

Осмотическая дегидратация ягод: изучение параметров массопереноса

Наталья А. Грибова¹ natali-g@bk.ru

Лидия В. Беркетова¹ lidia.berketova@yandex.ru

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

Реферат. Осмотическое обезвоживание, благодаря своим преимуществам, связанным с энергетикой и качеством, набирает популярность в качестве дополнительного этапа обработки в цепочке комплексной переработки продуктов. Как правило, осмотическое обезвоживание является медленным процессом, поэтому существует потребность в дополнительных способах увеличения массопереноса без отрицательного влияния на качество продукта. Это дало необходимую мотивацию для многих последних достижений в данной области. Минимальные методы обработки, такие как осмодегидратация, находят значительное место в перерабатывающей промышленности для увеличения срока хранения плодово-ягодного сырья. Общая эффективность процесса определяется параметрами процесса, влияющими на явления массопереноса. Поэтому в данной работе изучены параметры массопереноса при осмотической дегидратации ягодного сырья: земляника садовая, малина, черная смородина, ежевика. Процесс массопереноса был эффективно смоделирован, о чем свидетельствуют полученные результаты. Ягоды, предварительно обезвоженные 70°Brix раствором сахарозы, имеют криоскопическую температуру более низкую от (-1,7°С)–(-4,8°С), чем у обезвоженных 60°Brix раствором сахарозы от (-1,1°С)–(-2,6°С). Количество кристаллизованной воды в ягодах, обезвоженных 60°Brix раствором сахарозы составило от 8,6–10,1%, а в 70°Brix растворе от 13,9–12,9%. Количество вымороженной воды в ягодах, обезвоженных 70°Brix растворе сахарозы от 7,5–40,4%, в обезвоженных 60°Brix раствором сахарозы от 2,3–10,1%. Уменьшение активности воды в ягодах, обработанных 70°Brix раствором составило от 2,8–0,8%, в 60°Brix раствором сахарозы от 1,4–0,3%. Полученные данные свидетельствуют, что за счет осмотической дегидратации ягод раствором сахарозы с последующим замораживанием уменьшается активность воды, что позволяет продлить срок годности и ограничивает доступ роста микроорганизмов в среду.

Ключевые слова: ягодное сырье, осмотическое обезвоживание, раствор сахарозы, активность воды, кристаллизация, криоскопическая температура, вымороженная вода

Osmotic dehydration of berries: study of mass transfer parameters

Natal'ya A. Gribova¹ natali-g@bk.ru

Lidiya V. Berketova¹ lidia.berketova@yandex.ru

¹ Plekhanov Russian Economic University, Stremyanni lane, 36, Moscow, 117997, Russia

Summary. Osmotic dehydration, due to its advantages related to energy and quality, is gaining popularity as an additional stage of processing in the chain of complex processing of products. As a rule, osmotic dehydration is a slow process, so there is a need for additional methods to increase mass transfer without adversely affecting the quality of the product. This has provided the necessary motivation for many recent achievements in the field. Minimal processing methods, such as osmodehydration, find a significant place in the processing industry to increase the shelf life of fruit and berry raw materials. The overall efficiency of the process is determined by the process parameters affecting the phenomenon of mass transfer. Therefore, in this work the parameters of mass transfer in osmotic dehydration of berry raw materials: strawberry, raspberry, blackcurrant, BlackBerry are studied. The process of mass transfer has been modeled effectively, as evidenced by the results obtained. Berries, previously dehydrated at 70°Brix solution of sucrose, have the cryoscopy temperature lower (-1.7°C)–(-4.8°C), dehydrated at 60°Brix solution of sucrose from (-1.1°C) to (-2.6°C). The number of crystallized water in berries, dehydrated in 60°Brix solution of sucrose made up from 8.6–10.1 %, and in 70°Brix solution from a 13.9–12.9 %. The amount of frozen water in berries, dehydrated 70 ° Brix sucrose solution from 7.5–40.4%, dehydrated 60°Brix sucrose solution from 2.3–10.1%. Reducing the activity of water in berries treated with 70°Brix solution was 2.8–0.8 %, 60°Brix sucrose solution from 1.4–0.3%. The obtained data show that due to osmotic dehydration of berries with a solution of sucrose, followed by freezing, the activity of water decreases, which allows extending the shelf life and limits the access of microorganisms to growth in the environment.

Keywords: berry raw materials, osmotic dehydration, sucrose, water activity, crystallization, cryoscopic temperature, frozen water.

Введение

Сохранение продуктов растительного происхождения для продления срока годности с обеспечением его безопасности и качества, является главной задачей пищевой промышленности. Основной причиной быстрой порчи ягод является высокое содержание в них воды. Для того чтобы увеличить срок хранения данного вида продукта, были опробованы многие методы или комбинации методов. В последнее

время наиболее популярным методом сохранения плодово-ягодного сырья является осмотическая дегидратация различными осмотическими растворами.

Осмотическая дегидратация является одним из лучших и подходящих методов для увеличения срока хранения плодов и ягод. Данный процесс является предпочтительным по сравнению с другими из-за сохранения питательных свойств, витаминов, минералов и органолептических показателей [1].

Для цитирования

Грибова Н.А., Беркетова Л.В. Осмотическая дегидратация ягод: изучение параметров массопереноса // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 30–37. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-30-37

For citation

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

Процесс осмотического обезвоживания продуктов растительного происхождения включает в себя частичное удаление воды путем погружения в концентрированные водные растворы с высокими осмотическими свойствами в течение заданного времени и температуры [2].

Осмотическая дегидратация – это явление удаления воды из более низкой концентрации растворенного вещества в более высокую концентрацию через полупроницаемую мембрану, что приводит к равновесному состоянию на обеих сторонах мембраны [3, 4].

Осмотический процесс дегидратации представляет собой многокомпонентный процесс диффузии, который включает три типа явлений встречного массопереноса. К ним относятся: отток воды из пищевой ткани в осмотический раствор, перенос растворенного вещества из осмотического раствора в пищевую ткань и выщелачивание собственных растворов (сахара, органических кислот, минералов, витаминов) в осмотический раствор. Последняя передача является количественно незначительна по сравнению с двумя другими типами [4]. Следовательно, движущей силой в этом процессе является различие осмотического давления растворов с обеих сторон полупроницаемой мембраны.

При осмотической дегидратации используют растворенные вещества обычно это сахарный сироп для плодов или ягод. Осмотическая дегидратация – многокомпонентный процесс диффузии в котором поток воды из данных продуктов переходит в раствор вместе с некоторыми компонентами (минералы, витамины, фруктовые кислоты и др.) и движутся к решению при этом сахар мигрирует к продукту [1–3].

Изучение массопереноса

Осмотическое обезвоживание – это процесс массопереноса, который приводит к многочисленным изменениям химического состава и физических свойств продуктов [1–6]. Одним из таких свойств является сорбция воды. Уровень влаги влияет на физические и реологические характеристики продуктов питания [5].

Диффузия воды и низкомолекулярных веществ из структуры ткани при осмотической дегидратации сопровождается противоточной диффузией осмоактивных веществ [10]. Все эти массовые обмены между осмотическим раствором и пищевыми продуктами влияют на общее качество обезвоженного продукта, т. е. на питательную ценность и на органолептические свойства. Следовательно, необходимо учитывать диффузионные и осмотические процессы,

взаимодействия потоков и усадки тканей для точного описания явлений массопереноса при осмотической дегидратации. Так же изучено, что скорость диффузии воды из продукта и поглощения твердых веществ зависят от нескольких факторов: типы и концентрация осмотического агента, температура обработки, перемешивания во время процесса [11–13].

Авторами Bchir B., Shi J. и др. были проведены исследования в области увеличения скорости осмотического массопереноса для сокращения времени обработки [14, 15] и сведены к минимуму поглощения осмотических твердых частиц, поскольку это может серьезно изменить органолептический и питательный профиль продукта [10, 16]. Следовательно, различные факторы, влияющие на процесс и их моделирование важны для оптимизации процесса.

Активность и кристаллизация воды

Осмотическая дегидратация также получила широкое применение в сохранении растительных продуктах в связи с тем, что она снижает в них водную активность [3].

Вода является важным элементом в растительных продуктах. Измерение водной активности имеет важное значение и предоставляет информацию о качестве продукта т. е. о возможности микробиологического роста на поверхности [10].

Активность воды (A_w) определяется как отношение паров давления воды в продукте к давлению пара чистой воды при той же температуре [10, 17–19]. Активность воды показывает, насколько вода связана в продукте, от структурной и химической точки зрения и, следовательно, описывает наличие воды для участия в химических и биохимических реакциях. Известно также, что микробная стабильность пищи во многом зависит от активности воды [18]. Различные микроорганизмы требуют различных уровней A_w для их роста. Активность воды выражается в безразмерных единицах шкалы от нуля до единицы, при этом чистая вода соответствует активности воды 1.00 [10]. Следовательно, чем меньше массовая доля воды в продукте, тем ниже активность воды, что подтверждается научными данными [10, 17, 18].

В своих научных трудах авторы Beuchart и Prothon утверждают, что микробная пролиферация не происходит, когда $A_w \leq 0.5$, но предполагается, что микробиологическая безопасность обеспечивается при значении $A_w \leq 0.6$ [10, 18–20]. Общий способ представления отношений между A_w и содержания воды является сорбционная

изотерма [10, 18, 19], однако нет прямой взаимосвязи между этими двумя параметрами. Поэтому форма кривой зависит, прежде всего, от состава и структуры материала, температуры и давления [10]. Для большинства пищевых продуктов самым разносторонним и подходящим считается диапазон водной деятельности 0–0.85 [10].

В своих исследованиях Klewicki и др. утверждают, что знание характеристик сорбции воды важно для определения срока годности при хранении критической влаги и для приемлемости продуктов, которые теряют абсорбционную влагу [10]. Изучение содержания воды во время хранения поможет совершенствовать продукцию в качестве, и сократить время для оценки срока годности. Активность воды, позволяет оценить степень подверженности продуктов с промежуточной влажностью микробиологической и другой порче. Контролируя функционально-технологические показатели в продукте и, в частности, показатель A_w , можно прогнозировать его пригодность к хранению, что позволяет определить и создать оптимальные условия хранения продукта после размораживания для дальнейшей реализации [10, 21].

Изучение температур кристаллизации воды в ягодной продукции и определение количества кристаллизованной воды при этих температурах является особенно важным для теоретического обоснования режимов замораживания ягод. Количество вымороженной воды или кристаллизованной воды принято называть относительное количество воды, превратившейся в лед при данной температуре кристаллизации, отнесенное к общему количеству воды в продукте (в %). Количество вымороженной воды зависит только от свойств продукта и температуры, до которой заморожен продукт [22, 23].

Процесс массопереноса был смоделирован на основе изучения осмотической дегидратации раствором сахарозы с последующим выявлением криоскопической температуры, количества вымороженной воды и активности воды.

Ягоды обладают высокой влагоудерживающей способностью из-за различия в составе их клеточных стенок. Влагоудерживающая способность ягод при замораживании снижается из-за того, что кристаллы льда повреждают клеточные мембраны. Поэтому существенное значение имеет предварительная подготовка сырья к замораживанию, для получения высококачественной продукции. Известно, что при размораживании ягоды размягчаются и для того чтобы лучше сохранить структуру ягод

необходимо замораживание проводить до наступления стадии биологической зрелости. На первоначальном этапе необходимо особенно уделить внимание сырью, необходимо отобрать сырье соответствующей степени зрелости и пригодное для замораживания.

Также известно, что основным недостатком метода замораживания является изменение структуры ткани в ягодном сырье. При замораживании структура продуктов изменяется, происходит сдавливание и разрыв клеток, прокалывание их кристаллами льда [22, 23]. Поэтому замораживание должно быть без значительного повреждения, чтобы травмирующее действие кристаллов на клетки и ткани было минимальным.

В результате чего необходимо предварительно защитить ягодное сырье от существенных повреждений во время замораживания. Следовательно, для защиты или от разрушения структуры ягодного сырья, применим метод осмотической дегидратации с использованием растворенного вещества – раствор сахарозы, для частичного удаления воды.

Основной целью работы является, снижение активности воды, увеличение сахара и удаление воды из ягодного сырья в целях повышения их стабильности при хранении за счет осмотической дегидратации.

Материалы и методы

На первом этапе были отобраны ягоды (земляника садовая, малина, ежевика, черная смородина) пригодные для замораживания, прошедшие первичную подготовку (сортировка, калибровка, удаление растительных элементов), далее подвергались процессу обезвоживания раствором сахарозы при заданной концентрации 60°Brix и 70°Brix с временной выдержкой (от 1 – 4 часов) в соответствии с видом продукта. Обезвоженные ягоды подвергались методу термического анализа для определения начала кристаллизации, активности и вымороженной воды в сравнении с контрольным образцом. За основу контрольного образца было взято не обезвоженное раствором сахарозы ягодное сырье.

Результаты и обсуждение

Изучение процесса кристаллизации воды даст большой объем информации не только о состоянии воды внутри клеток и межклеточного пространства, но и в исследуемых объектах в целом.

При изучении зависимости теплоемкости образцов по температуре фазового перехода вода-лед получены достаточные экспериментальные данные о количестве замерзшей (свободной)

и незамерзшей (стесненной) воды во всех пробах по отношению к их начальной влажности [24]. Полученные данные станут основой для разработки технологического процесса замораживания с использованием метода осмотической дегидратации раствором сахарозы различных растительных материалов.

Определение криоскопической температуры необходимо для выявления количества вымороженной и активности воды. Криоскопическую температуру ягод осуществляли методом термического анализа. В результате термического анализа определена температура начала кристаллизации воды при различной концентрации растворов сахарозы в ягодной продукции (рисунок 1).

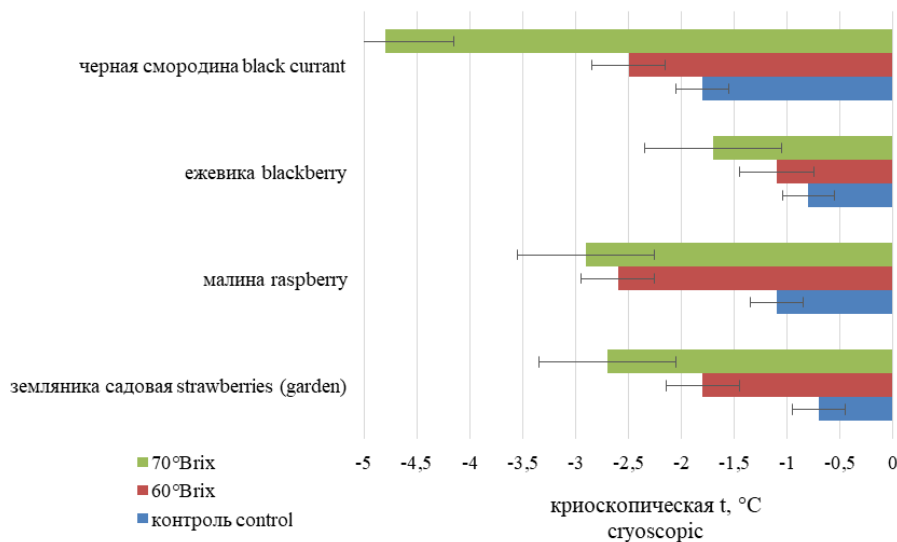


Рисунок 1. Влияние осмотической обработки ягод на криоскопическую температуру
Figure 1. Effect of osmotic processing of berries on cryoscopic temperature

Начальная криоскопическая температура в контрольных образцах составила: земляника (-0,7 °C), малина (-1,1 °C), ежевика (-0,8 °C), черная смородина (-1,8 °C). Криоскопическая температура ягод, осмотически обезвоженных раствором сахарозы с 60°Brix концентрацией составила: земляника садовая (-1,8 °C), малина (-2,6 °C), ежевика (-1,1 °C), черная смородина (-2,5 °C); обезвоженные 70°Brix: земляника садовая (-2,7 °C), малина (-2,9 °C), ежевика (-1,7 °C), черная смородина (-4,8 °C). Полученные результаты указывают на то, что ягоды, обработанные 60°Brix раствором сахарозы, еще содержат небольшое количество воды, чем у ягод, обработанных 70°Brix раствором.

Согласно полученным результатам, а также данным, представленным в литературных источниках [25–27], чистая вода замерзает при 0 °C, при этом для натуральных пищевых продуктов криоскопическая температура близка к 1 °C. Данная температура зависит от концентрации раствора, свойств растворителя и степени диссоциации растворенных веществ, поэтому чем больше в тканевых соках пищевых продуктов растворенных веществ, тем ниже точка их замерзания. В результате получено, что начальная криоскопическая температура в ягодах, обезвоженных более насыщенным раствором (70°Brix) ниже чем у ягод, обезвоженных 60°Brix раствором

сахарозы из-за содержания в них меньшего количества влаги и значительно ниже контрольных образцов, что способствует меньшему изменению структуры и минимальному травмирующему действию кристаллами льда на клетки и ткани.

Выбор оптимальной температуры замораживания основывается на том факте, что минимальная температура плавления кристаллизованной воды (данный показатель получается экспериментальным методом) значительно выше максимальной ограничивающей температуры. Это связано с переохлаждением при замораживании среднесрочных эвтектических смесей, что задерживает последующую кристаллизацию [26–28]. Поэтому растительное сырье следует охлаждать до более низких температур. Индекс экстремальной температуры переохлаждения определяется свойствами охлаждаемого объекта и характеристиками веществ, находящихся в одной и той же среде.

Анализ представленных результатов показывает, что клеточная и тканевая вода под влиянием процессов охлаждения и замораживания кристаллизуется по-разному из-за различных состояний: одна часть воды остается свободной, а другая строго фиксируется физико-химическими связями с поверхностью реактивно-ответственных макромолекулярных групп. Гидрофильные биополимеры способны удерживать определенное

количество свободной и стесненной воды, которая не замерзает при достаточно низких температурах, внутри клетки и в ее ближайшем окружении [26, 27].

На основании температуры начала кристаллизации воды, была выявлена активность воды и количество вымороженной воды

в исследуемых ягодах при заданной концентрации раствора сахарозы. Полученные результаты указывают (рисунок 2), что количество кристаллизованной воды в ягодах, обезвоженных 60°Brix раствором сахарозы составило от 2,3–10,1% в 70°Brix растворе сахарозы от 7,5–40,4% в соответствии с контрольными образцами.

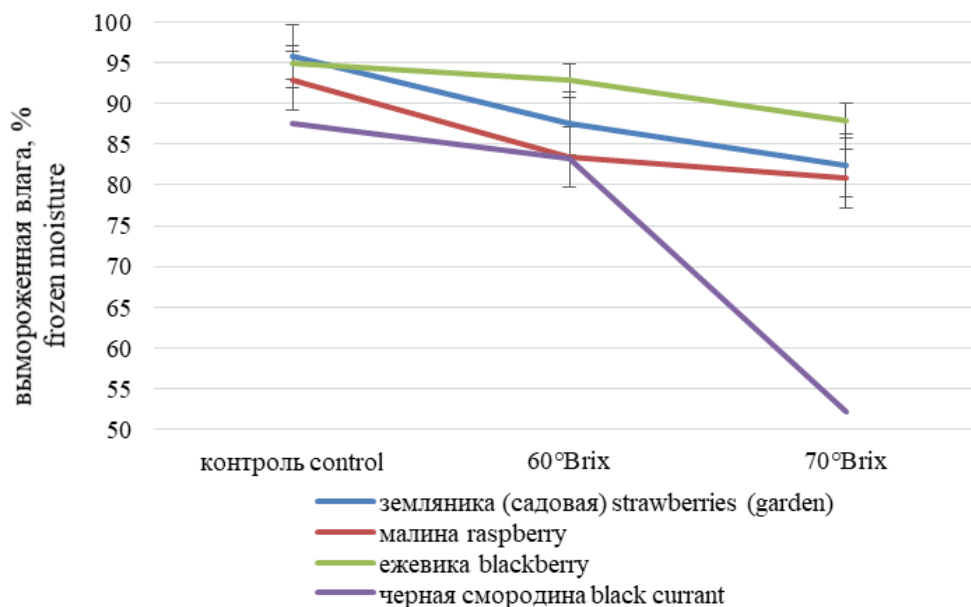


Рисунок 2. Количество вымороженной влаги в ягодах
Figure 2. The amount of frozen moisture in the berries

Уменьшение активности воды в ягодах, обезвоженных 70°Brix раствором составило от 0,8–2,8%, а обезвоженные 60°Brix раствором сахарозы от 0,3–1,4%, в соответствии с контрольными образцами (рисунок 3). В результате полученные

данные свидетельствуют, что за счет уменьшения активности воды в ягодах увеличится срок годности готового продукта и ограничит доступ для роста микроорганизмов в их среду.

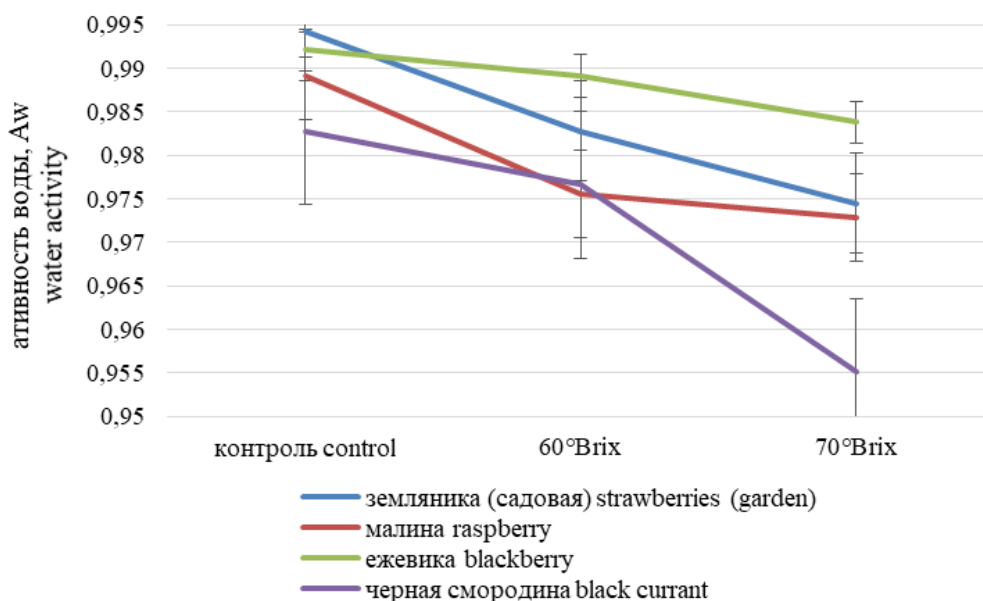


Рисунок 3. Влияние осмотической обработки ягод на активность воды
Figure 3. Effect of osmotic processing of berries on the activity of the water

Следовательно, обезвоживание ягод более насыщенным раствором сахарозы перед замораживанием позволит получить продукцию лучшего качества и более высокой сохраняемости, чем при замораживании ягод, обезвоженных раствором меньшей концентрации, и существенно качественнее необработанной продукции. А также предварительная осмотическая обработка позволит снизить структурные изменения продукта и улучшить потребительские свойства ягод и после размораживания.

Кроме того, применение 70°Brix концентрации раствора сахарозы приводит к меньшему образованию числа кристаллов льда и повреждению клеток и ткани при замораживании.

Заключение

В результате проведенной работы выявлены основные закономерности процессов осмотического обезвоживания и последующего замораживания, выполненные эксперименты

ЛИТЕРАТУРА

1 Chavan U.D. Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables // Journal of Food Research. 2012. V. 1. № 2. P. 202–209.

2 Yadav A.K., Singh S.V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review // J Food Sci Technol. 2014. № 51 (9). P. 1654–1673.

3 Khan M.R. Osmotic dehydration technique for fruits preservation – A review // Pakistan Journal of Food Sciences. 2012. № 22(2). P. 71–85.

4 Charles T., John O., Anthony B. Multilinear Regression Approach in Predicting Osmo-Dehydration Processes of Apple, Banana and Potato // J Food Process Technol. 2011. № 2. P. 1–6.

5 Rimac-Brcic S., Sabolovic M.B., Zlabur J.S., Jelovecki M. Colour stability and antioxidant activity of some berry extracts // Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition. 2015. № 11(3-4). P. 115-119.

6 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. P. 606–614.

7 Mundada M., Hathan S.B., Maske S. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pomegranate arils // Journal of Food Science. 2011. № 76. P. 31–39.

8 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.

9 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.

10 Klewicki By R., Konopacka D., Uczciwek M. Sorption isotherms for osmo-convectively-dried and osmo-freezedried apple, sour cherry, and blackcurrant // Journal of Horticultural Science & Biotechnology. ISAFRUIT Special Issue. 2009. P. 75–79.

11 Jansrimanee S., Lertworasirikul S. Effect of sodium alginate coating on osmotic dehydration of pumpkin // International Food Research Journal. 2017. № 24(5). P. 1903-1909.

12 Фролова Г.М., Новак С.А., Беспалова О.В., Булкин М.С. и др. Влияние условий сушки на состав и качество сапонинсодержащего эмульгатора из корней *saponaria officinalis L.* // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 8. С. 12–14.

подтвердили положительное влияние осмотического обезвоживания раствором сахарозы на качество замороженных ягод. установлено, что при увеличении доли сахаров происходит снижение активности воды в ягодах и увеличение доли вымороженной воды в продукте.

Подводя итог выше сказанному, осмотическое обезвоживание ягодного сырья раствором сахарозы с заданной концентрацией и с последующим его замораживанием показывает, что можно получить высококачественный продукт с длительным сроком годности и ограниченным микробиологическим ростом на его поверхности. Ведь сохранение качества является основной и главной задачей в характеристике переработанной ягодной продукции. В результате полученный продукт может использоваться как основной, так и в качестве ингредиента в другие функциональные продукты.

13 da Conceição S. M.A., da Silva Z.E., Mariani V.S., Darce S. Mass transfer during the osmotic dehydration of West Indian cherry // LWT – Food Science and Technology. 2012. № 45. P. 246–252.

14 Bchir B., Besbes S., Attia H., Blecker C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica ranatum L.*): effect of freezing pre-treatment // J Food Process Eng. 2012. № 35. P. 335–354.

15 Bhagyashree N. P., Suchita V. G., Vaishali R. W. Response Surface Methodology of Osmotic Dehydration for Sapota Slices // International Journal of Agriculture and Food Science Technology. 2014. № 5(4). P. 249-260.

16 Phisut N. Mini Review Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits // Int Food Res J. 2012. № 19. P. 7–18.

17 Калацевич Н.Н., Мурашев С.В., Вержук В.Г. Влияние активности воды на естественную убыль массы плодово-ягодной продукции при холодильном хранении // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2012. № 1. С. 31–47.

18 Puente L.A., Pinto-Munoz C.A., Castro E.S., Cortes M. Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review // Food Res. Int. 2011. № 44. P. 1733–1740. doi: 10.1016/j.foodres.2010.09.034.

19 Vasquez-Parra J.E., Ochoa-Martinez C.I., Bustos-Parra M. Effect of chemical and physical pretreatments on the convective drying of cape gooseberry fruits // J. Food Eng. 2013. № 119. P. 648–654. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.06.037.

20 Nawirska-Olszańska A., Stępień B., Biesiada A., Kolniak-Ostek J. et al. Chemical and Physical Characteristics of Golden Berry after Convective and Microwave Drying // Journal List Foods. 2017. № 6(8). V. 60. P. 2–11. doi:10.3390/foods6080060.

21 Simakhina G., Naumenko N., Khalapsina S. Studying the phase transitions “Water – ice” in plant raw materials // Ukrainian Journal of Food Science. 2013. V. 1. № 2. P. 181–187.

22 Баранов Б.А., Грибова Н.А. Осмотическая обработка ягодной продукции перед замораживанием // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009. № 10. С. 17–20. 22

23 Johnston J.C., Molinero V. Crystallization, melting, and structure of water nanoparticles at atmospherically relevant temperatures // J Am Chem Soc. 2012. № 134(15). doi: 10.1021/ja210878c.

24 Koua B.K., Koffi P.M., Gbaha P., Toure S. Thermodynamic analysis of sorption isotherms of cassava (*Manihot esculenta*) // J Food Sci Technol. 2014. № 51(9). P. 1711–1723.

25 Akharume F.U., Singh K., Sivanandan L., Characteristics of apple juice and sugar infused fresh and frozen blueberries // LWT – Food Science and Technology. 2016. № 73. P. 448–457.

26 Giovanelli G., Brambill A., Rizzolo A., Sinelli N. Effects of blanching pre-treatment and sugar composition of the osmotic solution on physico-chemical, morphological and antioxidant characteristics of osmodehydrated blueberries *Vaccinium corymbosum* L // Food Res. Int. 2012. № 49. P. 263–271.

27 Giovanelli G., Brambilla A., Sinelli N. Effects of osmo-air dehydration treatments on chemical, antioxidant and morphological characteristics of blueberries // LWT – Food Sci. Technol. 2013. № 54. P. 577–584.

28 Подледнева Н.А., Максименко Ю.А., Алексанян И.Ю. Гигроскопические характеристики и термодинамика внутреннего массопереноса при взаимодействии лактобактерий и воды. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2012. №3. С. 21–23

REFERENCES

1 Chavan U.D. Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables. Journal of Food Research. 2012, vol. 1, no 2, pp. 202–209.

2 Yadav A.K., Singh S.V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. J Food Sci Technol. 2014, vol. 51 (9), pp. 1654–1673.

3 Khan M.R. Osmotic dehydration technique for fruits preservation – A review. Pakistan Journal of Food Sciences. 2012, no 22(2), pp. 71–85.

4 Charles T., John O., Anthony B. Multilinear Regression Approach in Predicting Osmo-Dehydration Processes of Apple, Banana and Potato. J Food Process Technol. 2011, no 2. pp. 1–6.

5 Rimac-Brcic S., Sabolovic M.B., Zlabur J.S., Jelovecki M. Colour stability and antioxidant activity of some berry extracts. Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition. 2015, no 11(3-4), pp. 115-119.

6 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, no 58, pp. 606–614.

7 Mundada M., Hathan S.B., Maske S. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pomegranate arils. Journal of Food Science. 2011, no 76, pp. 31–39.

8 Bolin H.R., Huxsoll C.C., Jackson R, Ng K.C. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. J Food Sci. 2010, no 48(1), pp. 202–205.

9 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, no 44, pp. 2208–2217.

10 Klewicki By R., Konopacka D., Uczciwek M. Sorption isotherms for osmo-convectively-dried and osmo-freezedried apple, sour cherry, and blackcurrant. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. ISAFRUIT Special Issue. 2009, pp. 75–79.

11 Jansrimanee S., Lertworasirikul S. Effect of sodium alginate coating on osmotic dehydration of pumpkin. International Food Research Journal. 2017, no 24(5), pp. 1903-1909.

12 Frolova G.M., Novak S.A., Bespalova O.V., Bulkin M.S. et al. Influence of drying conditions on composition and quality of saponin-containing emulsifier from *saponaria officinalis* L. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2013, no 8, pp. 12–14 (in Russian).

13 da Conceição S. M.A., da Silva Z.E., Mariani V.S., Darche S Mass transfer during the osmotic dehydration of West Indian cherry. LWT – Food Science and Technology. 2012, no 45, pp. 246–252.

14 Bchir B., Besbes S., Attia H., Blecker C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica ranatum* L.): effect of freezing pre-treatment. J Food Process Eng. 2012, no 35, pp. 335–354.

15 Bhagyashree N.P., Suchita V. G., Vaishali R. W. Response Surface Methodology of Osmotic Dehydration for Sapota Slices. International Journal of Agriculture and Food Science Technology. 2014, vol. 5. no 4, pp. 249-260.

16 Phisut N. Mini Review Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. Int Food Res J. 2012, no 19, pp 7–18.

17 Kalatsevic N.N., Murashev S.V., Vergy V.G. Influence of water activity on the natural loss weight fruit products during refrigerated storage. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protssy i apparaty pishchevykh proizvodstv*. [Scientific journal NRU ITMO. Series: food production Processes and devices], 2012, no 1, pp. 31–47 (in Russian).

18 Puente L.A., Pinto-Munoz C.A., Castro E.S., Cortes M. Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. Food Res. Int. 2011, no 44, pp. 1733–1740. doi: 10.1016/j.foodres.2010.09.034.

19 Vásquez-Parra J.E., Ochoa-Martínez C.I., Bustos-Parra M. Effect of chemical and physical pretreatments on the convective drying of cape gooseberry fruits. J. Food Eng. 2013, no 119, pp. 648–654. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.06.037.

20 Nawirska-Olszańska A., Stępień B., Biesiada A., Kolniak-Ostek J. et al. Chemical and Physical Characteristics of Golden Berry after Convective and Microwave Drying. Journal List Foods. 2017, no 6(8). 60, pp. 2–11. doi:10.3390/foods6080060.

21 Simakhina G., Naumenko N., Khalapsina S. Studying the phase transitions “Water – ice” in plant raw materials. Ukrainian Journal of Food Science. 2013, vol. 1. no 2, pp. 181–187.

22 Baranov B.A., Gribova N.A. Osmotic treatment of berries prior to freezing. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2009, no 10, pp. 17–20. (in Russian).

23 Johnston J.C., Molinero V. Crystallization, melting, and structure of water nanoparticles at atmospherically relevant temperatures. J Am Chem Soc. 2012, no. 134(15). doi: 10.1021/ja210878c.

24 Koua B.K., Koffi P.M., Gbaha P., Toure S. Thermodynamic analysis of sorption isotherms of cassava (*Manihot esculenta*). J Food Sci Technol. 2014, no 51(9), pp. 1711–1723.

25 Akharume F.U., Singh K., Sivanandan L., Characteristics of apple juice and sugar infused fresh and frozen blueberries. *LWT – Food Science and Technology*.2016,no. 73, pp. 448–457.

26 Giovanelli G., Brambill A., Rizzolo A., Sinelli N. Effects of blanching pre-treatment and sugar composition of the osmotic solution on physico-chemical, morphological and antioxidant characteristics of osmodehydrated blueberries *Vacciniu-mcorymbosum* L. *Food Res. Int.* 2012, no 49,pp. 263–271.

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

Лидия В. Беркетова к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия, lidia.berketova@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

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

Лидия В. Беркетова обзор литературных источников по исследуемой проблеме

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 30.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.05.2018

27 Giovanelli G., Brambilla A., Sinelli N. Effects of osmo-air dehydration treatments on chemical, antioxidant and morphological characteristics of blueberries. *LWT – Food Sci. Technol.* 2013, no 54, pp. 577–584.

28 Podledneva N.A., Maksimenko Y.A., Aleksanyan I.Y. Hygroscopic characteristics and thermodynamics internal carrying over of weights at interaction lactobacteria and water. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2012. no. 3. pp. 21-23. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

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

Lidiya V. Berketova Cand. Sci. (Engi.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia, lidia.berketova@yandex.ru

CONTRIBUTION

Natal'ya A. Gribova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Lidiya V. Berketova review of the literature on an investigated problem

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.30.2018

ACCEPTED 5.7.2018