

**ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ**  
**PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEERING SYSTEMS**

DOI 10.25637/TVAN.2018.01.14.

УДК: 628.162.5

Калафатов Э. Т.<sup>1</sup>, Полякова Н. Ю.<sup>2</sup>, Горб Н. Н.<sup>3</sup>

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ  
ЛЕПЕСТКОВ ЧАЙНОЙ РОЗЫ НА ГЕЛИОСУШИЛКЕ**

<sup>1</sup>ФГАО ВО «Крымский Федеральный университет имени В.И. Вернадского»;

<sup>2</sup>ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»;

<sup>3</sup>ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»

**Реферат.** Цель исследований – определение параметров сушки лепестков чайной розы на экспериментальном образце гелиофруктосушилки, предназначенной для сушки плодоовощной продукции. Исследования проводили на базе Крымской опытной станции садоводства (Симферопольский район, с. Маленькое). Проведение опыта осуществляли во влажных погодных условиях, затрудняющих сушку лепестков розы. Методика исследования: 250-300 г лепестков укладывали в сетчатые поддоны гелиосушилки общим количеством 48 штук. При этом контрольные образцы взвешивали отдельно и укладывали в среднюю секцию сушилки, где температура и скорость воздушного потока оставались неизменными. Процесс сушки контролировали через каждый час путем взвешивания контрольных образцов и определения потери веса по известной методике. Влажность и температуру сушки фиксировали при помощи прибора DVM-171TND, помещенного в секцию с контрольными образцами. Сушку проводили в июне 2017 г., в различных погодных условиях, что позволило провести сравнение параметров сушки с помощью ТЭНов (4 кВт) и с использованием только солнечной энергии. Установлено, что потребляемая мощность сушилки в обоих случаях одинакова, а масса высушиваемого продукта уменьшилась более чем в 10 раз и составила около 76 г от 1000 г исходного сырья, при этом первоначальная влажность сырья составила 92, а конечная – 7%. За период эксперимента в сушилку загружено 132 кг сырья и получено более 10 кг высушенных лепестков чайной розы. Сделан вывод о возможности использования конструкций ящичных сушилок, вне зависимости от принципа их работы (с традиционными и нетрадиционными источниками питания) для сушки лепестков чайных роз, и нецелесообразности их применения для сушки больших объемов сырья из-за трудоемкости процесса загрузки и выгрузки.

**Ключевые слова:** лекарственные травы, сушка, лепестки чайной розы, гелиофруктосушилка, программируемый датчик, температура, влажность.

### Введение

Лекарственные и ароматические растения, в частности, роза, находят все большее применение в различных отраслях промышленности [4–6, 7]. Большинство видов лекарственного растительного сырья применяется в высушенном виде. Наиболее распространенные виды сушки лекарственных растений – искусственная и естественная. Естественную сушку производят на открытом воздухе в тени под навесами, в специальных сушильных сараях в основном малыми фермерскими

хозяйствами. Искусственная сушка используется при больших объемах в промышленных масштабах с использованием тепловой энергии.

Сырье эфиромасличных культур, к которым относится и чайная роза, рекомендуется сушить при температуре 30–35(40) °С довольно толстым слоем (10–15 см) для предотвращения испарения эфирного масла [8].

Наряду с этим при сушке лепестков чайной розы необходимо соблюдать следующие правила:

- отделять вручную лепестки;
- уборку и переработку лепестков проводить в кратчайшие сроки после их распускания, в противном случае происходит их массовое опадание, особенно в дождливую погоду; также промедление с переработкой хотя бы на несколько часов, приводит к резкому повышению температуры при его хранении в мешках или валом;
- сушку проводить при низкой температуре (до 40 °С) и с минимальным обветриванием с целью сохранения ароматических свойств высушиваемого продукта.

В связи с тем, что в естественных условиях невозможно соблюдать все эти условия, для сохранения сырья в дождливых погодных условиях предложено произвести сушку лепестков на экспериментальном образце гелиосушилки предназначенной для сушки яблок и груш.

**Цель исследований** – определение параметров сушки лепестков чайной розы на экспериментальном образце гелиофруктосушилки, предназначенной для сушки плодоовощной продукции.

#### **Материалы и методы исследований**

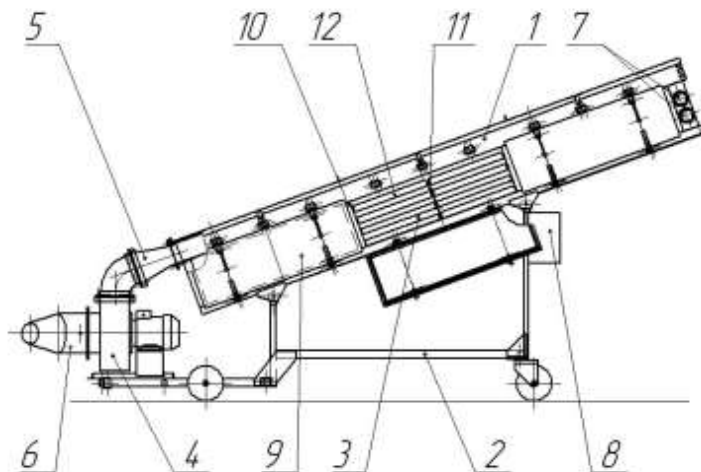
Опыт проводили с 10 по 11 июня 2017 г. на базе Крымской опытной станции садоводства ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» (с. Маленькое Симферопольского района). Погодные условия в сроки проведения исследований были дождливыми, что затруднило сбор и сушку лепестков чайной розы. Для сушки сырья использован экспериментальный образец гелиофруктосушилки, предназначенной для сушки плодоовощной продукции.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема центрального модуля гелиосушилки [9]. Он состоит из солнечного коллектора (т.н. «теплый ящик») (1), установленного на колесной тележке (2); сушильного шкафа (3); вентилятора (4); воздуховода (5); патрубка (6), куда могут подсоединяться дополнительные коллектора (на рисунке не указан); электронагревательных элементов (7) тэнов, предназначенных для сушки в непогоду и в ночное время; шкафа управления (8); дверцы (9); перегородки (10, 11), предназначенных для омывания высушиваемого продукта сверху и снизу; сетчатых поддонов (12), в которые укладывается высушиваемое сырье. Конструктивная особенность солнечного коллектора состоит в том, что в отличие от существующих, он снизу не теплоизолирован, установлен над высушиваемым продуктом и тыльной стороной абсорбера (теплоулавливающей поверхностью) отдает тепло непосредственно высушиваемому продукту.

Принцип работы гелиосушилки заключается в следующем: после затаривания гелиосушилки высушиваемым сырьем включают вентилятор сушилки и, подаваемый в сушилку наружный воздух, омывающий абсорбер, снимает с него тепло и направляет его в сушильную камеру, где, последовательно проходя через высушиваемый продукт, снимает с него влагу за счет образовавшегося парциального давления в капиллярах сырья. Далее паровоздушная смесь выводится из нижней секции гелиосушилки. Для сушки продукта в ночное время или в непогоду

предусмотрены воздушные тэны общей мощностью 4 кВт. При необходимости к центральному модулю гелиосушилки можно подключить дополнительные солнечные воздухонагреватели через установленные с обеих его сторон патрубки.

Подлежащие сушке лепестки чайной розы вручную отделяли от чашелистиков и равномерно укладывали в сетчатые поддоны размерами 400×500×35 мм общим количеством 48 штук.



**Рисунок 1 – принципиальная схема центрального модуля гелиосушилки**

*Примечание.* 1 – солнечный коллектор; 2 – колесная тележка; 3 – сушильный шкаф; 4 – вентилятор; 5 – воздуховод; 6 – всасывающий коллектор; 7 – электронагревательные элементы; 8 – шкаф управления; 9 – дверцы; 10 и 11 – перегородки сушильного шкафа; 12 – сетчатый поддон для высушиваемого продукта.

На каждый сетчатый поддон помещали 250–300 г лепестков. Общая разовая загрузка составила 12–14 кг. Предварительно отобрана проба лепестков для определения первоначальной влажности по общепринятой методике [10]. Влажность сырья составила 92% с учетом того, что урожай лепестков розы собран сразу после дождя.

С целью исследования процесса сушки выделены четыре сетчатых поддона, которые взвешивали отдельно в начале опытов и через каждые два часа в процессе сушки на весах ВЛТК-500. Общая масса контрольных образцов перед сушкой составила 1000 г – по 250 г на четырех сетчатых поддонах. На рисунке 2 показан общий вид загружаемого в сушилку продукта.



**Рисунок 2 – Общий вид загружаемого в сушилку продукта (лепестки розы)**

При условии облачности свыше 90 % сушку лепестков роз проводили нагревом воздуха от ТЭНа мощностью 2 кВт, средняя температура нагрева воздуха – 27 °С.

### Результаты и их обсуждение

На рисунке 3 приведены данные параметров сушки 10.06.2017 г.



**Рисунок 3 – Данные записи параметров (температуры и влажности) сушки лепестков розы прибором DVM-171TND. (Крымская опытная станция садоводства, 10.06.2017 г.)**

Загрузку сушилки лепестками роз и включение ТЭНа (мощностью 4 Квт) для нагрева сушилки вместе с продуктом проводили с 10 часов утра, на что указывает резкое повышение влажности воздуха до 93 % (желтая кривая) и незначительное увеличение температуры воздуха от 25 до 27,5 °С (красная кривая). Далее идет постепенный нагрев сушилки вместе с продуктом и снижение его влажности в течение дня до 53 %. Резкое колебание кривых влажности и температуры объясняется тем, что по мере высыхания продукта, поддоны уплотняли завяленным продуктом из нижней секции сушилки в верхнюю. Постепенно на освободившиеся поддоны закладывали свежую продукцию в нижние секции, на что указывает скачкообразное повышение влажности (желтая кривая) и небольшое колебание температуры в сушилке (красная кривая). При изменении погодных условий сушилку переключили на солнечные батареи. Температура окружающей среды составила 22 °С. На рисунке 4 приведены данные записи параметров сушки лепестков чайной розы исключительно энергией солнца.



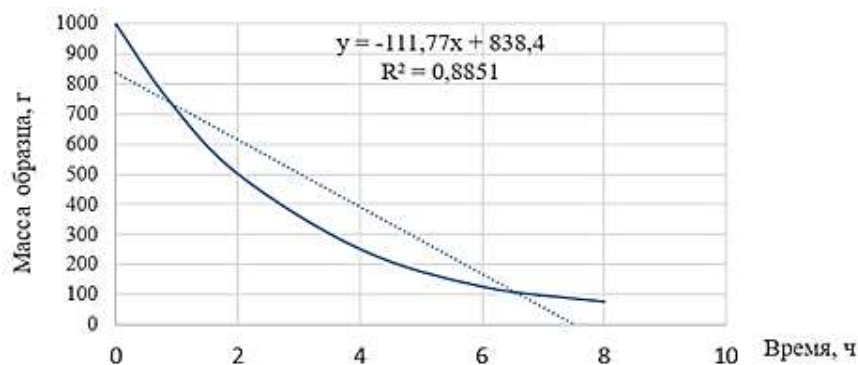
**Рисунок 4 – Данные записи параметров (температуры и влажности) сушки лепестков розы прибором DVM-171TND (Крымская опытная станция садоводства, 11.06.2017 г.)**

Загрузку сушилки свежей партией лепестками чайной розы провели в 9 часов утра, что видно из резкого повышения влажности воздуха до 80 % (желтая кривая). При этом температура в сушилке постепенно поднималась в течение дня до 32 °С, Данные записи показывают, что влажность лепестков роз (желтая линия) снизилась с 76 до 43 % за восемь часов работы сушилки.

Сравнение данных двух записей указывает на одинаковую потребляемую мощность, как при сушке солнечной энергией, так и при использовании ТЭНов мощностью 4 Квт.

Необходимо отметить, что в процессе сушки происходила усадка высушиваемого продукта, а на верхней секции сушилки – его частичное высыхание. Поэтому с целью повышения производительности процесса подвяленную продукцию уплотняли и на освободившиеся сетчатые поддоны затаривали свежие лепестки. Затаривание продукции проводили последовательно от нижней секции сушильной камере к верхней. Например, контрольные образцы через два часа уплотняли из четырех сетчатых поддонов в два поддона, а через четыре часа от начала сушки – в один сетчатый поддон. Таким образом, за четыре часа от начала сушки продукцию массой 1000 г, состоящую из подвяленного и, большей частью, высушенного сырья, помещали в один поддон. В освободившиеся три поддона затаривали подвяленную продукцию из других секций сушилки. Если первоначальная загрузка сушилки составляла 12–14 кг, то к концу рабочего дня этот показатель увеличился более чем в два раза за счет последовательного удаления высушенного продукта по мере его высыхания и добавления свежего продукта.

На рисунке 5 приведена зависимость потери массы лепестками от времени сушки.



**Рисунок 5 – Зависимость потери массы лепестками от времени сушки**

Из рисунка видно, что масса высушиваемого продукта уменьшилась более чем в 10 раз и составила около 76 г от 1000 г исходного сырья, при этом первоначальная влажность сырья составила 92, а конечная – 7 %.

На рисунке 6 приведены фотографии сырья до и после сушки, показывающие идентичность их окраски.

В общем в сушилку загружено 132 кг сырья влажностью в 92 % и получено более 10 кг высушенных лепестков чайной розы влажностью 7 %.

В процессе работы выявлена неравномерность сушки в камере сушилки, что вынуждало перемещать высушиваемый продукт из нижних секций сушилки в верхнюю; трудоемкость процесса, связанная с необходимостью укладки сырья в поддоны, перемещение из одной секции в другую, уплотнение продукта и т.д.



**Рисунок 6 – Идентичность окраски лепестков до и после сушки**

*Примечание. А – сырье до сушки; Б – сырье после сушки.*

Таким образом, возможно использовать конструкцию ящичных сушилок вне зависимости от принципа их работы (с традиционными и нетрадиционными источниками питания) для сушки небольших партий лекарственных трав, в том числе лепестков чайных роз. Нецелесообразно их применение для сушки больших объемов сырья из-за трудоемкости процесса загрузки и выгрузки. Поэтому для сушки лекарственных трав мы рекомендуем использовать сушилки ангарного типа с напольной загрузкой высушиваемого сырья, например гелиосушилку для сельскохозяйственной продукции.

#### **Выводы**

Исследования показали возможность использования гелиосушилки для небольших партий лепестков розы, хотя трудоемкость процесса несколько затрудняет этот процесс. Исследования режимов сушки лепестков чайной розы при сушке тэнами мощностью 4 кВт, показали увеличение температуры в сушилке на 7,4 °С (с 27 до 34,4 °С); при сушке исключительно с помощью солнечной энергии – 12,8 °С (с 21,6 до 32,4 °С) при идентичной температуре окружающей среды.

#### **Литература**

1. Алтухов В. Н. Снижение энергозатрат в процессах сушки плодов лекарственных растений путем управления прерывным ИК облучением. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Иркутск: Иркутская ГСХА, 2000. 18 с.
2. Любайкин С. Н., Рыбалко Л. А. Комбинированный способ сушки лекарственного сырья // Молодые ученые агропромышленному комплексу Поволжского региона. Саратов: СГАУ, 2003. С. 178–179.
3. Лягина Л. А., Любайкин С. Н. Технология сушки растительного сырья для личных и фермерских хозяйств // Материалы конференции, посвященной 118-годовщине со дня рождения академика Н. И. Вавилова. Саратов: СГАУ, 2005. С. 46–47.
4. Глушко Е. А., Медведев Ю. М. Энциклопедия русского знахаря. М.: Эксмо-Пресс, 2001. 200 с.
5. Довженко В., Довженко А. Растения служат человеку. Симферополь: Таврия, 1991. 280 с.
6. Махлаюк В. П. Лекарственные растения в народной медицине. Саратов: Приволжское книжное издательство, 1991. 460 с.
7. Лягина Л. А. Повышение эффективности сушки продуктов растительного происхождения за счет инфракрасного-конвективного воздействия. Дисс. ... канд. техн. наук. Саратов, ФГОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет», 2010. 137 с.
8. Стальная М. И., Стальная В. В. Фитотерапевтическое использование лапчатки кустарниковой // Материалы XXI Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы современности». Майкоп, 2013. С. 115–118.

9. Патент Украины № 92394 «Устройство для сушки сельскохозяйственной продукции». 25.10.2010.
10. ГОСТ Р 53 989-2010 Сырье эфиромасляническое травяное и цветочное. Методы отбора проб, определения влажности и примесей. М.: Стандарт информ, 2011. С. 8.

### References

1. Altukhov V. N. Reducing energy costs in the drying process of fruit of medicinal plants by controlling discontinuous IR irradiation. Author's abstract. diss. ... Cand. Sc. (Tech.). Irkutsk: Irkutsk State Agricultural Academy, 2000. 18 p.
2. Lyubaykin S. N., Rybalko L. A. Combined method of drying medicinal raw materials// Young scientists to the agro-industrial complex of the Volga region. Saratov: Saratov State Agrarian University, 2003. P. 178-179.
3. Lyagina L. A., Lyubaykin S. N. Technology of drying vegetable raw materials for personal use and farming enterprises // Scientific works of the conference dedicated to the 118<sup>th</sup> anniversary of the academician N.I. Vavilov birth. Saratov: Saratov State Agrarian University, 2005. P. 46-47.
4. Glushko E. A., Medvedev Yu. M. Encyclopedia of the Russian herbalist. Moscow: Eksmo-Press, 2001. 200 p.
5. Dovzhenko V., Dovzhenko A. Plants serve humans. Simferopol: Tauria, 1991. 280 p.
6. Makhlayuk V. P. Medicinal plants in folk medicine. Saratov: Privolzhskje knizhnoe izdatelstvo, 1991. 460 p.
7. Lyagina L. A. Increasing the efficiency of drying products of vegetable origin due to infrared-convective effects. Diss. ... Cand. Sc. (Tech.). Saratov, Saratov State Agrarian University, 2010. 137 p.
8. Stal'naya M. I., Stal'naya V. V. Phytotherapeutic use of shrubby cinquefoil// Materials of the XXI International scientific and practical conference "environmental challenges of our time". Maykop, 2013. P. 115-118.
9. Patent of Ukraine No 92394 "Device for drying agricultural products". 25.10.2010.
10. GOST R 53 989-2010 Essential oil floral and herbal raw material. Methods of sampling, moisture and impurities determination. Moscow: Standard inform, 2011. P. 8.

UDC 628.162.5

Kalafatov E. T., Polyakova N. Yu., Gorb N. N.

### EXPERIMENTAL STUDIES OF THE PROCESS OF DRYING *ROSA ODORATA* PETALS IN THE SOLAR DRYER

**Summary.** *The goal of the current study was to determine the parameters of drying Rosa odorata petals in the experimental sample of solar dryer intended for drying fruits and vegetables. Research was carried out on the basis of the "Crimean Gardening Experimental Station" (Simferopol district, village Malenkoye). The prevailing weather conditions were wet, and thus, the process of drying rose petals was complicated. The research methodology was the following: 250–300 g of petals were placed on net trays of the solar dryer; in total 48 trays. Herewith, the control samples were weighed separately and placed in the middle section of the dryer, where the temperature and airflow velocity remained unchanged. The drying process was monitored every hour by weighing the control samples and determining the weight loss by a well-known methodology. The humidity and the drying temperature were fixed using a DVM-171TND device placed in a section with control samples. Drying was done in June 2017, under different weather conditions, allowing comparison of drying parameters using other tubular electric heating elements (4 kW) or only solar energy. It had been found that the power consumption of the dryer was the same in both cases, and the mass of the dried product decreased by more than 10 times and was around 76 g from 1000 g of initial raw material, while the initial moisture content of the raw material was 92 and the final moisture content was 7%. During the experiment, 132 kg of raw materials was loaded into the dryer and more than 10 kg of dried petals of Rosa odorata were received. The conclusion about the possibility of using box dryers, regardless of the principle of their operation (traditional and non-traditional power sources) for drying petals of Rosa odorata was made. And also the conclusion was made about the inexpediency of this kind of solar*

*dryer using for large volumes of raw materials due to the complexity of the loading and unloading process.*

**Keywords:** *medicinal herbs, drying, petals of Rosa odorata, solar dryer to dehydrate fruits, programmable sensor, temperature, humidity.*

Калафатов Энвер Тефикович, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации и технического сервиса в АПК Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет имени В. И. Вернадского»; 295492, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное.

Полякова Наталья Юрьевна, заведующая отделом Научно-технической информации и ГИС технологий ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295000, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: polyakova\_n@niishk.ru.

Горб Надежда Никаноровна, научный сотрудник отделения Крымской опытной станции садоводства ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»; 295000, Россия, Республика Крым, Симферопольский район, с. Маленькое.

Kalafatov Enver Tefikovich, Cand. Sc. (Tech.), associate professor of the Department of mechanization and technical service in the Agra-industrial complex of the Academy of Bioresources and Nature Management of V. I. Vernadsky Crimean Federal University; village of Agrarnoye, Simferopol, Republic of Crimea, 295492; Russia.

Polyakova Natalia Yuryevna, head of the Department of scientific and technical information and GIS technologies of FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, 295000, Russia; e-mail: polyakova\_n@niishk. ru.

Gorb Nadezhda Nikanorovna, researcher of the Branch “Crimean Gardening Experimental Station” of Federal State-Funded Institution of Science “The Labor Red Banner Order Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences”; village Malenkoye, Simferopol district, Republic of Crimea, 295000, Russia.

*Дата поступления в редакцию – 19.03.2018.*

*Дата принятия к печати – 04.04.2018.*