresh berries of the strawberries, as the osmotic agent used hypertonic solution of sucrose, in the process studied the activity of water, solids, moisture loss, mass, vitamins (C, β-carotene, PP), carbohydrates, organic acids, energy value and macronutrients (K, CA). As a result of scientific studies found that after osmotic dehydration berries weight decrease amounted to 23%, water loss to 26%, a solid gain above 4%. The choice of a temperature mode has a linear dependence on moisture loss in drying time of osmo-dehydrated berries. Studied and determined the threshold water activity for most microorganisms, outside of which, slow down or stop the process of their growth, therefore, the activity of the water in osmo-dehydrated berries amounted to 0,578 and the resulting product refers to the product with low humidity. On organoleptic characteristics of osmo-dehydrated, berries correspond to requirements of normative legal acts. The energy value of osmo-dehydrated the strawberries increased by about 13%, mass fraction of sugar in an average of less than 30% than in the candied fruit, acidity decreased by 38%. Changes in vitamin content and macroelements in the osmo-dehydrated berries have a positive trend; the loss during the combined processing was insignificant and amounted to only about 5%. Thus confirmed the positive effect of the combined technology for the processing of berry raw materials with application of preliminary dehydration in hypertonic sucrose solutions and subsequent drying.

**Keywords:** dehydration, osmotic dehydration, berries, convective drying, sucrose solution, strawberry.

### Введение

Обезвоживание ягод, фруктов, плодов и овощей является одним из самых устаревших методов сохранения пищевых продуктов. На сегодняшний день большое внимание уделяется новым технологиям, способам и методам переработки растительного сырья с целью сохранения первоначальной питательной ценности и органолептических свойств [1–3].

Для цитирования

Грибова Н.А. Инновации в переработке ягодного сырья с использованием технологии осмотического обезвоживания на примере земляники садовой // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 3. С. 160–167. doi:10.20914/2310-1202-2021-3-160-167

For citation

Gribova N.A. Innovations in the processing of berry raw materials using osmotic dehydration technology on the example of strawberries. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET], 2021. vol. 83. no. 3. pp. 160–167. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2021-3-160-167

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

В современный период, осмотическое обезвоживание является важным промежуточным этапом предварительной обработки или технологии, которая получила большое внимание в области сохранения плодовоовощного и плодово-ягодного сырья, из-за снижения потребления энергии и улучшения качества пищевых продуктов. Особенно широко применяется для сохранения фруктов и плодов так как происходят значительные потери воды, накопление твердых веществ в следствии чего снижается активность воды и риск развития микробиологических факторов [11, 12].

Осмотическое обезвоживание является одним из самых важных в консервации и имеет ряд преимуществ по вкусовым качествам, структуре, цвету и препятствует потемнению ферментов, а также уменьшает затраты на электроэнергию [5, 7, 9].

Сущность осмотического обезвоживания заключается в погружение растительного сырья в концентрированные сахара (осмотический агент), которые постепенно обезвоживают пищевой продукт [6, 8]. Следовательно, в данном процессе поток воды из плодово-ягодного сырья переходит в раствор, где вместе с водой некоторые минералы, витамины, органические кислоты и т. д. также двигаются в направлении решения, а сахара мигрируют в направлении материала (рисунок 1) [13].

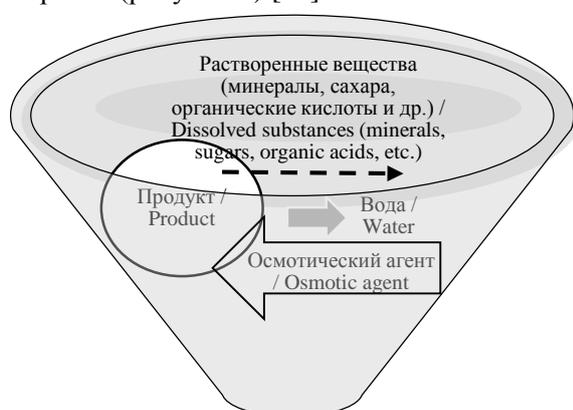


Рисунок 1. Перенос массы при осмотическом обезвоживании [1, 3–6]

Figure 1. Mass transfer during osmotic dehydration [1, 3–6]

В качестве осмотического агента для осмотического обезвоживания используются различные виды растворенных веществ, такие как фруктоза, сахароза, глюкоза, кукурузный, кленовый сиропы, инвертный сахар, лактоза, мальтоза, мед [3–8, 13, 15]. Низкие сахараиды молярной массы (сахароза, глюкоза и фруктоза) облегчают усвоение сахара за счет высокой диффузии молекул. В результате научных исследований было доказано, что применение

данного метода, конечный продукт получается высокого качества из-за органолептического сходства между натуральными и обезвоженными продуктами растительного происхождения [5, 7, 9].

Данный метод консервации осмотического обезвоживания является безопасным продуктом в течении длительного периода времени хранения и экономически выгодным [4, 8, 12, 14] в своих научных исследованиях утверждают, что предварительное осмотическое обезвоживание перед дальнейшей переработкой плодово-ягодного сырья является наиболее предпочтительным по сравнению с другими методами так как в большей степени, сохраняются цвет, аромат, целостность, питательные компоненты и улучшаются вкусовые качества готового продукта [14, 17].

**Целью работы** – разработка комплексного процесса переработки ягодного сырья на примере земляники садовой с использованием осмотического обезвоживания гипертоническим раствором сахарозы с последующим конвективным методом высушивания и изучение товароведных качеств готового продукта.

### Материалы и методы

Для подготовки объекта комплексного процесса переработки были взяты свежие ягоды земляники садовой сорта «Коррадо», в качестве осмотического агента использовали гипертонический раствор сахарозы: дистиллированная вода и сахар-песок. Методами исследований являлось определение физико-химического состава: активность воды, сухое вещество, потеря влаги, массы, витаминов С, β-каротин, РР, белков, жиров, углеводов, органических кислот, энергетической ценности, калия и кальция.

### Результаты и обсуждение

На первом этапе научных исследований нами были изучены физико-химические изменения осмо-обезвоженных ягод земляники садовой. Ягоды погружали в гипертонический раствор сахарозы и выдерживали в течении определенного времени с регулярным взвешиванием определяя изменение массы, сухого вещества и потерю влаги.

На рисунке 2 показана кинетика изменения массы (WR, % от начальной массы) и потеря влаги (WL) земляники садовой во время осмотического обезвоживания в гипертоническом растворе сахарозы.

В результате проведенных исследований выявлено, что процесс обезвоживания у исследуемых ягод прогрессирует поэтапно: сначала гипертонический раствор проникает сквозь структуру кожицы, а затем уже и в мякоть.

Сущность обезвоживания заключается в том, что за счет градиента концентраций сахара в ягодах и агенте возникает осмотическое давление, под влиянием которого влага из клеток плодовой ткани через полупроницаемые стенки мигрирует в окружающий раствор. В системе имеется и встречный поток – сахара диффундирует из концентрированного сиропа в плодово-ягодную ткань, замещая часть удаленной влаги [13, 16].

Как видно из гистограммы, изменение массы во время обезвоживания у ягод земляники садовой начинается сразу после погружения в гипертонический раствор сахарозы и протекает наиболее интенсивно в течение первых четырех часов, после этого процесс замедляется, что подтверждается увеличением твердого усиления. Установлено, что уменьшение массы в осмобезвоженных ягодах земляники садовой в течении шести часов составило до 23%, потеря влаги до 26%, соответственно.

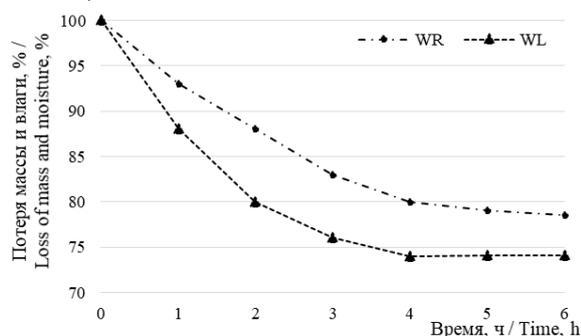


Рисунок 2. Динамика изменения массы (WR, %) и влаги (WL) от продолжительности осмотического обезвоживания (время, ч) земляники садовой

Figure 2. Dynamics of changes in weight (WR, %) and moisture (WL) from the duration of osmotic dehydration (time, h) of strawberries

Для более точности и достоверности полученных данных нами была произведена методология поверхностного отклика (RSM) (таблица 1) по получению твердого усиления (SG), потери влаги (WL) и снижению массы (WR) [10, 15, 17, 18]. Методологию поверхностного отклика определяли в осмобезвоженных ягодах земляники садовой по формулам:

$$WR (\%) = \frac{M_n - M_k}{M_n} \times 100, \quad (1)$$

$$SG (\%) = \frac{Mt_1 Mt_2}{M_n} \times 100, \quad (2)$$

$$WL (\%) = SG + WR, \quad (3)$$

где  $M_n$  – начальная масса образца, г;  $M_k$  – конечная масса образца после осмотического обезвоживания, г;  $Mt_1$  – начальная масса твердых веществ в образце, г;  $Mt_2$  – конечная масса твердых веществ в образце после осмотического

обезвоживания, г;  $W_1$  – начальная влажность образца, г;  $W_2$  – конечная влажность образца после обезвоживания, г;  $W_n$  – исходное содержание влаги в образце, г.

Потеря влаги (WL) выражается как чистая потеря воды из свежих ягод после осмотического обезвоживания на основе исходной массы образца. Твердое усиление (SG) определяется как чистое поглощение твердого тела образцами ягод, основанный на исходном весе образцов [15, 17, 18]:

Таблица 1.

Методология поверхностного отклика в осмобезвоженных плодах и ягодах

Table 1.

Methodology of surface response in osmodehydrated fruits and berries

Наименование Name	DM (%)	WL (%)	WR (%)	SG (%)	RST
Земляника садовая Strawberry	26,03± 0,08	25,95± 0,15	22,31± 0,14	3,64± 0,01	1,83

Расчет индекса концентрации (RST) рассчитывали [15, 17, 18] следующим образом:

$$RST = \frac{DM_T}{DM_0}, \quad (4)$$

где  $DM_T$  – содержание сухого вещества в осмобезвоженных ягодах, %;  $DM_0$  – содержание сухого вещества в свежих ягодах, %.

Изменение твердого усиления (рисунок 3) после осмотического обезвоживания имеет также положительную динамику, в результате получено, что осмобезвоженные ягоды уплотнились примерно на 4%.

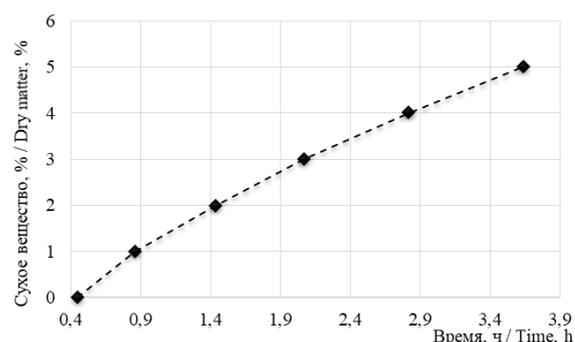


Рисунок 3. Динамика изменения твердого усиления (SG) осмобезвоженной земляники садовой

Figure 3. Dynamics of change in solid gain (SG) of osmodehydrated strawberry

В результате полученных данных изменения содержания сухого вещества, потери влаги, снижение веса и увеличения содержания твердых веществ в ягодах, подвергнутых осмотическому обезвоживанию гипертоническим раствором сахара ягод имеют положительную динамику.

Следующим технологическим этапом наших исследований явилось изучение осмо-обезвоженных ягод гипертоническим раствором сахарозы подверженных процессу высушивания. Осмо-обезвоженные ягоды земляники садовой высушивали конвективным способом при температуре не выше 60 °С.

В результате из полученных данных видно, что испарение влаги осмо-обезвоженных ягод происходит постепенно в течении заданного промежутка времени. Время сушки растительного сырья значительно уменьшилось (в 1,5 раза) за счет меньшего содержания влаги из-за предварительного его обезвоживания гипертоническим раствором.

Полученные данные подтверждаются уравнением линейной парной регрессией и как видно из графика (рисунок 4) существует хорошее согласие построенной регрессии с исходными данными и сильная прямая зависимость, описываемая уравнениями представленные в таблице 2.

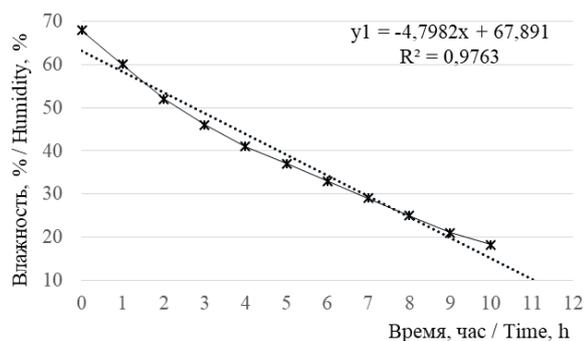


Рисунок 4. Корреляционно-регрессионная зависимость от потери влажности в процессе продолжительности осмотического дегидратирования земляники садовой

Figure 4. Correlation and regression dependence on the loss of humidity during the duration of osmotic dehydration of strawberries

В результате статистической обработки получены следующие математические зависимости с величиной достоверности аппроксимации  $R^2 < 1$ .

Таблица 2.

Регрессионный анализ осмо-обезвоженных сушеных ягод земляники садовой

Table 2.

Regression analysis of osmo-dehydrated dried strawberries

Наименование Name	y	$0 \leq R^2 \leq 1$
Земляника садовая Strawberry	$-4,7982 x + 67,891$	$0 \leq 0,9763 \leq 1$

Доказано, чем ближе  $R^2$  к единице, тем лучше регрессия аппроксимирует эмпирические данные. Следовательно, выбор температурного

режима имеет линейную зависимость от потери влажности во времени сушки осмо-обезвоженных ягод земляники садовой.

### Изучение активности воды в осмо-обезвоженной дегидратированной землянике садовой

В сушеной осмо-обезвоженной землянике садовой определяли активность воды. Исходя из научных исследований активность воды является важным критерием способности воды, которая содержится в продукте, поддерживает рост микроорганизмов или принимает участие в химических реакциях. Содержание активности воды в продуктах, таких как сухофрукты, определяет их длительный срок хранения, поскольку очень малое содержание воды в них, ограничивает доступную для роста микроорганизмов среду. А рост микроорганизмов, как известно, вызывает порчу продуктов и представляет угрозу здоровью потребителей [17–19].

Для большинства бактерий и плесеней предельное значение активности воды составляет не ниже 0,90–0,99, которое обеспечивает их хорошее развитие. А как известно свежие плоды и ягоды относятся к продуктам с высокой промежуточной влажностью и  $a_w = 1,0 - 0,9$ , в следствии чего подвержены быстрой порчи. Также известно, что дрожжи и плесени менее чувствительны к низкому содержанию влаги и благоприятной средой их развития, когда значение активности воды выше 0,6, процесс порчи значительно замедляется, когда значение  $a_w = 0,2 - 0,4$  [6, 11, 15, 22, 23].

В таблице 3 представлены данные по активности воды в осмо-обезвоженных сушеных ягодах земляники садовой.

Таблица 3.

Активность воды ( $a_w$ ) в осмо-обезвоженных сушеных ягодах земляники садовой

Table 3.

Water activity ( $a_w$ ) in osmo-dehydrated dried strawberries

Наименование Name	WL, %	$a_w$	t, °C
Земляника садовая Strawberry	18,18±0,14	0,578±0,02	25,3

Из табличных данных видно, что показатель активности воды в осмо-обезвоженных сушеных ягодах земляники садовой составило 0,578 при температуре 25,3 °С и влажности 18,2%.

Следовательно, активность воды в осмо-дегидратированных ягодах имеет значение 0,6>, что говорит о положительном результате. Полученный осмо-дегидратированный продукт можно отнести к продукту с низкой влажностью.

В результате концепция активности воды позволила оценить степень подверженности осмо-дегидратированных продуктов микробиологической и другой порче, контролировать функционально-технологические показатели в продукте и, в частности, показатель  $a_w$ , а также прогнозировать способность к хранению, что позволит создать стабильность полученного нового переработанного растительного сырья, и точно определить оптимальные условия их хранения.

#### Товароведные характеристики осмо-обезвоженной дегидратированной земляники садовой

Полученный осмо-дегидратированный продукт подвергался оценки показателей качества по органолептическим свойствам (таблица 4).

По органолептическим показателями осмо-дегидратированные ягоды имеют правильную форму без повреждения кожицы, вкус и аромат соответствуют данному виду ягод, ягоды мягкие, темно-бордовые.

В осмо-дегидратированных ягодах земляники садовой изучали динамику изменения химического состава и пищевой ценности в сравнении с эталонными (свежие) ягодами (таблица 5). По полученным данным энергетическая ценность осмо-дегидратированных ягод земляники

садовой увеличилась на 12,7% это объясняется тем, что содержание углеводного состава после осмотического обезвоживания ягод гипертоническим раствором сахарозы увеличилось, а также за счет испарения влаги во время сушки.

В результате установлено, что массовая доля сахаров в среднем меньше на 30% чем в цукатах, что подтверждается о положительном результате.

Существенных изменений содержания белков и жиров в осмо-дегидратированной продукции не выявлено, кислотность уменьшилась на 38%. Снижение кислотности обусловлено увеличением суммы сахаров, что придает готовой ягодной продукции более выраженные вкусовые качества.

Изменение витаминного состава и макроэлементов в осмо-дегидратированных ягодах имеют положительную динамику. В результате витамины лучше сохранились, потери витамина С составили всего 3,6%,  $\beta$ -каротина 0,2%, витамина РР 4,6% в отличие от эталонной продукции.

Содержание калия сохранилось до 95,4%, кальция до 97,7% в зависимости от эталонной продукции. Потери макроэлементов в зависимости от свежей продукции были незначительными от 2,3–4,6%.

Таблица 4.  
Органолептические показатели осмо-дегидратированных ягод земляники садовой

Table 4.

#### Organoleptic parameters of osmo-dehydrated strawberries

Показатель   Indicator	Характеристика   Characteristic
Внешний вид и форма Appearance and shape	Целые, правильной формы с неповрежденной кожицей Whole, regular shape with intact skin
Вкус и аромат   Taste and aroma	Свойственен данному виду без постороннего запаха и вкуса It is characteristic of this species without foreign smell and taste
Цвет   Colour	Темно-бордовый   Maroon
Консистенция   Consistency	Средней мягкости при надавливании медленно восстанавливаются Medium softness when pressed slowly recover

Таблица 5.  
Химический состав и пищевая ценность осмо-обезвоженных сушеных ягод

Table 5.

#### Chemical composition and nutritional value of osmo-dehydrated dried berries

Показатель Indicator	Содержание химического состава Chemical composition content
Белки, г   Proteins, g	0,82 ± 0,02
Жиры, г   Fats, g	0,33 ± 0,03
Углеводы, г   Carbohydrates, g	73,42 ± 0,20
Органические кислоты, г   Organic acids, g	0,97 ± 0,18
Сухие вещества, г   Dry substances, g	81,62 ± 0,01
Энергетическая ценность, ккал/кДж   Energy value, kcal/kJ	300/1256
Витамин С, мг%   Vitamin C, mg%	82,32 ± 0,16
$\beta$ -каротин, мкг   $\beta$ -carotene, mcg	5,12 ± 0,06
Витамины РР, мг   Vitamins PP, mg	0,44 ± 0,02
Калий К, мг   Potassium K, mg	153,26 ± 0,24
Кальций Са, мг   Calcium Ca, mg	39,31 ± 0,11

### Заключение

Подводя итог научным исследованиям установлено, что при осмотическом обезвоживании в гипертоническом растворе сахарозы ягод земляники садовой в течении задонного времени изменение массы достигает 23% и потеря влаги составляет до 26%, а усиление твердого вещества увеличивается на 4%. Время высушивания конвективным способом осмо-обезвоженных ягод при температуре не выше 60 °С в 2–2,5 раза меньше чем при использовании традиционной технологии переработки растительного сырья без осмоса. В результате активность воды в осмо-дегидратированных ягодах имеет значение 0,578 и можно отнести к продукту с низкой влажностью.

По органолептическим показателями осмо-дегидратированные ягоды соответствуют

требованиям, предъявляемым к нормативным правовым актам. Энергетическая ценность увеличилась на 12,7% за счет увеличения углеводного состава и испарения влаги во время сушки и составила 300/1256 ккал/кДж. Положительная динамика прослеживается и в сохранности витаминной ценности и макроэлементов в осмо-дегидратированной продукции с незначительными потерями до 5%. Кислотность снизилась на 38% за счет увеличения суммы сахаров, что придает готовой ягодной продукции более выраженные вкусовые качества.

Следовательно, подтверждается положительный эффект комплексной технологии переработки растительного сырья с применением предварительного обезвоживания гипертоническим раствором сахарозы с последующей конвективной сушкой.

### Литература

- 1 Luchese C.L., Gurak P.D., Marczak L.D.F. Osmotic dehydration of physalis (*Physalis peruviana* L.): Evaluation of water loss and sucrose incorporation and the quantification of carotenoids // *LWT Food Sci. Technol.* 2015. V. 63. P. 1128–1136. doi: 10.1016/j.lwt.2015.04.060
- 2 Грибова Н.А., Елисеева Л.Г. Потребительские предпочтения в отношении переработанной плодово-ягодной продукции // *Вестник МГТУ.* 2017. Т. 20. № 3. С. 582–588.
- 3 Akbarian M., Ghasemkhani N., Moayedi F. Osmotic dehydration of fruits in food industrial: A review // *International Journal of Biosciences.* 2013. V. 3. № 12. P. 1–16. doi: 3. 10.12692/ijb/4.1.42–57
- 4 Nuñez-Mancilla Y., Perez-Won M., Vega-Gálvez A., Arias V. et al. Modeling mass transfer during osmotic dehydration of strawberries under high hydrostatic pressure conditions // *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 2011. V. 12. P. 338–343. doi: 10.1016/j.ifset.2011.03.005
- 5 Ahmed I., Qazi I.M., Jamal S. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation offruits and vegetables // *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 2016. V. 34. P. 29–43. doi: 10.1016/j.ifset.2016.01.003
- 6 Sagar V.R. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: A review // *J. Food Sci. Technol.* 2010. V. 47. P. 15–26. doi: 10.1007/s13197-010-0010-8
- 7 Galanakis C.M. Functionality of Food Components and Emerging Technologies // *Foods.* 2021. V. 10. P. 128. doi: 10.3390/foods10010128
- 8 Yadav A.K., Singh S.V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review // *Journal of Food Science and Technology.* 2012. V. 51. P. 1654–1673. doi: 10.1007/s13197-012-0659-2
- 9 Gribova N., Berketova L. et al. Main problems of the development of fruit and berry raw materials processing industry in the Russian Federation // *E3S Web of Conferencesthis.* 2020. V. 210. P. 03003. doi: 10.1051/e3sconf/202021003003
- 10 Athmaselvi K., Arumuganathan T. Effect of osmotic dehydration and ultrasound treatment on water loss and solid gain of watermelon rind // *Carpathian Journal of Food Science and Technology.* 2015. V. 7. P. 137–148.
- 11 Castelló M.L., Fito P.J., Chiralt A. Changes in respiration rate and physical properties of strawberries due to osmotic dehydration and storage // *Journal of Food Engineering.* 2010. V. 97. P. 64–71.
- 12 Mercali G.D., Marczak L.D.F., Tessaro I.C., Noreña C.P.Z. Osmotic dehydration of bananas (*Musa sapientum*, shum.) in ternary aqueous solutions of sucrose and sodium chloride // *J. Food Process Eng.* 2012. V. 35. P. 149–165. doi: 10.1111/j.1745-4530.2010.00578.x
- 13 Moraga M.J., Moraga G., Martínez-Navarrete N. Effect of the re-use of the osmotic solution on the stability of osmodehydro-refrigerated grapefruit // *Lwt – Food Science and Technology.* 2011. V. 44. P. 35–41. doi: 10.1016/j.lwt.2010.05.018
- 14 Gribova N.A., Eliseeva L.G., Berketova L.V., Evdokimova O.V. et al. Formation and development of consumer properties of berry products with added nutrition value // *International Journal of Advanced Science and Technologythis link is disabled.* 2020. V. 29. № 3. P. 3782–3791.
- 15 Jain S.K., Verma R.C., Murdia L.K., Jain H.K. et al. Optimization of process parameters for osmotic dehydration of papaya cubes // *J. Food Sci. Technol.* 2011. V. 48. P. 211–217. doi: 10.1007/s13197-010-0161-7
- 16 Barragán-Iglesias J., Rodríguez-Ramírez J., Sablani S.S., Méndez-Lagunas L.L. Texture analysis of dried papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) pretreated with calcium and osmotic dehydration // *Dry. Technol.* 2019. V. 37. P. 906–919. doi: 10.1080/07373937.2018.1473420
- 17 Tiroutchelvame D., Sivakumar V., Maran J.P. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of amla (*Emblica officinalis* L.) cubes in sugar solution // *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* 2015. V. 21. № 4. P. 547–559. doi: 10.2298/CICEQ140712011T

- 18 Alam M.S., Amarjit S., Sawhney B.K. Response surface optimization of osmotic dehydration process for aonla slices // *J. Food Sci. Technol.* 2010. V. 47. P. 47–54. doi: 10.1007/s13197-010-0014-4
- 19 Bchir B., Besbes S., Attia H., Blecker C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica Granatum L.*): effect of freezing pre-treatment // *Journal of Food Process Engineering.* 2012. V. 35. P. 335–354. doi: 10.1111/j.1745-4530.2010.00591.x
- 20 Bozkir H., Ergün A.R., Serdar E., Metin G. et al. Ultrasonics-Sonochemistry Influence of ultrasound and osmotic dehydration pre-treatments on drying and quality properties of persimmon fruit // *Ultrason. Sonochem.* 2019. V. 54. P. 135–141. doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.02.006
- 21 Mayor L., Moreira R., Sereno A.M. Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (*Cucurbita pepo L.*) fruits // *J. Food Eng.* 2011. V. 103. P. 29–37. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2010.08.031
- 22 Rajanya D., Singh G. Recent trends in osmotic dehydration of fruits: a review // *Plant Archives.* 2021. V. 21. № 1. P. 98–103.
- 23 Грибова Н.А., Беркетова Л.В. Осмотическая дегидратация ягод: изучение параметров массопереноса // *Вестник ВГУИТ.* 2018. V. 80. № 2. С. 30–37. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-30-37

## References

1. Luchese C.L., Gurak P.D., Marczak L.D.F. Osmotic dehydration of physalis (*Physalis peruviana L.*): Evaluation of water loss and sucrose incorporation and the quantification of carotenoids. *LWT Food Sci. Technol.* 2015. vol. 63. pp. 1128–1136. doi: 10.1016/j.lwt.2015.04.060
2. Gribova N.A., Eliseeva L.G. Consumer preferences in relation to processed fruit and berry products. *Vestnik MGTU.* 2017. vol. 20. no. 3. pp. 582–588. (in Russian).
3. Akbarian M., Ghasemkhani N., Moayedi F. Osmotic dehydration of fruits in food industrial: A review. *International Journal of Biosciences.* 2013. vol. 3. no. 12. pp. 1–16. doi: 10.12692/ijb/4.1.42-57
4. Nuñez-Mancilla Y., Perez-Won M., Vega-Gálvez A., Arias V. et al. Modeling mass transfer during osmotic dehydration of strawberries under high hydrostatic pressure conditions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 2011. vol. 12. pp. 338–343. doi: 10.1016/j.ifset.2011.03.005
5. Ahmed I., Qazi I.M., Jamal S. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 2016. vol. 34. pp. 29–43. doi: 10.1016/j.ifset.2016.01.003
6. Sagar V.R. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: A review. *J. Food Sci. Technol.* 2010. vol. 47. pp. 15–26. doi: 10.1007/s13197-010-0010-8
7. Galanakis C.M. Functionality of Food Components and Emerging Technologies. *Foods.* 2021. vol. 10. pp. 128. doi: 10.3390/foods10010128
8. Yadav A.K., Singh S.V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology.* 2012. vol. 51. pp. 1654–1673. doi: 10.1007/s13197-012-0659-2
9. Gribova N., Berketova L. et al. Main problems of the development of fruit and berry raw materials processing industry in the Russian Federation. *E3S Web of Conferencesthis.* 2020. vol. 210. pp. 03003. doi: 10.1051/e3sconf/202021003003
10. Athmaselvi K., Arumuganathan T. Effect of osmotic dehydration and ultrasound treatment on water loss and solid gain of watermelon rind. *Carpathian Journal of Food Science and Technology.* 2015. vol. 7. pp. 137–148.
11. Castelló M.L., Fito P.J., Chiralt A. Changes in respiration rate and physical properties of strawberries due to osmotic dehydration and storage. *Journal of Food Engineering.* 2010. vol. 97. pp. 64–71.
12. Mercali G.D., Marczak L.D.F., Tessaro I.C., Noreña C.P.Z. Osmotic dehydration of bananas (*Musa sapientum*, shum.) in ternary aqueous solutions of sucrose and sodium chloride. *J. Food Process Eng.* 2012. vol. 35. pp. 149–165. doi: 10.1111/j.1745-4530.2010.00578.x
13. Moraga M.J., Moraga G., Martínez-Navarrete N. Effect of the re-use of the osmotic solution on the stability of osmodehydro-refrigerated grapefruit. *Lwt – Food Science and Technology.* 2011. vol. 44. pp. 35–41. doi: 10.1016/j.lwt.2010.05.018
14. Gribova N.A., Eliseeva L.G., Berketova L.V., Evdokimova O.V. et al. Formation and development of consumer properties of berry products with added nutrition value. *International Journal of Advanced Science and Technologythis link is disabled.* 2020. vol. 29. no. 3. pp. 3782–3791.
15. Jain S.K., Verma R.C., Murdia L.K., Jain H.K. et al. Optimization of process parameters for osmotic dehydration of papaya cubes. *J. Food Sci. Technol.* 2011. vol. 48. pp. 211–217. doi: 10.1007/s13197-010-0161-7
16. Barragán-Iglesias J., Rodríguez-Ramírez J., Sablani S.S., Méndez-Lagunas L.L. Texture analysis of dried papaya (*Carica papaya L. cv. Maradol*) pretreated with calcium and osmotic dehydration. *Dry. Technol.* 2019. vol. 37. pp. 906–919. doi: 10.1080/07373937.2018.1473420
17. Tiroutchelvame D., Sivakumar V., Maran J.P. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of amla (*Embllica officinalis L.*) cubes in sugar solution. *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* 2015. vol. 21. no. 4. pp. 547–559. doi: 10.2298/CICEQ140712011T
18. Alam M.S., Amarjit S., Sawhney B.K. Response surface optimization of osmotic dehydration process for aonla slices. *J. Food Sci. Technol.* 2010. vol. 47. pp. 47–54. doi: 10.1007/s13197-010-0014-4
19. Bchir B., Besbes S., Attia H., Blecker C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica Granatum L.*): effect of freezing pre-treatment. *Journal of Food Process Engineering.* 2012. vol. 35. pp. 335–354. doi: 10.1111/j.1745-4530.2010.00591.x
20. Bozkir H., Ergün A.R., Serdar E., Metin G. et al. Ultrasonics-Sonochemistry Influence of ultrasound and osmotic dehydration pre-treatments on drying and quality properties of persimmon fruit. *Ultrason. Sonochem.* 2019. vol. 54. pp. 135–141. doi: 10.1016/j.ultsonch.2019.02.006
21. Mayor L., Moreira R., Sereno A.M. Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (*Cucurbita pepo L.*) fruits. *J. Food Eng.* 2011. vol. 103. pp. 29–37. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2010.08.031

22. Rajanya D., Singh G. Recent trends in osmotic dehydration of fruits: a review. Plant Archives. 2021. vol. 21. no. 1. pp. 98–103. 23

23. Gribova N.A., Berketova L.V. Osmotic dehydration of berries: study of mass transfer parameters. Proceedings of VSUET. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 30–37. doi: 10.20914 / 2310–1202–2018–2–30–37 (in Russian).

**Сведения об авторах**

**Наталья А. Грибова** к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия, natali-g@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8440-5325>

**Information about authors**

**Natalya A. Gribova** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia, natali-g@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8440-5325>

**Вклад авторов**

**Наталья А. Грибова** написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

**Contribution**

**Natalya A. Gribova** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

**Конфликт интересов**

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The author declares no conflict of interest.

---

**Поступила** 16/07/2021

**После редакции** 02/08/2021

**Принята в печать** 25/08/2021

---

**Received** 01/06/2019

**Accepted in revised** 10/07/2019

**Accepted** 10/08/2019

---