

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Ю.Г. Скрипников, М.А. Митрохин,
Ю.В. Родионов, А.С. Зорин, Е.П. Ларионова**

ФГБОУ ВПО «Мичуринский государственный аграрный университет», г. Мичуринск; ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор В.Ф. Першин

Ключевые слова и фразы: биологически активные вещества; двухступенчатая конвективная вакуум-импульсная сушилка; сублимационная сушка.

Аннотация: Разработан инновационный метод сушки растениеводческой продукции; обоснованы преимущества и недостатки двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушилки в сравнении с сублимационным способом сушки; определены изменения качественных показателей продукции в зависимости от способов сушки.

Введение. Проблема обеспечения населения страны продуктами питания с высоким содержанием биологически активных веществ в настоящее время является первостепенной. В этом плане инновационная деятельность перерабатывающих предприятий должна стать постоянно развивающейся системой по разработке, внедрению, освоению и анализу эффективности инноваций. Совершенствование ресурсосберегающих технологий, направленных на сокращение времени процессов без потери качества продукции, можно отнести к инновациям.

Одним из основных направлений перерабатывающей промышленности является совершенствование технологии сушки плодов и овощей, обеспечивающей максимальное сохранение исходного качества сырья.

Скрипников Юрий Георгиевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Технология хранения и переработки продукции растениеводства»; Митрохин Михаил Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки продукции растениеводства», Ларионова Екатерина Петровна – аспирант кафедры «Технология хранения и переработки продукции растениеводства», ФГБОУ ВПО «Мичуринский государственный аграрный университет», г. Мичуринск; Родионов Юрий Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Теория машин механизмов и детали машин», e-mail: godionov.u.w@rambler.ru; Зорин Александр Сергеевич – аспирант кафедры «Теория машин механизмов и детали машин», ТамбГТУ, г. Тамбов.

Такая продукция необходима населению северных регионов страны, армии, флоту, экспедициям.

В Мичуринском государственном аграрном университете, совместно с Тамбовским государственным техническим университетом, активно разрабатывается инновационная технология сушки плодов, овощей и другой растительной продукции. Проведенные исследования показали высокую эффективность двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушки (ДКВИС) [1] тыквы, яблок, лука и других продуктов.

Цель и задачи исследований. В данной статье представлены результаты исследований сравнения ДКВИС и известной сублимационной сушки. В задачи исследований входило: анализ технологических особенностей изучаемых способов сушки и их влияние на качество готового продукта, энергоёмкость и экономичность процессов.

Результаты и обсуждение. Двухступенчатая конвективная вакуум-импульсная сушка представляет собой процесс удаления влаги с учетом особенностей строения и состава растительных продуктов. В общем случае сушка представляет собой процесс, идущий в два периода:

- 1) конвективная сушка во взвешенном закрученном слое;
- 2) вакуум-импульсная сушка, разделенная на стадию вакуумирования и стадию продувки, причем, их временное соотношение изменяется в зависимости от получаемого влагосодержания.

В первом периоде, как правило, происходит удаление поверхностной влаги, что характеризуется на поверхности сырья постоянством температуры, теплота расходуется на нагрев сырья от начальной температуры до температуры мокрого термометра, а также на испарение влаги. Данный период характеризуется постоянством температуры материала и постоянством изменения скорости сушки. Продолжительность первого периода незначительна по сравнению со вторым периодом. Физически первый период заканчивается при удалении из материала свободной влаги, которая убирается посредством создания взвешенного закрученного слоя или взвешенного слоя в зависимости от свойств продукта. За счет равномерного обдува на поверхности продукта создается изолирующая пленка, которая во втором периоде защищает продукт от образования агломератов.

Во втором периоде происходит удаление связанной влаги. Вторым периодом сопровождается повышением температуры материала, причем температура материала стремится к температуре теплоносителя, что неблагоприятно сказывается на питательных веществах овощного сырья. Если не снизить температуру до безопасного значения, то разрушаются основные питательные вещества, а, самое главное, биологически активные вещества (БАВ). Для лекарственных трав температура теплоносителя должна быть еще ниже. Однако снижение температуры при конвективной сушке сопровождается увеличением длительности процесса ввиду сложности удаления влаги из внутренних слоев сырья. Интенсифицировать процесс во втором периоде можно за счет наложения медленно релаксируемого градиента давления, вызывая тем самым молярное движение парогазовой смеси по типу фильтрации, значительно сокращая время второго периода.

Таким образом, интенсификация процесса в первом периоде проводится за счет создания активного гидродинамического слоя, в результате

которого на частицах высушиваемого продукта образуется тонкая пленка, препятствующая слипанию сырья во втором периоде сушки и образованию агломератов сырья за счет центробежной силы и силы трения.

Энергопотребление в процессе сушки считается основным показателем с точки зрения экономической эффективности. При сублимационной сушке заморозка осуществляется посредством обдува продукта воздухом при отрицательной температуре. Скорость замораживания при воздушной заморозке тесно связана со скоростью воздуха, обдувающего продукт, которая должна быть не менее 3...5 м/с. При двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушке скорость теплоносителя должна быть не менее 1 м/с. Для обеспечения указанных показателей в воздухоохладителях требуются мощные вентиляторы, которые сами выделяют теплоту. Эту теплоту необходимо компенсировать дополнительной холодопроизводительностью – все это приводит к высоким затратам энергии. В итоге получаем продукт хорошего качества, но с высокой себестоимостью. Снизить энергозатраты можно за счет использования низкотемпературной двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушки, которая позволяет сохранить высокое качество конечного продукта и снизить стоимость как минимум вдвое по сравнению с сублимационной сушкой. Дополнительного снижения энергозатрат можно достичь путем частичной рециркуляции теплоносителя в первом периоде сушки и подключения второго двухступенчатого жидкостнокольцевого вакуумного насоса с регулируемым нагнетательным окном меньшей производительности во втором периоде сушки без снижения скорости течения процесса. При этом экономия энергии достигает ~20 %. Использование более дешевых видов энергии (газовые и инфракрасные горелки) позволяет стоимость продукции снизить в 1,5 раза.

Отметим, что для проведения процесса сублимационной сушки необходимо соблюдение двух обязательных условий:

- наличия основной части влаги в продукте (не менее 70 %) в твердом агрегатном состоянии;
- поддержания достаточной разницы парциальных давлений паров воды в продукте и окружающей среде.

При двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушке единственным условием является поддержание необходимого значения глубины вакуума для эффективности течения процесса.

Сублимационная сушки возможна, когда давление паров окружающей среды ниже давления в тройной точке. При этом лед, минуя жидкую фазу, превращается в пар, который ассимилируется окружающей средой или конденсируется на холодной поверхности испарителя – дополнительная дорогостоящая проблема. Единственно общим для этих видов сушки является то, что в обоих процессах в зону парообразования непрерывно должна подводиться энергия в количестве, достаточном для компенсации теплоты фазового превращения, отнимаемой от продукта. Подвод теплоты в зону парообразования усложняется по мере продвижения этой зоны вглубь продукта при сублимационной сушке, но не представляет никаких сложностей при ДКВИС.

Образующийся слой подсушенного продукта оказывает сопротивление как переходу пара из зоны парообразования к поверхности продукта, так и передаче теплоты снаружи в зону парообразования. При ведении процесса двухступенчатым методом образование слоя подсушенного продукта исключается за счет равномерного влагоудаления по всему объему высушиваемого материала. Также следует отметить, что технологический процесс получения сублимированных продуктов состоит из следующих четырех основных операций: отбор и предварительная обработка сырья; замораживание; сублимационная сушка; упаковка высушенных продуктов. При двухступенчатой КВИС технологический процесс состоит из трех операций: отбор и предварительная конвективная обработка сырья; вакуум-импульсная сушка; вакуумная упаковка.

Характер и количественное соотношение веществ, входящих в состав сухого остатка продукта, определяют условия его сушки и последующего хранения. Так, температура натуральных продуктов животного происхождения на стадии удаления остаточной влаги должна быть такой, чтобы в процессе сушки не происходили значительные денатурационные изменения белковых и биологически активных веществ, а также их разрушение. Возможность окисления жиров, некоторых витаминов и других компонентов пищевых продуктов определяет необходимость изоляции большинства сухих продуктов от воздуха в процессе хранения [2]. Необходимо также учитывать бактериальную обсемененность пищевых продуктов, в частности, поступающих на сублимационную сушку. Обработка холодом, как правило, не исключает дальнейшего развития микроорганизмов после заморозки, в то же время двухступенчатая сушка способна снизить содержание патогенных микроорганизмов при обработке достаточно высокими температурами без ущерба для витаминного состава растительных продуктов.

Процесс замораживания, как первый этап сублимационной сушки, существенно влияет на качество продуктов, причем быстрое замораживание способствует максимальному сохранению исходных свойств большинства пищевых продуктов [3]. Но не исключается тот факт, что при замерзании содержащаяся в продуктах влага расширяется и способна нарушать клеточную структуру продукта, тем самым превращая продукт при восстановлении в бесформенную и размягченную массу. Двухступенчатая КВИС исключает этот недостаток, так как этот процесс сушки не основан на разрушении волокон и клеток с целью ускорения влагоудаления. Тем не менее, сублимационная сушка на данный момент является единственным практикуемым вариантом сохранения витаминов в конечном продукте, но возникает вопрос: чем длительнее процесс отбора влаги из продукта, тем ниже вероятность сохранения этих же витаминов в конечном продукте. Ответ на него дает конвективная вакуум-импульсная сушка.

На стадии удаления остаточной влаги наиболее важными факторами, обеспечивающими высокое качество продукта, являются продолжительность воздействия повышенной температуры и ее максимальное значение. Для каждого вида пищевых продуктов существует температурный предел

устойчивости к нагреву. В границах этого температурного предела могут быть подобраны оптимальные соотношения температуры продукта и продолжительности нагрева, при которых длительность процесса сушки будет наименьшей при минимальных изменениях в продукте. Так, в зависимости от свойств продукта и продолжительности процесса сушки, допустимый уровень температур сырья в период удаления остаточной влаги находится в пределах 40...80 °С [4]. Динамика процесса должна оказывать воздействие на качество готового продукта при изменении температуры от –30 до +40 °С. Длительность этого периода составляет 30–40 %, а количество удаляемой влаги – 20–30 % от общего ее количества. В период удаления остаточной влаги нельзя нагревать продукт выше 40 °С, иначе начнется разрушение витамина С, ради которого и осуществляется сушка при пониженных температурах. Еще один очень важный вопрос: изменение температуры сушки при сублимационном течении процесса осуществляется в то время, когда практически закончено время первого периода сушки и когда сырье уже не так «болезненно» реагирует на перепады температуры.

Выводы. Для двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушки определены оптимальные режимы влагоудаления овощного сырья с учетом экспериментально полученного коэффициента диффузии: температура теплоносителя 70...120 °С, продолжительность процесса 30...16 мин до 40–50%-го содержания влаги. Обосновано применение конвективной вакуум-импульсной стадии для досушки овощного сырья при температуре теплоносителя не более 50 °С с целью сохранения исходных питательных веществ. Создание нарастающего вакуума 23...13 кПа в сушильной емкости позволяет избежать разбрызгивания питательных веществ за счет возникновения резкого перепада давления.

Оценка пищевой ценности продуктов сублимационной сушки по органолептическим, физико-химическим показателям, степени перевариваемости и усвояемости показывает их незначительные отличия от исходных продуктов. При этом достаточно хорошо сохраняются полиненасыщенные жирные кислоты, незаменимые аминокислоты, витамины, минеральные вещества и другие важные показатели пищевой ценности продуктов. Хорошо сохраняются также присущий продуктам аромат и вкус. В то же время продукты сублимационной сушки имеют пористую структуру и поэтому обладают высокой абсорбционной способностью, что подтверждается разрывом клеточных оболочек и объясняет увеличение поглощения влаги.

Сохранение природных витаминов в сырье растительного происхождения является проблемой первостепенной важности. Это абсолютный «плюс» для переработки, но какая будет стоимость продукции? Сохранить витамины – но потерять структурную особенность продукта при восстановлении, и сделать его практически бесформенным и безвкусным? Или отступить от создавшихся стереотипов и развить новое направление в получении высушенной овощной продукции? Вакуумные технологии только сейчас начали находить свое распространение в получении сухих продуктов функционального назначения и, возможно, за ними будущее в производстве полезного и, одновременно, быстроприготавливаемого продукта питания.

Список литературы

1. Лыков, А.В. Теория сушки / А.В. Лыков – 2-е изд. – М. : Энергия, 1968. – 471 с.
 2. Технология хранения, переработки и стандартизация растениеводческой продукции : учебник / В.И. Манжесов [и др.]. – СПб. : Троицкий мост, 2010. – 704 с.
 3. Ресурсосберегающие технологии переработки овощной продукции : науч. аналит. обзор / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации. – М : Росинформагротех, 2007. – 72 с.
 4. Современные проблемы обеспечения инновационной деятельности перерабатывающих предприятий пищевой промышленности нормативно-техническими документами / Ю.Г. Скрипников [и др.] // Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания : сб. материалов III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Челябинск, 11 дек. 2009 г. / редкол.: А.Л. Шестаков (пред.) [и др.]. – Челябинск, 2010. – Т. 3 : Качество. Экономика. Образование. – С. 194–195.
-

Innovative Technologies of Vegetative Material Drying

**Yu.G. Skripnikov, M.A. Mitrokhin,
Yu.V. Rodionov, A.S. Zorin, E.P. Larionova**

*Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk;
Tambov State Technical University, Tambov*

Key words and phrases: bioactive substances; two-stage convective vacuum pulse dryer; sublimation drying.

Abstract: The innovative method of drying crop products is developed. The advantages and disadvantages of the two-stage convective vacuum pulse dryer as compared to sublimation drying method are grounded. Changes of qualitative indices of product depending on the method of drying are defined.

© Ю.Г. Скрипников, М.А. Митрохин, Ю.В. Родионов,
А.С. Зорин, Е.П. Ларионова, 2012