

УДК 573.6.086.83: 664.002.35

РАЗРАБОТКА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ СУБТРОПИЧЕСКИХ ПЛОДОВ

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND DRY SUBTROPICAL FRUITS

Мякинникова Елена Исааковна

докторант кафедры Технологии продуктов питания
животного происхождения,
Кубанский государственный
технологических университет
elenamyakinnikova@mail.ru

Касьянов Геннадий Иванович

доктор технических наук, профессор,
Кубанский государственный
технологических университет
kasyanov@kubstu.ru

Аннотация. Проанализированы особенности химического состава свежих и высушенных плодов киви, манго, персиков и хурмы. Приведена схема ленточной инфракрасной сушилки, позволяющей сушить подготовленные и нарезанные плоды в среде инертного газа.

Исследован качественный состав сухого субтропического сырья по органолептическим, физико-химическим показателям и усвояемости. Установлено, что плоды, высушенные по новой технологии, представляют собой высококачественные изделия и пользуются спросом у населения.

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

Myakinnikova Elena Isaakovna

doctoral candidate of chair of
Technology of food of an animal origin,
Kuban State University of Technology
elenamyakinnikova@mail.ru

Kasyanov Gennady Ivanovich

Doctor of Engineering, professor,
Kuban State University of Technology
kasyanov@kubstu.ru

Annotation. The features of the chemical composition of fresh and dried governmental kiwi fruit, mango, peach and persimmon. The scheme band infrared dryer to enable dry prepared and sliced fruit in an inert gas atmosphere.

The qualitative composition of the raw material for dry subtropical organolepticheskim, physico-chemical parameters and digestibility. It was found that the fruits dried on the new technology, interior ha-are-quality products and are in demand among the population.

Keywords: kiwi, mango, peach, persimmon, the technology of the drying process, the drying rate, the chemical composition.

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 продукта 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 аргона;
- 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 аргона. 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):

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

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: $\frac{\text{кДж}}{\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{град}}$ (ГОСТ 30256).

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

$$\chi = \frac{\lambda}{c_p \rho}, \quad (2)$$

где χ — температуропроводность; λ — теплопроводность; c_p — изобарная удельная теплоёмкость; ρ — плотность.

В таблице 1 приведены теплофизические свойства субтропических плодов.

Таблица 1 – Теплофизические свойства плодов

| Плоды | Удельная теплоёмкость, Ср, кДж/(кг·К) | Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К) | Коэффициент температуропроводности, м ² /с, а·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 1, плоды отличаются сравнительно высокой теплопроводностью и способны быстро нагреваться.

Экспериментальная часть

Для выполнения исследований по совершенствованию технологии сушки плодового сырья, сконструирована ярусная сушильная установка, с использованием в качестве сушильного агента аргона (рис. 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, оснащенную пористыми ленточными транспортерами, с источником ИК излучения и устройством для импульсной подачи инертного газа.

На рисунке 1 показана установка для сушки растительного сырья, состоящая из корпуса с перегородками, перфорированных транспортерных лент, инфракрасных излучателей и системы подачи инертного газа.

Отличительной особенностью спроектированной сушилки является оригинальная система подачи нагретого аргона. Теплый газ, с температурой установленной с помощью терморегулятора в интервале от 35 до 65 °С, подается снизу не через пористые ленты транспортеров. Обработка сырья ИК облучением в диапазоне 2,5–0,76 мкм и импульсная подача инертного газа позволяет ускорить процесс обезвоживания в 1,5–2 раза интенсивнее по сравнению со способом конвективной сушки.

Такая обработка позволяет значительно сэкономить потребление электрической энергии, получив продукт, максимально сохранивший свою питательную ценность. Одновременно с процессом сушки идет стерилизация продуктов — уничтожение в ней различных бактерий и микробов. По сравнению с другими способами высушивания, стерилизация ИК-лучами дает возможность гораздо дольше хранить обработанные плоды.

При проведении исследований по определению показателей качества и безопасности плодового сырья 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.

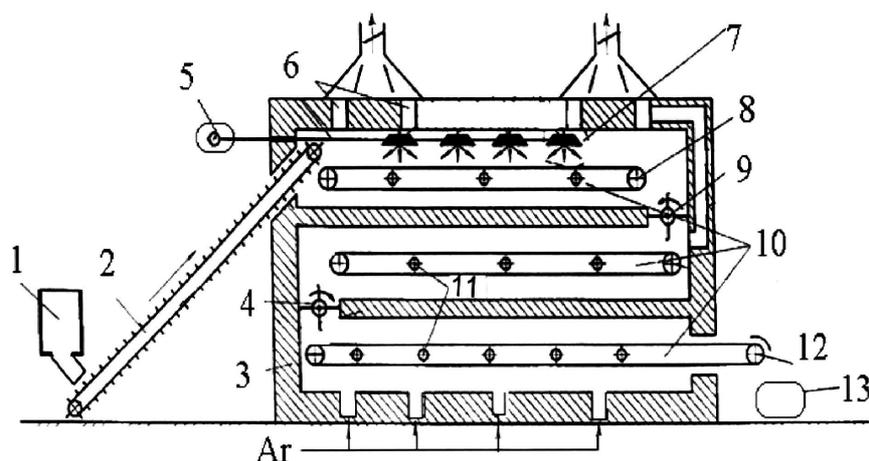


Рис. 1. Инфракрасная сушилка для плодов и ягод в среде инертного газа:

1 – бункер для сырья; 2 – скребковый транспортер; 3 – корпус с перегородками; 4, 9 – лопастной затвор; 5 – электрошкаф; 6 – вытяжные каналы; 7 – ИК-излучатели; 8, 12 – независимый привод транспортера; 10 – перфорированный транспортер; 11 – сопла; 13 – сборная емкость

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 (табл. 4).

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

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

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 |

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 сушилке, под воздействием ИК- излучения, с импульсной обработкой инертным газом. 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. The patent of the Russian Federation № 2018245. IPC A 23 L 3/52, A 23 L 1/18. The method of drying food / Nariniyants G.R., Kvasenkov O.I., Kasyanov G.I. Application № 5043279/13, stated 25.05.1992, published on 30.08.1994.

2. The patent of the Russian Federation № 2503261. IPC A 23 L 1/212. A method of producing a food product from peaches / Kvasenkov O.I. Application № 2012136309/13, stated 27.08.2012, published on 01.10.2014.

3. The patent of the Russian Federation № 2502334. IPC A 23 L 1/212. A method of producing a food product from peaches / Kvasenkov O.I. Application № 2012136340/13, stated 27.08.2012, published on 27.12.2013.

4. The patent of the Russian Federation № 2501308. IPC A 23 L 1/00. A method of producing a food product from the PLO-dovogo raw / V. Martirosyan. Application № 2011119101/13, stated 13.05.2011, published on 20.12.2013.

5. RF Patent № 2498625. IPC A 23 L 1/212. A method of producing a food product from a mango / Kvasenkov O.I. Application № 2012136282/13, stated 27.08.2012, published on 20.11.2013.

6. RF Patent № 2195824. IPC A 23 7/02. The method of drying fruits and vegetables / V.A. Ivanov, G.S. Sapunoff. Application № 2000116678/13, stated 23.06.2000, published on 10.01.2003.