

Демидов Сергей Федорович

канд. техн. наук, преподаватель, старший научный сотрудник

Пелевина Лидия Федоровна

директор

Акуличева Олеся Юрьевна

преподаватель

Колледж бизнеса и технологий

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

экономический университет»

г. Санкт-Петербург

СУШКА ШИНКОВАННОЙ МОРСКОЙ КАПУСТЫ ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ВЫДЕЛЕННОЙ ДЛИНОЙ ВОЛНЫ В ОСЦИЛЛИРУЮЩЕМ РЕЖИМЕ

***Аннотация:** проведены экспериментальные исследования процесса сушки шинкованной морской капусты длиной 19–21 мм инфракрасным излучением выделенной длиной волны 1,5–3,0 мкм в осциллирующем режиме на сетчатом поддоне из нержавеющей сетки в зависимости от высоты слоя продукта, плотности теплового потока 5,5 кВт/м², расстояния от инфракрасного излучателя до поверхности морской капусты при достижении конечного влагосодержания продукта 65,0–70,0 кг/кг и температуры высушенного продукта 58–600С. Авторы приходят к выводу, что зная начальное влагосодержание шинкованной морской капусты, можно определить время сушки материала до конечного влагосодержания 65,0–70,0 кг/кг в зависимости от высоты слоя продукта, расстояния от ИК-излучателя до продукта 50 мм при плотности теплового потока 5,5 кВт/м², скорости воздуха для охлаждения 0,45 м/с.*

***Ключевые слова:** процесс, сушка, исследование, инфракрасное излучение, температура, влагосодержание, охлаждение, шинкованная морская капуста.*

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

Морская капуста обладает уникальной способностью извлекать из морской воды и концентрировать в своих тканях различные микро- и макроэлементы: бор, железо, калий, кальций, фтор и др. Но самое ценное в них – высокое содержание йода, который находится в ламинарии в достаточно редкой легко усваиваемой человеком органической форме. Содержание йода в морской капусте составляет: в непромытой водой 2,8%, в промытой воде – 1,4%, в промытой до полного удаления слизи – 1,2%. В процессе сушки морской капусты необходимо сохранить содержание йода 1,2%. Такой результат можно достичь только в процессе сушки при достижении заданного конечного влагосодержания и температуры не более 58–60°C [5].

Данная статья посвящена исследованию процесса сушки шинкованной морской капусты сечением 1,5–2,2 мм² и длиной 19–21мм инфракрасным излучением выделенной длиной волны 1,5–3,0 мкм при конечных значений влагосодержания 65,0–70,0 кг/кг и температуры 58–60°C в осциллирующем режиме в зависимости от параметров проведения процесса.

Исследование процесса сушки шинкованной морской капусты проводились на лабораторном стенде. В качестве источника инфракрасного излучения, использовали линейные кварцевые излучатели диаметром 0,012 м и длиной 0,5 м с керамической функциональной оболочкой, которая образует при нагревании нихромовой спиралью длину волны 1,5–3,0 мкм, равную длине колебаний молекул воды, максимуму поглотительной способности воды и минимуму отражательной способности сухого продукта [6; 7]. Шинкованную морскую капусту равномерно распределяли на сетчатом поддоне из нержавеющей сетки в сушильной камере, подвергали инфракрасной обработке с двух сторон при плотности теплового потока 5,5 кВт/м² расстоянии от инфракрасного излучателя до продукта 50, 60 мм, начальном влагосодержании 850,0–870,0 кг/кг, достижении температуры высушенного продукта 58–60°C и конечного влагосодержания 65,0–

70,0 кг/кг. Для измерения массы продукта в течение процесса сушки применялись весы GF-600. Для изменения влагосодержания продукта применялся анализатор влажности ЭЛВИЗ-2. Измерение температуры поверхности продукта производилось при помощи дистанционного неконтактного инфракрасного термометра Raytek MiniTemp. В начале процесса в течении 4 минут на поверхности шинкованной морской капусты достигалась температура 59–60 °С, автоматически включался вентилятор и в течении 30 секунд происходил обдув, скорость воздуха составляла 0,45 м/с, за это время исследуемый материал охлаждался до температуры 49–51 °С. Далее процесс сушки продолжался в цикле нагрева и охлаждения до достижения заданных значений влагосодержания.

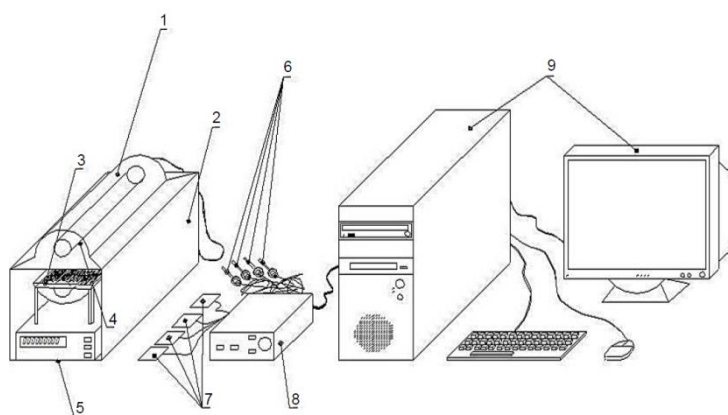


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования процесса тепловой обработки морских водорослей при ИК- излучении. 1 – отражатель, 2 – сушильная камера, 3 – подложка, 4 – инфракрасный излучатель, 5 – весы, 6 – термомпары, 7 – датчики плотности теплового потока, 8 – измеритель теплопроводности ИТ-2, 9 – персональный компьютер.

На основе экспериментальных данных были построены графики зависимости изменения влагосодержания и температуры слоя шинкованной морской капусты от времени сушки и параметров проведения процесса в осциллирующем режиме (рисунок 2; 3).

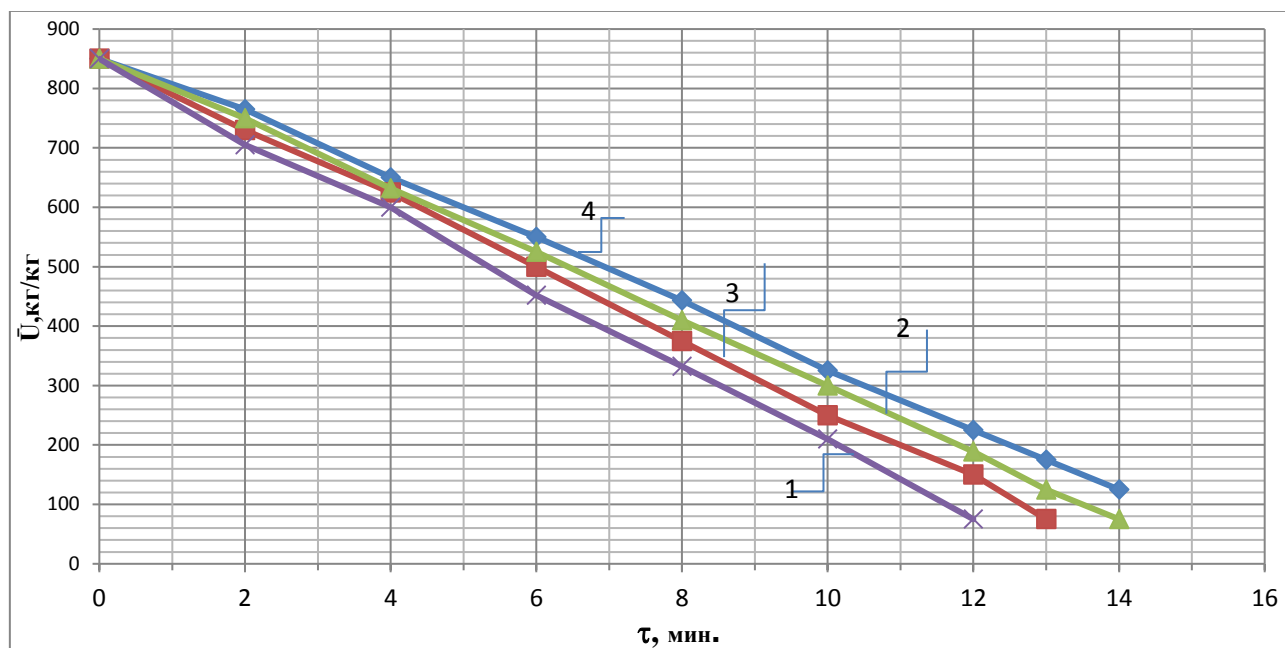


Рис. 2. График зависимости влагосодержания шинкованной морской капусты сечением 1,5–2,2 мм² и длиной 19–21 мм от времени сушки на поддоне из нержавеющей сетки от высоты слоя при плотности потока ИК-излучателя 5,5 кВт/м², расстояния от ИК-излучателя до слоя продукта 50 мм (кривая 1 и 2), 60 мм (кривая 3 и 4), высоты слоя продукта 20 мм (кривая 1 и 3), 30 мм (кривая 2 и 4) в осциллирующем режиме.

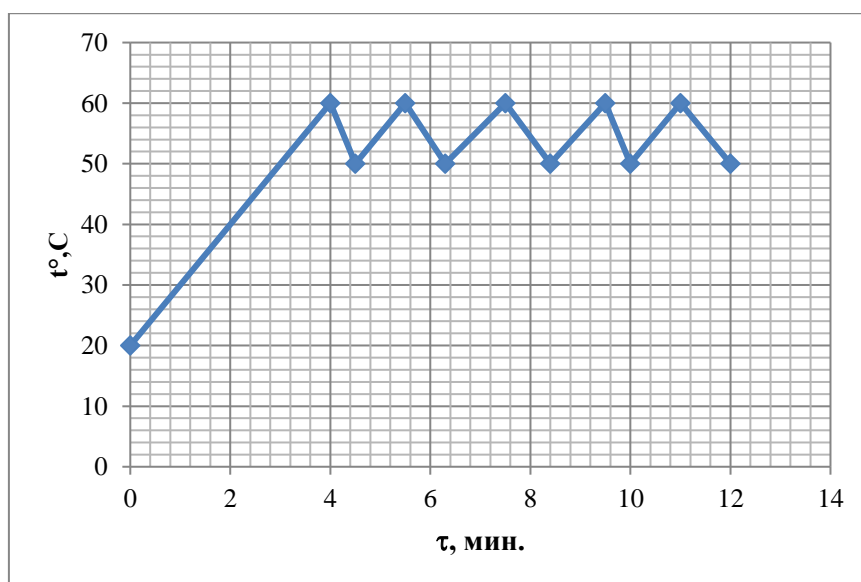


Рис. 3. График зависимости изменения температуры слоя шинкованной морской капусты сечением 1,5–2,2 мм² и длиной 19–21мм от времени сушки при расстоянии от инфракрасного излучателя до слоя продукта 50 мм, при плотности

теплового потока инфракрасного излучения $5,5 \text{ кВт/м}^2$, высоты слоя продукта 20 мм в осциллирующем режиме.

В процессе нагрева шинкованной морской капусты инфракрасными лучами выделенной длинной волны происходит испарение влаги с нижнего и верхнего поверхностей слоев продукта. Увеличивается градиент влагосодержания, направленный вглубь материала, создавая все возрастающий перепад влагосодержания по толщине слоя. Величина градиента влагосодержания становится уже больше градиента температур и направление потока влаги изменяется на обратное и влага перемещается из внутреннего слоя к открытым поверхностям, и в это время происходит обдув воздухом слоя морской капусты, что вызывает постепенное увеличение влагосодержания на поверхности и испарение влаги с поверхностей морской капусты. В процессе обдува морской капусты возникает перепад температур между внутренними и поверхностными слоями, в результате чего образуется градиент температур, вектор которого направлен из глубинных слоев к поверхностным слоям. Происходит совпадение данных векторов. Чем больше разность температур между глубинными слоями макаронных изделий и его поверхностными слоями, тем выше температурный градиент, тем сильнее напор влаги из глубины макаронного изделия на его поверхность. Происходит интенсификация процесса сушки [2]. Из анализа рисунка 2 видно, время сушки в осциллирующем режиме при изменении высоты слоя продукта и расстояния от излучателя до верхнего слоя морской капусты при плотности теплового потока инфракрасного излучения $5,5 \text{ кВт/м}^2$ уменьшается на 2–2,5 мин при прочих равных условиях. Данные исследования будут использованы для разработки технологического регламента процесса сушки шинкованной морской капусты в инфракрасном аппарате.

Список литературы

1. Демидов С.Ф. Некоторые кинетические закономерности процесса сушки измельченной цветной капусты инфракрасным излучением / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, А.П. Ивкина // Новое слово в науке: перспективы развития: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 10 апр. 2016 г.) /

редкол.: О.Н. Широков [и др.] – 2016. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – №2 (8). – С. 111–113. – ISSN 2411–8133.

2. Демидов С.Ф. Осциллирующий режим сушки шинкованной моркови инфракрасным излучением / С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко, С.Ф. Демидов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – №4. – С. 49–54

3. Демидов С.Ф. Исследование кинетики сушки пшеничных зародышей инфракрасным излучением выделенной длинной волны в осциллирующем режиме / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Н.Н. Гашникова // Актуальная наука. – 2016. – №2. – С. 93–96.

4. Демидов С.Ф. Исследование процесса сушки свежееубранного ячменя инфракрасным излучением выделенной длинной волны / С.Ф. Демидов, Л.Ф. Пелевина, Е.А. Нестеренко, О.Ю. Акуличева // Наука, образование, общество: общество и перспективы развития. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2019.

5. Погонец В.И. Разработка сушильной техники со взвешенно-закрученными потоками для морепродуктов: авторефер. дисс. ... д-ра техн. наук. – М., 2004. – 43с.

6. Демидов С.Ф. Математическое описание совместного тепломассопереноса при инфракрасном нагреве морской капусты / С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко, Д.А. Ободов // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2012. – №2.

7. Патент 2463538 Российская Федерация, МПК F26В 3/30. Многоярусная камера инфракрасной сушки / Ободов Д.А., Демидов С.Ф., Вороненко Б.А., Пеленко В.В.; заявитель и патентообладатель Ободов Д.А. – №2010151818/06; заявл.17.10.2010; опубл.10.10.2012, Бюл. №28.