

## Осмотическая дегидратация плодово-ягодного сырья в пищевой промышленности

Наталья А. Грибова<sup>1</sup> Natali-g@bk.ru

Людмила Г. Елисеева<sup>1</sup> Eliseeva-reu@mail.ru

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

**Реферат.** Осмотическое обезвоживание получило больше внимания в последние годы в качестве эффективного метода для сохранения фруктов, плодов и ягод. Осмос является простым процессом и способствует переработке фруктов, плодов и ягод для сохранения исходных характеристики, а именно питательной ценности и органолептических свойств: цвет, аромат и текстура. Осмотическая дегидратация нашла широкое применение в сохранении пищевых продуктов, так как снижается активность воды в фруктах, плодах и ягодах, ведь некоторые состоят из 90% воды. Процесс осмотической дегидратации с помощью различных агентов является менее энергозатратным, чем процесс сушки или замораживание, поскольку он может быть проведен при температуре окружающей среды. Осмотическая дегидратация имеет потенциальные преимущества в сохранении качества продуктов питания и в сохранении здоровых продуктов питания для обрабатывающей пищевой промышленности. Обработка включает обезвоживание фруктов, плодов и ягод с помощью осмотического агента с последующим обезвоживанием в сушильных или в замороженных установках, где содержание влаги снижается и продукт становится более стабильным. Этот метод является процессом частичной дегидратации, для того чтобы дать продукту улучшенные качества по сравнению с обычными процессами сушки или замораживанием. Целью изучения осмотической дегидратации является выявление преимуществ и недостатков во время обработки осмотическими агентами. Рассмотрены различные аспекты технологии осмотического обезвоживания, а именно используемые растворы, характеристики растворов, влияние переменных процессов, а также качественные характеристики осмо-дегидратированных продуктов. Изучены факторы осмотической дегидратации, которые зависят от осмотического агента, концентрации растворенного вещества, температуры раствора, времени обезвоживания, перемешивания и соотношения раствора с образцами, размера, формы и компактности продукта.

**Ключевые слова:** осмотическая дегидратация, осмотические агенты, концентрация, плодово-ягодное сырье, активность воды, обезвоживание

## Osmotic dehydration of fruit and berry raw materials in the food industry

Natalya A. Gribova<sup>1</sup> Natali-g@bk.ru

Lyudmila G. Eliseeva<sup>1</sup> Eliseeva-reu@mail.ru

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

**Summary.** Osmotic dehydration has recently received more attention as an effective method of preserving fruits and berries. Osmosis is a simple process that facilitates the processing of fruits and berries in order to preserve the original characteristics, namely nutritional value and organoleptic properties: color, aroma and texture. Osmotic dehydration has found wide application in the preservation of food products, as the activity of water in fruits and berries decreases, in some of them up to 90% of water is contained. The process of osmotic dehydration with the help of various agents is less energy-intensive than the process of drying or freezing, since it can be processed at ambient temperature. Osmotic dehydration has potential advantages in preserving the quality of food and in maintaining healthy food for the food industry. Treatment includes dehydration of fruits and berries by an osmotic agent followed by dehydration in dry or frozen apparatus where the moisture content decreases and the product becomes more stable. This process is a partial dewatering process to provide improved product quality compared to conventional drying processes or freezing. The purpose of studying osmotic dehydration is to identify the advantages and disadvantages in the treatment of osmotic agents. Various aspects of osmotic dehydration technology are considered, namely the solutions used, the characteristics of solutions, the effect of variable processes and the qualitative characteristics of osmo-dehydrated products. Factors of osmotic dehydration that depend on the osmotic agent, concentration of solute, temperature, time, size, shape and compactness of the material, mixing and the ratio of the solution to the samples.

**Keywords:** osmotic dehydration, osmotic agents, concentration, fruit and berry raw materials, water activity, dehydration

### Введение

Обезвоживание фруктов, плодов и ягод является одним из устаревших методов сохранения пищевых продуктов. Осмотическое обезвоживание в последние годы получило большое внимание в качестве эффективного метода для сохранения фруктов плодов и ягод. Этот процесс имеет потенциальные преимущества для обрабатывающей пищевой промышленности, чтобы сохранить качества и целостность пищевых продуктов.

Осмотическая дегидратация – операция, используемая для частичного удаления воды из растительных тканей путем погружения в гипертонический раствор, сахар и/или солевой раствор для снижения влажности пищевых продуктов до фактического процесса сушки [1].

Техника осмотического обезвоживания (ТОО) в основном используется для разработки новых продуктов, так как она влияет на пищевые и сенсорные свойства свежих фруктов, плодов и ягод [2–5]. ТОО также максимизирует отношение сахара к кислоте и повышает стабильность

Для цитирования

Грибова Н.А., Елисеева Л.Г. Осмотическая дегидратация плодово-ягодного сырья в пищевой промышленности // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 2. С. 134–142. doi:10.20914/2310-1202-2017-2-134-142

For citation

Gribova N.A., Eliseeva L.G. Osmotic dehydration of fruit and berry raw materials in the food industry. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 2. pp. 134–142. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2017-2-134-142

пигментов и текстуры во время сушки и хранения [2]. Сахарное поглощение сахаридов с низкой молярной массой (глюкоза, фруктоза и сахароза) является высоким из-за максимальной скорости диффузии молекул. Этот метод обеспечивает более мягкую обработку фруктов, плодов и ягод из-за их большого сенсорного сходства между обезвоженными и натуральными продуктами [2, 4, 5].

Осмотическое обезвоживание означает процесс, посредством которого фрукты, плоды или ягоды подвергаются длительному обезвоживанию в концентрированных сахарных сиропах для того, чтобы большую часть воды и природного сахара заменить сахарным сиропом [1].

Осмотическое обезвоживание является предпочтительным по сравнению с другими методами так как в большей степени сохраняются цвет, аромат, питательные компоненты и целостность пищевого продукта [6].

### Процесс осмотической дегидратации плодово-ягодного сырья

Осмотическое обезвоживание – это процесс, основанный на погружении продукта в целом виде или его часть, в гипертонические растворы, способствующие одновременной потере воды и растворенных веществ с последующим проникновением в продукт. Этот процесс позволяет получить готовый пищевой продукт с высокой пищевой ценностью, органолептическими свойствами за счет частичного удаления влаги и способствует защитному действию растворенного вещества. По сравнению с другими методами обезвоживания, этот процесс вызывает меньше повреждений клеточных стенок пищевого продукта, что позволяет сохранить питательные компоненты за счет более низких температур [7–8].

Осмотическое обезвоживание представляет собой многокомпонентный процесс диффузии, который включает в себя три типа явлений массопереноса:

- первый процесс включает в себя отток воды из ткани пищевого продукта;
- второй – перенос растворенного вещества из осмотического раствора в продукт;
- третий – вымывание из растворенных веществ тканей продукта (витамины, минеральные вещества, органические кислоты) в осмотическое решение.

Третья передача количественно незначительна по сравнению с первыми двумя типами перевода, но является существенным в отношении состава продукта. Его движущей силой является разница в осмотическом давлении растворов по обе стороны от полупроницаемых клеточных мембран [1].

Следовательно, в этом процессе поток воды из фруктов, плодов и ягод переходит в раствор, где вместе с водой некоторые минералы, витамины, фруктовые кислоты и т. д. также двигаются в направлении решения, а сахара мигрируют в направлении материала. Процесс осмотической дегидратации для плодово-ягодного сырья представлен на рисунке 1 [1].

Процесс удаление воды во время осмотической дегидратации происходит за счет диффузии и капиллярного потока, тогда как поглощение растворенного вещества или выщелачивание происходит только путем диффузии [9–10].

Изучая осмос авторы Moreira, Ispir, Devic, Bchir, Mundada и др. сосредоточили внимание на исследованиях быстрых и эффективных удалений желаемого количества воды из фруктов, плодов и ягод путем корректировки таких факторов или параметров как использование высокой концентрации осмотического раствора и изучение температур предварительной обработки [11–15].

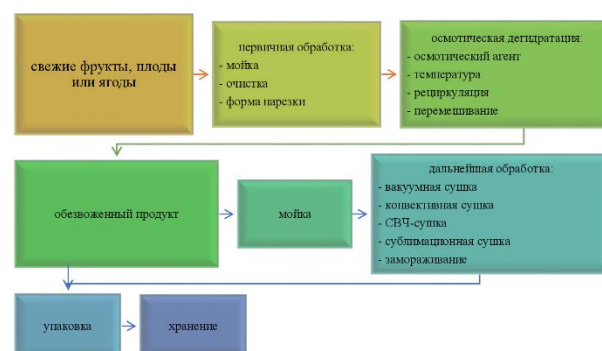


Рисунок 1. Блок-схема осмотической дегидратации фруктов, плодов и ягод

Figure 1. Block diagram of osmotic dehydration of fruits, fruits and berries

Осмотическая концентрация – это процесс удаления воды из фруктов, плодов и ягод позволяющая быстрее проходить воде через полупроницаемые клеточные мембраны. В процессе осмоса небольшое количество фруктовых кислот удаляется вместе с водой. Это динамический процесс, в котором вода и кислоты удаляются сначала, а затем происходит медленное проникновение небольшого количества раствора, но увеличивается со временем. Поэтому характеристики продукта могут быть изменены путем регулирования температуры, концентрации сахарного сиропа, концентрации раствора осмоса, времени осмоса и т. д., для того чтобы сделать процесс осмотической концентрации быстрее [6]. Осмотический агент может быть использован в осмотической дегидратации как самостоятельно, так и в комбинации [1].

В таблице 1 представлены данные о влиянии различных осмотических агентов на ожидаемые эффекты осмотической дегидратации. Результаты исследований показывают, что осмотические агенты должны уменьшать водную активность раствора и увеличивать движущую силу, быть эффективным, удобным, нетоксичным и иметь хороший вкус, легко растворимыми, чтобы образовать высококонцентрированный раствор. Осмотический агент не должен реагировать на

продукт и должен быть доступным. Концентрация осмотического агента играет также важную роль в осмотической дегидратации. Стоимость раствора, его совместимость с конечным продуктом и консервирующий эффект имеют первостепенное значение при выборе осмотических агентов. Наиболее часто используемыми осмотическими агентами являются глюкоза, сахароза, глицерин, сорбит, кукурузный сироп, сироп глюкозы и фруктоолигосахарид [1–2].

Таблица 1.

Влияние различных осмотических агентов на ожидаемые эффекты осмотической дегидратации

Table 1.

Effect of various osmotic agents on the process of osmotic dehydration

Осмотические агенты Osmotic agents	Результаты   results
1	2
Хлорид Кальция Calcium chloride	Повышает упругость нарезанных плодов и сохраняет текстуру во время хранения. Взаимодействие с аскорбиновой кислотой и диоксидом серы предотвращает потемнение плода. Использование выше 0,5% придает лучший вкус продукту.   Increases the elasticity of the sliced fruit and preserves the texture during storage. Interaction with ascorbic acid and sulfur dioxide prevents the darkening of the fetus. Using above 0.5% gives the best taste to the product.
Этанол   Ethanol	Снижает вязкость и температуру замерзания осмотического раствора в процессах охлаждения и замораживания. Понижает активность воды в продукте и повышает стабильность продукта при хранении.   Reduces the viscosity and freezing point of the osmotic solution in the cooling and freezing processes. Reduces the activity of water in the product and increases the stability of the product during storage.
Сахароза   Sucrose	Уменьшает изменение цвета, путем предотвращения поступления кислорода, обеспечивает стабильность пигментов и помогает удерживать летучие соединения во время сушки осмотически обработанных материалов. Придает дополнительные вкусовые качества, улучшает органолептические показатели и не изменяет основной химический состав продукта. Активность воды высокая. Позволяет длительно сохранить продукты. Имеет тенденцию кристаллизоваться при сушке. Является лучшим, удобным, и эффективным способом.   Reduces discoloration by preventing oxygen supply, ensures the stability of pigments and helps to keep volatile compounds during drying of osmotically processed materials. Gives additional flavoring qualities, improves organoleptic parameters and does not change the basic chemical composition of the product. Water activity is high. Allows you to save products for a long time. It tends to crystallize during drying. Is the best, convenient, and effective way.
Фруктоза   Fructose	Увеличивает содержание сухого вещества на 50% по сравнению с сахарозой, в связи с более высоким уровнем проникновения. Активность воды конечного продукта ниже. Менее предпочтительнее чем сахароза.   Increases the dry matter content by 50% compared to sucrose, due to a higher penetration level. The water activity of the final product is lower. Less preferable than sucrose.
Инвертный сахар Invert sugar	Эффективен и практически не составляет большой разницы сахарозе в скорости осмотического обезвоживания плодов при одинаковой концентрации и температуры.   It is effective and practically does not make a big difference to sucrose in the rate of osmotic dehydration of fruits at the same concentration and temperature.
Лактоза   Lactose	Имеет гораздо более низкий уровень сладости, чем сахароза. Низкая растворимость в водном растворе.   Has a much lower level of sweetness than sucrose. Low solubility in aqueous solution.
Мальтодекстрин Maltodextrin	Может быть использован в качестве осмоса, но при более высокой концентрации или совместно с другими агентами. Менее эффективен, чем сахароза с той же концентрацией. Имеет более высокую молекулярную массу, он может быть абсорбирован так же хорошо, как и глюкоза. Высокое твердое усиление при использовании объясняется высокой характеристикой поглощения.   Can be used as an osmosis, but at a higher concentration or together with other agents. Less effective than sucrose with the same concentration. It has a higher molecular mass, it can be absorbed as well as glucose. The high solid gain at use is due to the high absorption characteristic.
Хлорид Натрия, NaCl Sodium Chloride, NaCl	В основном используется для овощей, так как задерживает окислительные и ферментативные потемнения. Увеличивает движущую силу сушки. Предотвращает потемнение с помощью смеси соли и сахара.   It is mainly used for vegetables, as it inhibits oxidative and enzymatic darkening. Increases the driving force of drying. Prevents darkening with a mixture of salt and sugar.
Сахар   Sugar	Непригоден в процессе осмоса из-за окислительного потемнения. Трудности в утилизации сахарного сиропа. Не используется в овощной обработке.   It is unsuitable in the process of osmosis due to oxidative darkening. Difficulties in recycling sugar syrup. Not used in vegetable processing.

1	2
Сорбит   Sorbitol	Имеет молекулярную массу меньше сахарозы. Хорошо растворяется в воде. Менее сладкий почти вдвое, чем глюкоза.   Has a molecular weight less than sucrose. It dissolves well in water. Less sweet almost twice than glucose.
Кукурузный сироп   Corn syrup	Потери воды и значение твердого усиления ниже, чем обработанные в растворе сахарозы, из-за вязкой консистенции и молекулярной массы.   The loss of water and the value of the solid gain are lower than those processed in the sucrose solution, due to the viscous consistency and the molecular weight.
Кленовый сироп   Maple syrup	Вакуумный импрегнированный раствор, имеющий уровень 30–40% кленового сиропа, приводит к лучшему индексу отбеливания, текстурным атрибутам и уменьшенной активности воды в высушенных плодах, чем другие сахара.   A vacuum impregnated solution having a level of 30–40% maple syrup results in a better whitening index, texture attributes and reduced water activity in dried fruits than other sugars.
Мёд   Honey	Состоит из фруктозы, глюкозы, мальтозы, сахарозы и других углеводов. По сравнению с другими растворами сахара раствор мёда имеет высокую осмотическую выдержку, что позволяет быстро извлечь воду. Он также обеспечивает лучшее пластифицирующее действие, так что обработанный растительный материал обладает не хрупкой текстурой и улучшает свойства регидратации.   It consists of fructose, glucose, maltose, sucrose and other carbohydrates Compared with other solutions, honey has a high osmotic exposure, which allows you to quickly extract water. It also provides a better plasticizing effect, so that the processed plant material has a non-brittle texture and improves rehydration properties.
Фрукто-олигосахарид   Fructo-oligosaccharide	Осмотическое поведение отличается от сахарозы. Это связано с его более высокой молекулярной массой по сравнению с сахарозой, что приводит к снижению скорости диффузии.   Osmotic behavior is different from sucrose. This is due to its higher molecular weight compared with sucrose, which leads to a decrease in the rate of diffusion.
Мальтоза   Maltose	При осмотической дегидратации имеет одновременно более высокую потерю воды и более низкий прирост сахара, чем раствор сахарозы.   At osmotic dehydration has simultaneously a higher loss of water and a lower sugar gain than the sucrose solution.

В своих исследованиях авторы Ispir и Toğrul оценивали влияние различных осмотических агентов таких как сахароза, фруктоза, глюкоза, сорбит и мальтодекстрин на массовый расход во время осмотического обезвоживания плодов абрикоса. В результате исследований было выявлено, что сорбитол имеет молекулярную массу меньше сахарозы. Сорбитол ( $C_6H_{14}O_6$ ) представляет собой сахарный спирт, полученный восстановлением альдегидной группы глюкозы до дополнительной гидроксильной группы. Мальтодекстрин имеет значительно более высокую молекулярную массу по сравнению с другими осмотическими агентами. Более высокое твердое усиление в случае мальтодекстрина объясняется его высокой характеристикой поглощения. Фруктоза, помимо обеспечения низкого поглощения твердых веществ, обеспечивает высокое осмотическое давление в абрикосе благодаря потенциалу связывания воды. Самые высокие потери воды были получены при использовании раствора сахарозы, соответственно. Следовательно, растворы фруктозы и сахарозы считаются лучшими при осмотическом обезвоживании абрикосов из-за сильного усиления и высоких потерь воды [12].

Исследования проводились также в области осмотического обезвоживания яблок с использованием двух растворов – сахарозный и кукурузный. В исследовании рассматривались три фактора: температура (30–50°C), концентрация сиропа (40–60%) и время погружения (90–240 мин). В результате было получено, что плоды практически соответствуют свежим

за счет максимальной потери воды и прироста твердых веществ, а также аскорбиновая кислота была выявлена в обоих растворах осмотических агентов [33].

Было также подтверждено [34], что скорость проникновения кукурузного сиропа с высоким содержанием фруктозы выше по сравнению с сахарозой, но на основе сенсорной оценки наиболее предпочтительнее является сахароза.

В результате научных исследований доказано [1], что одним из наиболее часто используемых осмотических агентов является сахароза. Она также широко используется в качестве пищевого подсластителя. Несмотря на то, что широкое и доступное разнообразие альтернативных осмотических агентов, сахароза считается оптимальным выбором.

#### **Влияние концентрации, температуры и времени обработки осмотического агента**

Концентрация осмотического агента также влияет на кинетику передачи данных во время осмотического обезвоживания [4]. Увеличение концентрации осмотического раствора приводит к большей скорости потери воды до достижения равновесного уровня [2, 5]. Разница в осмотическом потенциале между раствором и образцом приводит к более высокой скорости диффузии растворенного вещества и воды [2, 4]. Менее концентрированный раствор сахарозы приводит к минимальной потере воды и коэффициентам твердого усиления [2, 5]. Однако влияние упрочнения высокой концентрации сахарозы может уменьшить массовый расход фруктов, плодов и ягод [4].

В своих научных трудах, Falade и др. [16] изучали явление осмотического массопереноса арбузов (нарезанные в виде пластов) с использованием трех различных концентраций раствора сахарозы (40, 50 и 60°Brix). В результате было обнаружено, что потери воды и значение твердого усиления в арбузных образцах, обработанных более высокой концентрацией осмотического раствора намного выше. Аналогичным образом [12] оценивалась скорость массового переноса абрикоса во время осмотического обезвоживания. Плоды абрикосов были погружены в три различные концентрации сахарозы (40, 50 и 60%). Более высокая концентрация сахарозы приводит к большим градиентам осмотического давления, что приводит к более высокому усилению твердого тела и потере воды в течение всего периода осмотического обезвоживания.

Аналогично, было изучено влияние различных концентраций сахарозы (40, 50 и 60°Brix) на скорость переноса гранатовой кожуры при осмотической дегидратации. Гранатовая кожура, обезвоженная в растворе сахарозы 60°Brix, показала более высокий коэффициент усиления твердого тела и потери воды по сравнению с образцами, пропитанными в осмотическом растворе 40 и 50°Brix [15].

Исследования были посвящены изучению таких факторов как вид осмотического агента в зависимости от способа тепловой обработки, температуры и продолжительности обработки ягод черной смородины, ежевики, малины и земляники садовой. Ягоды обезвоживали 60% раствором сахарозы, применяя две технологии: раствор сахарозы без тепловой и с тепловой обработкой. В результате было получено, что обезвоживание ягод в растворе сахарозы с тепловой обработкой происходит быстрее за счет выше плотности сиропа, что позволяет в большей степени сохранить целостность и структуру ягод [17].

Доказано, что температура осмотической обработки фруктов не должна превышать 50°C, так как данная температура ограничивает ухудшение вкуса, текстуры и термочувствительные соединения продукта. При температуре 49°C происходит ферментативное потемнение и ухудшение аромата плодов. Данная температура является эффективной для поддержания вязкости раствора и позволяет сохранить качество плодов без их изменения [1, 5, 10, 38].

Это подтверждается исследованиями, что ягоды с темным окрасом обработанные при температуре более 50°C на кожице появляются нежелательные изменения [1, 35-37].

Исследования проводились и в области осмотического обезвоживания ананаса в растворе сахарозы при различных температурах, концентрациях, соотношениях раствора и объекта. На основе анализа экспериментальных

данных в ходе исследований были получены наилучшие результаты влияния температур при 30, 40 и 50°C, а также концентраций сахарозы при 50, 60 и 70°Brix в соотношении 1:4 [38].

Доказано, что осмотическое обезвоживание яблок при температуре между 30 и 50°C по сравнению с комнатной температурой происходит значительное увеличение коэффициента сахара до 55% [1, 39].

Проводился эксперимент по изучению массопереноса яблок в осмотический раствор 20 и 50% концентрации мальтодекстрина в соотношение 1:20 при температуре 30°C. Результаты показали, что яблоки, обработанные раствором, имеют больше сухого вещества и лучше сохраняют структуру, вкусовые качества в сравнении с необработанными яблоками [18].

Изучался эффект осмотической дегидратации на плодах манго путем изменения температуры обработки (30–50°C), концентрации раствора (40–60%) и времени погружения (60–150 мин). В результате было получено максимальное удаление воды (25%) с поглощением твердого тела менее чем на 6% путем поддержания подходящей комбинации раствора сахарозы (44% мас./мас.), времени обработки (80 мин) и температуры 38°C [19]. Исследовалась осмотическая дегидратация ягод с использованием трех различных осмотических агентов: сахароза (70%), сахароза + глюкоза (70% + 65%) и этанола. В результате исследований установлено, что снижается активность воды, а также приводит к элюированию аромата трехсторонне и антоцианина в осмотический раствор [20]. Это также существенно повлияло на содержание ликопина и аскорбиновой кислоты. Предварительная обработка повысила стабильность хранения замороженного продукта [21].

Был также изучен температурный режим при различных осмотических агентах на семенах граната. В качестве осмотических агентов были взяты сахароза, глюкоза 50°Bx и их сочетание (50:50) при различном температурном режиме (30, 40 и 50°C). Следовательно, установлено, что температурный параметр увеличивает потерю воды во время осмотической обработки продукта. Это подтверждается данными, что уже после 20 мин обезвоживания потери воды в сахарозе составило 46%, глюкозе 37%, а в растворе смеси 41% [40].

#### **Физико-химические свойства осмотической дегидратации**

На процесс осмотической дегидратации также влияют и физико-химические свойства, молекулярная масса, растворимость и ионное состояние растворенного вещества [2]. Осмотическая дегидратация служит движущей силой противоточных потоков растворенного вещества и воды, а также измеряет степень потери воды и поглощения твердых частиц. Это существенно

влияет на физические и сенсорные свойства конечного продукта. Важным критерием является это совместимость растворенного вещества с компонентами пищи [2, 5]. Осмотический агент с более низким молекулярным весом может легко проникать в клетки фруктов, плодов и ягод по сравнению с осмотическим агентом с более высокой молекулярной массой [2, 4].

Изучены и оценены различные методы предварительной обработки для осмотического обезвоживания клюквы. Было проведено механическое, химическое и осмотическое обезвоживание. В механической предварительной обработке плоды были разрезаны на половинки и четверти. При химической предварительной обработке разницы заключалась в температуре химического вещества и времени погружения плодов, а при осмотической дегидратации использовалось различное осмотическое средство в разной концентрации вместе с изменяющимся временем осмотического обезвоживания. Исходя из результатов, полученных в соответствии с приростом массы, твердым усилением и влажностью, было выявлено, что клюква, нарезанная на четверть частей, показала лучший результат, а время и концентрация осмотического агента значительно способствовали результату, однако различная химическая обработка не показала различий в качестве продукта [41].

На процесс осмотического обезвоживания также влияет рН осмотического раствора. Максимальные потери воды при рН 3 для яблок, нарезанных в виде формы колец, наблюдалось с использованием кукурузного сиропа. С уменьшением рН (рН 2) текстура яблочного кольца стала более мягкой, что может быть связано с деполимеризацией и гидролизом пектина, тогда как твердость продукта сохранялась при рН 3,0–6,0 [2, 5].

Основной проблемой для улучшения осмо-обезвоженных пищевых продуктов является их микробная нагрузка, поскольку она может влиять на срок хранения упакованных продуктов, особенно нарезанных фруктов, плодов или ягод [22]. Следовательно, снижение микробной нагрузки без каких-либо дополнительных этапов обработки можно снизить за счет покрытия осмотическим агентом, при этом сохранить затраты, тем самым обеспечивая дополнительную ценность для пищевых продуктов. В результате обнаружено, что подходящая комбинация активности воды и рН может быть очень эффективной для борьбы с микробами в пище. В исследованиях было определено, что в обезвоженных яблоках предварительно обработанными кислотными растворами инактивирована кишечная палочка [2].

Комбинация низкого уровня рН и активности воды значительно снижает микробные нагрузки [23]. В результате осмотического

обезвоживания ананаса в растворе сахарозы в комбинации с лимонной кислотой (0,5–2,5%) при температуре (25–45 °С) выявлено, что потери влаги, массы и твердое усиление достигнуто 36,54; 42,62 и 92,16% соответственно, через 6 ч процесса, с уменьшением количества микробов более чем на два цикла регистрации и более высокой сенсорной восприимчивостью с определяемой оптимизацией (2,48% лимонной кислоты и 44,99 °С) [24].

Активность воды является важным параметром, который влияет на микробную экологию и очень важен для срока годности осмо-обезвоженных продуктов и определяется как доступное содержание влаги в пищевом продукте. Это подтверждается исследованиями Klewicki и др., где были изучены водная активность и содержание сухого вещества осмо-сублимированных и осмо-лиофилизированных фруктов [25].

Немаловажное значение имеет увеличение сроков годности готового переработанного продукта – это возможно сделать за счет взаимосвязи предварительно обработанных плодов, фруктов или ягод осмотическими растворами с последующей их доработкой. Осмотическая дегидратация с последующей вакуумной сушкой проводилась в пищевом материале с раствором сахарозы 65–75°Brix до тех пор, пока вес не был потерян до 30–50%. В результате получен объемный продукт с хрустящей текстурой и по цене, которая значительно ниже, чем продукт, полученный лиофилизацией [26]. Комбинированная осмотическая и вакуумная пропитка кусочков яблок с 30–40% кленовым сиропом по сравнению с другими сахарами приводит к лучшим текстурным свойствам и индексу отбеливания, а также к снижению уровня активности воды. Исследования также были посвящены сравнению различных методов сушки и было установлено, что вакуумная сушка наиболее эффективна при сохранении цветных, текстурных и фенольных соединений во время сушки яблок [27].

Уровень давления и время его действия, концентрация и тип используемого осмотического агента, геометрическая форма, а также пористость образца обязательно должны учитываться для разработки подходящих условий для процесса импульсного вакуумного осмотического обезвоживания. Вакуум наносят в течение 10–20 мин, а затем высвобождают, что приводит к импульсным циклам вакуумной осмотической дегидратации, которые в сочетании с осмотическими градиентами развивают сжатие и релаксацию пищевой матрицы, что ускоряет осмотическое обезвоживание [28].

Проведенные исследования по вакуумной дегидратации кубиков дыни при давлении 0,01 МПа и в растворах сахарозы 40, 50 и 60°Brix. В результате использования менее вязкого

раствора в сочетании с вакуумом в начале процесса привело к более высокому усилению, однако в твердом усилении наблюдалась тенденция к уменьшению концентрации раствора [29–30]. Обработка давлением 0,7 МПа для яблок с олиго-фруктозой в течение 5 мин приводит примерно на 12% больше потери влажности и более высокой степени пропитки фруктоолигосахаридов по сравнению с образцами, обезвоженными без применения давления [31]. Осмотическое обезвоживание ягод малины с использованием давления 1,33 МПа в течение 8 мин вызывало в 3–4 раза более высокую потерю воды, чем твердое усиление. Механическая стойкость, аромат и цвет ягод значительно улучшились путем пропитки раствором сахарозы [32].

### Преимущество и недостатки осмотической дегидратации

В результате анализа осмотической дегидратации для плодов, фруктов и ягод можно выявить ряд преимуществ и недостатков (таблица 2) [2, 6]. Рассматривая плюсы и минусы осмотической дегидратации различными растворами можно с уверенностью сказать, что этот метод является предпочтительным по сравнению с другими методами так как в большей степени, сохраняются цвет, аромат, питательные компоненты и целостность пищевого продукта, что является важными показателями для переработанного плодово-ягодного сырья.

Таблица 2.

Преимущество и недостатки осмотической дегидратации

Table 2.

#### Advantages and disadvantages of osmotic dehydration

Осмотическая дегидратация, +/- Osmotic dehydration, +/-	Показания   Indications
Преимущества Benefits	Процесс удаления воды с низкой температурой и, следовательно, минимальная потеря цвета и вкуса.   The process of removing water with low temperature and, consequently, minimal loss of color and taste.
	Сохранение аромата лучше, когда в качестве осмотического агента используют сахар или сахарный сироп.   Preservation of flavor is better when using sugar or sugar syrup as the osmotic agent.
	Ферментативное и окислительное изменение предотвращается, так как нарезанные фрукты или плоды окружены сахарным сиропом, что позволяет сохранить хороший цвет с небольшим использованием или без использования оксида серы.   Enzymatic and oxidative change is prevented, since the sliced fruits or fruits are surrounded by sugar syrup, which allows to maintain a good color with little or no use of sulfur oxide.
	Удаление кислоты и поглощение сахара фруктами, плодами и ягодами дают более сладкий вкус готовому продукту, чем традиционно высушенный продукт.   The removal of acid and the absorption of sugar by fruits, fruits and berries give a more sweet taste to the finished product than the traditionally dried product.
	Частичное удаление воды, приводит к сокращению времени во время сушки или замораживания.   Partial removal of water, leads to a reduction in time during drying or freezing.
	Потребление энергии меньше, поскольку процесс происходит при температуре окружающей среды.   Energy consumption is less, because the process takes place at ambient temperature.
	Увеличивается плотность твердого тела благодаря поглощению твердых частиц и помогает получить более качественный продукт после сушки или замораживания.   The density of the solid increases due to the absorption of solid particles and helps to obtain a better product after drying or freezing.
	Текстурное качество продукта намного лучше после восстановления.   The texture quality of the product is much better after restoration.
	Срок хранения продукта значительно увеличивается.   The shelf life of the product is significantly increased.
Недостатки disadvantages	Для процесса требуется простое оборудование.   The process requires simple equipment.
	Из-за снижения уровня кислотности снижается характерный вкус в некоторых продуктах, но это можно преодолеть, добавляя в раствор фруктовую кислоту.   Due to the decrease in acidity level, the characteristic taste in some products decreases, but it is possible to overcome it by adding fruit acid to the solution.
	Сахарное покрытие для некоторых продуктах нежелательно т. к. после обработки возможно потребуется быстрое ополаскивание в воде.   Sugar coating for some products is undesirable because after processing it may be necessary to quickly rinse in water.
	Обнаружено, что осмотическая дегидратация с другими комбинированными процессами, такими как вакуумная сушка, сушка на воздухе требует больше затрат.   It has been found that osmotic dehydration with other combined processes, such as vacuum drying, drying in air, requires more expenditure.
	Процесс осмотической дегидратации требует длительного времени   In osmotic dehydrated products, water activity is higher.
	Этот процесс требует длительного времени.   This process takes a long time



### Заключение

Осмотическая дегидратация успешно используется для снижения веса в материале до 50% и требует дополнительного замораживания или высушивания для увеличения срока годности. Этот процесс позволяет уменьшить энергосбережение и улучшить качества продукта. Осмотическую дегидратацию можно использовать как в больших масштабах для перерабатывающих пищевых промышленности, так и для малых перерабатывающих предприятий, а также для домашней переработки плодово-ягодного сырья.

Выбор осмотического агента является основной задачей и может быть получен с использованием любого традиционного питательного углеводного подсластителя как моно-, так и дисахарида, такие как сахароза, инвертный сахар, декстроза, кукурузный сироп с высоким содержанием фруктозы, включая кукурузный сироп, мальтоза, фруктоза, кукурузная патока и фруктовые соки.

Сохранение продуктов питания для продления срока годности с обеспечением его безопасности и качества, является главной задачей пищевой промышленности. Ведь сохранение продуктов питания является процесс

обработки и обработки продуктов для прекращения или значительного замедления порчи т. е. потери качества и питательной ценности вызвано или ускоренно развитием микроорганизмов. Сохранение обычно включает предотвращение роста бактерий, грибов и других микроорганизмов, а также замедление окисления жира, которое вызывает прогорклость. Он также включает в себя процессы, препятствующие естественному старению и обесцвечиванию, которые могут возникать во время приготовления пищи, такие как реакция ферментативного изменения в плодах, например, в яблоках после разрезания [2].

Следовательно, анализ аналитического обзора показал, что в России изучение и исследование осмотической дегидратации с помощью осмотических агентов изучен в малом объеме, а ведь данный метод позволяет подготовить фрукты, плоды и ягоды для дальнейшей обработки с одновременным переходом потери влаги и увеличить твердые вещества при погружении в осмотические растворы, в следствие чего приводит к частичной сушке при этом улучшая качество, органолептические, потребительские и пищевые свойства пищевого продукта.

### REFERENCES

- 1 Yadav A.K., Singh S.V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review *J Food Sci Technol* 2014. 51 (9). pp. 1654–1673.
- 2 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. vol. 34 pp. 29–43. DOI: 10.1016/j.ifset.2016.01.003.
- 3 Khan M.R. Osmotic dehydration technique for fruits preservation – A review *Pakistan Journal of Food Sciences* 2012. 22(2). pp. 71–85.
- 4 Phisut N. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits *International Food Research Journal* 2012. 19(1). pp. 7–18.
- 5 Tortoe C. A review of osmodehydration for food industry *African Journal of Food Science* 2010. 4(6). pp. 303–324.
- 6 Chavan U.D. Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables *Journal of Food Research* 2012. vol. 1. no 2. pp. 202–209. DOI:10.5539/jfr.v1n2p202 <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v1n2p202>.
- 7 Matussek A., Czukur B., Meresz P. Comparison of sucrose and fructo-oligosaccharides as osmotic agents in apple *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 2008. vol. 9. no 3, pp. 365–373.
- 8 Campos Camila Dalben Madeira et al. Effect of process variables on the osmotic dehydration of star-fruit slices *Ciênc. Tecnol. Aliment* 2012. vol. 32. no 2. pp. 357–365.
- 9 Akbarian M., Ghasemkhani N., Moayedi F. Osmotic dehydration of fruits in food industrial: A review *International Journal of Biosciences* 2014. vol. 4, no 1. pp. 42–57.
- 10 Rahman M.S. Drying and food preservation. In R.M.S. (Ed.), *Handbook of food preservation* 2007. pp. 412 (2nd ed.). CRC Press.
- 11 Moreira R., Chenlo F., Torres M.D., Vazquez G. Effect of stirring in the osmotic dehydration of chestnut using glycerol solutions *LWT-Food Science and Technology* 2007. 40. pp. 1507–1514.
- 12 Ispar A., Togrul T.I. Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters *Chemical Engineering Research and Design* 2009. 78. pp. 166–180.
- 13 Devic E., Guyoi S., Daudin J., Bonazzi C. Effect of temperature and cultivar on polyphenol retention and mass transfer during osmotic dehydration of apples *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2010. 58. pp. 606–614.
- 14 Bchir B., Besbes S., Attia H., Blecker C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica Granatum L.*): Effect of freezing pretreatment. 2012. 35(3). pp. 335–354. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4530.2010.00591.x>.
- 15 Mundada M., Hathan S.B., Maske S. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pomegranate arils *Journal of Food Science* 2011. 76. pp. 31–39.
- 16 Falade K.O., Igbeka J.C., Ayanwuyi F.A. Kinetics of mass transfer and colour changes during osmotic dehydration of watermelon *Journal of Food Engineering* 2007. 80. pp. 979–985.
- 17 Gribova N.A. Influence of sucrose solution on the quality of frozen fruit and berry cheese. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agricultural raw materials] 2016, no 11, pp. 5–8. (in Russian).
- 18 Khin M.M., Zhou W., Yeo S.Y. Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using malto-dextrin as the coating material and their textural properties *J Food Eng* 2007. 81. pp. 514–522.



- 19 Azoubell P.M., Francinaide O.S. Optimisation of osmotic dehydration of 'Tommy Atkins' mango fruit *International Journal of Food Science and Technology* 2008. 43. pp. 1276–1280.
- 20 Osorio C., Franco M.S., Castaño M.P., González-Miret M.P., Heredia F.J., Morales A.I. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 2007. 8. pp. 353–359.
- 21 Olatidoye O.P.I., Sobowale S.S., Akinlua O. Effect of osmodehydrofreezing on the quality attributes of frozen tomato *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry* 2010. 9(4) pp. 780–789.
- 22 Castelló M.L., Igual M., Fito P.J., Chiralt A. Influence of osmotic dehydration on texture, respiration and microbial stability of apple slices (var. Granny Smith) *Journal of Food Engineering* 2009. 91(1). pp. 1–9.
- 23 Tiganitas A., Zeaki N., Gounadaki A.S., Drosinos E.H., Skandamis P.N. Study of the effect of lethal and sub-lethal pH and aw stresses on the inactivation or growth of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella typhimurium* *International Journal of Food Microbiology* 2009. 134(1–2). pp. 104–112.
- 24 Zapata M., José E., Arias A., Johan M., Ciro G., Gelmy L. Optimization of osmotic dehydration of pineapple (*Ananas comosus* L.) using the response surface methodology *Agronomía Colombiana* 2011. 29 (2). pp. 249–256.
- 25 Klewicki R., Konopacka D., Uczciwek M., Irzyniec Z., Piasecka E., Bonazzi C. Sorption isotherms for osmo-convectively-dried and osmo-freeze-dried apple, sour cherry, and blackcurrant (ISAFRUIT Special Issue) *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 2009. pp. 75–79.
- 26 Falade K.O., Igbeka J.C. Osmotic dehydration of tropical fruits and vegetables *Food Reviews International* 2007. 23(4). pp. 373–405.
- 27 Rupasinghe V., Handunkutti P., Joshi A.P.K., Pitts N.L. Non-fried apple food products and processes for their preparation. (US20100159082). 2010.
- 28 Santacruz-Vazquez C., Santacruz-Vazquez V., Jaramillo-Flores M.E., Chanona-Perez J., Welti Chanes J., et al. Application of osmotic dehydration processes to produce apple slices enriched with  $\beta$ -carotene *Drying Technology* 2008. 26(10). pp. 1265–1271.
- 29 Ferrari C.C., Arballo J.R., Mascheroni R.H., Hubinger M.D. Modelling of mass transfer and texture evaluation during osmotic dehydration of melon under vacuum *International Journal of Food Science and Technology* 2011. 46(2). pp. 436–443.
- 30 Viana A.D., Corrêa J.L., Justus A. Optimisation of the pulsed vacuum osmotic dehydration of cladodes of fodder palm *International Journal of Food Science and Technology* 2013. 49(3). pp. 726–732.
- 31 Matusek A., Czukur B., Meresz P. Comparison of sucrose and fructooligosaccharides as osmotic agents in apple *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 2008. 9. pp. 365–373.
- 32 Bórquez R.M., Canales E.R., Redon J.P. Osmotic dehydration of raspberries with vacuum pretreatment followed by microwave-vacuum drying *Journal of Food Engineering* 2010. 99(2). pp. 121–127.
- 33 Azoubel P.M. Optimization of osmotic dehydration of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) in sugar solution // *Food Sci Technol Int.* 2007. 9(6) P. 427–433.
- 34 Bolin H.R., Huxsoll C.C., Jackson R, Ng K.C. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality // *J Food Sci.* 2010. 48(1). P. 202–205.
- 35 Rafiq Khan M. Osmotic dehydration technique for fruits preservation-A review // *Pakistan Journal of Food Sciences.* 2012. 22(2). P 71–85.
- 36 Phisut N. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits // *International Food Research Journal* 2012. 19(1). P. 7–18.
- 37 Shi J.J. Osmotic Dehydration of Foods // *Food Drying Science and Technology: Microbiology, Chemistry, Applications*, DEStech Publications, Inc. Pennsylvania, U.S.A. 2008. P. 275–295.
- 38 Beristain C.I., Azuara E., Cortes R., Garcia H.S. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings // *Intl J Food Sci Technol.* 2008. 25(5). P. 576–582.
- 39 Matuska M., Lenart A., Lazarides H.N. On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake // *Journal of Food Engineering.* 2006. 72. P. 85–91.
- 40 Bchir B., Besbes S., Attia H., Blecker C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds: mass transfer kinetics and DSC characterization // *Intl J Food Sci Technol.* 2009. 44. P. 2208–2217.
- 41 Sunjka PS, Raghavan GS. Assessment of pretreatment methods and osmotic dehydration for cranberries // *Canadian Biosystems Engineering.* 2008. 46. P. 35–48.

#### 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

**Людмила Г. Елисеева** д.т.н., профессор, кафедра товароведения и товарной экспертизы, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия, Eliseeva-reu@mail.ru

#### КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

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

**Людмила Г. Елисеева** консультация в ходе исследования

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 27.11.2017

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.12.2017

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Natalya A. Gribova** candidate of technical sciences, engineer, restaurant business department, Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia, Natali-g@bk.ru

**Lyudmila G. Eliseeva** doctor of technical sciences, professor, commodity and commodity expertise department, Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997 Russia, Eliseeva-reu@mail.ru

#### CONTRIBUTION

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

**Lyudmila G. Eliseeva** consultation during the study

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 11.27.2017

ACCEPTED 12.11.2017