

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ СУШКЕ СЕМЯН ЛЬНА

APPLICATION OF INFRARED RADIATION IN LINSEED DRYING

Ключевые слова: сушка, семена льна, установка, влажность, температура, ИК-излучение, технология, импортозамещение, эксперимент, спектральная характеристика.

Рассмотрены вопросы технологического процесса сушки семян льна. Определены основные проблемы, возникающие в процессе сушки семян. Сформулированы цель и задачи исследования. Определены объект и методы исследования. Проведены исследования по нахождению влажностных характеристик исследуемого продукта. Получен график кинетики сушки семян льна, который позволяет определить критические точки процесса. Определена начальная влажность семян льна – 75%. После проведения процесса сушки была установлена влажность сухого продукта – 7%, что соответствует требованиям ГОСТа для семян льна. Определено время сушки продукта, которое составило 14 ч. Проведены исследования по нахождению спектральных характеристик продукта. С помощью специального прибора спектрометра получен график спектральной характеристики семян льна. На данном графике определены точки экстремума, которые находятся в рабочем диапазоне длин волн пленочного электронагревателя, который составляет 8-10 мкм. Определена температура в экстремуме, который находится в рабочем диапазоне излучателя. Длина волны в данной точке составляет 8580 нм. По закону смещения Вина данная длина волны соответствует 65°C. В ходе исследования была разработана сушильная установка транспортно-каскадного типа, состоящая из 7 ярусов. Каждый ярус оснащен пленочными электронагревателями и транспортерной лентой, на которой располагается продукт. Датчики температуры позволяют контролировать температуру на всем протяжении процесса сушки семян. Проведены опыты по сушке семян льна на разработанной установке. Определены энергозатраты процесса сушки льна, которые составили 19,6 кВт*ч/кг.

Keywords: drying, linseeds, installation, moisture content, temperature, IR-radiation, technology, import substitution, experiment, spectral characteristics.

The issues of the technological process of linseed drying are discussed. The main problems arising in the process of seed drying are identified. The research goal and objectives are formulated. The research target and methods are determined. The studies were conducted to find the moisture characteristics of the product under study. A graph of the kinetics of linseed drying was obtained which allowed determining the critical points of the process. The initial moisture content of linseeds was determined which was equal to 75%. Also, after drying, the moisture content of the dry product was determined which was equal to 7% and met the requirements of the GOST (standard) for linseeds. The drying time of the product was determined which was 14 hours. The spectral characteristics of the product were found. A graph of the spectral characteristics of linseeds was obtained using a special spectrometer device. In this graph, the extremum points were determined which were in the operating wavelength range of the film electric heater amounting to 8-10 μm . The temperature was determined at an extreme that was in the operating range of the radiator. The wavelength at this point was equal to 8580 nm. According to the Wien's displacement law, this wavelength corresponded to 65°C. A drying plant of the transport cascade type was developed. The installation consists of 7 tiers. Each tier is equipped with electric film heaters and a conveyor belt where the product is located. Temperature sensors allow controlling the temperature throughout the seed drying process. Experiments on linseed drying were carried out on the developed installation. The energy consumption of the linseed drying was determined which amounted to 19.6 kW*h kg.

Медведев Андрей Витальевич, ассистент, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, г. Челябинск, Российская Федерация, e-mail: vestarvestar@mail.ru.

Максименко Светлана Андреевна, ст. лаборант, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, г. Челябинск, Российская Федерация, e-mail: swetl.andreeva2015@yandex.ru.

Medvedev Andrey Vitalevich, Asst., South-Ural State Agricultural University, Chelyabinsk, Russian Federation, e-mail: vestarvestar@mail.ru.

Maksimenko Svetlana Andreevna, Senior Technician, South-Ural State Agricultural University, Chelyabinsk, Russian Federation, e-mail: swetl.andreeva2015@yandex.ru.

Введение

В последние годы наша страна столкнулась с санкционным давлением, которое оказывает влияние на все сферы экономики. Агропромыш-

ленный комплекс не стал исключением. Особенно остро стоит вопрос о технологическом оснащении. Ряд компаний ушли с рынка, а обслуживание и покупка новой техники не позво-

ляют отечественным производителям конкурировать с дешевым зарубежным сырьем. Особенно актуальными стали вопросы создания отечественных технологий, позволяющих получить высококачественный продукт, конкурирую-

щий с зарубежными аналогами. Россия является лидером по производству семян льна с большим отрывом [1]. На долю России и Казахстана приходится 56% валового сбора во всем мире (рис. 1).

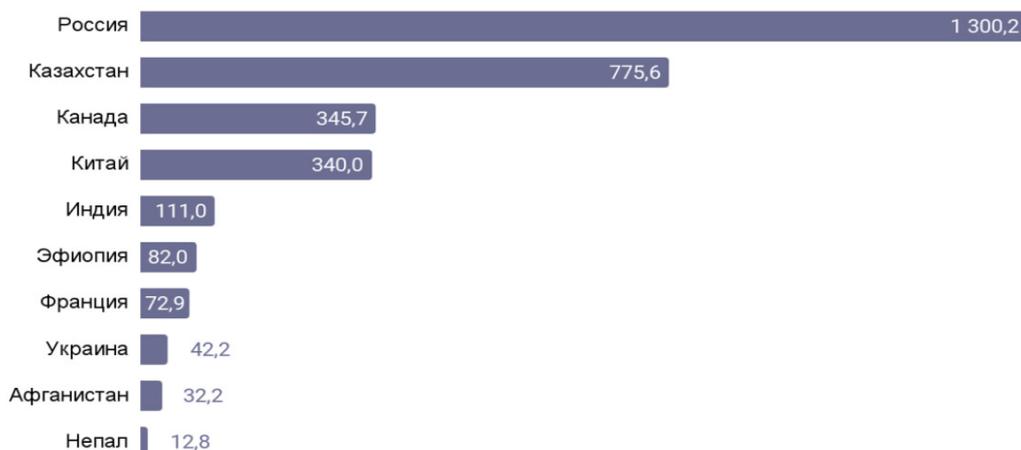


Рис. 1. Страны-лидеры по производству семян льна, тыс. т

Сушка семян является одним из важнейших этапов в производстве готовой продукции, что позволяет снизить влажность семян, тем самым увеличить срок годности продукта и сократить затраты на хранение и логистику. Одними из главных задач при разработке сушильной установки является обеспечение высокого качества конечной продукции, а также снижение энергозатрат для предприятия [2]. Снижение энергозатрат возможно при максимальной концентрации энергии на продукте, что возможно достичь при низких температурах процесса сушки, а также небольшом объеме рабочей зоны установки [3].

Инфракрасная сушка является одним из наиболее перспективных направлений развития, поскольку позволяет проводить процесс сушки при низких температурах, с сохранением большого количества полезных веществ [4].

На сегодняшний день недостаточно полно изучен вопрос сушки термолабильного сырья. Одним из направлений изучения можно считать разработку сушильных установок с применением инфракрасного излучения.

Цель исследования заключается в разработке технологии, позволяющей обеспечить процесс сушки семян льна с сохранением полезных свойств продукта, сохраняя энергоэффективность.

Задачи исследования:

1) определить время сушки, начальную и конечную влажность семян льна;

2) провести исследования по нахождению спектральных характеристик семян льна;

3) провести эксперимент с использованием сушильной установки;

4) сделать вывод об эффективности предложенной технологии/

Объекты и методы

Сушка является одним из главных и сложных этапов производства готовой продукции, что позволяет увеличить срок годности семян. При этом сушка значительно сокращает затраты на хранение и транспортировку [5].

Исследования проводились с применением специального оборудования: влагоанализатор Элвис-2С и спектрометр ФСМ 2201. Контроль процесса сушки осуществлялся с помощью датчиков влажности и температуры и восьмиканального измерителя-контроллера ОВЕН ТРМ-138.

Экспериментальная часть

Исследование началось с установления влажности семян льна. С помощью влагоанализатора удалось определить изменение влажности в ходе процесса сушки. Также было определено время сушки, которое составило 12 ч (рис. 2). Начальная влажность семян составила 75%, конечная – 7%, что соответствует требованиям ГОСТ 10582-76 «Семена льна масличного. Промышленное сырье. Технические условия».

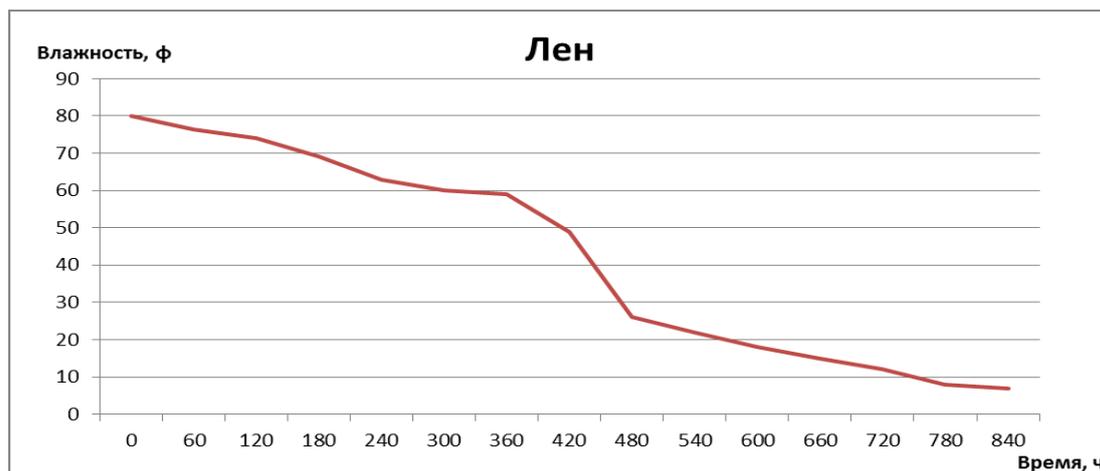


Рис. 2. Кривая влажности семян льна

Для оптимального процесса сушки с применением инфракрасного излучения необходимо согласовать спектральную характеристику исследуемого продукта и оптические свойства излучателя [6]. В качестве излучателя используются пленочные электронагреватели, разработанные и запатентованные на кафедре «Энергообеспечение и автоматизация технологических процессов» Южно-Уральского ГАУ. С помощью спектрометра были получены спектральные характеристики, которые позволили определить оптимальную температуру, соответствующую экстремуму функции в рабочем диапазоне нагревателя – 8-10 мкм (рис. 3).

Длина волны в точке экстремума равна 8580, что соответствует 65°C по закону смещения Вина.

Для проведения исследований по сушке семян льна была разработана сушильная установка транспортерно-каскадного типа, состоящая из

7 ярусов. Каждый ярус оснащен пленочным электронагревателем и датчиками температуры для контроля процесса сушки (рис. 4) [7]. Продукт располагается на транспортной ленте, и при переходе с одного яруса на другой происходит перемешивание семян и продукт остывает, что позволяет получить сухой продукт высокого качества с сохранением всех полезных веществ.

Исходя из полученных данных о температуре и времени процесса на сушильной установке установлены соответствующие параметры для проведения эксперимента. С помощью датчиков и контроллера была установлена температура 65°C, которая поддерживалась на всем протяжении эксперимента. Процесс сушки закончился спустя 18 ч, конечная влажность составила 7%. Потребляемая энергия на единицу сырья – 19,6 кВт*ч/кг, в то время как у ближайшего аналога данный показатель равен 35,5 кВт*ч/кг.

Спектральная характеристика. Лен

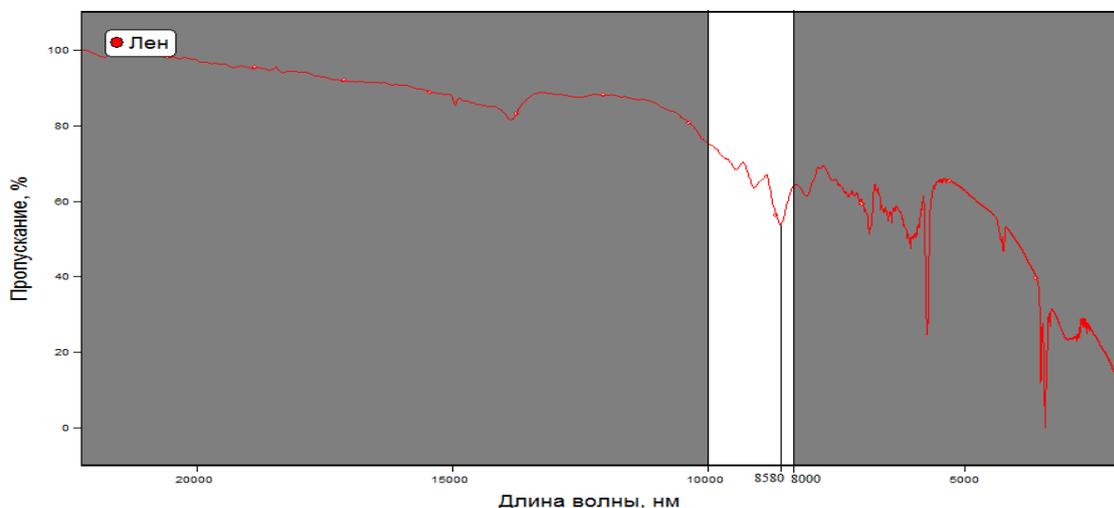


Рис. 3. Спектральная характеристика семян льна



Рис. 4. Сушильная установка транспортерно-каскадного типа

Выводы

В результате эксперимента был получен продукт влажностью 7%. Энергозатраты процесса получились ниже, чем у ближайших конкурентов. Технология показала свою эффективность. Дальнейшие исследования будут направлены на создание промышленного образца сушильной установки.

Время процесса сушки составило 14 ч, конечная влажность продукта находится в пределах 7-8%.

Получены спектральные характеристики семян льна. Длина волны в критической точке 8580 нм. Температура сушки 65°C.

Разработанная технология позволяет проводить процесс сушки семян льна при меньших энергозатратах.

Библиографический список

1. Попов, В. М. Обоснование применения инфракрасных пленочных электронагревателей в предварительной подготовке семян сельскохозяйственных культур к электросепарации / В. М. Попов, М. Т. Сковородников, В. А. Афонькина. – Текст: непосредственный // Достижения науки – агропромышленному производству: сборник материалов / LVIII Международная научно-техническая конференция, Челябинск, 30 января – 01 февраля 2014 года / под редакцией П. Г. Свечникова. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2014. – Т. III. – С. 367-374.

2. Попов, В. М. Исследование спектральных характеристик пленочных электронагревателей в технологическом процессе сушки зеленых культур / В. М. Попов, В. А. Афонькина, А. А. Кечкин. – Текст: непосредственный // До-

стижения науки – агропромышленному производству: сборник материалов / L Международная научно-техническая конференция, Челябинск, 27-29 января 2011 года / под редакцией Н. С. Сергеева. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2011. – Т. V. – С. 171-174.

3. Использование пленочных электронагревателей для повышения эффективности послеуборочной обработки семян рапса / В. М. Попов, Е. И. Шукшина, В. А. Афонькина, А. В. Горбатько. – Текст: непосредственный // Достижения науки – агропромышленному производству: сборник материалов / LII Международная научно-техническая конференция, Челябинск, 24-26 января 2013 года. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2013. – Т. V. – С. 238-242.

4. Попов, В. М. Снижение энергоемкости процесса инфракрасной сушки мелкосемянных культур / В. М. Попов, В. А. Афонькина, Е. И. Шукшина. – Текст: непосредственный // Достижения науки – агропромышленному производству: сборник материалов / LV Международная научно-техническая конференция, Челябинск, 27-29 января 2016 года / ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет». – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2016. – Т. 3. – С. 274-280.

5. Попов, В. М. Теоретическое обоснование конструктивных параметров инфракрасной установки для сушки семян овощных культур с целью энергосбережения / В. М. Попов, В. А. Афонькина, А. И. Баранова. – Текст: непосредственный // АПК России. – 2017. – Т. 24, № 2. – С. 503-507.

6. Повышение эффективности инфракрасной сушки мелкосемянных культур с использованием пленочных электронагревателей / В. М. Попов, В. А. Афонкина, Е. И. Шукшина, В. И. Майоров. – Текст: непосредственный // *Аграрная наука в инновационном развитии АПК: сборник материалов / Международная научно-практическая конференция в рамках XXVI Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2016»*, Уфа, 15-17 марта 2016 года. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2016. – Т. III. – С. 45-49.

7. Попов, В. М. Снижение энергоемкости ИК-сушки семян рапса / В. М. Попов, В. А. Афонкина, Е. И. Шукшина. – Текст: непосредственный // *Энергетика – агропромышленному комплексу России: сборник материалов / Международная научно-практическая конференция, Челябинск, 05-07 июня 2017 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент научно-технологической политики и образования; ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет. – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2017. – С. 143-147.*

References

1. Попов, В. М. Обоснование применения инфракрасных пленочных электронагревателей в предварительной подготовке семян сельскохозяйственных культур к электроseparatsii / В. М. Попов, М. Т. Skovorodnikov, В. А. Afonkina // *Dostizheniia nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu: Materialy LIII mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Cheliabinsk, 30 ianvaria – 2014 goda / pod redaktsiei P. G. Svechnikova. Ch. III. – Cheliabinsk: Cheliabinskaia GAA, 2014. – S. 367-374.*

2. Попов, В. М. Исследование спектральных характеристик пленочных электронагревателей в технологическом процессе сушки зеленых культур / В. М. Попов, В. А. Афонкина, А. А. Kechkin // *Dostizheniia nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu: Materialy L mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Cheliabinsk, 27–29 ianvaria 2011 goda / pod redaktsiei N.S. Sergeeva. Ch. V. – Cheliabinsk: Cheliabinskaia GAA, 2011. – S. 171-174.*

3. Ispolzovanie plenochnykh elektronagrevatelei dlia povysheniia effektivnosti posleuborochnoi obrabotki semian rapsa / V. M. Popov, E. I. Shukshina, V. A. Afonkina, A. V. Gorbato // *Dostizheniia nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu: Materialy LII mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Cheliabinsk, 24–26 ianvaria 2013 goda. Ch. V. – Cheliabinsk: Cheliabinskaia GAA, 2013. – S. 238-242.*

4. Попов, В. М. Снижение энергоемкости процесса инфракрасной сушки мелкосемянных культур / В. М. Попов, В. А. Афонкина, Е. И. Шукшина // *Dostizheniia nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu: materialy LV mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Cheliabinsk, 27–29 ianvaria 2016 goda / FGBOU VO «Iuzhno-Uralskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet». Ch. 3. – Cheliabinsk: Iuzhno-Uralskii GAU, 2016. – S. 274-280.*

5. Попов, В. М. Теоретическое обоснование конструктивных параметров инфракрасной установки для сушки семян овощных культур с целью энергосбережения / В. М. Попов, В. А. Афонкина, А. И. Baranova // *APK Rossii. – 2017. – T. 24, No. 2. – S. 503-507.*

6. Povyszenie effektivnosti infrakrasnoi sushki melkosemiannykh kultur s ispolzovaniem plenochnykh elektronagrevatelei / V. M. Popov, V. A. Afonkina, E. I. Shukshina, V. I. Maiorov // *Agrarnaia nauka v innovatsionnom razvitii APK: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii v ramkakh XXVI Mezhdunarodnoi spetsializirovannoi vystavki "Agrokompleks-2016", Ufa, 15–17 marta 2016 goda. Tom III. – Ufa: Bashkirskii GAU, 2016. – S. 45-49.*

7. Попов, В. М. Снижение энергоемкости ИК-сушки семян рапса / В. М. Попов, В. А. Афонкина, Е. И. Шукшина // *Energetika – agropromyshlennomu kompleksu Rossii: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Cheliabinsk, 05–07 iunia 2017 goda / Ministerstvo selskogo khoziaistva Rossiiskoi Federatsii, Departament nauchno-tekhnologicheskoi politiki i obrazovaniia; FGBOU VO Iuzhno-Uralskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. – Cheliabinsk: Iuzhno-Uralskii GAU, 2017. – S. 143-147.*

