

Автор ер.
Д 93

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Е. Н. ДЬЯЧЕНКО

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА
КОНСЕРВИРОВАНИЯ
ЧАСТИЧНО ОБЕЗВОЖЕННЫХ ПЛОДОВ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОМПОТОВ**

Специальность 05.371 —
технология консервирования пищевых продуктов

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЦК КП МОЛДАВИИ
КИШИНЕВ 1971

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

ОНАХТ 28.07.11
Исследование метода



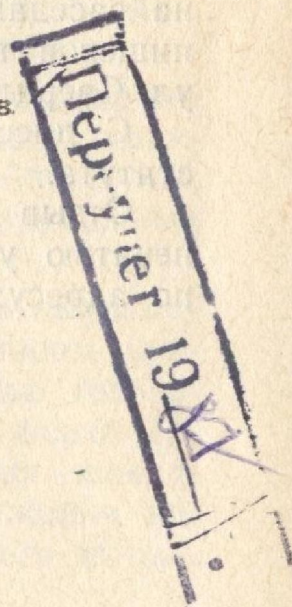
v011824

Е. Н. ДЬЯЧЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА
КОНСЕРВИРОВАНИЯ ЧАСТИЧНО
ОБЕЗВОЖЕННЫХ ПЛОДОВ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ
КОМПОТОВ

Специальность 05.371 —
Технология консервирования пищевых продуктов

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



ИЗДАТЕЛЬСТВО ЦК КП МОЛДАВИИ
КИШИНЕВ 1971

Работа выполнена в Молдавском научно-исследовательском институте пищевой промышленности.

Научные руководители:

кандидат технических наук, доцент **Б. В. Зозулевич**,
доктор технических наук **А. Л. Фельдман**.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук **Б. Л. Флауменбаум**,
кандидат технических наук **М. А. Гришин**.

Ведущее предприятие — Тираспольский ордена Ленина консервный завод «1 Мая».

Автореферат разослан «11» августа 1971 г.

Защита диссертации состоится «17» сентября 1971 г.
на заседании совета Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова, Одесса, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

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

Ученый секретарь совета
Л. Запорожец.

XXIV съезд КПСС утвердил план развития народного хозяйства на 1971—1975 годы, предусматривающий рост на 20—22% производства всех видов сельскохозяйственных продуктов, в том числе плодов, с одновременным увеличением объема их промышленной переработки и расширением ассортимента.

Свежие плоды и овощи являются незаменимыми компонентами полноценного питания, но доставка их в отдаленные районы затруднена. Восполнить потребность человека в физиологически активных веществах в значительной степени могут консервы, в том числе компоты. Однако в их составе находится до 85% воды, которая, не являясь пищевым продуктом, удорожает транспортирование.

В связи с этим представляет интерес новая тенденция, наметившаяся в пищевой технологии, — консервирование, сушка и замораживание частично обезвоженных плодов, т. е. дегидроконсервирование и дегидрозамораживание.

Новые методы, позволяющие уменьшить влагосодержание продукта, а следовательно, объем и массу, нашли практическое применение в США, Канаде, Венгрии, Австралии, Чехословакии и др. странах и по заявлению зарубежных специалистов экономичны и перспективны.

Имеющиеся в литературе данные касаются преимущественно сушки и замораживания, сведения о тепловом консервировании крайне недостаточны, характеристика готового продукта отсутствует. Поэтому мы поставили перед собой задачу разработать технологию изготовления компотов, с максимально возможным снижением содержания воды при сохранении естественных свойств исходного сырья. Для этого были поставлены следующие задачи:

— исследование различных способов удаления влаги, их влияния на химический состав и восстанавливаемость плодов;

— установление экспериментальным путем наиболее целесообразного способа обезвоживания, теоретическое обос-

нование его параметров, определение оптимального предела остаточного влагосодержания плодов;

— разработка технологии изготовления концентрированных компотов;

— выяснение характера изменения пищевой ценности концентрированных компотов в процессе хранения при различных условиях;

— определение экономической эффективности производства нового вида продукта.

Исследования проводили с 1967 по 1970 год.

Диссертация изложена на 168 стр. машинописного текста, содержит 44 таблицы, 31 рисунок, 15 приложений и состоит из пяти глав. Первая глава содержит обзор отечественных и зарубежных исследований современных методов удаления влаги из растительного сырья и изменений при переработке и хранении обезвоженного продукта; во второй главе дана характеристика используемого сырья, постановка опытов и методики исследований; в третьей — результаты экспериментальных исследований методов обезвоживания; в четвертой — данные по восстанавливаемости обезвоженных плодов; в пятой — химические изменения при изготовлении и хранении концентрированных компотов.

В приложениях приведены таблицы расчетов к разработанным методам исследований, акты дегустаций, испытаний и внедрения технологии концентрированных компотов, техническая документация и др.

Экспериментальная часть выполнена в основном в Молдавском научно-исследовательском институте пищевой промышленности, отдельные исследования проведены на кафедре биохимии Кишиневского госуниверситета, в лаборатории природных соединений Института химии АН МССР, в лаборатории цитологии растений АН МССР, на кафедре процессов и аппаратов Киевского технологического института пищевой промышленности, на кафедре технологии пищевых производств Кишиневского политехнического института. Производственные испытания и изготовление промышленных партий концентрированных компотов осуществлены на Кишиневском консервном комбинате.

ПОСТАНОВКА ОПЫТОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследованы 28 помологических сортов 9 видов семечковых и косточковых плодов, в том числе абрикосы и айва (по четыре сорта), персики и сливы (по пять сортов), яблоки (шесть сортов), земляника, вишня, груши, выращенные в Молдавском НИИ садоводства, виноградарства и виноделия и наиболее широко применяемые для промышленной переработки в Молдавии.

Изучали плоды следующих сортов: абрикосы — Луизе, Краснощекий, Красный партизан; персики — Золотой юбилей, Лола, Молдавский желтый, Вольянт; слива — Венгерка молдавская, Анна Шпет, Венгерка ажанская, Артон, Тулеу грас; яблоки — Кальвиль снежный, Ренет Симиренко, Пепин лондонский, Ренет мантуанский; айва — Лимонная, Оранжевая, Березский; груши — Ильинка; клубника — Фрумушика; вишня — Шпанка.

Из однородных партий сырья изготавливали компоты по исследуемому способу и по применяемой в промышленности технологии (контроль). При изготовлении концентрированных компотов плоды освобождали от косточек, семенного гнезда, в отдельных случаях — от кожицы, и нарезали на дольки от $\frac{1}{2}$ до $\frac{1}{10}$ части плода, в зависимости от их размера.

Для удаления влаги из плодов применяли осмотический способ обезвоживания в сахарных растворах, инфракрасную (ИК) и конвективную сушку, предварительно осмотически обезвоженных или бланшированных плодов. Обезвоженные одним из указанных методов плоды расфасовывали в стеклянную, жестяную и полимерную тару, заливали сахарным сиропом и пастеризовали. Концентрированные компоты и контрольные партии хранили совместно при различных температурных условиях. Анализы и дегустации проводили при закладке, через 14 дней, а также спустя один, три, шесть, двенадцать месяцев после изготовления.

В процессе исследования технологии и хранения изучали физико-химические, химические и биохимические изменения плодов и готового продукта. В работе использована колоночная, бумажная, тонкослойная и газовая хроматография, спектрофотометрия, кондуктометрия, фотоэлектроколориметрия, микроскопия и др. Наряду с применением общеизвестных методов нами разработаны, а также модифицированы следующие методы исследований: определение объема образца продукта, установлены возможность и условия использования рефрактометра без применения температурной поправки; составлены уравнения для расчета общего содержания сухих веществ в сырье по показаниям рефрактометра; предложен метод расчета относительной величины (доли) осмоса и диффузии в повышении содержания сухих веществ в плодах в процессе осмотического обезвоживания; разработана методика определения коэффициента диффузии воды в растительной ткани в системе плоды — сахарный сироп и измерения электропроводности плодовой ткани в процессе осмотического обезвоживания.

Химические показатели определяли следующими методами: сахар общий и инвертный — по Бертрану, глюкозу — йодометрически, общую кислотность — титрованием щелочью, активную — на рН-метре ЛПУ-01, дубильные и красящие

вещества — по Левенталю и Нейбауэру, общий азот — по Кьельдалю, аминный азот — по Попе и Стивенсу, аминокислоты — методом бумажной хроматографии (качественно — по Асатиани, количественно — по Огородниковой), аскорбиновую кислоту — общую, гидро- и дегидроформу — по Прокошеву. Активность окислительных ферментов устанавливали химическими методами. Нами подобраны условия выделения и режим тонкослойной хроматографии для определения оксиметилфурфурола (ОМФ) и фурфурола (Ф);

— разработан способ отбора пробы газовой смеси из упаковки над продуктом и определены параметры газовой и газожидкостной хроматографии для количественного определения свободных O_2 и CO_2 ;

— изготовлен набор из 7 растворов с устойчивой окраской для определения оптической плотности в интервале от 0,005 до 0,350 для наблюдения за изменением цвета единичного образца исследуемого компота непосредственно из упаковки на протяжении годичного хранения.

Для обработки экспериментальных данных применены методы математической статистики. Алгоритм расчета коэффициента диффузии воды выполнен на электронно-вычислительной машине «Промінь» под руководством Лысянского В. М.

I. Технологические исследования

Предварительная тепловая обработка. С целью инактивации окислительных ферментов и сохранения естественного цвета плодов в процессе ИК и конвективной сушки исследовали бланширование в воде и сахарных сиропах различной концентрации. На основании определения активности окислительных ферментов и консистенции плодов установлены следующие режимы бланширования плодов: для яблок, нарезанных дольками толщиной 12—15 мм, — 2—3 мин. при 82—84°C, для абрикосов и персиков с толщиной долек 30 мм — 5 мин. при 75°C.

В табл. 1 приведены результаты бланширования яблок по оптимальному режиму.

Таблица 1

**Изменение массы и содержания сухих веществ
яблок после бланширования**

Концентрация бланшировочного раствора, %	Сухие вещества	Масса	Изменение массы, % к исходному		
			общее	в т. ч. за счет	
	% к исходному	воды		сахара	
Вода	65,1	83,6	—16,4	—10,4	—6,0
Изотонический раствор	96,1	87,2	—12,8	—10,8	—2,0
25	105,5	87,9	—12,1	—11,3	—0,8
40	132,0	86,1	—13,9	—15,7	+1,8

Аналогичные результаты получены для других видов исследуемых плодов. Для уменьшения потерь водорастворимых веществ при бланшировании целесообразно применять растворы сахарозы с концентрацией не ниже содержания сухих веществ в плодах (изотонический раствор). Перед осмотическим обезвоживанием бланширование исключается с целью сохранения осмотических свойств ткани, а также в связи с тем, что в процессе обезвоживания плоды покрыты сиропом, защищающим их от доступа воздуха, чем предотвращается ферментативное потемнение.

Методы удаления влаги

Осмотическое обезвоживание в сахарных сиропах. Использован физический закон уравнивания концентраций плодового сока и гипертонического раствора сахарозы, разделенных полупроницаемой клеточной плазмалеммой, находящейся в физиологически активном состоянии. Неденатурированная плазмалемма обладает способностью пропускать воду и задерживать растворенные в ней вещества (сахара, соли, витамины).

Изменение электропроводности образца яблока при одновременном определении активности окислительных ферментов, используемых в качестве критерия денатурации ткани (Жоли), показало, что растительная клетка в течение трех часов обезвоживания в 60% растворе сахарозы при температуре до 52°C сохраняет ферментативную активность и осмотические свойства, участвуя в технологическом процессе удаления влаги без ее фазового превращения.

Массообмен в данном случае определяется выходом воды из клетки, поступлением сиропа в различные полости ткани, а также диффузией сахара (Сосновский, Рогачев).

Количество влаги $\Delta W\%$, потерянной плодами, отнесенное к первоначальной массе плодов, определяется по формуле
$$\Delta W \% = \left[\frac{G_0(1-S_0 \cdot 10^{-2}) - G_1(1-S_1 \cdot 10^{-2})}{G_0} \right] \cdot 100$$
, а количество сахара $\Delta B\%$, поступившего в ткань из рабочего раствора,—из уравнения
$$\Delta B \% = \left(\frac{G_1 S_1 - G_0 S_0}{G_0} \right)$$
, где G_0, G_1 — масса плода до и после обезвоживания, г.
 S_0, S_1 — содержание сухих веществ до и после обезвоживания, %.

Количество ушедшей воды в 2—5 раз превышает количество поступающего сахара. Убыль массы является алгебраической суммой этих двух слагаемых при доминирующем значении осмотического процесса.

Повышение содержания сухих веществ в плодах происходит в результате осмотического концентрирования клеточного сока и поступления сахара в ткань. При этом относительная величина (доля) диффузии A может быть определена по формуле:

$$A = \left(\frac{G_1 S_1 - G_0 S_0}{G_0} \right) \cdot \frac{100}{S_1 - S_0} \text{ или } A = \frac{100 \Delta B}{S_1 - S_0}$$

Разность между конечным содержанием сухих веществ, принимаемым за 100%, и относительным повышением их за счет диффузии, характеризует долю осмоса $E = 100 - \left(\frac{G_1 S_1 - G_0 S_0}{G_0} \cdot \frac{100}{S_1 - S_0} \right)$. Установлено, что доминирующая роль осмоса в повышении содержания сухих веществ на основании наших экспериментальных исследований наступает при соотношении ушедшей воды и поступившего сахара, равном 4 и выше. Указанные расчеты использованы для исследования влияния на массообмен отдельных переменных факторов процесса при постоянном значении всех остальных (табл. 2).

Таблица 2

Массообмен яблок в процессе осмотического обезвоживания

Исследуемый фактор процесса	$\frac{\Delta G}{G_0}$ %	$\frac{S_1}{S_0}$ %	Массоперенос г/100 г плодов		Доля, %		
			вода—	сахар+	осмос	диффузия	
Температура, °С	30	11,3	150,3	16,8	5,5	33,7	66,3
	40	14,2	161,3	20,3	6,1	37,1	62,9
	50	21,3	189,5	28,4	7,1	44,5	55,5
	60	29,6	226,1	38,9	9,3	53,6	46,5
Концентрация сиропа, С%	40	22,3	207,0	30,5	8,2	42,1	57,9
	60	29,6	231,0	38,9	9,3	51,1	48,9
	75	31,8	262,0	43,2	11,4	58,0	42,0
Продолжительность τ , ч	1	21,1	189,5	28,2	7,1	44,5	55,5
	2	31,3	228,7	39,5	8,2	55,4	44,6
	3	42,1	300,0	52,5	10,4	63,6	36,4
Вид сахара:							
	глюкоза	16,4	189,0	25,6	9,2	34,2	65,8
сахароза	10,9	163,0	17,9	7,0	28,5	71,5	
Удельная площадь диффузии, мм ² /г	28,75	37,2	381,0	50,4	13,2	53,5	46,5
	31,91	43,9	435,5	57,6	13,7	57,2	42,8
Форма образца:							
	цилиндр	21,3	218,0	32,3	11,0	39,4	60,6
пластина	42,2	300,0	52,5	10,3	63,6	36,4	

Массообмен при осмотическом обезвоживании находится в прямой зависимости от температуры, концентрации сиропа, продолжительности процесса, величины удельной поверхности диффузии. Основная масса непрочно связанной влаги (48—52%) удаляется за 3 часа обезвоживания в 60% сиропе при температуре 50°C. За 100 часов количество удаленной влаги не превышает 54%.

Интенсификация массообмена при сохранении первоначальной разности концентрации сухих веществ плодов и сиропа может быть достигнута при батарейном способе обезвоживания с использованием сиропа с возрастающей концентрацией. Увеличение концентрации от 30 до 75% при постоянной температуре вызывает повышение его вязкости, замедляет диффузионный процесс, при этом увеличение содержания сухих веществ в плодах происходит за счет удерживания густого сиропа на поверхности образца ткани. Оптимальная концентрация сиропа составляет 60%. Установлено, что убыль массы и рост содержания сухих веществ находятся в обратной зависимости от начального содержания сухих веществ в плодах. При 10,0 и 23,2% сухих веществ в исходном сырье убыль воды составляет 35 и 23,6%, концентрация сухих веществ — 377 и 134%.

Исследовано влияние на массообмен соотношения сиропа и плодов в пределах от 10 до 1. Показано, что оптимальное соотношение равно двум.

Установлено, что интенсивность обезвоживания определяется весовой концентрацией дегидратирующего вещества. При одинаковой молярной концентрации осмотический потенциал находится в прямой зависимости от молекулярной массы вещества.

Применение остаточного давления 160—260 мм рт. ст. и чередование его с нормальным атмосферным давлением при экспозиции 15 и 30 минут способствует массообменным процессам вследствие удаления воздуха из различных полостей ткани, заполнения их сиропом и расширения зоны осмотического процесса. Сохранение пониженного атмосферного давления на протяжении всего процесса усиливает массообмен и позволяет сократить продолжительность обезвоживания до 2 часов по сравнению с 3 часами при атмосферном давлении.

Гистологические исследования показали различие в строении не только разных видов плодов, но и отдельных участков одного и того же плода.

Анатомические особенности и отдельные структурные элементы (кожица) влияют на массообмен осмотического процесса. При наличии кожицы количество уходящей влаги уменьшается на 18—21% по сравнению с очищенными плодами. Наиболее интенсивно протекает осмотический процесс

у яблок, айвы и груш, несколько ниже у абрикосов и персиков. Слива наиболее пассивна в отношении водообмена. Для клубники метод неприемлем в результате потери формы плода при обезвоживании. В связи с большими потерями сока при удалении косточки вишня и черешня для осмотического обезвоживания непригодны. Айву, для придания ей мягкости, целесообразно бланшировать 3—7 минут в кипящем 50% сиропе с последующей выдержкой в нем в течение 2—2,5 часа. При этом, в результате денатурации плазмалеммы, усиливается роль диффузионных процессов и резко возрастает количество поступающего в ткань сахара.

С целью теоретического обоснования экспериментально установленного режима осмотического обезвоживания определен коэффициент воды D_v в плодовой ткани. Для этого на специальном стенде с помощью катетометра через каждые 5 минут в течение 3 часов определена усадка образца яблока с одновременным расчетом массообмена при различных режимах процесса. Разработана методика и уравнение расчета локальных значений D_v в ткани плодов в процессе осмотического обезвоживания с учетом тормозящего эффекта, связанного с поступлением сахара внутрь ткани. Показано, что по мере денатурации коллоидов D_v меняется на 3 порядка, что согласуется с результатами, полученными Фрей-Висслингом. В начальной стадии процесса D_v составляет величину порядка 10^{-11} — 10^{-10} м²/час, затем в течение 2—2,5 часа возрастает до 10^{-8} — 10^{-7} м²/час, а после достижения экстремума уменьшается до 10^{-9} — 10^{-8} м²/час. Установлены характер изменений D_v для разных режимов обезвоживания плодов (рис. 1) и влияние на величину D_v сжатия клеточных оболочек вследствие их дегидратации сахарными растворами. В процессе обезвоживания измерены абсолютные значения линейных размеров частиц сырья, которые были использованы для расчета D_v . Экспериментальные величины D_v и характер их изменений подтверждают правильность выбранного технологического режима.

Другие методы обезвоживания. Нашими исследованиями установлено, что максимально возможное количество влаги, удаляемой посредством осмоса, составляет 54%. При этом продукт в значительной степени сохраняет свойства свежего сырья. С целью определения оптимальной обезвоженности плодов для изготовления компотов использованы ИК и конвективная сушка с предварительным осмотическим обезвоживанием или бланшированием плодов.

Плоды, выдержанные 30 и 60 минут в 40—75% сахарном сиропе при 50°C сушили в ИК сушилке со светлыми излучателями ЗС-3 при напряжении от 150 до 220 в. Замеры с помощью пучка медь-константановых термопар показали не-

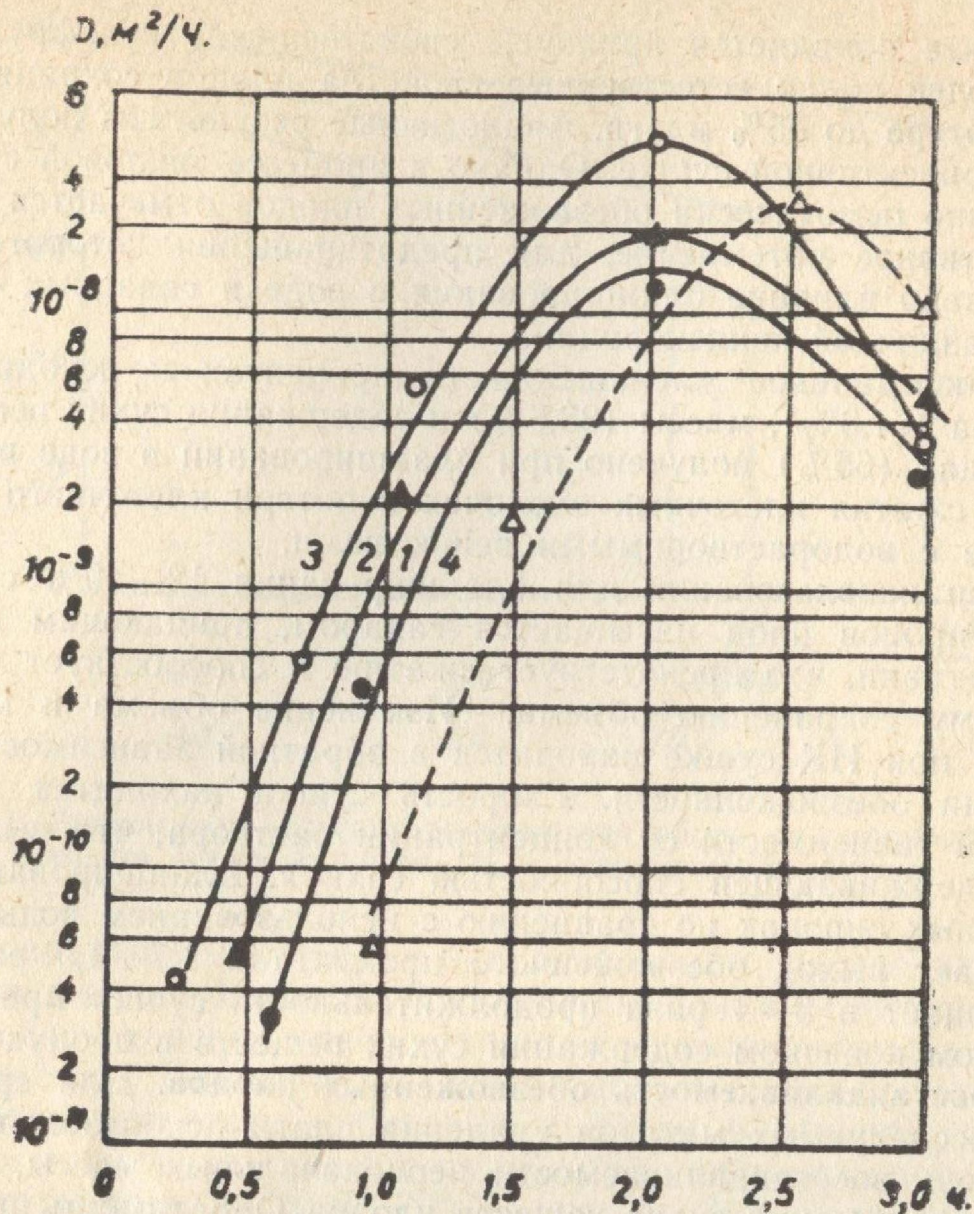


Рис. 1. Изменение коэффициента диффузии воды при различных режимах процесса осмотического обезвоживания: 1 — $c=50\%$, $t=40^\circ\text{C}$; 2 — $c=60\%$, $t=40^\circ\text{C}$; 3 — $c=60\%$, $t=50^\circ\text{C}$; 4 — $c=40\%$, $t=40^\circ\text{C}$.

равномерность сушильного поля и позволили определить температуру на различной глубине образца плода. Для предупреждения местных перегревов, наблюдаемых в фокусе генератора, установлен режим сушки со снижением напряжения от 180 v в первом периоде до 150 v во втором, причем температура внутри образца плода не превышает 61°C .

Степень обезвоженности при комбинированном удалении влаги тепловыми методами с предварительным осмотическим удалением влаги находится в прямой зависимости от концентрации, температуры сиропа и продолжительности осмотического обезвоживания. Убыль массы в зависимости от продолжительности тепловой сушки может достигать 80%. Дегустации компотов из плодов с различной степенью обезвоженности показали, что при убыли влаги свыше 60% в

продукте появляется привкус, свойственный сухофруктам. Наиболее полно естественные свойства плодов сохраняются при потере до 55% влаги. Аналогичные результаты получены при конвективной сушке. Однако в процессе тепловой сушки частично осмотически обезвоженных плодов отмечается ферментативное потемнение, для предотвращения которого исследовано влияние бланширования в воде и сахарных сиропах различной концентрации.

Максимальное уменьшение (в процентах к исходному) объема (61,3%), массы (83,6%) и содержания сухих веществ в плодах (65%) получено при бланшировании в воде вследствие сжатия клеточных оболочек и потери клеточного сока вместе с водорастворимыми веществами.

При использовании для бланширования 12—40% сахарных сиропов плод насыщается сахаром, придающим жесткость ткани, что препятствует сжатию и способствует более полному сохранению объема. Изменение объема и массы плода при ИК сушке находится в обратной зависимости от степени обезвоженности. Скорость сушки находится в обратной зависимости от концентрации раствора, что вызвано водоудерживающей способностью сахара. Бланширование в сахарных сиропах по сравнению с использованием воды увеличивает выход обезвоженного продукта в 1,7—1,9 раза и сокращает в 3—4 раза продолжительность сушки при одинаковом конечном содержании сухих веществ в продукте.

Восстанавливаемость обезвоженных плодов. Для сравнения исследуемых методов удаления влаги использовали показатель восстанавливаемости первоначальной массы, объема и содержания сухих веществ плодов. Обратимость процесса удаления влаги в зависимости от его способа и режимов устанавливали следующим образом: в исходном сырье определяли содержание сухих веществ, массу и объем образца, затем обезвоживали одним из исследуемых методов, после чего плоды заливали трехкратным количеством дистиллированной воды с температурой 20°C и выдерживали 60 минут. У плодов после набухания определяли те же показатели, причем к их массе прибавляли количество сухих веществ, перешедших в воду при набухании. Полноту регидратации выражали как отношение соответствующих показателей исходного и оводненного образцов. Установлено, что восстанавливаемость обезвоженных плодов находится в обратной зависимости от количества удаленной влаги. На рис. 2 показано влияние температуры, концентрации сиропа и продолжительности процесса на степень набухаемости яблок, обезвоженных осмотическим способом. Аналогичные результаты получены для других способов удаления влаги. Увеличение массы осмотически обезвоженных яблок при набухании на 10—15% выше, чем при ИК и конвективной сушке в результате лучше-

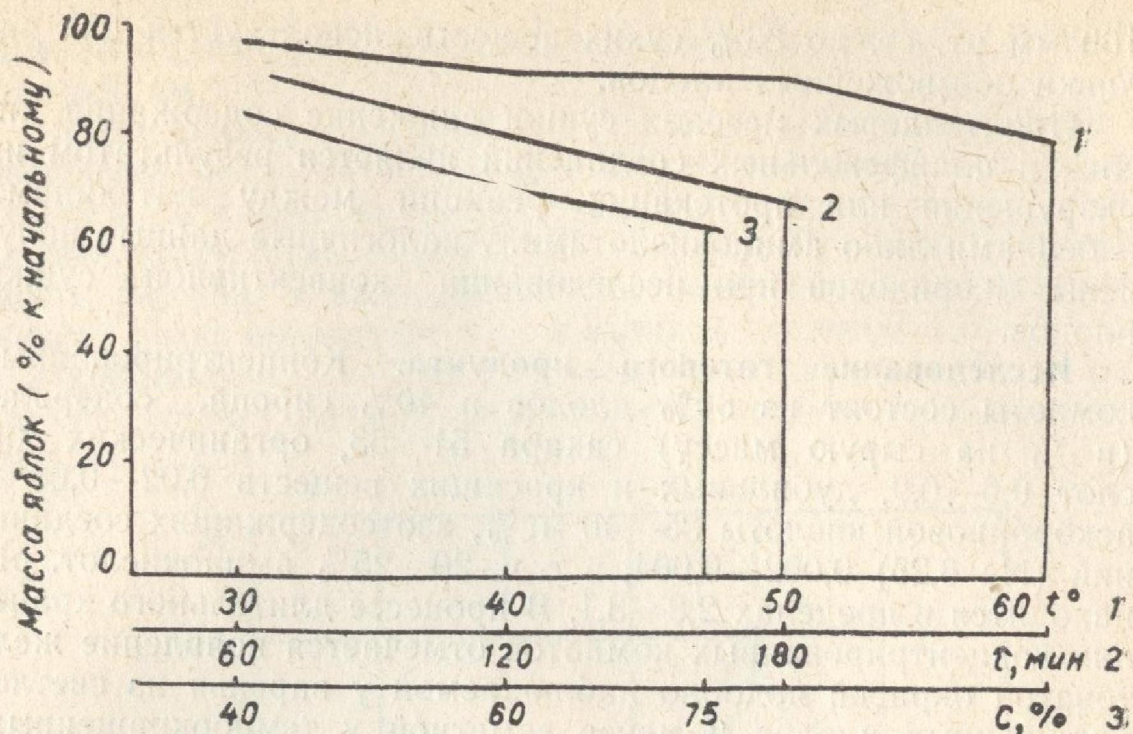


Рис. 2. Зависимость восстанавливаемости яблок от температуры (1), времени обезвоживания (2) и концентрации сиропа (3).

го сохранения коллоидов при бесфазовом выходе влаги из ткани плодов. Полнота обратимости для всех исследуемых способов удаления влаги находится в прямой зависимости от параметров оводнения. Установлено, что при увеличении продолжительности набухания с 30 до 60 минут масса и объем плодов возрастают на 20—49%, при повышении температуры воды от 20 до 70°C — на 25—30%. Для доведения до готовности концентрированные компоты рекомендуется залить прокипяченной водой с температурой 70°C при соотношении 1 : 2 и выдержать для набухания 2—4 часа.

II. Химические и физико-химические исследования

Исследованы изменения химического состава в процессе изготовления и хранения концентрированных компотов при различных условиях.

Химические изменения плодов при обезвоживании. При осмотическом способе удаления влаги содержание сухих веществ повышается до 207% от начального по сравнению с 330% при ИК и конвективной сушке, содержание органических кислот и полифенольных соединений при всех методах обезвоживания снижается на 30—40%. При осмотическом обезвоживании часть этих веществ переходит в сироп, который после концентрирования при остаточном давлении

160 мм рт. ст. до 85% сухих веществ используется для заливки обезвоженных плодов.

При тепловых методах сушки снижение содержания кислот и полифенольных соединений является результатом их разрушения или протекания реакций между катехинами и белками либо аминокислотами. Аналогичные данные получены Скориковой при исследовании конвективной сушки плодов.

Исследование готового продукта. Концентрированные компоты состоят из 60% плодов и 40% сиропа, содержат (в % на сырую массу) сахара 51—53, органических кислот 0,6—0,9, дубильных и красящих веществ 0,02—0,06%, аскорбиновой кислоты 35—40 мг%, азотсодержащих соединений ($N \times 6,25$) 0,002—0,004, в т. ч. 20—25% аминокислот. рН находится в пределах 2,8—3,1. В процессе длительного хранения концентрированных компотов отмечается появление желтоватой окраски подобно наблюдаемой у варенья из светлоокрашенных плодов и менее заметной у темноокрашенных. Установлено, что потемнение пищевых продуктов может быть вызвано карамелизацией, окислительными процессами и носить неферментативный характер (Марх).

Анализ технологического процесса показывает, что потемнение компотов не связано с карамелизацией продукта, поскольку после пастеризации его первоначальная окраска сохраняется в течение 2—3 месяцев. Ферментативные процессы, вызывающие образование темноокрашенных соединений, в данном случае также исключаются в связи с тепловой инактивацией ферментов при пастеризации и отсутствием их регенерации в процессе хранения.

Исследование возможных факторов потемнения концентрированных компотов было проведено при использовании модельных растворов 70—85% сахарного сиропа с различным количеством органических кислот, а также концентрированных компотов, залитых указанным сиропом, или сахарным раствором без кислот. Внесение органических кислот вызвано необходимостью сохранения общепринятого сахарокислотного индекса в пределах 60—66, обеспечивающего хорошие вкусовые свойства продукта, разбавленного водой в 2,5—3 раза.

Исследование органолептических свойств (вкус и окраска) 85% сиропа с добавлением 1% винной, яблочной, лимонной, уксусной, аскорбиновой, фумаровой и фосфорной кислот показали пригодность для указанных целей лимонной и аскорбиновой кислот, обладающих вкусом, свойственным плодам.

70—85% растворы сахарозы с добавлением 0,2—1,5% лимонной или 20—100 мг% аскорбиновой кислот, а также с их совместным добавлением в различных соотношениях хранили при 2°, 20°, 37°C в течение года, причем ежемесячно опре-

деляли оптическую плотность спиртовых вытяжек на ФЭК-М при 540 нм.

Установлено, что при 2° и 20°С 85% растворы сахарозы с лимонной кислотой до 0,6% или аскорбиновой от 40 до 80 мг%, а также их смесью незначительно изменяют свою оптическую плотность (от 0,005 до 0,015). При 37°С интенсивность окраски в зависимости от количества добавленных кислот резко возрастает — с лимонной кислотой в 5—12 раз, с аскорбиновой в 3—7 раз и смесью этих кислот в 10—14 раз по сравнению с оптической плотностью сиропа, хранившегося при 2°С.

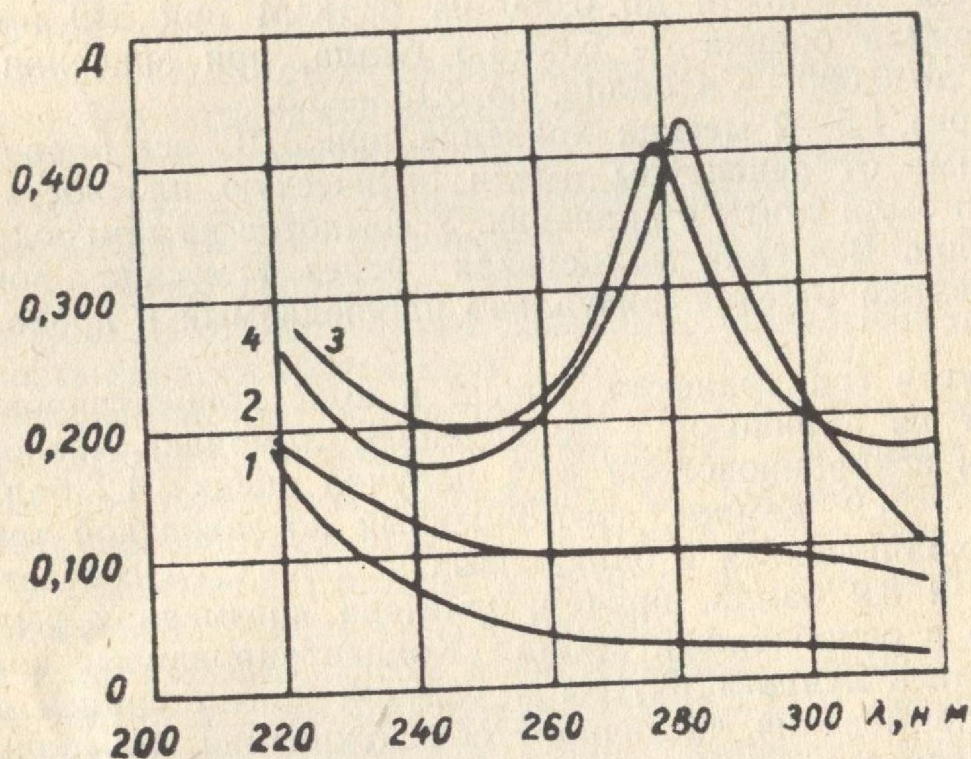


Рис. 3. Спектры поглощения концентрированных сиропов с добавками: 1 — без кислот; 2 — 75 мг% аскорбиновой кислоты; 3 — 0,4% лимонной кислоты; 4 — смесь кислот (3 и 2)

Получены спектры поглощения исследуемых растворов спустя год хранения при 20°С (рис. 3) в УФ области в координатах $D=f(\lambda)$, где D — оптическая плотность по СФД-2, λ — длина волны. В растворе сахарозы без кислот (кр. 1) и с аскорбиновой кислотой (кр. 2) не наблюдается резкого изменения оптической плотности. При добавлении лимонной кислоты (кр. 3) или смеси ее с аскорбиновой (кр. 4) отмечаются максимумы поглощения в зоне 280—285 нм, характерные для фурфурола и ОМФ.

С помощью тонкослойной хроматографии бензольных вытяжек из сиропов подтверждено наличие этих соединений, образующихся в результате разложения сахарозы под воздействием лимонной кислоты и ее смеси с аскорбиновой. Установлена статистически достоверная прямая корреляция

($0,01 < P < 0,05$) между количеством добавляемых кислот, температурой хранения, оптической плотностью и количеством фурановых альдегидов в пересчете на ОМФ.

Влияние указанной выше дозировки органических кислот, температуры и продолжительности хранения на качество готового продукта изучали на концентрированных компотах из осмотически обезвоженных яблок Кальвиль снежный, Симиренко и абрикосов Краснощекий и Красный партизан.

Для объективного определения качества продукта была установлена корреляция между окраской продукта из светлоокрашенных плодов и органолептической оценкой. При оптической плотности до 0,060 на ФЭК-М при 540 нм дегустационная оценка — 5,0—4,5 балла, при значении плотности до 0,080 — 4 балла, до 0,133 — 3,5.

Через 1,5—2 месяца хранения при 37°C все образцы независимо от рецептуры имели оптическую плотность выше 0,133 и были сняты с хранения. У компотов из темноокрашенных слив Венгерка молдавская через 4 месяца появился желтоватый оттенок, визуально наблюдаемый в проходящем свете.

Спустя год хранения при 2 и 20°C концентрированный компот из абрикосов с добавлением лимонной кислоты до 0,6% и аскорбиновой 50 мг% получил оценку 4,2 балла, из яблок — 4,9; компот, изготовленный по заводской технологии и хранившийся в одинаковых условиях, — соответственно 3,8 и 3,9 балла, причем отмечена чрезмерная рыхлость плодов и ослабленный аромат. Концентрированные компоты отличались лучшим вкусом и упругой консистенцией вследствие применения частичного обезвоживания и использования высокой концентрации сахара, тормозящего гидролиз пектина (Сабуров, Васкев).

Минимальное потемнение отмечено у компотов без добавления органических кислот, с 0,2% лимонной совместно с 40 мг% аскорбиновой, и 40—80 мг% аскорбиновой кислоты. Вместе с тем эти образцы, несмотря на сохранение окраски, не были приемлемы из-за недостаточной кислотности готового к употреблению продукта.

У компотов без добавления кислот также отмечается потемнение. Анализ методом тонкослойной хроматографии подтвердил наличие ОМФ и фурфурола, образующихся в результате воздействия кислот плодов на сахарозу, подобно наблюдаемому у концентрированного сиропа с лимонной кислотой.

С целью изучения неблагоприятных условий хранения (например, в условиях Крайнего Севера) исследовано влияние на качество концентрированных компотов одно- и двукратного замораживания с последующей дефростацией и хранением до года при температуре $22 \pm 3^\circ\text{C}$. Показано, что

у концентрированных компотов из 5 видов плодов (абрикосов, персиков, слив, яблок, айвы), подвергавшихся замораживанию, консистенция не изменяется, лучше сохраняется аромат, цвет, меньше образуется ОМФ и ниже оптическая плотность, чем у незамороженных.

Изучали изменение химического состава концентрированных компотов из слив, абрикосов, персиков, яблок и айвы, обезвоженных осмотическим способом и посредством ИК сушки с предварительным бланшированием.

В процессе хранения как концентрированных, так и изготовленных по заводской технологии компотов из светлоокрашенных плодов, отмечается снижение содержания сухих веществ, в том числе сахаров, дубильных и красящих веществ, общей кислотности, аскорбиновой кислоты, общего азота, повышение рН и оптической плотности.

В компотах из темноокрашенных слив (Венгерка молдавская, Тулеу грас и др.) наряду с отмеченными изменениями наблюдается снижение оптической плотности, что может быть результатом гидролиза антоцианов до антоцианидинов, которые дают бесцветные дериваты, уменьшающие интенсивность окраски (Markakus).

Во всех компотах, независимо от технологии изготовления, при хранении отмечается уменьшение в газовом пространстве над продуктом содержания O_2 , увеличение CO_2 в результате декарбонирования, а также повышение количества фурановых альдегидов (ОМФ и Ф) как результат меланоидинообразования (Marx, Hodge).

При изготовлении сиропа и пастеризации компота в результате инверсии сахарозы образуется 12—14% инвертного сахара, количество которого к концу годичного хранения возрастает до 40—45%, при одновременном усилении потемнения продукта. Введение в сироп 10% глюкозы взамен сахарозы (рис. 4, кр. 1) вызывает увеличение оптической плотности спиртовых вытяжек из компотов, что подтверждает важную роль моноз в изменении окраски продукта (статистически достоверно $P < 0,05$). Фруктоза вызывает большее потемнение продукта, чем глюкоза.

При забраживании компота окраска его становится значительно светлее, чем у незабродившего вследствие уменьшения содержания сахара, необходимого для образования веществ, вызывающих потемнение. В процессе изготовления и хранения компотов изменяется азотсодержащий комплекс. Количество белкового азота уменьшается на 30—35% вследствие его разложения (Ермилов) либо реакции с полифенольными соединениями (Бокучава).

Отмечено значительное увеличение аминокислотного азота, которое может быть результатом гидролиза белков. Методом бумажной хроматографии в компотах из яблок

V. O. 11824

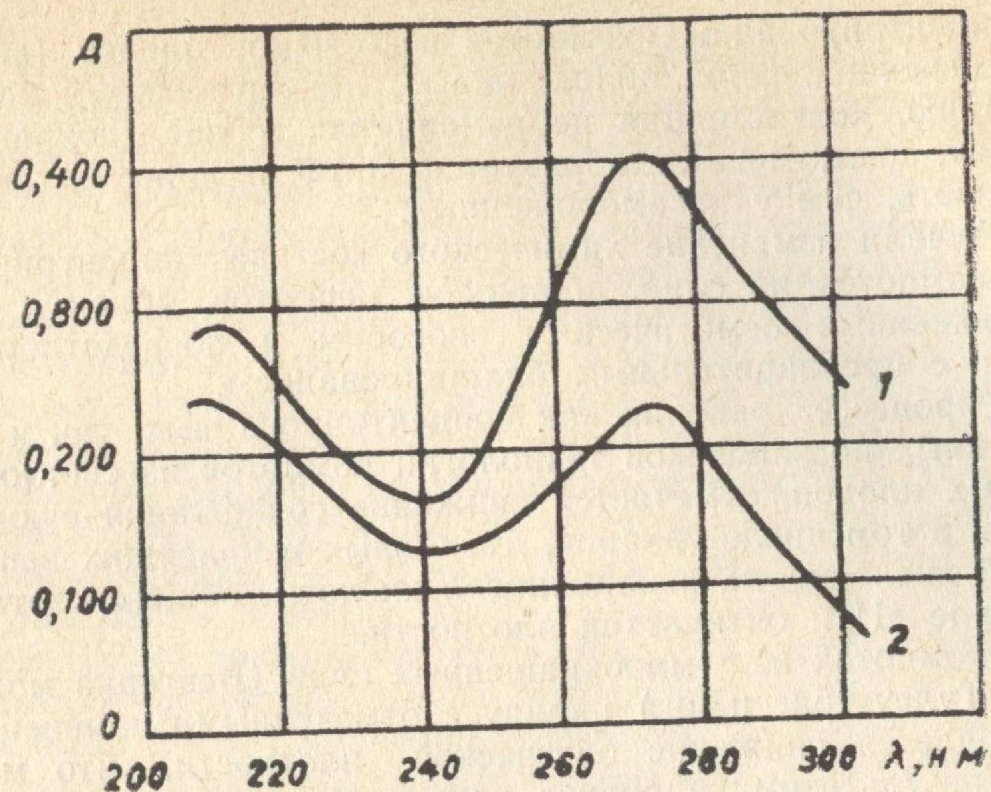


Рис. 4. Спектры поглощения концентрированных компотов, залитых сиропом, содержащим: 1 — 85% сахарозы; 2 — 75% сахарозы, 10% глюкозы.

обнаружен лейцин, из слив — аланин, не найденные в свежих плодах, в готовых компотах из яблок не обнаружен серин, в компотах из слив — гистидин, содержащиеся в сырье.

Химические особенности помологического сорта оказывают влияние на интенсивность потемнения компотов, которая находится в прямой зависимости от содержания сухих веществ, в том числе сахаров, кислот, полифенольных соединений.

Из исследуемых методов удаления влаги меньшее потемнение отмечается при осмотическом обезвоживании, чем при ИК и конвективной сушке. В последнем случае интенсивность потемнения коррелирует с увеличением количества образующегося ОМФ.

Из трех видов используемой тары лучшие результаты сохранения окраски и аромата продукта получены для жестяной цельнотянутой тары с лаковым покрытием К-3—30—59, обладающей паро-газо-светонепроницаемостью. В стеклянной таре продукт темнеет несколько быстрее. Тара из полимерных пленочных материалов (хостофан, майлар, виско-тен и др.), обладающая значительной проницаемостью для газов и света, наименее пригодна для исследуемых целей, так как потемнение продукта наступает через 1,5—2 месяца. Указанные результаты свидетельствуют о влиянии в данном случае кислорода и солнечных лучей, что согласуется с данными, полученными Carrido.

Исследовано изменение содержания O_2 и CO_2 в таре над продуктом спустя год хранения. Установлено, что количество O_2 , расходуемого на различные реакции, в жестяной и стеклянной таре ниже, чем в полимерной, куда он диффундирует из атмосферы. В то же время образующийся в процессе хранения CO_2 сохраняется в герметичной таре, а из полимерной он переходит в окружающую среду. Уменьшение количества O_2 и увеличение CO_2 коррелируют с нарастанием потемнения.

В результате паропроницаемости полимерной тары отмечено уменьшение массы продукта за счет испарения воды на 0,5—0,8% в зависимости от условий хранения. Этого количества достаточно для установленного повышения содержания сухих веществ в продукте, в то время, как в жестяной и стеклянной таре этот показатель снижается.

Аналогичные изменения химического состава наблюдаются у компотов, выработанных по заводской технологии и хранившихся при тех же условиях.

Потемнение концентрированных компотов в процессе хранения задерживается при температуре от 0 до 4—5°C, одно- или двукратном замораживании с дефростацией через месяц после изготовления и последующем хранении при нерегулируемой температуре, а также при добавлении аскорбиновой кислоты в количестве 40—80 мг%. Установлена тормозящая роль сернистого ангидрида в пределах 0,006—0,008%, без заметных вкусовых ощущений. Защитный эффект усиливается при одновременном наличии аскорбиновой кислоты в количестве 20—30 мг% и снижается при повышении температуры (рис. 5) и продолжительности хранения.

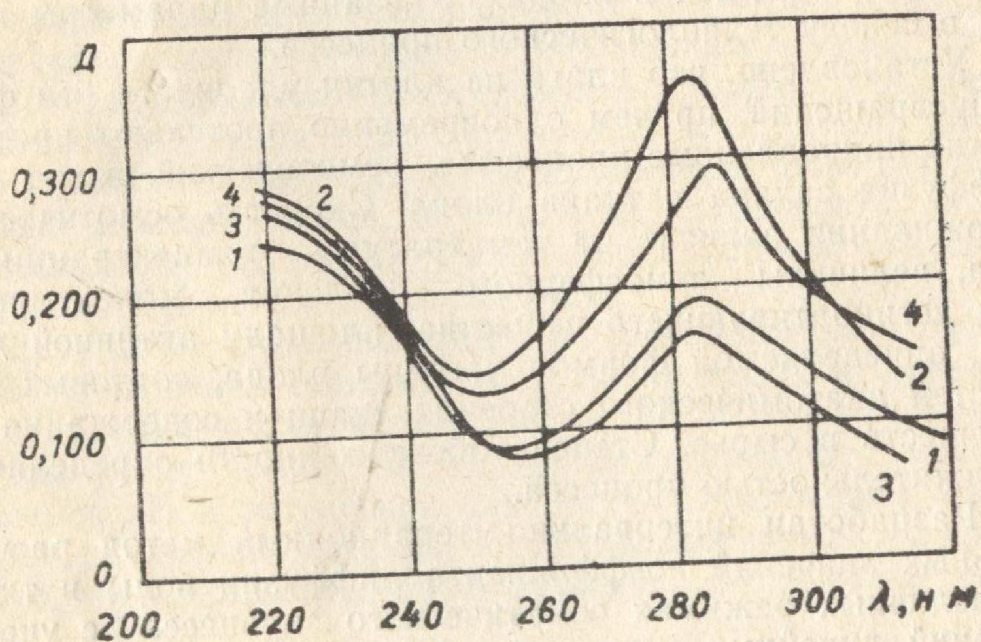


Рис. 5. Спектры поглощения концентрированных компотов с добавками: 1 — лимонная кислота, SO_2 — 20°C; 2 — то же 37°C; 3 — лимонная, аскорбиновая кислоты, SO_2 — 20°C; 4 — то же — 37°C.

Анализ полученных результатов при отсутствии активности ферментативных процессов позволяет заключить, что потемнение компотов является следствием меланоидинообразования.

Таким образом, технологические, физико-химические и биохимические исследования метода консервирования частично обезвоженных плодов позволили выяснить сущность и механизм осмотического обезвоживания, теоретически обосновать установленный экспериментальным путем оптимальный режим процесса, определить пищевую ценность, ее изменения и причины, вызывающие потемнение концентрированных компотов в процессе хранения.

ВЫВОДЫ

1. Установлена возможность производства концентрированных компотов методом дегидроконсервирования из частично обезвоженных плодов. Показано, что удаление влаги может быть произведено посредством прямого осмоса, инфракрасной и конвективной сушки либо их комбинированием.
2. Исследован осмотический метод обезвоживания, основанный на способности живой растительной клетки к водообмену с гипертоническими растворами, в частности, углеводов. Показано, что клетки плодовой ткани в течение 3 часов обезвоживания в 60% растворе сахарозы при 50°C сохраняют осмотические свойства, причем удаляется до 52% влаги, содержащейся в плодах. Указанные параметры положены в основу технологического процесса.
3. Установлено, что влага из клетки удаляется без фазовых превращений, причем одновременно протекают противоположно направленные процессы — осмотический выход воды и диффузия сахара в ткань плода. Скорость осмотического обезвоживания зависит от температуры, концентрации раствора, величины атмосферного давления, молекулярной массы дегидратирующего вещества, площади активной диффузии, определяемой формой частицы плода, сортовых особенностей анатомического строения ткани и содержания сухих веществ в сырье. Степень обезвоженности определяется продолжительностью процесса.
4. Разработан интервально-итерационный метод расчета локальных значений коэффициента диффузии воды в ткани при различных режимах осмотического процесса с учетом изменений линейных размеров частиц плода и возмущений, оказываемых диффузией сахара в частицу плода. Алгоритм расчета выполнен на электронно-вычислительной машине. Выявлен характер изменения проницаемости ткани для воды

в процессе обезвоживания, связанный со сжатием клеточных оболочек, что подтверждается экспериментальными данными усадки ткани. Определены абсолютные величины коэффициентов диффузии воды и характер их изменений, подтвердившие правильность экспериментально установленного режима обезвоживания.

5. Исследование инфракрасной и конвективной сушки в сочетании с частичным осмотическим обезвоживанием или бланшированием показало пригодность их для указанных целей. Установлено, что оптимальным пределом обезвоживания, позволяющим наиболее полно сохранить естественные свойства плодов, является удаление влаги до 55% от начального содержания ее в сырье. Разработан соответствующий режим сушки.

6. Для изготовления концентрированных компотов могут быть использованы сорта плодов в технической стадии зрелости, независимо от их химического состава. К сырью предъявляются следующие требования — яблоки должны быть светлоокрашенными; персики — с отделяющейся косточкой, слабоопушенными, либо без опушки; сливы — темноокрашенных сортов; абрикосы — с отделяющейся косточкой; айва — крупноплодная, с гладкой, не ребристой поверхностью.

Для абрикосов и слив могут быть применены все исследуемые методы удаления влаги; для персиков, айвы, яблок и груш предпочтительно осмотическое обезвоживание. Черешня и вишня в связи с большими потерями сока при удалении косточки для изготовления концентрированных компотов непригодны. Для обезвоживания земляники указанные методы неприемлемы в связи с нарушением формы плода.

7. Восстанавливаемость обезвоженных плодов, независимо от способов удаления влаги, находится в обратной зависимости от абсолютных параметров процесса, определяющих результат обезвоживания, и в прямой зависимости от продолжительности оводнения. Рекомендован способ восстановления концентрированных компотов.

8. В процессе хранения концентрированных компотов отмечено уменьшение содержания сухих веществ, полифенольных соединений, органических кислот, O_2 в таре над продуктом, увеличение количества CO_2 , редуцирующих сахаров, повышение рН и оптической плотности с появлением желтой окраски различной интенсивности. Аналогичные изменения происходят в компотах, выработанных по обычной технологии.

9. Исследование модельных растворов и компотов, изготовленных по различным технологическим схемам, показали, что между интенсивностью их потемнения, количеством добавляемых органических кислот, содержанием инвертного са-

хара, температурой и продолжительностью хранения существует статистически достоверная прямая корреляция ($0,01 < P < 0,05$).

10. Потемнение 70—85% растворов сахарозы с добавлением лимонной кислоты или смеси ее с аскорбиновой является результатом образования фурановых альдегидов; растворы без кислот или с добавлением до 75 мг% аскорбиновой кислоты окраску не изменяют, причем ОМФ и Ф не обнаружены. В концентрированных компотах без кислот и в обычных компотах образуются фурановые альдегиды в результате воздействия кислот плодов на сахарозу.

11. В компотах независимо от технологии изготовления уменьшается количество общего азота, увеличивается аминокислотный азот. Аминокислоты претерпевают количественные и качественные изменения. Уменьшение редуцирующих сахаров и аминокислот приводит к образованию фурановых альдегидов (статистически достоверно $P < 0,05$). Проведенные исследования свидетельствуют о неферментативном потемнении, которое является следствием меланоидинообразования.

12. Показано, что потемнение компотов тормозит температура хранения от 0 до 5°C, одно- или двукратное замораживание с дефростацией и последующим хранением при нерегулируемой температуре, добавление аскорбиновой кислоты в количестве до 50 мг%, использование свето-газонепроницаемой жестяной тары, применение осмотического способа обезвоживания плодов. Установлен оптимальный срок хранения концентрированных компотов в жестяной и стеклянной таре 12 месяцев при нерегулируемой температуре.

13. Дегустационная оценка концентрированных компотов в стеклянной и жестяной таре спустя год хранения при нерегулируемой температуре — 4,2—4,9 балла, компотов, выработанных по промышленной технологии, — 3,8—3,9. У концентрированных компотов лучше сохраняются вкус и аромат, более упругая консистенция плодов, которая является результатом применения предварительного обезвоживания и влияния высокой концентрации сахара, сдерживающей гидролиз пектина при хранении продукта.

14. Утверждены техническая документация и цена на концентрированные компоты. Выработанные промышленные партии компотов реализованы. Экономическая эффективность нового вида продукта 43 руб./туб. На способ изготовления получено авторское свидетельство, концентрированные компоты отмечены премией и аттестатом на ВДНХ МССР и СССР.

**СПИСОК
ОСНОВНЫХ РАБОТ,
ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Е. Н. Дьяченко. **Определение содержания сухих веществ в томатах при помощи рефрактометра.** Консервная и овощесушильная промышленность, № 4, 1969.
2. Б. В. Зозулевич, Е. Н. Дьяченко. **Исследование метода дегидроконсервирования.** Материалы V научно-технической конференции КПИ, 1969, Кишинев.
3. Е. Н. Дьяченко. **Предварительное обезвоживание как технологический процесс при изготовлении компотов.** Межвузовская конференция по новым физическим методам обработки пищевых продуктов. Тезисы докладов, 1968, Воронеж.
4. Б. В. Зозулевич, Е. Н. Дьяченко. **Осмотическое обезвоживание плодов.** Консервная и овощесушильная промышленность. № 7, 1969.
5. Б. В. Зозулевич, Е. Н. Дьяченко. **Осмотическое обезвоживание сырья в производстве фруктовых консервов.** Материалы Всесоюзной межвузовской конференции по термической обработке пищевых продуктов, 1969, Одесса.
6. Б. В. Зозулевич, Е. Н. Дьяченко. **Осмотическое обезвоживание как биофизический процесс.** Материалы VI научно-технической конференции КПИ, 1970, Кишинев.
7. Б. В. Зозулевич, Е. Н. Дьяченко. **О роли осмоса и диффузии при обезвоживании плодов.** Труды технологического факультета КПИ, 1971, Кишинев.
8. Е. Н. Дьяченко. **Химические и физико-химические изменения концентрированных компотов, изготовленных методом дегидроконсервирования.** Сборник материалов VII научно-технической конференции КПИ, 1971, Кишинев.
9. А. Л. Фельдман, Е. Н. Дьяченко. **Исследование компотов, изготовленных методом дегидроконсервирования.** Известия Вуз СССР, Пищевая технология, № 4, 1971.
10. **Изобретение.** Е. Н. Дьяченко, Л. А. Стоянова. **Способ изготовления концентрированных компотов.** Авторское свидетельство № 250657 от 3.V 1969 г., Кл. 53С, 6/01. Бюллетень изобретений № 26 от 12.VIII 1969 г.

Конференции и семинары, на которых докладывались материалы диссертации:

1. IV научно-техническая конференция Кишиневского политехнического института, апрель 1968 г., Кишинев.
2. Экономическое совещание работников консервной промышленности МПП МССР, 2 февраля 1971 г.
3. XXXII научная конференция Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова, март 1971 г., Одесса.
4. Республиканский семинар Молдавского НТО, апрель 1971 г., Кишинев.