

УДК 66.047.3.085.1

DOI 10.21661/r-559344

Демидов С.Ф., Пелевина Л.Ф., Нестеренко Е.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ АБРИКОСА ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ВЫДЕЛЕННОЙ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КУРАГИ

Аннотация: авторами произведены экспериментальные исследования процесса сушки абрикоса инфракрасным излучением выделенной длиной волны для получения кураги до заданного влагосодержания в зависимости от технологических и динамических параметров с сохранением витаминов и минералов в конечном продукте.

Ключевые слова: инфракрасное излучение, абрикос, курага, влагосодержание, время.

В колледже бизнеса и технологии «Санкт-Петербургского экономического университета» проводятся исследования по сушке пищевых продуктов инфракрасным излучением [1–4].

Курага – клад витаминов и микроэлементов (А1, В1, В2, С, РР, калий, магний, железо, фосфор, натрий и др.). Делают этот фрукт из целых абрикосов без косточек. Курага – это высушенный абрикос. Масса правильно высушенной кураги уменьшается в 5–6 раз по отношению к исходному сырью. Содержание влаги должно остаться в пределах 10–20%. Готовность кураги определяют по следующим признакам: курага должна быть мягко-упругой, эластичной, нелипкой на ощупь и достаточно сухой (не выделять влагу при сжатии); если сжать горсть кураги и потом разжать руку, она должна рассыпаться, а отдельные половинки – принять свою первоначальную форму.

В промышленном производстве используют обработку сернистым газом, который придаёт продукту привлекательный яркий жёлто-оранжевый цвет и не окисляется. Его применение не запрещено, но считается не совсем безвредным.

Процесс сушки абрикос в промышленных условиях проводится с использованием конвективной сушки.

Целью данной работы является исследование процесса сушки абрикоса инфракрасным излучением выделенной длиной волны 1.5–3.0 мкм в зависимости от технологических и динамических параметров для получения кураги без обработки сернистым газом.

Данные исследования были проведены при выполнении практических работ по курсу «Оборудование для производства сахаристых кондитерских изделий». Исследования кинетики сушки абрикос проводились на лабораторном аппарате (рис. 1).



Рис. 1. Экспериментальный аппарат для исследования
процесса инфракрасной сушки абрикос

В качестве источника инфракрасного излучения, использовались линейные кварцевые излучатели диаметром 0,012 м и длиной 0,5 м с керамической функциональной оболочкой, которая образует при нагревании ни хромовой спирали длину волны 1,5–3,0 мкм, равную длине колебаний молекул воды, максимуму поглощательной способности воды и минимуму отражательной способности сухого продукта [1]. Габаритные размеры аппарата: длина 500мм, ширина 360 мм, высота 680 мм, длина инфракрасного излучателя 500 мм, количество

инфракрасных излучателей 16 штук. Расстояние от стенки до поддона по горизонтали составляет 50 мм. Три сетчатых поддона заполнены абрикосом, нижний закрыт нержавеющим листом, создает заданный температурный режим в аппарате. Для исследования процесса сушки абрикоса инфракрасным излучением выделенной длиной волны для получения кураги сортировали абрикосы по размерам. Абрикосы перед проведением экспериментов мыли, чтобы готовую курагу сразу же можно было употреблять. Разделяли плоды на половинки, извлекая из них косточки. Косточку удаляли. Проводили бланшировку абрикос в дуршлаге при температуре 60–75°C для удаления воска в течение 15 с. Продукт располагали на сетчатом поддоне из нержавеющей стали в один слой. Инфракрасные излучатели располагали сверху и снизу относительно слоя абрикос. Для измерения изменений влагосодержания абрикос в процессе сушки применялся анализатор влажности ЭЛВИЗ. Измерение температуры поверхности абрикос производилось при помощи инфракрасного термометра Raytek MiniTemp MT6. Абрикосы с влагосодержанием 270 кг/кг равномерно распределяли на сетчатом поддоне из нержавеющей стали в сушильной камере, при заданных параметрах, слой абрикос подвергался инфракрасной обработке с двух сторон. Расстояние между инфракрасными излучателями составляло 150 мм. Продолжительность инфракрасной сушки абрикос при заданных плотностях теплового потока определялась временем достижения заданного конечного влагосодержания продукта 17–18 кг/кг. Для интенсификации процесса сушки абрикос использовался вентилятор марки ВН-2МПОО. Процесс сушки абрикос проводили без обдува и с обдувом воздухом пространства по высоте от стенки корпуса до края поддона. Мощность инфракрасных излучателей изменяли с помощью сопротивления никромовой спирали в излучателях. Плотность теплового потока инфракрасного излучения подбирали по заданной нами температуре на сетчатом поддоне равной 47–55°C.

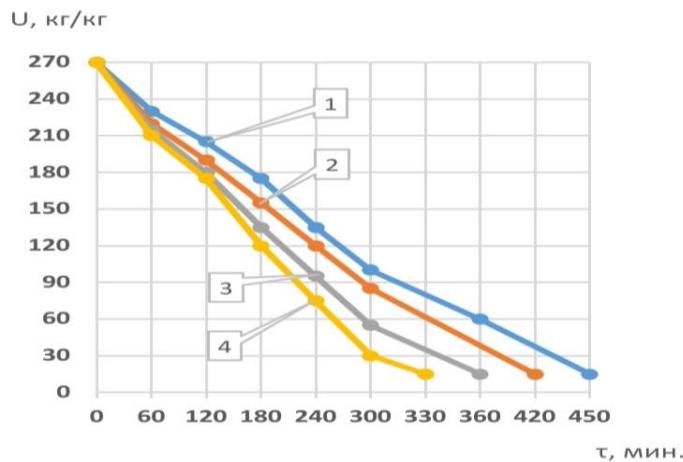


Рис. 2. Зависимость влагосодержания абрикосов от времени сушки абрикосов на сетчатом поддоне при плотности теплового потока $2,1 \text{ кВт/м}^2$ (кривая 1) и при плотности теплового потока $2,2 \text{ кВт/м}^2$ (кривая 2), при плотности теплового потока $2,4 \text{ кВт/м}^2$ (кривая 3) и при плотности теплового потока $2,6 \text{ кВт/м}^2$ (кривая 4)

Зависимости влагосодержания от времени сушки абрикосов 1 и 2 получены при естественной вентиляции воздуха по аппарату. Время сушки составляло 455 мин и 430 мин соответственно. Влагосодержание составляло 17–18 кг/кг. Температура абрикосов в течение процесса сушки не превышала $50\text{--}55^0\text{ С}$. Убыль влагосодержания абрикосов составляло соответственно 0,59 и 0,64 кг/кг в час. Зависимости влагосодержания от времени сушки абрикосов 3 и 4 получены с обдувом воздухом пространства по горизонтали и по высоте от стенки корпуса до края поддона. Скорость воздуха составляла 0,008–0,01 м/с. Время сушки составляло 360 мин и 330 мин соответственно. Убыль влагосодержания составляло соответственно 0,75 и 0,82 кг/кг в час. Влагосодержание составляло 15–16 кг/кг. При обдуве воздухом пространства по горизонтали и по высоте от стенки корпуса до края поддона не изменялась температура абрикоса, но процесс сушки интенсифицировался за счет удаления влаги из аппарата. Время процесса сушки сократилось существенно от 455 мин до 330 мин.

Специфическое воздействие инфракрасного излучения на пищевые продукты растительного сырья связано с интенсификацией процессов сушки

вследствие резонансного воздействия поглощаемой энергией на связи атомов в молекулах, частоты колебаний которых совпадают или кратны частоте падающего инфракрасного излучения. В нашем случае металлокерамика, нанесенная на наружную поверхность кварцевой трубы, обеспечивает инфракрасное излучение длинной волны 1,5–3,0 мкм, соответствующая длине волны колебания молекулы воды [1]. Поэтому инфракрасное излучение вызывает интенсификацию колебаний определенных групп атомов в молекуле и этим способствует ускорению процесса сушки. Это происходит из-за снижения температуры испарения влаги при инфракрасном излучении. Вследствие испарения влаги и тепломассообмена с окружающей средой поверхностные слои материала обезвоживаются и теряют теплоту, поэтому температура и влажность абрикос внутри его выше, чем снаружи. Возникают градиенты влагосодержания и температуры, под воздействием которых влага изнутри перемещается к поверхности. При этом, в отличие от конвективной сушки, направление обоих градиентов совпадает, что интенсифицирует процесс сушки. Температура абрикос в течение процесса сушки не превышала 50–55°C.

Вывод. Результаты исследования будут применены в разработке опытно-экспериментального аппарата для сушки абрикоса, получения кураги.

Список литературы

1. Ободов Д.А. Источники инфракрасного излучения с энергоприводом для термообработки пищевых продуктов / Д.А. Ободов, С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко // Электронный журнал СПбГУНиПТ. – Март 2011. – №1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.open-mechanics.com/journals> (дата обращения: 10.10.2022).
2. Демидов С.Ф. Сушка инфракрасным излучением торфа для производства биоконтейнера с растительным посевным материалом / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Е.А. Нестеренко [и др.] // Наука, образование, общество: тенденции и перспективы развития: мат. IX Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 12 февр. 2018 г.); редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: Интерактив плюс, 2018. – С. 12–14. – ISBN 978-5-6040732-3.

3. Демидов С.Ф. Сушка меренг инфракрасным излучением выделенной длинной волны / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Е.А. Нестеренко [и др.] // Научное и образовательное пространство: перспективы развития: мат. XII Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 26.03.2019); редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – 2019.

4. Демидов С.Ф. Кинетические закономерности процесса сушки панировочной хлебной крошки инфракрасным излучением / С.Ф. Демидов, С.С. Беляева, Л.Ф. Пелевина [и др.] // Актуальные направления научных исследований: от теории к практике: мат. VII Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 12 февр. 2016 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: Интерактив плюс, 2016. – №1 (7). – С. 160–163. – ISSN 2412-0510.

Демидов Сергей Федорович – канд. техн. наук, преподаватель, старший научный сотрудник Колледжа бизнеса и технологий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», Россия, Санкт-Петербург.

Пелевина Лидия Федоровна – директор Колледжа бизнеса и технологий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», Россия, Санкт-Петербург.

Нестеренко Екатерина Александровна – заместитель директора Колледжа бизнеса и технологий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», Россия, Санкт-Петербург.
