

УДК 664.854:633.85:621.3.023

## СУШКА КОРНЕЙ ОДУВАНЧИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЧ В ОСЦЕЛИРУЮЩЕМ РЕЖИМЕ

Берник М.П., д-р техн. наук, канд. техн. наук; Лупашко А.С., д-р техн. наук, профессор;  
Ротарь Е. Н., аспирант; Цишлинская Н.Я., канд. техн. наук, доцент; Меленчук М.Г., аспирант  
Технический Университет Молдовы, г. Кишинев

*In this paperwork there are presented the results of convective and combined, convective and microwaves, drying methods. There was made an analysis of drying process a drying process velocity. There were calculated and analyzed the drying process velocity constants for the first and the second drying periods.*

**Key words:** microwaves, dandelion roots, oscillation regime, drying methods.

### Введение

Сельскохозяйственное сырье, в частности растения медикобиологического характера широко используются в медицинских целях. Их значимость характеризуется применением последних любой цивилизацией с сохранением национальных аспектов применения.

Правильное использование и переработка медикобиологического сырья начинается с этапа правильного сбора сырья. В процессе сбора необходимо учитывать многие факторы, а именно, точно определиться с частями растения подлежащими сбору, временем сбора, и методами хранения до начала процесса сушки [6].

Важным растением с высокими качествами медикобиологического характера является одуванчик, а в частности его корневая часть. Наилучшим способом хранения и переработки является сушка, которая в основном осуществляется солнечно-воздушным способом. Данный способ обезвоживания обладает рядом существенных недостатков, в частности, длительность процесса, неравномерный прогрев продукта (с перегревом в местах соприкосновения со стенками сушилки), низкое качество в связи с возникновением микрофлоры, необходимость больших площадей и т.д.

Значительные перспективы, позволяющие устранить данные недостатки, по нашему мнению, имеет высокочастотная сушка.

### МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Научные исследования кинетики процесса сушки с использованием конвекции и комбинированного энергоподвода – конвекция плюс СВЧ в осцелирующем режиме были проведены на лабораторной установке с микроволновой печью «Альфа», с номинальной мощностью 1,2 кВт и электромагнитной частотой 2450 МГц.

Комбинированная сушка проводилась в температурном поле от 60 °С до 100 °С с шагом измерения 10 °С, при трех осциллирующих режимах микроволновой печи – 5 с/10с, 10с/10с, 15 с/10с (где, первая цифра обозначает включение СВЧ вторая пауза)

Во всех экспериментальных исследованиях скорость температурного агента была постоянной – 3,4 м/с. Убыль массы регистрировалась каждые 5 минут. В процессе сушки влагосодержание корней одуванчика уменьшилось от 230,3 % до 7,2 %.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Экспериментальные данные были обработаны графически и математически. Из графиков кривых сушки корней одуванчиков при конвективном энергоподводе (рис. 2а) видно, что с ростом температуры сушильного агента время обезвоживания сокращается. Так при 60 °С, время сушки составляет 130 минут, а при 70, 80, 90 и 100 °С соответственно 115, 100, 90 и 75 минут, т.е время сокращается в 1,73 раз.

Графики кривых скорости сушки были получены путем графического дифференцирования кривых сушки [2] и представлены на рисунке 2 б. и 3 б. Форма кривых соответствует формам, описанным в литературе [3,5].

Анализ кривых скорости сушки (рис. 2 б.) корней одуванчика, продемонстрировал что использование конвективного способа сушки подтверждает известные теоретические основы тепло- массопереноса, процесс включает три периода: период нагрева, период постоянной скорости и период падающей скорости сушки.

Из графиков видно, что значение скорости сушки растет с ростом температуры сушильного агента (рис. 2 б.). Так при температуре 60 °С она составляет 3,50 %/мин, а при 100 °С 4,60 %/мин., т.е. скорость возросла в 1,73 раза.

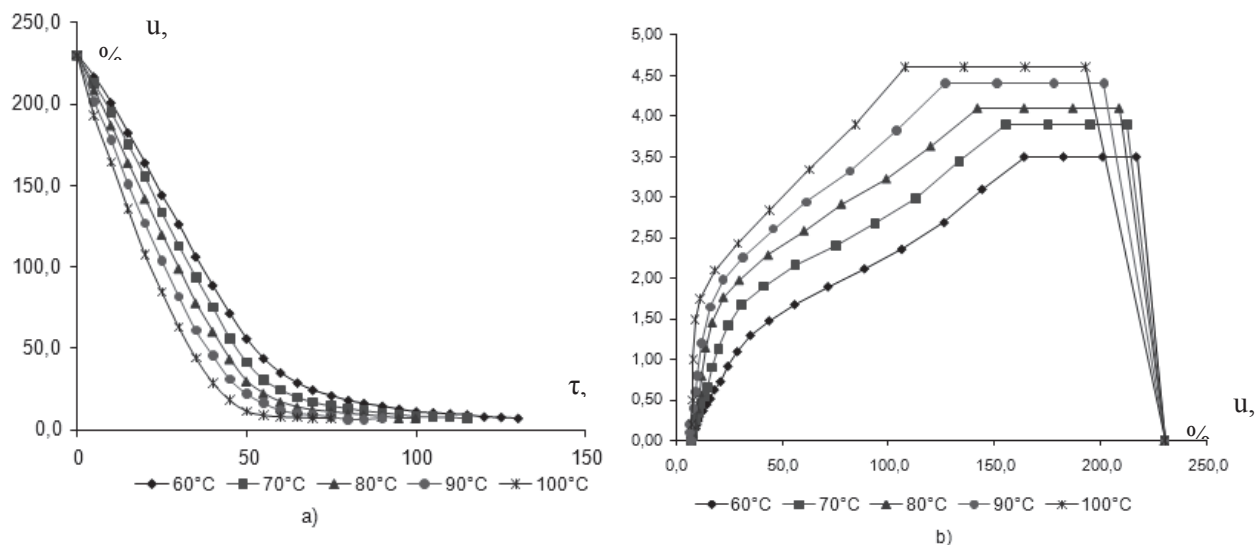


Рис. 2 – Кривые сушки (а) и скорости сушки (б) корней одуванчика при конвективной сушке

На рис. 3. представлены кривые сушки (а) и кривые скорости сушки (б) корней одуванчика при комбинированном энергоподводе: конвекция от 60 °С до 100 °С и микроволны в осциллирующем режиме 10с/10с.

Согласно кривым сушки (рис 3. а) корней одуванчика при комбинированном энергоподводе время обезвоживания уменьшилось с ростом температуры сушильного агента ( в интервале 60–100 °С) порядка в 1,45 раз.

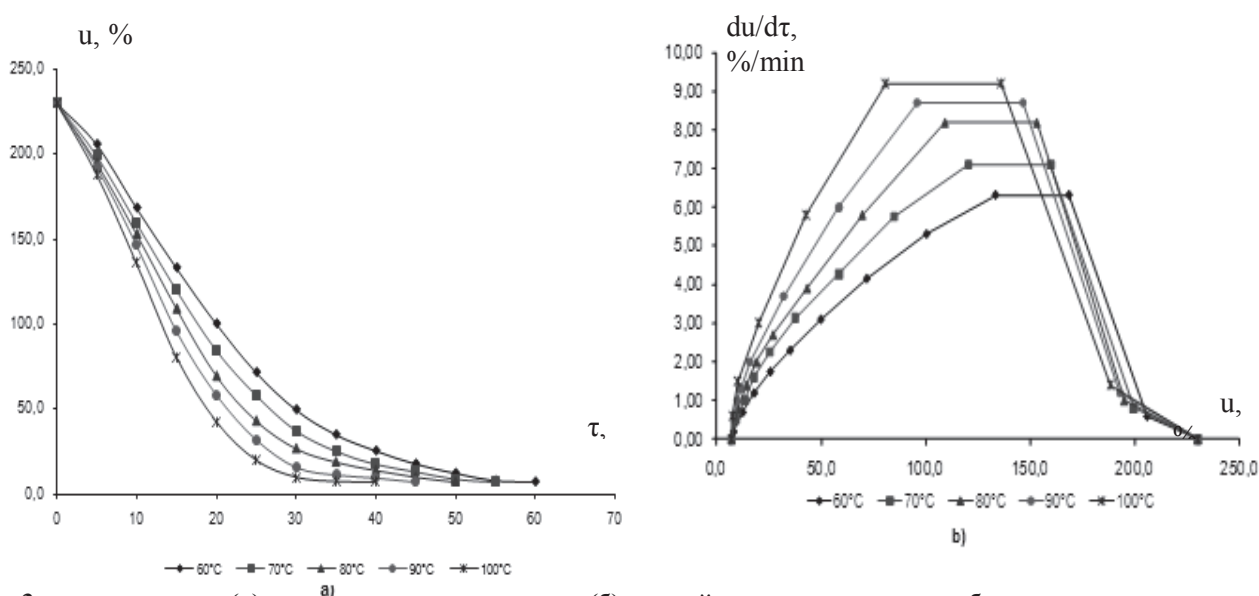
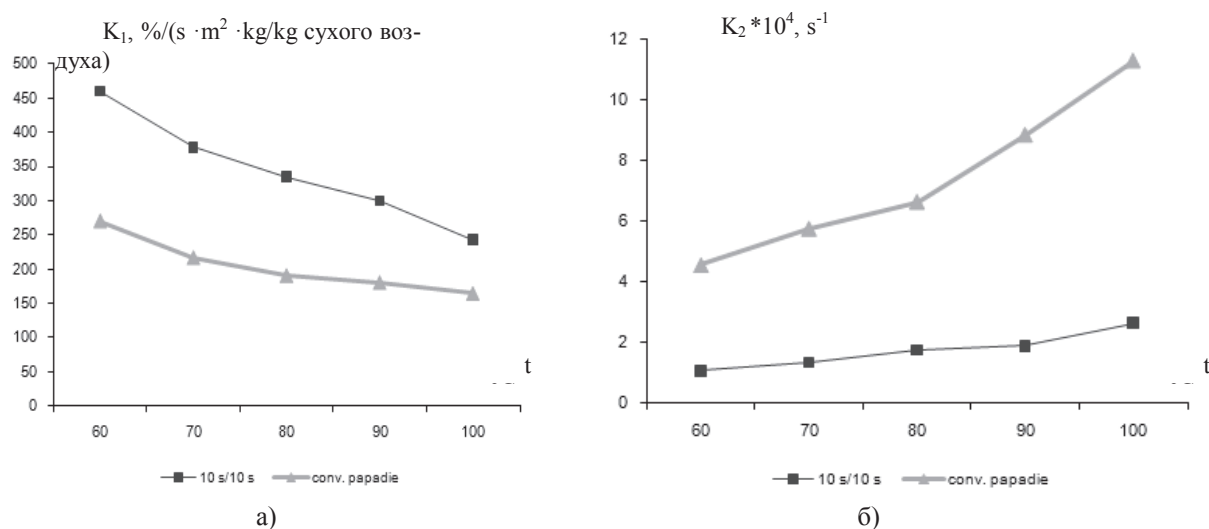


Рис. 3 – ривые сушки (а) и кривые скорости сушки (б) корней одуванчика при комбинированном энергоподводе конвекция + СВЧ для осциллирующего режима 10с/10с

Анализируя кривые сушки и скорости сушки можно констатировать, что при температуре сушильного агента 60 °С, процесс длился 60 минут, а при 100 °С - 40 минут, значения максимальной скорости сушки уменьшаются с ростом температуры сушильного агента (рис 3. б.) при 60 °С- составляют 6,31 %/мин, при 100 °С- 9,2 %/мин.

На основе кривых сушки и кривых скорости сушки были рассчитаны константы скорости сушки для первого и второго периода [4]. График влияния температуры сушильного агента на константы данных двух периодов представлены на рис 4. б.

Согласно рис 4.а. одновременно с ростом температуры обратно пропорционально уменьшается коэффициент сушки  $K_1$ . В тоже время можно констатировать, что значение  $K_1$  для комбинированного энергоподвода в 1,89 раз больше чем при конвекции.



**Рис. 4 – Влияние температуры сушильного агента на константы скорости сушки для конвективного способа сушки (а) и комбинированного способа сушки (б).**

Для первого периода константа  $K_1$  с ростом температуры сушильного агента для обоих способов сушки падает, значение второй константы скорости сушки  $K_2$  растет по линейному закону (рис. 4. б.) Для конвективного обезвоживания  $K_1$  возросло в 2,47 раз (60–100 °C) для комбинированного способа с осциллирующим режимом микроволн в 2,46 раз.

#### Выводы

Анализ экспериментальных данных представленных в работе демонстрирует, что использование комбинированного энергоподвода конвекция плюс осциллирующий режим микроволн для сушки корней одуванчика ведет к значительной интенсификации процесса, что обусловлено значительным ускорением тепло – массопереноса.

#### Литература

1. Neteaba, N. Uscaarea strugurilor de soiuri apirene cu utilizarea energiei microundelor în regim impuls-discret. Meridian Ingineresc, nr. 2, Editura UTM, 2009, p. 34 - 36.
2. Вержбицкий В. М. Основы численных методов: учебник для вузов. –М.: Высшая школа, 2005.- 840 с.
3. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Ленинград: Химия. 1981, 560 с.
5. Лыков А. В. Теория сушки. –М.: Энергия., 1968.- 470 с.
6. Мазнев, Н.И. Энциклопедия лекарственных растений. «Мартин». 2004. 496 с.