

Автор ер.  
К 30

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ имени М.В. ЛОМОНОСОВА

---

Переучет 19.84 на правах рукописи

Аспирант Т. В. КАЧУРОВСКАЯ

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ  
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СОКОУТДАЧИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ  
ПЛОДОВЫХ НАТУРАЛЬНЫХ СОКОВ

(05.371 - Технология консервирования пищевых продуктов)

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

Одесса - 1972

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ имени М.В. ЛОМОНОСОВА

---

На правах рукописи

Аспирант Т. В. КАЧУРОВСКАЯ

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ  
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СОКООТДАЧИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ  
ПЛОДОВЫХ НАТУРАЛЬНЫХ СОКОВ

(05.371 - Технология консервирования пищевых продуктов)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Одесса - 1972

С.В. 011969

Одесский технологический  
институт пищевой промыш-

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

Научный руководитель — доктор технических наук  
Б. Л. Флауменбаум.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук профессор Г. Б. Чижов,

доктор технических наук профессор А. Л. Фельдман,

Будущее предприятие — Каларашское консервное объединение МССР.

Автореферат разослан „24“ января 1972 г.

Защита диссертации состоится „25“ января 1972 г.

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

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью учреждения, просим направить в Совет института по адресу: 270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА

ЗАПОРОЖЕЦ Л. А.

## В В Е Д Е Н И Е

Основные задачи единой государственной политики на ближайшее пятилетие, направленные на более полное удовлетворение потребностей советского народа, определены в Директивах XXIУ съезда КПСС.

Претворение в жизнь намеченных планов возможно при условии превышения темпов развития отраслей народного хозяйства, производящих предметы народного потребления, над отраслями средств производства.

Девятым пятилетним планом на базе научно-технического прогресса предусматривается обеспечивать выпуск консервов при опережающем росте производства консервированных плодов и овощей. Особое внимание уделено необходимости внедрения более совершенных интенсифицированных технологических процессов, повышающих эффективность производства за счет рационального использования сырья.

Применяющаяся в промышленности технология плодоягодных соков заключается в дроблении плодов с последующим извлечением сока из мякоти путем отжима его на прессах. При содержании сока во фруктово-ягодном сырье 90-95% выход его не превышает 60-70%. Таким образом, около 30-35% сока теряется в отходах.

Согласно биофизической трактовке проблемы сокоотдачи, разработанной на кафедре технологии консервирования Одесского технологического института пищевой и холодильной промышленности, одним из основных факторов, тормозящих сокоотдачу, является живая протоплазма растительных клеток. Применение перед отжимом плодов специальной обработки, направленной на повреждение протоплазмы клеточных мембран, способствует увеличению выхода сока из плодов и ягод в процессе прессования.

Примером подобной обработки может служить нагревание, электроплазмолиз, вибрационное, ультразвуковое и радиационное воздействие, использование пектолитических препаратов плесневых грибов, замораживание (Б.Л.Флауменбаум, П.Даскалов, Б.Р.Лазаренко, Б.В.Зозулевич, С.К.Сейтпаева, М.Ю.Казанджий, М.А.Яцко, Л.Э.Кайзер и др.).

Не все из перечисленных технологических приемов достаточно хорошо изучены. В особенности мало разработано в научном и техническом отношении применение низких температур (Д.Вудруф, Д.Тресслер, К.Марш, А.М.Мурзаева, Л.И.Чекан, А.Н.Самсонова, Б.Л.Флауменбаум, А.Г.Бурмакин). В частности, нет четких рекомендаций о параметрах процесса замораживания применительно к широкому ассортименту плодов и ягод. Не изучена в целом технология сокодобывания, основной особенностью которой является использование холода для увеличения выхода сока. Нет сведений о том, какой способ замораживания является наиболее эффективным, целесообразно ли, например, с этой целью применять жидкий азот, каким способом следует производить дефростацию плодов и т.д.

В связи с этим в настоящей работе были поставлены следующие задачи:

установить оптимальные режимы замораживания и дефростации плодов и ягод с целью увеличения выхода сока при последующем прессовании;

изучить влияние скорости понижения температуры плодов на сокоотдачу различных видов фруктового сырья;

исследовать влияние конечной температуры замораживания на выход сока при отжиме;

определить влияние скорости повышения температуры в процессе дефростации на сокоотделение при прессовании;

изыскать объективный показатель, с помощью которого можно было бы оценивать резистентность к замораживанию отдельных видов плодов и ягод;

выявить денатурационные изменения белка протоплазмы

и степень повреждения протоплазменных оболочек плодовых клеток при различных условиях замораживания;

выяснить целесообразность применения жидкого азота в качестве хладоагента.

Предстояло также изучить влияние замораживания на прозрачность извлекаемого сока и его пищевую ценность.

Диссертационная работа состоит из пяти глав.

В первой главе представлен литературный обзор отечественных и зарубежных исследований в области сокоотдачи, действия замораживания на биологические объекты, химического состава и пищевой ценности замороженных плодов и ягод.

Во второй главе описана конструкция применявшейся аппаратуры и приборов, изложены методы исследования, приведены способы обработки полученного экспериментального материала.

Третья глава посвящена экспериментальному изучению процесса замораживания растительного сырья с целью увеличения сокоотделения.

В четвертой главе освещены предпосылки, обуславливающие получение прозрачного сока при отжиме предварительно замороженных плодов и ягод.

Пятая глава содержит данные, характеризующие пищевую ценность соков, извлекаемых из свежего и замороженного сырья.

Диссертация изложена на 185 страницах машинописного текста, включает 29 таблиц, иллюстрирована 32 рисунками и 6 приложениями. Список литературы содержит 259 наименований, из них 43 на иностранных языках.

Лабораторные и полупроизводственные исследования выполнены на кафедре технологии консервирования Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В. Ломоносова.

Производственные испытания проведены на Каларашском

консервном заводе (МССР) и на Консервном ордена Ленина заводе имени 1-го Мая в гор. Тирасполе (МССР).

Совместно с проблемной лабораторией биофизики Краснодарского НИИ сельского хозяйства выполнены исследования интенсивности хемилюминесценции плодов при замораживании и дефростации. Автор выражает глубокую благодарность за ведущему лабораторией КНИИСХ кандидату биологических наук Б.Н.Китлаеву за руководство этой частью работы.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### Методы исследования

В качестве объекта исследования были выбраны плоды и ягоды, которые после обычного механического измельчения плохо отдают сок при отжиме: черная смородина, слива, крыжовник, айва, абрикосы. В порядке сравнения исследовали яблоки, как плоды отличающиеся хорошей сокоотдачей. Для опытов были взяты следующие помологические сорта: черная смородина - Лия плодородная; слива - Венгерка; крыжовник - Белый бутылочный; абрикосы - Ананасный; айва - Яблоковидная; яблоки - Кальвиль снежный.

Замораживание проводили в термостате твердой углекислотой, льдосолевой смесью, а также в скороморозильном аппарате "Нема" до разных конечных температур:  $-6^{\circ}\text{C}$ ,  $-18^{\circ}\text{C}$  и  $-60^{\circ}\text{C}$ .

Изменяя условия замораживания, варьировали скорость понижения температуры замораживаемых плодов в пределах от 0,27 до 2,7 град/мин.

Дефростацию замороженных плодов и ягод осуществляли разными методами: медленно (90-300 минут) на воздухе при температуре  $+20^{\circ}\text{C}$  и быстро (20-90 минут) - нагретым до  $80^{\circ}\text{C}$  воздухом.

Температуру измеряли с помощью медноконстантановых термомпар, пользуясь полуавтоматическим потенциометром Р 2/1.

Об эффекте технологического воздействия замораживания и дефростации судили по изменению клеточной проницаемости

для ионов и для неэлектролитов, по степени повреждения клеток и по выходу сока.

Клеточную (ионную) проницаемость  $K_{II}$  определяли электрометрическим методом. Клеточную проницаемость для неэлектролитов устанавливали по степени равновесия диффузии  $d_{30}$ . Степень повреждения растительной ткани  $\psi$  находили ацидиметрическим методом.

О степени денатурации белка судили по интенсивности хемилюминесценции, измеряемой посредством квантометрической установки. Компрессорная холодильная установка обеспечивала изменение температуры термокамеры от  $+20^{\circ}\text{C}$  до  $-25^{\circ}\text{C}$ . Скорость снижения температуры составляла примерно 1 град/мин.

Термокамеру с исследуемым объектом помещали против катода фотоумножителя. Образующийся очень слабый световой поток ( $10^2 - 10^6$  квант/сек с  $1\text{ см}^2$  излучающей поверхности) преобразовывался фотоумножителем в электрический. При этом образующиеся (после 10 каскадов усиления) электрические импульсы пропорциональны числу квантов, падающих на фотокатод.

С фотоумножителя импульсы ( $10 - 10^5$  имп/сек), усиленные до нескольких вольт, передавались на счетные устройства, где, проходя ряд последовательно включенных электронных реле, группировались определенным образом. После интеграции импульсы регистрировались самописцем электронного автоматического потенциометра.

Кроме того, методом центрифугирования определяли влагоудерживающую способность плодов, а рефрактометрическим способом — количество связанной влаги. Эти показатели также давали представление о степени денатурации белка.

Способность плодов переносить замораживание без повреждения устанавливали, изучая такие биологические признаки, как вязкость и эластичность цитоплазмы. Эти показатели определены плазмолитическим методом П.А.Гейкеля — Е.З.Окниной и модифицированным нами применительно к пло-

дам и ягодам.

С целью получения сравнительной характеристики пищевой ценности сока, полученного из свежего и замороженного сырья, определяли сухие вещества, pH, общую кислотность, сахара, общее содержание коллоидов, белок в сырье, витамин С. При этом использовали общепринятые методы. Активность окислительных ферментов устанавливали химическим методом совместного определения аскорбиназы, полифенолоксидазы и пероксидазы. Содержание белка в соке находили колориметрическим методом Лоури в модификации Авакянца. Количество пектиновых веществ определяли колориметрически карбозольным методом. Этим же методом устанавливали активность полигалактуроназы, об активности пектинэстеразы судили по скорости наступления коагуляции. Содержание дубильных и красящих веществ определяли спектрофотометрически. Анализы проводили по схеме: свежее сырье, плоды после замораживания и дефростации, сок свежееотжатый, пастеризованный, а также хранившийся 3 или 6 месяцев.

Полученный экспериментальный материал обрабатывали следующим образом. При определении  $K_{п}$ ,  $d_{30}$ ,  $\varphi$  и  $\mathcal{B}$  применяли статистическую обработку результатов исследования. Она показала, что все применяемые методы измерения отличаются вполне удовлетворительным показателем точности ( $\Delta \bar{x} = 5 - 6\%$ ) при средней изменчивости вариационного ряда ( $\sigma = 10 - 15\%$ ). Во всех остальных опытах фигурируют средние арифметические значения.

#### Исследование параметров процесса замораживания и дефростации с целью увеличения сокоотдачи плодов и ягод

В процессе исследования было изучено влияние основных параметров процесса замораживания: конечной температуры замораживания и скорости снижения температуры объекта на степень повреждения ткани, клеточную (ионную) проницаемость, степень равновесия диффузии, выход сока. Результаты опытов представлены в табл. 1. На таблице видно, что замо-

размораживание приводит к возрастанию сокоотдачи и всех показателей, характеризующих повреждение протоплазменных мембран. При этом можно заметить, что наибольший эффект наблюдается при достижении криогидратной температуры. Так, выход сока при отжиме плодов, замороженных до температуры  $-60^{\circ}\text{C}$ , оказывается на 20-25% выше, чем при отжиме свежих.

Влияние условий дефростации на сокоотдачу различных плодов иллюстрируется рисунками 1 и 2.

Судя по графикам, клеточная проницаемость при быстрой дефростации оказывается выше, чем при медленном оттаивании. Вследствие этого возрастает и выход сока на 2 - 7%.

В дальнейшем, интенсифицируя процесс выработки сока, применяли быстрое размораживание нагретым воздухом. Кроме того, были проведены опыты по разработке режимов дефростации плодов и ягод инфракрасным обогревом с помощью зеркальной лампы мощностью 500 вт. Температура излучателя  $1500-1800^{\circ}\text{C}$ , температура в зоне размещения плодов  $110-120^{\circ}\text{C}$ .

Меняя расстояние от излучателя до обрабатываемого материала (10-18 см) при одной ширине поля, находили время дефростации. Конечной температурой в центре плода считали  $0^{\circ}\text{C} + 1^{\circ}\text{C}$ , на поверхности  $+6^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C}$ . Следует отметить, что для предупреждения перегрева поверхности плодов крупноплодное сырье переворачивали каждые 30 сек.

Установленное время размораживания ягод составило 3-9 минут, плодов - 10-20 минут, что в пять-десять раз меньше, чем время дефростации нагретым до температуры  $+80^{\circ}\text{C}$  воздухом.

Полученные данные могут быть использованы при разработке конструкции дефростера непрерывного действия.

Весьма действенным оказался также такой способ повышения сокоотдачи, как погружение плодов в жидкий азот (рис. 3). Повышение сокоотдачи здесь связано, по-видимому,

Таблица I

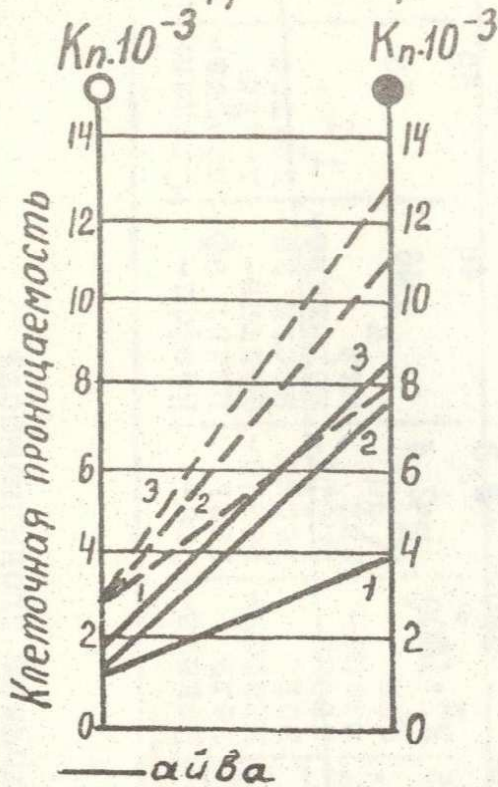
Влияние конечной температуры замораживания и скорости понижения температуры на клеточную проницаемость

Наименование плодов	Условия замораживания				Бремя, мин	Скорость снижения температуры объекта, град/мин	Показатель клеточной проницаемости, $\cdot 10^{-3}$	Степень равномерности диффузии, %	Кэффициент эффективности замораживания, $K_{эз}$	Степень повреждения клеток, %	Выход сока, %
	Температура, °C	Скорость роста движения объекта, м/сек	Температура носителя	Скорость движения воздуха, м/сек							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Крыжовник контроль	-6	-6	-21	-	70	0,37	3,0	388	-	20	33
	-6	-6	-70	-	45	0,58	4,5	430	1,1	27	47
	-18	-18	-70	-	80	0,47	4,3	445	1,1	27	43
	-18	-18	-67	6	30	1,29	8,7	475	1,2	35	54
	-60	-60	-70	-	160	0,50	6,5	470	1,2	39	52
	-60	-60	-67	6	50	1,60	10,3	600	1,6	50	67
							10,0	620	1,6	52	64

Продолжение таблицы № 1

	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Смородина	-6	-21	-	60	0,43	5,8	250	-	19	28	
Контроль	-6	-70	-	40	0,65	8,7	450	1,8	31	39	
	-18	-70	-	80	0,47	8,3	448	1,8	30	38	
	-18	-67	6	28	1,40	12,0	500	2,0	39	47	
	-60	-70	-	180	0,44	12,5	550	2,2	40	53	
	-60	-67	6	45	1,77	14,0	580	2,3	48	59	
						13,5	600	2,4	46	58	

Быстрая дефростация



Медленная дефростация

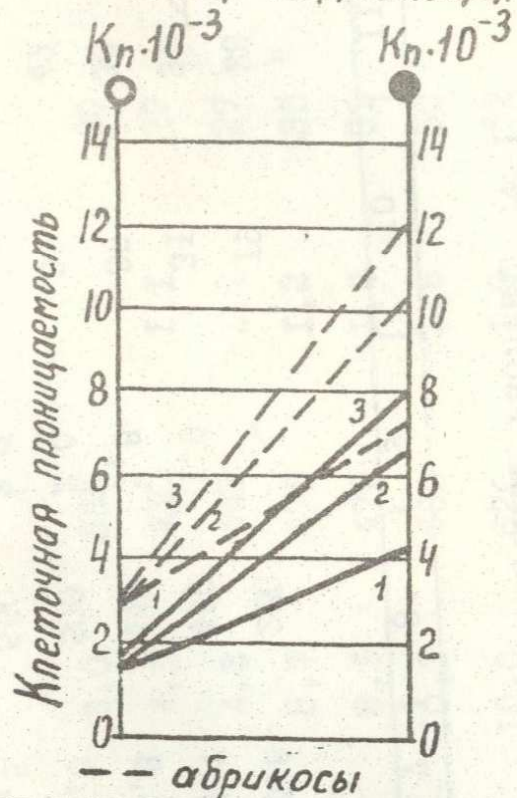
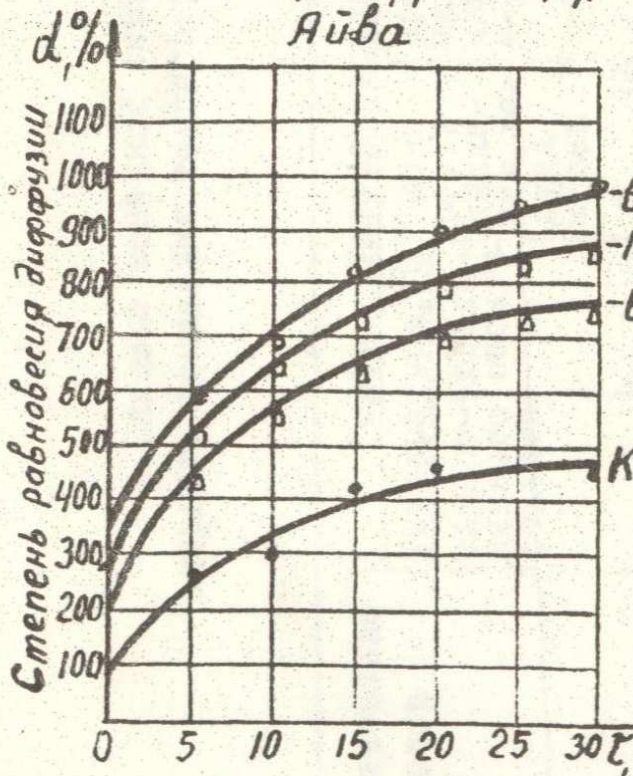


Рис. 1. Влияние условий дефростации на клеточную проницаемость. ○ — контроль; ● — замораживание; конечная температура: 1) -6°C; 2) -18°C; 3) -60°C.

Быстрая дефростация  
Айва



Медленная дефростация  
Айва

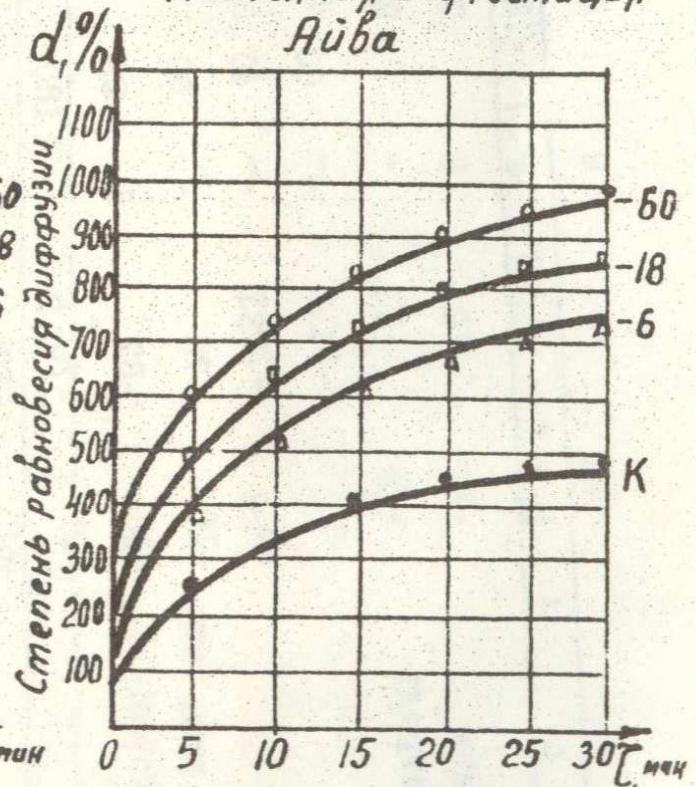


Рис. 2. Влияние условий дефростации на степень равновесия диффузии. К — контроль; конечная температура: -6°C, -18°C, -60°C.

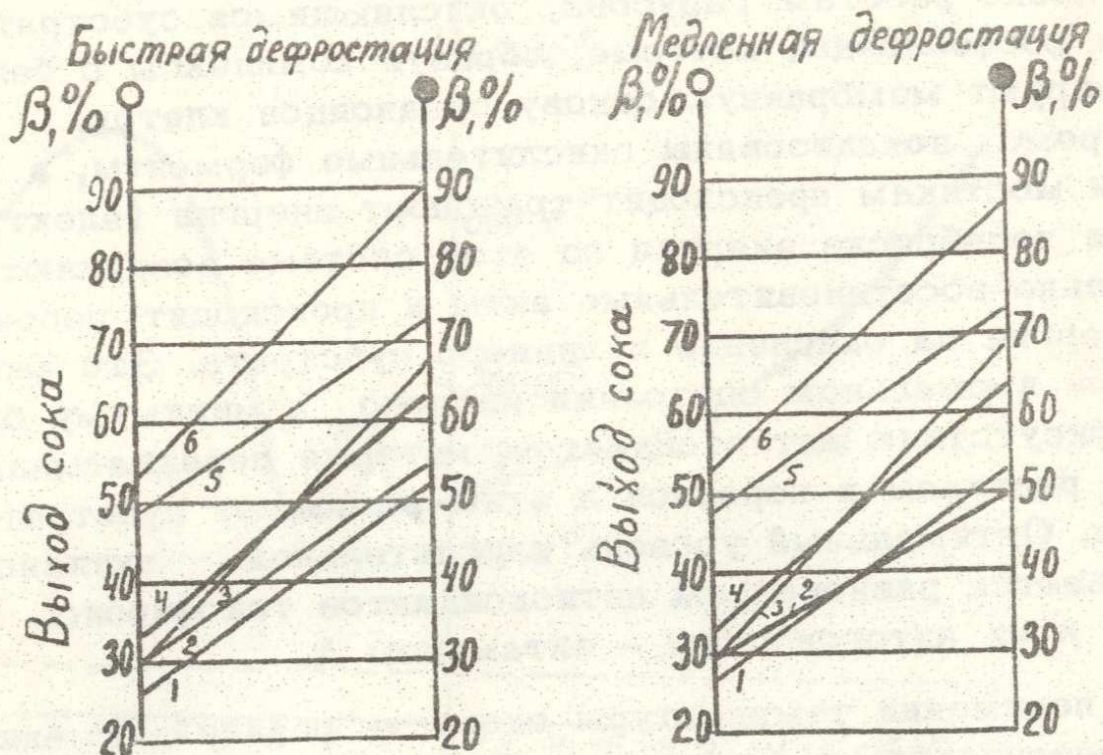


Рис. 3. Влияние замораживания до  $t_k = -190^\circ\text{C}$  и условий дефростации на выход сока.  $\circ$  - контроль;  $\bullet$  - замораживание; 1 - смородина; 2 - слива; 3 - айва; 4 - крыжовник; 5 - абрикосы; 6 - яблоки.

не только с весьма низким значением конечной температуры плода ( $-190^\circ\text{C}$ ), но и с появлением глубоких трещин в растительной ткани при такой обработке. Этот способ замораживания является перспективным и заслуживает дальнейшей разработки.

Таким образом, повреждение полупроницаемых цитоплазматических оболочек связано не столько со скоростью снижения температуры (в изученном диапазоне), сколько с конечной температурой в центре плода. Из этого можно заключить, что нужный технологический эффект объясняется, вероятно, степенью денатурации белка.

Для выяснения влияния замораживания на степень денатурации белков протоплазматических мембран плодов был использован объективный экспрессный метод хемилюминесцентного определения устойчивости растений к замораживанию.

Известно, что в биологических системах существует слабое излучение, отражающее происходящие в клетках энер-

гетические процессы.

Согласно работам Тарусова, окисляющимся субстратом являются фосфолипиды, которые, образуя комплексы с белками, формируют мембранную основу органоидов клеток. В этой строге локализованы окислительные ферменты, а по липидным мостикам происходит транспорт энергии (электронов). При переброске энергии по этой системе возникают окислительно-восстановительные акты и происходит побочно отбор энергии на окисление липидного субстрата. Это окисление при нормальном состоянии сведено к минимуму благодаря присутствию антиоксидантов, которые перехватывают активные радикалы и перекиси и этим защищают субстрат от окисления. Оптимальный уровень окислительной активности поддерживается равновесием антиоксидантов токоферолов (витамин Е) и их антогонистом — витамином А.

При понижении температуры скорость реакций изменяется непропорционально — скорость окисления в критических точках начинает превышать скорость восстановления. Поэтому количество антиоксидантов в этих точках уменьшается, начинается разрушение субстрата.

Прямым источником информации о состоянии стационарности и надежности липопротеиновых структур является сверхслабая хемилюминесценция.

Нами впервые были изучены реакции сверхслабого свечения яблок (рис. 4) и айвы в процессе непрерывного понижения температуры, а также изменения интенсивности хемилюминесценции при дефростации различных плодов (рис. 5).

Опыты подтвердили, что при снижении температуры в центре замораживаемого плода интенсивность хемилюминесценции возрастает, что свидетельствует об увеличении степени нарушения связи между белками и липидами, достигая в эквентической точке максимального значения.

Полученные экспериментальные данные были дополнены определением количества связанной влаги и влагоудерживающей способности — признаков, в определенной мере свидетельствующих о степени денатурации белка.



Определение количества связанной влаги показало, что в исследуемых плодах ее содержится 4–5,5%. По мере снижения температуры замораживания количество связанной влаги уменьшается, что может повлечь за собой необратимые изменения биополимеров. Особенно резко сокращается количество связанной влаги при замораживании плодов до криогидратной точки.

Влагоудерживающая способность различных плодов и ягод по мере замораживания до разных конечных температур падает. По достижении температуры  $-60^{\circ}\text{C}$  влагоудерживающая способность плодов оказывается примерно в 10 раз меньше, чем до заморозки, что является следствием, очевидно, уменьшения гидратационных свойств белка.

Рассмотрение экспериментальных данных показало, что разные виды плодов неодинаково реагируют на замораживание. Некоторые из них легко повреждаются, другие оказываются более устойчивыми к действию холода.

В работе показано, что вязкость и эластичность цитоплазмы, являющиеся критериями устойчивости к замораживанию растущих растений, могут в определенной мере характеризовать криорезистентность плодов и ягод.

Количественная оценка вязкости и эластичности цитоплазмы выявила, что эти показатели различны у отдельных плодов и ягод: низкое значение вязкости цитоплазмы (до 30 минут) характерно для яблок, айвы и слив; высокое (больше 30 минут) – для абрикосов, крыжовника. Примерно такая же корреляция наблюдается в отношении эластичности<sup>х)</sup>

Сопоставление полученных данных с изменением основных биофизических показателей при замораживании (табл. 2) показывает, что именно те плоды, которые характеризуются низким значением вязкости и эластичности цитоплазмы, легче повреждаются при замораживании, чем плоды, отличающиеся высоким значением этих показателей.

---

х) Размерность, принятая в терминах физиологии растений.

Таблица 2

Наименование	Показатели		К <sub>п</sub> · 10 <sup>-3</sup>		К <sub>эз</sub>		φ, %		Выход сока в % от содер- жания его в сырье			
	вяз- кости мин	эла- стич- ности мин	-18°C	-60°C	-18°C	-60°C	-18°C	-60°C				
1. Яблоки	17	10	0,8	7,9	8,3	1,3	1,5	10	35	40	91	93
2. Айва	25	-	0,8	7,8	8,4	1,9	2,0	10	19	20	70	73
3. Слива	28	16	1,8	8,0	9,4	1,6	1,7	20	37	40	65	68
4. Абрикос	40	25	2,5	11,0	13,0	1,2	1,5	24	48	58	76	86
5. Крыжовник	35	20	3,0	8,7	10,3	1,2	1,6	20	35	50	60	74
6. Смородина	-	-	5,8	12,0	14,0	2,0	2,3	19	39	48	53	66

С.В. 011969

Сообразуясь с этим, следует для различных групп плодов рекомендовать различные конечные температуры замораживания. Так, можно применять замораживание яблок, айвы и слив до температуры  $-18^{\circ}\text{C}$ , а крыжовник, смородину и абрикосы следует замораживать до температуры  $-60^{\circ}\text{C}$ .

Реакция различных плодов на замораживание показана на рис. 6 (плодов, отличающихся низкими значениями вязкости и эластичности цитоплазмы) и рис. 7 (плодов, характеризующихся высоким значением вязкости и эластичности цитоплазмы).

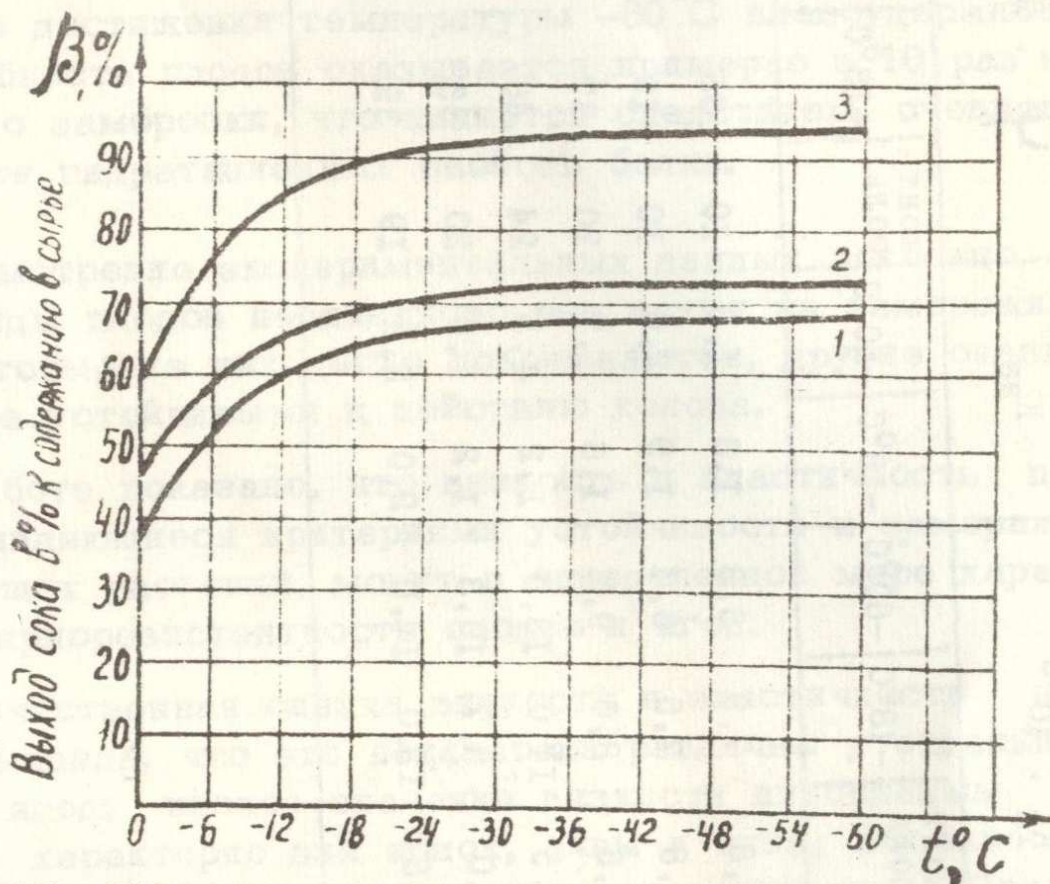


Рис. 6. Изменение выхода сока в зависимости от конечной температуры замораживания. 1 - слива, 2 - айва, 3 - яблоки.

Для установленной опытным путем функциональной зависимости была подобрана формула

$$y = \left( \frac{x+1}{a} \right)^{\frac{1}{b}}$$

где  $y$  - выход сока (в процентах к общему содержанию сока в сырье);

$x$  - конечная температура замораживания;

$a$  и  $b$  - коэффициенты.

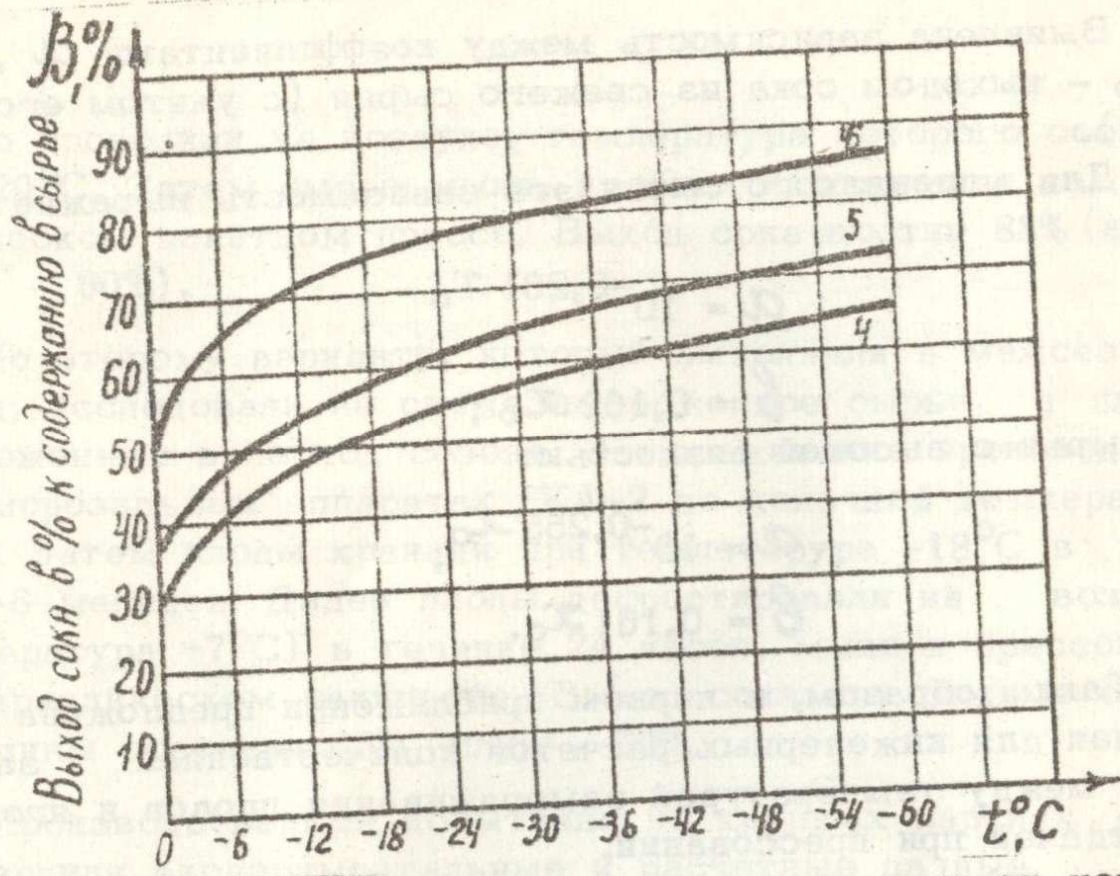


Рис. 7. Изменение выхода сока в зависимости от конечной температуры замораживания. 4- смородина, 5 - крыжовник, 6 - абрикосы.

Возможность применения формулы была предварительно проверена по методу выравнивания.

Для определения констант  $a$  и  $b$  была найдена линейная зависимость между  $\lg(x + 1)$  и  $\lg y$  по методу наименьших квадратов (расчет на ЭВМ).

Значения коэффициентов сведены в табл. 3.

Таблица 3

Наименование сырья	$a$	$b$
Яблоки	$10^{-12,94}$	7,288
Айва	$10^{-11,80}$	7,117
Слива	$10^{-8,75}$	5,582
Абрикосы	$10^{-13,75}$	8,021
Крыжовник	$10^{-9,05}$	5,816
Смородина	$10^{-8,02}$	5,397

Выявлена зависимость между коэффициентами  $a$ ,  $b$  и  $x_0$  - выходом сока из свежего сырья (с учетом его сочности).

Для маловязкого сырья эта зависимость выражается так:

$$a = 10^{-0,261 x_0};$$

$$b = 0,162 x_0;$$

для сырья с высокой вязкостью:

$$a = 10^{-0,255 x_0};$$

$$b = 0,161 x_0.$$

Таким образом, в первом приближении предложена приемлемая для инженерных расчетов количественная зависимость между температурой замораживания плодов и ягод и сокоотдачей при прессовании.

Задавшись значением конечной температуры замораживания, можно рассчитать выход сока при отжиме любого сырья растительного происхождения, показатель вязкости и эластичности цитоплазмы которого, а также выход сока без дополнительной обработки будут нам известны.

При сравнительной оценке полученных экспериментальных данных учитывался не только выход сока, но и такие технологические показатели, как общий цикл замораживания и средний выход сока в единицу времени.

Судя по этим показателям, замораживание всех видов плодов в жидком азоте дает наилучший технологический эффект. Заметно интенсифицируется сокоотделение при замораживании абрикосов, смородины и крыжовника в скороморозильных аппаратах до температуры  $-60^{\circ}\text{C}$ . Яблоки, айву, сливы следует замораживать до температуры  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Производственные испытания проводились следующим образом. По одному варианту предусматривалась выработка сока из свежемороженых плодов. Яблоки (5 тонн) замораживали в камере холодильника до температуры  $-18^{\circ}\text{C}$ . Дефро-

стацию проводили на воздухе, температура которого составляла  $20^{\circ}\text{C}$ . Затем сырье мыли, дробили и отжимали на гидравлическом пакетном прессе. Выход сока достиг 83% (в контроле - 60%).

По второму варианту, который выполняли в межсезонный период, исследовали не свежемороженное сырье, а плоды, замороженные в период сезона. Замораживание производили в скороморозильных аппаратах ГКА-2 до конечной температуры  $-18^{\circ}\text{C}$ . Затем плоды хранили при температуре  $-18^{\circ}\text{C}$  в течение 3-6 месяцев. Далее плоды дефростировали на воздухе (температура  $+7^{\circ}\text{C}$ ) в течение 24 часов, мыли и прессовали на гидравлическом пакпрессе. Выход сока при отжиме черной смородины составил 45%, слив - 50%.

Производственные испытания на крупных партиях сырья подтвердили экспериментальные и расчетные данные.

#### Осветление фруктовых соков в результате предварительного замораживания плодов

В состав клеточного сока плодов входят истинные растворы природных высокомолекулярных веществ, которые в определенных условиях могут проявлять свойства, характерные для коллоидных растворов.

Было изучено влияние замораживания на состояние растворов высокополимеров, ответственных за прозрачность извлеченного сока. Установлено, что общее количество коллоидов в свежееотжатом из замороженных плодов соке в 1,5 - 1,7 раза больше, чем в соке из свежих, за счет увеличения содержания нестойких, так называемых необратимых коллоидов. При последующей тепловой обработке (стерилизации) содержание их в соке из замороженных плодов резко сокращается. Во время хранения потери коллоидов незначительны (10%).

В результате замораживания сырья общее количество коллоидов в соке уменьшается на 10-40%, из которых 30-60% приходится на необратимую фракцию и 10-20% - на обратимую.

Общее количество белка в сырье при замораживании не

изменяется. То же относится и к содержанию протеинов в соках, отжатых из свежих и дефростированных плодов. Однако, те необратимые изменения, которые могли произойти в результате замораживания, уменьшают стойкость белка. В ходе технологических процессов содержание протеинов в концентрированном соке снижается на 30-50%, в соке из замороженных плодов - на 70-87%.

Снижение это следует отнести к положительным факторам, т.к. уменьшается опасность белковых помутнений.

Под влиянием замораживания общее количество пектиновых веществ остается неизменным, происходит лишь перераспределение форм: увеличивается количество растворимого пектина за счет уменьшения содержания нерастворимого протопектина.

В свежееотжатом из замороженных плодов соке содержание растворимого пектина также выше, чем в соке из свежих плодов. Однако после тепловой обработки (стерилизации) потери растворимого пектина, содержащегося в соках из замороженного сырья, оказывались в 3-4 раза выше, чем в соках из свежего сырья.

Менее заметно протекала депектинизация плодовых соков, богатых дубильными веществами, способными ингибировать пектолитические ферменты.

Исследования показали, что большей степенью активности пектинэстеразы и полигалактуроназы отличаются крыжовник и смородина, меньшей - абрикосы. При замораживании плодов уровень активности пектинэстеразы снижается примерно на 30%, полигалактуроназы - на 30-50%. В свежееотжатом соке из свежего и замороженного сырья различие в уровнях активности ферментов сглаживается. После стерилизации сока регенерированные ферменты не обнаружены.

Процесс превращения нерастворимого протопектина в растворимый пектин приводит к разрыхлению мякоти и некоторому облегчению отжима сока.

Известно, что после дефростации в плодах под влиянием

пектинэстеразы может происходить отщепление метоксильных групп от цепи полигалактуроновых кислот, что всегда сопровождается повышением общей и титруемой кислотности. То же явление наблюдается и в наших опытах: титруемая кислотность увеличивается на 0,02-0,03%, рН уменьшается на 0,02-0,07 единицы. Дальнейшее разукрупнение молекул может происходить в свежееотжатом соке под воздействием полигалактуроназы. При этом пектиновая и тетрагалактуронозная кислоты выпадают в осадок. Низкомолекулярные же комплексы переходят в сок, но не обладают уже свойствами защитных коллоидов.

Многие исследователи обнаружили, что при осветлении препаратами, содержащими пектолитические ферменты, из соков удаляется от 44 до 98% растворимого пектина.

Наши экспериментальные данные указывают на то, что замораживание сырья влечет за собой уменьшение содержания растворимого пектина в соке на 53-88%, т.е. приводит примерно к такому же осветляющему эффекту, какого добиваются в процессе специального осветления сока.

Установлено, что после замораживания плодов количество дубильных и красящих веществ снижается на 30-40%. По содержанию водорастворимых дубильных и красящих веществ соки, изготовленные как из свежих, так и из замороженных плодов, незначительно отличаются друг от друга. Замораживание смородины вызывает экстрагирование красящих веществ из кожицы в такой мере, что суммарное количество дубильных и красящих веществ в отжатом соке превышает содержание их в контрольных образцах. Потери при стерилизации и хранении составляют 10-12%.

В заключение можно сказать, что замораживание плодов в ряде случаев дает возможность получать достаточно прозрачный сок без последующего специального осветления.

Чем ниже температура замороженных плодов, тем значительнее осветляющее действие.

## Сравнительная характеристика химического состава соков из свежих и предварительно замороженных плодов и ягод

При изучении влияния режимов замораживания на химический состав плодов и ягод установлено, что содержание сахаров и белков меняется мало, увеличивается содержание сухих веществ на 0,1–0,3%, количество растворимого пектина — на 5–20%, немного возрастает значение титруемой кислотности (на 0,02–0,03%). Ощутимо уменьшается лишь количество водорастворимых дубильных и красящих веществ, потери их достигают 20–40%. Общее содержание витамина С снижается на 10–30%, но оставшаяся часть представлена в свободной, как известно, стабильной форме.

В наших опытах была установлена обратная корреляция между содержанием витамина С и активностью аскорбиноксидазы в свежем сырье.

После замораживания и дефростации плодов активность аскорбиноксидазы возрастала в 1,2–2 раза, как следствие, очевидно, более тесных контактов субстрата и фермента в условиях нарушения компактных молекулярных структур. При этом наблюдалось разрушение витамина С. Наименьшие потери витамина С выявлены при замораживании черной смородины.

Установлено, что после замораживания и дефростации активность полифенолоксидазы семечковых плодов повышается примерно на 10%. Уровень же активности регенерированной после замораживания полифенолоксидазы смородины достигает лишь 70% по сравнению с начальной. Следовательно, при меньшей степени разрушения растительных полифенолов смородины (естественных синергистов аскорбиновой кислоты) наблюдается замедление окисления витамина С.

Активность пероксидазы после замораживания и дефростации семечковых плодов снижается до разного уровня (от 60 до 80% первоначального значения), после замораживания смородины — несколько возрастает.

Таблица 4

Наименование сырья, коллоид- температура замороз- вания, °C	Витамин С мг/100 мл				Активность окисли- тельных ферментов, мг АК за 30 мин в 1 г сырого веса			
	мг	Обратных	Общее количество	Связанная форма	Дегидро- форма	Аскорбино- оксидаза	Полифеноло- оксидаза	Пероксида- за
Смородина, контроль	7	6,7	77	-	0,44	0,75	2,75	0,25
"- , -18	3	7,1	104,7	11,4	-	0,45	1,63	0,60
Яблоки, контроль	06	3,40	15,0			0,48	1,72	0,53
"- , -18	65	3,25	10,2			0,36	1,53	0,47
"- , -60	92	3,21	10,0			0,38	1,55	0,42
"- , -196	10	2,88	10,0			0,31	1,62	0,43
А й в а, контроль	53	2,25	10			0,90	0	0
"- , -18	72	1,90	5,5			0,83	0	0
"- , -60	13	1,85	6,0			0,92	0	0
"- , -196	08	2,04	5,0			0,90	0	0

Примечание

Данные при  
к сырому в

Наименование сырья и температура заморозки-варки, °С	Сухие вещества, %	pH	Общая кислотность, %	Сахара, %			Редуцирующие	Дубильные и крахмальные вещества, мг на 100 мг	Белок, мг/л	Растворимый пектин, г на 100 мг	Содержание коллоидов, г/л			Витамин С мг/100 мг	Связанная форма	Дегидроформа	Аскорбинооксидаза	Полифенолоксидаза	Пероксидаза
				Общее количество	Сахароза	Сахароза					Общее	Необратимых	Обратимых						
Сморщина, контроль	10,8	2,86	2,47	7,14	0,22	6,92	250	450	0,180	10,4	3,7	6,7	77	-0,44	0,75	2,75	0,25		
" , -18	11,0	2,84	3,02	6,90	0,36	6,54	380	430	0,152	11,4	4,3	7,1	104,7	11,4	0,45	1,63	0,60		
Яблоки, контроль	11,8	3,79	0,25	9,74	1,74	8,00	56	175	0,211	4,46	1,06	3,40	15,0		0,48	1,72	0,53		
" , -18	12,2	3,72	0,25	9,59	1,28	8,31	45	180	0,224	4,90	1,65	3,25	10,2		0,36	1,53	0,47		
" , -30	12,1	3,76	0,30	9,40	1,00	8,40	29	150	0,252	5,20	1,92	3,21	10,0		0,38	1,55	0,42		
" , -196	11,9	3,65	0,28	9,42	1,00	8,42	35	155	0,220	4,98	2,10	2,88	10,0		0,31	1,62	0,43		
А и в а, контроль	10,2	3,50	0,73	8,63	0,38	8,15	230	160	0,125	2,78	0,53	2,25	10		0,90	0	0		
" , -18	10,4	3,35	0,78	8,22	0,20	8,02	170	152	0,151	3,62	1,72	1,90	5,5		0,83	0	0		
" , -30	10,8	3,29	0,82	8,15	0,10	8,05	160	171	0,178	3,98	2,13	1,85	6,0		0,92	0	0		
" , -196	10,6	3,22	0,79	8,12	0,12	8,00	175	173	0,169	4,12	2,08	2,04	5,0		0,90	0	0		

## Примечание

Данные приведены по отношению к сырому весу.

Учитывая сравнительно высокий уровень активности окислительной ферментативной системы, дефростацию плодов проводили до температуры не выше 0°C.

Данные, характеризующие пищевую ценность соков, изготовленных из свежих и замороженных плодов и ягод, представлены в табл. 4.

Из таблицы видно, что по содержанию сухих веществ, сахаров, протеинов, витамина С соки из свежего и предварительно замороженного сырья практически не отличаются одни от других. Некоторое повышение кислотности влечет за собой изменение сахаро-кислотного индекса, что является положительным моментом при изготовлении соков из некоторых плодов (айвы, крыжовника и др.). В соках из замороженного сырья наблюдается повышение содержания коллоидно-растворимых веществ по сравнению с соками из свежих плодов. Однако, после тепловой обработки (стерилизации) количество этих лабильных компонентов резко сокращается.

Хранение соков существенных изменений в их состав не вносит.

Таким образом, изучение химического состава соков из свежих и замороженных плодов и ягод показало, что в пищевом отношении они мало отличаются один от другого, независимо от режимов замораживания.

Проведенная дегустация подтвердила высокие вкусовые достоинства соков, отжатых из предварительно замороженного сырья.

## КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. Происходящие при замораживании денатурационные изменения биокolloидов протоплазмальных мембран и разрыв клеточных оболочек приводят к возрастанию ионной проницаемости, проницаемости для неэлектролитов, в результате чего интенсифицируется сокоотдача плодов и ягод: выход сока при отжиме повышается на 20-25%, а показатели кинетики диффузии увеличиваются в 1,5 - 2,5 раза.

2. Выход сока оказывается тем большим, чем ниже конечная температура замороженного плода. Наибольшее сокоотделение наблюдается при замораживании до криогидратной точки. При этом ни скорость понижения температуры замораживания плодов, ни скорость последующей дефростации существенного влияния на сокоотдачу не оказывают.

3. Основным фактором, ответственным за функциональное повреждение цитоплазматических мембран плодовых клеток, как впервые показано методом хемилюминесценции, является конечная температура в центре замораживаемого объекта.

4. Плазмолитический метод определения вязкости и эластичности цитоплазмы позволяет установить связь между этими характеристиками плодов и стойкостью их к замораживанию. В соответствии с установленными показателями яблоки, айву и сливу следует замораживать в скороморозильных аппаратах до  $-18^{\circ}\text{C}$ , абрикосы, крыжовник и смородину — до  $-60^{\circ}\text{C}$ .

5. Зависимость количества извлеченного сока от конечной температуры замораживания аппроксимируется в виде формулы

$$y = \left( \frac{x + 1}{a} \right)^{\frac{1}{b}}$$

где  $y$  — выход сока (в процентах к общему содержанию сока в сырье);

$x$  — конечная температура замораживания;

$a$  и  $b$  — коэффициенты, дифференцированные по видам плодов.

6. Погружение плодов в жидкий азот вызывает не только повреждение протоплазматических мембран, но и образование глубоких трещин в растительной ткани, что способствует повышению сокоотдачи. Учитывая резкую интенсификацию процесса замораживания, этот метод предварительной обработки плодов до прессования можно считать перспективным.

7. Оптимальными значениями конечных температур при замораживании в скороморозильных аппаратах следует считать  $-18^{\circ}\text{C}$  для яблок, айвы, слив и  $-60^{\circ}\text{C}$  для абрикосов, крыжовника и смородины.

При погружении в жидкий азот температуру следует доводить до  $-190^{\circ}\text{C}$  для всех видов плодов.

8. Оптимальными экспозициями ИК-облучения для дефростации, гарантирующими доведение температуры в центре до  $0^{\circ}\text{C}$  без перегрева поверхностных слоев, являются 3-9 минут для ягод и 10-20 минут для косточковых плодов. Время оттаивания сокращается в 5-10 раз по сравнению со временем обработки нагретым воздухом.

9. В процессе замораживания сухие вещества, сахар, витамин С, кислотность, рН меняются незначительно. Заметно - на 20-30% - уменьшается содержание коллоидно-растворимых веществ. При этом количество так называемых необратимых коллоидов сокращается на 30-60%, обратимых - на 10-20%. Наибольшие изменения претерпевают белковые (потери составляют 70-87%) и пектиновые (53-88%) вещества. В результате этих изменений извлекаемый из замороженных плодов сок получается прозрачным.

10. Производственные испытания подтвердили возможность применения замораживания яблок, слив и смородины с целью повышения сокоотдачи.

11. Внедрение в промышленность интенсифицированных режимов замораживания и дефростации позволит повысить эффективность производства за счет более полного использования сырья. Ожидаемая экономия составляет сумму около 15 тысяч рублей на 1 куб готовой продукции.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. О добавлении сахара и кислоты в натуральный виноградный сок. - "Консервная и овощесушильная промышленность", 1962, № 5.

2. Предупреждение помутнения осветленных соков. - "Консервная и овощесушильная промышленность", 1960, № 8.

3. Применение низких температур для повышения сокоотдачи плодов. Всесоюзная межвузовская научная конференция по новым физическим методам обработки пищевых продуктов.

Тезисы докладов. Воронеж, сентябрь, 1968.

4. Замораживание айвы – способ осветления и повышения выхода сока. – „Консервная и овощесушильная промышленность“, 1969, № 2.

5. К выбору условий замораживания плодов для увеличения сокоотдачи. – „Известия вузов СССР. Пищевая технология“, 1969, № 6.

Научные конференции, на которых докладывались материалы диссертации:

1. Межкафедральное заседание XXXVI отчетной научной конференции Одесского технологического института пищевой и холодильной промышленности, г. Одесса, февраль–март, 1967 г.

2. Всесоюзная межвузовская научная конференция по новым физическим методам обработки пищевых продуктов, г. Воронеж, сентябрь, 1968 г.

3. XXXI научная конференция Одесского технологического института имени М.В. Ломоносова, посвященная 100-летию со дня рождения В.И. Ленина, г. Одесса, февраль–апрель, 1970.

4. XXXII научная конференция Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В. Ломоносова, г. Одесса, март–апрель, 1971 г.

---

БР 04006 Подписано к печати 7.01.72г. Объем 1,75п.л.+1 вкл.  
Уч.изд.л.1,8 Заказ № 356 Тираж 180 экз.

---

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