

4. Гулий І.С., Пушанко М.М., Орлов Л.О., Мирончик В.Г., Українець А.І. Обладнання підприємств переробної в харчовій промисловості. В.: Нова книга, 2001. 576 с.
5. Алексеева Т.И., Барская А.В., Лобанова Г.Л. О диспергировании торфа электрическими импульсными разрядами // Тез. докл. VIII научной школы „Физика импульсных разрядов в консервированных средах”. Николаев, 1997. С.112.
6. ПАТ. 218369 Россия. МПК⁶ С13К 11/00. Способ получения фруктозосодержащего продукта из топинамбура / Самохин И.И., Заблицева Н.С., Компанцев В.А. Опубл. 13.10.00. Бюл. №43.
7. Миненко В.И., Петров С.М., Миц М.Н. Магнитная обработка воды. Харьков, 1962. 40 с. с граф.
8. Ремпель С.И. и др. Разработка метода и прибора для определения оптимального режима магнитной обработки // Новая техника жилищно-коммунального хозяйства. Водоснабжение и канализация. 1964. Вып. 3. Сер. IV. С. 18–21.
9. Миненко В.И. Электромагнитная обработка воды в теплоэнергетике (вопросы теории и практики). Х.: Вища школа, 1981. 95 с.
10. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. М.: Наука, 1968. 288 с.
11. Могда В.П. Влияние магнитных полей на электропроводность молока // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1970. № 3. С. 27–30.

Поступила 07.09.06

Summary

The article gives an analysis of the usage of electro-hydraulic effect to obtain the fructose and oligo-saccharide mixtures. Based on the presented material, we made the proved conclusion about the perspectives of electro-hydraulic procession of inulin and chicory suspensions in comparison with the other methods of procession.

А.С. Лупашко, Г.К. Дикусар, О.Ф. Лупу

КИНЕТИКА СУШКИ ЯДЕР АБРИКОС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЧ

*Технический университет Молдовы,
Бул. Штефана чел Маре, 168, MD-2004, г. Кишинев, Республика Молдова*

На предприятиях консервной промышленности вторичные продукты (отходы) составляют в среднем 21% от массы перерабатываемого сырья.

В общем объеме перерабатываемого сырья значительное место занимают косточковые плоды, отходы которых отличаются высокими технологическими качествами и являются весьма ценным видом вторичного сырья.

До настоящего времени применяется в основном воздушно–солнечная сушка косточек плодовых на неприспособленных открытых площадках. Для интенсификации процесса сушки, сохранения биологических свойств продукта, повышения экономической эффективности и улучшения экологических условий предложена сушка ядер косточек абрикос конвективным и комбинированным с использованием токов высокой частоты (ТВЧ) методами.

Исследования проводились на описанной в [1] экспериментальной установке. Сушке подвергались ядра косточек абрикос сорта «Краснощекий» с начальным влагосодержанием $U^0 = 146\%$.

Для регистрации убыли массы использовали механические весы типа ВНЦ – 200. Скорость воздуха, подаваемого в сушильную камеру, поддерживалась постоянной автоматически и составляла

© Лупашко А.С., Дикусар Г.К., Лупу О.Ф., Электронная обработка материалов, 2007, № 2, С. 66–70.
1,1 м/с. Определяли параметры воздуха до (начальную температуру t_0 и относительную влажность ϕ_0) и после калорифера (t_1).

В первой части работы исследовали кинетику конвективной сушки при температурах сушильного агента 60, 70, 80, 90 и 100⁰С. Измеряли убыль массы через каждые 5 мин, обезвоживание проводили до равновесной влажности, равной 30% [2].

На рис. 1 представлены кривые сушки $U = f(\tau)$ и скорости сушки $\left(\frac{dU}{d\tau}\right)_1 = f(U)$ ядер косточек

абрикос. Как видно из кривых сушки, продолжительность процесса при температуре 60⁰С составляла 620 мин, а для температуры 100⁰С – 220 мин, то есть уменьшилась в 2,85 раза.

Кривые скорости сушки (рис. 1,б) представляют собой типичные кривые для коллоидно-капиллярных тел, имеющие интервал прогрева, 1-й и 2-й периоды сушки [3].

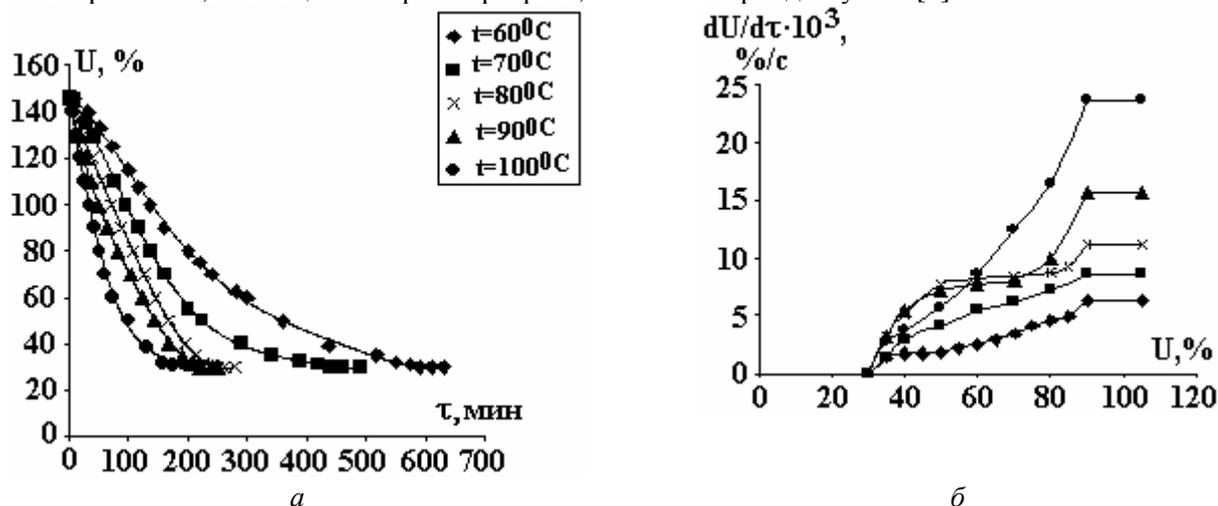


Рис. 1. Кривая сушки (а) и скорости сушки (б) для ядер косточек абрикос при конвективном энергоподводе

На основе данных опыта рассчитаны скорости сушки в первом периоде. В табл. 1 приводятся значения температуры сушки t_1 ⁰С; критической влажности $U_{кр}$ %; скорости сушки в 1-м периоде $\left(\frac{dU}{d\tau}\right)_1$ %/с; константы скорости сушки 1-го K_1 и 2-го K_2 периодов, время прогрева, $\tau_{прогр}$ и продолжительность сушки 1-го (τ_1 мин) и 2-го (τ_2 мин) периодов.

Во второй части эксперимента исследовали влияние высокочастотного нагрева в сочетании с конвективным способом энергоподвода на кинетику сушки при различных режимах напряженности электромагнитного поля $E = 8,75 \cdot 10^3$ и $1,8 \cdot 10^4$ В/м.

Результаты исследований представлены на рис. 2 и 3 в виде кривых сушки и скорости сушки.

Таблица 1. Экспериментальные данные кинетики сушки ядер косточек абрикос конвективным методом

№ п/п	$t_1, ^\circ\text{C}$	$U_{кр}, \%$	$\left(\frac{dU}{d\tau}\right)_1 \cdot 10^3, \%$ %/с	$K_1, \%$ ($\text{м}^2 \cdot \text{с}$)	$K_2 \cdot 10^6, \%$ с^{-1}	$\tau_{прогр},$ мин	$\tau_1,$ мин	$\tau_2,$ мин	$\tau_{общ},$ мин
1	60	90	6,46	58,6	1,6	100	240	280	620
2	70	90	8,62	63,5	3,2	89	184	232	505
3	80	95	11,18	65,9	4,0	78	158	169	415
4	90	95	15,74	84,35	4,98	59	122	137	318
5	100	95	23,61	107,1	5,6	35	91	94	220

При этом с ростом напряженности поля время процесса сушки для различных температур уменьшается. Так, при температуре 60⁰С и напряженности электромагнитного поля $8,75 \cdot 10^3$ В/м время процесса сушки до влажности 30% составило 410 мин, а при напряженности $1,8 \cdot 10^4$ В/м – 370 мин, то есть уменьшилось на 40 мин.

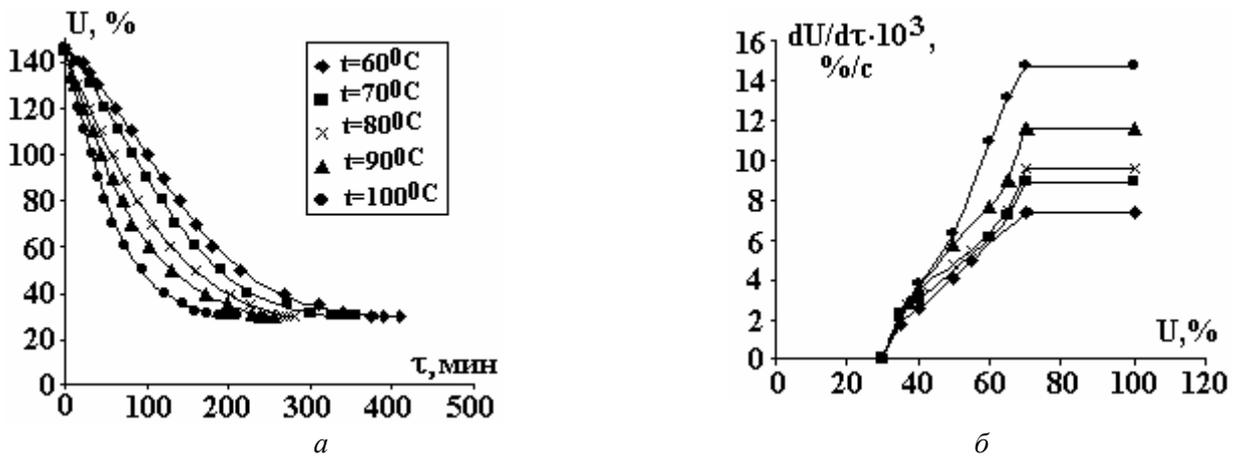


Рис. 2. Кривая сушки (а) и скорости сушки (б) ядер косточек абрикос комбинированным способом (конвекция + ТВЧ) при напряженности электромагнитного поля $E = 8750 \text{ В/м}$

Как видно из данных, представленных на рис. 2, сочетание электромагнитных полей высокой частоты в комбинации их с конвективным способом значительно интенсифицирует процесс сушки.

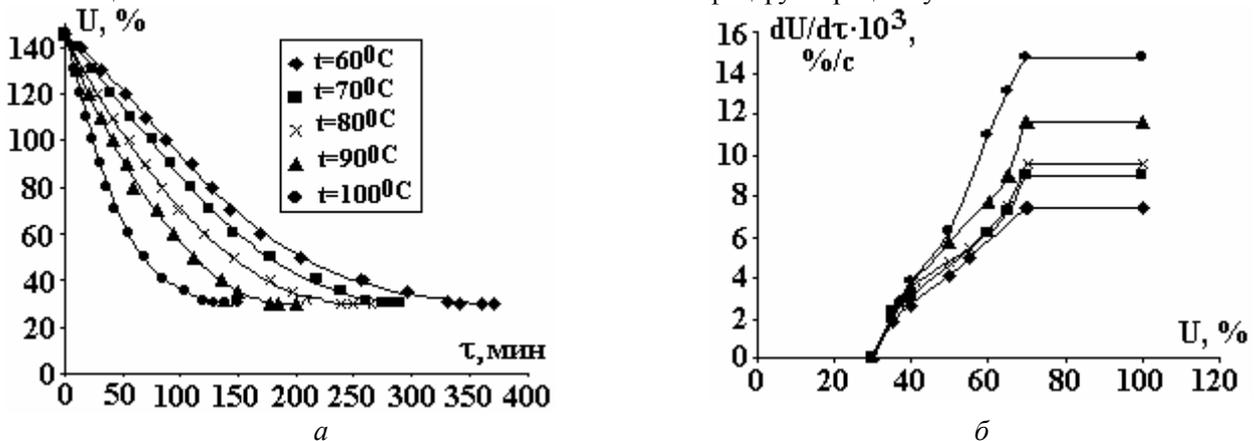


Рис. 3. Кривая сушки (а) и скорости сушки (б) ядер косточек абрикос комбинированным способом (конвекция + ТВЧ) при напряженности электромагнитного поля $E = 1,8 \cdot 10^4 \text{ В/м}$

Если сравнивать процесс обезвоживания при минимальных температуре и напряженности электромагнитного поля ($t = 60^\circ\text{C}$ и $E = 8,75 \cdot 10^3 \text{ В/м}$) с максимальными температурой и напряженностью ($t = 100^\circ\text{C}$ и $E = 1,8 \cdot 10^4 \text{ В/м}$), то время обезвоживания от 146 до 30 % сократилось в 2,8 раза.

Сокращение продолжительности процесса сушки ядер обусловлено более интенсивным выделением тепла в единице объема ядер с ростом напряженности, поэтому скорость процесса сушки ядер с применением ТВЧ быстро возрастает до максимального значения.

При температуре сушильного агента 60°C (рис. 2,б) и напряженности электромагнитного поля $E = 8,75 \cdot 10^3 \text{ В/м}$ значение максимальной скорости возросло на 17,8%. С ростом температуры значение максимальной скорости процесса сушки увеличивается. При изменении температуры от 60 до 100°C и при той же напряженности скорость возросла в два раза.

Как для конвективного метода сушки, так для комбинированного (конвекция + ТВЧ) при разной напряженности поля были рассчитаны кинетические характеристики процесса сушки, значения которых приводятся в табл. 2.

Для 2-го периода константа скорости сушки K_2 при температуре 60°C с возрастанием напряженности ЭМП увеличилась на 14,4%. Влияние температуры от 60 до 100°C при увеличении напряженности от $E = 8,75 \cdot 10^3$ до $E = 1,8 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ привело к увеличению констант скорости сушки K_2 от 83 до 136%. Эти цифры показывают, что влияние ТВЧ на сушку значительно, особенно во 2-м периоде, что связано с влиянием ТВЧ на структуру продукта и разрыв связи влаги с материалом. Изменения констант скорости сушки представлены на рис. 4 и 5.

Результаты исследований позволяют заключить, что сочетание ТВЧ в комплексе с конвективным способом энергоподвода изменяет кинетику процесса сушки: уменьшается время прогрева материала по сравнению с чистой конвекцией от 100 до 13 мин, то есть более чем в 7 раз, а время 2-го периода сушки сокращается в 14 раз.

Таблица 2. Экспериментальные данные кинетики сушки ядер косточек абрикос при комбинированном методе – конвекция + ТВЧ

№	$t_1, ^\circ\text{C}$	$U_{\text{кр}}, \%$	$\left(\frac{dU}{d\tau}\right)_1 \cdot 10^3, \%$ %/с	$K_1, \%$ %/м ² с	$K_2 \cdot 10^6, \text{с}^{-1}$	$\tau_{\text{прогр.}}, \text{МИН}$	$\tau_1, \text{МИН}$	$\tau_2, \text{МИН}$	$\tau_{\text{общ.}}, \text{МИН}$
Напряженность электрического поля $E = 8,75 \cdot 10^3 \text{ В/м}$									
1	60	70	7,41	67,2	3,53	80	235	85	410
2	70	69	8,93	65,8	4,09	56	223	61	340
3	80	69	9,59	56,6	4,65	28	193	59	280
4	90	70	11,61	62,2	5,86	25	187	48	260
5	100	70	14,72	76,8	6,45	17	165	33	215
Напряженность электрического поля $E = 1,8 \cdot 10^4 \text{ В/м}$									
1	60	68	8,73	79,2	4,04	45	273	47	365
2	70	72	9,44	69,6	4,37	33	235	31	300
3	80	69	9,61	56,5	4,56	30	185	29	245
4	90	66	11,01	59,0	5,90	17	158	23	198
5	100	72	20,63	93,6	9,55	13	112	20	145

Анализ изменения констант скорости сушки в зависимости от температур показывает, что сочетание электромагнитных полей ТВЧ больше влияет на внутренний тепло- и массообмен, при этом коэффициент сушки во 2-м периоде возрастает в 1,83 раза при $E = 8,75 \cdot 10^3 \text{ В/м}$ и в 2,4 раза при $E = 1,8 \cdot 10^4 \text{ В/м}$. Это свидетельствует о взаимном влиянии температуры и напряженности электромагнитного поля. Кривая при $E = 1,8 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ (рис. 4,б) явно указывает на синергетический эффект такого влияния.

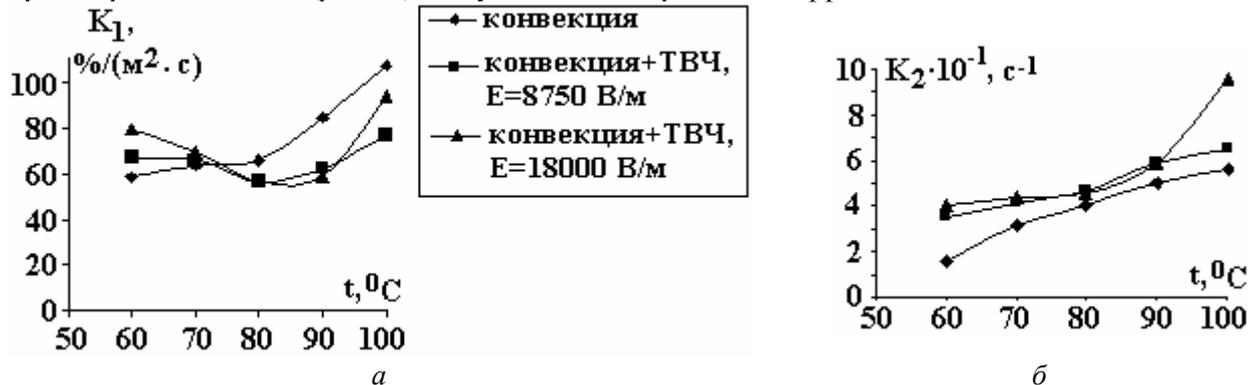


Рис. 4. Зависимость констант скорости сушки от температуры при различных энергоподводах: а) 1-й период; б) 2-й период

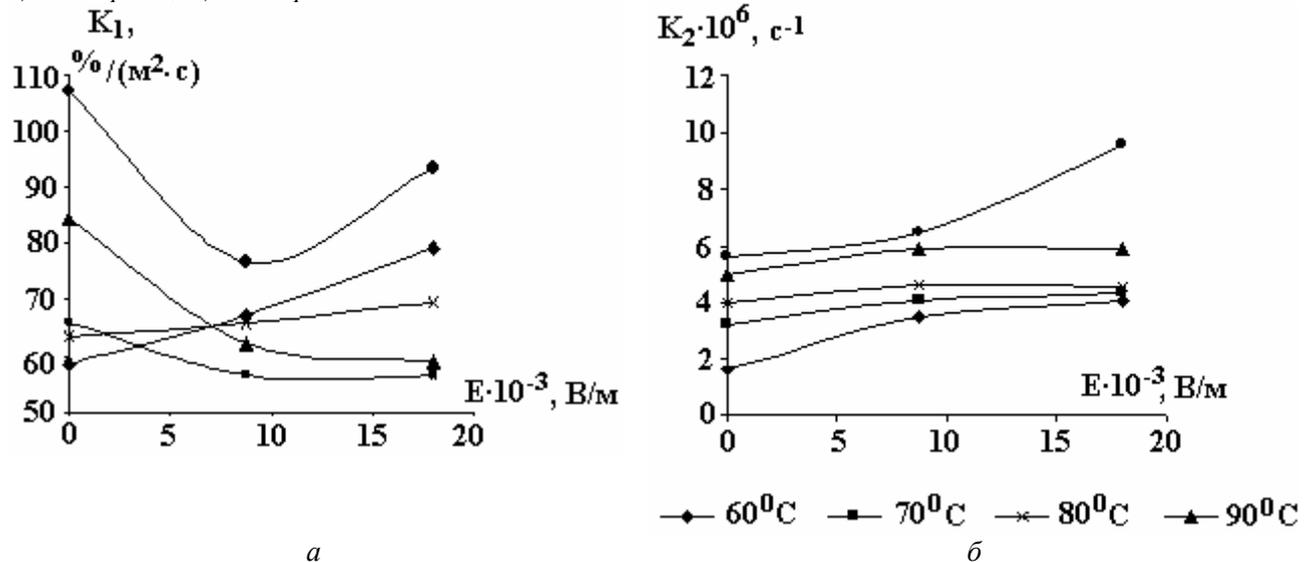


Рис. 5. Зависимость констант скорости сушки от напряженности электромагнитного поля: а) 1-й период; б) 2-й период

Полученные результаты исследований процесса сушки ядер косточек абрикос при конвективном подводе тепла (рис. 1) и при сочетании конвективного подвода тепла с нагревом в электрическом поле токов высокой частоты (рис. 2, 3) показали, что ядра являются сложным органическим продуктом. В процессе тепловой обработки в ядрах происходит не только убыль массы за счет удаления влаги (что характерно для большинства влажных материалов), но и убыль массы из-за биохимических изменений, происходящих в них при высоких температурах. Поэтому обоснование метода сушки для таких продуктов, какими являются ядра, необходимо проводить с учетом этих особенностей.

Из проведенных исследований видно, что высокочастотный нагрев в сочетании с конвективным способом энергоподвода по сравнению с чистой конвекцией является более перспективным для процесса обезвоживания ядер косточек абрикос. Причем наиболее интенсивным режимом является комбинированная сушка с температурой сушильного агента 100°C и напряженностью электромагнитного поля $E = 1,8 \cdot 10^4$ В/м. Процесс сушки лучше проводить в два этапа. На первом – до получения критической влажности ядер 110% следует осуществлять конвективный энергоподвод (100°C), на втором – до получения равновесной влажности 30% – использовать комбинированный энергоподвод (конвекция + ТВЧ) при напряженности электромагнитного поля $E = 1,8 \cdot 10^4$ В/м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лулу О.Ф. Теоретическое и экспериментальное исследования процесса сушки абрикос с применением токов высокой частоты. Автореф. дис. докт. техн. наук. Кишинев, 2005.
2. Гинзбург А.С., Савина И.М. Массовлагодобменные характеристики пищевых продуктов. Справочник. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 280 с.
3. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 470 с.

Поступила 08.11.06

Summary

The convection and combined convected-induced methods of the seed kernel of the apricots drying are experimentally tested. Drying velocities, drying velocity constant values and first and second periods times duration are determined. The influence of deposition of fields of high frequency above the drying kinetics was analyzed.
