

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 634.7:66.047.2

И.А. Короткий, А.Н. Расщепкин, Д.Е. Фёдоров

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВАКУУМНОЙ СУШКИ ПЛОДОВ И ЯГОД

I.A. Korotky, A.N. Raschepkin, D.E. Fyodorov

THE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF HEATING TEMPERATURE ON VACUUM DRYING OF FRUITS AND BERRIES EFFICIENCY

Данное исследование посвящено влиянию температуры вакуумной сушки плодов и ягод на различные показатели технологического процесса, такие как продолжительность обезвоживания, органолептическую оценку и содержание биологически ценных компонентов. Приведены графики вакуумной сушки ягод (изменение относительной массы и скорости удаления влаги), представлена методика органолептической оценки сухих плодов и ягод. Описана кинетика процесса вакуумной сушки плодов и ягод. Установлено, что с повышением заданной температуры нагрева уменьшается время, соответствующее наибольшей скорости изменения относительной массы продукта. При этом обнаружено, что на время наибольшей скорости удаления влаги влияет не только температура, но и структура и размер самих ягод. Проведена органолептическая оценка сухих плодов и ягод по различным показателям (вкус, цвет, запах, консистенция). Установлено, что наилучшие органолептические показатели (от 55 до 58 баллов) наблюдались в случае, когда температура нагрева составляла 40 и 50 °С. Приведены графики зависимости содержания органических кислот, каротиноидов, витамина С и Р-активных веществ в сухих плодах и ягодах при различной температуре нагрева. Наибольшее содержание вышеуказанных веществ наблю-

далось при температуре сушки в 40–50 °С. На основании исследований рекомендована температура вакуумной сушки, которая составляет: для ирги и облепихи – 40 °С, для жимолости, черной смородины и брусники – 50 °С.

Ключевые слова: плоды, ягоды, вакуумная сушка, температура.

This work is devoted to research of influence of temperature of vacuum drying of fruits and berries on various indicators of technological process, such as the dehydration duration, an organoleptic assessment and the maintenance of biological and valuable components. Schedules of vacuum drying of berries (change of relative weight and speed of removal of moisture) are provided; the technique of an organoleptic assessment of dried fruits and berries is presented. The kinetics of process of vacuum drying of fruits and berries is described. It is established that with increase of the set temperature of heating time corresponding to the greatest speed of change of relative mass of a product decreases. Thus it is revealed that for the period of the greatest speed of removal of moisture influences not only temperature, but also structure and the size of berries. The organoleptic assessment of dried fruits and berries on various indicators (taste, color, a smell, a consistence) is carried out. It is established that the best organoleptic indicators

(from 55 to 58 points) were observed in a case when the temperature of heating was 40 and 50 °C. Schedules of dependence of the content of organic acids, carotinoids, vitamin C and R-active agents are provided in dried fruits and berries at various temperature of heating. The greatest content of the above substances was observed at the temperature of drying of 40 and 50 °C. On the basis of researches temperature of vacuum drying which makes is recommended: for a mespilus and a seabuckthorn was 40 °C, for a honeysuckle, blackcurrant and cowberry it was 50 °C.

Key words: fruits, berries, vacuum drying, temperature.

Введение. Вакуумная сушка является одной из наиболее перспективных технологий консервирования продуктов питания, которая в последнее время находит все большее применение в пищевой промышленности [1, 2]. Для обеспечения наибольшей эффективности проведения данного процесса необходимо научное обоснование выбора технологических режимов обезвоживания. Правильно подобранные режимы сушки обеспечивают высокую степень сохранности органолептических и физико-химических свойств продукта и при возможности обеспечивают высокую производительность при минимальных затратах энергии.

Методом вакуумной сушки возможно обезвоживать широкий спектр пищевого сырья, в том числе плодово-ягодного, что позволяет сгладить сезонность выработки данной продукции и улучшить структуру питания различных слоев населения [3–5]. Обезвоженные плоды и ягоды могут реализовываться как в качестве самостоятельного продукта через торговые сети, так и в качестве добавки в различные продукты с целью обогащения витаминами и микроэлементами [6, 7].

Цель исследования: подбор температурных режимов вакуумной сушки плодов и ягод.

Объекты, методы и результаты исследования. Объектами исследования служили такие плоды и ягоды, как жимолость, ирга, брусника, черная смородина, облепиха.

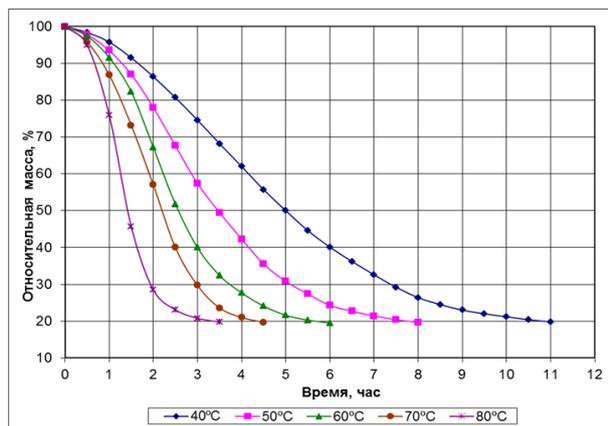
Диапазон исследуемых режимов вакуумной сушки подбирался таким образом, чтобы обеспечивалось явление кипения влаги при данной

температуре и давлении. Опыты проводили на лабораторной вакуумной сушильной установке при остаточном давлении $P = 6-7$ кПа, плотности теплового потока $q = 5,5$ кВт/м² и температурах нагрева от 40 до 80 °C с шагом в 10 градусов. Плоды и ягоды сушили на поддонах в один слой.

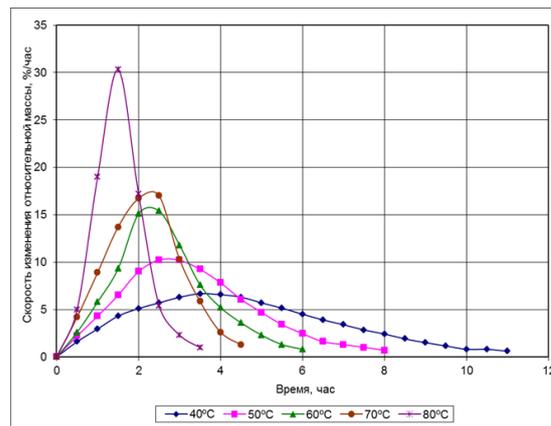
На рисунке 1 представлены графики изменения относительной массы и скорости вакуумной сушки продукта на примере ягод жимолости, в таблице 1 – продолжительность вакуумной сушки всех объектов исследования.

Весь процесс вакуумной сушки можно представить тремя этапами. На первом этапе включается вакуумный насос, благодаря чему в сушильной камере происходит снижение давления до установленной величины, в данном случае – до 6–7 кПа. При этом в продукте наблюдается снижение температуры на несколько градусов, а относительная масса уменьшается на 2–5 %. На этом этапе происходит удаление влаги макрокапилляров продукта. Спустя 10 мин, когда давление в камере достигнет требуемого уровня, включаются инфракрасные нагреватели. Температура и скорость обезвоживания продукта при этом начинают повышаться, и начинается второй этап обезвоживания.

На втором этапе сушки после включения инфракрасных нагревателей происходит рост скорости сушки. Для каждого вида ягоды характерно свое время обезвоживания, соответствующее наибольшей скорости удаления влаги. При этом с повышением установленной температуры нагрева сокращается время, соответствующее наибольшей скорости изменения относительной массы вещества. Так, для ягод жимолости при температуре нагрева 40 °C наибольшая скорость удаления влаги (порядка 6 %/ч) наблюдается через 3,5–4 ч после начала процесса сушки. При повышении температуры нагрева до 60 и 70 °C время наибольшей скорости сушки понижается до 2–2,5 ч. Наибольшая скорость обезвоживания ягод жимолости (30 %/ч) наблюдалась при заданной температуре нагрева 80 °C через 1,5 ч после начала процесса сушки.



а



б

Рис. 1. Графики вакуумной сушки ягод жимолости ($P = 6-7$ кПа, $q = 5,5$ кВт/м²):
а – изменение относительной массы; б – скорость сушки ягод

Таблица 1

Продолжительность вакуумной сушки ягод при подборе температуры, ч

Вид ягоды	Температура сушки, °С				
	40	50	60	70	80
Жимолость	11	8	6	4,5	3,5
Ирга	8	5,5	4	3	2,5
Брусника	9,5	7	4,5	3,5	3
Черная смородина	12	9	6,5	5	4,5
Облепиха	9,5	7,5	6	5	4

Также установлено, что на время наибольшей скорости удаления влаги влияет не только температура, но также структура и размер самих плодов и ягод. Так, для плодов ирги время наибольшей скорости сушки составляет от 1 до 2 ч после начала процесса, в то время как для ягод черной смородины это значение составляет от 1,5 до 4 ч в температурном диапазоне от 40 до 80 °С. По всей видимости, повышение геометрического размера и толщины кожицы ягод являются факторами, способствующими снижению интенсивности миграции молекул воды из центра продукта к его наружным слоям, что обуславливает увеличение времени, необходимого для достижения наибольшей скорости удаления влаги. На втором этапе сушки происходит удаление влаги микрокапилляров и осмотически связанной влаги.

На третьем этапе, соответствующем снижению скорости сушки, происходит удаление из материала влаги моно- и полимолекулярной

адсорбции, характеризующейся наибольшей энергией связи.

Для определения органолептической оценки использовалась методика, предусматривающая оценку по таким показателям, как цвет, вкус, запах и консистенция, каждый из которых оценивался по 15-балльной шкале. Таким образом, суммарная максимальная оценка составляла 60 баллов.

В таблице 2 представлены результаты органолептической оценки сухих плодов и ягод.

Наилучшие органолептические показатели (от 55 до 58 баллов) наблюдались в случае, когда температура нагрева была равна 40 и 50 °С. Дальнейшее увеличение температуры до 80 °С влечет за собой ухудшение органолептической оценки до 42–46 баллов.

На рисунке 2 представлены графики содержания биологически ценных компонентов ягод, высушенных вакуумным методом при различных температурах нагрева.

Результаты органолептической оценки сухих ягод при подборе температуры вакуумной сушки

Вид ягоды	Показатель	Температура сушки, °С				
		40	50	60	70	80
Жимолость	Вкус	15	14	14	12	10
	Цвет	14	14	14	13	11
	Запах	14	14	13	12	10
	Консистенция	13	13	12	12	11
	<i>Всего</i>	56	55	53	49	42
Ирга	Вкус	15	14	14	12	11
	Цвет	15	14	13	11	11
	Запах	14	14	13	12	10
	Консистенция	14	15	13	14	12
	<i>Всего</i>	58	57	55	49	44
Брусника	Вкус	14	14	13	12	10
	Цвет	15	14	14	13	11
	Запах	14	14	13	13	10
	Консистенция	14	15	14	13	13
	<i>Всего</i>	57	57	54	51	44
Черная смородина	Вкус	14	14	13	12	11
	Цвет	15	14	14	13	12
	Запах	14	14	13	11	10
	Консистенция	14	13	12	11	12
	<i>Всего</i>	57	55	52	47	45
Облепиха	Вкус	15	14	13	13	11
	Цвет	14	13	13	12	12
	Запах	15	14	12	12	10
	Консистенция	14	15	15	13	13
	<i>Всего</i>	58	56	53	50	46

Результаты, представленные на рисунке 2, позволяют утверждать о нелинейной зависимости содержания биологически ценных компонентов плодов и ягод от температуры вакуумной сушки. Так, увеличение температуры обезвоживания от 40 до 50 °С приводит к снижению содержания органических кислот, каротиноидов, витамина С и Р-активных веществ в среднем на

3, 6, 9 и 4 % соответственно. Повышение температуры сушки до 60 °С обуславливает дальнейшее снижение вышеуказанных показателей соответственно на 3, 8, 13 и 7 %. При повышении температуры нагрева до 70 и 80 °С данные характеристики снижаются в среднем еще на 12 и 19 % соответственно.

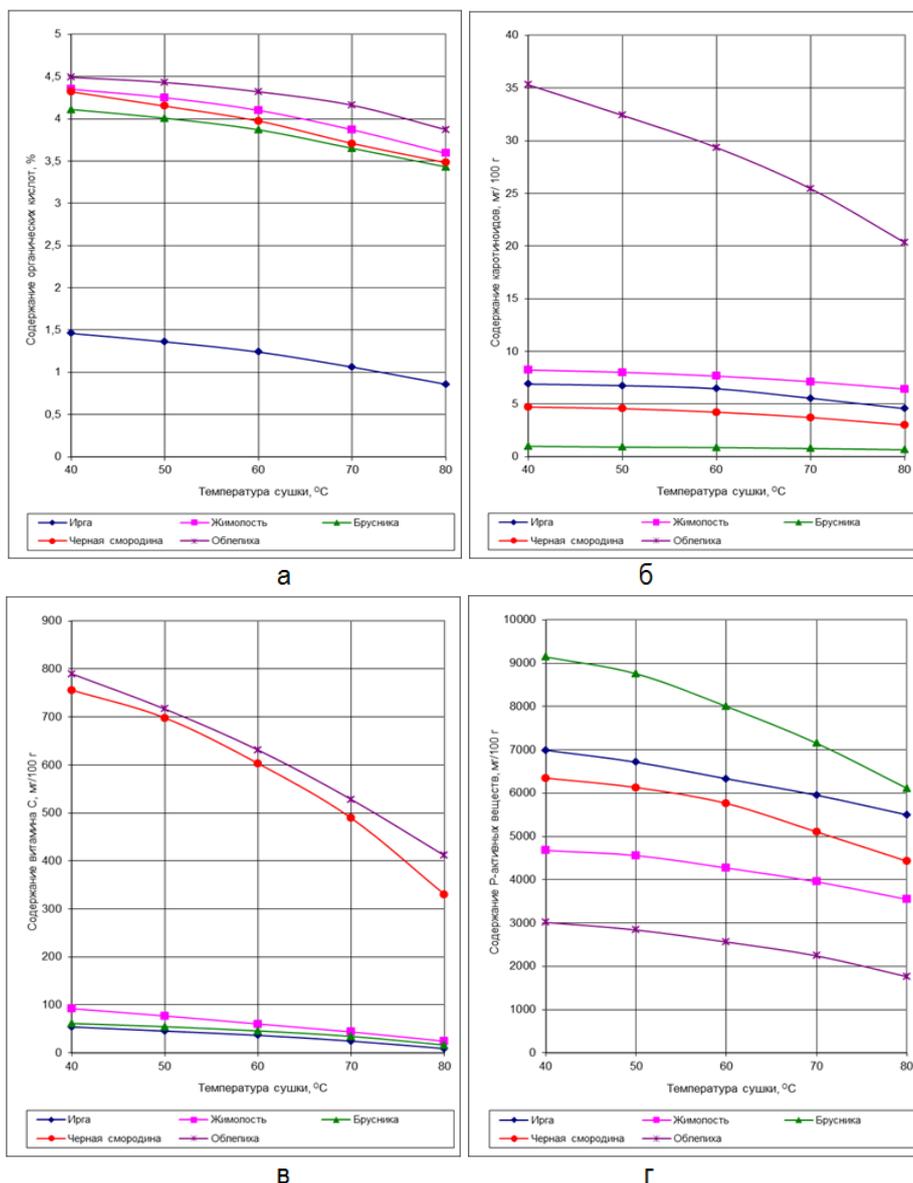


Рис. 2. Содержание органических кислот (а), каротиноидов (б), витамина С (в) и Р-активных веществ (г) ягод, высушенных вакуумным способом

Выводы. Таким образом, были проведены исследования по влиянию температуры нагрева на эффективность процесса вакуумной сушки плодов и ягод. Из соображений наиболее рационального соотношения времени обезвоживания и степени сохранности ценных компонентов плодово-ягодного сырья можно рекомендовать следующие значения температуры нагрева для вакуумной сушки: для ирги и облепихи – 40 °С, для жимолости, черной смородины и брусники – 50 °С.

Литература

1. Семенов Г.В., Касьянов Г.И. Сушка термолabileльных продуктов в вакууме – технология

XXI век // Изв. высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2001. – № 4. – С. 5–13.

2. Вакуумная инфракрасная сушка – технология щадящей переработки растительного и животного сырья / Л.Б. Ратникова, П.Е. Влощинский, Г.И. Широченко [и др.] // Вестн. Сибирского университета потребительской кооперации. – 2012. – № 1 (2). – С. 96–100.

3. Короткий И.А., Расцепкин А.Н., Федоров Д.Е. Подбор температурного режима вакуумной сушки ягод черной смородины // Пищевые инновации и биотехнологии: мат-лы междунар. конф. – Кемерово, 2015. – С. 164–165.

4. *Короткий И.А., Расщепкин А.Н., Фёдоров Д.Е.* Исследование процесса вакуумной сушки измельченной брусники // Техника и технологии продуктов питания: Наука. Образование. Достижения. Инновации: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. / ВСГУТУ. – Улан-Удэ, 2014. – С. 183–187.
5. *Котова Т.И., Хантургаева Г.И., Хараев Г.И.* Сушка плодов облепихи в микроволновой вакуумной установке // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 9. – С. 25–26.
6. *Плотникова Т.В., Тяпкина Е.В., Табала Е.Б.* Насыщение продовольственного рынка за счет местного плодово-ягодного сырья // Медицина и образование в Сибири. – 2007. – № 6.
7. *Короткий И.А., Расщепкин А.Н., Фёдоров Д.Е.* Определение режимов флюидизации при конвективной сушке черной смородины // Вестн. КрасГАУ. – 2014. – № 12. – С. 215–219.
1. *Короткий И.А., Расщепкин А.Н., Фёдоров Д.Е.* rastitel'nogo i zhivotnogo syr'ya / L.B. Ratnikova, P.E. Vloshchinskij, G.I. Spirochenko [i dr.] // Vestn. Sibirskogo universiteta potrebitel'skoj kooperacii. – 2012. – № 1 (2). – С. 96–100.
3. *Korotkij I.A., Rasshchepkin A.N., Fyodorov D.E.* Podbor temperaturnogo rezhima vakuumnoj sushki yagod chernoj smorodiny // Pishchevye innovacii i biotekhnologii: mat-ly mezhdunar. konf. – Kemerovo, 2015. – С. 164–165.
4. *Korotkij I.A., Rasshchepkin A.N., Fyodorov D.E.* Issledovanie processa vakuumnoj sushki izmel'chennoj brusniki // Tekhnika i tekhnologii produktov pitaniya: Nauka. Obrazovanie. Dostizheniya. Innovacii: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / VSGUTU. – Ulan-Udeh, 2014. – С. 183–187.
5. *Kotova T.I., Hanturgaeva G.I., Haraev G.I.* Sushka plodov oblepihi v mikrovolnovoј vakuumnoj ustanovke // Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya. – 2006. – № 9. – С. 25–26.
6. *Plotnikova T.V., Tyapkina E.V., Tabala E.B.* Nasyshchenie prodovol'stvennogo rynka za schet mestnogo plodovo-yagodnogo syr'ya // Medicina i obrazovanie v Sibiri. – 2007. – № 6.
7. *Korotkij I.A., Rasshchepkin A.N., Fyodorov D.E.* Opredelenie rezhimov flyuidizacii pri konvektivnoј sushke chernoj smorodiny // Vestn. KrasGAU. – 2014. – № 12. – С. 215–219.

Literatura

1. *Semenov G.V., Kas'yanov G.I.* Sushka termolabil'nyh produktov v vakuume – tekhnologiya XXI vek // Izv. vysshih uchebnyh zavedenij. Pishhevaya tekhnologiya. – 2001. – № 4. – С. 5–13.
2. *Vakuumnaya infrakrasnaya sushka – tekhnologiya shchadyashchej pererabotki*
7. *Korotkij I.A., Rasshchepkin A.N., Fyodorov D.E.* Opredelenie rezhimov flyuidizacii pri konvektivnoј sushke chernoj smorodiny // Vestn. KrasGAU. – 2014. – № 12. – С. 215–219.

УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов, Ю.Н. Макеева, Ю.В. Косикина

ТЕХНИЧЕСКАЯ ОСНАЩЕННОСТЬ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

N.I. Selivanov, Yu.N. Makeeva, Yu.V. Kosikina

TECHNICAL EQUIPMENT OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF KRASNOYARSK REGION

Показана актуальность формирования технологически потребного машинно-тракторного парка на основе переоснащения сельского хозяйства края новой энергонасыщенной техникой согласно рациональному типу и нормативам потребности. По результатам оценки природно-производственных условий уточнены региональные нормативы технологической потребности растениевод-

ства в эталонных единицах, обоснованы условные коэффициенты перевода и определено потребное количество тракторов, зерно- и кормоуборочных комбайнов в физическом исчислении. Установлены фактическая структура, количественный и возрастной состав МТП, укомплектованного на 81–97 % отечественной техникой. Дана оценка уровня оснащенности отрасли основными видами