

Доклад

П

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

им. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Поповский Василий Григорьевич

Переучет 1987

**КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ
СУБЛИМАЦИОННОГО КОНСЕРВИРОВАНИЯ ФРУКТОВ,
ЯГОД И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ**

Специальность — 05.18.13
Технология консервирования пищевых
продуктов.

Д о к л а д
по опубликованным работам, представленным
на соискание ученой степени доктора
технических наук

Одесса, 1975 год

сш

Доклад
17

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

ПЕРЕОБЛІК

20 09 **р.**

На правах рукописи

ПОПОВСКИЙ ВАСИЛИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ
СУБЛИМАЦИОННОГО КОНСЕРВИРОВАНИЯ ФРУКТОВ,
ЯГОД И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ.

ОНАХТ 19.05.10
Комплексные исследов



v014416

Специальность 05.18.13 -
Технология консервирования
пищевых продуктов

Д О К Л А Д
по опубликованным работам, представленным
на соискание ученой степени доктора
технических наук

Одесса, 1975 год

Работы выполнены в Молдавском научно-исследовательском институте пищевой промышленности.

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор Марх А.Т.

Доктор технических наук, профессор Гинзбург А.С.

Доктор технических наук Журавская Н.К.

Ведущая организация - Главное управление консервной, овощесушильной и пищекопцентратной промышленности - Главконсерв Министерства пищевой промышленности СССР.

Доклад разослан "30" апреля 1975 года

Защита доклада состоится 30 мая 1975 года на заседании Ученого совета Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова (г.Одесса, улица Свердлова, 112).

С докладом и опубликованными работами можно ознакомиться в библиотеке института.

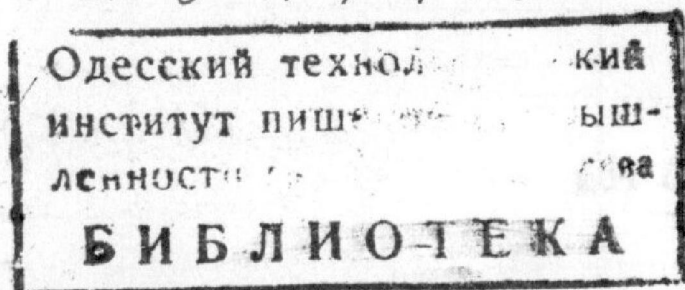
Отзывы на доклад в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять в Совет института по адресу: 277039, г.Одесса, ГСП, ул.Свердлова, 112 ОТИШ им.Ломоносова

Ученый секретарь Совета,
кандидат технических наук

Л.Запорожен

С.В. 14416

1014416



В В Е Д Е Н И Е

Состояние вопроса и задачи исследования
химико-технологических, биохимических и
теплофизических аспектов проблемы субли-
мационного консервирования фруктов, ягод
и продуктов их переработки

В директивах XXIV съезда КПСС по девятому пятилетнему плану развития народного хозяйства в качестве одной из важнейших поставлена задача повышения благосостояния трудящихся, в том числе наиболее полное обеспечение пищевыми продуктами высокого качества и в широком ассортименте. В девятой пятилетке - пятилетке качества - этим вопросам будет уделено особое внимание.

Сублимационное обезвоживание пищевых продуктов обеспечивает наиболее высокую сохранность исходных качественных характеристик, особенно биологически активных компонентов и аромата, большое уменьшение массы, стабильность качества обезвоженных продуктов при длительном хранении в соответствующей упаковке и быструю восстанавливаемость их перед употреблением.

Большой вклад в развитие теории, техники и технологии сублимационной сушки внесен работами советских и зарубежных специалистов: А.В.Лыкова, А.А.Гухмана, Г.Б.Чижова, Н.Н.Титова, А.С.Гинзбурга, Э.И.Гуйго, Э.И.Каухчешвили, Б.М.Смольского, Е.А.Ермаковой, А.Н.Воскресенского, А.А.Грязнова, Е.Флосдорфа, Л.Гарпера, Л.Рея, Д.Копсона, Д.Меллоу, Е.И.Рыжовой, Н.К.Журавской, П.А.Новикова, М.В.Подольского, А.З.Волинца, Б.П.Камовникова и др.

Наибольшее количество опубликованных исследований посвящено вопросам вскрытия механизма и интенсификации процесса обезвоживания в специфических условиях сублимационной сушки, вопро-

сам тепло- и массообмена, а также совершенствованию аппаратуры. Значительное место уделено исследованиям по технологии сублимационного консервирования мяса.

Однако в научных исследованиях и публикациях вопросы сублимационного консервирования продуктов растительного происхождения, особенно фруктов, освещены мало.

Широкое развитие работ по исследованию космоса, изучению глубин Мирового океана, освоению новых развивающихся районов страны требует обеспечения людей биологически полноценным сбалансированным питанием с использованием фруктов, ягод и продуктов их переработки. Наиболее совершенным методом консервирования этих продуктов в настоящее время является сублимационное обезвоживание. Работы в этом направлении приобрели большую научную актуальность и практическую необходимость.

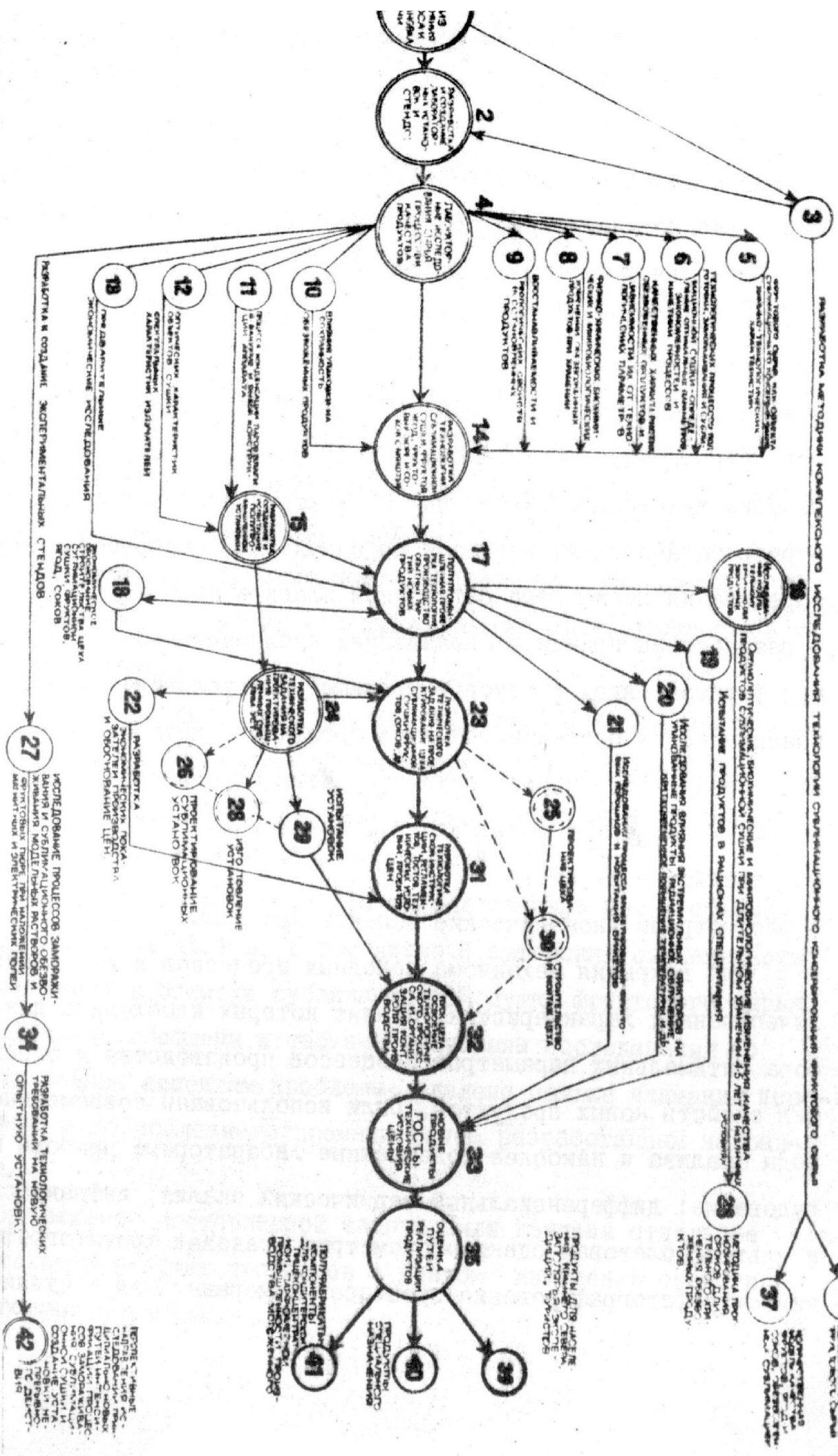
Это послужило основанием для постановки нами исследований химико-технологических, биохимических и теплофизических аспектов проблемы сублимационного консервирования фруктов, ягод и продуктов их переработки.

На основе системного подхода к решению проблемы нами была разработана методика комплексного исследования процессов сублимационного консервирования фруктов, ягод и продуктов их переработки [43,44], показанная в виде схемы на рис. I.

По предложенной схеме:

— рассмотрены химико-технологические и теплофизические характеристики плодов, ягод, фруктово-ягодных пюре и соков как объектов сублимационной сушки;

Автор, работая в области исследований сублимационной сушки пищевых продуктов с 1953 года, защитил кандидатскую диссертацию в 1962 году на тему "Исследование процесса сублимационной сушки мяса и рыбы на опытно-промышленной установке" по работам, выполненным на Ростовском консервном заводе "Смычка".



УЧЕТ

КОМПЬЮТЕРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СУБМАРИНСКОГО
КОМПЬЮТЕРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СУБМАРИНСКОГО

- разработаны оптимальные режимы подготовки, замораживания и сублимационной сушки фруктово-ягодных пюре и соков, изучена кинетика процессов и рекомендованы методы их интенсификации;
- выбран комплекс показателей, характеризующих органолептические, физико-химические, структурно-механические, озохимические свойства продуктов и их микробиологические изменения в процессе обезвоживания, длительного хранения в различных условиях и восстановления при регидратации;
- исследованы защитные свойства различных полимерных материалов (пароароматопроницаемость), определены способы упаковки и условия хранения обезвоженных продуктов различного назначения;
- разработана схема контроля производства, экспрессные методы определения количества остаточной влаги и др.;
- разработаны принципы организации сублимационного обезвоживания фруктов, ягод и соков в промышленных условиях с учетом специфических особенностей этих продуктов, круглогодичной работы предприятия и перспектив развития нового производства;
- решены вопросы использования обезвоженных продуктов в народном хозяйстве страны;
- рассмотрены экономические аспекты проблемы.

Для вскрытия механизма основных процессов и измерения количественных характеристик, знание которых необходимо для выбора оптимальных параметров процессов производства и определения свойств новых продуктов, были использованы современные методы анализа и наиболее совершенные лабораторные приборы и оборудование: дифференциальный термический анализ, инфракрасная и ультрафиолетовая спектрофотометрия, газовая хроматография, киномикрофотографирование процессов замораживания и сублимации,

вакуумная сорбционная установка с кварцевыми весами Мак-Бена, установки для замораживания и сублимационного обезвоживания в магнитном и электрическом полях и ряд других. Для исследования технологических параметров и их функциональной взаимозависимости использовалась аналоговая техника. Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием ЭВМ.

Результаты выполненных исследований нашли практическое осуществление в технологических инструкциях, ГОСТах, технических условиях на фрукты, ягоды, фруктовые порошки, соки с мякотью сублимационной сушки для массового потребления и специальных контингентов, а также в организации промышленного производства этих новых видов продуктов.

Результаты исследований докладывались на II Международном конгрессе по пищевой науке и технологии, на ряде симпозиумов и научных конференций.

В докладе обобщены результаты опубликованных научно-исследовательских работ, выполненных непосредственно автором или под его руководством в Молдавском научно-исследовательском институте пищевой промышленности с 1962 по 1974 годы.

К защите представляются 110 опубликованных работ объемом свыше 50 печатных листов, в том числе 6 авторских свидетельств на изобретения в области сублимационной сушки фруктового сырья.

В докладе обобщены и систематизированы исследования по наиболее важным аспектам проблемы, уделено больше внимания перспективным и до последнего времени менее разработанным направлениям.

Для решения поставленной задачи были изучены отдельные этапы технологических процессов с учетом изменения свойств высушиваемых объектов.

связанной, при положительной температуре, (ниже предельно допустимой для поверхности продукта), до оптимального количества остаточной влаги. Происходит фиксация пористого каркаса обезвоженного продукта и выравнивание его влажности.

Схема процесса показана на рис.2

Значительная часть процессов II и III стадий обезвоживания продукта протекает одновременно, но в различных по толщине зонах, до полной сублимации льда в центре продукта. Это является специфической особенностью сублимации льда из замороженных материалов.

Каждый из указанных этапов имеет определенные технологические и теплофизические параметры, которые оказывают существенное влияние на общую продолжительность процесса сублимационного обезвоживания. Исследованию указанных параметров при сублимационной сушке уделено большое внимание в опубликованных нами работах, так как они, в основном, определяют качество готового продукта.

Исследование химико-технологических, биохимических, теплофизических и оптических характеристик фруктово-ягодного сырья как объекта сублимационной сушки

Фрукты, ягоды и продукты их переработки играют большую роль в обеспечении людей биологически полноценными, сбалансированными рационами питания. Они являются носителями ценного комплекса незаменимых веществ – углеводов, витаминов, органических кислот, микроэлементов, веществ, обуславливающих аромат плодов и обладающих высокими вкусовыми достоинствами.

Фрукты и ягоды, подвер-

Окончательная оценка эффективности разработанных режимов производилась в зависимости от результатов контрольного хранения обезвоженных образцов, что является важным завершающим этапом технологических разработок.

Анализ известных публикаций и выполненных нами экспериментальных исследований позволяет предложить физическую трехстадийную модель процесса сублимационного обезвоживания: кристаллизация свободной влаги в макросистеме; сублимация кристаллов льда; десорбция влаги с твердого каркаса макросистемы.

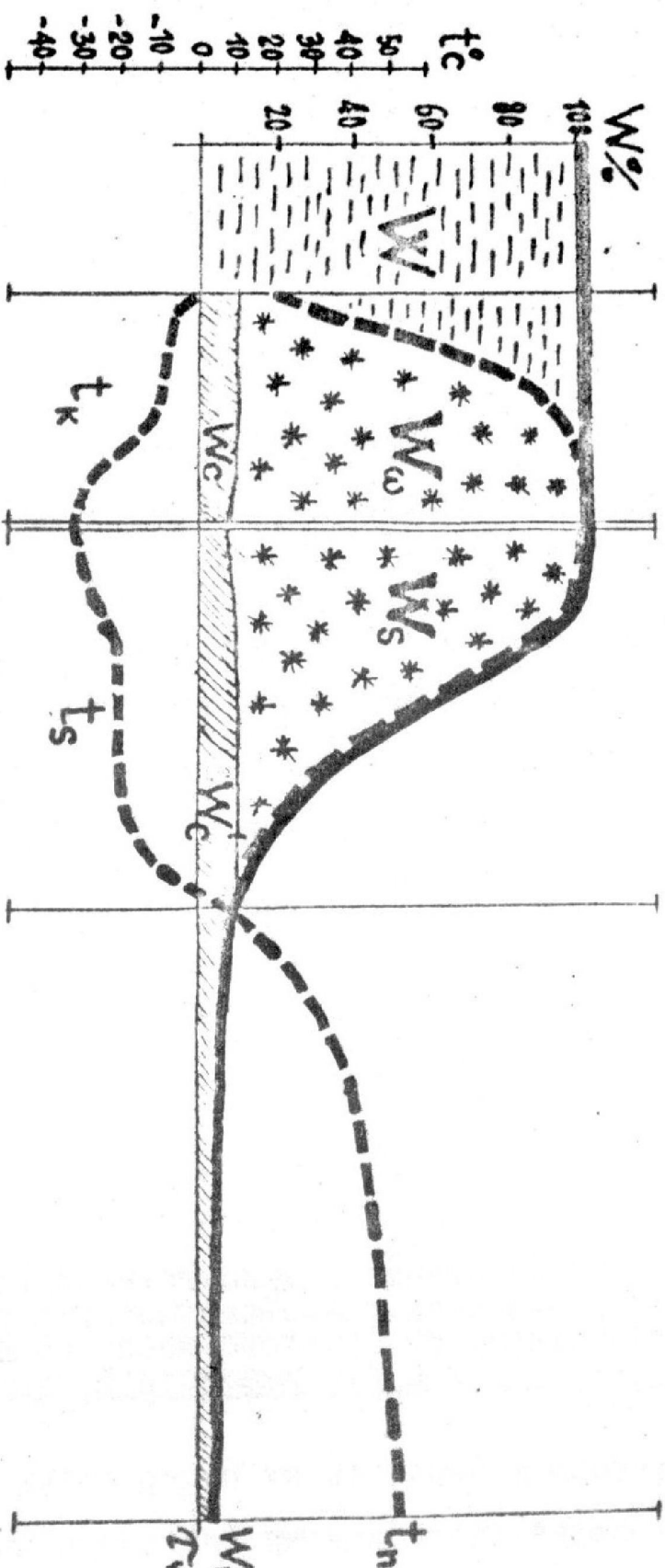
Первая стадия – отделение основной массы свободной влаги от микроструктурных элементов объекта и локальная кристаллизация её внутри макроструктуры в процессе замораживания.

В макросистеме происходит перераспределение влаги, при этом микроструктурные элементы (клетки, мембраны), имеющие решающее значение для сохранения нативных свойств объекта, лишаются влаги, которая остается внутри макросистемы, но в другой форме, в виде льда. Часть влаги остается в некристаллизованном состоянии в пересыщенных растворах и адсорбционно связанной. Фиксируются линейные размеры, форма, объем и формируется пористая структура объекта.

Вторая стадия – удаление из продукта кристаллизовавшейся влаги за пределы макросистемы путем сублимации льда в вакууме при оптимальных отрицательных температурах ниже тройной точки. Это обеспечивает максимальное сохранение термолабильных и легколетучих компонентов, предотвращает деформацию и усадку объекта.

Третья стадия – десорбция незамороженной влаги с твердого каркаса макросистемы в вакууме, в том числе адсорбционно

I СТАДИЯ
 ЗАМОРАЖИВАНИЕ
 ВОДА → ЛЕД
 II СТАДИЯ
 СУБЛИМАЦИЯ
 ЛЕД → ПАР
 III СТАДИЯ
 ДЕСОРБЦИЯ
 ВОДА → ПАР



ОТДЕЛЕНИЕ СВОБОДНОЙ ВЛА-
 ГИ ОТ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕ-
 МЕНТОВ ОБЪЕКТА И ЛОКАЛЬ-
 НАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ЕЕ
 ВНУТРИ КАРКАСА

$$W_{\omega} = W - W_c$$

$$W_{\omega} > W_s$$

$$W_s = W_{\omega} - W_c$$

$$W_s > W_k$$

$$W = W_s + W_{cn} + W_k$$

$$W_k = W_c' - W_{cn}$$

СУБЛИМАЦИЯ КРИ-
 СТАЛЛОВ ЛЬДА В ВАКУ-
 УМЕ ИЗ КАРКАСА
 ОБЪЕКТА ПРИ ПОДВО-
 ДЕНИИ ЗОНЫ
 ВОЗДУШНОЙ
 ИСПАРЕНИЕ В ВАКУУМЕ НЕКРИСТА-
 ЛИЗОВАННОЙ ВЛАГИ ДО
 ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ.

t_k - ТЕМПЕРАТУРА КРИСТАЛЛИ-
 ЗАЦИИ ОПТИМАЛЬНОГО
 КОЛИЧЕСТВА СВОБОД-
 НОЙ ВЛАГИ.

t_s - ТЕМПЕРАТУРА СУБЛИМА-
 ЦИИ (В ЦЕНТРЕ
 ОБЪЕКТА)

t_n - ОПТИМАЛЬНАЯ ТЕМ-
 ПЕРАТУРА ПОВЕРХНО-
 СТИ ОБЪЕКТА

W - ОБЩАЯ МАССА ВЛАГИ
 В ПРОДУКТЕ

W_{ω} - МАССА СВОБОДНОЙ
 КРИСТАЛЛИЗОВАННОЙ
 ВЛАГИ.

W_s - МАССА СУБЛИМИРОВА-
 ННОГО ЛЬДА.

W_c - МАССА НЕКРИСТАЛЛИ-
 ЗОВАННОЙ ВЛАГИ.

W_c' - МАССА НЕКРИСТАЛЛИ-
 ЗОВАННОЙ ВЛАГИ ПОС-
 ЛЕ СУБЛИМАЦИИ ЛЬДА

W_{cn} - МАССА СВЯЗАННОЙ
 ВЛАГИ.

W_k - МАССА ОСТАТОЧНОЙ
 ВЛАГИ -

Рис. 2

...ющиеся замораживанию и сушке в вакууме, характеризуются прежде всего высоким содержанием влаги (от 80 до 95% к общей массе), которая находится в плодах как в виде растворов, так и в связанном состоянии в составе конструктивных элементов - эластичных оболочек и биологических мембран клеток и каркаса плодов, а также наличием термолабильных и легко окисляющихся компонентов - витаминов, веществ аромата и др.

Сложная структура плодов и большое количество проницаемых полупроницаемых оболочек и мембран, оказывающих сопротивление движению паров воды внутри продукта, резко отличает их от классических капиллярно-пористых объектов.

В.Вио и Ж.Альиэрр Пюэнт считают, что форма, расположение и характер составных элементов среды (тканей, клеток) являются основными факторами, обуславливающими процесс их замораживания на первой стадии обезвоживания. Ими предложена классификация структуры биологических матриц: скелетные структуры из соединительных клеток, характерные для растительных тканей; деформируемые структуры из соединительных клеток, характерные для животных тканей; структура из независимых клеток (например, дрожь или суспензии одноклеточных организмов).

Объекты наших исследований - фрукты и ягоды - по своему строению относятся к первой группе. Они характеризуются наличием скелетной структуры из соединительных клеток, создающей определенную форму и жесткость каркаса. Можно предположить, что именно повреждением каркаса и внутренних оболочек и обусловлены наиболее глубокие, необратимые изменения при замораживании объектов растительного происхождения.

Фруктовые поры имеют разрушительную нативную структуру, а в соках

отсутствуют важные структурные элементы — целлюлоза и пектиновые вещества, что имеет важное значение при их замораживании и сушке [45].

Многие данные, характеризующие фрукты и ягоды и продукты их переработки как объекты сушки, приведены нами в других разделах доклада при сравнении сырья и готовых продуктов. К этим данным относятся химический состав, количество вымораживаемой влаги, содержание влаги в связанном состоянии в мономолекулярном слое, активность окислительных ферментов, реологические свойства фруктовых пюре, оптические и электрохимические характеристики, а также содержание летучих компонентов аромата и их сохраняемость при сублимационном консервировании и изменения теплофизических характеристик по этапам процесса.

Объектами исследования были ягоды и фрукты различных помологических сортов: земляника, черная смородина, виноград, абрикосы, сливы, вишни, яблоки, айва, персики. Было изучено свыше 50 сортов указанных плодов и ягод, выращиваемых в Молдавии и Армении, из которых 38 сортов рекомендованы для сублимационной сушки.

Определены химико-технологические характеристики ягод, плодов, фруктово-ягодных пюре, и натуральных соков, предназначенных для сублимационной сушки. К ним относятся: содержание сухих веществ, аромат, вкус и окраска, соответствующие сортовым особенностям и определенным стадиям зрелости; содержание витамина С и каротина. Некоторые данные приведены в таблице I. Подробно они даны в таблицах опубликованных работ [6, 24, 71, 104].

Определено направление использования сырья при сублимационном кон-

Химико-технологическая характеристика некоторых сортов фруктов и ягод

Наименование вида и сорта плодов и ягод	Содержание в сухом веществе сырья				Высушенные плоды			
	Содержание влаги, % к общей массе	общих сахаров, %	кислот (на яблочную) %	витамина С, мг/гг	каротина, мг/гг	оптическая плотность спиртовых вытяжек при $\lambda = 413 \text{ нм}$ х)	сохранение летучих компонентов при сушке, %	коэффициент набухания при регидратации, К
Земляника Кульвер	88,3	49,5	11,7	497,2	-	0,387	97,1	5,2
Земляника Молдаванка	88,9	55,8	10,9	665,1	-	0,190	80,9	5,0
Абрикосы Краснощекий	86,2	61,4	11,1	-	10,0	0,300	93,9	4,0
Абрикосы Персиковый	87,4	64,7	9,3	-	12,4	0,103	73,4	4,0
Персики Эльберта	85,8	72,8	2,5	-	-	0,078	93,6	4,0

х) Интегрально характеризует изменение цвета на всех этапах процесса.

xx) По общей площади пиков всех летучих компонентов, записанных на хроматограммах.

сервировании: земляника – целые ягоды и пюре; черная смородина и виноград (ароматные сорта – Изабелла, Ноа, Мускат) – пюре; яблоки, абрикосы, персики – дольками, половинками, кусочками для коктейлей и пюре; сливы, вишни, айва – пюре; яблоки, виноград – сок. Изменение основных характеристик сырья в процессе его обработки показано в соответствующих разделах доклада.

Фруктово-ягодные пюре предназначены для получения фруктово-ягодных порошков, являющихся основой для производства сухих соков с мякотью и создания новых видов различных пищевых продуктов. Наилучшим способом заготовки высококачественных пюре является асептическое консервирование их в крупных резервуарах [17, 18, 19, 26, 51].

Проведены исследования по сублимационной сушке абрикосов и персиков, выращенных в условиях Армянской ССР [102].

Результаты анализов до и после сушки приведены в таблице 2.

Химический состав плодов в процессе сушки изменился незначительно. Почти у всех сортов абрикосов и персиков после сушки количество витамина С несколько уменьшилось. В абрикосах сорта Еревани, имеющих интенсивную окраску, наблюдается снижение каротина. Уменьшение содержания витаминов B_1 и B_2 у сортов Ареша, Ордубади, Лодз, Зафрани весьма незначительное.

Восстановленные сушеные плоды на дегустации получили высокую оценку. Они хорошо оводняются, сохраняют форму, цвет, вкус, запах, свойственные свежим плодам.

Проведена серия работ по определению жизнеспособности клеток плодовой мякоти абрикосов с использованием метода плазмоли-

за и метода определения осмотического давления в плодовой ткани по Вальтеру, а также гистологические исследования с микрофотографированием срезов ткани плодов: свежих, после замораживания, сублимационной сушки и регидратации.

Установлены изотонические концентрации растворов сахарозы, соответствующие концентрации сухих веществ в плодовом соке, которые для исследованных сортов абрикосов находятся в пределах от 0,25 до 0,65 М. Установлено, что свойства плазмолиза и тургора проявляли только клетки плодовой ткани свежих абрикосов.

Сублимационной сушке, по нашим данным, вполне возможно (без ущерба для качества) подвергнуть предварительно замороженные (при -40°C) и хранившиеся при -18°C в течение 4-5 месяцев абрикосы и персики. Это позволит удлинить сезон переработки фруктов.

Таблица 2

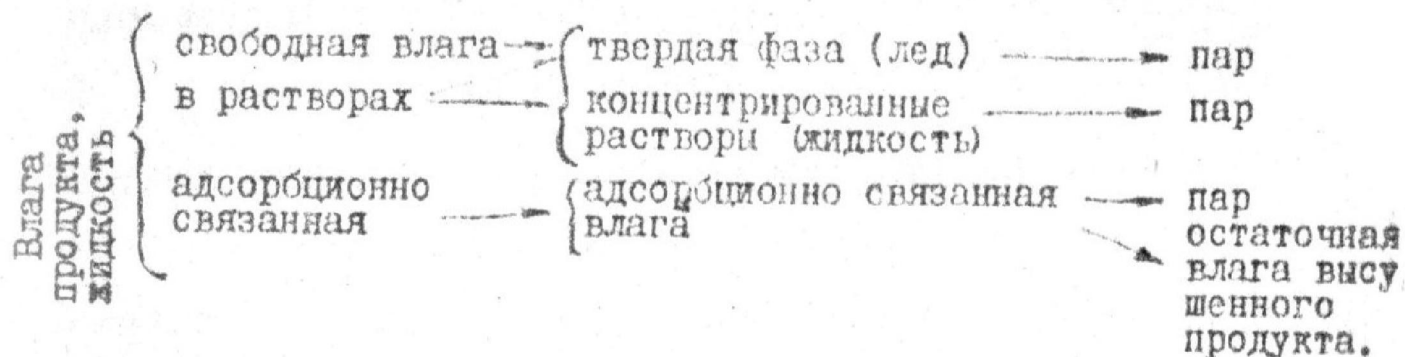
Химико-технологическая характеристика
абрикосов и персиков разных сортов до и после
сушки

Наименование плодов	Влажность, %		Кислотность, %		Общий сахар, %		Каротин, мг/гг		Витамин В1, мг/гг		Витамин В2, мг/гг		Витамин С, мг/гг	
Наименование сортов	до сушки	после сушки	до сушки	после сушки	до сушки	после сушки	до сушки	после сушки	до сушки	после сушки	до сушки	после сушки	до сушки	после сушки
Абрикосы	80,9	4,8	3,36	3,65	55,92	54,80	2,09	2,05	3,06	2,60	1,78	1,31	13,8	7,39
	51,3	2,7	2,33	2,21	57,11	53,97	16,8	12,6	3,50	3,44	1,91	1,87	18,82	14,8
	80,1	2,7	2,42	2,15	52,66	51,50	5,77	5,49	3,05	2,75	1,83	1,33	11,5	9,9
Персики	85,26	3,3	2,16	2,23	67,4	65,52	14,8	14,3	2,71	1,86	1,69	1,35	16,7	11,47
	85,33	4,7	2,58	2,10	68,1	66,16	следы	следы	2,0	1,37	1,76	1,25	9,59	7,39
	83,4	3,5	2,77	2,77	62,65	57,80	10,8	10,29	1,94	1,44	1,81	1,58	13,7	11,4

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ СУБЛИМАЦИОННОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ФРУКТОВ,
ЯГОД И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ**

Исследование процесса замораживания и влияние его на процесс обезвоживания. Замораживание перед сублимационной сушкой объекта должно создать определенную структуру продукта, характеризующуюся образованием направленных пор-каналов, обеспечивающих быстрое удаление влаги в период сублимации и набухание при регидратации обезвоженных продуктов.

Процесс сублимационной сушки пищевых продуктов протекает в сложных условиях многократных фазовых превращений воды:



Оптимальное соотношение количества влаги, удаляемой из твердой и жидкой фазы при сублимационной сушке, является весьма важным технологическим показателем, обусловливаемым свойствами сырья, температурами замораживания и сублимации. Наши исследования показали, что процесс замораживания фруктов, ягод, пюре и особенно соков является более сложным, чем мяса и рыбы, и требует применения более низких температур [17, 64, 57, 51].

Фрукты, ягоды, фруктово-ягодные пюре и натуральные соки с большим содержанием сахаров, органических кислот, пектина, клетчатки, дубильных веществ, микроэлементов и др. являются сложными, комплексными коллоидными эвтектическими системами весьма

С. В. 14416

V 014 416

Одесский технологический
институт пищевой промышленности
им. Н. В. Верещагина
БИБЛИОТЕКА

непостоянного состава, что не позволяет однозначно определить конечную температуру замерзания продукта и температуру сублимации (64,93). При разработке режимов целесообразно определять температурные зоны, в пределах которых обеспечивается оптимальное ведение процесса и получение продукта хорошего качества.

Для исследования процесса был выбран ряд количественных показателей, позволяющих определить оптимальные условия процесса замораживания. К ним относятся: температура замораживания - затвердевания продукта, соответствующая определенному количеству вымороженной влаги [64]; начальная температура плавления льда в продукте, которая определяет допустимую рабочую температуру в зоне сублимации [93].

Результаты исследования процесса кристаллизации влаги во фруктово-ягодных пюре с различным содержанием сухих веществ показали, что понижение температуры замерзания пюре пропорционально изменению концентрации (рис.3) т.е. соответствует закону Рауля в пределах от $C=15\%$ до $C=45\%$. После критической точки ($C=45\%$) зависимость носит нелинейный характер [64]. Это можно объяснить более сложным характером связей влаги с растворимыми компонентами концентрированных соков, образованием отдельных эвтектических растворов, имеющих неидентичные температуры кристаллизации. Оптимальной температурой замораживания фруктово-ягодного сырья принята температура, соответствующая ~~концентрации~~ ^{W~} 85-90%.

Количество вымороженной влаги для фруктово-ягодных пюре и соков определялось по формулам Г.Б. Чигова, Л.Бартлетта и Р.Хейса и нашей эмпирической формуле (I):

$$W = A + \frac{t_3}{B - C \cdot t_3} \quad (I)$$

где W – количество кристаллизовавшейся влаги в долях единицы;

t_3 – температура замораживания в $^{\circ}\text{C}$;

A, B, C – постоянные параметры, зависящие от содержания сухих веществ и вида пюре, определенные аналитически и приведенные в публикациях.

Полученные нами данные более близки к данным Л.Бартлетта (рис.4).

Расчеты по уравнению (I) показали, что одно и то же процентное содержание кристаллизовавшейся влаги для разных пюре наблюдается при различных температурах в зависимости от начального содержания сухих веществ и химического состава продукта. При одной и той же температуре вымораживается различное количество воды. Это свидетельствует о наличии различных форм энергии связи воды с сухим веществом в исследуемых продуктах.

Рассматривая замораживание как первый этап обезвоживания (с внутренней локализацией кристаллизованной влаги), целесообразно оценивать замороженный объект по количеству незамороженной влаги, отнесенной к массе сухого вещества объекта W_a . Это более точно характеризует степень обезвоживания продукта в процессе замораживания, чем количество замороженной влаги, отнесенной к начальному её содержанию ϕ . Эти данные приведены в таблице 3 [64].

Экспериментально установлено, что оптимальная зона замораживания для различных фруктов, ягод и фруктово-ягодных пюре находится в пределах $-20 \div -30^{\circ}\text{C}$, при этом из продукта выморажи-

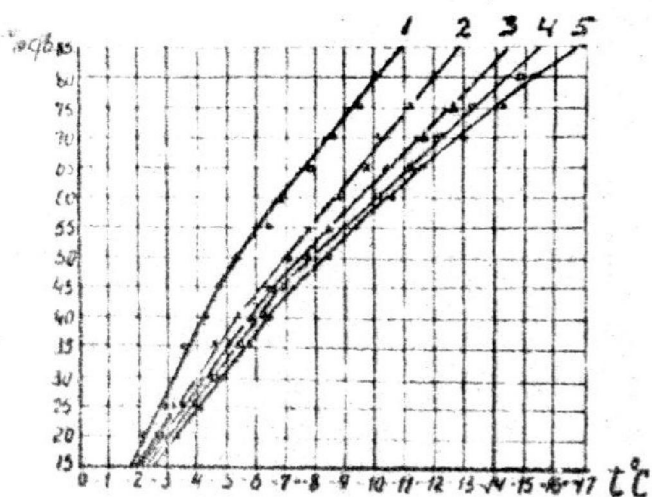


Рис.3. Влияние концентрации сухих веществ на температуру замерзания пюре:
1 - черносмородинового, 2 - абрикосового,
3 - яблочного, 4 - вишневого, 5 - сливового.

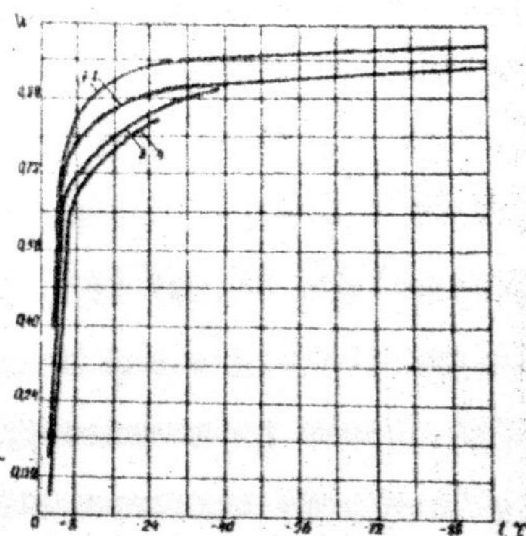


Рис.4. Количество кристаллизовавшейся влаги в яблочном пюре в зависимости от температуры замораживания, рассчитанное по формулам: 1 - Л.Бартлетта, 2 - МНИИПШ, 3 - Г.Б.Чижова, 4 - Р.Хейса.

Таблица 3

Зависимость количества незамерзшей влаги, отнесенной к массе сухого вещества, от температуры кристаллизации

Наименование пюре	Начальное содержание сухих веществ, %	Температура кристаллизации, °C	Количество кристаллизованной влаги, % от начального содержания	Количество незамерзшей влаги, % на сухую массу
Черносмородиновое	9,8	-8,0	85,9	129,5
Абрикосовое	12,8	-14	85,9	96,4
Вишневое	16,4	-30	86,1	71,0
Сливовое	19,0	-40	85,5	99,2

вадается от 85 до 90% влаги. Это соответствует, примерно, одинаковому уровню обезвоживания, что выражается отношением количества незамерзшей влаги к массе сухого вещества, при замораживании (табл.3). В их же пределах находятся режимы замораживания и рабочая зона сублимации для фруктов, нарезанных дольками (абрикосов, персиков, слив), ягод земляники. Исключением является пюре из сливы Венгерка молдавская, имеющее более высокое содержание сахаров, в том числе моносахаров, растворы которых замерзают при более низких температурах.

Замораживание натуральных соков - яблочного и особенно виноградного, содержащего большое количество сахаров, в том числе моносахаров, - является более сложной задачей, чем замораживание и сушка фруктово-ягодных пюре. Это, вероятно, связано с отсутствием нерастворимых веществ (к которым можно отнести клетчатку, пектиновые вещества и др.), определяющих струк-

туру продукта, его каркас [51,93] .

Методом дифференциального термографического анализа замороженных при -80°C , соков, впервые примененным для этой цели Л.Реем и Ф.Соважо, исследованы фазовые превращения воды в замороженной системе при подводе тепла, определены температурные зоны плавления соков.

Нашими исследованиями установлено, что для яблочного сока (содержание сухих веществ 11,4%) "рабочая зона" находится в пределах $-35 - 22^{\circ}\text{C}$, при этом в замороженном состоянии в нем определяется 78-80% кристаллизованной влаги; для виноградного сока (содержание сухих веществ 16%) эту зону составляют $-41 \pm -30^{\circ}\text{C}$, при этом вымораживается влаги 3-75%. Верхняя температура является предельной рабочей температурой.

Изучен также процесс замораживания фруктово-ягодных пюре и соков и последующей подготовки их к сушке: замораживание в слое 10-12 мм (монокристалл) ; замораживание в слое и последующее дробление; замораживание в тонком слое 0,4 - 1,0 мм на модернизированном генераторе чешуйчатого льда с последующим скалываем замороженной массы в виде пластинок-гранул [53,54, 59,106] . Процесс замораживания пюре и соков в тонком слое при температуре барабана $-30 \pm -40^{\circ}\text{C}$ продолжается 1-2 секунды вместо 1,5 - 2,0 часа для монолита на скороморозильных аппаратах и является перспективным. При этом поверхность испарения увеличивается в 20-30 раз, что сокращает процесс сушки на 30% [89,96] .

Исследование процесса сушки фруктов, ягод и пюре и определение оптимальных параметров процесса и методов энергоподвода в зависимости от свойств сырья. Э.И.Гуйго,

Э.И.Каухчешвили установили большие преимущества сублимационной сушки мяса при энергоподводе от коротковолновых "светлых" инфракрасных излучателей. Значительное проникновение инфракрасного излучения этого спектра в мясные продукты интенсифицирует процесс подвода энергии в зону сублимации.

Наши исследования процесса сушки фруктов, ягод и фруктово-ягодных пюре проведены при терморационном подводе тепла от инфракрасных излучателей коротковолнового и длинноволнового спектра, условно названных "светлыми" и "темными" излучателями [7,9,10,17,36].

С целью определения оптимальных режимов сушки исследованы:

- оптические характеристики объектов сушки - спектры поглощения, отражения и пропускания инфракрасного излучения продуктами замороженными и высушенными [36,37];
- спектры излучения и инерционность излучателей [8];
- механизм сублимации льда из замороженных фруктово-ягодных пюре, образование зон различной влажности и сухого слоя [49];
- технологические ограничения в процессе сушки (температура расплавления замороженного продукта, максимальная критическая температура поверхности продукта, исключающая тепловую деградацию качества, потерю веществ аромата) [6];
- тепло-и массообменные ограничения (теплопроводность) сухого слоя, пористость и паропроницаемость обезвоженной части продукта) [21,51,69,87];

- кинетика процесса сушки и режим подвода тепловой энергии [6, 51, 48, 49] ;
- управляющая функция в зависимости от основных технологических параметров процесса сушки [88];
- оптимальная остаточная влажность обезвоженных продуктов [68, 66] .

Вопросу определения оптимальной остаточной влажности обезвоженных продуктов посвящен специальный раздел исследований. Были сняты спектры отражения фруктово-ягодных пюре, предварительно замороженных при разных температурах, и установлена зависимость отражательной способности фруктово-ягодных пюре сублимационной сушки от длины волны спектра излучения [36, 37, 51] .

Поверхность замороженных и высушенных продуктов обладает самой большой отражательной способностью в области коротковолнового спектра с $\lambda_{\text{макс.}} = 0,6 - 1,4$ мкм (70-80%) и несколько меньшей в спектре излучения с $\lambda_{\text{макс.}} = 1,4 - 1,7$ мкм (30-50%) для различных по цвету пюре. Наибольшей отражательной способностью обладают фруктово-ягодные пюре, замороженные при более низких температурах (-50°C).

Исследованиями по определению пропускательной способности продуктов сублимационной сушки установлено, что пропускание, составляющее до 5%, наблюдается в области спектра до 2 мкм, выше 2 мкм оно не обнаружено. Максимальная зона спектра поглощения ИК-энергии продуктами находится в пределах 3,5 - 6 мкм (51). Изучение спектральных характеристик темных излучателей показало, что максимальная зона спектра излучения для темных излучателей находится также в пределах 3-6 мкм, хотя пропускательная способность продукта в этой области незначительна. Проведенные исследования позволили установить корре-

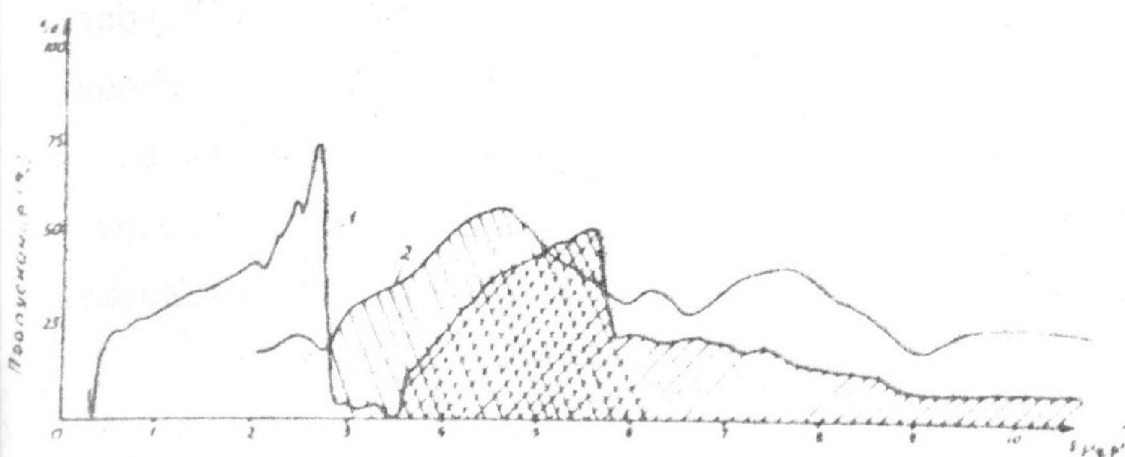


Рис.5. Сопоставление спектра излучения ТЭНа (1) со спектром поглощения энергии сухим яблочным пюре (2).

лянию между оптическими свойствами объектов сушки и источника-ми энергоподвода. (рис.5).

Большая отражательная и незначительная пропускательная способность замороженных и сухих пюре указывает на то, что в процессе сушки происходит интенсивное поглощение энергии именно поверхностью продукта и подвод тепла к зоне сублимации в значительной мере определяется теплопроводностью сухого слоя. Коэффициент теплопроводности сушеных фруктово-ягодных пюре при остаточной влажности 5% равен, по нашим данным, $0,046 - 0,048 \text{ Вт/(м.К)}$, а замороженных — $2,2 - 2,32 \text{ Вт/(м.К)}$ (51,21). Сухой слой, образующийся в процессе сушки, становится фактором, ограничивающим не только подвод энергии к зоне сублимации, но и отвод паров. Это особенно характерно для фруктово-ягодных пюре и соков.

Скорость сублимационной сушки различных пищевых продуктов колеблется в весьма значительных пределах. Структура и хи-

мический состав обезвоживаемых объектов играет при этом большую роль. Это было экспериментально проверено исследованием газопроницаемости фруктово-ягодных поре сублимационной сушки на специальном стенде [69]. Показано, что в процессе сублимационной сушки фруктовых поре при интенсивных методах энергоподвода сопротивление поверхностного высохшего слоя в ряде случаев становится фактором, ограничивающим транспорт пара, поэтому выбор метода нагрева зависит от проницаемости материала.

Воздухо- и паропроницаемость сублимированных фруктово-ягодных поре, как и других пористых сред, обуславливается особенностью строения пористого пространства – наличием сквозных порканалов.

На рис.6 показана зависимость коэффициента воздухопроницаемости K_v от среднего давления P_t в образцах фруктово-ягодного поре. При молекулярно-вязкостном режиме течения газа проницаемость материала существенно повышается (в 24–45 раз относительно минимальной величины в общепринятых режимах сушки).

Процесс целесообразно вести при таком давлении, которое соответствует восходящей ветви кривой $K = f(P)$ (для данного продукта. Конкретная величина K должна быть выбрана (в пределах восходящей ветви графика) с учетом требований к температурному режиму сушки.

Сопоставление величин K , полученных для плодово-ягодных поре и ряда других продуктов и материалов, показывает, что величина K для сухих поре в несколько раз меньше, чем, например, для сухой говядины сублимационной сушки в тех же условиях. Это свидетельствует о наличии во фруктовых поре значительного количества закрытых пор.

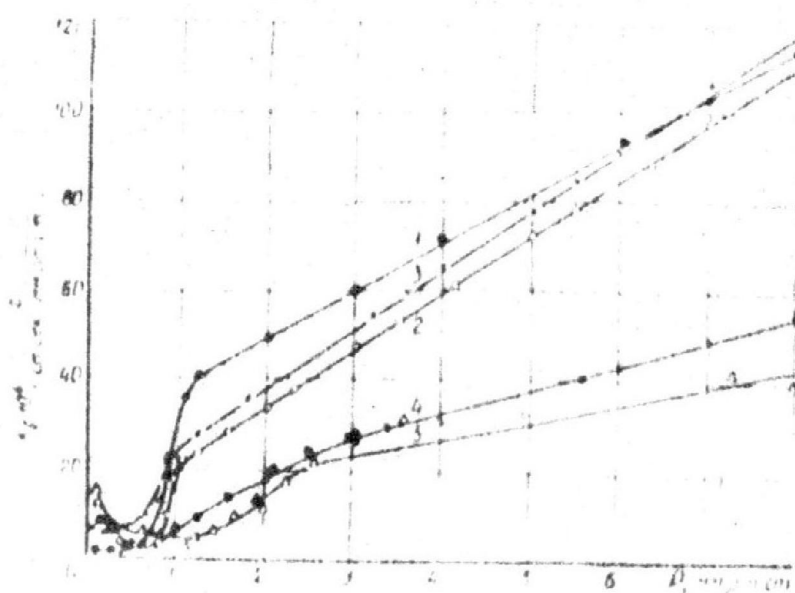


Рис.6. Газопроницаемость в зависимости от давления обезвоженных пластин фруктово-ягодных пюре:

- 1 – черносмородинового, 2 – яблочного,
 3 – земляничного, 4 – виноградного,
 5 – вишневого.

Эти исследования дают возможность сделать некоторые выводы. Проницаемость плодово-ягодных пюре, высушиваемых методом сублимации, сравнительно мала, что делает бесперспективным попытки ускорить процесс сушки их за счет использования интенсивных методов генерации тепла в зоне сублимации от "светлых" излучателей и подтверждает правильность выбора нами "темных" излучателей.

Перспективным направлением ускорения процесса сушки этих продуктов, особенно в период десорбции, составляющей примерно 30-40% от общей продолжительности полного цикла, является повышение давления за счет введения в аппарат циркулирующего сухого инертного газа. Это возможно осуществить для установок, в которых сублиматор отделен от конденсатора.

На основе анализа оптических и теплофизических характеристик замороженных и сухих фруктово-ягодных пюре, в частности воздухо- и паропроницаемости высушенных объектов и особенно качества продуктов, была установлена целесообразность использования при сублимационной сушке терморadiационного энергоподвода от "темных" излучателей ($\lambda_{\text{макс.}}$ от 4,7 до 7,7 мкм) с максимальной температурой нагревателей 180-220°C.

Выявленные нами закономерности, относятся, как видно, ко многим объектам растительного происхождения, что подтверждено последующими исследованиями И.А.Гинзбург при сушке экстрактов чая, В.И.Ковнацкого - при сушке экстрактов кофе.

Максимально допустимая температура поверхности различных плодов и пюре находится в пределах от 30 до 55°C [6,7,16].

Обобщая результаты исследования механизма процесса сублимационного обезвоживания, кинетики процесса, корреляции ин-

тенсивности подвода тепла в соответствии с количеством удаляемой влаги и учетом технологических ограничений, мы определили оптимальные режимы сушки для фруктов, ягод и фруктово-ягодных пюре при использовании "темных" излучателей.

Энергоподвод – ступенчатый, от максимального в начале-процесса $460-300 \text{ Вт/м}^2$ к минимальному в конце его – до 20 Вт/м^2 . Это исключает возможность перегрева и тепловой порчи поверхности продукта [1,6,7].

Режимы сушки приведены в таблице 4.

Таблица 4

Наименование продукта	Темпера- тура за- моражи- вания продукта, °C	Остаточное давление в сублиматоре		Максималь- но допу- стимая темпера- тура про- дукта, °C
		мм рт.ст.	Па	

Пюре яблочное, абрикосовое, персиковое, черносмородиновое	-30	I-0,5	I33,3-66,7	+55
---	-----	-------	------------	-----

Пюре вишневое, виноградное, сливовое	- 50	0,3 - 0,2	40,0-	26,7 +50
--------------------------------------	------	-----------	-------	----------

Абрикосы, земляника	- 25 -30	I - 0,5	I33,3-	66,7 +50
---------------------	----------	---------	--------	----------

Исследование технологического процесса сублимационной сушки пищевых продуктов показало, что скорость его протекания существенно зависит от одновременного регулирования основных параметров [6,88], к которым относятся:

x_1 – предельно допустимая температура поверхности продукта ,

x_2 – предельно допустимая температура в "центре" продукта ,

x_3 – остаточное давление в аппарате ,

x_4 - степень диспергирования массы продукта.

Указанные параметры можно представить в виде нелинейной функции

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_4), \quad (2)$$

где y - количество подводимого тепла.

Проведенные эксперименты с использованием "блока нелинейности" [88], который позволяет оптимизировать управляющий функционал (2), показали возможность существенного сокращения продолжительности сублимационной сушки фруктово-ягодных пюре, а также автоматизации этого процесса на базе аналоговой техники.

Интенсификация процесса сублимационной сушки фруктово-ягодных пюре наложением магнитных и электрических полей. Скорость сублимационной сушки различных пищевых продуктов колеблется в весьма значительных пределах. Структура и химический состав обезвоживаемых объектов играют при этом большую роль [12,13].

Экспериментальные исследования, проводимые в настоящее время в области интенсификации процесса сублимационной сушки бесструктурных пищевых продуктов, осуществляются в нескольких направлениях: ускорение сушки продуктов, предварительно замороженных, в виде пластин и блоков различной формы, диспергирование после замораживания (гранулирование) и замораживание в диспергированном состоянии. Один из вариантов рассмотрен нами выше [53,59,89,106]. Проведенные исследования показали, что газопроницаемость сухих фруктово-ягодных пюре, высушенных в форме пластин, мала по сравнению с таковой других видов пищевых продуктов, имеющих в исходном состоянии определенную структу-

ру, и является фактором, ограничивающим скорость сушки. Для обеспечения большей интенсивности процесса сушки необходимо изменить структуру сухого слоя, которая определяется размерами и расположением кристаллов льда в замороженном перед сушкой объекте, придав им определенную ориентацию, с целью образования сквозных, проходных пор при сушке.

В литературе по этому вопросу имеется ряд сведений, и хотя они порой противоречивы, однако авторы их сходятся на том, что в процессе фазового перехода воды из жидкого состояния в твердое всегда проявляется электрический потенциал; следовательно, процесс фазового перехода является электрически полярным и не может быть нейтральным к действию внешних электрических и магнитных полей.

Исходя из вышеизложенного нами было сделано предположение о возможности ускорения процесса сублимационной сушки преобразования продуктов под воздействием магнитных и электрических полей. Этого можно было добиться двумя последовательными приемами: во первых, созданием в процессе замораживания структуры продукта с ориентированным расположением кристаллов льда, т.е. получением системы с ориентированной структурой; во-вторых, такой организацией процесса сушки, при которой направление теплового потока по отношению к расположению кристаллов сублимируемого льда было бы оптимальным.

Для выполнения поставленной задачи были разработаны конструкции и созданы следующие экспериментальные установки; для киносъемки процессов кристаллообразования и сублимации льда в присутствии энергетических полей; для замораживания объектов в магнитном поле различной напряженности; для сублимационной сушки объектов при воздействии магнитного или электрического

поля. При этом были использованы оптические методы определения структуры льда, образующейся в присутствии энергетических полей и др. (75).

Объектами исследования служили вода (бидистиллят), модельные растворы (6,8%-ный водный раствор сахара и 0,8%-ный водный раствор пектина) и яблочное пюре с содержанием сухих веществ, равным 12%.

Результаты исследований показали, что как постоянное магнитное, так и электрическое поле, т.е. энергетическое поле, оказывают влияние на продолжительность кристаллизации воды, ускоряя её примерно на 30–50 процентов в зависимости от величины напряженности поля.

Известно, что кристаллизация воды имеет место при условии $\mathcal{E}_0 \geq \mathcal{E}_o$, где $\mathcal{E}_0$ – энергия броуновского движения, $\mathcal{E}_o$ – энергия ориентации молекул. Мы полагаем, что интегральный показатель $\mathcal{E}_o$ включает энергию, затрачиваемую на сокращение количества движения и амплитуды колебаний молекул замораживаемой воды, вплоть до фиксации их в определенном месте в виде льда. В условиях наложения внешнего магнитного и электрического поля этот процесс осложняется, и причем важную роль играет пространственная ориентация полярных молекул воды, направленная вдоль силовых линий энергетического поля, благодаря чему сокращается количество неорганизованных движений молекул и ускоряется процесс кристаллообразования. Это подтверждается установленным нами повышением вязкости воды и водных растворов на 8–10 процентов после кратковременного воздействия магнитных и электрических полей [41], что, в свою очередь, свидетельствует об изменении структуры воды.

Изменение направления роста кристаллов льда при наложении магнитного поля заснято нами на микрофильмы.

Влияние магнитного поля на процесс кристаллизации воды носит периодический характер и зависит от параметров, определяющих величину энергетического поля (рис.7), и степени ориентации кристаллов льда [81]. Определение количественных балансовых характеристик процесса требует специальных исследований.

Экспериментальное изучение кинетики сушки яблочного пюре, предварительно замороженного при различной напряженности магнитного поля, показало, что минимальная продолжительность процесса наблюдается в случае, когда напряженность магнитного поля равна 3500 э, причем интенсивность сушки увеличивается не в начале процесса, а в тот период, когда явно выражен механизм углубления зоны сублимации и существенную роль играет пористость сухого слоя продукта. Нами была определена пористость сухого яблочного пюре, замороженного перед сушкой в присутствии магнитного поля различной напряженности (рис.8).

Если сравнить величину пористости сухого яблочного пюре, полученного при температуре замораживания -20°C и напряженности магнитного поля 1500-1600 э, и величину пористости сухого яблочного пюре, замороженного перед сушкой при температуре -40°C и отсутствии поля, то оказывается, что они одинаковы и равны 88,4%, причем количество макропор увеличивается [81, 82, 87].

Нами были проведены [82, 83,] эксперименты по сублимационной сушке в электрическом поле напряженностью 100 В/см яб-

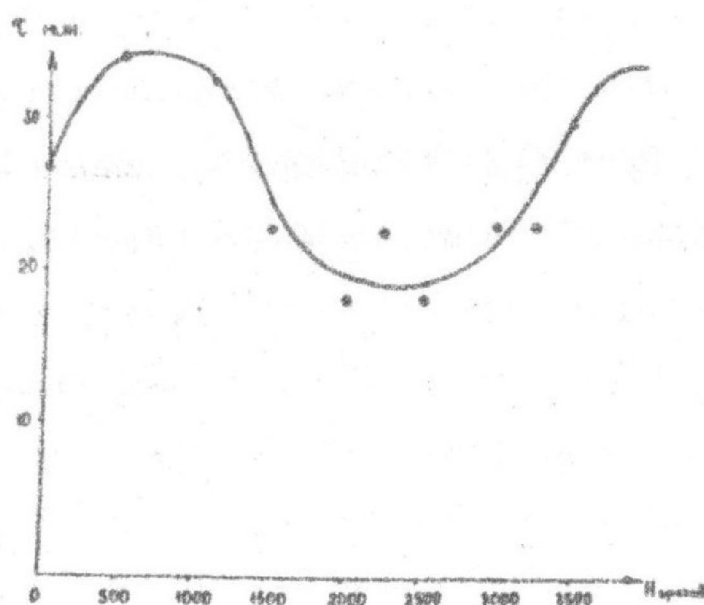


Рис.7 Продолжительность замораживания яблочного пюре
в зависимости от напряженности магнитного поля.

лочного пюре, предварительно замороженного в магнитном поле напряженностью 3500 Э. Результаты экспериментов (рис.9,10) указывают на сокращение продолжительности сушки такого пюре на 20% по сравнению с яблочным пюре, высушенным при отсутствии поля. Способы замораживания и сушки пищевых продуктов методом сублимации с наложением магнитных и электрических полей защищены авторскими свидетельствами.

Ускорение процесса сублимации льда из пищевых пюреобразных продуктов, предварительно замороженных в электрическом или магнитном поле можно объяснить, по нашему мнению, следующим образом: При замораживании в этих условиях образуется твердое тело с ориентированным расположением кристаллов льда, составляющих подобие ледяной цепи. По мере высушивания такого продукта в вакууме на его поверхности образуется сухой слой с направленным расположением каналообразных и сквозных пор, что значительно улучшает условия внутреннего тепло- и массообмена. Это приводит к более интенсивному протеканию процесса и к сокращению продолжительности сушки. Наличие таких каналов выявлено при микроскопировании обезвоженных образцов.

Обработка и упаковка высушенных продуктов

Высушенные продукты во избежание увлажнения до упаковки хранят в специальной вакуумной камере при относительной влажности окружающей среды до 30%. Целые ягоды и дольки плодов после инспекции укладывают в тару и герметически упаковывают. Фруктовые пюре, высушенные пластинками, измельчают до состояния порошка. Часть фруктовых порошков в таком же виде герме-

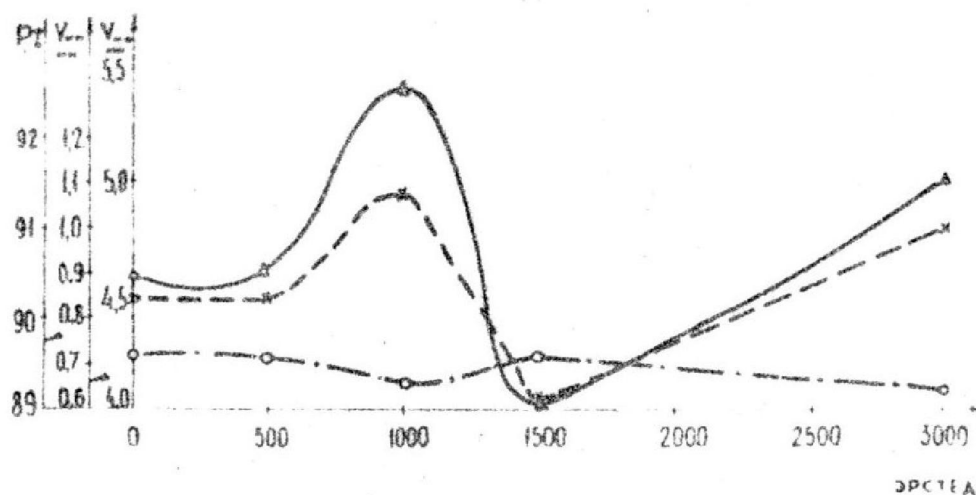


Рис. 8 Изменение пористости пластин обезвоженного яблочного пюре в зависимости от напряженности магнитного поля при замораживании:

-x--x- - общая пористость; o---o---o - микропоры;
- - - - - макропоры.

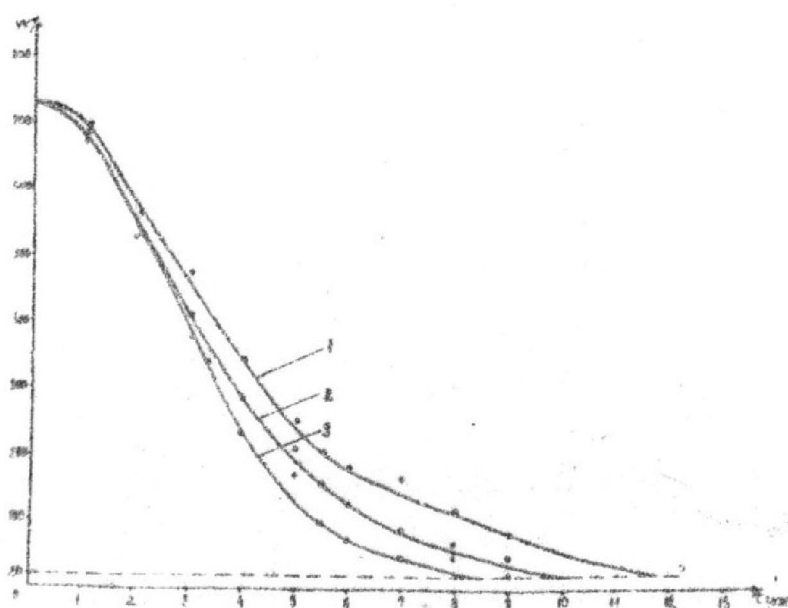


Рис. 9 Кривые сушки яблочного пюре, предварительно замороженного в магнитном поле различной напряженности:

1 - 3500 Э; 2 - 1500 Э;
3 - 1000 Э; 4 - при отсутствии напряженности.

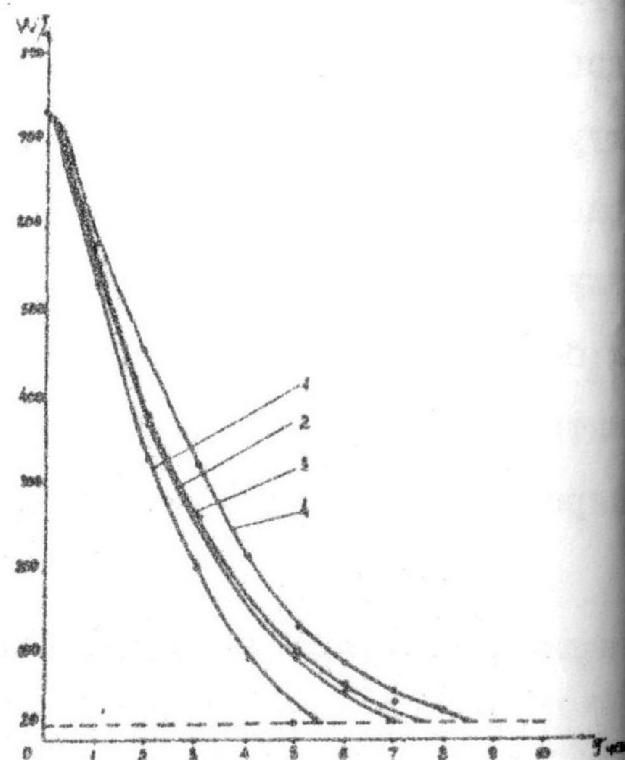


Рис. 10 Кривые сушки яблочного пюре: 1 - предварительно замороженного при отсутствии магнитного поля; 2 - предварительно замороженного при оптимальной напряженности (3500 Э) магнитного поля; 3 - при оптимальной напряженности магнитного поля (3500 Э) в процессе замораживания и оптимальной напряженности электрического поля (100 В/см) в процессе высушивания.

тически упаковывают в тару различной емкости, а часть порошков, предназначенных для получения порошкообразных соков с мякотью,) смешивают с сахарной пудрой в установленных соотношениях. Су- хие соки герметически упаковывают в специальные пакеты для ин- дивидуального потребления с восстановлением в особых условиях (невесомости) без вскрытия пакета и в обычные, однопорционные пакеты или в более крупную тару, если она предназначена для группового потребления.

Упаковку высушенных продуктов проводили в условиях вакуу- ма, в среде инертного газа или воздуха. Выбор упаковки дикту- ется специфическими свойствами пищевого продукта и сроками хра- нения. Продукты сублимационной сушки растительного происхожде- ния требуют в процессе хранения защиты от водяных паров, кисло- рода, света, от потери веществ аромата, проникновения посторон- них запахов извне и механических повреждений. Лучше всего про- дукты сохраняются в жестяных и стеклянных банках, однако не- достатком этой тары является большая масса по отношению к мас- се содержимого, что снижает важное достоинство продуктов суб- лимационной сушки - низкую удельную массу. Стеклянные банки прозрачны, а это нежелательно, так как свет часто отрицательно влияет на качество продукта в процессе хранения, особенно на содержание каротина, снижая его [20,51] .

Тара из полимерных материалов имеет ряд преимуществ перед жесте- и стеклотарой: относительно высокие барьерные свойства, малую массу, небольшую жесткость, хороший внешний вид, низкую стоимость, что очень важно при упаковке фруктов, ягод и фрукто- во-ягодных соков.

Исследование полимерной тары. Нами была проведена работа по выбору полимерных материалов для упаковки продуктов сублимационной сушки. Всего исследовалось 12 образцов отечественных и импортных полимерных пленок различных классов [34, 42, 70, 91, 92].

Исследования показали, что скорость и степень увлажнения продукта в пакете зависит от паропроницаемости упаковочных материалов, которая, в свою очередь, является функцией градиента давления водяных паров через пленку. Наиболее паропроницаемыми из исследованных материалов оказались дублированные пленки полиэтилен-целлофан, а наименее проницаемыми — материалы, содержащие алюминиевую фольгу (рис. II). Последние обеспечивают надежную защиту продукта от увлажнения в течение двух лет. Остальные материалы занимают промежуточное положение.

Одним из важных критериев, позволяющих судить о пригодности того или иного полимерного материала для упаковки фруктов и ягод сублимационной сушки, является его проницаемость по отношению к летучим органическим соединениям, которые составляют часть комплекса аромата. Таких данных в публикациях не оказалось.

Мы определяли проницаемость полимерных упаковочных материалов по отношению к органическим соединениям, входящим в состав аромата плодов: 2 - бутиловому, изоамиловому, изопропиловому и этиловому спиртам, метиловому и этиловому эфирам муравьиной кислоты, этиловому эфиру уксусной кислоты и ацетону. С этой целью мы использовали метод газовой хроматографии [30, 61].

Исследования показали, что алюминиевая фольга, каширо-

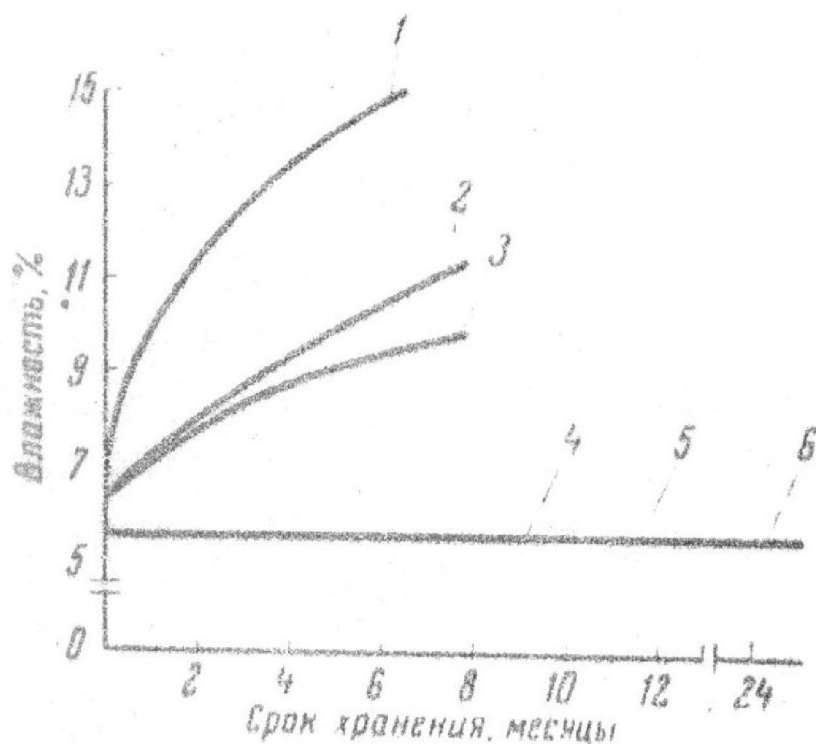


Рис. II Изменение влажности земляничного пюре сублимационной сушки при хранении в различной полимерной таре:

1 — двухслойная пленка ПЦ-2, 2 — трехслойная пленка "Ламитен-5", 3 — полиэтиленовая пленка, 4 — трехслойная пленка целлофан-алюминиевая фольга-полиэтилен, 5 — двухслойная пленка алюминиевая фольга-полиэтилен, 6 — контроль (стеклобанка 83-I)

ванная полимерными пленками, является хорошим барьером для всех указанных летучих органических соединений. При этом полимерная пленка — покрытие должна быть нанесена непосредственно на фольгу.

Применение пакетов из полимерных материалов дает значительную экономическую эффективность по сравнению с жестяными банками, особенно при транспортировке продуктов на дальние расстояния.

На основании изложенного можно сделать вывод, что для упаковки и длительного хранения продуктов сублимационной сушки растительного происхождения могут быть использованы полимерные материалы на основе алюминиевой фольги, кашированной полимерными пленками. Тару из прозрачных дублированных пленок — полиэтилена, лавсана, целлофана и др., не содержащих фольгу, можно применить лишь для кратковременного хранения. Если же в этой таре требуется длительное хранение продуктов сублимационной сушки, то необходимо применить вторичную групповую упаковку из пленок на основе алюминиевой фольги.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ, ФИЗИКО-
ХИМИЧЕСКИХ, СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ И
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ОБЕЗВОЖЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Наиболее общим показателем характеристики обезвоженных материалов является остаточное содержание влаги, которое определяет продолжительность процесса сушки и сохранность качества обезвоженных продуктов при хранении.

Для определения остаточного содержания влаги в обезвоженных продуктах разработаны и уточнены методы: вакуумный, газохроматографический и метод К.Фишера. Рассчитаны коэффициенты корреляции и уравнений регрессии, позволяющие пересчитать данные, полученные указанными методами, на стандартный [32, 52, 63, 36]. Для экспрессного цехового контроля разработана методика пигрометрического определения влаги по кривым сорбции [33]

В продуктах сублимационной сушки, имеющих низкое содержание влаги, микробиальные и ферментативные процессы резко замедлены. Однако биохимические процессы продолжаются и в этих условиях. Ряд исследователей (Селвин, Карел, Никерсон, Казоли и др.) указывают на важную роль влаги монослоя при хранении сухих продуктов. Отмечается, что она наиболее прочно связана с сухим веществом и играет защитную роль - предотвращает окисление сильно развитой поверхности обезвоженных продуктов.

Относительно продуктов сублимационной сушки подобные данные ранее не публиковались. Поэтому исследование этих продуктов проводилось нами по изотермам сорбции, снятым на вакуумной установке с кварцевыми весами Мак-Бена. Содержание воды в монослое рассчитывалось по уравнению БЭТ.

и для обезвоженных фруктов и фруктово-ягодных пюре находилось в пределах 1,8 - 2,6%, удельная поверхность составила 64 - 90 м²/г.

Следует отметить, что из-за сложности изучаемой реальной системы и локального распределения лиофильных веществ полученные данные носят формальный характер, но исследование изотермы несколькими способами [68] показало, что содержание влаги в монослое, рассчитанное по БЭТ, - это связанная влага.

Нами были проведены также экспериментальные исследования по определению оптимального содержания влаги при хранении. С этой целью был выбран комплекс наиболее характерных, изменяющихся (динамичных) показателей для изучаемых объектов. К ним можно отнести содержание витамина С, каротина, оксиметилфурфурола и оптическую плотность спиртовых вытяжек. Исследовали пюре абрикосовое, черносмородиновое, яблочное и целые плоды земляники [65,66].

Эксперименты были проведены при температуре 37°C в условиях ускоренной порчи в течение 50 суток, а также при температуре 20°C в течение 180 суток. Содержание остаточной влаги в пюре было от 0,5 до 8,0%.

При изучении сохраняемости свойств продуктов в условиях ускоренной порчи выявлено, что такие показатели, как оптическая плотность и содержание оксиметилфурфурола при влажности, превышающей 2-3% (по вакуумному методу и Фишеру), изменяются более резко [65] (рис. 12, 13, 14).

В образцах черносмородинового, абрикосового и яблочного пюре, содержащих более 3% влаги, при хранении в течение 6 меся-

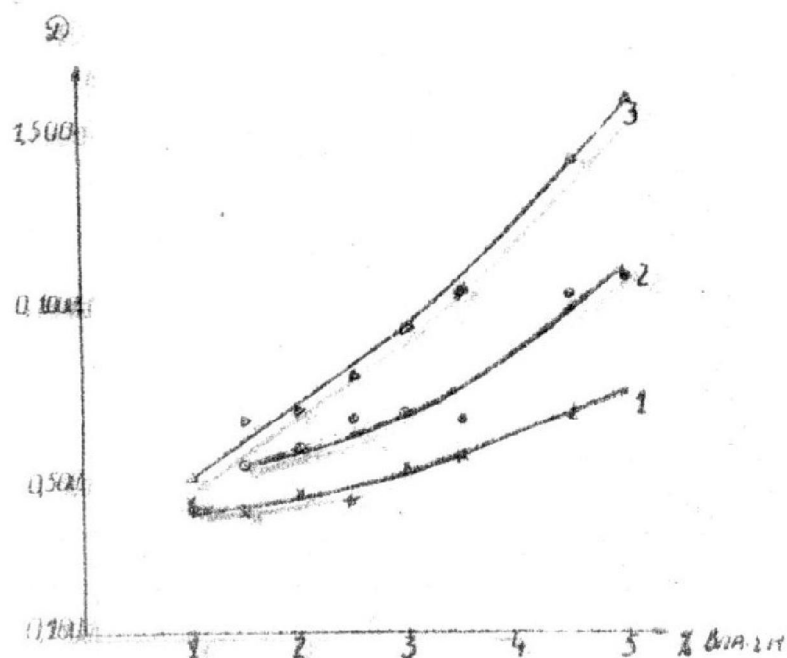


Рис. 12. Изменение оптической плотности спиртовых экстрактов абрикосового обезвоженного поро при длине волны 400 нм в зависимости от влажности и сроков хранения: 1 – 15 дней, 2 – 35 дней, 3 – 50 дней.

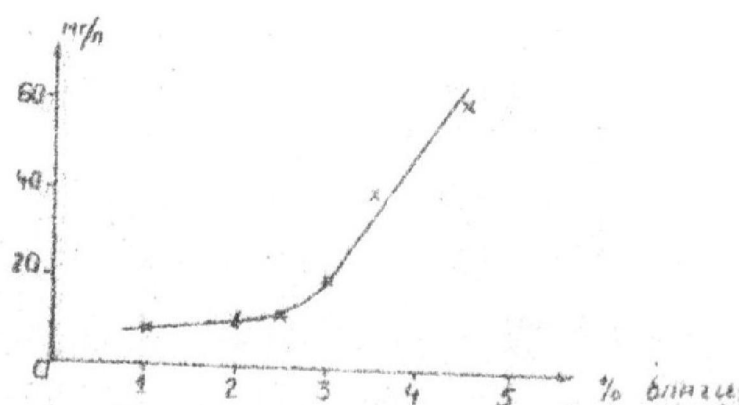


Рис. 13. Изменение концентрации оксиметилфурфурола в абрикосовом поро после хранения в течение 50 дней в зависимости от содержания влаги.

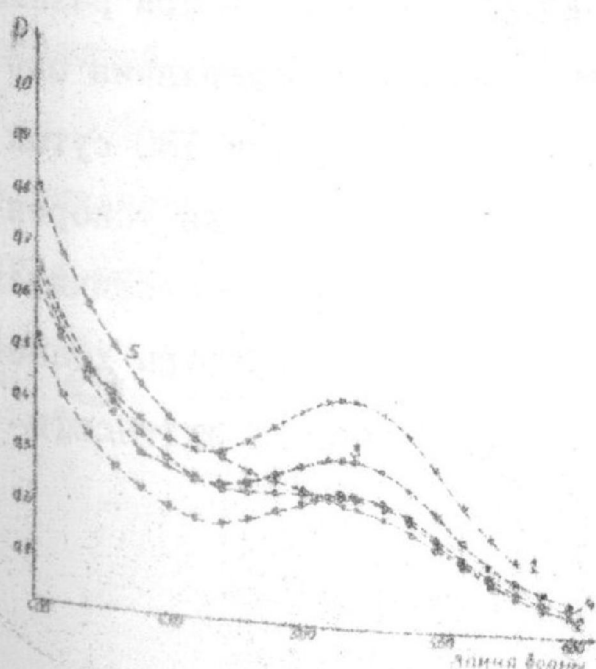


Рис. 14. Спектры поглощения спиртовых экстрактов сушеной земляники с различной влажностью (1-0,5%, 2-1,5%, 3-2,5%, 4-3,5%, 5-4,5%) после хранения в течение 20 дней.

цев наблюдались значительные изменения биохимических характеристик и органолептических показателей: продукт сильно потемнел, ухудшилось его качество, снизилась биологическая ценность. Потери каротина в абрикосах составили свыше 80%, витамина С в черной смородине – до 60%. Аналогичные результаты получены при хранении высушенных ягод земляники.

Интересно, что при содержании влаги 0,5 и 0,9% в абрикосовом пюре снижение уровня каротина было таким же значительным как и в продуктах с содержанием влаги более чем 3%. Это подтвердила и органолептическая оценка. Вероятно, такое явление указывает на защитные функции монослоя.

Экспериментальные исследования показали, что оптимальное содержание влаги для таких сложных объектов, как фрукты, ягоды, соки является различным. Можно указать определенные пределы содержания влаги – 1,0 – 3,0%, установленные вакуумным методом или по методу Фишера, которые близки к уровню влаги в монослое. Однако этот показатель необходимо экспериментально определять для каждого продукта.

Наибольшее снижение содержания витамина С наблюдается в первые 3 месяца, что, вероятно, связано с наличием в таре кислорода воздуха, вступающего в реакцию окисления. Анализ результатов хранения продуктов с различной влажностью при разной температуре (20 и 37°C) показал, что изменение содержания оксиметилфурфурола при температуре 20°C на протяжении 180 суток было незначительным, в то время как при 37°C (условия ускоренной порчи) за 150 суток этот показатель значительно увеличился. Это свидетельствует о том, что повышение температуры хранения при одной и той же остаточной влажности интенсифи-

цирует реакции аминокислот с сахарами и образование продуктов, вызывающих покоричневение, потемнение объектов (рис. I5, I6, I7).

Можно сказать, что стабильность качества обезвоженных сублимацией продуктов зависит от трех факторов: оптимальных влажности, температуры и продолжительности хранения.

Полученные данные явились теоретическим и экспериментальным обоснованием подготовки образцов для: закладки на длительное 5-летнее хранение в различной таре, атмосфере и при температуре в соответствии с условиями, заданными Институтом медико-биологических проблем Минздрава СССР.

На основании проведенных экспериментов можно рекомендовать длительное хранение продуктов сублимационной сушки с содержанием влаги, не превышающим её количества в мономолекулярном слое [65, 66].

Учитывая высокую гигроскопичность обезвоженных плодово-ягодных пюре и порошков с сахаром, нами была исследована кинетика увлажнения их за счет сорбции влаги из окружающей среды. Изучалась скорость сорбции влаги продуктами сублимационной сушки в изотермических условиях в зависимости от относительной влажности окружающей среды [46].

Скорость увлажнения зависит от относительной влажности окружающей среды. Так, за 6 часов при относительной влажности $\varphi = 30\%$ содержание влаги в порошкообразных фруктовых пюре увеличилось на 3%, а в порошках с сахаром (порошкообразные соки с мякотью) — на 1,5%. При $\varphi = 60\%$ содержание влаги в порошках пюре увеличилось на 8-10%.

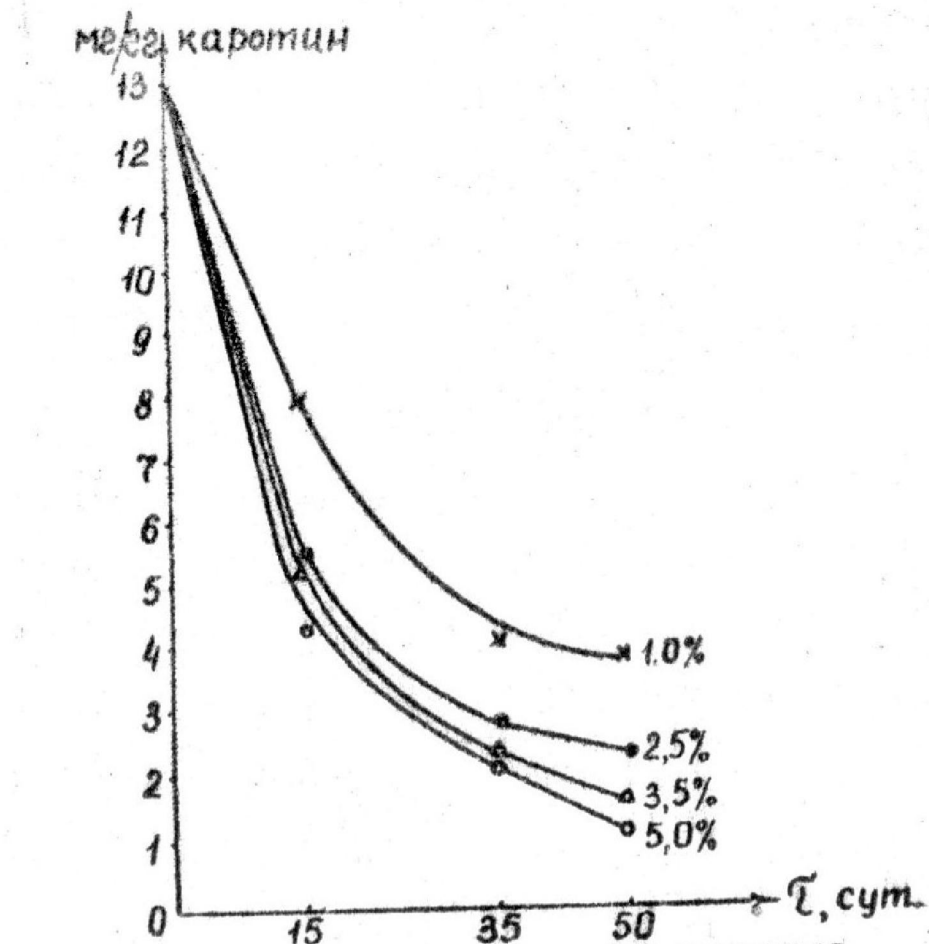


Рис. 15. Изменение содержания каротина в абрикосовом пюре различной влажности.

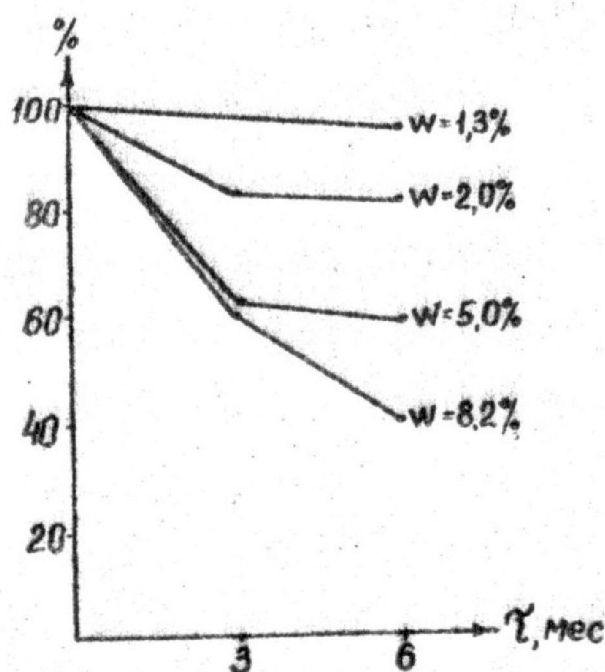


Рис. 16. Изменение содержания витамина С в черносмородиновом пюре различной влажности.

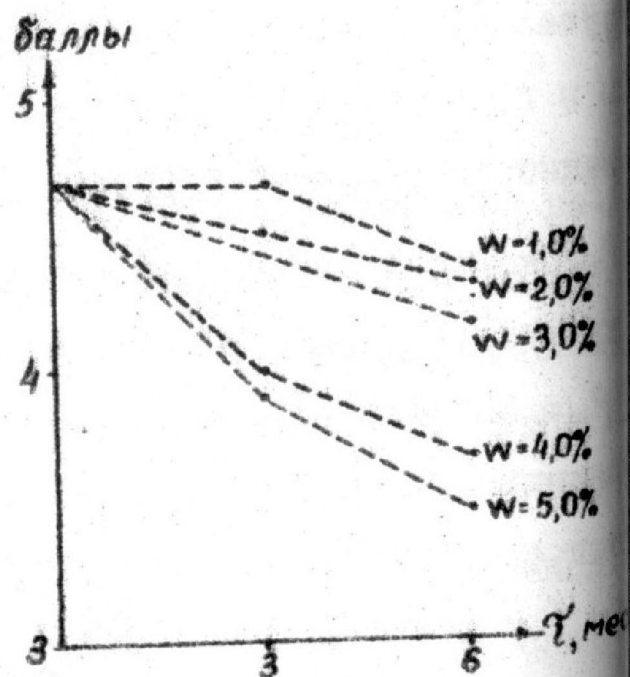


Рис. 17. Изменение органолептических показателей абрикосового сока с мякотью различной влажности.

а в порошках с сахаром - на 4-5% (рис.18). Увеличение влажности обезвоженных продуктов на 8-10% соответствует потере производительности сублимационных установок на 35-40%, так как указанное количество влаги удаляется в период десорбции, составляющей не менее 30% общей продолжительности сушки. Наши данные указывают на необходимость создания расфасовочных отделений цехов сублимационной сушки с кондиционированием воздуха и максимально возможной сухой атмосферой ($\varphi = 30 - 35\%$).

Увлажнение обезвоженных сублимацией фруктов, фруктово-ягодных порошков и смесей их с сахаром до определенных критических пределов резко изменяет структуру продуктов. Порошки при достижении влажности 4% комкуются, а в дальнейшем теряют сыпучесть и др. Слеживаемость и комкование порошков без сахара наблюдается и при более низкой влажности, но в зависимости от времени хранения [47,51]. В нарезанных плодах при медленном гигроскопическом увлажнении происходит закупорка-заплавление пор поверхностного слоя, на нем образуется пленка, что резко снижает набухаемость и растворимость продуктов [51].

Анализ литературных данных и результаты наших исследований позволяют сделать обобщающий вывод о функциональной зависимости характеристик качества обезвоженных продуктов (K) от критического уровня содержания влаги (W_k):

$$K = f(W_k) \quad (3)$$

В первом приближении можно определить три критических уровня влаги W_k , значительно влияющих на интенсивность, глу-

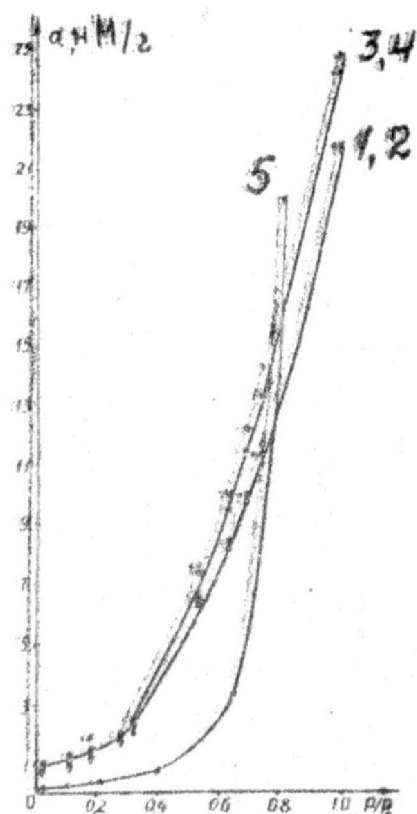


Рис.19. Изотермы сорбции земляники целой (1) и фруктово-ягодных поре: 2 - черносмородинового, 3 - абрикосового, 4 - вишневого, 5 - абрикосового с сахаром.

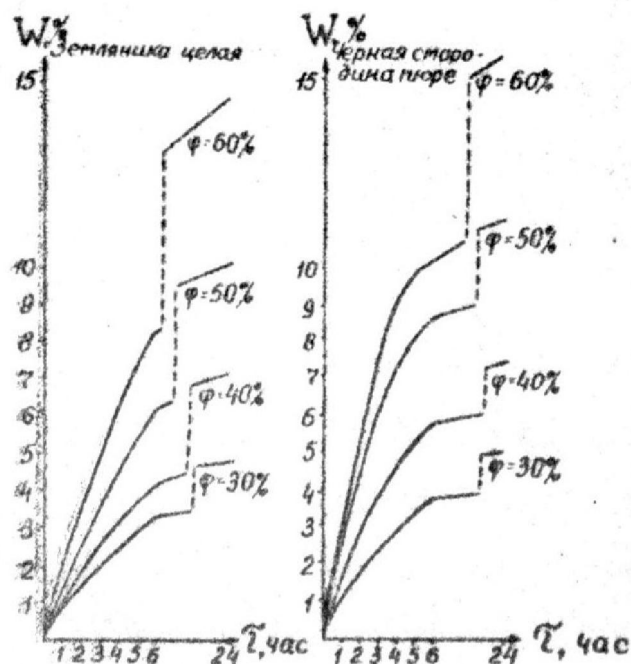


Рис.18. Зависимость влагосодержания обезвоженных продуктов от времени при разных значениях относительной влажности среды.

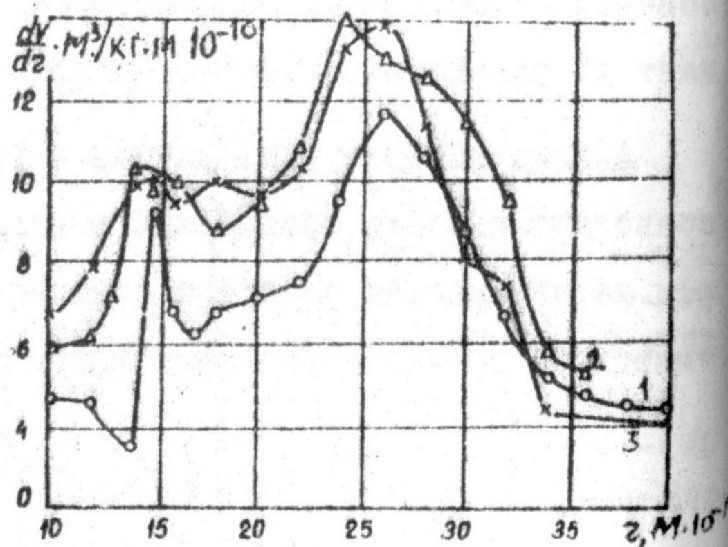


Рис.20. Кривые распределения по радиусам пор поре: 1 - вишневого, 2 - черносмородинового, 3 - абрикосового.

бину и механизм изменений (порчи) продуктов:

W_{k_1} - 2-3% (влага мономолекулярного слоя). Это уровень влажности, соответствующий бактериальной и ферментной инаktivации относительной органолептической стабильности продуктов.

W_{k_2} - 3-6% (гигроскопическое увлажнение), уровень активизации ферментов, усиления интенсивности окислительных и других биохимических процессов. Наблюдается значительное снижение органолептических показателей, но продукты остаются съедобными.

W_{k_3} - 7-12% (увлажнение сухих продуктов за счет конденсации паров в капиллярах, проникновения по микропорам, смачивания). Наблюдаются наибольшие изменения качества продуктов, набухание, растворение поверхностного слоя обезвоженных продуктов, начало плесневения.

Структурно-сорбционные характеристики продуктов сублимационной сушки обусловлены параметрами проведения технологического цикла и играют важную роль как для интенсификации процесса, так и для хранения продуктов [72,74].

Сорбционные свойства исследуемых продуктов в значительной степени определяются их пористостью.

Теория капиллярной конденсации позволяет определить структурную кривую сорбента с помощью уравнения Кельвина по десорбционной ветви изотермы сорбции. Этот расчет был проведен для ряда продуктов сублимационной сушки - черносмородинового, абрикосового, вишневого пюре и др. (рис.19).

Получены кривые распределения пор по радиусам, максимум этой кривой приходится на поры с радиусом $25-28 \cdot 10^{-10}$ м, что лежит в области переходных пор. Кривая распределения пор различ-

ной формы по радиусам показана на рис. 20.

Микро- и переходные поры обуславливают адсорбционные свойства, а макропоры обеспечивают массо- и теплоперенос. Поэтому структурная характеристика продукта не будет полной без знания общей пористости, характеризующей отношение объема пор к некоторому общему объему материала.

Для изучения влияния режима сублимационной сушки на пористость образцы яблочного пюре были заморожены при нескольких температурах: -20 , -30 , -40°C [87].

Для сравнительного определения микро-, переходных и макропор образцов, замороженных при разных температурах, использовали соотношение

$$V_{\Sigma} = V_{\text{мик}} + V_{\text{пер}} + V_{\text{мак}} \quad (4)$$

где V_{Σ} - суммарный объем пор ;

$V_{\text{мик}}$ - объем микропор ;

$V_{\text{мак}}$ - объем макропор ;

$V_{\text{пер}}$ - объем переходных пор ;

$V_{\text{мик}} + V_{\text{пер}}$ соответствует объему воды, поглощенной в гигроскопической области, и определяет гигроскопичность образца.

Эти данные приведены в последнем столбце таблицы 5.

Из таблицы 5 видно, что наиболее низкая температура замораживания приводит к уменьшению объема пор и общей пористости. Из этой же таблицы видно, что при понижении температуры замораживания уменьшается гигроскопичность образца.

Установлено, что замораживание пюреобразных продуктов в магнитном и электрическом полях оказывает весьма существенное влияние на структуру и направляемость пор в замороженном

Таблица 5

Структурная характеристика яблочного
поре сублимационной сушки

Темпера- тура за- моражи- вания, °C	Кажу- щаяся плот- ность δ , г/см ³	Истинная плот- ность α , г/см ³	Суммар- ный объем пор V , см ³ /г	Общая порис- тость P , %	Объем макро- пор $V_{\text{мак}}$, см ³	Объем микро- и пере- ходных пор $V_{\text{мик}} + V_{\text{пер}}$, см ³
- 20	0,161	1,78	5,65	90,9	4,80	0,85
- 30	0,176	1,78	5,12	90,1	4,32	0,80
- 40	0,205	1,78	4,31	88,4	3,76	0,55

и обезвоженном продукте [75,81,82,83]. Поре, например, заморо-
женное в магнитном поле при -20°C имеет характеристики,
соответствующие таковым поре, замороженного при -40°C . Явление,
отмеченное нами, может оказать значительное влияние на гигро-
скопичность обезвоженных сублимацией порообразных продуктов.

Исследование веществ аромата
плодов и изменения их при сублимационной
сушке и хранении

Наиболее ценной характеристикой фруктов, ягод и фруктово-
ягодных соков является аромат, свойственный каждому виду. Он
определяет типичный запах и вкус пищевых продуктов.

Комплекс летучих веществ аромата плодов состоит из боль-
шого числа различных компонентов, принадлежащих к разнообра-
ным классам веществ (спирты, эфиры, летучие кислоты и др.),
концентрация которых в плодах весьма мала. Они частично раст-

ворены в межклеточной жидкости, частично сорбированы локально растительной тканью, составляющей сложный каркас объекта.

Применение газовой хроматографии позволяет определить содержание отдельных компонентов летучих веществ. Газохроматографические исследования веществ аромата ведутся как у нас в стране, так и за рубежом. Однако информация об аромате продуктов, обезвоженных сублимацией, в частности исследуемых нами крайне недостаточна и в основном относится к модельным растворам (Рей, Соважо, Флинк, Каре, Шеппард, Ньюсам, Штудингер и др.). Причем исследовались в большинстве случаев низкокипящие вещества.

Нами снято и проанализировано в разных аспектах свыше 800 хроматограмм, дающих информацию о динамике летучих веществ плодов, ягод и фруктовых пюре при воздействии различных технологических приемов и хранении обезвоженных продуктов [2,3,4,5,14,15,28].

Исследование веществ аромата проведено нами в нескольких направлениях: качественные и количественные измерения различных компонентов в процессе сублимационной сушки (по площади пиков) ; динамика летучих компонентов при хранении в различных условиях (температура, среда) по сумме площадей пиков низкокипящих (до 130°) и высококипящих (свыше 130°C веществ; идентификация обнаруженных веществ и определение из них основных, обуславливающих типичный аромат исследуемых плодов и соков; поиск методов корреляции сенсорной и инструментальной оценки аромата плодов и соков с целью объективной оценки влияния технологических приемов на сохранность аромата

Нами исследовались летучие низкокипящие и высококипящие вещества, в том числе летучие жирные кислоты [29], в землянике, черной смородине, абрикосах, персиках, вишне, яблоках, сливах и др. Идентифицировано 46 веществ, из них низкокипящих компонентов 17 (ацетальдегид, метилформиат, этилформиат, метилацетат, ацетон, этилацетат, метилэтилкетон, изопропанол, этанол, изобутилацетат, 2-бутанол, н-пропанол, н-бутилацетат, изобутанол, изоамилацетат, н-бутанол, изоамилол, высококипящих компонентов - 29 (спирты: н-амиловый, н-гексиловый, н-гептиловый, н-октиловый, н-дециловый, бензиловый, β -фенилэтиловый; сложные эфиры: этилвалериат, этилкапронат, α -пинен, бутилкапронат, этилкаприлат, этилкапринат, этилбензоат, этилпеларгонат, этиллаурат; летучие жирные кислоты: уксусная, пропионовая, н- и изомасляная, н- и изовалериановая, капроновая, энантовая, каприловая, пеларгоновая, каприновая; терпены: линалоол, гераниол).

При сублимационной сушке фруктов качественный состав летучих компонентов большинства образцов сохраняется довольно стабильно. Количественные изменения (в сторону уменьшения) отдельных компонентов, особенно низкокипящих, колеблются в довольно широких пределах - 7-40% (этилформиат и этанол на 30-40% ; 2-бутанол на 15-20%; этилацетат, метилэтилкетон, изобутанол на 7-10% и т.д.). С повышением температуры кипения веществ определенных гомологических рядов потери снижаются. Количества летучих жирных кислот существенных изменений не претерпевают. Сохранение аромата плодов и пюре после сублимационного обезвоживания можно объяснить незначительным уменьшением количества высококипящих веществ (56,80).

Потери летучих веществ при сушке зависят от технологических параметров подготовки сырья, замораживания и режима сушки. С повышением конечной температуры продукта потери летучих веществ увеличиваются, поэтому температура продукта не должна превышать 50°С.

Летучие вещества аромата лучше сохраняются при сушке целых плодов и ягод, чем при сушке фруктово-ягодных пюре, что связано, по мнению Л.Рей, с сохранением структуры тканей целых плодов.

Л.Рей, Ф.Соважо и другие, работая с модельными растворами, высказали соображения о сложных взаимоотношениях между летучими компонентами аромата и структурой каркаса объекта, играющей роль высокопористого адсорбента.

Для изучения механизма удержания и потери летучих веществ при сублимационной сушке нами проведены специальные исследования на яблочном пюре, как естественном каркасе с накладкой шести летучих веществ, входящих в состав фруктового аромата — трех эфиров и трех спиртов (90).

Установлено, что сохраняемость веществ аромата фруктового пюре в одних и тех же условиях сушки зависит от их температуры кипения и класса.

При этом наибольшее количество веществ аромата сорбируется на водонерастворимой фракции яблочного пюре, составляющей каркас обезвоженного продукта, который препятствует потере летучих компонентов в период сушки и, вероятно, обладает избирательной способностью в отношении удерживания летучих веществ. Сорбция же компонентов аромата на высушенной растворимой фракции менее значительна. Увеличение содержания в продукте растворимых сухих веществ приводит к уменьшению сорбируемости ле-

летучих компонентов - спиртов и эфиров.

Интересно отметить, что большая часть этих пор, как нами установлено, воздухонепроницаема и, вероятно, является закрытой обезвоженной сеткой полисахаридов, обладающих высокой сорбирующей способностью.

На основании проведенных исследований можно утверждать, что вещества аромата, содержащиеся в плодах в количестве порядка менее 0,001-0,002%, при удалении 90% воды путем сублимации льда в вакууме при температурах $-20 + -30^{\circ}\text{C}$ уменьшаются крайне незначительно благодаря наличию взаимодействия между компонентами аромата и сухой частью продукта, прежде всего высокомолекулярными полисахаридами, составляющими каркас обезвоженного продукта.

Инструментальная и сенсорная оценка аромата. Вопрос, что определяет специфику аромата, является дискуссионным. Некоторые исследователи считают, что аромат продукта зависит от суммы и количественного сочетания летучих соединений (разной композиции), другие - от специфических веществ.

Одним из важных направлений в нашей работе была попытка установить, какими компонентами определяется типичный аромат исследуемых нами фруктов с перспективой скоррелировать данные инструментального анализа и сенсорной оценки.

Исследования выполнялись путем одновременного газохроматографического разделения концентрата ароматических веществ, выделенных из продуктов, на катарометре и органолептической оценки запаха фракций, выходящих из хроматографической колонки в атмосферу. Оценка запаха проводилась тремя-четырьмя

дегустаторами со скользящим отдыхом через 5-6 "разнюхиваний" в нескольких повторностях в момент выписывания пика вещества на хроматограмме [80].

При анализе концентрата веществ аромата, выделенных из земляничного, абрикосового, и черносмородинового соков с мякотью, свежих и сублимационной сушки, было установлено, что все три продукта содержат вещество или группу веществ, придающих им специфический запах. В основном это высококипящие вещества, хорошо сохраняющиеся при сушке.

Для иллюстрации нами приведена хроматограмма летучих веществ земляничного сока с мякотью, полученная при анализе концентрата веществ аромата (рис. 21). Дана органо-лептическая характеристика запаха и определена площадь их пиков.

Разделенные вещества аромата обладают запахом разнообразных оттенков. Специфический для земляники аромат обнаружен у веществ с температурой кипения в пределах 200-250°. Вероятно, остальная гамма летучих веществ, накладываясь на вещества характерного аромата, формирует неповторимый "букет" земляники.

Такое же явление обнаружено при оценке веществ, составляющих аромат абрикосов. Температура кипения веществ с абрикосовым тоном находится в пределах 200-220°C. В этой же области обнаружены вещества с "сенным запахом".

При разделении концентрата веществ аромата черносмородинового сока с мякотью было обнаружено несколько специфических фракций с приятными и неприятными оттенками аромата. Большая часть веществ, записанных на хроматограмме, идентифицирована с

помощью разных приемов, принятых в газовой хроматографии, и оптическими методами (ИК-спектрофотометр) /80/.

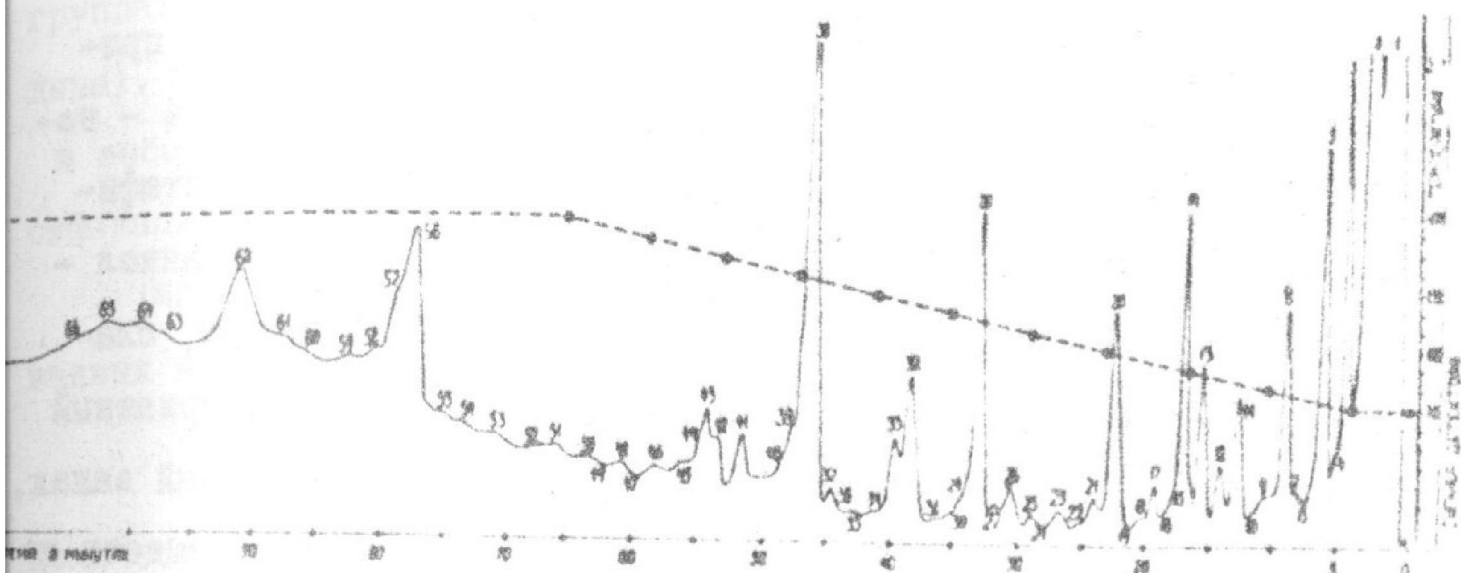


Рис.21. Хроматограмма летучих веществ аромата земляники с органолептической характеристикой его составляющих:

1 - растворитель; 2 - этанол+этилацетат - приятный фруктовый запах за счет этилацетата; 3 - н-пропанол - приятный запах; 4 - неидентифицированное вещество - неприятный запах; 5 - этилбутират - резкий неприятный запах; 8 - н-бутанол - приятный запах; 9 - этилвалерат - запах фруктовой эссенции; 11 - изоамилол - слабый приятный запах; 12 - амилацетат - приятный фруктовый запах; 13 - н-амилол - приятный запах; 14 - не идентифицирован - неприятный запах; 15 - этилкапроат - приятный нежный запах; 17 - не идентифицирован - приятный запах (эфирный); 18 - гексилацетат; 19 - не идентифицирован; 20 - н-гексанол - приятный запах свежей зелени; 21 - этилсалицилат - тонкий приятный запах; 26 - н-гептанол+этилкаприлат - цветочный

запах ; 27 - не идентифицирован, медовый запах ; 28-30-3I - не идентифицированы ; 28 - сильный приятный запах ; 30 - запах земли ; 3I - терпкий запах ; 32 - н-октанол, слабый запах розы ; 33 - этилацеларгонат - приятный цветочный запах ; 37 - не идентифицирован ; 38 - н-нонанол ; 39 - этилкапринат, запах отдаленно напоминает землянику ; 4I - не идентифицирован, приятный тонкий запах с оттенком розы ; 43 - н-деканол ; 44 - н-рол, приятный запах с оттенком розы ; 45 и 46 - не идентифицированы, мятный запах ; 47 - фенилэтанол ; 48 - гераниол - запах клевера, медовый ; 5I, 52, 53 не идентифицированы, слабый приятный запах ; 56 - не идентифицирован, сильный приятный запах ; 63, 64, 65 и 66 - не идентифицированы, земляничный запах ;

Нами дана упрощенная классификация группы летучих веществ. Сделана попытка определить их роль в сложении типичного аромата исследованных соков. В земляничном восстановленном соке с мякотью определено 65 компонентов, из них не идентифицирован 2I, в черносмородиновом соке - соответственно 56 и 15.

Анализируя сенсорную оценку выходящих и одновременно записываемых на хроматограммах летучих веществ, мы разделили эти вещества на 4 группы:

S - общее количество летучих веществ ;

$S_{цм}$ - вещества, обладающие приятным цветочным, плодовым и пряным ароматом (спирты, эфиры, в основном низкокипящие) ;

S_T - вещества специфичные, обуславливающие типичный аромат данного продукта (высококипящие) ;

$S_{нч}$ - вещества, обладающие запахами различной интенсивности, но не характерные для данного продукта ;

S_n - вещества, обладающие неприятным запахом с различными оттенками.

Классификация эта не претендует на точность, но дает возможность ориентироваться в сложении аромата соков. В отдельных группах сочетаются типичные запахи с неприятным (черная смородина). Вещества, обладающие ими, условно отнесены нами к низко- и высококипящим. Однако общая закономерность соответствует классификации летучих веществ.

Модель аромата восстановленных соков с мякотью, исследованных нами, можно представить в следующем виде:

$$S = S_{цм} + S_r + S_{нх} + S_n. \quad (7)$$

Количественные характеристики групп приведены в таблице 6.

Таблица 6

	S	$S_{цм}$	S_r	$S_{нх}$	S_n
--	-----	----------	-------	----------	-------

Сок с мякотью земляничный

Количество вещества	65	10	7	45	3
% к общей площади пиков	100	47	22	16	15

Сок с мякотью черносмородиновый

Количество вещества	56	11	10	31	4
% к общей площади пиков	100	39	21	19	21

В земляничном соке из 22% площади пиков только около 1,4%

соответствует сильно выраженному аромату земляники

без всяких оттенков. В черносмородиновом соке группа типичных ароматических веществ находится в тесной связи, переплетается с неприятным и резко неприятным запахом с оттенками аромата

та черной смородины (4,7% площади пиков), причем преобладают неприятные запахи; 17,7% имеют сильный цветочный аромат в сочетании с черносмородиновым.

Группа веществ с нетипичным ароматом, как видно, в полном сложении аромата тех или иных плодов, ягод и соков существенно роли не играет.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что типичный аромат плодов и ягод определяется небольшой группой летучих, в основном высококипящих, веществ, хотя величина площади их пиков на хроматограмме не является преобладающей. Однако в сложении полного букета аромата плодов принимают участие и другие вещества из указанных нами групп.

В качестве модели для корреляции между инструментальными и сенсорными данными можно использовать выражение

$$R = C \cdot S_T, \quad (8)$$

где R – сенсорная оценка по экспертным данным ;

S_T – инструментальные данные ;

C – коэффициент корреляции ;

S_T , в свою очередь, является функцией χ_i для каждого отдельного химического компонента, $S_T = f(\chi_i)$ в своей простейшей форме является относительной концентрацией (площадь пиков) i компонентов.

Накопление экспериментальных данных даст возможность количественно определять изменение специфического аромата свежих и обезвоженных продуктов.

Анализируя результаты наших исследований и публикации

других авторов, можно сделать некоторые обобщения по вопросу о механизме изменения ароматических веществ и построить модели процесса десорбции и адсорбции ароматических веществ при сублимационной сушке фруктов и фруктовых пюре.

I. В процессе замораживания продуктов влага вымораживается локально, в межклеточном пространстве. При медленном замораживании она диффундирует к месту кристаллизации через полупроницаемые мембраны, обладающие способностью селективного удержания тех или иных веществ, в том числе компонентов аромата. В незамороженной части концентрируются растворимые вещества и некоторые летучие компоненты аромата.

II. В период сушки процесс протекает значительно сложнее и послойно, по мере углубления зоны сублимации.

а) В начале периода сублимации имеет место частичная отгонка низкокипящих веществ вместе с парами незамерзшей воды и сублимированного льда.

б) Одновременно непрерывно увеличивающийся сухой слой продукта играет роль адсорбента, удерживающего летучие вещества на своем каркасе, состоящем преимущественно из полисахаридов.

в) В период десорбции остаточной влаги в продукте при остаточном давлении 0,3 мм рт.ст. и температуре продукта 45–55°C имеет место десорбция некоторого количества веществ аромата, как низкокипящих, так, возможно, и части высококипящих.

В общем в период сушки наблюдается значительная потеря летучих компонентов – 20–30% и более. Это различие для разных веществ обусловлено температурой кипения, температурой замораживания, структурой и пористостью высушенного слоя и максимальной температурой продукта в конце сушки.

Процессы десорбции и сорбции веществ аромата в период сушки протекают одновременно, и в высушенных продуктах мы имеем интегральный результат. Однако, как показывают многочисленные хроматографические анализы, специфический типичный аромат плодов, ягод и фруктовых поре после сушки хорошо сохраняется. Это дает основание считать, что высококипящие вещества прочно адсорбируются в большом количестве в порах каркаса высушенного продукта, большинство из которых, как доказано нами, не является сквозными [69].

В свежих фруктах и ягодах при сушке активность окислительных ферментов (аскорбиноксидазы, полифенолоксидазы, пероксидазы) снижается (рис. 22). Сохранившиеся ферменты временно снижают активность в связи с низкой влажностью среды, однако весьма устойчивы при длительном хранении обезвоженных плодов и ягод (22, 23). Это оказывает отрицательное влияние на качество плодов при их регидратации — они быстро темнеют. Анализ данных показывает, что различие в активности окислительных ферментов в значительной мере связано с особенностями различных помологических сортов. В свежей землянике всех помологических сортов активность окислительных ферментов весьма низкая. Это соответствует литературным данным (А.Т.Марх) для земляники южных районов.

Структурно-механические характеристики и процесс брикетирования фруктовых порошков. Нами изучены некоторые структурно-механические характеристики фруктово-ягодных порошков натуральных и в смеси с сахарной пудрой: насыпная масса, скорость истечения, угол естественного откоса в зависимости от

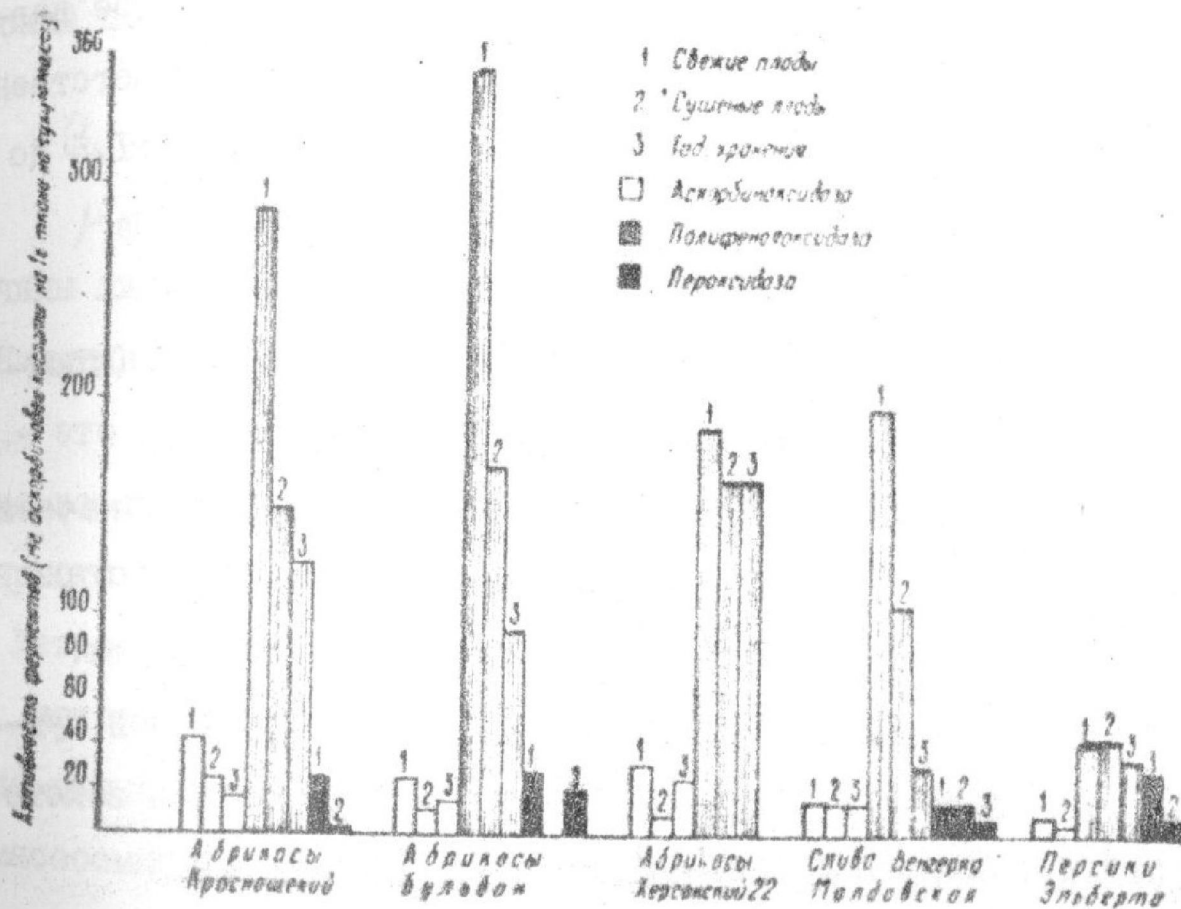


Рис. 22. Активность ферментов.

гранулометрического состава, влажности и соотношения компонентов. Исследован процесс брикетирования порошков и определены оптимальные параметры для получения таблеток, растворимых и предназначенных для потребления без восстановления (105).

Соотношение фруктовых порошков и сахарной пудры составляет для восстановленных брикетов от 1:1 до 1:2,5, удельное давление прессования от $294+981 \cdot 10^4$ Па ($30+100$ кг/см²), соответственно для брикетов, потребляемых без восстановления: от 1:1,5 до 1:3,5 и удельное давление прессования от $1226+4296 \cdot 10^4$ Па ($125+438$ кг/см²) /40,41,84 .

Исследованы физико-механические свойства брикетов (прочность, эластичность, вибростойкость и др.) /60,67/.

Учитывая специальные требования к брикетам, предназначенным для употребления в особых условиях (невесомости), разработаны методы защитных покрытий их, предотвращающих от крошливости.

Брикетирование фруктово-ягодных порошков с сахарной пудрой позволяет уменьшить их объем в 2 - 4 раза, что для некоторых условий представляет большой интерес /100/.

Изучение массообменных характеристик. Исследование изотерм сорбции продуктов сублимационной сушки: абрикосового, черносмородинового, вишневого, земляничного пюре и земляники целой позволило нам рассчитать по БЭТ количество влаги, адсорбированной в мономолекулярном слое, и соответствующую удельную поверхность. Обработка этих же изотерм сорбции дает возможность определить истинную удельную массоемкость изучаемых объектов.

Истинная удельная массоемкость является важным термодинамическим параметром. Знание её дает возможность выбрать такой режим технологической обработки, при котором гигроско-

ические свойства продукта были бы оптимальными; кроме того, по величине удельной массоемкости можно анализировать и сравнивать гигроскопические свойства различных продуктов.

Истинная удельная массоемкость вычисляется путем графического дифференцирования кривых "удельное влагосодержание - химический потенциал массопереноса": -

$$C_m = \left(\frac{dU}{d\mu} \right)_G,$$

где C_m - удельное влагосодержание,

μ - химический потенциал.

Величины химического потенциала были взяты из работы Л.М.Никитиной.

C_m - это мера влагоаккумулирующей способности материала не только за счет гигроскопичности, т.е. сорбции пара, но и капиллярного впитывания (в виде жидкости).

Установлена зависимость истинной удельной массоемкости C_m от U , которая для некоторых продуктов представлена на рис. 23, откуда видно, что с увеличением влажности продукта его удельная массоемкость возрастает. Наиболее резкий рост наблюдается у черной смородины - продукта наименее гигроскопичного.

Средняя изотермическая массоемкость (при 25°C) C_m безвозженного сублимацией пюре из черной смородины составляет $0,00 \cdot 10^{-7}$ кмоль/Дж, яблочного пюре - $0,64 \cdot 10^{-7}$ кмоль/Дж, ягод земляники $1,29 \cdot 10^{-7}$ кмоль/Дж. Эти данные хорошо согласуются с результатами, приведенными в работе Л.М.Никитиной, если учесть большую зависимость удельной массоемкости от предварительной подготовки и хранения материалов.

Одна из важнейших массообменных характеристик - химический потенциал массопереноса.

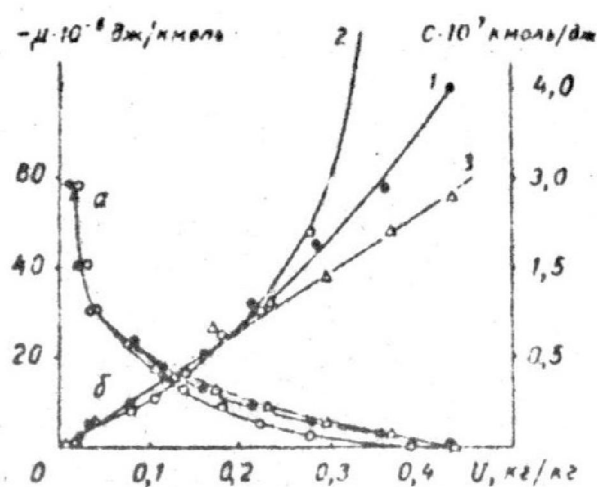


Рис.23 Зависимость потенциала массопереноса от влагосодержания (а), зависимость истинной удельной массоемкости от влагосодержания. (б) пюре:
1- абрикосового, 2- черносмо-
родинового, 3- вишневого,

На основе положений термодинамики необратимых процессов было показано, что химический потенциал переноса массы вещества во влажных материалах в гигроскопической области тождествен энергии связи влаги с материалом. Зависимость потенциала массопереноса (энергии связи влаги) от содержания влаги в объекте указывает на разные формы связанной влаги и помогает определить наиболее прочно связанную часть её.

Восстанавливаемость обезвоженных продуктов, их реологические и электрохимические свойства. Быстрое растворение (дисперсность) порошкообразных и набухание продуктов плотной структуры – наиболее ценные свойства продуктов сублимационной сушки. Исследование этих свойств показало, что порошки (пюре и соки с мякотью) восстанавливаются за 3–5 минут до данного содержания сухих веществ [38].

Изучение реологических свойств — динамической вязкости (58) и касательного напряжения исходных и восстановленных фруктовых пюре показало, что вязкость и касательное напряжение восстановленных высоковязких малосахаристых пюре черной смородины, абрикосового и яблочного ниже, чем натуральных фруктов и ягод. У земляничного, вишневого и сливового пюре вязкость при восстановлении претерпевает незначительные изменения.

Электрохимические характеристики высушенных восстановленных продуктов (окислительно-восстановительный потенциал, удельная электропроводность, величина pH, приведенная в таблице 7) значительных изменений по сравнению с исходными не претерпели (62).

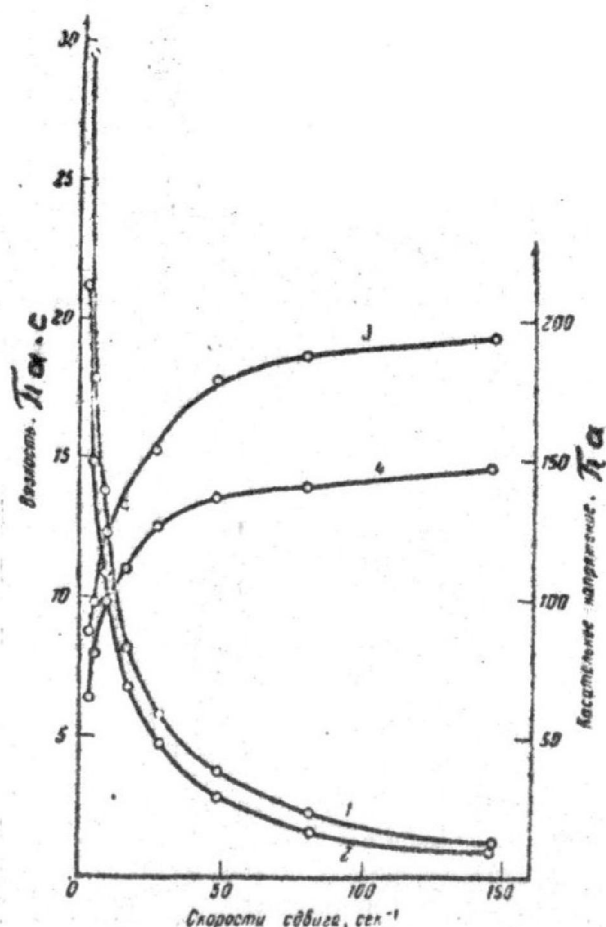


Рис. 24 Зависимость вязкости и касательного напряжения черносмородинового пюре от скорости сдвига:

1 — вязкость натурального пюре, 2 — вязкость восстановленного пюре, 3 — касательное напряжение натурального пюре, 4 — касательное напряжение восстановленного пюре.

Электрохимические характеристики
фруктово-ягодных пюре

П ю р е	Окислительно-восстановительный потенциал продукта мВ		Удельная электропроводность, Ом ⁻¹ ·см ⁻¹ пюре		рН продукта	
	исходного	восстановленного	исходного	восстановленного	исходного	восстановленного
Черносмородиновое	35I	35I	0,0035	0,0037	3,1	3,1
Яблочное	416	42I	0,0018	0,0018	3,2	3,2
Абрикосовое	34I	39I	0,0035	0,0033	3,6	3,6
Персиковое	346	39I	0,0023	0,0022	3,8	3,8
Вишневое	416	42I	0,0036	0,0037	3,3	3,4
Земляничное	37I	37I	0,0028	0,0030	3,2	3,2
Сливовое	43I	446	0,0027	0,0026	3,8	3,8

Исключение составляют абрикосовое и персиковое пюре у которых в восстановленном виде ОВ – потенциал отличается примерно на 50 мВ от исходного. Это связано, вероятно, с очень высоким содержанием витамина С в этих продуктах. Эти соки наименее стойки и при хранении.

Неизменность электропроводности и рН натуральных и восстановленных пюре свидетельствует о стабильности минерального состава и общей концентрации диссоциированных молекул.

Органолептическая оценка восстановленных фруктов, ягод, фруктово-ягодных пюре и соков была неизменно высокой. Она

сит в значительной мере от качества исходного сырья. Посторонний привкус и запах сушеной травы - появляется только у персиков и абрикосов при длительном хранении.

Для фруктовых порошков и соков с мякотью сублимационной сушки нами была разработана система балловой оценки их качества с учетом дефектов, проявляющихся в процессе исследования.

По интенсивности и полноте вкуса восстановленные порошкообразные соки с мякотью располагаются в следующем порядке: черносмородиновый, вишневый, земляничный, айвовый, виноградный (Изабелла, Ноа), виноградно-сливовый, абрикосовый, яблочный, персиковый. В таком же порядке они располагаются и после различных сроков хранения.

Интенсивность окраски персиков, абрикосов при хранении на свету резко снижается, ~~и при этом при хранении в темноте~~ изменение окраски примерно пропорционально снижению содержания каротина.

"Восстановление" обезвоженных сублимацией пищевых продуктов при регидратации их не адекватно понятию "обратимости", так как сублимационное обезвоживание, как и другие виды термической обработки, вызывает потерю части летучих компонентов, необратимые изменения структурных элементов - гидрофильных коллоидных систем, хотя в значительно меньшей степени, чем при других способах консервирования (103, 104). Этим можно объяснить не полное восстановление при оводнении массы структурных продуктов, к которым относятся обезвоженные фрукты и др. Степень восстановления фруктов и ягод характеризуется коэффициентом набухания (коэффициентом поглощенной и прочно удерживаемой влаги). Для земляники он находится в пределах 4,2-5,0, абрикосов -

4,0-5,5 , персиков 4,0-4,5 , слив 3,0-3,5. При таком набухании плоды и ягоды приобретают консистенцию и вкус, наиболее близкий к исходному сырью.

Коэффициент набухания зависит от вида, сорта плодов, параметров технологического процесса и продолжительности хранения обезвоженных плодов. С удлинением срока увеличивается время восстановления и уменьшается коэффициент набухания.

Восстановление земляники имеет специфические особенности. При первом контакте с водой наблюдается резкое сжатие - усадка, затем увеличение объема, для чего требуется 1-2 минуты. При длительной выдержке в воде земляника теряет консистенцию и форму, поэтому употреблять её необходимо сразу же после восстановления. К фруктам, имеющим плотную структуру, это не относится.

Восстанавливать ягоды и фрукты рекомендуется в сахарном сиропе (10-20%) или в вине (в виде коктейлей). Это улучшает их вкус.

Учитывая резкую активизацию окислительных ферментов в период регидратации, вызывающую потемнение плодов, особенно абрикосов и персиков, целесообразно восстанавливать их перед употреблением.

К вопросу "обратимости" обезвоженных сублимацией продуктов. Развитие криотехники и применение её для консервирования биологических объектов и пищевых продуктов делает проблему обратимости замороженных и обезвоженных сублимацией объектов весьма актуальной. Некоторые аспекты этой проблемы рассмотрены в наших работах (103, 104).

Представляется целесообразным классифицировать объекты холодового консервирования в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ним при обратимом восстановлении. Обратимость может быть полной, частичной или условной (товарной) — псевдообратимостью. Полная обратимость может быть только у биологических объектов, восстанавливающих после регидратации обмен веществ и свойственные им жизненные функции.

Для пищевого нативного сырья растительного происхождения и пищевых продуктов термин "обратимость" является весьма условным, так как процесс "дегидратации — регидратации" по существу является псевдообратимым. Для пищевых продуктов более правомерно употреблять термин "восстановление" при дефростировании и регидратации.

Наиболее часто о качестве обезвоженных материалов судят о восстановлении исходной массы и объема. В настоящее время единственным объективным показателем, характеризующим степень восстановления обезвоженного сублимацией продукта (по ГОСТу), является коэффициент набухания K_H (отношение массы оводненного G_3 к массе сухого продукта G_2), который зависит от ряда факторов. Однако он совершенно не характеризует "обратимость" или, точнее, "восстановление" первоначальной массы обезвоженного продукта (отношение массы оводненного G_3 к массе сырого продукта G_1). Можно продемонстрировать на примере фруктов и ягод, исследованных нами (табл. 8).

Показатели восстанавливаемости продуктов
сублимационной сушки.

Фрукты и ягоды	Началь- ная влаж- ность на общую массу, %	Остаточ- ная влаж- ность на общую массу, %	Коэффици- ент набу- хания K_H	Коэффициент восстанов- ления исхо- дой массы K_B
Сливы Анна Шпет	83,4	3,4	3,9	0,67
Персики Инжирный	85,7	3,6	3,6	0,53
Абрикосы Красно- щекий	88,0	4,1	3,2	0,40
Земляника Кульвер	91,2	3,1	5,2	0,47

Приведенные данные свидетельствуют о том, что коэффициент набухания не может служить критерием для оценки степени восстановления при регидратации обезвоженных сублимацией фруктов и ягод. Естественно, что при восстановлении до напитков и порошкообразных продуктов подобные затруднения отсутствуют.

Для определения степени "обратимости" высушенных сублимацией абрикосов и персиков (104) были проведены специальные опыты по определению тургорного давления клеток плодовой мякоти в изотонических растворах сахарозы и плазмолиза их в гипертонических растворах. Установлено, что при регидратации плодов в клетках их мякоти тургор не восстанавливается, плазмолиз не наблюдается.

Необратимость массы плодов и потеря осмотических свойств клетками плодовой мякоти свидетельствуют о том, что процесс сублимационного консервирования плодов и ягод необратим вследствие разрушения биологических мембран клеток, регулирующих

жизненные функции плодов и удерживающих воду на необходимом уровне. Микрофотографирование срезов плодов свежих, замороженных, обезвоженных и оводненных подтвердило наличие значительных разрушений структуры.

Разработка аналитической модели квалиметрической оценки обезвоженных сублимацией продуктов

Как мы уже отмечали, фрукты, ягоды и фруктово-ягодные пюре после сублимационной сушки сохраняют исходную форму, цвет, присущий им аромат, приобретают пористую структуру. Фрукты становятся жесткими, прочными, ягоды и пластинки пюре — хрупкими, легко измельчаются и крошатся.

В процессе сушки наблюдается изменение термолабильных компонентов. Содержание витамина С в землянике и черносмородиновом пюре снижается на 10–20%, каротина в абрикосах в отдельных случаях — на 40–50%, а в абрикосовом пюре на 20–40%. Сумма летучих компонентов, определяемых методом газожидкостной хроматографии, уменьшается на 20–30% при максимальной температуре продукта 50°C, причем для разных веществ по-разному. При более высоких температурах в период десорбции (70–75°C) эти потери возрастают (1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, 14, 15, 16, 21, 35, 51).

Снижается активность окислительных ферментов — аскорбиноксидазы, полифенолоксидазы, пероксидазы /22, 23/.

Существенных изменений в общем содержании сахаров, кислот, в том числе летучих жирных кислот, пектиновых, дубильных и красящих веществ в составе минеральных веществ не установлено.

Обезвоженные фрукты, ягоды и фруктово-ягодные пюре и соки с мякотью хорошо и быстро восстанавливаются и неизменно на многочисленных дегустациях получают высокую органолептическую оценку. Они неоднократно экспонировались на ВДНХ МССР и СССР, — были отмечены дипломами. На международной выставке в Эрфурте в 1968 г. фруктам сублимационной сушки присуждена бронзовая медаль.

Качество получаемых продуктов является одним из наиболее важных показателей степени совершенства технологических процессов. Проблема объективного определения качества продуктов питания сводится, по существу, к количественной оценке качественных показателей.

Всякий пищевой продукт можно рассматривать как сложную систему взаимосвязанных составляющих элементов. Химический состав, строение составных частей и соотношение фаз пищевой системы придают ей известные органолептические, биохимические, физико-химические и структурно-механические свойства, характеризующие качество продукта. Любое изменение в строении и соотношении компонентов приводит к изменениям свойств всей системы, а следовательно, и качества продукта.

Сложность структуры свежих и обезвоженных фруктов, ягод и соков, как объектов исследования, еще не позволяет разработать строго математическую модель качества, так как основные характеристики — вкус и аромат не представляется возможным оценить количественно.

Однако непрерывное увеличение объема промышленного производства пищевых продуктов и неизбежное резкое повышение их

удельного веса в балансе питания людей в ближайшем будущем делают проблему количественной оценки качества промышленной продукции весьма актуальной. Этими вопросами занимается квалиметрия.

Ряд работ в указанном направлении выполнен и в области пищевой промышленности (Ф.Стримская, А. Бражников, Э.Каухчешвили, В.Охотская, И.Герман). Работы носят постановочный характер и представляют интерес при разработке модели качества для различных продуктов. Выбор наиболее важных показателей и определение их "весомости" в общей интегральной оценке качества являются основным принципом квалиметрии.

Нами разработана аналитическая модель качества фруктов, ягод, соков сублимационной сушки с учетом изменений органолептических, физико-химических и биохимических свойств этих продуктов при обезвоживании и длительном хранении, более полно отражающая изменение системы при воздействии различных факторов (76). Для этой цели нами был проведен анализ 28 факторов, влияющих на качество фруктов, соков сублимационной сушки, в результате которого мы решили разделить их на две группы: условно стабильные и динамические. К первой группе относятся полисахариды, сахара, органические кислоты, минеральный состав и др., которые не претерпевают существенных изменений в процессе сублимационного консервирования. Значение этих факторов определяется в основном качеством исходного сырья и может быть учтено техническими условиями на сырье.

Для оценки изменения качества продукта и самого технологического процесса наиболее важны динамические факторы. К ним мож-

но отнести органолептическую оценку (f_1), остаточную влажность (f_2), восстанавливаемость - время восстановления диспергированных продуктов и коэффициент набухания ягод и кусочков плодов (f_3), количество витамина С (f_4) и каротина (f_5), количество определяющих аромат летучих веществ (f_6), оптическую плотность спиртовых вытяжек (f_7), интегрально отражающую степень изменения качества продукта (неферментативное потемнение, связанное с образованием меланоидиновых соединений оксиметилфурфурола и др.). Эти факторы значительно изменяются в процессе технологической обработки продукта либо в процессе его хранения и восстановления. Характером их изменения по существу определяется выбор параметров технологических процессов подготовки сырья, режимов сублимационной сушки, упаковки и хранения обезвоженных продуктов, а также технические характеристики основного технологического оборудования.

С этими факторами связаны и основные затраты на организацию сублимационного консервирования фруктов, ягод и продуктов их переработки.

Обобщенная оценка качества продуктов сублимационной сушки по динамическим факторам может быть определена по формуле:

$$F = \sum_{j=1}^7 B_j \cdot f_j, \quad (3)$$

где F - интегральный безразмерный показатель качества;
 f_j - динамические факторы, приведенные к единой условной размерности (например, к баллам с критическими лимитами для важнейших показателей по столбальной шкале);

B_j - коэффициенты весомости динамических факторов.

При $j = 1, 2, \dots, 7$ по экспертной оценке установлены следующие коэффициенты весомости факторов: $B_1=0,4$, $B_2=0,28$, $B_3=0,16$, $B_4=0,1$, $B_5=0,03$, $B_6=0,02$, $B_7=0,01$.

Суммарный показатель органолептической оценки (f_1) определяется по формуле:

$$f_1 = \sum_{i=1}^5 \alpha_i \cdot a_i, \quad (9)$$

где α_i - органолептические показатели, оцениваемые по сто-
балльной системе: α_1 - вкус, α_2 - запах,
 α_3 - цвет, α_4 - консистенция сухого порошка,
 α_5 - консистенция восстановленного сока.

По данным экспертной оценки весомость этих показателей та-
кова: $a_1=0,4$, $a_2=0,3$, $a_3=0,1$, $a_4=0,1$, $a_5=0,2$.

Формула (4) имеет ограничения и справедлива только для $\alpha_1 \geq 3$
и $\alpha_2 \geq 3$, которые являются критическими лимитами качества.

$$F = 0,4f_1 + 0,28f_2 + 0,16f_3 + 0,1f_4 + 0,03f_5 + 0,02f_6 + 0,01f_7 \quad (10)$$

В модели нами выделены наиболее существенные для данного
исследования характеристики. Часть динамических показателей на-
ми не учитывается, так как они находятся в функциональной зави-
симости от выбранных факторов. А такой фактор, например как бакте-
риальная обсемененность, не включен, так как он характери-
зуется только одной предельно допустимой величиной.

Аналитическая модель качества, в которую включены только состав-
ляющие, изменяющиеся в технологическом процессе, предложена нами
впервые. Наша модель может быть использована как математический
аппарат для сравнительной оценки многовариантных технологических
решений (76).

Интегральный показатель качества $\mathcal{F}$ нами использован для сравнительной оценки изменения качества сушеных продуктов и прогнозирования сроков хранения их при различных условиях.

Микробиологические аспекты проблемы сублимационного консервирования фруктов, ягод, фруктово-ягодных пюре и соков в литературе не освещены.

Нами проведены микробиологические исследования фруктовых пюре и соков с мякотью из черной смородины, вишни, сливы, абрикосов, яблок, из винограда и земляники в процессе сублимационного консервирования их и двухлетнего хранения. Порошкообразные соки с мякотью вырабатывали из стерилизованного или асептически законсервированного пюре с максимальным соблюдением санитарно-гигиенических требований. С целью дезинфекции воздуха и снижения микробальной обсемененности готового продукта при его расфасовке применяли бактерицидные лампы БУВ-30.

Исследования показывают, что в высушенных до 2-3% остаточной влаги пищевых продуктах развития микробальных процессов не наблюдается. Установлено, что наиболее значительное сокращение числа микробных клеток в различных пищевых продуктах (от 10 до 94%) происходит в первой фазе процесса сублимационного консервирования - при замораживании до $-30+50^{\circ}\text{C}$. Вторая фаза - период сублимации льда в вакууме, заканчивающийся нагреванием продукта до температуры $50-55^{\circ}\text{C}$, оказывает на микроорганизмы относительно слабое разрушающее действие. Погибают главным образом вегетативные формы. Споры бактерий устойчивы к сублимационной сушке. Плесневые грибы и дрожжи устойчивее, чем аспорогенные бактерии.

Установлено, что микробиальная обсемененность вырабатываемых в полупроизводственных условиях фруктовых пюре и соков была невысокой и не превышала $2,8 \cdot 10^3$ клеток в 1 г продукта, но чаще варьировала в пределах $0,3-0,5 \cdot 10^3$.

В соках обнаружили смешанную микрофлору. Основными представителями её были аэробные сапрофитные, спорообразующие формы микроорганизмов. Однако почти постоянно присутствовали в низких титрах молочнокислые бактерии, дрожжи и единичные споры плесеней (не более 10 в 1 г сока). Часто идентифицировались микроорганизмы родов *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavodacterium* и др. Представителей патогенных групп микрофлоры в течение двух лет наблюдения не обнаружено [50].

Наибольшее уменьшение общего числа жизнеспособных микроорганизмов за два года хранения наблюдалось в соках с мякотью: черносмородиновом — до 55–94%, абрикосовом — до 60–83%, вишневом — до 82%; несколько больше в сливовом соке — 71–75%. В яблочном соке процент снижения микрофлоры варьировал от 46,7 до 85.

Количество дрожжей уменьшалось пропорционально снижению показателя общей обсемененности продукта. Споры плесеней в соках после двухлетнего хранения отсутствовали (73).

Установлено, что сапрофитные формы микроорганизмов — спорообразующие бактерии (*Bac. subtilis*, *Bac. mesentericus*, *Bac. pycnoides* и др.) так же как микрококки и сарцины сохранившие свою жизнеспособность в процессе сублимационной сушки, после регидратации в среде обитания проявляют способность к развитию.

При длительном хранении обезвоженных соков существенно-го влияния среды в таре (азот, вакуум, хранение без защитного

газа) и температуры хранения (20° , 5° , -18°C) на выживаемость микрофлоры не установлено. В среде с более низким pH (черносмородиновый сок) уменьшение числа микроорганизмов было более значительным (80-90%) чем в среде с более высокими pH (абрикосовый сок) до 65-78%. В первом случае, вероятно, сказалось влияние и другого фактора - в черносмородиновом соке содержится в два раза больше сахарной пудры.

Исследованиями было установлено заметное влияние радиационного облучения на степень выживаемости микроорганизмов. В облученных образцах сока процент снижения микробных клеток составлял 65-90%, в необлученных - 55 - 77,2%. Отмечено снижение обсемененности продукта грибковыми формами микроорганизмов при применении бактерицидных ламп БУВ-30.

Восстановленные фруктовые соки обладают определенной устойчивостью к микробиальной порче. При выдержке их в течение 24 и более часов при температуре внешней среды $18\pm 30^{\circ}\text{C}$ реактивации микроорганизмов практически не наступало.

Проведенные исследования позволяют сделать заключение о допустимости наличия в восстановленных фруктовых соках сублимационной сушки грибковых форм микроорганизмов (дрожжей в пределах $1\cdot 10^3$ и единичных спор нетоксикогенных штаммов плесеней (не более 10 в 1 г продукта)).

Можно сделать вывод, что фруктово-ягодные соки сублимационной сушки по количественному и качественному составу вполне пригодны для потребления независимо от сроков хранения их в герметичной таре при стабильной влажности. В процессе длительного хранения в различных условиях в них наблюдается снижения уровня

вегетативных форм микроорганизмов и скорости реактивации их при восстановлении соков.

Кишечная палочка, бактерии тифопаратифозной группы и патогенные стафилококки в обезвоженных сублимацией фруктах и порошках не обнаружены (78).

Данные динамики микробальной обсемененности ягод и фруктов по процессам производства свидетельствуют о большой технологической эффективности сублимационного консервирования, хотя полученный готовый продукт не стерилен. Количество и видовой состав микрофлоры обезвоженных ягод и фруктов не вызывают необходимости какой-либо термической обработки их перед употреблением в пищу. Эти продукты являются доброкачественными и безопасными в санитарно-гигиеническом отношении (50,78).

Технологические схемы консервирования
фруктов, ягод, фруктово-ягодных пюре и соков
методом сублимационной сушки.

В результате комплексных исследований по сублимационному обезвоживанию фруктового сырья разработаны оптимальные параметры технологических процессов и технологические схемы производства широкого ассортимента продуктов, проверенные в опытно-промышленных условиях. В них учтены специфические особенности сырья и условия производства (быстрая порча фруктового сырья, высокая гигроскопичность обезвоженных продуктов и большая динамичность их качественных показателей в зависимости от содержания влаги) (рис.25).

Обязательными условиями осуществления предложенных технологических схем являются: переработка только высококачественно-

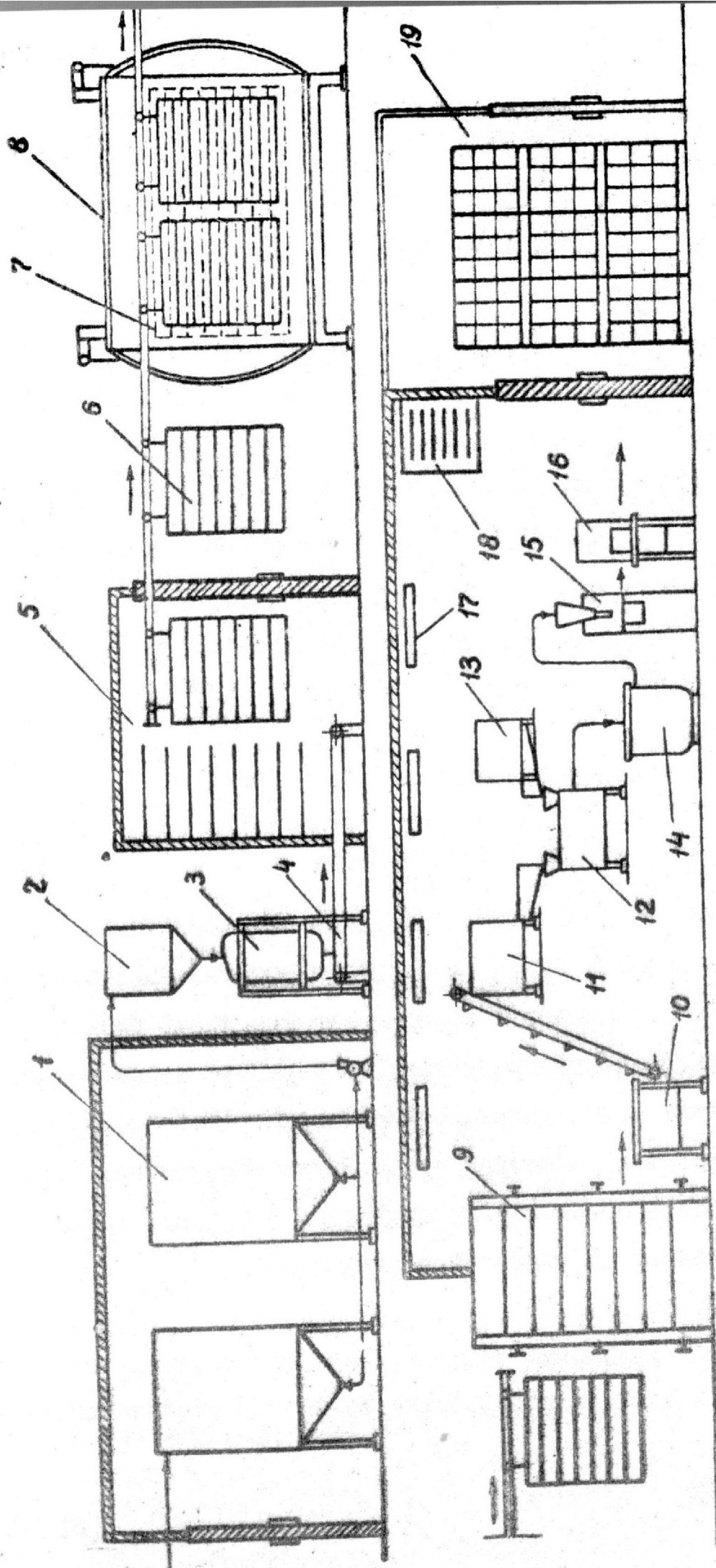


Рис. 25. Аппаратурно-технологическая схема производства фруктово-ягодных соков с мякотью сублимационной сушки

1 - емкости для асептически консервированных продуктов, 2 - сборник, 3 - непрерывно действующий аппарат для замораживания и гранулирования, 4 - транспортер для подачи замороженных продуктов в накопительную камеру, 5 - накопительная камера, 6 - тележка для подачи продукта в сублиматор, 7 - этажерка с нагревателями, 8 - сублимационная установка, 9 - герметичная камера для хранения обезвоженных продуктов, 10 - стол, 11 - измельчитель-сито, 12 - смеситель, 13 - просеиватель для сахарной пудры, 14 - емкость для накопления готового продукта, 15 - расфасовочно-упаковочный аппарат, 16 - упаковка в картонные коробки, 17 - окатывание ламы, 18 - конвейер.

го сырья определенных изученных нами помологических сортов, наиболее пригодных для этой цели; — кратковременное хранение фруктов и ягод до переработки только в охлаждаемом помещении с температурой $+5^{\circ}$, 0° ; использование для производства соков с мякотью свежеприготовленного или асептически законсервированного пюре; удаление в замороженном состоянии 85–95% влаги; содержание остаточной влаги в обезвоженных продуктах должно составлять 2–2,5%; хранение, обработка, расфасовка и упаковка высушенных фруктов, ягод и пюре в условиях пониженной относительной влажности окружающей среды (ниже 30%); герметичная упаковка в парогазоароматонепроницаемую тару [51, 53, 54].

Исследование качества обезвоженных соков с мякотью при длительном хранении (по модели качества)

Данные большинства работ, опубликованных по вопросу хранения продуктов сублимационной сушки, касаются периода сроков хранения от 1 года до 2 лет, причем без комплексной характеристики продукта и раскрытия условий хранения. Исследования по длительному хранению порошкообразных соков (4–5 лет) нами выполнены впервые.

Структура обезвоженных сублимацией продуктов, особенно фруктовых порошков, характеризуется высокой пористостью и большой удельной поверхностью, влияющих на активность биохимических процессов, протекающих при хранении. В этом смысле исследуемые нами процессы можно рассматривать, как реакции, протекающие на поверхности обезвоженных продуктов, богатых активными центрами энергии, свободными радикалами, адсорбирующими влагу,

связывающими её, вещество аромата и другие компоненты.

На хранение было заложено 5 видов соков: черносмородиновый, вишневый, абрикосовый, яблочный и сливовый – в трех видах упаковки: жестяных и стеклянных банках и пакетах из многослойных полимерных материалов на базе алюминиевой фольги. Продукты хранились в различной среде внутри тары: воздух, азот, вакуум. Некоторые из них были подвергнуты радиоактивному облучению специального спектра 70000 рад. Все образцы хранились при трех вариантах температуры окружающей среды: +20+5 –18°C. Хранение проведено по 82 вариантам.

Качество продуктов определялось по комплексу показателей: органолептической оценке, химическим, физико-химическим, биохимическим изменениям (содержанию витамина С, каротина, оптической плотности спиртовых вытяжек, содержанию влаги, веществ аромата, сахаров, восстанавливаемости, pH и обобщенному показателю качества по аналитической модели.

Предварительно были проведены исследования качества соков при хранении их от 6 месяцев до 2 лет, при этом было установлено, что наиболее значительные изменения всех качественных и количественных показателей наблюдаются в первые 6 месяцев хранения.

Содержание витаминов. После четырехлетнего хранения во всех образцах соков отмечено стабильное содержание влаги, незначительные изменения концентрации общего азота, сахаров, величины pH и др., но наблюдаются существенные сдвиги в содержании витамина С, каротина и комплекса летучих веществ аромата. Уровень витамина С снижается до 40%, каротина – до 60%, отмечается некоторое уменьшение содержания дубильных и красящих веществ, изменение оптической плотности спиртовых вытяжек,

характеризующих цвет продукта.

В образцах соков, хранившихся при температуре -18°C , потери витамина С и каротина ниже, чем в соках, хранившихся при более высоких температурах (рис. 26, 27).

После двухлетнего хранения качество продукции не изменяется, что видно как по отдельным показателям, так и по интегральному показателю качества, рассчитанному по аналитической модели.

В черносмородиновом соке с мякотью, хранившемся без защитного газа, при разных температурах потери витамина С от исходного содержания составили (в %)

	Через 2 года	Через 4 года
$+20^{\circ}\text{C}$	32	25-38
$+5^{\circ}\text{C}$	20	20-25
-18°C	15	до 15

Потери каротина в абрикосовом соке с мякотью при тех же условиях хранения были следующими (в %)

	Через 2 года	Через 4 года	В облученных образцах
$+20^{\circ}\text{C}$	50	До 60	76
$+5^{\circ}\text{C}$	45	До 58	65
-18°C	30	До 40	55

Среда в упаковке (воздух, вакуум, азот) оказала значительное влияние на сохранность каротина (рис. 26). Наименьшие потери его наблюдались при хранении соков в среде азота. Потери каротина в абрикосовом соке, хранившемся при 20°C , составили (в %):

	Через 2 года	Через 4 года
В среде азота	35	40
В вакууме	50	55
Без защитного газа	50	55

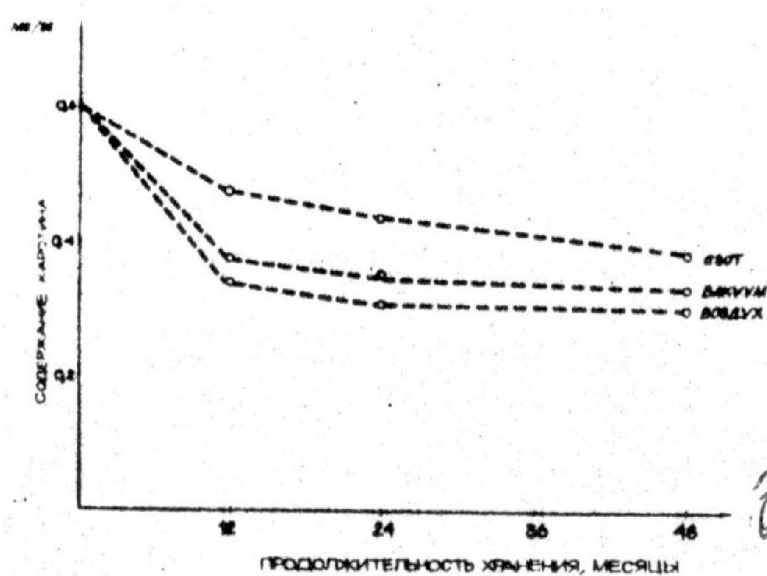
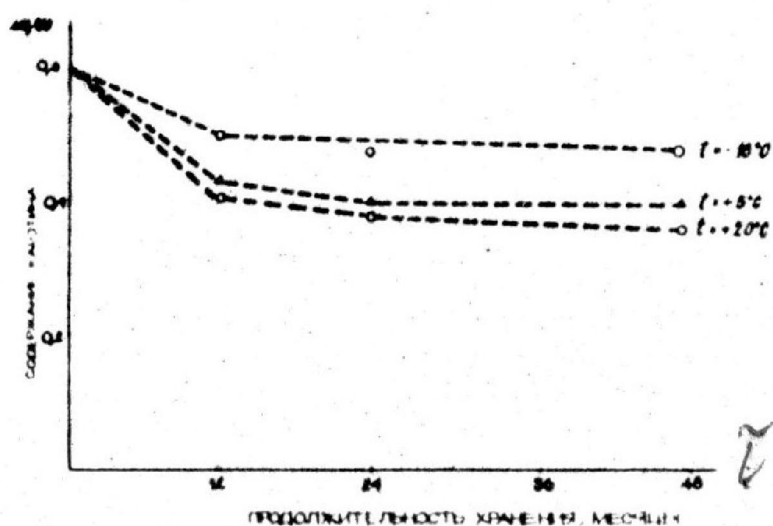


Рис. 26 Изменение содержания каротина в абрикосовом соке сублимационной сушки при хранении в различных условиях: А - в среде азота, Б - при 20°C.

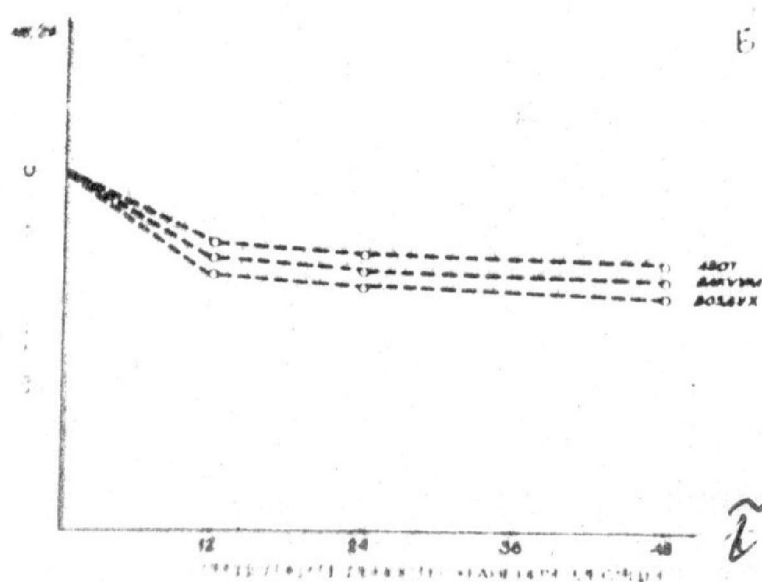
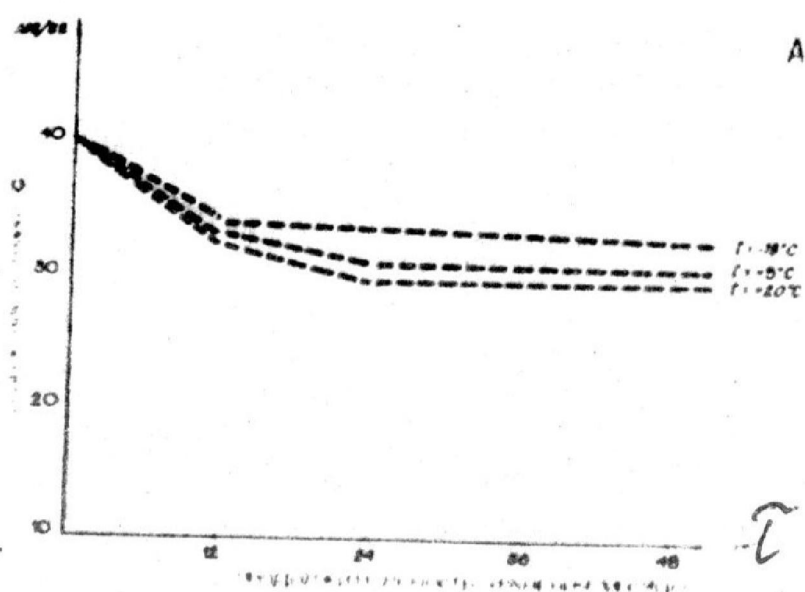


Рис.27. Изменение содержания витамина С в черносмородиновом соке с мякотью сублимационной сушки при хранении в различных условиях: А - в среде азота, Б- при температуре + 20°C.

Потери витамина С при хранении черносмородинового сока в тех же условиях составили (в %):

	Через 2 года	Через 4 года
В среде азота	25	25
В вакууме	25	25
Без защитного газа	37	34

Следует отметить, что соки, упакованные под вакуумом в полимерные пакеты, очень спрессованы, в связи с чем в значительной мере снижается их лиофильность и увеличивается время восстановления. Например, для яблочного сока оно доходит до 20 минут вместо 5 минут при другой упаковке.

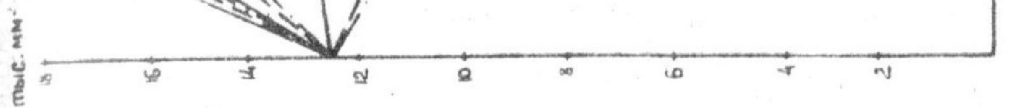
Отмеченные изменения наиболее интенсивно происходят в основном в течение первых шести и двенадцати месяцев хранения.

Летучие вещества аромата (77). На графиках (рис. 28, 29) показаны изменения низкокипящих и высококипящих веществ аромата черносмородинового сока сублимационной сушки, хранившегося в течение 48 месяцев в различных условиях.

В течение первых 6 и 12 месяцев хранения отмечено увеличение содержания этилацетата, диацетила, пропилацетата и этанола. За счет этого возросла сумма низкокипящих веществ продукта. Подобное отмечалось нами и ранее. Указанные вещества могут образовываться в продукте за счет процессов синтеза, в том числе этерификации (этилацетат), окисления (диацетил), восстановления и пр., с одной стороны, и распада сложных молекул на более простые — с другой. Интенсивность этих процессов в значительной степени зависит от температуры хранения. Например, при низкой температуре — (-18°C) заметного образования новых соединений не отмечено, а при более высокой ($+20^{\circ}\text{C}$) существенно увеличилось количество низкокипящих веществ.



A



B

Рис. 28. Изменение общего содержания низкокипящих веществ аромата черносмородинового сока с мякотью сублимационной сушки (площади пи-ков хроматограмм) при хранении в разных условиях:

— без защитного газа; - - - в среде азота; ; - - - в вакууме;
 - o - при температуре $+20^{\circ}\text{C}$; - \Delta - при температуре $+5^{\circ}\text{C}$; - \square - при
 температуре -18°C ; A - в полимерных пакетах; B - в жестяной банке.

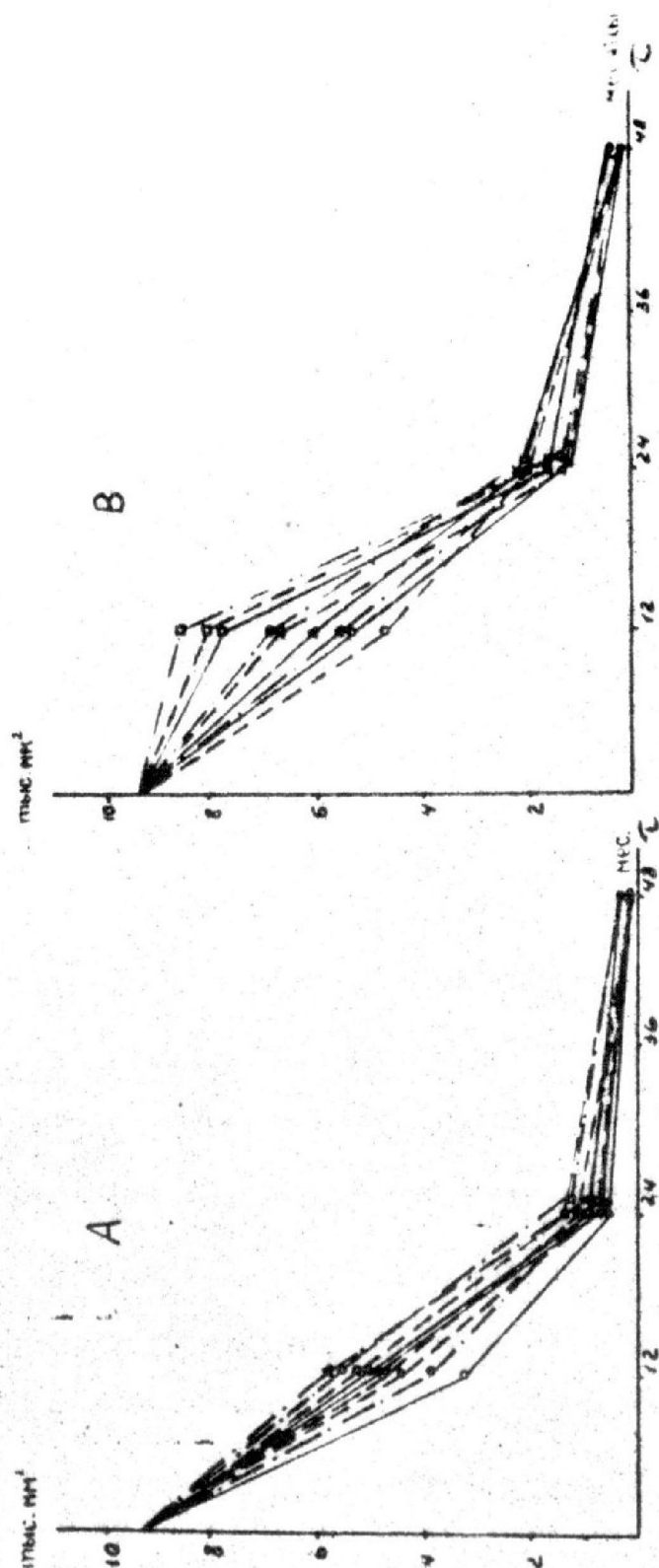


Рис. 29. Изменение общего содержания высококипящих веществ аромата черносмородинового сока сублимационной сушки (площади пиков хроматограмм) при хранении в различных условиях: — без защитного газа; — в среде азота; - - - - в вакууме; -Δ- - при температуре +5°C; -○- при температуре +20°C; -□- при температуре -18°C; А - в полимерных пакетах; В - в жестяной банке.

Несмотря на увеличение содержания названных соединений, органолептическая оценка соков была близка к данной исходному сырью. Это свидетельствует о том, что низкокипящие вещества мало влияют на аромат. Суммарные потери указанных веществ зависят от материала тары и способа упаковки.

После хранения в течение 24 месяцев сумма низкокипящих веществ во всех образцах заметно уменьшилась. Однако, как видно из рис.26 в образцах соков, упакованных в жестебанки, сумма низкокипящих веществ аромата значительно выше, чем в соках, упакованных в полимерные пакеты. Потери веществ аромата продукта можно объяснить в первом случае диффузией их в газовое пространство тары, во втором – дополнительной диффузией через пленку в окружающую среду.

Условия хранения (температура и среда) оказали большое влияние на образцы сока, упакованные в жестебанки. Концентрация низкокипящих веществ аромата несколько ниже в образцах сока, хранившихся в среде азота и в вакууме при температурах $+5$ и -18°C .

Как видно из рис.29, содержание высококипящих веществ аромата черносмородинового сока значительно изменяется, и сумма их уменьшается в зависимости от вида упаковки, особенно в течение первых двух лет хранения. Так, в образцах сока, хранившихся в жестебанках, она меньше, чем при хранении в полимерных пакетах. Это свидетельствует о том, что при хранении в пакетах высококипящие вещества, так же как и низкокипящие, диффундируют через пленку.

Наименьшие потери высококипящих веществ аромата сока при хранении его в течение 12 месяцев отмечены при температуре -18°C независимо от вида упаковки.

Высококипящие вещества лучше сохраняются в атмосфере азота. При хранении образцов сока в течение 48 месяцев влияние среды внутри тары и температуры несколько сглаживается.

Значительное уменьшение суммы низкокипящих и высококипящих веществ при хранении черносмородинового сока сублимационной сушки не вызывает резких изменений его органолептических свойств. Например, при хранении сока в течение 24 месяцев происходит только ослабление аромата.

После 4-х лет хранения сравнительно с двухлетним, сумма веществ аромата уменьшилась примерно в 10 раз, хотя с помощью органолептики установлено наличие специфического аромата черносмородинового сока. Это подтверждает наши выводы о том, что специфические вещества аромата плодов прочно связаны с основными веществами продукта и постепенное снижение их содержания обусловлено медленной диффузией.

При длительном хранении порошкообразных соков с мякотью (смесь фруктовых порошков с сахарной пудрой) аромат сохраняется лучше и более длительное время, чем в порошках без сахара. Сахарная пудра как бы блокирует вещества, определяющие аромат продукта, и снижает его гигроскопичность (см. рис. 19).

Сохраняемость характерного аромата в обезвоженных продуктах в значительной мере зависит от специфических особенностей сырья и интенсивности его аромата, возможно, от наличия естественных стабилизаторов и более высокой энергии адсорбции летучих компонентов, к которым можно отнести дубильные и красящие вещества (антоцианы) и другие фенольные соединения, ОВ-потенциал, содержание витамина С и др.

По степени сохраняемости аромата исследуемые нами соки с

мякотью располагаются в следующем порядке: черносмородиновый, вишневый, земляничный, яблочный, персиковый и абрикосовый. В персиковом и абрикосовом соках при хранении появляется привкус сушеной травы, который обнаружен некоторыми авторами и в других продуктах растительного происхождения.

Несмотря на большое уменьшение общей суммы летучих веществ и ослабление аромата, специфический запах отмечается и после длительного хранения.

Обобщенный показатель качества, рассчитанный по аналитической модели качества, отражает общую закономерность интенсивного снижения качества после первого года хранения и стабилизации после 2 лет. Исключение составляют только соки, упакованные в полимерные пакеты под вакуумом, у которых при всех прочих равных показателях качества резко снижается восстанавливаемость вследствие вакуумного уплотнения массы в период упаковки (рис.30).

Таблица 9

Динамика интегрального показателя качества черносмородинового сока с мякотью при различных сроках хранения

Условия хранения		Показатель качества, Е		Снижение показателя качества в ед. шкалы после хранения		
температура, °С	среда в таре	через 4 года хранения	прогноз через 5 лет	1 год	2 года	4 года
-18	Воздух	89,0	88,7	7,9	2,8	0,3
-18	Азот	89,9	88,6	6,6	2,4	1,2
+5	Воздух	86,9	85,5	8,5	3,2	1,4
+5	Азот	88,5	88,4	6,7	4,7	0,1
+20	Воздух	87,7	86,5	9,7	1,4	1,2
+20	Азот	87,8	86,6	8,2	2,4	1,1
+20	Вакуум	68,8	64,8	22,0	4,5	4,7

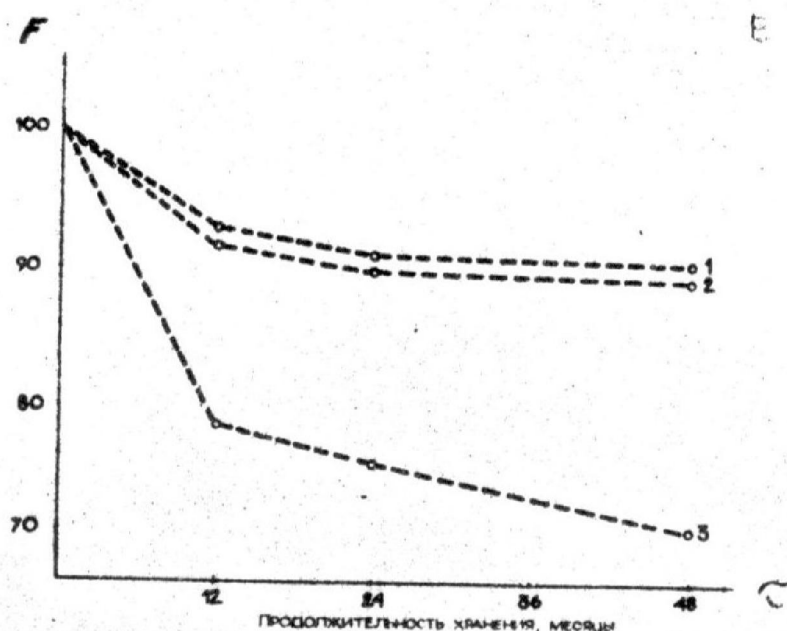
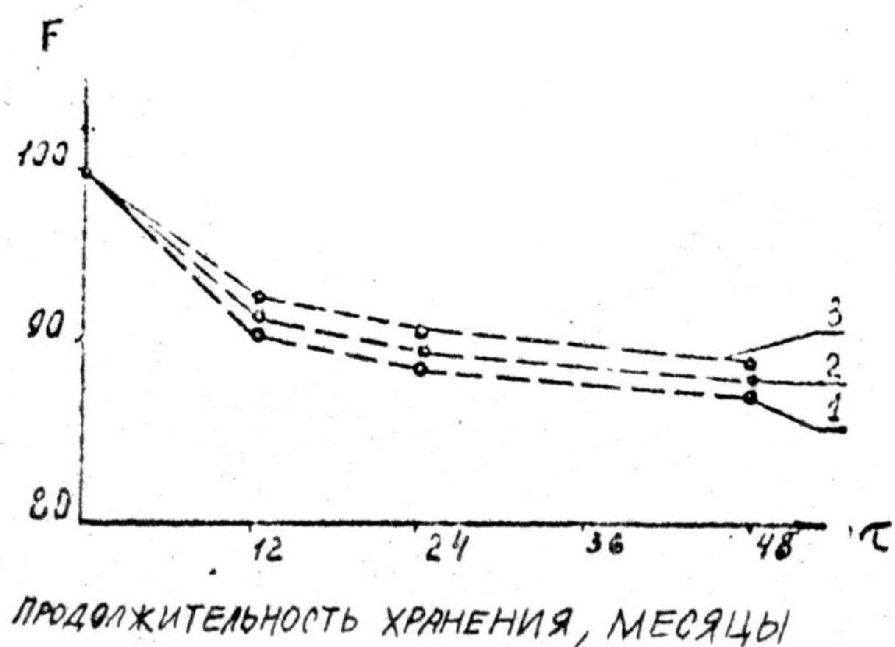


Рис. 30. Изменение интегрального показателя качества черносмородинового сока с мякотью сублимационной сушки при различных условиях хранения:

A - 1 - при температуре $+20^{\circ}\text{C}$, 2 - при температуре $+5^{\circ}\text{C}$, 3 - при температуре -18°C ;
 B - 1 - в азоте; 2 - без защитного газа, 3 - в вакууме.

Анализ таблицы 9 показывает, что скорость снижения интегрального показателя качества F во всех вариантах максимальна в первый год хранения. Это можно объяснить наличием большого количества кислорода в таре и высокоразвитой поверхности порошкообразных продуктов. Эти факторы способствуют активизации физико-химических и биохимических процессов — окисления, ферментативного потемнения и др. даже при очень низком содержании влаги 2-3%. Снижение содержания кислорода в таре установлено аналитически. Это относится и к таре, заполненной азотом, так как азот содержал до 6% кислорода.

Вакуумирование полимерных пакетов приводит к потере соками лиофильных свойств — самых характерных свойств продуктов, обезвоженных методом сублимации, который часто называют лиофилизацией. Вакуумное уплотнение порошков более значительное, чем механическое при прессовании. Повышение температуры хранения от -18° до $+20^{\circ}\text{C}$ также активизирует процессы деградации качества. Это было показано на примере снижения содержания витаминов и др.

Заслуживает внимания эффект хранения при заполнении тары азотом. При двухлетнем хранении, в течение которого интегральный показатель находится в пределах 88-91 единицы по 100-балльной шкале, азот снижает интенсивность всех процессов, вызывающих деградацию качества продукции. Зная скорость снижения показателя для каждого продукта и условия хранения, можно прогнозировать качество продукта через определенный промежуток времени.

Влияние экстремальных факторов на качество фруктово-ягодных соков сублимационной сушки при хранении. Согласно

специальным требованиям герметично упакованные соки перед годичным хранением были подвергнуты воздействию экстремальных факторов.

1. Термическая обработка по специальному режиму с кратковременным повышением температуры до 40°C . Исследования показали, что после "температурного скачка" изменения органолептических показателей образцов, по сравнению с контрольными не обнаружены. Однако установлено, что содержание витамина С и каротина существенно изменилось (рис. 31, 32).

2. Радиационное облучение (специальным спектром) в дозе 7000 рад на органолептических и химических показателях не отразилось, однако снизилось содержание каротина.

3. Вакуумирование порошков в полимерной мягкой таре до остаточного давления ниже 200 мм рт.ст. приводит к спрессовыванию порошков, образованию комков неправильной формы; такие порошки трудно растворяются.

Анализ экспериментальных данных по длительному хранению обезвоженных соков позволяет сделать некоторые выводы и дать определенные рекомендации.

1. Для длительного хранения (4-5 лет) рекомендуются следующие соки с мякотью: вишневый, черносмородиновый, айвовый, апельсиновый — с резко выраженными вкусовыми качествами и ароматом, обладающие освежающим вкусом, низким рН и стойкостью при хранении.

2. Для хранения до 4 лет может быть использован сок абрикосовый, возможно, персиковый, виноградно-сливовый. Для абрикосового и персикового сока предпочтительнее упаковка в азоте, способствующем сохранению каротина и предупреждающем появление "сенного" привкуса.

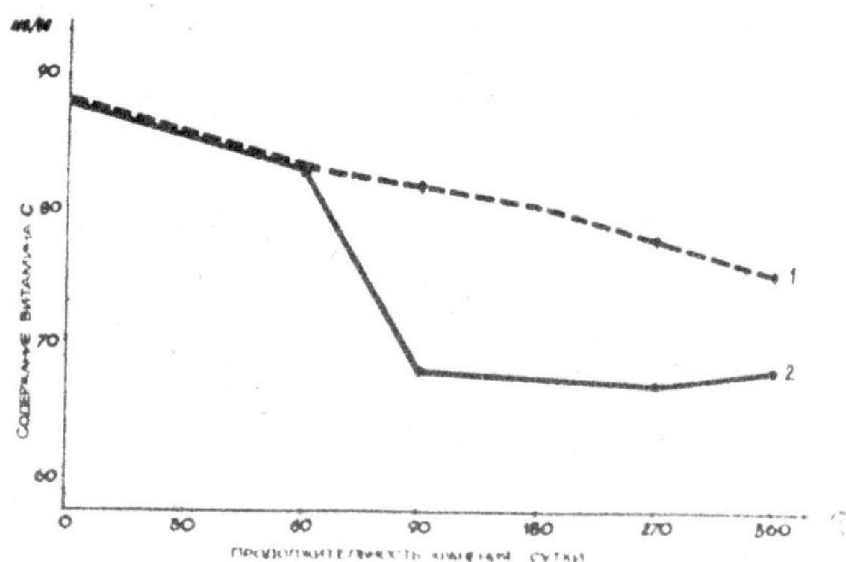


Рис.31. Влияние кратковременного повышения температуры на содержание витамина С в черносмородиновом соке с мякотью сублимационной сушки при хранении в течение года: 1 – контроль, 2 – обработанный радиацией.

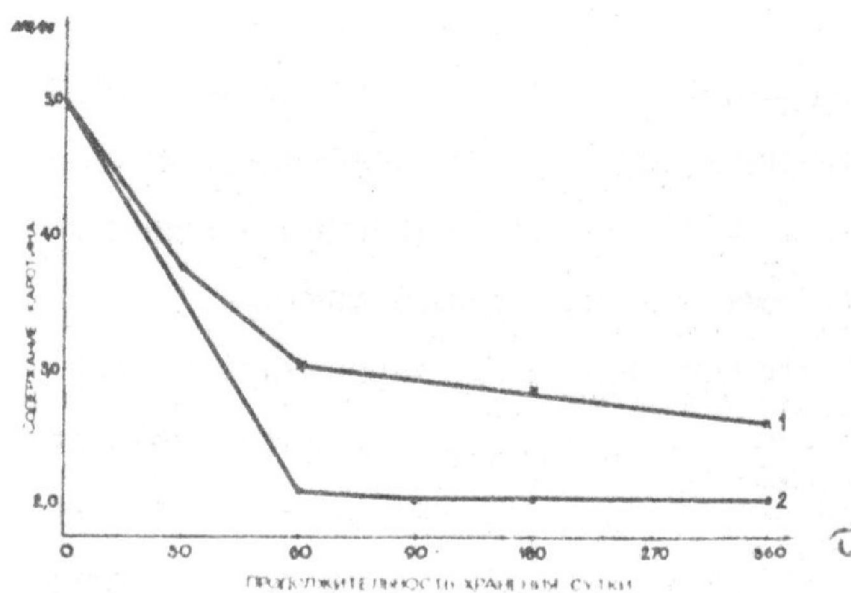


Рис.32. Влияние кратковременного повышения температуры на содержание каротина при хранении абрикосового сока с мякотью сублимационной сушки в течение года: 1 – контроль, 2 – обработанный радиацией.

3. Для хранения в течение 1-2 лет могут использоваться все соки, но ограничено - сливовый. Его лучше использовать в купаже с другими соками - яблочным, виноградным. Учитывая специфическое (послабляющее) действие сливового сока, в особых условиях он может оказаться необходимым.

4. Лучшим видом упаковки являются жестяные банки с азотом и полимерные многослойные пакеты на базе алюминиевой фольги. Полимерные прозрачные пакеты специальной конструкции для восстановления продукта без вскрытия подлежат защитной групповой упаковке в пакеты с алюминиевой фольгой с целью удлинения срока хранения.

5. Учитывая спрессованность, неправильную форму продукта при вакуумировании, целесообразно продолжить разработку технологии производства растворимых брикетов, что упростит комплектацию пищевого блока.

6. В связи с тем, что при длительном хранении наиболее быстро теряется аромат плодов, необходимо провести специальные исследования по стабилизации аромата.

7. Целесообразно продукты, подвергающиеся кратковременному активному температурному воздействию, витаминизировать добавлением витамина С и каротина с целью компенсации их потерь при воздействии этого экстремального фактора.

8. Брикетированные соки (черносмородиновый, вишневый и др.) в защитном покрытии от крошливости вызывают приятные вкусовые ощущения и заслуживают включения в рационы спецпитания.

После обобщения результатов экспериментальных исследований по длительному хранению соков сублимационной сушки была

предложена методика определения сроков хранения в зависимости от комплекса факторов, определяющих сохранность наиболее ценных свойств продукта:

$$\tau = f(K_n, \chi_1, \chi_2, \chi_3, K_3)$$

где τ - продолжительность сроков хранения (сохранение показателей ТУ или пригодность для употребления в пищу) ;

K_n - показатель стойкости продукта при хранении (зависимость от вида сырья, содержания витамина С, дубильных и красящих веществ, ОВ-потенциала и др.);

K_n можно принять равным F - интегральному показателю качества для оптимальных условий;

χ_1 - надежность тары (герметичность, паровлагогазо-ароматосветонепроницаемость, нейтральность к продукту, механическая прочность) ;

χ_2 - состав среды внутри тары (воздух, инертный газ, вакуум и др.);

χ_3 - температура хранения упакованных продуктов ;

K_3 - воздействие экстремальных факторов, допустимых для данного продукта при заданных условиях.

В данной работе нами сделана первая попытка разработать методику определения сроков хранения обезвоженных соков, которая в дальнейшем при накоплении соответствующих материалов и критических характеристик продуктов может быть использована для соответствующих расчетов при закладке резерва продуктов на хранение в особых условиях (на орбитальных станциях, при поле-

тах на другие планеты, на специальных подводных кораблях для длительного исследования глубин океана и др.).

Предлагаемая нами методика определения сроков хранения обезвоженных продуктов была проверена при длительном хранении и может быть рекомендована для проведения аналогичных работ по хранению других видов продуктов.

Изучение биологической ценности пищевых продуктов сублимационной сушки

Большая группа специалистов (В.П.Бычков, М.И.Козарь, Н.И.Бойко, и др.) провела комплексные медико-биологические исследования рационов питания людей только обезвоженными продуктами. В состав рационов были включены фруктово-ягодные соки с мякотью сублимационной сушки, полученные по нашей технологии. Результаты исследований опубликованы в статье "Пищевое ^{ве}зерно", основанное на запасах обезвоженных продуктов, в системах жизненного обеспечения экипажей космических кораблей при длительных полетах" (Труды Академии наук СССР "Проблемы космической биологии", том 16, изд. "Наука", М., 1971)..

Экспериментальное питание 6 человек обезвоженными продуктами производилось в течение 120 суток. В результате исследований установлено, что рацион питания из обезвоженных продуктов по органолептическим свойствам оценен испытателями положительно. "Показатель состояния углеводного обмена (толерантность организма к глюкозе, коэффициент ассимиляции глюкозы тканями, амилаза в крови) на протяжении всего эксперимента находился в пределах нормы. Усвояемость была практически одинаковой и колебалась в пределах от 96 до 97%.

"Результаты исследования состояния здоровья, обменных процессов и иммунореактивности организма у испытуемых, питавшихся в течение 120 суток рационом из обезвоженных пищевых продуктов, показали, что адаптация организма к такому рациону происходит, в основном, в первые два месяца". Исследователи пришли к выводу: "Реальным путем решения проблемы питания в космических полетах является использование запасов из обезвоженных продуктов. Этот путь будет также единственным, пока вес любой другой системы воспроизводства пищи будет превышать вес запасов на тот же срок полета".

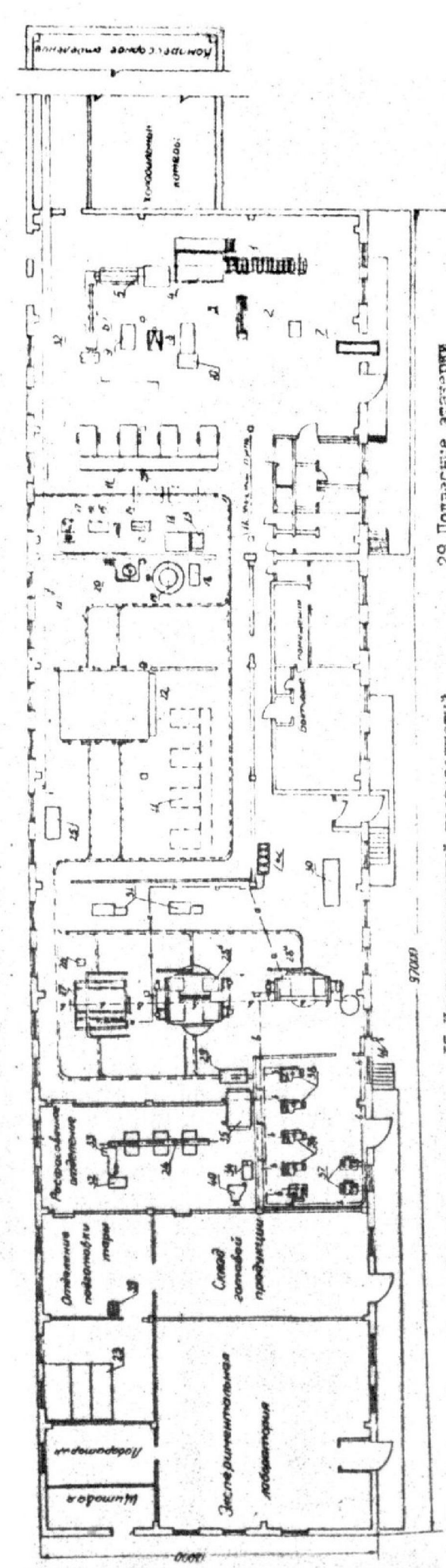
Испытания разработанных нами фруктово-ягодных соков сублимационной сушки, проведенные экипажами космических кораблей в полете, дали положительные результаты.

Внедрение результатов исследований

Опытно-промышленный цех сублимационной сушки фруктово-ягодного сырья Кишиневского консервного завода Молдплодоовощпрома. На базе проведенных нами исследований в области создания техники и технологии сублимационной сушки фруктово-ягодного сырья (18,19,51) проектным институтом "Молдгипропищепром" была разработана проектная документация цеха сублимационной сушки производительностью 300 тонн в год по фруктовому сырью.

В настоящее время цех сублимационной сушки фруктово-ягодного сырья принят к промышленной эксплуатации (95). Схема цеха представлена на рис.33. Компоновка всего оборудования цеха поз-

Рис. 33. ПЛАН ОПЕЧНО-ПРОМЫШЕННОГО ЦЕХА СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ
ФРУКТОВ, ЯГОД И ПРОДУКТОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ КОНСЕРВНОГО ЗАВОДА КОММУНАЛЬНОГО
АГРАРНО-ПРОМЫШЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ "КОШЕЛОДОВОБОЛОТНО"



- | | | |
|---|---|---|
| <p>1. Элеватор "Гусиная гора"</p> <p>2. Вентиль</p> <p>3. Машина для отрыва плодовых</p> <p>4. Универсальная калоризационная машина</p> <p>5. Мойка вентиляторов</p> <p>6. Транспортер с обдувочной установкой</p> <p>7. Перегонной смесительной конвейер</p> <p>8. Машина для выемки косточек</p> <p>9. Машина для резки плодов</p> <p>10. Ванна с сетчатым столом</p> <p>11. Стол для раскладки сырья в противни</p> <p>12. Ванна для мойки противней</p> <p>13. Стеллажи металлические</p> <p>14. Ванна для пюре</p> | <p>15. Насос ротационный шестеренчатый</p> <p>16. Универсальная противонная машина</p> <p>17. Транспортер</p> <p>18. Стол для резки фруктового пюре</p> <p>19. Конвейер - заборщик пюре</p> <p>20. Вентилятор сборщик пюре</p> <p>21. Транспортер ленточный</p> <p>22. Скоростной агрегат</p> <p>23. Установка для кондиционирования воздуха</p> <p>24. Транспортер со столешницей</p> <p>25. Стол расклевочный</p> <p>26. Транспортер</p> <p>27. Установка для сублимационной сушки</p> <p>28. Конвейер для установки для сублимационной сушки</p> | <p>29. Подвесные этажерки</p> <p>30. Ленточный транспортер</p> <p>31. Транспортер</p> <p>32. Стол</p> <p>33. Агрегат для упаковки пакетов</p> <p>34. Агрегат - измельчитель, сито, сепаратор</p> <p>35. Машина для хранения вакуумированного продукта</p> <p>36. Закупорочный насос типа ДН-1</p> <p>37. Закупорочный насос типа ДН-1</p> <p>38. Закупорочный насос типа ДН-1</p> <p>39. Машина для упаковки листов</p> <p>40. Машина для упаковки автоматическая</p> <p>41. Конвейер для масла</p> <p>42. Сосуды для азота</p> |
|---|---|---|

воляет осуществлять поточность производства от момента поступления сырья до расфасовки сухого продукта.

Особенностью созданного цеха является оснащение его отечественными сублимационными установками типа "сублиматор-конденсатор" с терморadiационным подводом тепла от "темных" длинноволновых генераторов инфракрасного излучения - тэнов (27), организация технологического процесса расфасовки и упаковки сухих продуктов в условиях пониженной влажности (относительная влажность воздуха 30-35%) и круглогодичная работа его на сырье, заготовленном в период сезона с последующим хранением в холодильных камерах (фрукты, ягоды, некоторые виды ягодных пюре) или консервированном асептическим методом (различные фруктовые пюре). Промышленностью освоено производство новых видов продуктов: фруктов, ягод и соков сублимационной сушки.

Экономические аспекты производства продуктов сублимационной сушки из плодово- ягодного сырья.

Для экономической оценки сублимационной сушки целесообразно сопоставить затраты на производство, хранение и транспортировку плодово-ягодной продукции сублимационной сушки, с одной стороны, и продукции стерилизованной - с другой (31,51).

В качестве базы для определения производственных затрат на сублимированную плодово-ягодную продукцию приняты уточненные проектные показатели опытно-промышленного цеха сублимационной сушки Кишиневского консервного комбината мощностью 50 т продукции в год (300 т по сырью).

Себестоимость консервной продукции принята по среднему уровню, сложившемуся в консервной промышленности Молдавии в 1971 году.

Себестоимость продукции сублимационной сушки выше, чем стерилизованной: по соку абрикосовому - на 19%, вишневому на 51%, черносмородиновому - на 27% (в расчете на I туб оводненного продукта).

Капитальные вложения по Кишиневскому цеху сублимационной сушки определились в сумме 300,8 тыс.руб. или, примерно, 6 тыс. руб. на тонну продукции (1000 руб. на тонну сырья). Удельные капитальные затраты на стерилизованную продукцию для консервных заводов малой мощности - (до 30 муб в год) - согласно нормативам составляют 275 руб. на I туб или, примерно, 460 руб. на тонну сырья.

Соотношение затрат на хранение продукции - обратное : в расчете на I туб потребляемой продукции приведенные затраты на хранение сублимированных соков в 4 раза ниже, чем стерилизованных.

Такая же тенденция наблюдается и в сфере транспорта; при доставке продукции железнодорожным транспортом на 5000 км затраты на I туб сублимированных соков в 3,5-6 раз ниже.

Вместе с тем в связи с малой мощностью опытно-промышленного цеха и высоким уровнем расходов в сфере производства комплексные затраты на соки сублимационной сушки на данном - первоначальном этапе развития этого производства выше, чем на соки стерилизованные: по соку абрикосовому - на 10%, вишневому - на 45%, черносмородиновому - на 25% (с учетом транспортировки на 5000 км).

Следует отметить, что указанные выше затраты на сублима-

ционную обработку плодово-ягодных соков определены нами применительно к условиям опытно-промышленного производства весьма малой мощности и с низким уровнем механизации процессов (с ручной расфасовкой и упаковкой продукции). Но поскольку большой удельный вес в составе себестоимости продуктов сублимационной сушки занимают прямые (неизменные) затраты на сырье, материалы и тару (58-69), то в целом себестоимость единицы продукции снижается меньше, чем стоимость её обработки. Так, по нашим расчетам, увеличение объема производства до 1000 т (по сырью) позволит снизить себестоимость на 10%, до 2500 т - на 20%. В этих условиях себестоимость абрикосового сока сублимационной сушки (оводненного) окажется на 4% ниже стерилизованного, а вишневого и черносмородинового - выше на 25 и 10% соответственно. При доставке продукции на дальние расстояния указанная разница в затратах по вишневому и черносмородиновому соку снизится до 17 и 5% (5000 км) и до 10 и 0 % (10000 км).

Перспективы развития промышленного обезвоживания пищевых продуктов методом сублимации

Обезвоживание пищевых продуктов методом сублимации является прогрессивным технологическим процессом, позволяющим наиболее полно сохранить нативные свойства сырья по сравнению с другими методами консервирования и получить новые виды продуктов, отличающихся особыми качественными характеристиками, которые нашли широкое признание в кругу специалистов пищевой промышленности и специальных потребителей.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом новое производство вступило в наиболее трудный и ответственный период -

промышленного освоения технологии и доведения новых видов продуктов до широких масс потребителей. В этот период исключительно важное значение имеет правильное решение организационно-технических вопросов, выбор перспективного ассортимента продуктов и направления развития производства, которые, по существу, решают судьбу и перспективы развития этого нового производства в стране.

На основе анализа многочисленных работ советских и зарубежных исследователей и нашего опыта в области производства продуктов сублимационной сушки стало возможным сделать некоторые обобщения и рекомендации.

Огромный, весьма разнообразный ассортимент пищевых продуктов, полученных различными авторами сублимационной сушкой, представляет большой научный интерес, но нуждается в определенной систематизации для выбора перспективных видов продуктов, пригодных для широкого промышленного использования, так как в числе объектов исследования имеется большое количество продуктов, не требующих сублимационной сушки, например морковь, горох, капуста, дикорастущие ягоды, макаронны и др. В соответствии с общей методикой А. Гинзбурга нами предложена классификация, точнее группировка, пищевых продуктов, высушенных сублимацией, по следующим основным признакам:

- а) по происхождению, биологической активности и агрегатному состоянию исходного сырья ;
- б) по качественным характеристикам обезвоженных продуктов, связанных с особенностями технологических задач процесса;
- в) по назначению обезвоженных продуктов ;
- г) по способам потребления.

Из приведенных данных следует, что при выборе продуктов для консервирования этим методом надо иметь ясное представление себе о преимуществах получаемого продукта и его назначении.

Анализируя и обобщая многочисленные научно-исследовательские работы, зарубежный и отечественный опыт по созданию сублимационных сушилок и работу промышленных предприятий за последние 10-15 лет, можно отметить, что сублимационная сушка мясной, шампиньонов, растворимого кофе и чая нашла широкое применение и производится в больших производственных масштабах (до 20 т сырья в сутки). Определенное место занимает сушка мясного фарша и птицы для суповых наборов. В зарубежной пищевой промышленности проявляется большой интерес к сублимационной сушке сока, как к одному из перспективных продуктов питания.

В связи с количеством научных экспедиций по исследованию космоса, глубин Мирового океана, увеличением числа вулканологов, спелеологов, альпинистов, длительное время находящихся в сложных условиях автономного существования, возрастают заказы на фрукты, ягоды и особенно соки сублимационной сушки.

Прогнозируя развитие производства продуктов сублимационной сушки, необходимо исходить из следующих основных положений:

- Сублимационная сушка пищевых продуктов призвана дополнить традиционные методы консервирования, а не заменить их
- Сублимационную сушку целесообразно использовать для производства продуктов, обладающих особыми свойствами, высокими органолептическими достоинствами, большой биологической ценностью, малой массой, быстрой восстанавливаемостью при регидратации и способностью к длительному хранению, которые невозможно обес-

печить при консервировании другими методами .

— Решающими условиями успешного освоения технологии и признания новых видов продуктов широкими кругами потребителей являются прежде всего правильный выбор ассортимента продукции и использование высококачественного сырья .

— Стоимость продуктов сублимационной сушки будет выше стоимости продуктов, законсервированных традиционными методами. Сравнение этих продуктов только по экономической эффективности производства без учета нового качества продукта неправомерно. Снижение стоимости будет зависеть от объема производства и круглогодичной загрузки предприятий, усовершенствования технологии и оборудования, а также транспортировки.

— Продукты сублимационной сушки сыграли большую роль как компоненты для создания новых видов высококачественных продуктов в пищеконцентратной, кондитерской, хлебопекарной, парфюмерной и др. отраслях промышленности. По объему производства это направление может быть преобладающим, так как включение небольшого количества относительно дорогих компонентов не повлечет существенного удорожания новых, значительно улучшенных продуктов.

— Учитывая высокую экономическую эффективность сублимационного консервирования, связанную с транспортными операциями, предпочтительно вырабатывать их для нужд населения новых, развивающихся районов нашей огромной страны — Заполярья, Крайнего Севера, Дальнего Востока, очень удаленных от зон выращивания фруктов и овощей. Большое место эти продукты займут в рационах питания космонавтов и специальных контингентов личного состава вооруженных сил.

Постепенно будут созданы новые виды продуктов на базе лиофилизаторов.

— В ближайшие 10 лет сублимационная сушка будет развиваться на базе аппаратов периодического действия различной мощности в зависимости от ассортимента продукции и сырьевых ресурсов. Промышленный аппарат непрерывного действия, более прогрессивный, находится в нашей стране еще в стадии теоретических исследований и конструкторских разработок.

Обобщая результаты опытного и опытно-промышленного производства пищевых продуктов сублимационной сушки в нашей стране и за рубежом, можно дать следующие рекомендации. Для успешного экономически эффективного развития производства продуктов сублимационной сушки в нашей стране необходимо строить специализированные цехи для следующих продуктов:

- фруктов, ягод и фруктово-овощных порошков, соков ;
- творога и творожно-фруктовых смесей ;
- мясного фарша (шрота), кусочков мяса и птицы ;
- яичного меланжа ;
- кофе и чая быстрорастворимых.

При проектировании этих предприятий следует учесть необходимость создания специализированных сырьевых зон, которые бы обеспечили круглогодичную работу предприятий.

В заключение отметим, что результаты наших исследований положены Государственным проектным институтом "Типропищепром" МПС СССР в основу разработанного технико-экономического обоснования организации и размещения цехов сублимационной сушки продуктов растительного происхождения по стране на перспективу до 1980 года

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований, анализа и обобщения результатов экспериментов, внедрения прогрессивного технологического процесса и организации промышленного производства новых видов продуктов, обезвоженных сублимацией, можно сделать следующие общие выводы.

1) Исследованы и решены основные химико-технологические, биохимические и теплофизические аспекты проблемы сублимационного консервирования фруктов, ягод и продуктов их переработки как в плане теоретических работ, так и промышленного использования результатов исследования.

2) Доказано, что при разработке сложной проблемы — технологии производства новых прогрессивных видов продуктов в условиях недостаточно исследованных процессов требуется применение "системного подхода".

3) Для решения поставленных задач была разработана методика комплексных исследований по проблеме, включающая все этапы процесса научной разработки новой технологии, новых видов продукции и новой техники в их взаимной связи, а также реализации результатов исследований в промышленности. Она отражает многогранность процесса планирования исследовательских работ по всей цепочке "наука — техника — производство" в условиях пищевой промышленности и включает:

а) многоаспектные лабораторные исследования — производственную проверку — внедрение результатов в промышленность ;

б) исследование химико-технологических особенностей сырья — обоснование параметров технологических процессов и методов их

интенсификации – исследование качественных характеристик новых продуктов и изменений их в процессе хранения – пути и перспективы использования новых продуктов в народном хозяйстве ;

в) технологические исследования процесса – разработку технологических требований на создание нового оборудования – конструирование и изготовление аппаратов – испытание и освоение нового оборудования в промышленности – разработку технологических требований на проектирование и строительство нового промышленного предприятия.

Разработанная и апробированная методика комплексного решения проблемы обладает определенной универсальностью, позволяющей использовать её при разработке технологии производства новых видов пищевых продуктов.

4) Предложена трехстадийная модель процесса сублимационного обезвоживания: первая стадия – отделение основной массы свободной влаги от элементов микроструктуры объекта и локальная кристаллизация её внутри макросистемы в процессе замораживания; вторая стадия – сублимация кристаллизовавшейся влаги и удаление её в вакууме при подводе тепла за пределы макросистемы ; третья стадия – десорбция с твердого каркаса объекта некристаллизовавшейся влаги, в том числе части связанной.

5) Определены химико-технологические, биохимические, теплофизические и оптические характеристики фруктово-ягодного сырья как объекта сублимационной сушки и даны рекомендации по использованию 38 наилучших помологических сортов плодового сырья Молдавии и Армении (земляника, абрикосы, персики, черная смородина, вишни, яблоки и др.) для консервирования их методом сублимации.

6) Впервые комплексно исследованы процессы сублимационного консервирования фруктов, ягод и продуктов их переработки. Установлены экспериментальные зависимости между теплофизическими параметрами технологических процессов и важнейшими качественными характеристиками готовых продуктов на всех стадиях производства и хранения. Для решения этой общей задачи были проведены следующие основные работы. - Разработана методика определения и расчета параметров процесса сублимационного обезвоживания продуктов растительного происхождения.

- Исследован процесс замораживания фруктов, ягод, фруктово-ягодных пюре и соков в широком диапазоне отрицательных температур (до -196°C). Определены криоскопические температуры различных видов фруктово-ягодного сырья в зависимости от содержания сухих веществ.

- Установлено влияние режимов замораживания на структурно-сорбционные характеристики обезвоженных продуктов, в том числе и при замораживании в магнитном поле. Определены оптимальные температуры замораживания для различных продуктов: фруктовых пюре (от -25 до -50°C), фруктов (от -20 до -30°C), соков (от -35 до -50°C).

- Показано, что замораживание фруктовых пюре в потоке в тонком слое с последующим дроблением (авторское свидетельство №342031) повышает удельную поверхность массы и производительность сушки до 30%.

- Дано обоснование оптимальных режимов обезвоживания фруктово-ягодного сырья с использованием длинноволновых инфракрасных излучателей. Исследованы спектральные характеристики замороженных и обезвоженных продуктов, парогазопроницаемость обезвоженных продуктов, их качественные показатели.

Впервые было установлено, что для сублимационной сушки продуктов растительного происхождения наиболее приемлемым является энергоподвод от длинноволновых „темных“ излучателей.

— Установлены максимально допустимые температуры поверхности высушиваемых продуктов: фруктово-ягодных поре — в пределах $50-55^{\circ}\text{C}$, сока — $30-35^{\circ}\text{C}$, фруктов и ягод — $45-50^{\circ}\text{C}$.

7) Экспериментально установлена возможность интенсификации всего процесса сублимационного обезвоживания порообразных продуктов путем воздействия магнитных и электрических полей на первой стадии процесса кристаллизации свободной влаги внутри объекта, ускоряющей процесс до 30%.

8) Исследованы и определены качественные характеристики обезвоженных продуктов, разработан широкий комплекс показателей, характеризующих органолептические, физико-химические, структурно-механические, биохимические свойства продуктов при обезвоживании, длительном хранении в различных условиях и при регидратации. К ним относятся, в частности, содержание витаминов, активность окислительных ферментов, динамика веществ аромата и их адсорбции, реологические, электрохимические, сорбционные и оптические характеристики, адсорбционно-связанная влага, удельная массоемкость, удельная поверхность, пористость, газопроницаемость высушенных продуктов, восстанавливаемость и др.

9) Установлено оптимальное содержание остаточной влаги в обезвоженных продуктах и пределах мономолекулярного слоя порядка 1,5 — 2,5%, обеспечивающее максимальную сохранность качественных характеристик обезвоженных продуктов при их хранении.

Исследована кинетика увлажнения обезвоженных сублимационным методом фруктов, ягод, порошкообразных соков с мякотью и

фруктово-ягодных пюре и установлена оптимальная величина относительной влажности окружающей среды при расфасовке обезвоженных продуктов (30-35%).

Ю) Большим объемом газохроматографических исследований компонентов аромата ряда фруктов и фруктовых пюре в различных аспектах и сопоставлением данных инструментальных анализов с органолептической оценкой установлено, что типичный аромат плодов обуславливается высококипящими компонентами, в значительной степени сохраняющимися в процессе сушки.

Экспериментально показано, что при обезвоживании фруктов и фруктовых пюре вещества аромата адсорбируются в основном на обезвоженном высокопористом каркасе с очень развитой удельной поверхностью и высокой адсорбирующей способностью. Часть веществ, вероятно, блокируется углеводным комплексом и наиболее прочно удерживается при хранении. Высказана гипотеза о механизме сохранения аромата фруктов и фруктово-ягодных пюре при сублимационном обезвоживании.

II) Исследован процесс регидратации обезвоженных плодов, ягод и порошков соков с мякотью. Установлено, что процесс сублимационного консервирования пищевых продуктов является необратимым. Несмотря на высокий коэффициент набухания, полного восстановления массы обезвоженных фруктов не происходит - коэффициент восстановления находится в пределах от 0,40 до 0,67 ; одновременно снижается водоудерживающая способность тканей. В процессе хранения коэффициент восстановления массы снижается вследствие уплотнения и уменьшения пористости наружной поверхности продукта.

В клетках фруктов и ягод, регидратированных в изотониче-

ских растворах сахарозы, тургорное давление не восстанавливается, плазмолиз в гипертонических растворах не наблюдается. Это является следствием необратимых повреждений биологических полупроницаемых мембран клеток при замораживании и сушке. Однако качество восстановленных фруктов и ягод сублимационной сушки выше, чем консервированных другими методами.

12) Впервые разработана и проверена количественная модель качества фруктово-ягодных пюре и соков сублимационной сушки с учетом органолептических, биохимических, физико-химических и структурно-механических свойств объекта. Предложенная модель позволила рассчитать интегральный показатель изменения качества обезвоженных продуктов в процессе длительного хранения и дать объективную оценку при решении задачи со многими вариантами.

Автором впервые введена классификация показателей качества с разделением их на стабильные в технологическом процессе и динамические. В модель качества включены только динамические показатели, характеризующие изменение качества и степень совершенства технологического процесса.

13) Предложенная технология производства фруктово-ягодных соков, пюре, плодов, ягод обеспечивает минимальную бактериальную обсемененность их. В процессе хранения наблюдается дальнейшая гибель вегетативных форм микроорганизмов. При хранении восстановленных соков в условиях комнатной температуры в течение 24 и 36 часов реактивации микрофлоры в продуктах не наблюдается.

14) Исследованы микробиологические аспекты сублимационно-

го консервирования фруктов, ягод и соков и определены санитарно-гигиенические количественные нормативы и требования к продуктам и условиям производства, гарантирующие доброкачественность обезвоженных продуктов.

15) Исследован ряд образцов полимерных пленок различных классов. Определены парогазопроницаемость и степень сохранности в них обезвоженных продуктов в процессе хранения. Предложены оптимальные варианты для продуктов различного назначения разных сроков хранения. Наиболее надежной тарой является многослойная полимерная пленка на базе алюминиевой фольги и жестяные банки.

Воздействие на упакованные продукты экстремальных факторов (радиоактивного облучения, кратковременного быстрого повышения температуры) на органолептические показатели существенного влияния не оказало. Однако отмечено снижение витамина С и каротина, которые целесообразно компенсировать обогащением продуктов синтетическими компонентами.

16) Проведены физико-химические, биохимические, органолептические и микробиологические исследования обезвоженных продуктов при хранении в различных условиях в течение 5 лет. Рассчитан обобщенный показатель качества. Установлено, что фруктово-ягодные соки с мякотью сублимационной сушки в соответствующей упаковке могут храниться в течение 4 и более лет. наилучшее сохранение исходных характеристик наблюдается при температуре - 18⁰С. В среде азота все образцы сохраняются лучше. Наиболее стойкими в хранении являются соки черносмородиновый, вишневый, айвовый.

Разработана методика прогнозирования качества продуктов и предельных сроков хранения соков с мякотью, обезвоженных сублимацией, по интегральному показателю качества.

I7) Разработана классификация продуктов сублимационной сушки по основным признакам: функциональному назначению (составные части и полные рационы питания или полуфабрикаты для промышленной переработки), способам употребления (восстановление, кулинарная обработка, без восстановления) и др.

I8) Проведены исследования в области организации промышленного производства сублимационных продуктов растительного происхождения и даны рекомендации по круглогодичной загрузке предприятия. Определена экономическая эффективность производства продукции для некоторых отраслей пищевой промышленности и населения, проживающего в удаленных районах Крайнего Севера, Заполярья и др.

I9) Результаты комплексных исследований по проблеме нашли применение в промышленных условиях:

- По разработанной технологии спроектирован, построен и сдан в эксплуатацию опытно-промышленный цех для сублимационной сушки фруктов, ягод, фруктовых пюре и соков с мякотью на Кишиневском консервном заводе объединения "Молдплодоовощпром".

- На разработанную технологию производства новых видов продукции Главконсервом МПП СССР утверждена технологическая инструкция. На готовую продукцию в установленном порядке утверждено три ГОСТа ("Фрукты и ягоды сублимационной сушки", "Фруктово-ягодные пюре сублимационной сушки" и "Фруктово-ягод-

ные соки с мякотью сублимационной сушки").

- Все новые виды продукции прошли широкую апробацию на массовых дегустациях в различных ведомствах, удостоены бронзовой медали на Международной выставке в ГДР, на ВДНХ СССР, ВДНХ МССР награждены дипломами и аттестатами, освоены промышленностью.

- На базе обезвоженных сублимацией фруктовых порошков созданы семь новых видов конфет и земляника глазированная в шоколаде. Кондитерские изделия удостоены на ВДНХ СССР диплома I степени, промышленное производство освоено Кишиневской кондитерской фабрикой "Букурия" (защищены авторскими свидетельствами).

- Результаты исследования положены Государственным проектным институтом "Типропищепром" в основу разработанного технико-экономического обоснования организации и размещения цехов сублимационной сушки продуктов растительного происхождения по стране на перспективу до 1980 года.

- Широкий ассортимент фруктово-ягодных соков с мякотью сублимационной сушки включен в рацион питания экипажей космических кораблей, длительно находящихся в условиях автономного существования.

Полученные результаты исследования проблемы сублимационного обезвоживания фруктового сырья дают возможность определить следующие перспективные направления работ:

- исследование путей интенсификации процесса замораживания и сушки при наложении магнитных и электрических полей ;

- исследование непрерывного процесса сушки пюре и пастообразных пищевых продуктов в тонком слое и диспергированном состоянии ;

— разработка и создание автоматизированных систем управления технологическим процессом с использованием аналоговой техники ;

— исследование экономических аспектов проблемы: выбор рационального ассортимента обезвоженной продукции, определение оптимальных размеров предприятий, специализация и кооперирование и определение размещения предприятий сублимационной сушки, а также путей использования продуктов сублимационной сушки в народном хозяйстве.

Всесоюзные и международные съезды, конгрессы, совещания и симпозиумы, на которых докладывались работы, вошедшие в доклад.

1. Девятый Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, Москва, 1965 г.

2. Второй Международный конгресс по вопросам науки и техники пищевой промышленности, Варшава, 1966 г.

3. Республиканская межведомственная конференция Академии наук Украинской ССР "Ферменты в медицине, пищевой промышленности и сельском хозяйстве", Киев, 1968 г.

4. Всесоюзные совещания по электрической обработке материалов, Кишинев, 1967, 1969, 1971 гг.

5. Научно-техническое совещание по применению газовой хроматографии в пищевой промышленности, Кишинев, 1968 г.

6. Всесоюзная межвузовская конференция по термическим методам обработки при консервировании пищевых продуктов, Одесса, 1968 г.

7. Всесоюзная конференция "Применение полимерных материалов в пищевой промышленности (в контакте с биологически активными средами)", Кишинев, 1973 г.

8. Государственный комитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов" и семинары по теории, технике и технологии сублимационной сушки", Кишинев, 1969г.; Москва, 1970, 1971 г.г.; Минск, 1972г.; Кишинев, 1973 г., Одесса, 1974г.

9. Семинар по технологии и исследованиям в области пищевой промышленности для стипендиатов ФАО, Москва, 1968г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИНСТРУКЦИИ, ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ,
О С Т Ы,
которые составлены с участием автора.

1. МРТУ 18/87-65 группа Н.53. Межреспубликанские технические условия "Продукты сублимационной сушки, Плоды и ягоды". Утверждены Госкомитетом по пищевой промышленности при Госплане СССР 28 июля 1965 г.

2. МРТУ 18/88-65 группа Н-53. Межреспубликанские технические условия "Продукты сублимационной сушки. Пюре плодовое и ягодное". Утверждены Госкомитетом по пищевой промышленности при Госплане СССР 28 июля 1965 г.

3. Технологическая инструкция по производству пюре плодового и ягодного сублимационной сушки. Утверждена Главным управлением консервной, овощесушильной и пищевконцентратной промышленности Министерства пищевой промышленности СССР 17 января 1973 г.

4. Технологическая инструкция по производству соков с мякотью сублимационной сушки. Утверждена Главным управлением консервной, овощесушильной и пищевконцентратной промышленности Министерства пищевой промышленности СССР 17 января 1973 г.

5. Технологическая инструкция по производству плодов и ягод сублимационной сушки. Утверждена Главным управлением консервной, овощесушильной и пищевконцентратной промышленности Министерства пищевой промышленности СССР 17 января 1973 г.

6. Отраслевой стандарт 18-94-72. Плоды и ягоды сублимационной сушки.

7. Отраслевой стандарт 18-92-72. Пюре плодовое и ягодное сублимационной сушки.

8. Отраслевой стандарт 18-93-72. Соки с мякотью сублимационной сушки.

С П И С О К
опубликованных работ В.Г.Поповского,
обобщенных в докладе.

1. Поповский В.Г. Производственный опыт молекулярной сушки пищевых продуктов. Бюллетень "За технический прогресс". Госкомитет Совета Министров МССР по науке и технике, Кишинев, 1957, с.5-33; 1,7 п.л.

2. Поповский В.Г., Липис Б.В., Тимофеева О.А., Соболева И.М. Определение низкокипящих ароматических веществ фруктов методом газожидкостной хроматографии. Ж. "Консервная и овощесушильная промышленность", 1964, № 6, с.35-38; 0,2 п.л.

3. Поповский В.Г., Тимофеева О.А., Соболева И.М. Газохроматографический анализ летучих ароматических веществ свежих и сушеных фруктов. Труды МНИИШа, 1965, т.6, с.126-138, М. "Пищевая промышленность"; 0,8 п.л.

4. Поповский В.Г., Тимофеева О.А., Соболева И.М. Применение газовой хроматографии для контроля сублимационной сушки плодов и ягод, IX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Секция аналитической химии. М., "Наука", 1965 (Реф. докл. и сообщ. № 8); 0,2 п.л.

5. Соболева И.М., Поповский В.Г. Применение газовой хроматографии для анализа плодов, ягод и фруктовых пюре сублимационной сушки. Научное совещание по применению газовой хроматографии в пищевой промышленности, Кишинев, 20-22 ноября 1968, Тезисы докладов, М., 1968, с.24-25; 0,1 п.л.

6. Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т. Сублимационная сушка плодов и ягод. В сб. Сублимационная сушка пищевых продуктов, ЦНИТИ-Пищепром, М., 1964; 0,6 п.л.

7. Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т. Исследование процесса сублимационной сушки фруктов, ягод и фруктовых пюре при радиационном подводе тепла. Труды МНИИШа, 1965, т.6, с.3-17, М., "Пищевая промышленность"; 0,9 п.л.

8. Поповский В.Г., Бантыш Л.А. Нагревательные элементы для сублимационной сушки пищевых продуктов. В сборнике "Сублимационная сушка пищевых продуктов", М., ЦНИТИ-Пищепром, 1964 г., 0,5 п.л.

9. Поповский В.Г., Бантыш Л.А. Нагревательные элементы для сублимационной сушки пищевых продуктов. Труды МНИИППа, 1965, т.6, с.18-27, М., "Пищевая промышленность"; 0,6 п.л.

10. Бантыш Л.А., Поповский В.Г., Карабуля Б.В. Применение генераторов ИК-излучения при сублимационной сушке фруктово-ягодного сырья. Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. В сборнике статей по применению ИК-излучателей в пищевой промышленности

11. Поповский В.Г., Тимофеева О.А., Соболева И.М. Определение цвета плодов и ягод до и после сублимационной сушки. Труды МНИИППа, 1965, т.6, с.147-151, М. "Пищевая промышленность"; 0,35 п.л.

12. Поповский В.Г., Бантыш Л.А. Пути интенсификации процесса сублимационной сушки пищевых продуктов. М. "Электронная обработка материалов", 1966, № 5, с.71-77; 0,45 п.л.

13. Popovsky V.G., Bantysh L.A. "Ways to intensify freeze drying of foodstuffs". Applied electrical phenomena, 1966, N 5, sept.-okt., p.377-381, Consultants burea, New-York; 0,35 п.л.

14. Поповский В.Г., Тимофеева О.А., Соболева И.М. Динамика летучих веществ плодов и ягод при сублимационной сушке (газохроматографические исследования). П. Международный конгресс по вопросам науки и технологии пищевой промышленности. Доклады "Технология пищевых продуктов растительного происхождения", М. 1966, с.139-145; 0,3 п.л.

15. Popovsky V.G., Timofeyeva O., Soboleva I. "Dinamics of Volatile Components of Fruits and Berries During Freeze-Drying". Abstracts of papers 2nd International Congress of Food Science and Technology. Warszawa-Poland, 1966, p.256-257; 0,1 п.л.

16. Popovsky V.G. a) Some Aspects of Freeze-Dehydration of Fruit, Berries and Their Products. b) Abstract of papers 2nd International Congress of Food Science and Technology. Warszawa-Poland, 1966; 0,1 п.л.

b) Some Aspects of Freeze-Dehydration of Fruit, Berries and Their Products. European Abstracts Service. Food Processing Abstracts, Evanston Ill. 60202 (USA), 1967; 0,1 п.л.

17. Поповский В.Г. Основы сублимационной сушки пищевых продуктов . М., "Пищевая промышленность", 1967; 6,5 п.л.

18. Поповский В.Г. Организация производства пищевых продуктов сублимационной сушки . Труды МНИИШа, 1968, т.8, с.3-20, Кишинев, "Картя молдовеняскэ"; 1,1 п.л.

19. Поповский В.Г. Организация предприятий сублимационной сушки пищевых продуктов . Семинар по теории, технике и технологии сублимационной сушки пищевых продуктов. Тезисы докладов. Кишинев, ЦРБ МП МССР, 1969, с.66-69; 0,2 п.л.

20. Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т., Крепоносова А.Н. Физико-химические и биохимические изменения фруктов, ягод, фруктово-ягодных пюре в процессе сублимационной сушки и хранения . Труды МНИИШа, 1968, т.8, с.20-35, Кишинев, "Картя молдовеняскэ"; 0,9 п.л.

21. Поповский В.Г., Бантыш Л.А., Ивасюк Н.Т. Исследования по сублимационной сушке фруктов, ягод, фруктово-ягодных пюре и соков с мякотью . Всесоюзная межвузовская конференция по термическим методам при консервировании пищевых продуктов. 1-4 октября 1969 г. Тезисы докладов. г.Одесса;

22. Поповский В.Г., Либерман Л.Ш., Рихтер А.Г. Исследование изменений активности окислительных ферментов в процессе сублимационной сушки плодов и в процессе хранения. Труды МНИИШа, 1968, т.8, с.36-39, Кишинев, "Картя молдовеняскэ"; 0,2 п.л.

23. Поповский В.Г., Либерман Л.Ш. Исследование активности окислительных ферментов при сублимационной сушке плодов и их хранения . В межведомственном сборнике "Ферменты в медицине, пищевой промышленности и сельском хозяйстве". Тезисы докладов. Киев, "Наукова думка", 1968, с.212-213; 0,1 п.л.

24. Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т. Химико-технологическое сортоизучение плодов и ягод для сублимационной сушки . Труды МНИИШа, 1968, т.8, с.40-51, Кишинев, "Картя молдовеняскэ"; 0,6 п.л.

25. Кондратюк Г.Б., Поповский В.Г. Исследование температурного поля пространства конденсатора при конденсации водяного пара в вакууме . Труды МНИИШа, 1968, т.8, с.40-51, Кишинев, "Картя молдовеняскэ" 0,4 п.л.

25. Поповский В.Г., Кондратюк Г.Б. б) Исследование температурного поля паровоздушной среды конденсатора при конденсации в вакууме. Семинар по теории, технике и технологии сублимационной сушки пищевых продуктов. Тезисы докладов. Кишинев, ЦРБ МПИ МССР, 1969, с.17-18; 0,1 п.л.

26. Popovsky V.G. "Fruit Juice Production". FAO, Food Technology Research and Food Industries Study. Tour in the USSR. Moscow, 1968, p.1-24; 1,5 п.л.

27. Поповский В.Г., Бантыш Л.А., Кондратюк Г.Б., Гуменюк В.С. Опытная сублимационная установка с двумя поверхностями конденсации. Труды МНИИШа, 1968, т.8, с.66-70, Кишинев, "Картя молдовеняскэ"; 0,36 п.л.

28. Тимофеева О.А., Поповский В.Г., Соболева И.М. Изменение ароматических веществ и цвета фруктов сублимационной сушки в процессе хранения. Труды МНИИШа, 1968, т.8, с.70-81; 0,6 п.л.

29. Тимофеева О.А., Поповский В.Г., Соболева И.М. Летучие жирные кислоты плодов и ягод и их поведение в процессе сублимационной сушки. Труды МНИИШа, 1968, т.8, с.82-85; 0,2 п.л.

30. а) Липис Б.В., Поповский В.Г., Соболева И.М., Каменщик Я.И. К вопросу об определении проницаемости полимерных упаковочных материалов по отношению к некоторым летучим органическим соединениям. Труды МНИИШа, 1968, т.8, с.86-94; 0,4 п.л.

б) Липис Б.В., Соболева И.М., Поповский В.Г., Каменщик Я.И. Определение ароматопроницаемости полимерных упаковочных материалов. Ж. "Консервная и овощесушильная промышленность", 1968, № 2; 0,2 п.л.

31. Исаков А.С., Поповский В.Г. Вопросы экономики сублимационной сушки. Труды МНИИШа, 1968, т.8, с.104-117, Кишинев, "Картя молдовеняскэ"; 0,8 п.л.

32. Гринберг Н.Х., Поповский В.Г. Определение влаги в плодовых пюре сублимационной сушки методом газовой хроматографии. Труды МНИИШа, 1968, т.8, с.36-37, Кишинев, "Картя молдовеняскэ"; 0,1 п.л.

33. Гринберг Н.Х., Поповский В.Г., Волошина М.Х. Определение влаги в продуктах сублимационной сушки по изотермам сорбции. Ж. "Консервная и овощесушильная промышленность", 1971, № 3; 0,1 п.л.

34. Поповский В.Г., Каменщик Я.И., Ивасюк Н.Т. Применение полимерных материалов для упаковки фруктово-ягодных пюре сублимационной сушки. Ж. "Консервная и овощесушильная промышленность", 1969, № 2, с.26-27; 0,1 п.л.

35. Popovsky V.G. "Physico-Chemical and Biological Changes in Fruits, Berries and Juices During Freeze-Drying and Storage". Commission X of the International Institute of Refrigeration in conjunction with Societe de chimie industrielle. Surface reactions in freeze-dried systems. Paris 11-12 December 1969.

36. Поповский В.Г., Бантыш Л.А., Гаврилюк В.С., Пчелинцев А.М. Некоторые аспекты оценки источников излучения при сублимационной сушке пищевых продуктов. Семинар по теории, технике и технологии сублимационной сушки пищевых продуктов. Тезисы докладов. Кишинев, ПРБ МПШ МССР, 1969, с. 14-16; 0, I п.л.

37. Липис Б.В., Поповский В.Г., Бантыш Л.А., Спектор Л.А., Пчелинцев А.М. Об оптических свойствах соков с мякотью сублимационной сушки. Семинар по теории, технике и технологии сублимационной сушки пищевых продуктов. Тезисы докладов. Кишинев, ПРБ МПШ МССР, 1969, с. 16; 0, I п.л.

38. Поповский В.Г., Крепоносова А.Н., Ивасюк Н.Т. Восстанавливаемость фруктов, ягод и фруктово-ягодных соков сублимационной сушки. Семинар по теории, технике и технологии сублимационной сушки пищевых продуктов. Тезисы докладов. Кишинев, ПРБ МПШ МССР, 1969, с. 48-50; 0, I 5 п.л.

39. Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т., Соболева И.М. Исследование изменений качества плодов, ягод и пюре сублимационной сушки в процессе хранения. Семинар по теории, технике и технологии сублимационной сушки пищевых продуктов. Тезисы докладов. Кишинев, ПРБ МПШ МССР, 1969, с. 53-54; 0, I п.л.

40. а) Поповский В.Г., Саркисян Ж.А., Ивасюк Н.Т. Исследование возможности брикетирования фруктово-ягодных соков сублимационной сушки. Семинар по теории, технике и технологии сублимационной сушки пищевых продуктов. Тезисы докладов. Кишинев, ПРБ МПШ МССР, 1969, с. 56-57; 0, I п.л.

б) Поповский В.Г., Саркисян Ж.А., Ивасюк Н.Т. Брикетирование соков с мякотью и фруктово-ягодных пюре сублимационной сушки. Труды МНИИШП, 1970, т. 10, с. 104-108, Кишинев, "Карта молдовеняскэ", 0, 35 п.л.

41. Бантыш Л.А., Поповский В.Г. Изменение вязкости воды и некоторых водных растворов под действием магнитных и электрических полей. М. "Электронная обработка материалов", 1970, № 5(35), Кишинев, АН МССР; 0,1 п.л.

42. а) Поповский В.Г., Каменщик Н.И., Ивасюк Н.Т., Соболева И.М., Фрицман Д.Т. Подбор упаковочных материалов для продуктов сублимационной сушки. Семинар по теории, технике и технологии сублимационной сушки пищевых продуктов. Тезисы докладов. Кишинев, ИРБ МШ МССР, 1969, с.62-64; 0,15 п.л.

б) Каменщик Н.И., Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т., Соболева И.М. Подбор полимерных материалов для упаковки фруктово-ягодных пюре сублимационной сушки. Труды МНИИШа, 1970, т.9, с.55-64, М. "Пищевая промышленность"; 0,5 п.л.

43. Поповский В.Г. Организация комплексных научно-исследовательских работ в области сублимационной сушки. Семинар по теории, технике и технологии сублимационной сушки пищевых продуктов. Тезисы докладов. Кишинев, ИРБ МШ МССР, 1969, с.103-106; п.л.0,2.

44. Поповский В.Г. Комплексное исследование процессов сублимационного консервирования фруктов, ягод и продуктов их переработки. Госкомитет Совета Министров по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов." Тезисы докладов по теории, технике и технологии сублимационной сушки. М., 1973; 0,2 п.л.

45. Поповский В.Г., Бантыш Л.А., Соболева Н.И. Изучение интенсивности сублимации льда из систем, моделирующих плодово-ягодные соки. Сборник НИР МНИИШа, 1971, вып.11, с.68-69, Кишинев, "Карта молдовеняскэ"; 0,1 п.л.

46. Гринберг Н.Х., Поповский В.Г., Волошина М.Х. Изучение кинетики увлажнения плодов, плодово-ягодных пюре и порошков с сахаром сублимационной сушки. Сборник НИР МНИИШа, 1970, вып.10, с.30-33, Кишинев, "Карта молдовеняскэ"; 0,2 п.л.

47. Поповский В.Г., Саркисян Ж.А., Крепоносова А.Н. О некоторых физико-механических свойствах соков с мякотью сублимационной сушки. Сборник НИР МНИИШа, 1970, вып.10, с.109-115; 0,4 п.л.

48. Бантыш Л.А., Березовская С.Н., Поповский В.Г. Определение оптимальной удельной загрузки сублимационной установки при сушке фруктово-ягодных пюре. Сборник НИР МНИИШа, 1970, вып.10, с.116-119, 0,2 п.л.

49. Поповский В.Г., Бантыш Л.А., Березовская С.Н., Крепоносова А.Н. Исследование механизма сублимации льда из замороженного фруктово-ягодного пюре. Сборник НИР МНИИШП, 1970, вып. 10, с. 120-122; п.л. 0,15.

50. а) Цветкова Л.М., Прохорович Л.Е., Поповский В.Г., Шендеровская Л.М. Микробиологические исследования обезвоженных сублимацией фруктово-ягодных пюре и соков с мякотью. Сборник НИР МНИИШП, 1970, вып. 10, с. 123-130; 0,5 п.л.

б) Цветкова Л.М., Прохорович Л.Е., Поповский В.Г., Шендеровская Л.М. Микробиологические исследования обезвоженных сублимацией фруктовых пюре и соков и проблемы микробиологического контроля их производства. Ж. "Консервная и овощесушильная промышленность", 1971, № 1, с. 32-34; 0,15 п.л.

51. Поповский В.Г. Особенности организации процесса сублимационного консервирования фруктов, ягод, фруктово-ягодных пюре и соков с мякотью. Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике, Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по проблеме сублимационной сушки пищевых продуктов. М., 1970, с. 1-43; 2,7 п.л.

52. Гринберг Н.Х., Поповский В.Г., Кравец С.В. Определение влаги во фруктовых пюре сублимационной сушки. Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1970, № 4, с. 176-178; 0,15 п.л.

53. Поповский В.Г., Кондратюк Г.Б., Фомин Н.В. Непрерывный способ получения замороженного фруктового пюре для сублимационной сушки. Сборник НИР МНИИШП, 1971, вып. 11, с. 63-66, Кишинев, "Карта молдовеняскэ"; 0,2 п.л.

54. Поповский В.Г., Бантыш Л.А., Кондратюк Г.Б., Саркисян Ж.А. Аппаратурно-технологическая схема производства соков с мякотью сублимационной сушки. Сборник НИР МНИИШП, 1971, вып. 11, с. 70-72, 0,15 п.л.

55. Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т., Либерман Л.Ш., Крепоносова А.Н. Физико-химические и биохимические изменения соков с мякотью сублимационной сушки при хранении в течение года в различных условиях. Сборник НИР МНИИШП, 1971, вып. 11, с. 73-77; 0,25 п.л.

56. Соболева И.М., Поповский В.Г. Высокипящие соединения продуктов сублимационной сушки растительного происхождения. Сборник НИР МНИИШП, 1971, вып. 11, с. 78-83; 0,4 п.л.

57. Поповский В.Г., Попова Л.Н., Ивасюк Н.Т. Сушка методом сублимации виноградного сока с мякотью. Сборник НИР МНИИШП, 1971, вып. II, с. 84-86; п. 15 п.л.

58. Гринберг Н.Х., Поповский В.Г., Волошина М.Х. Определение динамической вязкости натуральных и восстановленных пюре сублимационной сушки. Сборник НИР МНИИШП, 1971, вып. II, с. 87-90; 0,2 п.л.

59. Поповский В.Г., Кондратюк Г.Б. Исследование влияния некоторых структурных характеристик измельченного в замороженном состоянии фруктового пюре на продолжительность сублимационной сушки. Сборник НИР МНИИШП, 1971, вып. II, с. 91-95; 0,25 п.л.

60. Поповский В.Г., Саркисян Ж.А. Физико-механические характеристики прессованных фруктово-ягодных порошков сублимационной сушки. Сборник НИР МНИИШП, 1971, вып. II, с. 96-99; 0,2 п.л.

61. Каменщик Я.И., Поповский В.Г., Мальцева А.П., Гуль В.Е. Определение кислорода в газовом пространстве полимерной тары. Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1971, № 1, с. 171-173, 0,15 п.л.

62. Гринберг Н.Х., Поповский В.Г. Электрические и структурно-механические характеристики пюре сублимационной сушки. Ж. "Консервная и овощесушильная промышленность", 1971, № 2, с. 37-38; 0,1 п.л.

63. Гринберг Н.Х., Поповский В.Г. Определение содержания влаги в плодах и плодовых пюре сублимационной сушки. Ж. "Консервная и овощесушильная промышленность", 1971, № 5, с. 31-32; 0,15 п.л.

64. Кондратюк Г.Б., Поповский В.Г. Исследование температуры замерзания фруктово-ягодных пюре. Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по проблеме сублимационной сушки пищевых продуктов. М., 1971, с. 1-10; 0,5 п.л.

65. Гринберг Н.Х., Поповский В.Г., Волошина М.Х. Влияние влажности продуктов сублимационной сушки на устойчивость их при хранении. Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по проблеме сублимационной сушки пищевых продуктов. М., 1971, с. 0,2 п.л.

66. Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т., Либерман Л.Ш. Изменение качества пюре сублимационной сушки в процессе хранения в зависимости от содержания остаточной влаги. Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по проблеме сублимационной сушки пищевых продуктов. М., 1972, с. 55-56; 0,1 п.л.

67. Поповский В.Г., Саркисян Ж.А. Исследование пластических свойств прессованных фруктово-ягодных порошков сублимационной сушки. Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по проблеме сублимационной сушки пищевых продуктов. М., 1971; 0,25 п.л.

68. Гринберг Н.Х., Поповский В.Г. Определение мономолекулярного слоя воды на поверхности плодово-ягодных пюре сублимационной сушки. Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по проблеме сублимационной сушки пищевых продуктов. М., 1971; 0,2 п.л.

69. Цветков Ц.Д., Гуйго Э.И., Поповский В.Г., Бантыш Л.А. Газопроницаемость фруктово-ягодных пюре в условиях вакуумной сублимационной сушки. Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1971, № 6, с. 94-96; 0,15 п.л.

70. Поповский В.Г., Муравин Я.Г., Дюльгер Т.Б., Каменщик Я.И. Применение полимерных материалов в консервной промышленности. М., "Пищевая промышленность", 1971, 232 с., 14,5 п.л., в т.ч. 5 п.л. автора.

а) Popovsky V.G., Murawin J.G., Diulgier T.B., Kamienszczik J.I. "Tworzywa sztuczne w przemyśle spożywczym". Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1972, 232 s.; 14,5 p.l. (5 autor).

б) Popovsky V.G., Murawin J.G., Diulgier T.B., Kamienszczik J.I. "Tworzywa sztuczne w przemyśle spożywczym", WNT, Warszawa, 1972, Polimery-Tworzywa Wielkocząsteczkowe (Warszawa, 1973).

71. Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т. Химико-технологическая характеристика плодов и ягод, предназначенных для сублимационной сушки. В сб.: Плодоовощное сырье для консервной промышленности, М., "Пищевая промышленность", 1971, с. 326-333; 0,5 п.л.

72.Гринберг Н.Х., Поповский В.Г. Изучение массообменных характеристик и их связи с сохраняемостью плодово-ягодных пюре сублимационной сушки. В сборнике Новые методы технологии и контроля консервного и винодельческого производства, 1972, с.74-84, Кишинев, "Штиинца"; 0,7 п.л.

73.Цветкова Л.М., Поповский В.Г., Прохорович Л.Е., Шендеровская Л.М. "Определение микробиологических показателей фруктовых соков сублимационной сушки, подвергнутых двухлетнему хранению". В сборнике "Новые методы технологии и контроля консервного и винодельческого производства", 1972, с.154-164; 0,7 п.л.

74.Гринберг Н.Х., Поповский В.Г., Кренис Г.А., Кердиваренко М.А. "Изучение сорбционных характеристик плодово-ягодных пюре сублимационной сушки". Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1972, № 5, с.113-115; 0,15 п.л.

75.Бантыш Л.А., Поповский В.Г., Лазаренко Б.Р., Крепонослова А.Н. "Влияние внешнего магнитного поля на скорость кристаллизации воды и структуру образующегося льда". Ж. "Электронная обработка материалов", 1972, № 2(44), с.54-58, Институт прикладной физики АН МССР, Кишинев, "Штиинца"; 0,35 п.л.

76.Поповский В.Г. "Модель качества фруктов, ягод и соков сублимационной сушки". "Консервная, овощесушильная и пищевая концентратная промышленность". Реф.сборник ЦИИТЭИПищепром, 1972, вып.3, с.1-7; 0,4 п.л.

77.Соболева И.М., Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т. "Изменение ароматических веществ черносмородинового сока при хранении". Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1972, № 4, с.52-55; 0,25 п.л.

78.Карлина Н.Н., Котелев В.В., Прохорович Л.Е., Поповский В.Г., Карабуля Б.В. "Микрофлора и микробиологический контроль плодов сублимационной сушки". Ж. "Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии", 1972, № 5, с.51-55; 0,35 п.л.

79.Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т., Либерман Л.Ш., Дерябина О.А. "Исследование изменений качества соков с мякотью сублимационной сушки при хранении в течение 2-х лет в различных условиях". Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов".

Тезисы докладов по теории, технике и технологии сублимационной сушки", М., 1972, с. 59-61; 0,2 п.л.

80. Соболева И.М., Мамакова З.А., Поповский В.Г., Мануйлова Т.А., Язвинская Т.М. "Инструментальные и сенсорные исследования аромата свежих и сублимированных плодов и ягод". Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по теории, технике и технологии сублимационной сушки. М., 1972, с. 48-54; 0,5 п.л.

81. Бантыш Л.А., Поповский В.Г., Крепонослова А.Н. "О способе получения льда заданной структуры с помощью постоянного магнитного поля". Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по теории, технике и технологии сублимационной сушки. М., 1972, с. 0,1 п.л.

82. Бантыш Л.А., Поповский В.Г., Крепонослова А.Н. "Зависимость интенсивности сублимации льда в вакууме от его структуры". Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по теории, технике и технологии сублимационной сушки". М., 1972, с. 59-61; 0,1 п.л.

83. Бантыш Л.А., Поповский В.Г. "Влияние постоянного магнитного поля на интенсивность сублимации льда". Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по теории, технике и технологии сублимационной сушки. М., 1972, с. 0,1 п.л.

84. Поповский В.Г., Саркисян Ж.А. "Восстанавливаемость брикетированных соков с мякотью сублимационной сушки". Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по теории, технике и технологии сублимационной сушки. М., 1972, с. 44-46; 0,2 п.л.

85. Popovsky V.G., Bantysh L.A., Ivasyuk N.T., Gorshunova G.B., Sarkisjan Zh.A. "Freeze-Drying of Fruits, Berries, Purees and Juices". International symposium on heat and mass transfer Problems in Food Engineering, 1972, Wageningen, the Netherlands; 0,1 п.л.

86.Гринберг Н.Х., Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т. "Корреляция стандартного и вакуумного методов определения влаги в пюре и порошках сублимационной сушки".Ж."Консервная и овощесушильная промышленность", 1972, № 9, с.31-32; 0,15 п.л.

87.Гринберг Н.Х., Поповский В.Г., Жданова Т.А. "Определение пористости продуктов сублимационной сушки" Ж. "Консервная и овощесушильная промышленность", 1973, № 10.

88.Лонгинов Г.О., Держанский Ф.Б., Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т. а)"Система автоматического регулирования технологического процесса сублимационной сушки пищевых продуктов на основе блока нелинейной функции многих переменных".Семинар НТО пищ.пр-сти "Суублимационная сушка пищ.продуктов".Тезисы докладов.Калининград, 1972; 0,25 п.л.

б)Лонгинов Г.О., Черника Г.В., Поповский В.Г., Бешеля Г.А., Ивасюк Н.Т. "Теоретические и экспериментальные исследования по созданию блока нелинейности четырех переменных и звеньев системы автоматического регулирования процесса сублимационной сушки".Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов".Тезисы докладов.М., 1973; 0,35 п.л.

89.Кондратюк Г.Б., Поповский В.Г. "Особенности технологии и техники сублимационной сушки гранулированных пищевых продуктов растительного происхождения". Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по теории, технике и технологии суублимационной сушки.М., 1972; 0,25 п.л.

90.а)Гринберг Н.Х., Поповский В.Г., Жданова Т.А. "Исследование сорбционных свойств продуктов сублимационной сушки по отношению к летучим компонентам аромата".Тезисы докладов научно-технической конференции политехнического института, Кишинев, 1972; 0,1 п.л.

б)Гринберг Н.Х., Поповский В.Г., Жданова Т.А. "Изучение сорбируемости компонентов аромата продуктами сублимационной сушки". Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов".Тезисы докладов по теории, технике и технологии суублимационной сушки.М., 1973.

91. Каменщик И.И., Поповский В.Г., Фридман Д.Т. "Некоторые аспекты исследования полимерных пленок, предназначенных для упаковки продуктов сублимационной сушки". Всесоюзная конференция "Применение полимерных материалов в пищевой промышленности (в контакте с биологически активными средами)". Тезисы докладов. Кишинев, 1973; 0,1 п.л.

92. Поповский В.Г., Крепоносова А.Н. "Применение полимерных материалов для упаковки соков с мякотью сублимационной сушки". Всесоюзная конференция "Применение полимерных материалов в пищевой промышленности (в контакте с биологически активными средами)". Тезисы докладов. Кишинев, 1973; 0,1 п.л.

93. Кондратюк Г.Б., Поповский В.Г. "Дифференциальный термический анализ фазовых превращений плодово-ягодных соков". Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по теории, технике и технологии сублимационной сушки. М., 1973; 0,2 п.л.

94. Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т., Либерман Л.Ш. "Влияние условий и сроков хранения на качество соков с мякотью сублимационной сушки". Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по теории, технике и технологии сублимационной сушки. М., 1973; 0,2 п.л.

95. Поповский В.Г., Бантыш Л.А., Кондратюк Г.Б., Ивасюк Н.Т., Саркисян Ж.А., Райнов В.М., Истомин В.А. "Опытно-промышленный цех сублимационной сушки фруктово-ягодного сырья Кишиневского консервного завода". Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по теории, технике и технологии сублимационной сушки. М., 1973; 0,2 п.л.

96. Фомин Н.В., Поповский В.Г., Ржевская В.Б., Горшунова Г.Б. "Теплообмен в аппаратах для непрерывного замораживания жидких и пастообразных продуктов". Госкомитет Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка прогрессивных методов обработки и обезвоживания пищевых продуктов". Тезисы докладов по теории, технике и технологии сублимационной сушки. М., 1973; 0,2 п.л.

97. Поповский В.Г., Либерман Л.Ш., Ивасюк Н.Т., Бантыш Л.А. "Сублимированные плоды и ягоды". Труды ВНИИКОПа, 1973, вып. 19, с. 87-88, М. "Пищевая промышленность".

98. Поповский В.Г., Крепоносоева А.Н. "Порошкообразные соки с мякотью". Труды ВНИИКОПа, 1973 вып. 19; 0,05 п.л.

99. Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т., Березовская С.Н. "Фруктовые пастилки". Труды ВНИИКОПа, 1973, вып. 19; 0,1 п.л.

100. Поповский В.Г., Саркисян Ж.А., Бантыш Л.А. "Фруктово-ягодные брикеты с сахарной пудрой". Труды ВНИИКОПа, 1973, вып. 19; 0,2 п.л.

101. Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т., Березовская С.Н. "Соусы" Труды ВНИИКОПа, 1973, вып. 19; 0,1 п.л.

102. Поповский В.Г., Саруханян Б.Е. "Об изменении биохимического состава плодов персиков и абрикосов при их сублимационной сушке". Ж. "Промышленность Армении", 1974, № 7 с. 74-75; 0,1 п.л.

103. Поповский В.Г. "К вопросу обратимости замороженных и обезвоженных сублимацией пищевых продуктов". Научный совет по проблеме "Производство и применение искусственного холода в отраслях пищевой промышленности" Госкомитета Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка методов сублимационного и криогенного консервирования пищевых продуктов и биологических материалов." Тезисы докладов. Одесса, 1974; 0,2 п.л.

104. Поповский В.Г., Саруханян Б.Е. "Исследование структуры обезвоженных сублимацией абрикосов и обратимости их при регидратации" Научный совет по проблеме "Производство и применение искусственного холода в отраслях пищевой промышленности" Госкомитета Совета Министров СССР по науке и технике. Секция "Разработка методов сублимационного и криогенного консервирования пищевых продуктов и биологических материалов". Тезисы докладов. Одесса, 1974; 0,1 п.л.

АВТОРСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА

105. Поповский В.Г., Саркисян Ж.А., Каменщик Я.И. "Устройство для брикетирования сушеных ягод и фруктов". Авторское свидетельство № 266564 от 27 марта 1967 г. Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1970, № 11.

106. Поповский В.Г., Кондратюк Г.Б. "Способ сушки фруктово-ягодных пюре с мякотью". Авторское свидетельство № 342031 от 26 июня 1969 г. Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1972, № 19.

107. Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т., Бантыш Л.А., Рикшпун Ф.С. "Способ производства глазированных фруктов и ягод". Авторское свидетельство № 380303 от 13 июля 1973 г. Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки, 1973, № 21.

108. Поповский В.Г., Ивасюк Н.Т., Бантыш Л.А., Рикшпун Ф.С., Румянцева В.Д., Татарина А.М., Гольштейн Ш.Ш. "Способ производства сахаристых кондитерских изделий с фруктовыми добавками". Авторское свидетельство № 360927, Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки, 1973, № 1.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
1. ВВЕДЕНИЕ. Состояние вопроса и задачи исследования химико-технологических, биохимических и теплофизических аспектов проблемы сублимационного консервирования фруктов, ягод и продуктов их переработки	3
2. Исследование химико-технологических, биохимических, теплофизических и оптических характеристик фруктово-ягодного сырья, как объекта сублимационной сушки	9
3. Теоретические и экспериментальные исследования процессов сублимационного обезвоживания фруктов, ягод и продуктов их переработки	17
4. Исследование в области интенсификации процесса сублимационной сушки фруктово-ягодных пюре наложением магнитных и электрических полей.	30
5. Обработка и упаковка высушенных продуктов.	35
6. Исследование органолептических, физико-химических, структурно-механических и теплофизических характеристик обезвоженных продуктов.	41
7. Исследование веществ аромата плодов и изменения их при сублимационной сушке и хранении	51
8. Восстанавливаемость обезвоженных продуктов, их реологические и электрохимические свойства	66
9. К вопросу "обратимости" обезвоженных сублимацией продуктов	70
10. Разработка аналитической модели квалитетической оценки обезвоженных сублимацией продуктов.	73
11. Микробиологические аспекты проблемы сублимационного консервирования фруктов, фруктово-ягодных пюре и соков.	78
12. Технологические схемы консервирования фруктов, ягод, фруктово-ягодных пюре и соков методом сублимационной сушки	81

13. Исследование изменения качества обезвоженных соков с мякотью при длительном хранении (по модели качества)	83
14. Изучение биологической ценности пищевых продуктов сублимационной сушки	100
15. Внедрение результатов исследований	101
16. Перспективы развития промышленного обезвоживания пищевых продуктов методом сублимации	105
17. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.	110

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Всесоюзные и международные съезды, конгрессы, совещания и симпозиумы, на которых докладывались работы, вошедшие в доклад	120
Технологические инструкции, технические условия, ОСТы, оставленные с участием автора	121
Список опубликованных работ, обобщенных в докладе автора	122