

УДК 57

*Демидов С.Ф., Пелевина Л.Ф.,
Нестеренко Е.А., Акуличева О.Ю.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ЛИСТЬЕВ ЩАВЕЛЯ ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ВЫДЕЛЕННОЙ ДЛИНОЙ ВОЛНЫ

Аннотация: проведены экспериментальные исследования процесса сушки листьев щавеля инфракрасным излучением выделенной длиной волны 1,5–3,0 мкм от высоты в один и два слоя листьев щавеля при начальном влагосодержании листьев щавеля 370–380 кг/кг при плотности теплового потока 4,8 кВт/м², достижении конечного влагосодержания листьев щавеля 13–14 кг/кг, температуры 49–52 °С. Авторы считают, что результаты данного исследования могут применяться в процессе производства хлебобулочных изделий с порошком в виде листьев щавеля.

Ключевые слова: щавель, листья, процесс, сушка, исследование, инфракрасное излучение, температура, слой, влагосодержание.

В колледже бизнеса и технологии «Санкт-Петербургского экономического университета» проводятся исследования по сушке пищевых продуктов инфракрасным излучением [1–3].

Листья щавеля во все времена помогали бороться с весенним авитаминозом. Они – источник клетчатки и многих витаминов (С, РР, группы В), а также калия, фосфора, марганца, железа. Благодаря богатому витаминно-минеральному составу листья щавеля улучшают функцию печени и желчного пузыря. Листья щавеля используются как противовоспалительное, ранозаживляющее средство, а также при малокровии и сердечно-сосудистых заболеваниях. В некоторых случаях он противопоказан. Например, при почечнокаменной, желчнокаменной болезнях. Применяются для заготовки широкие, сочные и плотные листья длиной 8–10 см. Щавель лучше переработать в течение 10 часов после срезки сочных и плотных листьев длиной 8–10 см.

Данные исследования посвящено процессу сушки в один и два слоя листьев щавеля инфракрасным излучением выделенной длины волны в зависимости от технологических и конструктивных параметров проведения процесса.

Исследования кинетики сушки листьев щавеля проводились на лабораторном аппарате (рис. 1).



Рис. 1. Экспериментальный аппарат для исследования процесса инфракрасной сушки листьев щавеля

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 нихромовой спирали длину волны 1,5–3,0 мкм, равную длине колебаний молекул воды, максимуму поглощательной способности воды и минимуму отражательной способности сухого продукта [4]. 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 сетчатого поддона из нержавеющей сетки с диаметром 2 мм заполнены листьями щавеля в один и два слоя, нижний закрыт нержавеющей листом, создает заданный температурный режим в аппарате. Инфракрасные излучатели располагали сверху и снизу относительно слоя листьев щавеля. Для измерения изменений влагосодержания листьев щавеля в процессе сушки

применялся анализатор влажности ЭЛВИЗ. Измерение температуры поверхности листьев щавеля и сетчатой поверхности поддона производили при помощи инфракрасного термометра RaytekMiniTemp МТ6. Расстояние между инфракрасными излучателями составляло 150 мм. Продолжительность инфракрасной сушки листьев щавеля в один и два слоя при заданной плотности теплового потока $4,8 \text{ кВт/м}^2$ определялось временем достижения заданного конечного влагосодержания продукта 13–14 кг/кг. Мощность инфракрасных излучателей изменяли с помощью сопротивления нихромовой спирали в излучателях. Плотность теплового потока инфракрасного излучения определили исходя из мощности излучателей и площади поддонов по заданной нами температуре листьев щавеля на сетчатом поддоне равной $49\text{--}52^\circ\text{C}$ и влагосодержания 13–14 кг/кг.

Перед процессом проведения исследований по сушке листьев щавеля удаляли поврежденные, пожелтевшие листья, промывали листья. Для удаления поверхностной влаги листьев щавеля размещали их на хлопковую ткань.

В результате проведенных экспериментальных исследований было выявлено, что процесс сушки инфракрасным излучением листьев щавеля до среднего влагосодержания $\bar{U}=13\text{--}14 \text{ кг/кг}$ при плотности теплового потока $4,8 \text{ кВт/м}^2$ завершается при достижении температуры на поверхности слоя продукта $49\text{--}52^\circ\text{C}$.

На рисунках 2 и 3 представлены графики зависимости среднего влагосодержания листьев щавеля от времени t и основных влияющих факторов.

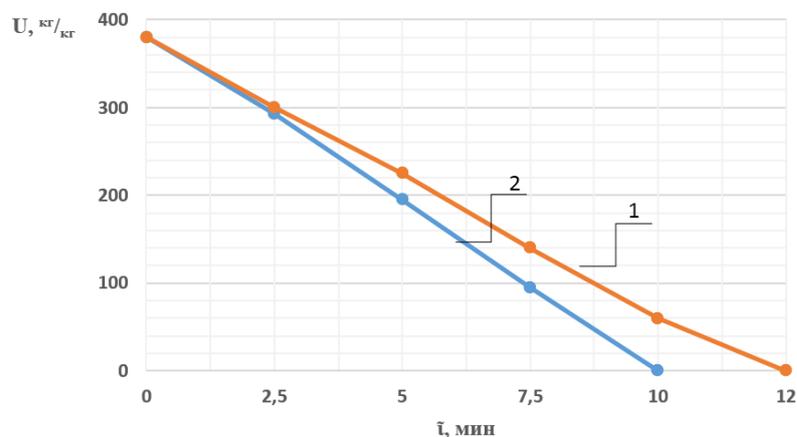


Рис. 2. График изменения среднего влагосодержания в процессе сушки листьев щавеля инфракрасным излучением высотой в два слоя

листьев щавеля (кривая 1), высотой в один слой (кривая 2),
при плотности теплового потока $4,8 \text{ кВт/м}^2$

Зависимости влагосодержания от времени сушки листьев щавеля 1 и 2 получены при естественной вентиляции воздуха по аппарату. Время сушки составляло 12 мин и 10 мин соответственно. Конечное влагосодержание сухих листьев щавеля составляло 13–14 кг/кг. Температура листьев щавеля в течение процесса сушки не превышала $49\text{--}52^\circ\text{C}$. Уменьшение величины влагосодержания листьев щавеля в процессе сушки составляло соответственно 28,5 и 37 кг/кг в мин.

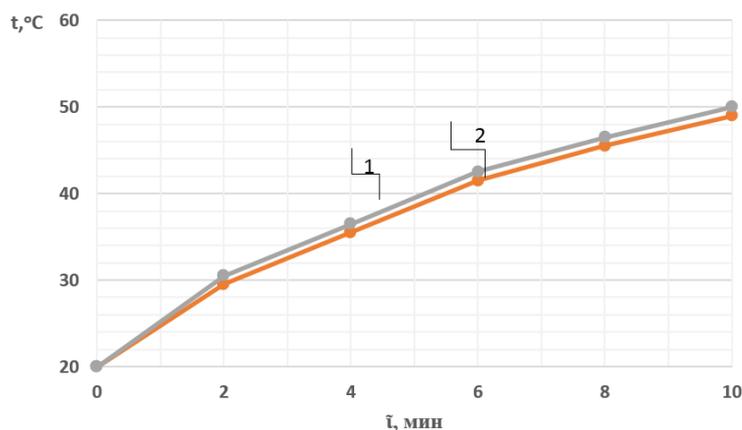


Рис. 3. Графики зависимости температуры слоя листьев щавеля (кривая 2) и температуры сетчатого поддона из нержавеющей стали (кривая 1) при плотности теплового потока $4,8 \text{ кВт/м}^2$

Температура поверхности сетчатого поддона в процессе проведения исследований по сушке листьев щавеля была больше температуры поверхности листьев щавеля на $3\text{--}4^\circ\text{C}$.

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 трубки, обеспечивает инфракрасное излучение длиной волны $1,5\text{--}3,0 \text{ мкм}$, соответствующая длине волны колебания молекулы воды [4]. 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 тепло-массообмена с окружающей средой поверхностные слои материала обезвоживаются и теряют теплоту, поэтому температура и влагосодержание листьев щавеля 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 совпадают, что интенсифицирует процесс сушки листьев щавеля. Температура листьев щавеля в течение процесса сушки не превышала 49–52⁰С.

Вывод. Результаты данного исследования применяются для лабораторной работы студентов по специальности среднего профессионального образования 19.02.11 «Технология продуктов питания из растительного сырья» в процессе производства хлебобулочных изделий с порошком в виде листьев щавеля. Результаты исследования будут применены в разработке опытно-экспериментального аппарата для сушки листьев щавеля и получения порошка.

Список литературы

1. Демидов С.Ф. Исследование процесса сушки абрикоса инфракрасным излучением выделенной длины волны для получения кураги / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Е.А. Нестеренко [и др.] // Интерактивная наука. – 2023. – №2 (78). – С. 95–97. – ISSN 2414–9411. – DOI 10.21661/r-559344. EDN ROSQRG
2. Демидов С.Ф. О некоторых кинетических закономерностях процесса подсушки кукурузного крахмала инфракрасным излучением выделенной длиной волны для производства жележных конфет / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Е.Ю. Васильева [и др.] // Интерактивная наука. – 2023. – №2 (78). – С. 93–95. – ISSN 2414–9411. – DOI 10.21661/r-. EDN EXYJLY
3. Демидов С.Ф. Исследование процесса сушки скорлупы грецких орехов инфракрасным излучением выделенной длиной волны: сборник трудов конференции / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Е.Ю. Васильева [и др.] // Наука, образование, общество: тенденции и перспективы развития: материалы конференции (Чебоксары, 7 июня 2023 г.). – Чебоксары: ИД «Среда», 2023. EDN UDGMSР
4. Ободов Д.А. Источники инфракрасного излучения с энергоприводом для термообработки пищевых продуктов / Д.А. Ободов, С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко / Электронный научный журнал молодежи. – 2011. – №1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.open-mechanics.com/journals> (дата обращения: 10.10.2023).

Демидов Сергей Федорович – канд. техн. наук, преподаватель, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО «СПбГЭУ», Россия, Санкт-Петербург.

Пелевина Лидия Федоровна – директор, ФГБОУ ВО «СПбГЭУ», Россия, Санкт-Петербург.

Нестеренко Екатерина Александровна – заместитель директора, ФГБОУ ВО «СПбГЭУ», Россия, Санкт-Петербург.

Акуличева Олеся Юрьевна – преподаватель, ФГБОУ ВО «СПбГЭУ», Россия, Санкт-Петербург.
