

Авторефер.
Ш 40

Одесский технологический институт пищевой промышленности
им. М. В. Ломоносова

На правах рукописи

ШЛЯГУН ГАЛИНА ВАЛЕНТИНОВНА

УДК 664.85.047:634.22

ТЕХНОЛОГИЯ ЧЕРНОСЛИВА БЕЗ КОСТОЧКИ
С ИНТЕНСИФИКАЦИЕЙ ПРОЦЕССА СУШКИ СЛИВ

Специальность 05.18.13 - технология консервирован-
ных пищевых продуктов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Одесса - 1988

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова и во Всесоюзном научно-исследовательском конструкторско-технологическом институте по переработке плодов и винограда НИО "Нектар"

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Гришин М. А.

Главные оппоненты: доктор технических наук, профессор Флауменбаум Б. Л.; кандидат технических наук, доцент Каракия В. Ф.


Организация: Производственное объединение кондитерской промышленности "Букурдя"

Защита состоится "23" декабря 1988 г. в 10³⁰ час. на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова (270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова.

Автореферат разослан "21" ноября 1988 г.

Ученый секретарь специализированного совета, кандидат технических наук, доцент

 Е. Г. Кротов

12

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ. Чернослив относится к высокоценным пищевым продуктам. Объем импорта чернослива в СССР более чем в 3 раза превышает объем собственного производства, увеличивается по годам и свидетельствует тем самым о большой его потребности и дефиците. В черносливе без косточки нуждается производство конфет на фруктовой основе, пользующихся повышенным спросом у населения. Однако, чернослив без косточки до настоящего времени в промышленном масштабе у нас в стране не выпускался.

X-й пленум ЦК Компартии Молдавии, состоявшийся 23 июля 1988 г., поставил задачу перед плодоводством республики довести валовой сбор плодов сливы к 1990 году до 200 тыс. тонн. Последнее диктует необходимость в дальнейшем развитии технологий и увеличении мощностей по переработке (сушке) плодов.

В нашей стране и за рубежом сливы сушат в основном в туннельных сушильках. Процесс сушки крупноплодных слив длится 37-45 часов. К тому же плоды сливы обладают определенной специфичностью (соковыделение при сушке, высокое содержание сахаров, сложные биохимические превращения), которая ограничивает выбор методов сушки и возможность их интенсификации. Особую трудность представляет вопрос производства чернослива без косточки, так как удаление косточек из свежих плодов сопровождается обильным вытеканием сока, а из сушеных плодов - малопродуктивно и требует сложного оборудования.

В связи с вышесказанным, приобретают значения как теоретические, так и практические работы, связанные с интенсификацией сушки слив и разработкой технологии чернослива без косточки.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Интенсификация процесса сушки и разработка рациональной технологии чернослива без косточки на основе комплексного исследования процесса и продукта при двухстадийной сушке слив с промежуточным удалением косточек и применением активных гидродинамических режимов.

В связи с этим поставлены и решены следующие задачи:

- изучение тепло- и массообмена, кинетики сушки слив в плотном слое и досушки чернослива без косточки в плотном и взвешенном слоях;
- выбор и обоснование режимов сушки на каждой стадии процесса;
- исследование химико-технологических свойств чернослива без косточки;
- определение технологических параметров хранения слив повышенной влажности, удаления косточек и разработка технологии производства чернослива без косточки.

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова

№ 0.16455 ✓

4.
НАУЧНАЯ НОВИЗНА работы состоит в следующем: Аналитически и экспериментально исследован процесс тепло- и массообмена двухстадийной сушки слив, включающей сушку слив в плотном слое и досушку чернослива без косточки в плотном, фонтанирующем или виброаэрокипящем слоях в определенных интервалах влагосодержаний. В расширенном диапазоне изменений параметров сушки уточнено их влияние на кинетику и поведение слив с различным начальным влагосодержанием при сушке в плотном слое. Впервые исследована кинетика нагрева слив и чернослива без косточки и даны ее критериальные зависимости; кинетика досушки чернослива без косточки различными методами, в т.ч. с применением активных гидродинамических режимов. Получены уравнения, позволяющие рассчитать продолжительность сушки слив и досушки чернослива без косточки. Изучены биохимические, химико-технологические и органолептические показатели высушиваемого материала до и после сушки по различным температурным режимам и определены оптимальные параметры сушки на каждой стадии процесса. Исследована устойчивость к микробиологической порче при хранении при различных температурах слив с повышенной влажностью и различным начальным обсеменением. Получена математическая модель комплексной органолептической оценки чернослива без косточки и определены коэффициенты весомости отдельных ее показателей. Установлены взаимосвязь и степень корреляции между отдельными химико-технологическими показателями, а также между этими показателями и органолептическими оценками вкуса и консистенции чернослива без косточки. Исследованы реологические свойства измельченной массы чернослива без косточки. Экспериментально определена и аналитически описана зависимость между относительной влажностью воздуха и равновесной влажностью чернослива без косточки. Найдены термодинамические параметры влагопереноса. Созданы принципиально новые технологии чернослива без косточки из свежих слив и частично-восстановленного чернослива, защищенные а.с. СССР № 978812 и № 1168181.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РАБОТЫ. Проведенные исследования позволили разработать технологии, обеспечивающие механизацию процесса удаления косточек из чернослива при минимальных потерях сырья на этой операции; определить основные технологические свойства чернослива без косточки и выявить их взаимосвязи, позволяющие проводить научно-обоснованную оценку чернослива без косточки, подбор сырья для его производства, режимов хранения и обработки в кондитерской промышленности.

Показано, что разделение процесса сушки слив на две стадии с

промежуточным удалением косточек позволяет:

- применить повышенные температуры и интенсифицировать режим сушки слив на каждой стадии;
- увеличить удельные нагрузки высушиваемого материала (в 2-2,5 раза в плотном и в 10 раз в фонтанирующем слое) и эффективность используемых сушильных установок на второй стадии сушки;
- снизить продолжительность досушки чернослива на 25% за счет удаления из него косточек;
- хранить сушеные сливы с повышенной влажностью и создать внесезонное производство чернослива без косточки;

Расчетан режим интенсифицированной сушки слив на первой стадии для противоточных туннельных сушилок, применение которого позволит повысить производительность сушилок до 40%. Проверка его в опытно-промышленных условиях показала хорошую сходимость расчетных и опытных результатов.

Разработаны и утверждены в установленном порядке технологическая инструкция по производству фруктовых основ для кондитерских изделий ТИ 18-8-90-85; рецептура РЦ 18-8-1657-85 и ТУ 18-8-49-85 "Основа фруктовая для кондитерских изделий". Изготовлен и испытан опытный образец отечественной косточковывающей машины типа МВК. По разработанной НТД в Проданештском производственном цехе с/з им.М.В.Фрунзе Кутузовского РАПО МССР в течение 1986-1987 гг. выработано 844 т продукции (чернослива без косточки). Прибыль составила 1225 тыс.руб.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Результаты исследований докладывались на научных конференциях профессорско-преподавательского состава КПИ им. С.Лазо (г.Кипинев, 1979,1981,1984,1986 гг.), на Всемирной выставке достижений молодых изобретателей (Болгария, Пловдив, 1985 г.) на Международной научно-технической конференции НИИКИ (Пловдив, 1987г.)

ПУБЛИКАЦИИ. По теме диссертации опубликовано 13 работ, из них 2 авторских свидетельства на изобретения.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка использованной литературы, содержащего 148 наименований работ отечественных и зарубежных авторов, и приложений. Основное содержание изложено на 124 страницах машинописного текста, проиллюстрировано 43 рисунками и 49 таблицами.

НА ЗАЩИТУ ВНОСЯТСЯ:

- технологические приемы, обеспечивающие механизированное удаление косточек из плодов при производстве чернослива без косточки;
- способ двухстадийной сушки слив, позволяющий интенсифицировать

процесс путем создания индивидуальных режимов на каждой стадии и за счет досушки плодов без косточек; расчетные зависимости для описания процесса сушки на каждой стадии; обоснование параметров сушки;

- результаты изучения химико-технологических свойств чернослива без косточки.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ: В первой главе описаны свойства сливы как объекта сушки. Трудности, возникающие при сушке слив (растрескивание, потеря сока), связаны со строением растительной ткани кожицы и мякоти плодов. Отмечены диапазоны влагосодержаний, отвечающие различным формам связи влаги с материалом в плодах сливы. Указаны литературные источники теплофизических, термодинамических и терморadiационных характеристик свежих слив. Определены направления селекции и сортоотбора слив для сушки. Рассмотрен биохимический и химический состав слив, его изменения в процессе созревания и сушки плодов. Сделан вывод о первостепенности при сушке слив не сохранения их натуральных свойств, а формирования органолептических свойств, характерных для чернослива (черный цвет кожицы, специфичные запах и вкус), определению которых не уделялось достаточного внимания. Кроме того следует рассмотреть изменения, протекающие в сливе на отдельных этапах ее сушки.

Приведены результаты патентно-информационного поиска по развитию техники и технологии сушки слив. Они показали, что в области промышленных способов сушки слив преобладает конвективный с применением туннельных сушилок поточно-циклического действия. Перспективны ленточные сушилки, в конструкции которых учтены особенности сушки сочного сырья. Рассмотрены преимущества и недостатки каждого из указанных типов сушильных установок. Приведены сущность и анализ методов и приемов, направленных на интенсификацию процесса сушки слив. Как показал анализ, предварительная обработка слив перед сушкой, как правило, малоэффективна. В то же время наблюдается тенденция повышения температуры сушильного агента при сушке слив, разделение процесса на зоны с различными условиями сушки. Предложения по повышению температуры направлены только на начальные стадии сушки и не затрагивают заключительного этапа сушки до стандартного влагосодержания. Кроме того предполагаемые величины параметров сушки колеблются в весьма широком диапазоне и требуют тщательных исследований. В литературе найдены весьма ограниченные сведения, касающиеся получения чернослива без косточки. В то же время много работ посвящено использованию его в кондитерских и хлебобулочных из-

делиях.

Обосновано направление исследования.

Во второй главе изложены техника и методы исследований. Описана подготовка объектов сушки для каждой серии экспериментов. Основные исследования тепло- и массообмена проведены на свежих сливах сорта Венгерка Итальянская двух стадий зрелости потребительской и физиологической. При математической обработке опытных данных использован метод наименьших квадратов и современные ЭВМ.

В третьей главе приведены теоретические основы тепло- и массообмена в процессе сушки влажных материалов, кратко изложены методы определения продолжительностей сушки Г. К. Филоненко и В. В. Красникова. Дан анализ экспериментальных кривых сушки слив и чернослива без косточки. Особенностью кривых сушки слив является наличие участка подогрева. Продолжительность периода подогрева τ увеличивается с понижением потенциала сушки E и не превышает 5% относительно общего времени сушки при данной температуре. Установлено: $\tau = 240891 \cdot E^{-2,565}$ мин. Отклонения τ_n расчетного от опытного составляют от 1,2 до 24%, при $E = 22,5^\circ\text{C} - 37\%$. Положения точек критического влагосодержания W_k на кривых сушки слив и чернослива без косточки практически не зависят от параметров сушки и лишь для свежих слив с высоким начальным влагосодержанием W_0 (570%) W_k понижается с увеличением потенциала сушки по уравнению: $W_k = 633,2 - 3,104 E$ % характеризующемуся средним квадратичным отклонением $\delta = \pm 21$ и коэффициентом вариации $V = 4,6\%$.

С целью изучения процесса сушки слив до влагосодержания $W_2 = (80-70)\%$ были проведены две серии экспериментов: 1 - при постоянной скорости и различных температурах t (потенциалах) воздуха в диапазоне от 69 до 114°C на плодах с различным начальным влагосодержанием; 2 - с различными скоростями воздуха u в диапазоне от $1,1$ до $4,1$ м/с, нагретого до 96°C , при параллельном и пронизывающем потоках.

Установлено, что увеличение температуры и скорости воздуха приводит к линейному повышению максимальной скорости сушки N . Причем значения N при одинаковых параметрах сушки выше в пронизывающем потоке в сравнении с параллельным, но интенсивность их возрастания с повышением скорости воздуха не зависит от его направленности. Чем больше начальное влагосодержание слив, тем выше значения N и интенсивность изменения их с повышением температуры. Получены уравнения, с достаточной точностью (V не более $6,3\%$) выражающие эти зависимости.

Кривые сушки, снятые при различных температурах, в периодах падающей скорости сушки совмещены в две обобщенные кривые сушки с началом в точках с влажосодержанием 330 и 450%, которые соответствуют средним значениям W_k для слив с начальным влажосодержанием 380% и 570%. Соответственно, обобщенные кривые сушки описываются уравнениями:

$$W - W_p = 331,0 \exp(-2,68 \cdot 10^{-3} N \tau); \quad s = \pm 3,93; \quad v = 2,3 \%;$$

$$W - W_p = 458,9 \exp(-2,25 \cdot 10^{-3} N \tau); \quad s = \pm 9,81; \quad v = 3,6 \%.$$

Результаты второй серии опытов мы обработали по методу приведенной скорости сушки Г.К.Филоненко. Согласно этому методу при известном $m=0,5$ общее уравнение продолжительности сушки имеет вид:

$$\tau = 1/N [(W_0 - W_k) + 2A (W_k - W_p) - (W_k - W_2) + \beta (W_k - W_2)] \quad (I)$$

Регрессионный анализ экспериментальных данных, выполненный с целью получения зависимостей коэффициентов уравнения A и β от \sqrt{v} выявил наиболее подходящие квадратные функции. Экстремумы этих функций соответствуют значениям v 2,0-2,4 м/с. Отклонения расчетной продолжительности сушки τ_p от опытной $\tau_{оп}$ не превышают 5,2%.

Экспериментальные исследования процесса досушки чернослива без косточки в интервале влажосодержаний (100-80)-(32-25)% проведены в плотном, фонтанирующем и виброаэрокипящих слоях. С использованием каждого из методов сушки были поставлены несколько серий опытов, в которых изменяли значения одного из параметров сушки, поддерживая остальные постоянными: в плотном - 1. удельную нагрузку материала M/F в диапазоне от 7,6 до 23 кг/м²; 2. скорость воздуха в параллельном потоке от 1,1 до 3,2 м/с; в фонтанирующем - 1. температуру воздуха на входе от 80 до 120° на двух видах плодов; 2. массовую скорость воздуха от 11 до 14,5 кг/м².с; 3. удельную нагрузку материала от 20 до 200 кг/м²; в виброаэрокипящем - 1. температуру воздуха на входе от 70 до 120°C; 2. размер плодов, выраженный через эквивалентный диаметр $d_э$ от 2,048 до 2,306 см; 3. величину амплитуды вибрации. Для каждой серии опытов построены кривые сушки, определены значения W_k, N, A и β , установлены их зависимости от переменного параметра сушки и статистические оценки этих зависимостей. Во всех случаях зависимости N и коэффициентов A и β имеют линейный характер. Коэффициенты A и β зависят от температуры (потенциала) сушки, размера частиц во взвешенном слое и удельной нагрузки в плотном слое и не зависят от скорости воздуха и удельной нагрузки в фонтанирующем слое и от скорости в плотном слое.

Величина N в процессе досушки чернослива без косточки прямо

пропорциональна температуре сушки, обратно пропорциональна удельной нагрузке и размеру плодов; в фонтанирующем слое не зависит от массовой скорости воздуха, в плотном же изменяется прямо пропорционально последней.

Для обработки данных всех серий опытов при определенных в фонтанирующем и виброаэрокипящем слоях был применен последовательный, многофакторный, корреляционно-регрессионный анализ. В качестве факторов были рассмотрены E (или t), $v, M_c/F$ и $d_э$. Получены многофакторные линейные уравнения, связывающие значения N, A и β и указанных параметров сушки. При их использовании для решения уравнения (I) отклонения τ_p от $\tau_{оп}$ не превышают 12,6%.

Исследования температуры материала показали аналогичный характер повышения ее при сушке слив в плотном и чернослива без косточки в фонтанирующем слое. Его особенностью является быстрый нагрев всего объема материала в начальный период сушки (подогрева и линейного изменения влажосодержания) с дальнейшим очень медленным подъемом температуры, приближающейся к температуре воздуха. Рассчитаны значения критерия Рейбиндера и установлена его зависимость от удаляемой влаги в периоде падающей скорости сушки:

$$Rb(\bar{u}) = A_1 \exp[-K_1(u - u_p)],$$

где коэффициент K_1 зависит от вида и свойств материала.

$$K_1 = 0,597 \pm 0,049 \quad (S = \pm 0,0245; \quad v = 4,1\%) \quad \text{для слив с } W_0 = 380\%,$$

$$K_1 = 0,266 \pm 0,047 \quad (S = \pm 0,023; \quad v = 8,7\%) \quad \text{для слив с } W_0 = 570\% \text{ и}$$

$$K_1 = 5,146 \pm 0,232 \quad (S = \pm 0,115; \quad v = 2,2\%) \quad \text{для чернослива без косточки.}$$

Коэффициент A_1 зависит от свойств материала и температуры нагреваемого воздуха и выражается общим уравнением прямой, для слив с различным начальным влажосодержанием: $A_1 = (8,602 t_{cp} - 516,204) \cdot 10^{-5}$ ($S = \pm 0,234 \cdot 10^{-3}, v = 9,1\%$, а для чернослива без косточки $A_1 = (0,417 t_{cp} - 19,810) \cdot 10^{-2}$ ($S = \pm 0,865 \cdot 10^{-4}, v = 4,75\%$).

Здесь t_{cp} средняя температура по сухому термометру.

Анализ содержания основных химических составляющих слив и чернослива без косточки (сахаров, кислот, пектиновых веществ) до и после сушки при различных температурах показал, что изменения их обычны при сушке слив и не позволили отдать предпочтение какому-либо режиму.

Обнаружено, что потери биохимических веществ свежих слив почти не зависят от температуры воздуха в диапазоне 70-96°C (антоцианов) и 78-96°C (каротина). Величины потерь значительно возрастают при использовании более высоких температур (и 70°C - для каротина). На стадии досушки каротин максимально разрушается также

при 70 и 120°C. Содержание антоцианов в черносливе без косточки падает по мере роста температуры досушки и уже при 100°C в кожце плодов они отсутствуют.

По характеристикам цвета системы XYZ и метода Хантера в пределах одной серии опытов отмечены более темный цвет у образцов, полученных после I-й стадии сушки при температурах 70, 96 и 114°C, а наибольшая насыщенность цвета и яркость светового потока — при 87°C. Для чернослива без косточки обнаружено покоричневение мякоти плодов при досушке воздухом с температурой более 90°C.

Сливы, высушенные при 105 и 114°C и, в некоторой степени, при 96°C, отличались вадутостью, отсутствием характерных морщин на поверхности, неприятной, вяжущей и разваренной консистенцией. Выдавливание из них косточек сопровождалось излишними повреждениями плодов и повышенными потерями. Образцы первой стадии сушки, признанные лучшими, не нагревались выше 78 ($t = 70-87$)°C или, в крайнем случае 85 ($t = 96$)°C.

Проанализировано влияние отдельных параметров сушки на ее кинетику. Скорость воздуха как в пронизывающем, так и в параллельном потоках влияет на продолжительность сушки слив в плотном слое, соответственно до 3 и 3,5 м/с. Длительность сушки в параллельном потоке при $v = 2,9$ м/с и в пронизывающем при $v = 1,1$ м/с равны между собой. С изменением влагосодержания слив при сушке от w_0 до 110-70% максимальное снижение продолжительности сушки (15-45%) наблюдается при повышении температуры от 70 до 96°C. При переходе от 96 к 105°C величина снижения уменьшается до 5-8% и в диапазоне температур 105-114°C составляет всего 1,2-3,6%. Интенсивность сушки слив с различным начальным влагосодержанием сначала выше у плодов с $w_0 = 570\%$, затем — у плодов с $w_0 = 380\%$. По мере снижения текущего влагосодержания разность τ сушки слив с различным w_0 убывает и в интервале температур 78-100°C ее средняя величина составляет от 15% (при $w_2 = 110\%$) до 8% ($w_2 = 70\%$).

Выявлено, что плоды сливы в процессе сушки теряют сок не только через разрывы кожицы, но и через углубления от плодоножки, причем последнее наблюдается при температуре воздуха 50°C и выше.

Отмечено также, что повреждаемость кожицы слив в большей степени обусловлена сортоотипом, степенью зрелости и состоянием свежих плодов, а также местным перегревами, чем режимом их сушки. Для предотвращения растрескивания температура воздуха в начале сушки должна быть не более 100°C при этом для ограничения потерь сока у легкоповреждаемых слив — не менее 70°C.

При досушке чернослива без косточки в плотном слое скорость воздуха снижает, а удельная нагрузка почти не влияет на продолжительность процесса. Повышение нагрузки свыше 15 кг/м² приводит к неравномерной сушке. Продолжительность досушки чернослива без косточки в фонтанирующем слое практически не зависит от величины удельной нагрузки материала и скорости воздуха. Наблюдения показали, что применение нагрузок менее 80 кг/м² не обеспечивает удовлетворительного фонтанирования слоя из-за прорывов воздуха. Оптимальные удельные нагрузки составили 100-150 кг/м². Скорость воздуха при этом должна быть минимальной, обеспечивающей фонтанирование слоя. Увеличение температуры во взвешенном (фонтанирующем, виброаэрокипящем) слое сокращает продолжительность сушки. Однако, значительное влияние повышения t на τ сушки имеет место до определенных значений температур входящего воздуха (100-110°C). Экспериментально определено, что отношение продолжительностей сушки в виброаэрокипящем слое плодов чернослива без косточки различного размера, приблизительно равно отношению их эквивалентных диаметров в кубе. Величина амплитуды вибрации, обеспечивающая псевдооживление, не оказывает влияния на продолжительность сушки. Продолжительность досушки чернослива без косточки примерно одного размера и при одинаковой температуре в фонтанирующем (взвешенном), а также в плотном слое при однорядной укладке, мало отличаются друг от друга.

Экспериментальным путем получена зависимость потерь мякоти от влажности подсушенных плодов при работе на косточковываливающей машине 2F-63. Кривая, аппроксимирующая эту зависимость, имеет наибольшую крутизну в координатах влажности 40-50%, что соответствует минимальным потерям мякоти (2,3-5,5%) без выделения клеточного сока. Определены рациональные параметры плодов при переработке чернослива с влажностью менее 25%, который перед удалением косточек частично восстанавливали: температура 80-100°C, влажность 30-32%. Выявлена статистическая разность между значениями сухих веществ (в диапазоне от 40 до 73%) в сушеной сливе, определяемыми высушиванием и по рефрактометру, с целью проведения экспресс-контроля за ее влажностью. Средняя величина разности составила $2,2 \pm 2,1\%$.

Исследованы выживание и рост микроорганизмов в сливах с влажностью 44-46%, которые хранили при различных температурах. Контрольные образцы оказались устойчивы к порче при температурах 5°C и ниже. В инфицированных образцах (доза инокулята на 1 г продукта $1 \cdot 10^3$ микроорганизмов осмофильных дрожжей или плесеней) при

хранении в комнатных условиях наблюдался бомбаж после 6-7 дней, а плесневение после 15 дней; при (10-12)°C оба вида порчи обнаружены примерно через месяц; при 5°C бомбаж через 45, а плесневение через 60 дней; при 0°C - бомбаж через три месяца, а плесневение в течение 140 дней хранения не появилось. При температуре выдержки продукта - 16°C во всех вариантах наблюдался резкий спад микробного титра и к 10-му месяцу хранения в них остались единичные жизнеспособные клетки дрожжей.

В четвертой главе изучены технологические свойства чернослива без косточки. Каждому из 30-ти образцов чернослива без косточки стандартной влажности (20-24%), но различающихся по качеству, присвоили общую дегустационную оценку по пятибалловой шкале, а также отдельно оценили его внешний вид, цвет, запах, вкус и консистенцию. Параллельно определили ряд химико-технологических показателей.

При разработке комплексной органолептической оценки чернослива без косточки мы использовали линейную пятифакторную модель, где в качестве функции была принята общая органолептическая оценка, а факторами являлись оценки отдельных составляющих. При анализе математической модели фактор внешний вид был исключен из числа рассматриваемых как имеющий наименьший стандартизованный коэффициент регрессии и тесную связь с цветом. Полученная четырехфакторная модель характеризуется наличием тесной линейной связи (коэффициент множественной корреляции 0,992) с высоким уровнем ее достоверности. По значениям стандартизованных коэффициентов регрессии при каждом факторе определены коэффициенты весомости. Последние равны в долях единицы (или по 20-ти балловой шкале): для цвета 0,25(5), запаха 0,20(4), вкуса 0,24(5) и консистенции 0,31(6). На основании оценок экспертов-дегустаторов и результатов их обсуждения специалистами МНИИП составлено подробное описание эталонов градаций качества чернослива без косточки. В нем отражены 9 уровней качества продукта для каждого показателя.

Найдена и математически описана взаимосвязь, установлена степень корреляции между отдельными химико-технологическими показателями, а также между этими показателями и органолептическими оценками вкуса и консистенции чернослива без косточки: вкус высоко коррелирует с кислотностью и сахаро-кислотным индексом и не зависит от содержания как отдельных сахаров, так и от общего их количества; консистенция в значительной степени определяется содержанием нерастворимых в спирте сухих веществ, кислотности,

мякоти в целых плодах, средней массой плода; а также отношением массы плода к его наибольшему диаметру; в меньшей степени - эквивалентным диаметром плода, нерастворимыми в воде сухими веществами и растворимым пектином.

Используя реологические методы исследования установлено, что измельченная масса чернослива без косточки относится к структурированным твердообразным системам, которые обладают предельными статическим и динамическим напряжениями течения. Определен характер разрушения структуры при повышении скорости (напряжения) деформации. Получены эмпирические уравнения, описывающие кривые течения чернослива различного качества двух помолологических сортов. Показано, что снижение твердообразных свойств может быть достигнуто при использовании чернослива с низким содержанием нерастворимых сухих веществ, повышении его влажности (даже в диапазоне от 17 до 24%) или путем введения концентрированной дисперсной среды.

Экспериментально определены зависимости при температурах 5,20 и 35°C между относительной влажностью воздуха и равновесным влагосодержанием U_p чернослива без косточки, досушенного в фонтанирующем слое. Найдены термодинамические параметры влагопереноса при исследованных температурах и различном равновесном влагосодержании. Обнаружено, что повышение температуры по разному влияет на величину равновесного влагосодержания: уменьшает в диапазоне относительной влажности воздуха 0,1-0,45 и увеличивает при $\varphi = 0,45-0,85$. Изменение температуры незначительно отражается на значениях термодинамических параметров чернослива без косточки.

Получены уравнения, определяющие значения термоградиентного коэффициента в зависимости от влагосодержания ($U_p = 0,18-0,50$ кг/кг):

$$\sigma = (111,84 \cdot U_p - 12,53) \cdot 10^{-4}; \quad S = \pm 2,65 \cdot 10^{-4}; \quad V = 11,2\%$$

и равновесной влажности чернослива без косточки ($U_p = 8,5-36\%$) от относительной влажности воздуха ($\varphi = 28,5-86\%$):

$$\omega_p = 2,959 - 18,140 \ln(1-\varphi); \quad S = \pm 1,302; \quad V = 6,9\%$$

В пятой главе: приведены результаты реализации исследований.

Выводы: Выполнено комплексное исследование закономерностей тепло- и массообмена, кинетики и технологии двухстадийной сушки слив, получения чернослива без косточки и его технологических свойств, в результате которого:

1. Показано, что разделение процесса сушки слив на две стадии с промежуточным удалением косточек обеспечивает интенсификацию сушки и повышение производительности сушильных установок за счет применения индивидуальных методов и режимов сушки на каждой

стадии и позволяет механизировать получение чернослива без косточки.

При одинаковых параметрах досушка чернослива без косточки заканчивается на 25% быстрее, чем для целых плодов. Создание активных гидродинамических режимов на стадии досушки позволяет по сравнению с плотным слоем повысить:

а) удельные нагрузки материала в 10 раз без удлинения продолжительности сушки; б) температуру сушки при сохранении высокого качества продукта, что связано с перемешиванием и равномерным нагревом его частиц; повышение температуры воздуха от 80 до 90°C снижает продолжительность досушки на 23%.

2. Обоснованы следующие режимные параметры:

при сушке слив — температура воздуха не выше 100°C, скорость 2-3,5 м/с;

при досушке чернослива без косточек: в плотном слое — удельная нагрузка 15 кг/м², скорость воздуха 3-3,5 м/с; в фонтанирующем слое — удельная нагрузка 100-150 кг/м², температура воздуха 90°C (плода не выше 85°C).

3. Получены уравнения, позволяющие определять продолжительность сушки и среднюю температуру материала в любой момент времени. Их реализация подтверждает удовлетворительную сходимость полученных расчетных и экспериментальных данных.

4. Определены оптимальные для удаления косточек значения влажности: 40-45% для слив после I-й стадии сушки и 30-32% при температуре 80-100°C для частично-восстановленного чернослива. Установлена длительность хранения сушеных слив с повышенной влажностью: 30 дней при температуре 10-12°C, 45 дней при 5°C, 3 месяца при 0°C и более 10 месяцев при температурах ниже 0°C.

5. В результате исследования основных химико-технологических свойств чернослива без косточки установлено:

а) коэффициенты весомости отдельных составляющих комплексной органолептической оценки соответственно равны 0,31 (консистенция); 0,25 (цвет); 0,24 (вкус); 0,20 (запах);

б) органолептическая оценка вкуса аналитически выражается через сахаро-кислотный индекс или кислотность, а консистенция — через содержание нерастворимых сухих веществ или мякоти в целых плодах, а также через массу плода без косточки;

в) измельченная масса чернослива без косточки относится к структурированным твердообразным системам. Получены уравнения, позволяющие рассчитать эффективную вязкость массы в зависимости

от скорости или напряжения деформации. Показано, что снижение твердообразных свойств может быть достигнуто путем использования чернослива с низким содержанием нерастворимых сухих веществ, повышения влажности чернослива без косточки или путем введения в него концентрированной дисперсной среды;

г) повышение температуры уменьшает величину равновесного влагосодержания чернослива без косточки в диапазоне относительной влажности воздуха 0,1-0,45 и увеличивает при 0,45-0,85. В наиболее важном для практического использования интервале влажностей

(8,5-36%) зависимость их от влажности воздуха с достаточной точностью выражается единым уравнением в диапазоне температур 5-35°C;

д) рассчитаны термодинамические параметры влагопереноса, которые характеризуются сложной зависимостью их от влагосодержания и температуры. Для термоградиентного коэффициента зависимость его от влагосодержания чернослива без косточки — линейна. Результаты исследования химико-технологических свойств использованы при разработке стандарта ТУ 18-8-49-85 "Основа фруктовая для кондитерских изделий".

6. Рассчитан и проверен в производственных условиях Ниспоренского консервного завода МССР интенсифицированный режим сушки слив на первой стадии для противоточных туннельных сушилок. Применение его позволит увеличить производительность туннельных сушилок в сезон до 40%.

7. Создана принципиально новая технология производства чернослива без косточки, защищенная авторскими свидетельствами СССР № 978812 и № 1168181, и обеспечено ее аппаратное оформление. Разработана технологическая инструкция и рецептуры по производству фруктовых основ для кондитерских изделий, в соответствии с которыми в 1986-1987 гг. выработано около 844 т продукции, фактическая прибыль составила 1225 тыс. руб.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Консервирование ягод и фруктов для кондитерской промышленности / А. А. Силич, Л. А. Стоянова, Г. В. Шлягун и др. // Хлебопекар. кондитер. пром-сть. — 1980. — № 8. — С. 9.

2. Силич А. А., Шлягун Г. В. Производство фруктовой основы для кондитерской промышленности: ЭИ.-Киев: МолдНИИТИ, 1981. — 10с.

3. А. с. 978812 СССР, МКИ А 23 В 7/02. Способ приготовления сухофруктов / Г. В. Шлягун, А. А. Силич, Д. А. Николаева, Е. П. Азеф; МолдНИИ пищ. пром-сти. — № 3308544; Заявлено 25.06.81; Опубл. 07.12.82; Бюл. № 45. — 3с.

4. Силич А.А., Шлягун Г.В. Изучение некоторых технологических приемов производства сушеных фруктов без косточек // Консерв. и овощесуш. пром-сть. - 1983. - № 2. - С.11-13.
5. Силич А.А., Шлягун Г.В., Георгица М.С. Новые виды продукции из сухофруктов. // Тез. докл. респ. конф. "Организация внедрения законченных научно-исследовательских работ в пищевых отраслях народного хозяйства", 28 март. 1983 г. - Кишинев, 1983. - С.11-15.
6. Шлягун Г.В., Бондарчук Л.В. Зависимость консистенции чернослива от химического состава. // Консерв. и овощесуш. пром-сть. - 1984. - № 9. - С.26-28.
7. Шлягун Г.В., Силич А.А. Реологические свойства фруктовой основы из чернослива. // Хлебопекар. и кондитер. пром-сть. - 1984. - № 11. - С.33-35.
8. А.с. 1168181 СССР, МКИ А 23 G 1/06. Способ производства фруктовых десертов из сухофруктов. / Г.В.Шлягун, А.А.Силич, Л.В.Бондарчук; МолдНИИ пищ. пром-сти. - № 3564929; Заявлено 17.03.83; Опубл. 23.07.85; Бюл. № 27. - 2с.
9. Шлягун Г.В., Бирсану Г.И. Комплексная органолептическая оценка чернослива без косточки. // Пищ. и перерабатывающая пром-сть. - 1986. - № 10. - С.44-46.
10. Гришин М.А., Шлягун Г.В. Кинетика сушки слив и чернослива без косточки. // Изв. ВУЗов. Пищ. технология. - 1987. - № 1. - С.78-82.
11. Шлягун Г.В., Николаева Д.А. Современный технический уровень и тенденции развития техники и технологии сушки фруктов и овощей: Обзор информ. - М.: АгрониИТЭИИП, 1987. - 28с. (Сер. "Консерв., овощесуш. и пищекопцентрат. пром-сть". вып.2.).
12. Шлягун Г.В., Гришин М.А. Исследование кинетики и режимных параметров двухстадийной сушки слив. // Тез. докл. респ. науч. техн. конф. "Разработка прогрессивных способов сушки различных материалов и изделий на основе достижений теории тепло- и массообмена", 7-9 сент. 1987 г. Черкассы. - Киев, 1987. - Вып. I.: Новое в теории тепло- и массообмена в процессах сушки". - С.30-31.
13. Технология производства фруктовых полуфабрикатов для кондитерской и молочной промышленности. / Д.А.Николаева, А.А.Силич, Г.В.Шлягун и др. // Докл. науч. техн. конф. "Научные достижения - в практика на консервативной промышленности. 25 години НИИКИ", 10-11 септември 1987 г. Пловдив. - Пловдив. - С.164-172.

С. 16455

Сулз-

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. В.Лавносока

БР 08832. Подп. к печати 15.11.88 г. Формат 60 x 84 1/16.
Объем 0,7 уч. изд. л., 1,0 п. л. Заказ № 6342. Тираж 100 экз.
Гортинография Одесского облполиграфиздата, цех № 3,
Ленина, 49.