

РАЗРАБОТКА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ПЛОДОВ

Е.И. МЯКИННИКОВА, Г.И. КАСЬЯНОВ, О.И. КВАСЕНКОВ

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;*

Субтропические плоды весьма популярны у населения многих стран мира. Несмотря на большую популярность у населения плодовой продукции, сроки ее хранения в натуральном виде весьма ограничены.

Целью работы являлась разработка технологии щадящей сушки плодового сырья, обеспечивающая более полное сохранение исходного содержания ценных компонентов за счет использования в качестве сушильного агента инертного газа.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определить теплофизические свойства плодов, выращиваемых в субтропической зоне Краснодарского края;
- сконструировать компактную сушильную установку, позволяющую одновременно сушить разные сорта плодового сырья;
- разработать рациональные режимы удаления влаги из плодового сырья с использованием в качестве инертного газа диоксида углерода;
- обосновать выбор технологических приемов подготовки плодов и продолжительность интервала сушки.

Свежие плоды киви, манго, персиков и хурмы пользуются популярностью в свежем виде и в общественном питании, однако в высушенном состоянии они не менее вкусны и полезны. Высушенные плоды киви, манго, персиков и хурмы отличаются особым изыском, неповторимым ароматом и вкусом.

Проанализированы особенности химического состава свежих и высушенных плодов киви, манго, персиков и хурмы. Приведена схема многоэтажной электрической сушилки, позволяющей сушить подготовленные и нарезанные плоды в среде диоксида углерода.

В КубГТУ разработана оригинальная технология сушки плодового сырья в электрической сушилке, под воздействием ЭМП НЧ, в среде инертного газа. Предложена конструкция установки для сушки плодов. Определена зависимость текстуры сушеных плодов от содержания влаги.

Ключевые слова: киви, манго, персики, хурма, технология процесса сушки, скорость сушки, химический состав

Субтропические плоды весьма популярны у населения многих стран мира. Их отличает разнообразие сортов, высокая отзывчивость на агротехнические приемы выращивания.

Свежие плоды киви, манго, персиков и хурмы пользуются популярностью в свежем виде и в общественном питании, однако в высушенном состоянии они не менее вкусны и полезны. Высушенные плоды киви, манго, персиков и хурмы отличаются особым изыском, неповторимым

ароматом и вкусом. Содержатся также витамины К, РР, В, В₂, В₃. В составе кожицы и мякоти томатов имеется хлорофилл и каротиноиды. Красную окраску придает ликопин, оранжево-желтую β -каротин и ксантофилл. Из минеральных веществ содержатся калий, натрий, магний, фосфор, железо, кобальт, цинк и др.

Плоды, выращенные в субтропическом поясе Краснодарского края в полной мере обогащены полезными компонентами. В таких плодах содержатся белки, жиры, сахара, пектин, витамины, клетчатка, органические кислоты, минеральные вещества. Плоды, выращенные в субтропической зоне, на почве с большим содержанием кальция, отличаются повышенной плотностью тканей и длительной сохранностью.

Однако несмотря на большую популярность у населения плодовой продукции, сроки ее хранения в натуральном виде весьма ограничены.

Накоплен определенный опыт сушки термолабильного растительного сырья. Например, известен способ сушки продуктов, основанный на обработке подготовленного сырья жидким диоксидом углерода, последующим резком сбросе давления в аппарате и удаления влаги из ставшего пористым продуктом при пониженном давлении [1].

Описан ряд способов сушки плодового сырья до промежуточной влажности и последующей досушки в СВЧ-поле до влажности 15 % [2,3]. В другом патенте [4], предусмотрена нарезка, протирка и перемешивание плодовой массы, внесение аскорбиновой кислоты в количестве 1-1,5 % и структурирующего компонента в количестве 3-5 % к массе плодового пюре и перемешивание. Из полученного комбинированного плодового пюре формировали пласт толщиной 1-1,5 мм, проводили ИК-сушку при температуре 53-55 °С в течение 20-24 мин. до содержания влаги 5-7 %.

В других патентах [5,6] . описаны способы, позволяющие снизить потери биологически активных веществ в исходном плодовом сырье за счет использования бескислородной среды.

Именно технология щадящей сушки плодов дает наибольший экономический эффект. С целью совершенствования технологии переработки

плодов мы проанализировали возможность их сушки в среде инертного газа, позволяющей максимально сохранить ценные компоненты сырья.

В связи с этим, весьма актуальной является задача совершенствования способа сушки с максимальным сохранением физиологически ценных веществ исходного сырья.

Постановка и решение задач

Целью работы являлась разработка технологии щадящей сушки плодового сырья, обеспечивающая более полное сохранение исходного содержания ценных компонентов за счет использования в качестве сушильного агента инертного газа.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определить теплофизические свойства плодов, выращиваемых в субтропической зоне Краснодарского края;
- сконструировать компактную сушильную установку, позволяющую одновременно сушить разные сорта плодового сырья;
- разработать рациональные режимы удаления влаги из плодового сырья с использованием в качестве инертного газа диоксида углерода;
- обосновать выбор технологических приемов подготовки плодов и продолжительность интервала сушки;

Конвективная сушка является самым распространенным способом обезвоживания плодового сырья, с целью продления сроков его хранения. Способ конвективной сушки предусматривает передачу тепла к высушиваемому сырью с помощью нагретого диоксида углерода. При передаче тепловой энергии происходит выделение влаги из сырья, которую уносит из установки сушильный агент.

Сушка плодов во многом зависит от общего содержания влаги в продукте и вида связи влаги с материалом, которая зависит от величины свободной энергии изотермического обезвоживания. При этом необходимо выполнить работу, необходимую для удаления 1 моля воды при постоянной температуре без изменения состава вещества при данном влагосодержании. Можно

определить количество энергии для удаления 1 кг/моль воды из сырых плодов (уравнение 1):

$$A = -R \times T \times \ln \varphi \quad (1)$$

где: A – энергия связи влаги, Дж/моль;

R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль×К);

T – температура, °С;

φ – относительная влажность воздуха.

Если в плодах имеется свободная влага, то $A=0$. Когда влага удаляется из клеток, тогда энергия связи A возрастает.

Представляет интерес определение удельной теплоемкости плодов, которое соответствует количеству тепла поглощенного продуктом при нагревании на 1 °С или Кельвина и выражается в кДж/(кг·°С). Удельную теплоёмкость c рассчитывали по формуле:

$$c = Q / m \Delta T$$

где, Q – количество тепла, полученное массой плода при нагреве, m – масса нагреваемого плода, ΔT – разность конечной и начальной температур вещества. Необходимо также определить количество тепловой энергии, проходящее через единицу поверхности за единицу времени, т.е. коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К). Удельную теплопроводность определяли по формуле:

$$\frac{\text{кДж}}{\text{м.ч.град}}$$

Коэффициент температуропроводности определяли как отношение теплопроводности к объёмной теплоёмкости при постоянном давлении и измеряется в м²/с.

$$\chi = \frac{\kappa}{c_p \rho},$$

где χ – температуропроводность, κ – теплопроводность, c_p – изобарная удельная теплоёмкость, ρ – плотность.

В таблице 1 приведены теплофизические свойства субтропических

ПЛОДОВ.

Таблица 1 –Теплофизические свойства плодов

Плоды	Удельная теплоемкость, C_p , кДж/(кг·К)	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Коэффициент температуропроводности, m^2/c , $a \cdot 10^4$
Киви	3,52-3,67	0,52-0,57	0,22-0,23
Манго	3,48-3,51	0,54-0,59	0,21-0,22
Персики	3,55-3,62	0,50-0,60	0,20-0,22
Хурма	3,63-3,69	0,56-0,60	0,22-0,23

Как видно из данных таблицы 2, плоды отличаются сравнительно высокой теплопроводностью и способны быстро нагреваться.

Экспериментальная часть

Для выполнения исследований по совершенствованию технологии сушки плодового сырья, сконструирована многоэтажная сушильная установка, с использованием в качестве сушильного агента диоксида углерода (рисунок 1).

За счет использования предлагаемой конструкции сушильной установки повышается качество высушенных плодов, так как процесс осуществляется в потоке инертного газа. Такой технический результат достигается за счет того, что установка содержит сушильную камеру с источником электромагнитного поля низкой частоты ЭМП НЧ, сменные лотки для нарезанных или целых плодов, устройство для регенерации инертного газа.

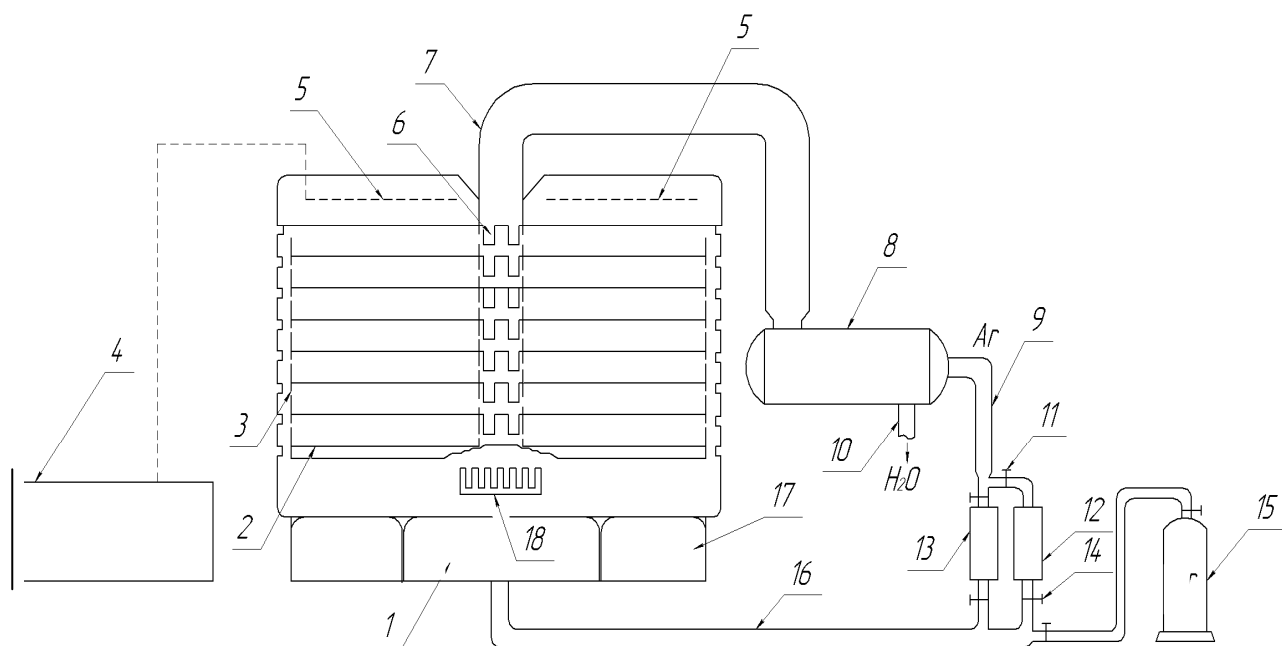


Рисунок 1 – Установка для сушки плодового сыра

1 – основание сушилки; 2 – лотки для продукта; 3 – корпус сушилки; 4 – генератор ЭМП НЧ; 5 – излучатели ЭМП НЧ; 6 – выпускные патрубки для отработанного газа; 7 – вытяжка; 8 – конденсатор; 9 – патрубок для CO₂; 10 – патрубок для воды; 11, 14 – соленоидные вентили; 12, 13 – адсорбционные съемные фильтры; 15 – баллон с CO₂; 16 – всасывающий коллектор; 17 – полость для сушильного агента; 18 – встроенный тепловентиль

Отличительной особенностью спроектированной сушилки является оригинальная система подачи нагретого диоксида углерода в каждый из 8 цилиндрических лотков с сырьем, по аналогии с новозеландской сушилкой Изидри. Теплый газ, с температурой установленной с помощью терморегулятора в интервале от 35 до 65 °С, подается снизу не через весь объем загруженного в лотки сырья, а в каждый лоток индивидуально, от краев к центру лотка. Обработка лотков с сырьем ЭМП НЧ в интервале от 15 до 60 Гц позволяет организовать поток влаги из центра образца к поверхности, откуда она удаляется нагретым диоксидом углерода.

При проведении исследований по определению показателей качества и безопасности овощного сыра и высушенных продуктов, были использованы общепринятые способы исследования органолептических, физико-химических и биохимических свойств. В таблице 2 приведено содержание пищевых веществ в плодах, на 100 г съедобной части.

Таблица 2 – Химический состав выбранных для исследований плодов

Плоды	Содержание, %						Средняя масса плода, г.
	Влага	Белок Nх6,25	Жир	Сахара	Вит. С мг%	Органич. кислоты	
Киви	93,8	0,8	0,35	8,6	180,0	2,5	78
Манго	87,5	0,8	0,35	13,4	25,0	0,5	270
Персики	86,1	0,9	0,1	14,1	10,0	1,7	160
Хурма	81,5	0,5	0,4	16,1	25,0	0,1	102

Проанализировав полученные данные, приведенные в таблице 2, можно сделать вывод о том, что выбранное сырье обладает сравнительно высокой влажностью 93-81 %, содержит углеводы и витамин С, которых недостает в животном сырье.

Химический состав нарезанных на ломтики толщиной 5 мм высушенных плодов представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав высушенных плодов

Плоды	Содержание, %						
	Влага	Белок Nх6,25	Жир	Сахара	Вит. С мг%	Органич. кислоты	
Киви	14,5	14,1	2,95	33,1	49,2	0,77	
Манго	14,1	1,5	0,75	35,1	37,4	0,72	
Персики	18,0	3,0	0,41	36,1	36,6	2,48	
Хурма	13,3	0,8	0,35	37,6	37,5	0,69	

По прописям Евростандарта высушенные плоды должны иметь товарный вид, не иметь повреждений, постороннего привкуса или запаха, значительных

поверхностных пороков, пятен. В зависимости от содержания влаги, текстура сушеных плодов может некоторым образом изменяться (таблица 4).

Таблица 4–Содержание влаги и текстура сушеных плодов манго

Содержание влаги в сушеных плодах	Уровень содержания влаги		Текстура
	мин %	макс %	
Высокое	25	40	Мягкая и гибкая
Среднее	14	15	Твердая, но гибкая
Пониженное	12	14	Очень твердая
Низкое	6	11	Жесткая и хрупкая

В каждой партии разрешается наличие продукта, который не полностью соответствует предъявляемым требованиям к размерам и качеству указанного сорта или имеет незначительные дефекты (таблица 5).

Лучшими для сушки являются плоды персиков сортов Августовский и Осенний десерт.

Таблица 5–Допустимые дефекты сушеных плодов персиков

Допустимые дефекты сушеных плодов	Процентная доля дефектных сушеных плодов по массе		
	Высший сорт	Первый сорт	Второй сорт
Поврежденные вредителями или заплесневелые, гнилые, с признаками ферментации, из которых не более	1	2	3
С признаками ферментации	0,5	1	1
Заплесневелые плоды	0,5	1	1

Как видно из данных таблицы 5, стандартами Евросоюза допускается некоторое количество сушеных плодов с небольшими дефектами.

Сушка субтропических плодов является рентабельным производством для предприятий малой мощности и дает значительный экономический эффект. Например, 1 кг сушеного манго стоит 1700 руб.

Выводы

В КубГТУ разработана оригинальная технология сушки плодового сырья в электрической сушилке, под воздействием ЭМП НЧ, в среде инертного газа. Предложена конструкция установки для сушки плодов. Определена зависимость текстуры сушеных плодов от содержания влаги.

Оценка пищевой ценности продуктов конвективной сушки показала, что по органолептическим, физико-химическим показателям и усвояемости, плоды, высушенные по новой технологии, представляют собой высококачественные изделия и пользуются спросом у населения.

Литература

1. Патент РФ № 2018245. МПК А 23 L 3/52, А 23 L 1/18. Способ сушки пищевых продуктов /Нариниянц Г.Р., Квасенков О.И., Касьянов Г.И. Заявка № 5043279/13, заявлено 25.05.1992, опубликовано 30.08.1994.

2. Патент РФ № 2503261. МПК А 23 L 1/212. Способ производства пищевого продукта из персиков /Квасенков О.И. Заявка № 2012136309/13, заявлено 27.08.2012, опубликовано 10.01.2014.

3. Патент РФ № 2502334. МПК А 23 L 1/212. Способ производства пищевого продукта из персиков /Квасенков О.И. Заявка № 2012136340/13, заявлено 27.08.2012, опубликовано 27.12.2013.

4. Патент РФ № 2501308. МПК А 23 L 1/00. Способ производства пищевого продукта из плодового сырья / Мартиросян В.В. Заявка № 2011119101/13, заявлено 13.05.2011, опубликовано 20.12.2013.

5. Патент РФ № 2498625. МПК А 23 L 1/212. Способ производства пищевого продукта из манго /Квасенков О.И. Заявка № 2012136282/13, заявлено 27.08.2012, опубликовано 20.11.2013.

6. Патент РФ № 2195824. МПК А 23 В 7/02. Способ сушки плодов и овощей /Иванов В.А., Сапунов Г.С.. Заявка № 2000116678/13, заявлено 23.06.2000, опубликовано 10.01.2003.

REFERENCES

1. Patent RF № 2018245. МПК А 23 L 3/52, А 23 L 1/18. Sposob sushki pishchevykh produktov /Nariniyants G.R., Kvasenkov O.I., Kasyanov G.I. Zayavka № 5043279/13, zayavleno 25.05.1992, opublikovano 30.08.1994.

2. Patent RF № 2503261. MPK A 23 L 1/212. Sposob proizvodstva pishchevogo produkta iz persikov /Kvasenkov O.I. Zayavka № 2012136309/13, zayavleno 27.08.2012, opublikovano 10.01.2014.

3. Patent RF № 2502334. MPK A 23 L 1/212. Sposob proizvodstva pishchevogo produkta iz persikov /Kvasenkov O.I. Zayavka № 2012136340/13, zayavleno 27.08.2012, opublikovano 27.12.2013.

4. Patent RF № 2501308. MPK A 23 L 1/00. Sposob proizvodstva pishchevogo produkta iz plodovogo syrya / Martirosyan V.V. Zayavka № 2011119101/13, zayavleno 13.05.2011, opublikovano 20.12.2013.

5. Patent RF № 2498625. MPK A 23 L 1/212. Sposob proizvodstva pishchevogo produkta iz mango /Kvasenkov O.I. Zayavka № 2012136282/13, zayavleno 27.08.2012, opublikovano 20.11.2013.

6. Patent RF № 2195824. MPK A 23 V 7/02. Sposob sushki plodov i ovoshchey /Ivanov V.A., Sapunov G.S.. Zayavka № 2000116678/13, zayavleno 23.06.2000, opublikovano 10.01.2003.

DEVELOPMENT OF TECHNIQUES AND TECHNOLOGIES OF DRYING FRUITS

E.I. MYAKINNIKOVA, G.I. KASYANOV, O.I. KVASENKOV

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072*

Subtropical fruits are very popular among the population of many countries of the world. Despite being very popular fruit products, the shelf life in its natural form is very limited.

The aim of this work was to develop technology for the careful drying of fruit raw materials, providing a more complete preservation of the original content of valuable components due to use as a drying agent inert gas.

To achieve this goal following tasks were solved:

to determine thermophysical properties of fruits grown in the subtropical zone of the Krasnodar region;

to construct a compact drying unit, which allows for the simultaneous drying of different kinds of fruit-raw materials;

- to develop a rational modes of removal of moisture from the fruit of the raw materials used as inert gas, carbon dioxide;

to justify the choice of technological methods of preparation of the fruit and the duration of the interval of drying.

Fresh kiwi fruits, mangoes, peaches and persimmons are popular fresh and catering, however, in the dried state they are no less delicious and healthy. Dried fruits, kiwi, mango, peaches and persimmons are very exquisite, unique aroma and taste.

Analyzed the chemical composition of fresh and dried fruits, kiwi, mango, peaches, and persimmons. A diagram of a multi-storey electric dryer, allow to dry, prepared and sliced fruits in the environment of carbon dioxide.

In the Kuban state University of technology developed an original technology for drying fruit raw materials in an electric dryer, under the influence of EMF woofers, in an inert gas environment. The proposed design of the installation for drying fruits. Determined the dependence of the texture of dried fruit from moisture.

Keywords: kiwi, mango, peaches, persimmons, the technology of drying, rate of drying, chemical composition