

Автор ер.

Ф 20

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

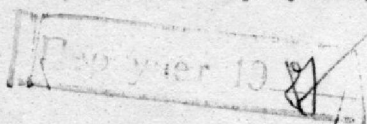
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Аспирант ФАМ ТХИ БЕ НАМ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСМОТИЧЕСКОГО
ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ПЛОДОВ

(специальность 05.371, Технология консервирования
пищевых продуктов)



А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1970

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

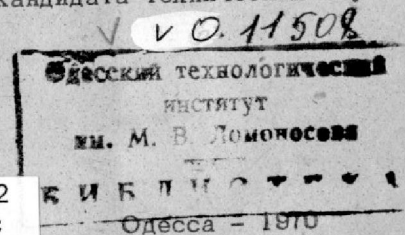
На правах рукописи

Аспирант ФАМ ТХИ БЕ НАМ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСМОТИЧЕСКОГО
ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ПЛОДОВ

(специальность 05.371, Технология консервирования
пищевых продуктов)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



ОНАХТ 30.05.12
Исследование процесс



v011508

Автор v 011508
Ф.И.О. ФАМ ТХИ БЕ НАМ
Иссл. процесса осмотич.
б/ч

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова.

Научные руководители:
кандидат технических наук доцент Б.Л.Флауменбаум
кандидат технических наук доцент М.А.Гришин

Официальные оппоненты:
доктор технических наук А.Л.Фельдман
кандидат технических наук С.Б.Иванченко

Ведущее предприятие - Консервный завод им.1 Мая
г.Симферополь.

Автореферат разослан "16" ноября 1970 г.

Защита диссертации состоится "25" декабря 1970 г.

на заседании Совета Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова, г.Одесса, ул.Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью учреждения, просим направить в Совет института по адресу: г.Одесса, ГСП-510, ул.Свердлова, 112.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА

Л.А.ЗАПОРОЖЕЦ

ВВЕДЕНИЕ

Все применяющиеся в настоящее время методы тепловой сушки растительного сырья (сушка кондуктивная, конвективная, радиационная, в электрическом поле высокой частоты и др.) связаны с изменением агрегатного состояния влаги. В свою очередь фазовые превращения воды влекут за собой необратимые изменения структуры и химического состава сырья, что в конечном счете, неизбежно приводит к ухудшению качества продукции.

Несколько лет назад в литературе появились сведения о новом, так называемом осмотическом методе обезвоживания плодов, при котором удаление влаги происходит без изменения ее агрегатного состояния. Для этого растительное сырье выдерживают в концентрированном сахарном сиропе. В процессе такой выдержки влага из сырья удаляется осмотическим путем без фазовых превращений, что благотворно отражается на качестве обезвоженной продукции.

В литературе нет данных, которые бы характеризовали этот перспективный метод обезвоживания применительно к различным видам плодового сырья, и которые необходимы для разработки соответствующего технологического процесса. В частности, не исследована реакция всевозможных плодов и ягод на осмотическое воздействие высоких концентраций сахарного сиропа, не изучены особенности контактного массообмена этого процесса, не известны физико-химические и биохимические изменения, происходящие в плодах при такой обработке, мало имеется сведений и о кинетике процесса осмотического обезвоживания плодов.

В связи с этим в настоящей работе были изучены:

- эффект осмотического обезвоживания применительно к различным видам плодов и ягод;

- факторы, влияющие на процесс осмотического обезвоживания сырья: концентрация сахарного сиропа, температура, соотношение между количеством сиропа и плодов, принудительная циркуляция и т.д.;

- характер массообмена в процессе осмотического обезвоживания (выщелачивание кислот, витаминов и других растворимых веществ из плодов в сироп, впитывание сахара плодами);

- закономерности процесса осмотического обезвоживания плодов, которые могут быть положены в основу инженерных расчетов;

- процесс тепловой сушки осмотически обезвоженных плодов и его параметры;

- качество сушеного сырья в процессе хранения.

Диссертационная работа состоит из пяти глав.

В первой главе - литературном обзоре изложены особенности различных способов сушки плодов, включая осмотическое обезвоживание. Во второй главе приведены использованные в процессе работы методы исследования. Третья глава посвящена экспериментальному изучению процесса осмотического обезвоживания плодов. В четвертой главе освещены особенности тепловой сушки растительного сырья после его осмотического обезвоживания. В пятой главе представлены данные производственных испытаний и результаты исследования качества высушенных по новой технологии плодов в процессе хранения.

Работа выполнена на 167 страницах машинописного текста, содержит 18 таблиц, иллюстрирована 68 рисунками.

Лабораторные исследования проводили на кафедрах технологии консервирования и технологии сушки Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова, производственные испытания на Симферопольском консервном заводе им. 1 Мая.

ГЛАВА 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСМОТИЧЕСКОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ПЛОДОВ

Эффект осмотического обезвоживания различных видов плодов и ягод. Осмотическое обезвоживание изучали применительно к следующим видам фруктового сырья: яблокам, абрикосам, айве, персикам, грушам, сливе, вишне, черешне, винограду, крыжовнику, клубнике, малине, землянике.

Перед погружением в сироп плоды нарезают на дольки, половинки или кубики, а ягоды погружали в целом виде.

Навески плодов и ягод опускали в сахарный сироп разной концентрации при различной температуре и выдерживали их от нескольких часов до нескольких суток. Соотношение между плодами и сиропом изменяли в пределах от 1:1 до 1:8. Через определенные промежутки времени навески плодов

извлекали из сиропа и взвешивали, определяли содержание влаги в плодах и ягодах.

В табл.1 приведены результаты осмотического обезвоживания сырья после 24 часов выдерживания в 70%-ном сахарном сиропе при температуре 20°C и соотношении между сиропом и плодами 4:1.

ВЫХОД ОСМОТИЧЕСКИ ОБЕЗВОЖЕННОГО СЫРЬЯ (в процентах к первоначальной массе)

Таблица 1

Наименование сырья	В ы х о д
Морковь	41,0
А й в а	52,4
Яблоки (дольки)	54,9
Сливы (половинки)	55,0
Груши (дольки)	56,3
Абрикосы (половинки)	58,4
М а л и н а	60,3
Персики (половинки)	62,0
Земляника	64,4
Абрикосы (целые)	68,0
Крыжовник	72,3
Виноград бланшированный	74,1
Черешня	75,1
Сливы (целые)	76,6
Персики (целые)	77,7
Вишня бланшированная	83,0
Вишня небланшированная	84,0
Виноград небланшированный	98,0

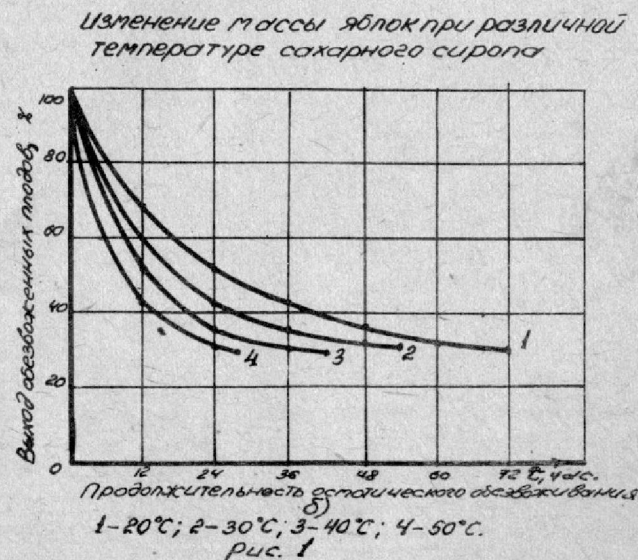
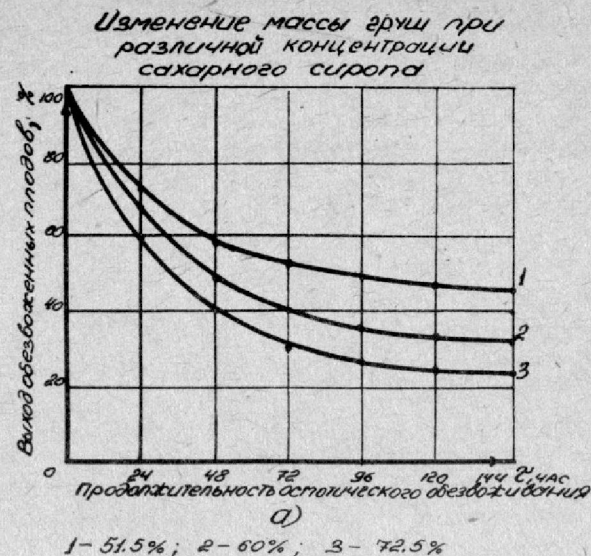
Из таблицы видно, что путем осмотического отсасывания влаги можно действительно добиться обезвоживания растительного сырья. Особенно эффективен этот метод для моркови, айвы, яблок, слив (половинками), груш и абрикосов. В течение суток эти виды сырья теряют около 50% массы. Из винограда, вишен, персиков, черешен влага осмотически отсасывается слабо. Поэтому дальнейшие опыты проводили с яблоками, грушами, айвой, сливами и абрикосами.

Влияние концентрации сиропа на кинетику осмотического обезвоживания плодов. Подготовленные образцы плодов помещали в сахарный сироп разной концентрации от 50 до 80% при температуре 20–22°C. Кинетика осмотического обезвоживания груш приведены на рис. 1а. Из рисунка видно, что скорость осмотического обезвоживания с увеличением концентрации сахарного сиропа возрастает. Так, при концентрации сиропа 51,5% потери массы осмотически обезвоженных груш после 48 часов составляют свыше 40%, а при концентрации сиропа 72,5% – свыше 60%. Аналогичные результаты получены и по другим видам сырья. По-видимому, для практических целей следует рекомендовать применение сиропа повышенной концентрации, порядка 70%.

Результаты исследований показали, что скорость осмотического обезвоживания по мере выдержки плодов в сиропе заметно снижается, причем после 3–4 суток обработки сырье теряет 65–75% массы, что соответствует конечной влажности 25–40%.

Все же, несмотря на значительный эффект осмотического обезвоживания, конечная влажность плодов остается довольно высокой и для обеспечения сохранности плодов они должны быть дополнительно подвергнуты тепловой сушке. Таким образом, вырисовывается новая технология получения сухофруктов, – комбинация осмотического обезвоживания с последующей тепловой сушкой, – в процессе которой удаляется уже значительно меньшее количество влаги.

Зависимость скорости осмотического обезвоживания от температуры сиропа. Исследование влияния температуры на кинетику осмотического обезвоживания проводили в диапазоне температур сахарного сиропа от 20 до 50°C (через каждые 10°C). При рассмотрении рис. 1б видно, что с повышением температуры осмотическое отсасывание влаги из плодов усиливается и время, необходимое для обезвоживания, резко сокращается. Например, чтобы достигнуть уменьшения массы яблок порядка 70% при температуре сиропа 20°C, требуется вести процесс в течение 72 часов. При температуре же сиропа 50°C этой степени обезвоживания можно достичь всего за 24 часа. Однако, как это будет показано ниже, с повышением температуры заметно интенсифицируются другие массообменные процессы – выщелачивание кислот и водорастворимых витаминов из плодов в сироп, впитывание сахара из

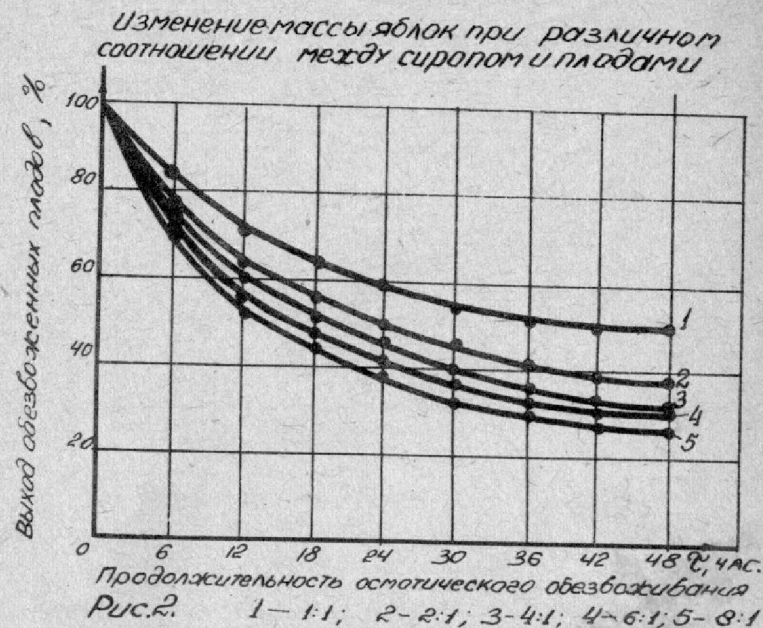


сиропа в плоды. Поэтому выбирать температуру следует с учетом всех факторов, определяющих массообменный процесс осмотического обезвоживания.

Влияние различных сиропов на процесс осмотического обезвоживания. Изучали в сравнительном разрезе кинетику осмотического обезвоживания, проводимого с помощью сиропов из сахарозы, инвертного сахара и сухого сахара. Исследования показали, что наиболее интенсивно осмотическое обезвоживание проходит в растворе инвертного сахара, а медленнее всего влага отсасывается при обработке плодов - сухим сахаром. Так, например, масса яблок в инвертном сиропе в течение 12 часов снижается на 55%, а в сиропе из сахарозы - на 45%. Для снижения же массы плодов на 55% с помощью сухого сахара требуется 24 часа.

Влияние соотношения между массой сиропа (G_c) и плодов (G_n) на кинетику осмотического обезвоживания плодов. Опыты проводили при разном соотношении между сиропом и плодами в интервале от 1:1 до 8:1 при температуре 20°C и концентрации сахарного сиропа - 70%.

Исследование показало, что с повышением $n = \frac{G_c}{G_n}$ интенсивность осмотического отсасывания влаги увеличивается. Соответствующие данные в опытах с яблоками приведены на рис.2. Из графика видно, что при $n = 8$ уменьшение массы плодов составляет примерно 75%, а при $n = 1$ масса плодов за это же время уменьшается только на 50%. Неодинаковая скорость осмотического обезвоживания при различных значениях n , по-видимому, связана с неодинаковой степенью разбавления сиропа влагой, извлекаемой из плодов, и понижением его концентрации. Так, при $n = 8$ концентрация сиропа через 48 часов снижалась с 70 до 65%, а при $n = 1$ понижение концентрации доходило до 45%. Очевидно, необходимо выбирать такое соотношение массы сиропа и плодов, при котором осмотический потенциал сиропа будет изменяться в процессе обработки не слишком значительно и чтобы в то же время объемы массообменных компонентов были невелики. Судя по рис.2, эффективность обработки мало изменяется в интервале $n = 4-8$. Поэтому можно рекомендовать для практических целей соотношение между сиропом и плодами 4:1.



Интенсификация процесса осмотического обезвоживания плодов. Изучали возможность интенсификации процесса осмотического обезвоживания плодов, погружая сырье в непрерывно циркулирующий сироп, а также применяя встряхивание сосуда. Из рис.3 видно, что такие технологические приемы усиливают интенсивность процесса осмотического обезвоживания, причем циркуляция более эффективна, чем встряхивание.

Особенности процесса массообмена при осмотическом обезвоживании плодов. В процессе выдержки плодов в концентрированном сахарном сиропе происходит не только обезвоживание, но и выщелачивание ряда водорастворимых веществ плодов (органических кислот, витамина С и т.д.). С другой стороны, некоторая часть сахара из сиропа проникает в растительную ткань. Эти массообменные процессы усиливаются с повышением температуры.

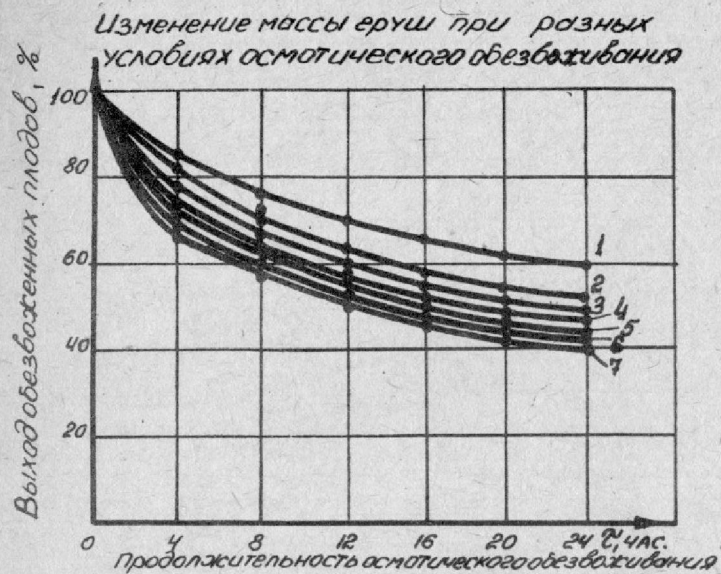


Рис. 3 1-сухой сахар; 2-раствор сахарозы; 3-при встряхивании раствора сахарозы; 4-при циркуляции раствора сахарозы; 5-раствор инвертного сахара; 6-при встряхивании раствора инвертного сахара; 7-при циркуляции раствора инвертного сахара.

На рис. 4а приведены данные изменения общей кислотности плодов в процессе осмотического обезвоживания при разных температурах. Из графика видно, что при выдержке плодов в сахарном сиропе (определения проведены через 6 часов) кислотность уменьшается, особенно при повышении температуры. Так, для яблок уменьшение кислотности при 20°C составляет около 25%, а при 60°C - около 80%. Абрикосы меньше подвергаются выщелачиванию: потери при 20°C составляют около 20%, а при 60°C - около 60%. То же можно сказать в отношении выщелачивания витамина С (рис. 4б).

Потери этих ценных пищевых веществ можно в какой-то мере компенсировать, подкисляя используемый для осмотического обезвоживания сироп лимонной или другой подходящей органической кислотой и добавляя в него аскорбиновую

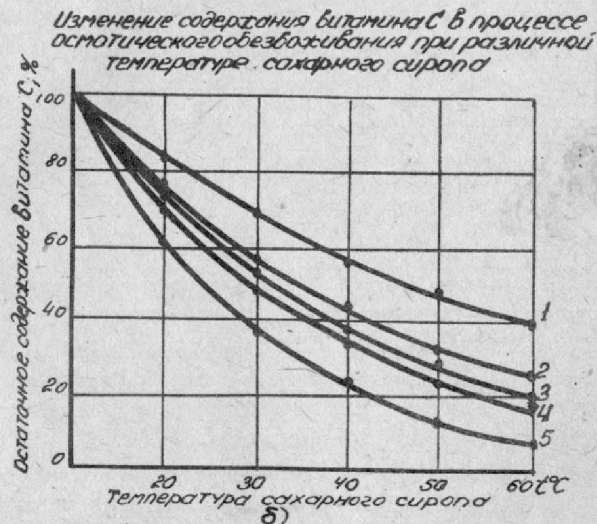
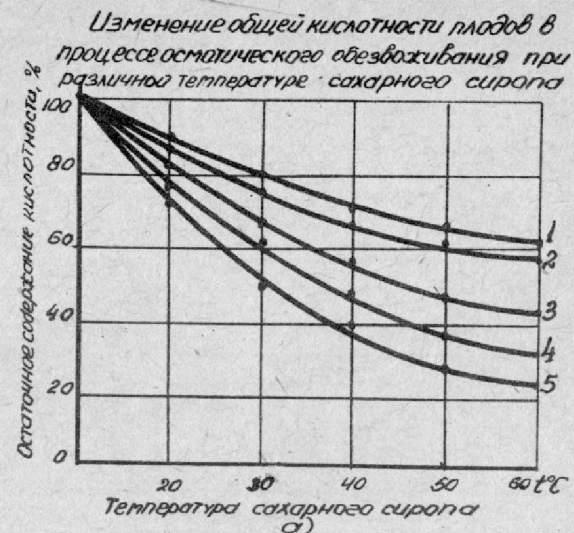


Рис. 4 1-сливы; 2-груши; 3-абрикосы; 4-айва; 5-яблоки.

кислоту. В плодах, подвергнутых осмотическому обезвоживанию заметно уменьшается активность окислительных ферментов (рис.5), которая находится в обратной зависимости от концентрации сиропа. Так, активность полифенолоксидазы абрикосов спустя 12 часов выдержки в 50%-ном сахарном сиропе снижается на 20%, а в 70%-ном - на 40%. Возможно, и

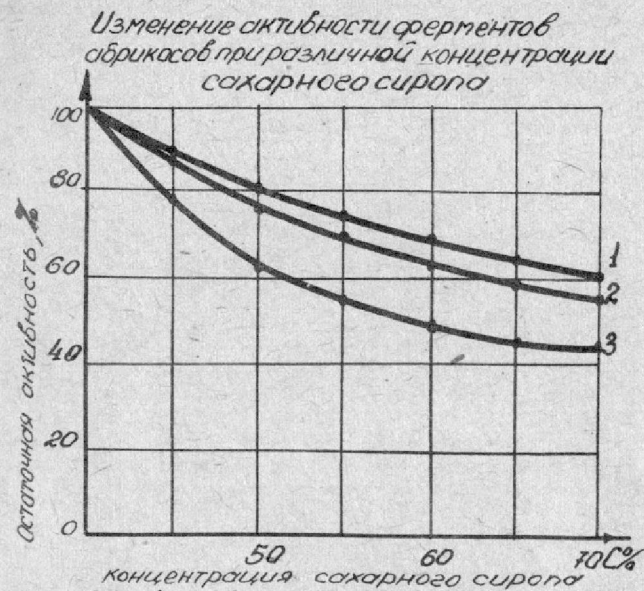


Рис.5. 1-полифенолоксидаза; 2-аскорбиноксидаза; 3-каталаза.

в этом случае снижение активности ферментов связано с массообменными процессами, хотя не исключено и ингибирующее влияние высоких концентраций сахара.

На рис.6 осмотическое обезвоживание различных плодов при выдержке в 70%-ном сахарном сиропе сопоставлено с поглощением ими сахара из сиропа. График показывает, что скорость обоих массообменных процессов растет с повышением температуры. Для того чтобы получить представление о коллоидно-химических изменениях, происходящих в осмотически обезвоженных плодах, были проведены опыты по обводнению таких плодов. На рис.7 представлены эти оба

процесса: извлечение влаги из яблок при выдержке в сахарном сиропе и набухаемость их при последующем погружении в воду. График показывает полную обратимость процесса, что является важным аргументом в пользу нового метода обезвоживания плодов.

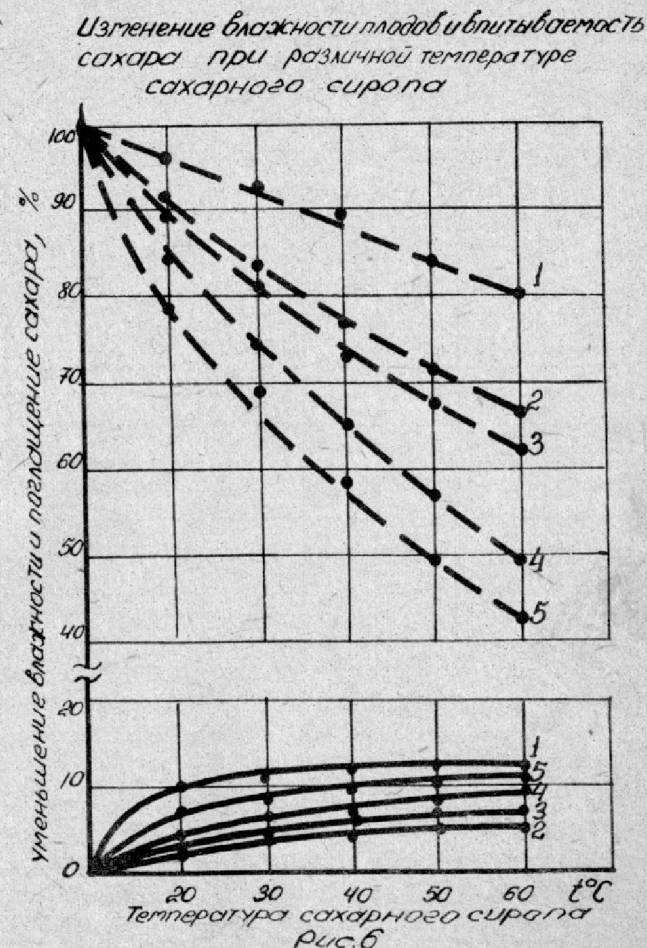
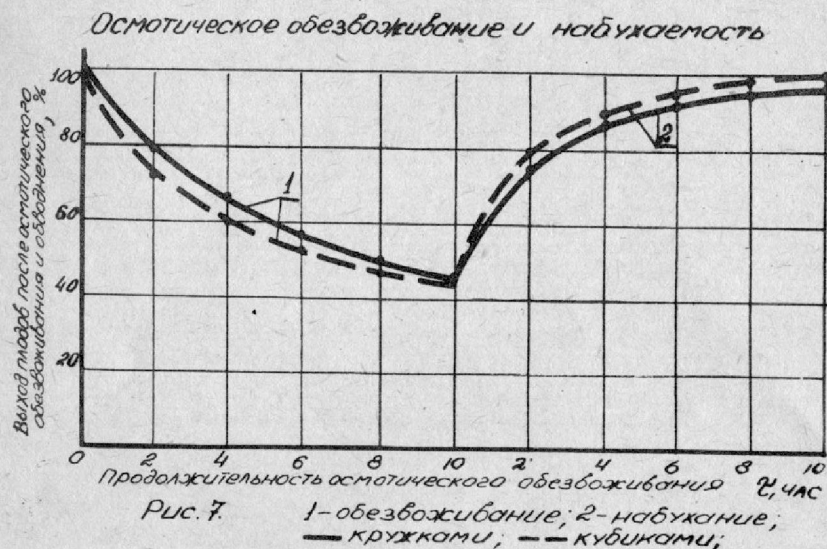


Рис.6
1-сливы; 2-груши; 3-абрикосы;
4-апельсин; 5-яблоки
— влага; — — сахар;

Завершая обсуждение результатов исследований, приведенных в настоящем разделе, следует, прежде всего, отметить, что осмотическое обезвоживание плодов является исключительно эффективным технологическим приемом, позволяющим извлечь подавляющую часть (около 2/3) содержащейся в плодах влаги без фазовых превращений. Так как влажность плодов после осмотического обезвоживания остается еще на довольно высоком уровне (45-55%), этот процесс не может служить самостоятельным методом получения сухих плодов, а может быть использован как средство предварительного обезвоживания сырья перед тепловой сушкой. Та-



кой комбинированный способ сушки плодового сырья должен иметь преимущества перед традиционным способом конвективной тепловой сушки, поскольку при таком сочетании методов обезвоживания, лучше сохраняются коллоидно-химические свойства плодов и их пищевая ценность. Эффективнее всего процесс осмотического обезвоживания плодов проходит в течение 12-24 часов при комнатной температуре в цир-

кулирующем инвертном сиропе 70-75%-ной концентрации и соотношении между сиропом и плодами 4:1.

Математическое описание процесса осмотического обезвоживания плодов. Рассматривая кривые осмотического обезвоживания плодов (рис. 1-3), можно заметить, что все они имеют экспоненциальный характер. Как известно, такие кривые при построении в полулогарифмических координатах выпрямляются, что дает возможность охарактеризовать процесс простыми аналитическими выражениями.

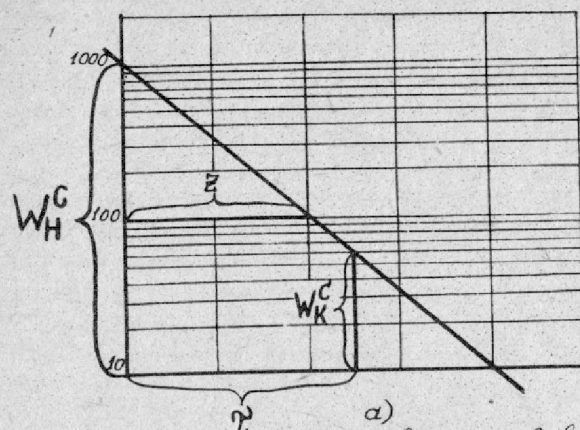
Если по вертикальной оси отложить логарифмические значения влагосодержания плодов при осмотическом обезвоживании, а по горизонтальной — соответствующие отрезки времени в линейных единицах, то получится прямая линия, изображенная на рис. 8а. Соответствующая этой прямой формула может быть записана так:

$$\lg \frac{W_n^c}{W_k^c} = \frac{\tau}{Z} \quad (1)$$

где W_n^c — начальное влагосодержание плодов, %;
 W_k^c — конечное влагосодержание плодов, %;
 τ — время осмотического обезвоживания плодов от W_n^c до W_k^c , час;
 Z — время осмотического обезвоживания (час), которое необходимо для того, чтобы прямая осмотического обезвоживания прошла относительно вертикальной оси один логарифмический цикл, т.е. чтобы влагосодержание уменьшилось в 10 раз. Величина Z может быть использована как важнейший показатель, характеризующий процесс осмотического обезвоживания, который можно назвать константой осмотической инерции (математически наклон прямой характеризуется величиной $\frac{1}{Z}$, но поскольку в числителе находится постоянная величина, Z является константой).

Выпрямленные кривые осмотического обезвоживания различных плодов показаны на рис. 8б. Судя по рисунку, постоянная Z дает возможность количественно сравнить способность различных плодов к осмотическому обезвоживанию при выдержке их в сахарном сиропе. Следует отметить, что величина Z является показателем, который обобщает всевозможные факторы процесса, т.е. не только, например, вид сырья, но и способ его обработки перед погружением в сироп.

Математический расчет времени
осмотического обезвоживания плодов



Осмотическое обезвоживание плодов при
концентрации сиропа 70% и соотношении между
сиропом и плодами 4:1 (Температура 20°C)

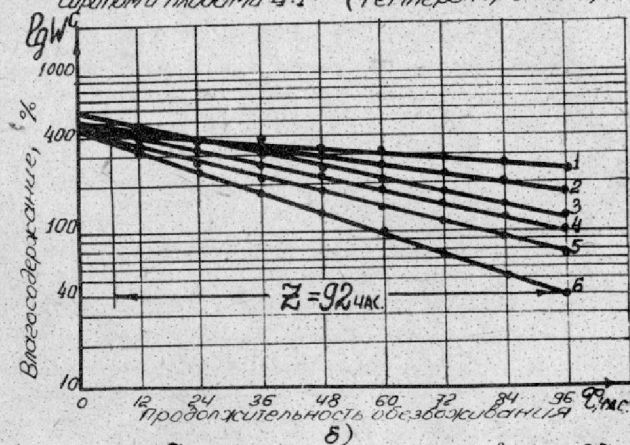


Рис. 8 1-сливы $Z=375$ час; 2-виноград $Z=199$ час;
3-слива $Z=142$ час; 4-абрикосы $Z=138$ час;
5-груши $Z=126$ час; 6-яблоки $Z=92$ час;

Можно, например, сказать, что груши, которые были подвергнуты той же механической обработке, что и яблоки, примерно на 36% более инерционны в отношении осмотического обезвоживания.

Уравнение (1) для инженерных расчетов удобно представить в виде

$$\tau = Z \lg \frac{W_H^C}{W_K^C} \quad (2)$$

Из этого выражения, имея осмотические характеристики плодов для данных условий (Z), можно рассчитать время, необходимое для осмотического обезвоживания в интервале $W_H^C - W_K^C$.

При изучении полученного экспериментального материала было обнаружено, что осмотические характеристики или константы осмотической инерции плодов (Z) зависят, в основном, от соотношения между сиропом и плодами.

Как видно из рис. 9а и 9б, зависимость эта для первых двух факторов прямая, а для соотношения между сиропом и плодами - экспоненциальная и может быть представлена прямой линией в полулогарифмических координатах (рис. 9в).

Каждой из этих кривых соответствует определенное аналитическое выражение:

$$\text{для концентрации } Z_1 = \theta_1 - \text{СК}, \quad (3)$$

$$\text{для температуры } Z_2 = \theta_2 - t K_2 \quad (4)$$

для соотношения между плодами и сиропом

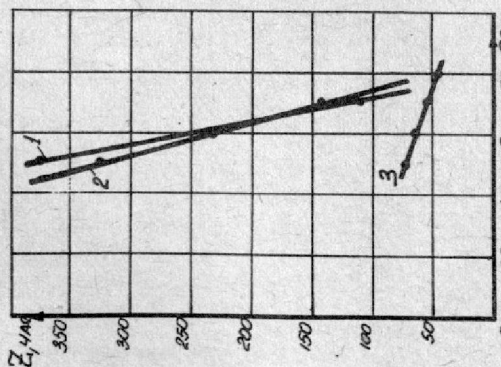
$$Z_3 = \theta_3 - K_3 \lg n \quad (5)$$

Найдя Z по одному из приведенных уравнений и подставив полученное значение в формулу (2), можно рассчитать время осмотического обезвоживания плодов.

Таким образом, можно сказать, что нам удалось в первом приближении дать приемлемое для инженерных целей математическое описание процесса осмотического обезвоживания плодов. Следует отметить, что дальнейшее накопление экспериментальных данных применительно к различным видам растительного сырья и их дальнейшая математическая обработка позволят глубже вскрыть закономерности этого процесса и дать более точное его математическое описание.

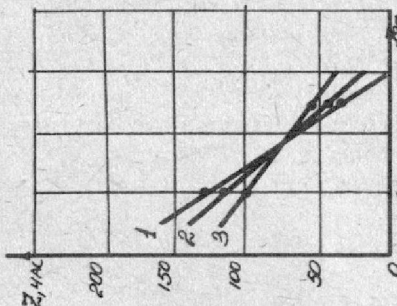
Факторы, влияющие на константу процесса осмотического обезвоживания плодов

Зависимость Z от концентрации сиропа



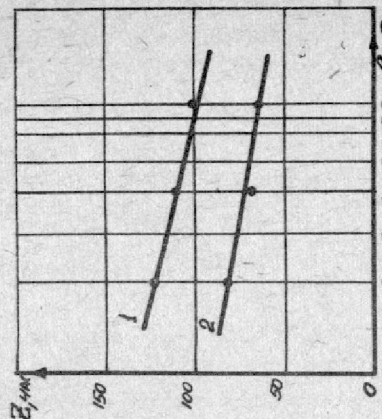
1-груши; 2-яблоки; 3-айва

Зависимость Z от температуры сиропа



1-груши; 2-айва; 3-яблоки

Зависимость Z от соотношения между сиропом и плодами



1-айва; 2-яблоки

Рис. 9

ГЛАВА II. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОЙ СУШКИ ОСМОТИЧЕСКИ ОБЕЗВОЖЕННЫХ ПЛОДОВ

В этой главе приведены результаты исследования процесса сушки в развитой стадии кипящего слоя и под вакуумом применительно ко всем видам исследуемых плодов после предварительного их обезвоживания и без применения осмоса.

При сушке плодов в развитой стадии кипящего слоя каждая частица продукта равномерно со всех сторон омывается потоком нагретого воздуха, при этом исключается местный перегрев материала и значительно интенсифицируется процесс сушки.

Исследования процесса с целью определения оптимальных параметров проводили при температурах греющего воздуха 60, 70, 80, 90 и 100°C.

Кривые сушки осмотически обезвоженных яблок приведены на рис. 10

Кривые сушки осмотически обезвоженных яблок

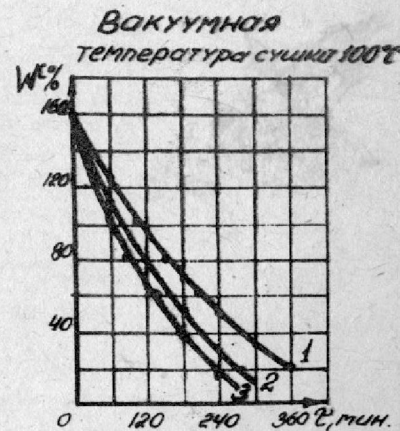
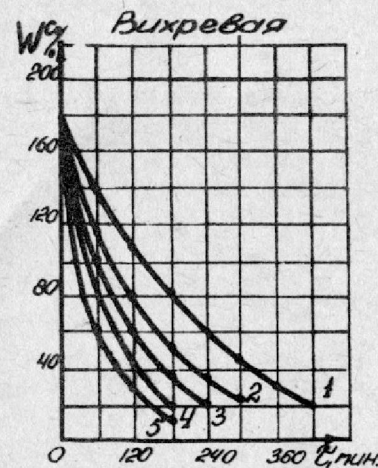


Рис. 10

1-60°C; 2-70°C;
3-80°C; 4-90°C;
5-100°C

1-вакуум 600 мм рт.ст.
2-— " — 700 — "
3-— " — 750 — "

В диссертации показано, что предварительное осмотическое обезвоживание не приводит к ускорению процесса сушки. Видимо, это связано с тем, что после выдержки плодов в сахарном сиропе повышенное содержание сахара увеличивает количество связанной влаги, сужает капилляры, замедляет передвижение влаги к поверхности плодов при сушке. Помехой может быть и тонкая пленка сиропа, покрывающая плоды после осмотического обезвоживания. Однако, как это показано ниже, качество плодов, высушенных после предварительного обезвоживания, значительно лучше, чем без него.

В результате проведенных исследований получены математические зависимости, позволяющие решить общее уравнение продолжительности сушки методом Г.К.ФИЛОНЕНКО

$$\tau = \frac{1}{N} \left[(W_1 - W_k) + A 2.3 \lg \frac{W_k - W_p}{W_2 - W_p} + \beta (W_k - W_2) \right] \quad (6)$$

где N — скорость постоянного периода сушки, %/мин;
 W_1, W_k, W_2, W_p — соответственно влагосодержание плодов: начальное, критическое, конечное и равновесное, %;

A, β — коэффициенты.

Экспериментальным путем определена зависимость скорости постоянного периода сушки различных плодов N от потенциала сушки E , весовой скорости воздуха v_p и величины удельной нагрузки абсолютно сухого материала на рабочую поверхность сетки $\frac{F}{G_c}$:

для айвы $N = 0.5 + 0.38 E v_p \frac{F}{G_c};$

для яблок $N = 0.5 + 0.47 E v_p \frac{F}{G_c};$

для абрикосов $N = 0.46 E v_p \frac{F}{G_c} - 1.5$

для груш $N = 0.4 E v_p \frac{F}{G_c} - 0.65.$

Коэффициенты A и β , характеризующие второй период сушки, определены после соответствующих математических преобразований уравнения и графической обработки кривых сушки:

айва $A = 5.2(100 - E), \quad \beta = 0.0282E - 2;$
 абрикосы $A = 4.45 - 1.35E, \quad \beta = 0.0293E - 24;$

яблоки $A = 650 - 5E, \quad \beta = 2.5 - 0.0575E;$
 груши $A = 490 - 3.77E, \quad \beta = 0.0227E - 1.7.$

Вакуумную сушку проводили при температурах 80, 100, 120, 140, 160°C при остаточном давлении $21.3 \cdot 10^3$ н/м²; $8.0 \cdot 10^3$ н/м²; $1.3 \cdot 10^3$ н/м² (вакуум 600, 700, 750 мм рт.ст.).

Как показывают экспериментальные данные, продолжительность сушки плодов с увеличением глубины вакуума резко сокращается, например: продолжительность высушивания яблок при остаточном давлении $21.3 \cdot 10^3$ н/м² (вакуум 600 мм рт.ст.) и температуре 100°C составляет 318 мин, а при остаточном давлении $1.3 \cdot 10^3$ н/м² (вакуум 750 мм рт.ст.) и этой же температуре — 204 мин, т.е. сокращается почти в 1,5 раза.

Математические зависимости, полученные при сушке под вакуумом, определяли так же, как и при сушке в развешенной среде и кипящего слоя.

Уравнения скорости постоянного периода сушки плодов под вакуумом в зависимости от потенциала сушки, температуры греющего воздуха и давления приведены в табл.2.

Таблица 2

Остаточное давление н/м ² (вакуум мм. рт.ст.)	Скорость постоянного периода сушки	
	Яблоки	Абрикосы
$1.3 \cdot 10^3$ (750)	0,945 EP - 0,15 $1,11 t_{ex}^c P - 0,7$	2,36 EP - 0,60 $2,37 t_{ex}^c P - 1,25$
$8 \cdot 10^3$ (700)	0,22 EP - 0,50 $0,166 t_{ex}^c P - 0,50$	0,48 EP - 1,15 $0,415 t_{ex}^c P - 1,45$
$21.3 \cdot 10^3$ (600)	0,75 EP - 0,40 $0,072 t_{ex}^c P - 0,65$	0,15 EP - 0,80 $0,23 t_{ex}^c P - 2,3$

Для установления оптимальных параметров процесса тепловой сушки предварительно обезвоженных плодов выяснили влияние различных режимов сушки на изменение качественных показателей пищевой ценности сушеного продукта (витамина С, цвет, набухаемость, кислотность).

Анализ экспериментальных данных (табл.3,4) показал, что наиболее благоприятной температурой тепловой сушки в развитой стадии кипящего слоя является 80-90°C, а в условиях вакуумной сушки - 100-120°C при остаточном давлении $1,3 \cdot 10^{-3}$ н/м² (вакуум 750 мм рт.ст.).

Завершая этот раздел исследования, можно сказать, что плоды, высушенные комбинированным методом - осмотическим и тепловым способами, представляют собой новый тип сухофруктов, которые своим качеством заметно превосходят продукты, полученные обычными методами тепловой сушки. Этот вид продукта отличается красивым внешним видом, хорошим ароматом, свойственным свежим плодам, и имеет приятный вкус. Поверхность плодов покрыта тонкой блестящей пленкой сиропа, прилипшего в процессе осмотического обезвоживания. Привлекательные внешние данные плодов, высушенных комбинированным методом, по сравнению с плодами, высушенными обычным способом, иллюстрируются на приведенных в диссертации цветных фотоснимках.

Новый вид сушеных плодов может быть использован не только для изготовления компотов, но и как готовое десертное блюдо, а также в качестве полуфабриката в кондитерской промышленности.

ГЛАВА III. ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СУШЕНЫХ ПЛОДОВ ПРИ ХРАНЕНИИ

Процесс осмотического обезвоживания плодов изучали не только в лабораторных, но и производственных условиях на Симферопольском консервном заводе им. 1 Мая. Производственные испытания проведены в сезоне 1968 года.

Яблоки сорта Синап в количестве 100 кг, нарезанные на кружки и освобожденные от семенной камеры, обезвоживали в 75%-ном сахарном сиропе при соотношении между сиропом и плодами 4:1 в течение 12 часов. В сироп в процессе его приготовления была добавлена лимонная кислота (20 г на 100 л сиропа) и аскорбиновая кислота (50 мг %).

По окончании процесса осмотического обезвоживания плоды отделяли от сиропа и досушивали до содержания влаги 10% в камерной сушилке при температуре 70°C.

ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОСМОТИЧЕСКИ ОБЕЗВОЖЕННЫХ ПЛОДОВ ПОСЛЕ СУШКИ В РАЗВИТОЙ СТАДИИ КИПЯЩЕГО СЛОЯ (НА СУХОЕ ВЕЩЕСТВО)

Таблица 3

Температура сушки, °C	Продолжительность сушки, мин		Общее содержание сахара, %		Общая кислотность, %		Витамин С, мг %		Оптическая плотность спиртовых вытяжек при λ = 413 нм	
	1х/	2хх/	1х/	2хх/	1х/	2хх/	1х/	2хх/	1х/	2хх/
Яблоки										
60	300	420	58,60	75,30	4,60	2,64	20,20	10,80	0,341	0,285
80	210	300	61,50	77,20	4,71	2,75	21,80	18,30	0,223	0,163
90	140	180	59,80	79,50	4,72	2,80	23,40	18,30	0,220	0,174
100	140	180	60,90	76,40	4,70	2,70	20,00	13,60	0,245	0,188
Груши										
60	300	480	46,40	63,60	1,76	1,30	20,50	25,20	0,190	0,180
80	210	300	46,80	63,80	1,79	1,31	29,30	29,10	0,085	0,090
90	140	210	46,40	64,40	1,77	1,32	31,50	30,10	0,109	0,101
100	140	210	44,90	59,40	1,75	1,27	27,80	28,60	0,180	0,138
Абрикосы										
60	270	420	46,70	56,00	12,40	5,70	6,80	6,00	0,881	0,507
80	140	180	48,20	56,50	12,90	6,30	6,80	6,30	0,460	0,425
90	120	160	49,50	56,80	13,10	6,40	7,50	6,90	0,890	0,668
100	120	120	47,70	56,00	10,90	5,90	6,40	5,80	0,900	0,702
Айва										
60	240	360	40,70	66,70	5,30	2,00	26,30	29,10	0,205	0,168
80	160	240	40,40	68,50	6,45	2,45	27,00	28,70	0,110	0,102
90	105	140	43,00	69,60	6,64	2,50	28,20	30,32	0,126	0,120
100	105	140	39,30	67,20	5,46	1,90	25,00	26,64	0,212	0,164

ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОСМОТИЧЕСКИ
ОБЕЗВОЖЕННЫХ ЯБЛОК ПОСЛЕ ВАКУУМНОЙ СУШКИ

24

Таблица 4

Темпе- ратура сушки, °C	Продолжительность сушки, мин	Общее содержание сахара, %	Общая кислот- ность, %		Витамин С, мг	% Оптическ ая плот- ность спиртовых вытяжек при $\lambda = 413$ нм	
			Остаточное давление, н/м ² (вакуум, мм рт.ст.)				
	$1,3 \cdot 10^3$ (750)	$21,3 \cdot 10^3$ (600)	$1,3 \cdot 10^3$ (750)	$8 \cdot 10^3$ (700)	$1,3 \cdot 10^3$ (750)	$8 \cdot 10^3$ (700)	$21,3 \cdot 10^3$ (600)
80	330	420	450	76,8 76,6 75,9 2,47 2,39 2,32 33,7 31,3 18,3 0,285 0,320 0,365			
100	270	270	330	77,6 76,7 76,6 2,83 2,50 2,46 35,9 32,4 20,2 0,104 0,113 0,200			
120	210	210	210	78,8 77,8 77,5 2,81 2,55 2,39 35,1 31,6 19,3 0,141 0,183 0,282			
140	180	180	180	77,9 77,4 77,0 2,20 2,50 2,32 32,5 30,3 15,6 0,149 0,213 0,910			
160	150	150	150	77,2 77,1 76,9 2,00 2,41 2,32 30,5 22,8 12,7 0,154 0,283 1,454			

ПРИМЕЧАНИЕ. Данные о кислотности, содержании сахара и витамина С приведены в пересчете на сухое вещество.

Высушенные плоды с ярко выраженным ароматом яблок были светлыми, не засахаренными и не деформированными. Показатели их химического состава (в пересчете на сухое вещество): сахар – 77,2%, кислотность – 2,4%, витамин С – 2,9 мг на 100 г. Влажность плодов после сушки составляла 9,9%, цветность по ФЭК-М – 0,058 ед. оптической плотности.

Образцы яблок, представленные на дегустационную комиссию, получили высокую органолептическую оценку. Было предложено расфасовывать обезвоженные таким способом яблоки в целлофановые или полиэтиленовые пакеты по 100–500 г.

Яблоки, осмотически обезвоженные и высушенные в производственных условиях, в дальнейшем исследовали в процессе длительного хранения. При этом некоторые показатели пищевой ценности плодов в зависимости от различных условий хранения изменились (табл.5).

Как видно из приведенных данных, высушенную продукцию желательно хранить в целлофановых пакетах или герметичной стеклянной таре.

Изменения химических и органолептических показателей качества сушеных плодов при хранении подробнее были изучены в лабораторных условиях. Образцы сушеных плодов хранили при комнатной температуре (22–25°C) в герметически укупоренных стеклянных банках.

Анализ образцов, высушенных вихревым способом, проводили после шести и девяти месяцев хранения, а изучение изменений химических показателей плодов, высушенных после предварительного обезвоживания при остаточном давлении $1,3 \cdot 10^3 \text{ н/м}^2$ (вакуум 750 мм рт.ст.), проводили в течение четырех месяцев хранения, делая анализ через каждый месяц.

Выборочные данные исследований приведены на рис. 11 и в табл.6.

Рассматривая диаграмму рис.11, можно отметить снижение содержания витамина С в сушеных абрикосах при хранении, которое особенно резко выражено в образцах с относительно большой начальной влажностью.

То же можно сказать рассматривая данные, приведенные в табл.6. Здесь основные изменения относятся к витамину С и к цвету образцов. Количество аскорбиновой кислоты

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУШЕНЫХ ЯБЛОК ПРИ ХРАНЕНИИ

Показатели	Влажность, %		Сахар, %		Кислотность, %		Витамин С, мг %		Оптическая плотность спиртовых вытяжек при $\lambda = 413$ нм	
	после сушки	через 6 мес.	после сушки	через 6 мес.	после сушки	через 6 мес.	после сушки	через 6 мес.	после сушки	через 6 мес.
Условия хранения										
Укупоренные бутылки СКО 83-3	9,9	10,1	77,2	76,6	2,40	2,38	9,94	7,0	0,058	0,060
Закрытые целлофановые пакеты	9,9	10,6	77,2	75,8	2,40	2,36	9,94	5,7	0,058	0,063
Закрытые картонные коробки	9,9	15,1	77,2	73,5	2,40	2,35	9,94	3,0	0,058	0,084

ПРИМЕЧАНИЕ. Данные о кислотности, содержании сахара и витамина С приведены в пересчете на сухое вещество.

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ХРАНЕНИИ
ЯБЛОК, ВЫСУШЕННЫХ ПРИ ОСТАТОЧНОМ ДАВЛЕНИИ
 $1,3 \cdot 10^{-3}$ н/м² (ВАКУУМ 750 мм рт.ст.) ПОСЛЕ ПРЕДВАРИ-
ТЕЛЬНОГО ОСМОТИЧЕСКОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

Таблица 6

Темпе- ратура сушки, °С	Вре- мя, мин	Показатели	После сушки	При хранении в течение месяцев			
				1	2	3	4
Влажность, %							
80	330		13,0	13,2	13,5	14,0	14,5
100	270		7,5	8,4	8,8	8,7	9,1
120	210		10,6	10,8	11,1	11,9	12,5
140	180		9,6	10,0	10,4	10,9	11,1
160	150		8,1	8,5	8,9	8,7	9,5
Общий сахар, %							
80	330		76,8	74,8	73,5	74,1	72,3
100	270		77,6	76,9	75,6	74,5	74,3
120	210		78,8	77,5	77,1	75,1	74,8
140	180		77,9	76,7	75,8	74,0	73,9
160	150		76,5	76,1	76,0	75,8	75,5
Общая кислотность, %							
80	330		2,47	2,46	2,44	2,38	2,35
100	270		2,83	2,79	2,80	2,79	2,80
120	210		2,81	2,80	2,79	2,79	2,80
140	180		2,20	2,20	2,25	2,20	2,19
160	150		2,80	2,79	2,79	2,78	2,70
Витамин С, мг %							
80	330		33,7	24,2	13,9	8,5	6,0
100	270		35,9	25,2	15,3	9,8	6,9
120	210		35,1	20,7	10,4	8,1	6,6
140	180		32,5	19,2	14,3	8,4	5,8
160	150		30,5	21,4	15,6	9,5	5,9
Оптическая плотность спиртовых вытяжек при $\lambda = 413$ нм							
80	330		0,285	0,310	0,322	0,437	0,524
100	270		0,104	0,143	0,154	0,158	0,160
120	210		0,141	0,154	0,163	0,170	0,173
140	180		0,149	0,158	0,165	0,168	0,191
160	150		0,154	0,161	0,164	0,166	0,270

ПРИМЕЧАНИЕ. Данные о кислотности, содержании сахара и витамина С приведены в пересчете на сухое вещество.

спустя 4 месяца хранения составляет около 20% его содержания в начале хранения, окраска же образцов яблок становится более темной. Это потемнение особенно заметно на образцах, высушенных при 80°C. Такие же показатели, как общий сахар и кислотность, при хранении изменяются незначительно.

В заключение следует сказать, что изготовление осмотически обезвоженных плодов можно организовать на линии производства сухофруктов с той лишь разницей, что взамен сульфитации яблок необходимо ввести процесс осмотического обезвоживания их в сахарном сиропе в ванне с движущимся транспортером и последующую досушку плодов до содержания влаги 10%.



Рис. 11

1-влажность 16.8%; 2-влажность 19.5%
3-влажность 25.0%

Комбинированный метод обезвоживания плодов позволяет получить продукт с более высокой потребительской стоимостью по сравнению с сушеными плодами, изготавливаемыми в настоящее время. При расчете затрат на производство сухофруктов с предварительным осмотическим обезвоживанием выявился экономический эффект по статьям „сырье и материалы“ и „расход пара на технологические нужды“. По статье „сырье и материалы“ сокращается на 5% расход фруктового компонента, в результате чего достигается экономия в сумме 63 рублей на одну тонну готового продукта. По предложенной технологии 2/3 подлежащей удалению влаги извлекается без фазовых превращений, что сокращает расход пара в 2,5 раза. В денежном выражении это составляет 1 рубль 44 коп. на одну тонну готового продукта. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения новой технологии производства сухофруктов на сушильном заводе средней мощности, вырабатывающем 300 тонн сушеных яблок, составит 19000 рублей.

ВЫВОДЫ

1. При погружении плодов и ягод в сахарный сироп высокой концентрации происходит заметное обезвоживание их, что позволяет использовать этот процесс в качестве технологического приема при изготовлении сушеной продукции.

При осмотическом обезвоживании основная часть влаги удаляется из плодового сырья без фазовых превращений, что положительно влияет на структуру и физико-химические свойства продукта. Плоды не размягчаются, консистенция остается плотной, окраска яркой, свойственной свежему сырью.

2. Эффект осмотического обезвоживания плодов и ягод, подвергнутых различной предварительной обработке, неодинаков: нарезанные плоды (айва, яблоки, груши, абрикосы) хорошо поддаются осмотическому обезвоживанию, а из целых плодов (винограда, вишен, слив, черешен) осмотическое отсасывание влаги происходит слабо.

3. Скорость осмотического обезвоживания возрастает с увеличением концентрации сахарного сиропа. Особенно хорошо обезвоживаются плоды при концентрации сиропа 70-75%.

4. При повышении температуры скорость осмотического обезвоживания увеличивается, а время, необходимое для обезвоживания, резко уменьшается. Для снижения массы груш на 70% при температуре сиропа 20°C процесс обезвоживания приходится проводить в течение 72 часов, а при температуре сиропа 50°C – только 24 часа. Однако с повышением температуры сиропа усиливается выщелачивание из плодов ряда питательных веществ (органических кислот, витаминов и пр.). Поэтому осмотическое обезвоживание желательно проводить при температуре 20–25°C.

5. Скорость осмотического обезвоживания зависит от отношения массы сиропа к массе плодов (n). Чем больше n , тем интенсивнее отсасывается из плодов влага. Это отношение должно быть не меньше четырех.

6. Осмотическое отсасывание влаги из плодов в различных сиропах (инвертном, сахарозном) и в сухом сахаре происходит неодинаково. Обезвоживание плодов в сиропе из сахарозы проходит слабее, чем в инвертном, и медленнее всего – в сухом сахаре.

7. При осмотическом обезвоживании наряду с удалением влаги происходит диффузионное проникновение сахара в плодовую ткань. Чем выше температура сиропа и продолжительнее процесс, тем лучше впитывается сахар, но тем больше потери водорастворимых веществ. Оптимальными условиями осмотического обезвоживания является выдержка в инвертном сиропе при комнатной температуре в течение 12–24 часов.

8. Активность окислительных ферментов (полифенолоксидазы, аскорбиноксидазы, каталазы) уменьшается с повышением концентрации сиропа. При понижении активности ферментов окисление дубильных веществ замедляется и плоды, обезвоживаясь при высокой концентрации сиропа, хорошо сохраняют свою окраску.

9. Процесс осмотического обезвоживания описывается экспоненциальным уравнением $\tau = z \lg \frac{W_n^c}{W_n^k}$, которое может быть использовано для определения расчетным путем необходимого времени сушки.

10. Предложенная для характеристики процесса осмотического обезвоживания константа z зависит от вида сырья и

способа подготовки его к обезвоживанию, а также от концентрации сиропа, температуры его и соотношения между сиропом и плодами. Постоянная осмотической инерции дает возможность количественно оценить реакцию различных плодов на осмотическое обезвоживание.

11. После осмотического обезвоживания плоды не могут долго храниться, т.к. влажность их еще относительно высока, поэтому этот процесс можно рассматривать только как предварительное обезвоживание сырья перед тепловой сушкой.

Оптимальной температурой нагретого воздуха при сушке в развитой стадии кипящего слоя является 80–90°C, а при вакуумной сушке (остаточное давление $1,3 \cdot 10^3$ н/м², – вакуум 750 мм рт.ст.) – 100–120°C.

12. Применительно к уравнению приведенной скорости сушки найдены экспериментальным путем скорость постоянного периода сушки и коэффициенты A и β . Полученные математические зависимости процесса сушки можно использовать для инженерных расчетов сушильных аппаратов.

13. Осмотическое обезвоживание плодов в концентрированных сахарных сиропах с последующей тепловой сушкой позволяет удалить большую часть влаги из сырья без фазовых превращений и получить новый вид сушеных фруктов, которые значительно превосходят своим качеством плоды, обезвоженные исключительно тепловой сушкой.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Б.Л.Флауменбаум, Фам Тхи Бе Нам, Э.А.Киселева. Исследование осмотического метода обезвоживания плодов. – „Консервная и овощесушильная промышленность“, 1968, № 12.

2. Фам Тхи Бе Нам. Особенности осмотического обезвоживания плодов. Всесоюзная межвузовская конференция по термическим методам обработки при консервировании пищевых продуктов. Тезисы докладов. Одесса, октябрь, 1969.

3. Б.Л.Флауменбаум, М.Е.Валявская, Фам Тхи Бе Нам, А.П.Шаловинская. Осмотическое обезвоживание яблок в производственных условиях. – „Консервная и овощесушильная промышленность“, 1970, № 3.

4. М.А.Гришин, Фам Тхи Бе Нам. Вихревая сушка плодов после осмотического обезвоживания. – „Известия вузов СССР Пищевая технология“, 1970, № 4.

По вопросам, рассматриваемым в диссертации, автором
сделаны доклады:

1. На Всесоюзной межвузовской конференции по термическим
методам обработки при консервировании пищевых продуктов
г.Одесса, октябрь, 1969 г.
2. На XXXI научной конференции Одесского технологического
института пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова
г.Одесса, февраль-апрель, 1970 г.

БР 04067 Подписано к печати 19.X.70 г. Объем 2 печ.л.
Уч.-изд.л. 1,8 Заказ № 258 Тираж 200 экз. 1970 г.

Лаборатория фотомеханической печати ОТИПП
имени М.В.Ломоносова, г.Одесса, ул.Свердлова, 112