

Демидов Сергей Федорович

канд. техн. наук, преподаватель

Пелевина Лидия Федоровна

директор

Акуличева Олеся Юрьевна

преподаватель

Нестеренко Екатерина Александровна

магистр, заместитель директора

Колледж бизнеса и технологий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский

государственный экономический университет»

г. Санкт-Петербург

ТЕРМООБРАБОТКА МЕРЕНГ ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ВЫДЕЛЕННОЙ ДЛИННОЙ ВОЛНЫ В ОСЦИЛЛИРУЮЩЕМ РЕЖИМЕ

Аннотация: проведены экспериментальные исследования процесса сушки меренг инфракрасным излучением выделенной длинной волны 1,5–3,0 мкм в осциллирующем режиме в зависимости от диаметра меренг, плотности теплового потока, диаметра меренг при достижении конечного влагосодержания меренг 4–5 кг/кг и температуры высушенного продукта 70–750 С. Авторы приходят к выводу, что зная начальное влагосодержание меренг, можно определить время сушки материала до конечного влагосодержания 4–5 кг/кг в зависимости от плотности теплового потока при выбранных значениях диаметров меренг, расстояния от ИК-излучателя до продукта при скорости воздуха для охлаждения 0,35 м/с.

Ключевые слова: меренга, процесс, сушка, исследование, инфракрасное излучение, температура, диаметр, влагосодержание, охлаждение.

В Колледже бизнеса и технологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет» проводятся работы по сушке пищевых продуктов инфракрасным излучением [1–4].

В статье [5] нами приведены экспериментальные исследования процесса сушки меренг инфракрасным излучением выделенной длинной волны 1,5–3,0 мкм в зависимости от плотности теплового потока, диаметра меренг. В ходе экспериментальных исследований процесса сушки меренг плотность теплового потока ИК-излучателей составляла $5,81 \text{ кВт}/\text{м}^2$, $6,91 \text{ кВт}/\text{м}^2$, $7,66 \text{ кВт}/\text{м}^2$; расстояние от инфракрасного излучателя до продукта составляло 55 мм, 75 мм, диаметр меренг 35, 55 мм; начальное влагосодержание 31–31,5 кг/кг при достижении температуры высушенного продукта 70–75°C и конечного влагосодержания 4–5 кг/кг. Время процесса сушки составляло от 36 минут до 64 минут.

Скорость нагрева и обезвоживания меренг при имеющемся многообразии технологий сушки зависит от его теплофизических, массообменных параметров, а также от движущей силы процесса. Движущей силой удаления влаги могут стать концентрационные градиенты влаги, температуры, избыточного гидростатического давление. Процесс сушки может быть интенсифицирован благодаря повышению кинетических коэффициентов и количества движущих сил, позволяющих не допустить возможность перегрев сырья и осуществлять процесс сушки в более «мягком» температурном режиме, который позволит, обеспечить сохранение всех полезных свойств и качества продукта. Это совершается из-за понижения температуры испарения влаги при инфракрасном излучении. В процессе сушки меренг инфракрасным излучением нами используется режим постоянного включенного инфракрасного излучателя.

Данная статья посвящена исследованию процесса сушки меренг инфракрасным излучением выделенной длинной волны 1,5–3,0 мкм в осциллирующем режиме при достижении конечных значений влагосодержания 4–5 кг/кг и температуры 70–75°C в зависимости от параметров проведения процесса для разработки исходных требований на экспериментальный аппарат.

Исследование процесса сушки меренг диаметром 35, 55 мм проводились на лабораторном стенде, где в качестве источника инфракрасного излучения, использовались линейные кварцевые излучатели диаметром 0,012 м и длиной 0,5 м с керамической функциональной оболочкой, образующая длину волны 1,5–

3,0 мкм [1, 2]. Меренги равномерно распределяли на сетчатом поддоне из тефлоновой сетки в сушильной камере. При заданных диаметрах меренг они подвергались инфракрасной обработке с двух сторон при плотности теплового потока 6,61 кВт/м², 7,74 кВт/м², 8,36 кВт/м²; расстоянии от инфракрасного излучателя до продукта 55 мм, 75 мм; диаметрах меренг 35, 55 мм, начальном влагосодержании 31–31,5 кг/кг; достижении температуры высушенного продукта 70–75°C и конечного влагосодержания 4–5 кг/кг. Для измерения массы меренг в течение процесса сушки применялись весы GF-600. Для изменения влагосодержания меренг применялся анализатор влажности Элвиз-2. Измерение температуры поверхности меренг производилось при помощи дистанционного неконтактного инфракрасного термометра Raytek MiniTemp MT6. Обдув меренг осуществлялся вентилятором ВН-2МиРОО, скорость воздуха составляло 0,35 м/с. В данном исследовании мы используем режим постоянного включенного инфракрасного излучателя. Когда в начале процесса на поверхности меренг достигается температура 70–75 ° С в течении 3 минут автоматически включается вентилятор и в течении 1 мин происходит обдув, скорость воздуха 0,35 м/с, за это время исследуемый материал успевает охладиться до температуры 49–52°C. Далее процесс сушки продолжается в цикле 3 минуты нагрева, 1 минута охлаждения до достижения заданных значений влагосодержания. На основе экспериментальных данных были построены графики зависимости влагосодержания меренг от времени сушки и параметров процесса в осциллирующем режиме (рисунок 1, 2, 3)

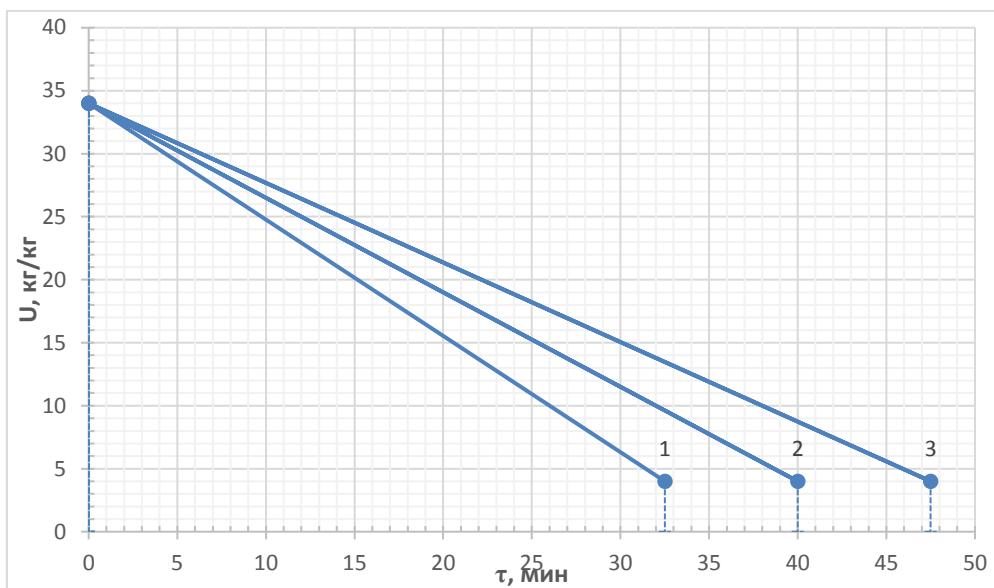


Рис.1. График зависимости влагосодержания меренг диаметром 35 мм от времени сушки при расстоянии от инфракрасного излучателя до продукта 55мм и при плотности теплового потока инфракрасного излучения 8,36 кВт/м² (прямая 1), 7,74 кВт/м² (прямая 2), 6,61 кВт/м² (прямая 3)

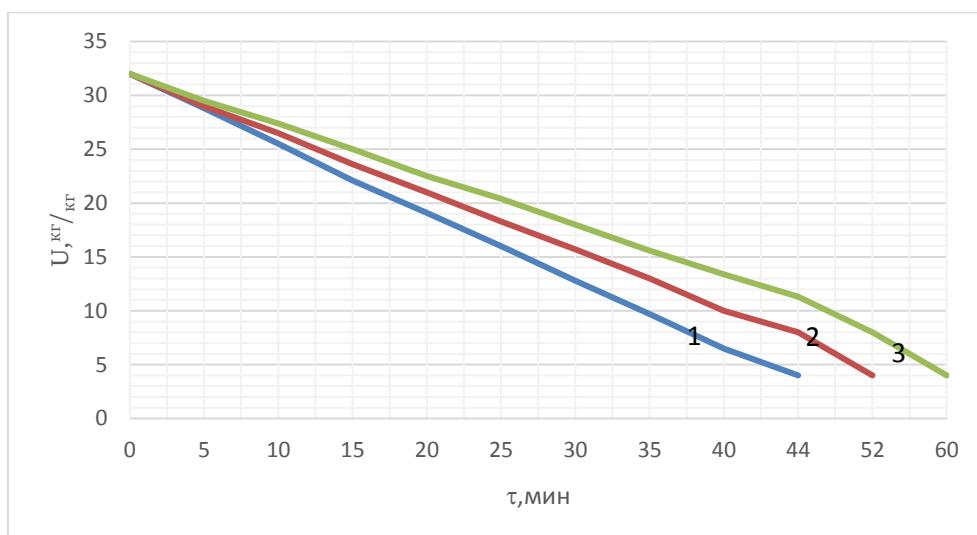


Рис. 2. График зависимости влагосодержания меренг диаметром 55 мм от времени сушки при расстоянии от инфракрасного излучателя до продукта 55мм и при плотности теплового потока инфракрасного излучения 8,36 кВт/м² (прямая 1), 7,74 кВт/м² (прямая 2), 6,61 кВт/м² (прямая 3).

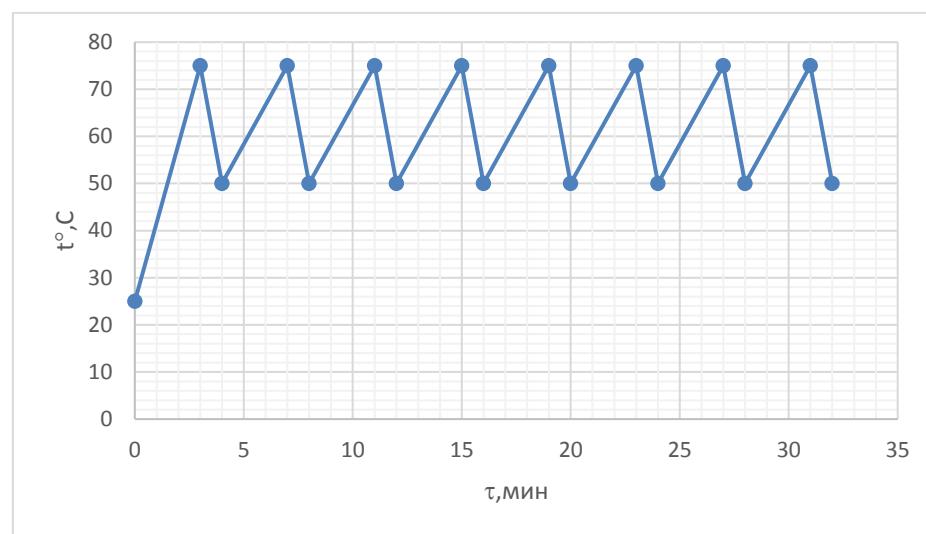


Рис. 3. График зависимости температуры наружной поверхности меренг диаметром 35 мм от времени сушки при расстоянии от инфракрасного излучателя до продукта 55 мм и при плотности теплового потока инфракрасного излучения 8,36 кВт/м², скорости воздуха 0,35 м/с.

Из анализа прямых рисунков 1, 2 видно, что влагосодержание меренг на протяжении всего процесса сушки уменьшается с течением времени по линейному закону. Это происходит из-за снижения температуры испарения влаги при инфракрасном излучении. При инфракрасной сушке с выделенной длины волны меренг происходит регулируемый нагрев материала. В процессе охлаждения с помощью вентилятора в меренгах образуется градиент температур, вектор которого направлен из глубинных слоёв продукта к его поверхностным слоям, где происходит совпадение с направлением вектора выхода влаги из продукта на его поверхность. Естественно, чем больше разность температур между глубинными слоями продукта и его поверхностными, тем больше температурный градиент, и тем сильнее напор свободной влаги из глубинных слоёв зерен ячменя на его поверхность. Этим и достигается необходимое условие интенсификации процесса удаления свободной влаги при температуре 50–52 $^{\circ}\text{C}$. Аналогично проведены экспериментальные исследования процесса сушки меренг инфракрасным излучением выделенной длиной волны 1,5–3,0 мкм в осциллирующем режиме при принудительном охлаждении продукта в зависимости от плотности теплового потока 7,74 кВт/м², 6,61 кВт/м², от диаметра меренг 35,55 мм, расстоянии от

инфракрасного излучателя до меренг 55, 75 мм при достижении конечных значений влагосодержания ячменя 4–5 кг/кг и температуры 70–72⁰С.

Анализ результатов процесса сушки меренг инфракрасным излучением [5] и результатов данного исследования показал, что время инфракрасной сушки меренг при осциллирующем режиме уменьшается на 4–8 минут.

Данные исследования будут использованы для разработки технической документации на экспериментальный аппарат для сушки меренг в осциллирующем режиме.

Список литературы

1. 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: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 12 февр. 2016 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – №1 (7). – С. 160–163. – ISSN 2412–0510.
2. Демидов С.Ф. Исследование кинетики сушки пшеничных зародышей инфракрасным излучением выделенной длиной волны в осциллирующем режиме / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Н.Н. Гашникова // Интерактивная наука. – 2016. – №2.
3. Ивкина А.П. Инфракрасная сушка измельченной цветной капусты / А.П. Ивкина, С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина [и др.] // Приоритетные направления развития науки и образования: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 27 нояб. 2016 г.). В 2 т. Т. 1 / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – №4 (11). – С. 263–268. – ISSN 2411–9652.
4. 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: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары,

26 февр. 2018 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2018. – С. 12–14. – ISBN 978–5-6040732–3-0.

5. Демидов С.Ф., Пелевина Л.Ф., Нестеренко Е.А., Котова Д.О. // Научное образовательное пространство: перспективы развития: материалы X11 Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 26 марта 2019 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2019. – С. 96–100. – ISBN 978–5-6040732–3-0.