

УДК 66.047.3.085.1:665.34

Влияние параметров сушки плодовых косточек на качество получаемого масла**Н.А. Миронова**, Mironova_nad@mail.ruканд. техн. наук **И.В. Жданов**, oblagn@kaf.donnuet.dn.uaканд. техн. наук **С.А. Боровков**, borovkovsergii@gmail.comд-р техн. наук **А.Н. Поперечный**, oblagn@kaf.donnuet.dn.ua*Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского
83055, Украина, Донецк, пр. Театральный, 28*

Исследован процесс сушки плодовых косточек: абрикоса сорта Ранний Марусича (начальное влагосодержание 28,7...32,2%), вишни Владимирская (начальное влагосодержание 19,4...21,4%) и черешни Наполеон (начальное влагосодержание 25,5...27,3%) инфракрасным излучением в виброкипящем слое. Проанализированы параметры сушки (температура нагрева, продолжительность теплового воздействия, влажность) плодовых косточек на качество получаемого масла из ядер. Методом титрования определен основной показатель качества масла плодовых косточек – кислотное число.

Полученные значения кислотного числа показали следующие периоды зависимости температуры нагрева ядер косточек: в первом происходит рост кислотного числа по мере повышения температуры ядер до 40...60°C, что обусловлено увеличением активности ферментных систем, в частности, липазы, которая способствует гидролизу жиров; во втором снижается кислотное число по мере повышения температуры ядер до 70...85°C, что обусловлено связыванием свободных жирных кислот с образованием белково-липидных комплексов; в третьем происходит рост кислотного числа по мере повышения температуры ядер выше 85°C из-за термического распада триглицеридов с образованием низкомолекулярных кислот. Кроме того, нагрев ядер выше 120°C приводит к их потемнению – результат карамелизации сахаров и растрескивание оболочки.

Для обеспечения рекомендуемой температуры нагрева ядер плодовых косточек не более 110°C сушку следует проводить при плотностях теплового потока 400; 900 Вт/м². Это позволяет достичь высокой интенсивности процесса с сохранением качества масла, которое содержится в ядрах плодовых косточек.

Ключевые слова: плодовые косточки; кислотное число; косточковое масло; инфракрасное излучение; виброкипящий слой; сушка; влагосодержание; температура; плотность теплового потока.

DOI: 10.17586/2310-1164-2016-9-2-3-12

Influence of fruit seed drying parameters on the quality of the oil**Nadezhda A. Myronova**, Mironova_nad@mail.ruPh.D. **Sergii A. Borovkov**, borovkovsergii@gmail.comPh.D. **Ivan V. Zhdanov**, oblagn@kaf.donnuet.dn.uaD.Sc. **Anatoly N. Poperechnyi**, oblagn@kaf.donnuet.dn.ua*Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky
83055, Ukraine, Donetsk, Theatre str., 28*

The drying process of apricot seed is investigated. The Ranny Marusicha apricot variety (initial moisture content is from 28.7 to 32.2%), Vladimir cherry variety (initial moisture content is from 19.4 to 21.4%) and Napoleon sweet cherry variety (initial moisture content is 25.5 to 27.3%) were dried by infrared radiation in a vibrofluidized bed. To analyze the effect of drying parameters on the quality of oil to be obtained the main indicator of the fruit seed oil quality – an acid value – is determined by titration.

The acid values obtained indicates that depending on the kernel heating temperature three periods are observed: in the first one an increase of acid value occurs as the temperature of kernel increases from 40 to 60°C due to increased activity of enzyme systems lipase which promotes the hydrolysis of fats in particular; in the second period acid value decreases as temperature rises to 70...85°C, which is caused by the binding of free fatty acids to form protein-lipid complexes; in the third period there is an increase of acid value as the temperature of kernel rises above 85°C due to thermal decomposition of triglycerides to form low molecular weight acids. Furthermore, kernel heating above 120°C leads to their browning - the result of sugar caramelization and the shell cracking.

For the recommended temperature of kernel heating to be no more than 110°C drying should be performed at a heat flux density of 400; 900 W/m², which allows achieving high intensity of the process with the preservation of kernel oil quality.

Keywords: fruitpits; acid value; kernel oil; infrared radiation; vibrofluidized bed; drying, moisture content; temperature; heat flux density.

Введение

Среди отходов предприятий, перерабатывающих растительное сырье, особая роль отводится плодовым косточкам, которые образуются при производстве компотов и варенья из косточковых плодов, разрезанных на половинки, а также при производстве джема, конфитюра, пюре, соков с мякотью и без мякоти.

Прежде чем поставить косточки на завод косточковых масел их необходимо высушить, т.к. выделенные из плодов косточки имеют повышенную влажность 25...60%, а после протирочной машины – температуру 80...90°C; содержат большое количество примесей в виде остатков мякоти, вытерок, сока. Все эти факторы способствуют быстрой порче косточек и содержащегося в их ядрах масла. ГОСТ 30306-95 «Масло из плодовых косточек и орехов миндаля. Технические условия», по которому заводы косточковых масел принимают сырье, вводят ограничения по влажности – не более 13%; содержание примесей – не более 3% к общему весу; предъявляется также ряд требований к внешнему виду косточек, цвету скорлупы, вкусу ядер.

Качество полученного масла из ядер плодовых косточек обусловлено целым рядом факторов. С одной стороны – это условия формирования масла в косточках, сортовые особенности, климатические и агротехнические условия выращивания плодов. С другой – технологические факторы, то есть условия подготовки косточек к переработке, сушке, экстрагированию, хранению с целью получения масла из ядер [1–4].

В технологической линии производства косточкового масла особое место занимает процесс тепловой обработки (сушки) ядер перед обезжириванием [5, 6].

Тепловая сушка в зависимости от температуры нагрева ядер, их исходной влажности и продолжительности теплового воздействия вызывает более или менее глубокие изменения физиолого-биохимических свойств и качества содержащегося в них масла.

Среди других органических соединений в ядрах косточек наиболее чувствительны к тепловому воздействию белки, представляющие собой гидрофильные коллоиды. Под действием тепла белки подвергаются денатурации, т.е. изменяют свои природные физические, химические и биологические свойства. Одним из признаков денатурации белков считают уменьшение их способности растворяться в определенных растворителях. Изменение растворимости является следствием изменения их структуры. Скорость и степень денатурации белков зависит от температуры нагрева, влажности ядра и продолжительности теплового воздействия.

Кинетика тепловой денатурации определяется уравнением бимолекулярной реакции. В работах ученых [2, 3, 5] показано явление обратимости тепловой денатурации белков при неглубоком ее протекании. Умеренная тепловая обработка повышает усвояемость белковых веществ. Длительная тепловая обработка при высоких температурах, напротив, вызывает глубокие и необратимые изменения в составе белковых веществ, снижая их питательную ценность.

При исследовании действия сушки на качество ядер плодовых косточек обращают внимание главным образом на изменение одного из основных показателей качества масла – его кислотного числа.

Методы и объекты исследований

В данной работе приведены результаты влияния параметров сушки (влажностного содержания, температуры, продолжительности) плодовых косточек в виброкипящем слое при различной плотности теплового потока инфракрасного излучения на качество получаемого масла.

Исследования процесса сушки плодовых косточек проводились на экспериментальной установке, принципиальная схема и описание работы которой приведены в [7, 8].

Объектами исследований были выбраны косточки: абрикоса сорта Ранний Марусича (начальное влажностное содержание 28,7...32,2%), вишни сорта Владимирская (начальное влажностное содержание 19,4...21,4%) и черешни сорта Наполеон (начальное влажностное содержание 25,5...27,3%).

Определение кислотного числа масла высушенных ядер плодовых косточек производили методом титрования согласно ГОСТ 10858-77 «Семена масличных культур. Методы определения кислотного числа масла».

Результаты исследований

Предварительно исследовано влияние плотности теплового потока инфракрасного излучения на кинетику, качественные показатели и энергозатраты при сушке косточек абрикоса, вишни и черешни (использован диапазон плотности теплового потока 400...1400 Вт/м²) [7, 8].

Установлены общие закономерности кривых сушки, скорости сушки и термограмм, которые характерны для сушки плодовых косточек при радиационном теплоподводе [7], а именно: смещение первого критического влагосодержания в область меньшего влагосодержания и увеличение доли периода постоянной скорости сушки в общем процессе при увеличении плотности теплового потока инфракрасного облучения; наличие градиента температуры в середине плодовых косточек при их сушке, направленного от оболочки к ядру.

Полученные данные по кинетике сушки исследованных плодовых косточек в зависимости от плотности теплового потока инфракрасного облучения сведены в таблицах 1–3.

Таблица 1– Данные кинетики сушки косточек абрикоса

Параметры	Плотность теплового потока, Вт/м ²		
	1400	900	400
начальное влагосодержание, %	32,2	29,8	28,7
скорость сушки в первом периоде, %/мин	0,64	0,45	0,26
первое критическое влагосодержание, %	20,7	24,8	25,6
равновесное влагосодержание косточки, %	4,3	5,2	9,2
равновесное влагосодержание ядра, %	9,7	7,4	13,3
равновесное влагосодержание оболочки, %	1,8	4,14	7
продолжительность сушки до равновесного влагосодержания, мин	84	134	182
приведенные удельные энергозатраты, Дж/кг	0,6	0,72	0,79
приведенная производительность по испаряемой влаге	0,76	0,52	0,25

Таблица 2– Данные кинетики сушки косточек вишни

Параметры	Плотность теплового потока, Вт/м ²		
	1400	900	400
начальное влагосодержание, %	19,4	21,4	20,4
скорость сушки в первом периоде, %/мин	0,62	0,49	0,26
первое критическое влагосодержание, %	13,3	14,5	17,8
равновесное влагосодержание косточки, %	2,1	3	6
равновесное влагосодержание ядра, %	2,5	4,8	7,3
равновесное влагосодержание оболочки, %	1,92	2,44	5,47
продолжительность сушки до равновесного влагосодержания, мин	60	94	150
приведенные удельные энергозатраты, Дж/кг	0,76	0,77	1
приведенная производительность по испаряемой влаге	0,96	0,54	0,33

Таблица 3– Данные кинетики сушки косточек черешни

Параметры	Плотность теплового потока, Вт/м ²		
	1400	900	400
начальное влагосодержание, %	27,3	25,4	25,5
скорость сушки в первом периоде, %/мин	0,75	0,53	0,25
первое критическое влагосодержание, %	15,7	17,8	22
равновесное влагосодержание косточки, %	2,0	2,4	6,6
равновесное влагосодержание ядра, %	3,1	4,4	8,9
равновесное влагосодержание оболочки, %	1,7	2,4	6,1
продолжительность сушки до равновесного влагосодержания, мин	76	114	198
приведенные удельные энергозатраты, Дж/кг	0,57	0,64	0,87
приведенная производительность по испаряемой влаге	1	0,62	0,3

Определенный интерес представляют результаты сушки оболочек и ядер косточек абрикоса отдельно. На рисунке 1 приведены соответствующие кривые сушки и скорости сушки для плотности теплового потока инфракрасного облучения 1400 Вт/м^2 , полученные при удельной нагрузке продукта на рабочую поверхность $5,7 \text{ кг/м}^2$.

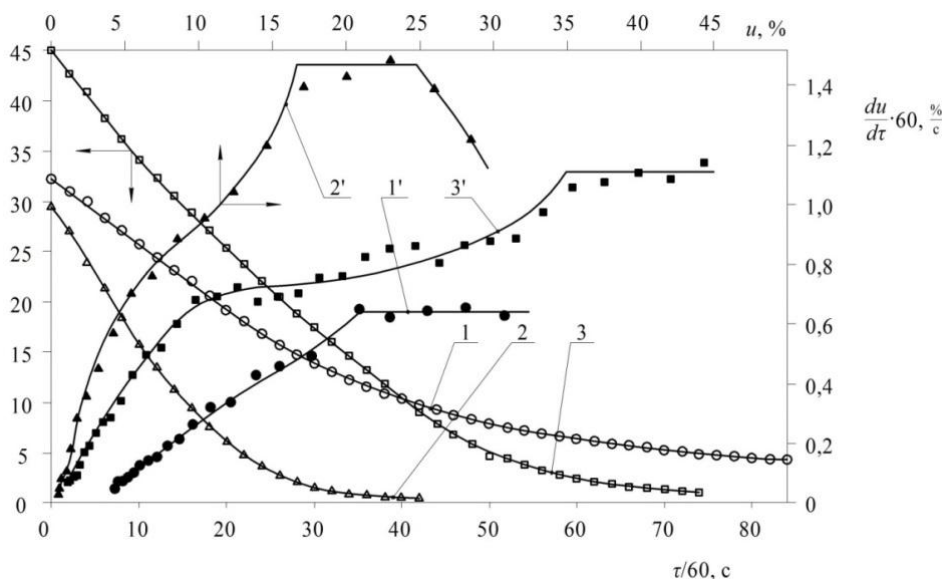


Рисунок 1 – Кривые сушки (1–3) и скорости сушки (1'–3') косточек абрикоса, их оболочек и ядер при плотности теплового потока инфракрасного облучения 1400 Вт/м^2 :
1 и 1' – косточки; 2 и 2' – оболочки; 3 и 3' – ядра

Главной тенденцией, которая следует из анализа кривых на рисунке 1, является значительное повышение интенсивности процесса при сушке ядер и оболочек отдельно – для оболочек процесс сушки до равновесного влагосодержания протекает в два раза быстрее, для ядер – в 1,17. Это, очевидно, вызвано уменьшением размеров частиц продукта.

Так средняя выборочная толщина обрушенных оболочек исследуемой выборки составляет 2,30 мм, а средняя выборочная эквивалентного диаметра ядер 9,40 мм, что в первом случае значительно, а во втором существенно меньше средней выборочной эквивалентного диаметра целой косточки, которая составляет 13,88 мм. Существенная интенсивность сушки оболочек по сравнению с ядрами обусловлена разницей в их размерах, разным количеством влаги в этих составляющих косточки, а также различным соотношением свободной и связанной влаги.

Так оболочки имеют начальное влагосодержание 29,6% и первое критическое влагосодержание 16,7%, то есть соотношение свободной и связанной влаги близко к 1. Для ядер начальное влагосодержание составляет 45%, а первое критическое – 34,8%, то есть связанной влаги в 3,4 раза больше, чем свободной.

Еще одним фактором, снижающим интенсивность сушки целой косточки по сравнению с ее составляющими, является присутствие в ней воздушной прослойки между оболочкой и ядром, которая выполняет функцию теплоизоляции и тормозит передачу теплоты от оболочки к ядру.

Повышение интенсивности сушки ядер и оболочек отдельно по сравнению с целыми косточками вносит в результате значительное влияние на показатели эффективности процесса. Так энергозатраты на испарение 1 кг влаги для оболочек ниже в 2,14 раза, а для ядер – в 1,65 раза, производительность выше в 2,1 и 1,61 раза соответственно, равновесное влагосодержание составляет 0,6 и 1,1% соответственно.

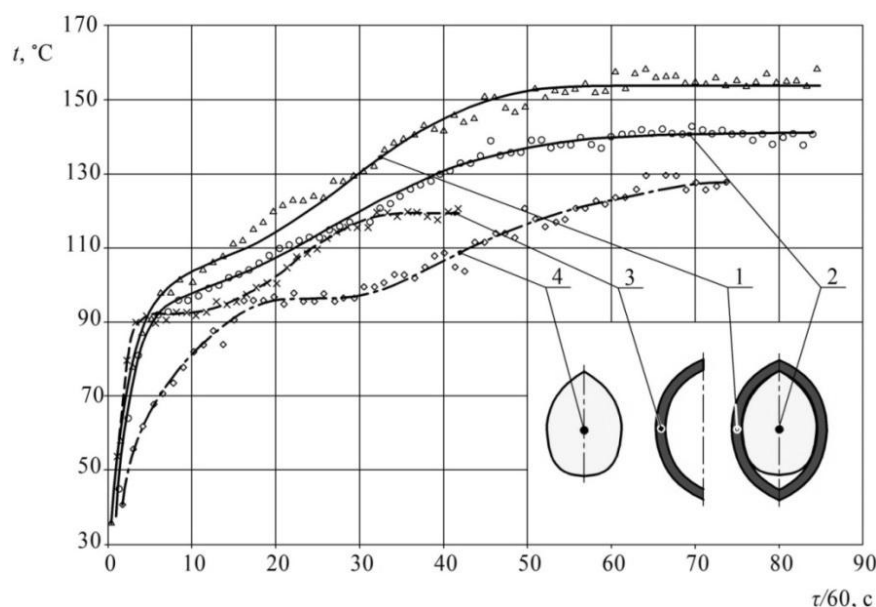


Рисунок 2 – Термограммы косточек абрикоса, их оболочек и ядер при плотности теплового потока инфракрасного облучения 1400 Вт/м^2 :
 1 – оболочка (в составе косточки); 2 – ядро (в составе косточки); 3 – оболочка (отдельно); 4 – ядро (отдельно)

На рисунке 2 приведены термограммы, полученные при сушке отдельно оболочек и ядер косточек абрикоса при плотности теплового потока инфракрасного облучения 1400 Вт/м^2 (они соответствуют кривым сушки и скорости сушки, приведенным [7]).

Анализ кривых на рисунке 2 показывает, что при отдельной сушке оболочек и ядер продукт нагревается меньше, чем при сушке целых косточек. Так максимальная температура нагрева ядер составляет 128°C , оболочек – 121°C , тогда как целых косточек в центре ядра – 141°C . Аналогичная тенденция наблюдается и при других значениях плотности теплового потока инфракрасного облучения.

Известно, что качественные показатели высушенных продуктов растительного происхождения зависят от их температуры в процессе сушки, а именно значений температуры и продолжительности процесса. Определенную роль играет и текущее в процессе сушки влагосодержание. Поскольку график изменения температуры во времени имеет вид кривой линии, количественно влияние температуры на качественные показатели можно оценить с помощью среднеинтегральной температуры. Ее мы определяли по термограмме (площадь под термограммой делили на продолжительность сушки) в графическом редакторе Компас, который имеет инструмент для автоматического определения площади фигуры, ограниченной криволинейным контуром.

На рисунке 3 приведены графики изменения максимальной и среднеинтегральной температуры центра ядра плодовых косточек в зависимости от плотности теплового потока инфракрасного облучения. Характер всех графиков одинаков – они имеют форму кривых, выпуклых к оси температуры. Наибольшую крутизну имеют графики, полученные для косточек черешни, наименьшую – для косточек абрикоса.

Как видно из рисунка 3, значения максимальной и среднеинтегральной температуры при 1400 Вт/м^2 превышают рекомендуемое для процесса сушки плодовых косточек значение 110°C [10]. Это наглядно отражается на органолептических показателях: высушенные ядра косточек в середине имеют характерный темный цвет в первом случае и темно-кремовый во втором, что свидетельствует о различной степени процессов меланоидинообразования.

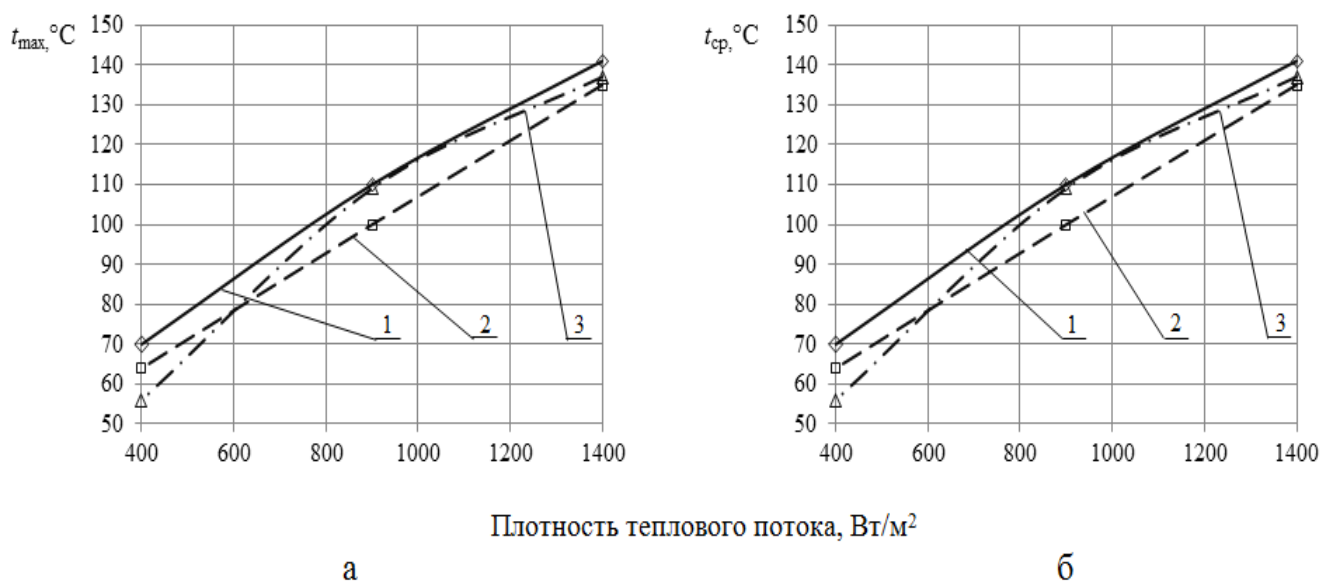


Рисунок 3 – Изменение максимальной (а) и среднеинтегральной (б) температуры продукта в процессе сушки в зависимости от плотности теплового потока инфракрасного облучения:
 1 – косточки абрикоса; 2 – косточки вишни; 3 – косточки черешни

Для оценки химических преобразований в ядрах косточек в процессе сушки нами определен в соответствии с [9] один из основных показателей качества растительного масла – кислотное число [10]. Полученные графики изменения этого показателя в процессе сушки исследуемых косточек приведены на рисунках 4–6.

Все кривые имеют одинаковую форму, при изменении кислотного числа в зависимости от температуры нагрева ядер косточек наблюдаются три периода [11, 12]. В первом из них происходит рост кислотного числа по мере повышения температуры ядер до 40...60°C, что обусловлено повышением активности ферментных систем, в частности, липазы, которая способствует гидролизу жиров. Во втором периоде происходит снижение кислотного числа по мере повышении температуры ядер до 70...85°C, что обусловлено связыванием свободных жирных кислот с образованием белково-липидных комплексов.

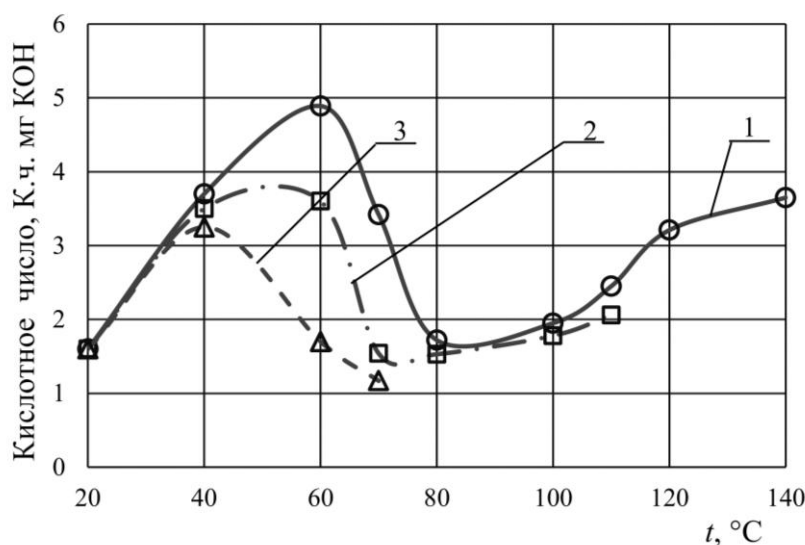


Рисунок 4– Кривые изменения кислотного числа ядер косточек абрикоса от температуры при различных значениях плотности теплового потока инфракрасного облучения:
 1 – 1400 Вт/м²; 2 – 900 Вт/м²; 3 – 400 Вт/м²

В третьем периоде происходит рост кислотного числа по мере повышения температуры ядер выше 85°C, что обусловлено термическим распадом триглицеридов с образованием низкомолекулярных кислот. Кроме того, нагрев ядер выше 120°C приводит к их потемнению – результат карамелизации сахаров и растрескивание оболочки.

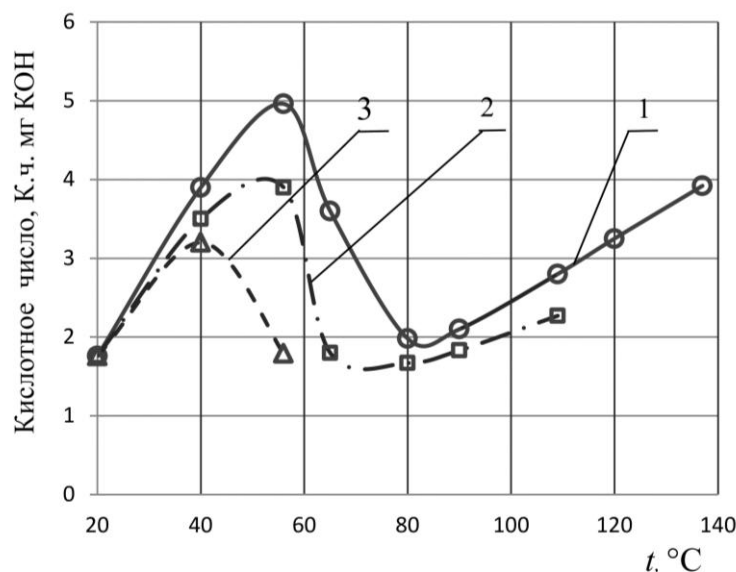


Рисунок 5 – Кривые изменения кислотного числа ядер косточек черешни от температуры при различных значениях плотности теплового потока инфракрасного облучения:
 1 – 1400 Вт/м²; 2 – 900 Вт/м²; 3 – 400 Вт/м²

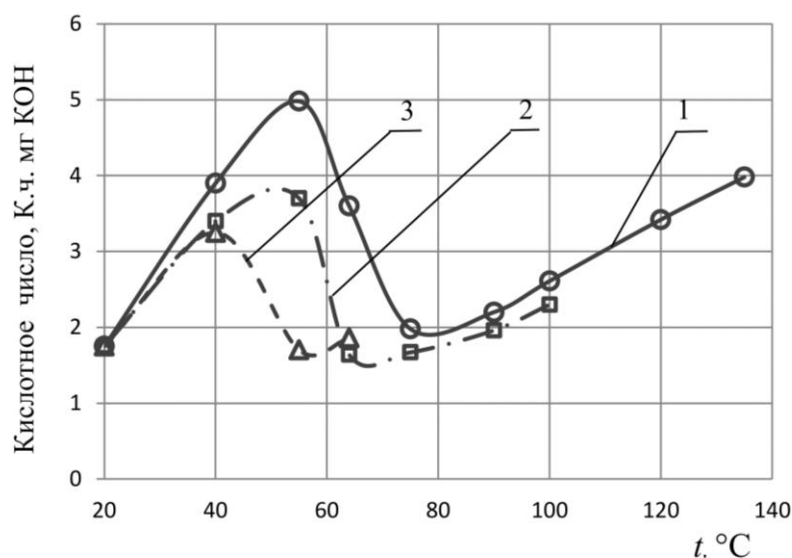


Рисунок 6 – Кривые изменения кислотного числа ядер косточек вишни от температуры при различных значениях плотности теплового потока инфракрасного облучения:
 1 – 1400 Вт/м²; 2 – 900 Вт/м²; 3 – 400 Вт/м²

Несмотря на то, что форма кривых одинакова, имеет место смещение экстремумов кривых в сторону больших температур при повышении плотности теплового потока инфракрасного облучения. Это явление обусловлено, соответственно, более высоким темпом нагрева продукта. Следует отметить также, что при плотности теплового потока 400 Вт/м², на кривой изменения кислотного числа не наблюдается третьего периода, что является оптимальным с позиции качества высушенного продукта.

Конечное значение кислотного числа находится в прямо пропорциональной зависимости от среднеинтегральной температуры продукта при сушке, что хорошо видно из рисунка 7.

В завершении анализа изменения температуры в процессе сушки косточек плодов и их составляющих обратим внимание также на среднеинтегральную и максимальную температуру в процессе сушки отдельно ядер абрикоса (они определялись по термограмме 4 на рисунке 2), которые составили соответственно 104 и 128°C. Это существенно ниже соответствующих значений температуры центра ядра при сушке целых косточек (136 и 141°C). Поэтому с точки зрения качества продукта, можно утверждать, что целесообразнее сушить целые косточки, а не оболочки и ядра отдельно [13–15].

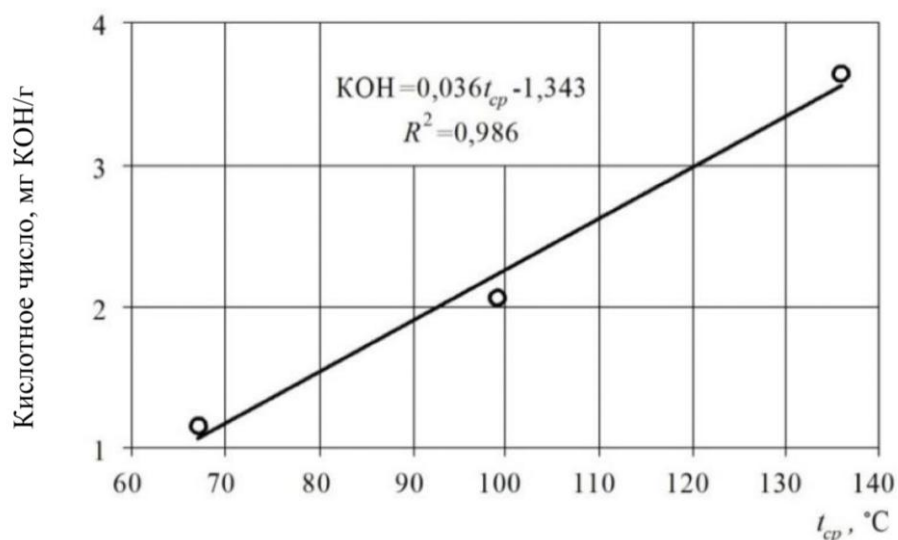


Рисунок 7– Зависимость конечного значения кислотного числа ядер косточек абрикоса от его среднеинтегральной температуры в процессе сушки

Данные по кинетике нагрева в процессе сушки исследуемых плодовых косточек в зависимости от плотности теплового потока инфракрасного облучения сведены в таблице 4.

Таблица 4 – Данные по кинетике нагрева плодовых косточек в процессе сушки

Параметры	Плотность теплового потока, Вт/м ²		
	1400	900	400
Косточки абрикоса			
среднеинтегральная температура центра ядра, °C	136	99	67
максимальная температура центра ядра, °C	141	110	70
кислотное число, мг КОН/г	3,65	2,06	1,17
Косточки вишни			
среднеинтегральная температура центра ядра, °C	125	96	63
максимальна температура центра ядра, °C	135	100	64
кислотное число, мг КОН/г	3,98	2,38	1,86
Косточки черешни			
среднеинтегральная температура центра ядра, °C	119	105	54
максимальна температура центра ядра, °C	137	109	56
кислотное число, мг КОН/г	3,92	2,27	1,79

Заключение

Таким образом, анализируя полученные показатели кислотного числа, согласно техническим условиям ГОСТ 300306-95 «Масло из плодовых косточек и орехов миндаля», при сушке плодовых косточек инфракрасным излучением в виброкипящем слое можно сказать, что сушку косточек целесообразно проводить при значениях плотности теплового потока 400; 900 Вт/м², при которых: значения кислотного числа не превышает 3 мг КОН/г, а температура нагрева ядер –110 °C, что позволяет достичь высокой интенсивности процесса с сохранением качества масла, которое содержится в ядрах косточек.

Литература

1. Щербаков В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. М.: Агропромиздат, 1991. 304с.
2. Атаназевич В.И. Сушка пищевых продуктов. М.: ДеЛи, 2000. 294 с.
3. Гришин М.А. Химические показатели земляники и абрикосов комбинированной сушки // Известия вузов. Пищевая технология. 1983. № 5. С. 130–132.
4. Поперечний А.М., Варваріна Н.М., Жданов І.В. Сушіння харчової сировини у псевдозрідженому шарі: монографія. Донецьк: ДонНУЕТ, 2012. 303 с.
5. Джаруллаев Д.С., Аминов М.С. Новое в технике и технологии при переработке плодов и овощей. Махачкала: Дагкнигоиздат, 1996. 83 с.

6. Шодиев С.С. Интенсификация процесса тепловой обработки косточковых маслосодержащих материалов с использованием нетрадиционных методов подвода энергии: дис. ... маг. техн. наук. Бухара, 2010. 81 с.
7. Поперечный А.Н., Миронова Н.А. Кинетика сушки плодовых косточек инфракрасным излучением в виброкипящем слое // Научный журнал НИУ ИТМО серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 1. С. 142–149.
8. Poperechnyi A.N., Zhdanov I.V., Mironova N.O., Shulga A.V. Drying of plant materials in a vibro-fluidized bed with Infrared Heating. *Academic message at the 4th edition of BIOATLAS International Conference*. Transilvania University from Brasov, May, 15–17, 2014, pp. 66–70.
9. ГОСТ 10858-77. Семена масличных культур. Промышленное сырье. Методы определения кислотного числа. Введ. 01.07.1978. М.: Стандартиформ, 2010. 7 с.
10. Гафуров К.Х. Изменение биохимических свойств ядер плодовых косточек и качества масла при тепловой обработке // Материалы IX Международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств» (Могилев, 25–26 апреля 2013 г.). Могилев: МГУП, 2013. 84с.
11. Копейковский В.М., Данильчук С.И. Технология производства растительных масел. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 416 с.
12. Акаева Т.К., Петрова С.Н. Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Ч. 1. Технология получения растительных масел: учеб. пособие. Иваново: Изд-во Иван. гос. хим.-технол. ун-та, 2007. 124 с.
13. Поперечный А.Н., Корнийчук В.Г., Миронова Н.А. Интенсификация процессов переработки плодовых косточек // Материалы VII Международной научно-технической конференции «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке» (Санкт-Петербург, 17–20 ноября 2015 г.). СПб.: Университет ИТМО, 2015. С. 11–14.
14. Погожих И.Н. Научные основы теории и техники сушки пищевого сырья в массообменных модулях: дис. ... д-ра техн. наук. Харьков, 2002. 331 с.
15. Филатов В.В. Исследования термической обработки капиллярно-пористых коллоидных материалов инфракрасным излучением // Хранение и переработка сельхозсырья. 2010. № 5. С. 16–23.

References

1. Shcherbakov V.G. *Biokhimiya i tovarovedenie maslichnogo syr'ya* [Biochemistry and merchandising oilseeds]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1991, 304 p.
2. Atanazevich V.I. *Sushka pishchevykh produktov* [Drying of foods]. Moscow, DeLi Publ., 2000, 294 p.
3. Grishin M.A. Khimicheskie pokazateli zemlyaniki i abrikosov kombinirovannoi sushki [Chemical indicators of strawberries and apricots combined drying]. *Proceedings of the universities. Food technology*. 1983, no. 5, pp. 130–132.
4. Poperechnyj A.M., Varvarina N.M., Zhdanov I.V. *Sushinnja harchovoi' syrovyny u psevdozridzhenomu shari* [Drying food material in a fluidized bed]. Donetsk, DonNUET Publ., 2012, 303 p.
5. Dzharullaev D.S., Aminov M.S. *Novoe v tekhnike i tekhnologii pri pererabotke plodov i ovoshchei* [New techniques and technologies in the processing of fruits and vegetables]. Makhachkala, Dagknigoizdat Publ., 1996. 83 p.
6. Shodiev S.S. Intensifikatsiya protsessa teplovoi obrabotki kostochkovykh maslosoderzhashchikh materialov s ispol'zovaniem netraditsionnykh metodov podvoda energii [The intensification of the heat treatment process of oily stone materials using non-traditional methods of energy supply]. *Master's thesis*. Bukhara, 2010, 81 p.
7. Poperechnyi A.N., Mironova N.A. Kinetika sushki plodovykh kostochek infrakrasnym izlucheniem v vibrokipyashchem sloe [Kinetics drying of the fruit stones infrared radiation in the vibroboiling layer]. *Scientific Journal ITMO. Series Processes and Food Production Equipment*. 2015, no. 1, pp. 142–149.
8. Poperechnyi A.N., Zhdanov I.V., Mironova N.O., Shulga A.V. Drying of plant materials in a vibro-fluidized bed with Infrared Heating. *Academic message at the 4th edition of BIOATLAS International Conference*. Transilvania University from Brasov, May, 15–17, 2014, pp. 66–70.
9. GOST 10858-77. *Semena maslichnykh kul'tur. Promyshlennoe syr'e. Metody opredeleniya kislotnogo chisla* [State Standard 10858-77. Seeds of oil-bearing crops. Industrial raw materials. Methods of definition of acid number]. Moscow, Standartinform Publ., 2010, 7 p.
10. Gafurov K.Kh. Izmenenie biokhimicheskikh svoistv yader plodovykh kostochek i kachestva masla pri teplovoi obrabotke [Changing the biochemical properties of the nuclei of fruit and seed oil quality by heat treatment]. *Proceedings of the 9th scientific and technical conference "Engineering and technology of food production"* (Mogilev, April 25–26, 2013). Mogilev, MGUP Publ., 2013, pp.84.
11. Kopeikovskii V.M., Danil'chuk S.I. *Tekhnologiya proizvodstva rastitel'nykh masel* [Technology of production of vegetable oils]. Moscow, Light and food industry Publ., 1982, 416 p.
12. Akaeva T.K., Petrova S.N. *Osnovy khimii i tekhnologii polucheniya i pererabotki zhirov* [Fundamentals of Chemistry and Technology of production and processing of fats]. Part 1. *Tekhnologiya polucheniya rastitel'nykh masel: ucheb. posobie* [Technology of vegetable oils]. Ivanovo: Ivan. gos. khim.-tekhnol. univ. Publ., 2007, 124 p.

13. Peperechnyi A.N., Korniiichuk V.G., Mironova N.A. Intensifikatsiya protsessov pererabotki plodovykh kostochech [Intensification of processes of processing of fruit kernels]. *Proceedings of the 7th scientific and technical conference "Low-temperature and food technologies in the twenty-first century"* (St. Petersburg, 17–20 November, 2015). St. Petersburg, ITMO University Publ., 2015, pp. 11–14.
14. Pogozhikh I.N. Nauchnye osnovy teorii i tekhniki sushki pishchevogo syr'ya v massoobmennykh modulyakh [The scientific basis of the theory and technology of food raw materials drying mass transfer units]. *Doctor's thesis*. Kharkiv, 2002, 331 p.
15. Filatov V.V. Issledovaniya termicheskoi obrabotki kapillyarno-poristykh kolloidnykh materialov infrakrasnym izlucheniem [Research thermal treatment of capillary-porous colloid materials infrared]. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2010, no. 5, pp.16–23.

Статья поступила в редакцию 14.04.2016