

Автореф.
Ш 44

Министерство высшего и среднего специального образования УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

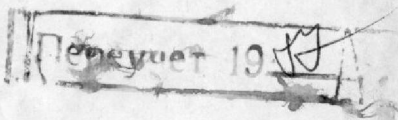
НА ПРАВАХ РУКОПИСИ

Аспирант ШЕНГЕЛИЯ Антон Спиридонович

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФфуЗИОННОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ФРУКТОВЫХ СОКОВ

(Специальность 05.18.13—технология консервирования
пищевых продуктов)

АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



ОДЕССА — 1974

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Аспирант ШЕНГЕЛИЯ Антон Спиридонович

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФУЗИОННОГО МЕТОДА
ПОЛУЧЕНИЯ ФРУКТОВЫХ СОКОВ

(Специальность 05.18.13 - технология консервирования
пищевых продуктов)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

№ 012341 ✓

Одесский технологический
институт пищевой промышленности
имени М.В. Ломоносова
БИБЛИОТЕКА

Одесса - 1974

ОНАХТ 03.05.12
Исследование диффузи



v012341

Автор. | v 012341
Ш №4 | Шенгелия А.С.
Иссл. диффуз. метода
1974 8/4

12

Работа выполнена на кафедре технологии консервирования
Одесского технологического института пищевой промышленности
им. М.В.Ломоносова.

НАУЧНЫЕ РУКОВОДИТЕЛИ:

Доктор технических наук, профессор
Б.Л.ФЛАУМЕНБАУМ

Доктор технических наук, профессор
В.М.ЛЮЛЯНСКИЙ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

Доктор технических наук, профессор
С.М.ГРЕБЕННИК

Кандидат технических наук, доцент
Л.А.БОНЕВА

Ведущее предприятие - Одесский опытный консервный завод
имени В.И.Ленина.

Автореферат разослан 29 " апрель 1974 г.

Защита диссертации состоится 31 " май 1974 г.

на заседании Совета Одесского технологического института пище-
вой промышленности имени М.В.Ломоносова, г.Одесса, ул.Свердлова,
II2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные пе-
чатью учреждения, просим направлять в Совет института по адре-
су: г.Одесса, 270039, ул. Свердлова, II2.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА
кандидат технических наук

Л.А.ЗАПОРОЖЕЦ

БР 07179 16.04.74 г. Формат 60 x 84 I/16
Объем 2 п.л. Заказ № 1220 Тираж 200 экз.
Городская типография управления по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли Одесского облисполкома.

г. Одесса, Ленина, 49

В В Е Д Е Н И Е

Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития
народного хозяйства СССР на 1971-1975 гг. предусмотрено разви-
вать опережающими темпами производство консервированных пищевых
продуктов. К 1975 году намечается довести выработку плодовых и
овощных консервов до 8,8 млрд. банок, в том числе соков, зани-
мающих ведущее место в ассортименте консервной промышленности,
до 2523,7 млн. банок, т.е. в 1,8 раза больше, чем в 1970 году.

Значительно расширится ассортимент выпускаемых соков. На-
ряду с соками, изготавливаемыми из одного вида плодов или овощей
предусматривается выпускать более 30 наименований купажированных
соков - натуральных и подслащенных.

Такой рост производства фруктовых соков может быть обеспе-
чен путем создания новых прогрессивных технологических процессов,
интенсификации действующих, разработки и внедрения отвечающих
современному научно-техническому уровню машин и аппаратов.

В настоящее время основным методом получения соков являет-
ся прессование. При этом, несмотря на ряд достижений в техноло-
гии сокодобывания (применение электроплазмолиза, замораживания,
ферментных препаратов и др.), выход сока при отжиме на 15-20 %
ниже содержания его в сырье, а сам процесс реализуется, как
правило, в аппаратах периодического действия.

Более прогрессивным следует считать диффузионный метод,
позволяющий практически извлечь весь содержащийся в сырье сок,
осуществить непрерывный процесс и добиться полной его механиза-
ции и автоматизации. Однако он не нашел применения в консервной

промышленности главным образом из-за недостаточной изученности его. Кроме того, вызывает возражение неизбежное, хотя и небольшое, разбавление сока водой, которое получается в процессе противоточной экстракции.

Однако имеется категория фруктовых соков, которые из-за высокой кислотности использовать в натуральном виде, без разбавления, весьма затруднительно; к ним относятся: вишневый, клюквенный, ткемалиевый, кизилловый, а также соки некоторых других плодов и ягод кислых сортов. Добиться гармонического сочетания сахара с кислотой в этих случаях одним лишь добавлением сахара обычно не удается. Оптимальный сахарокислотный индекс можно обеспечить только понижением кислотности путем разбавления таких соков водными сахарными растворами. При этом количество вносимой в купаж воды достигает 25-30 % к массе натурального сока. Для получения таких купажированных с сахарными сиропами фруктовых соков особенно перспективен диффузионный метод, ибо неизбежное при экстракционном процессе разбавление натурального сока водой является в данном случае желательным и необходимым.

Настоящая работа посвящена исследованию процесса противоточной экстракции плодово-ягодного сырья для получения подслащенных фруктовых соков.

В своих исследованиях мы опирались на труды известных советских ученых в области технологии сахара (П.М.Силин, П.В.Головин, С.Ф.Дронов, Г.А.Аксельруд, С.М.Гребенюк, В.М.Лысянский и др.). Процессы извлечения растворимых веществ из растительного сырья изучены этими авторами чрезвычайно глубоко.

Одновременно были обобщены и сведения о попытках применения процесса полупериодической экстракции в консервной про-

мышленности (Ф.И.Ковалчук, Б.Л.Флауменбаум, Л.А.Бонева, К.Г.Аверьянов и др.).

В задачи исследования входило:

- выяснить стимулирующее воздействие специальных способов предварительной обработки плодов на цитоплазматические мембраны растительной ткани с целью повышения клеточной проницаемости (электроплазмолиза, ферментации, замораживания);
- определить локальные значения коэффициентов диффузии экстрактивных веществ плодов и ягод для оценки влияния технологической обработки на клеточную проницаемость;
- изыскать оптимальные параметры противоточного экстрагирования плодового сырья и на их основе разработать методику математического описания процесса диффузии при выщелачивания сухих веществ холодной водой;
- разработать методику математического расчета купажей при изготовлении подслащенных соков;
- изучить качество соков, полученных диффузионным методом.

Диссертация изложена на страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части (3 главы) и выводов.

В работе имеются 35 таблиц, 26 рисунков. Список цитированной литературы включает 193 наименования, из них - на русском 150, на иностранных языках 43. Приложения (акты, расчеты экономической эффективности) напечатаны на 10 страницах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Методы исследования и их теоретическое обоснование

Главным препятствием извлечения соков диффузионным методом являются цитоплазматические мембраны растительных клеток, обладающие свойством непроницаемости в отношении экстрактивных веществ

плодов. До тех пор, пока целы эти мембраны и клетка жива, осуществиться процесс диффузии практически невозможно. В технологии сахара повышение клеточной проницаемости достигается путем термической обработки свеклы в процессе выщелачивания сырья горячей водой.

В производстве фруктовых соков пользоваться горячей водой по ряду причин (разваривание сырья, ухудшение вкуса) нежелательно. Поэтому нами изучались другие виды предварительной обработки плодов и ягод, обеспечивающие повреждение протоплазмных оболочек клеток с тем, чтобы последующую экстракцию можно было осуществить холодной водой.

Обработку сырья электрическим током проводили на электроплазмолитизаторе валкового типа, конструкция которого позволяет изменять градиент потенциала и экспозицию в широких пределах в зависимости от сырья. Яблоки, абрикосы, айву, сливы обрабатывали при $G_z = 550$ в/см и $\tau = 0,2 - 0,4$ сек; вишни и клюкву - при $G_z = 550$ в/см и $\tau = 0,1 - 0,2$.

Для ферментации использовали пектолитический препарат Аваморин ШК активностью 15000 ед/г в количестве 0,04% к массе мезги, осуществляя процесс при температуре 45°C в течение 2-х часов.

Предварительное замораживание плодов проводили в скороморозильном аппарате Нема при температуре -18°C в течение 2-х часов.

Для определения влияния предварительной обработки сырья на интенсивность диффузионных процессов использовали яблоки, а также те виды плодов, которые после обычного механического измельчения плохо отдают сок в процессе прессования - абрикосы, сливы, айва. Использовали следующие сорта фруктового сырья: яблоки -

Антоновка, Бойкен, Золотой пармен, Ренет Орлеан, Смирненко, Титовка. Сливы - Альтана, Венгерка, Зеленый реинклюд, Мирабель. Абрикосы - Ананасовый, Краснощекий. Айва - Турунчукская, Бендерская.

Изучением процесса экстракции в системе твердое тело - жидкость до самого последнего времени наиболее последовательно и широко занимались лишь в связи с извлечением сахара из свекловичной стружки.

П.М.Силин в 1923 году впервые применил закон диффузии Фика для объяснения особенностей процесса извлечения сахара из свеклы. На аналогичной основе строили свои теории и другие исследователи.

Применение закона Фика, описывающего перенос вещества через определенную поверхность и распространение идеализированного процесса на экстракцию во всем объеме аппарата является основным допущением рассмотренных теорий, существенно уменьшающим их точность.

Во всех случаях, когда имеет место диффузия в некотором объеме, исследование такого процесса связано с определением свойств поля концентрации, которые могут быть установлены только при наличии дифференциального уравнения диффузии. На основе современного учения о тепло- и массообмене Г.А.Аксельрудом и В.М.Лысянским разработан математический аппарат теории экстракции.

Для решения дифференциального уравнения диффузии в общем виде В.М.Лысянский предложил в качестве краевых условий рассматривать экстракционные линии на участке аппарата как отрезки прямой, длина участка которых должна быть такой, чтобы концентрация жидкости изменялась по линейному закону. При этом концентрация экстракционной жидкости в конце i -го расчетного участка при нестационарной экстракции принимает значение

$$C_i = C_{i-1} + K_i \tau_i,$$

(I)

где C'_{i-1} - концентрация экстракционной жидкости в конце $(i-1)$ -го участка, т.е. в начале i -го расчетного участка;
 K_i - коэффициент наклона экстракционной линии на участке (размерность сек^{-1});
 τ_i - время экстракции на участке.

Концентрацию экстрагируемого вещества в любой точке тела отсчитывают от концентрации в окружающей среде, как от нуля:

$$\zeta_i = C_i - C'_i, \quad (2)$$

где ζ_i - избыточная концентрация в любой точке тела;
 C_i - концентрация в любой точке тела;
 C'_i - концентрация экстракционной жидкости.

Полученное на основе этих исходных данных уравнение позволяет рассчитать процесс с большой точностью при любом его характере и изменении физических параметров. В нашем исследовании применительно к плодово-ягодному сырью была использована модель частиц шарообразной формы. Это дало возможность получить ряд коэффициентов, полезных для практических расчетов.

Процесс экстракции изучали на лабораторных установках полупериодического и непрерывного действия.

Для расчетов аппаратов полупериодического действия использована методика Б.Л. Флауменбаума, основанная на определении степени равновесия диффузии d . Степень равновесия диффузии представляет собой отношение содержания сухих веществ в каждый момент измерения к тому содержанию их, которое следовало ожидать при полном равновесии концентрации.

Необходимое количество диффузоров в опытной установке полупериодического действия определяли по формуле

$$n = \frac{\lg(A - \theta_n) - \lg A}{\lg\left(1 - \frac{d}{P+W}\right)}, \quad (3)$$

где A, θ_n - содержание сухих веществ в сырье и в готовом диффузионном соке, %;

P, W - количество сырья и воды в диффузоре.

Соотношение сырья и экстракционной жидкости во всех вариантах опыта принимали 1:1, температуру воды при выщелачивании - 20°C . Для каждого опыта в зависимости от исходного содержания сухих веществ задавались их конечной концентрацией в готовом соке. Количество сухих веществ в каждом диффузоре после отстаивания θ_n определяли рефрактометрическим и расчетным путем по формуле

$$\theta_n = A - A\left(1 - \frac{d}{2}\right)^n, \quad (4)$$

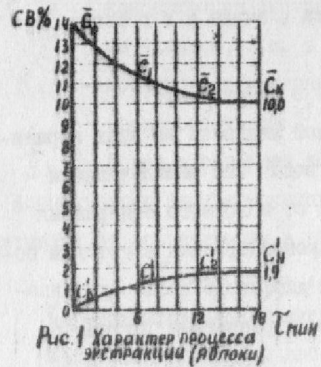
где n - порядковый номер диффузора;

d - степень равновесия диффузии.

Коэффициент диффузии D экстрактивных веществ плодов и ягод определяли в процессе замкнутой экстракции.

Частицы изучаемого сырья одинаковой формы и размеров помещали в сосуд с экстрагентом в соотношении 1:2. Сосуд приводился в колебательное движение лабораторной качалкой, вследствие чего частицы свободно витали в воде, чем достигалось участие в процессе экстракции всей их внешней поверхности и достаточно высокая относительная скорость движения фаз.

Характер процесса выщелачивания яблок сорта Антоновка изображен на рис.1. Начальная концентрация экстрагируемого вещества в частицах сырья обозначена через \bar{C}_n , конечная - \bar{C}_k . Кроме этих концентраций, в опыте определяли и промежуточные концентрации C'_1, C'_2 . Конечная избыточная концентрация $\zeta_k = \bar{C}_k - C'_k$ связана с начальной избыточной концентрацией $\zeta_0 = \bar{C}_n - C'_n$ соотношением, из которого определялся коэффициент диффузии:



10.

$$Z = \frac{\sum_k}{\sum_{18}} = f(F_0) \text{ где } F_0 \cdot d = \frac{D\tau}{R^2}$$

Расчет проводили интервальным методом, для чего предварительно получили данные о коэффициенте наклона экстракционной линии на каждом интервале.

Для технологического анализа процесса противоточной экстракции в аппарате полупериодического и непрерывного действия были исследованы оливы, клюква, яблоки, абрикосы, вишни.

Химический состав плодово-ягодных соков, полученных диффузионным способом, изучали по ряду показателей. Удельный вес, сухие вещества, титруемую кислотность, витамин С, активную кислотность, этиловый спирт, количество осадка определяли стандартными и общепринятыми методами. Общее содержание водорастворимых полифенолов определяли спектрофотометрическим методом, свободные аминокислоты - методом бумажной хроматографии, ароматические вещества определяли газохроматографическим методом.

Влияние методов предварительной обработки на клеточную проницаемость плодов и кинетику процесса экстракции

Диффузия растворимых веществ из клеток растительной ткани зависит от их проницаемости, о которой судили на основании двух показателей: степени равновесия диффузии d и коэффициента диффузии D .

Показатели клеточной проницаемости исследуемых плодов и ягод после предварительной обработки замораживанием, электроплизмом и ферментацией приведены в табл.1-2 и на рис.2-9.

Степень равновесия диффузии (яблоки)

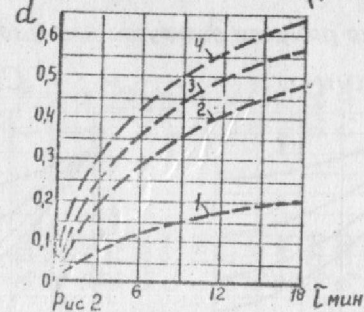
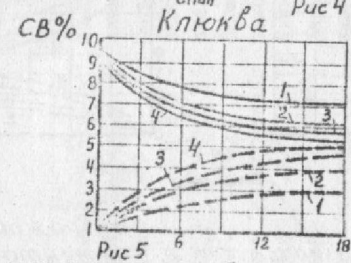
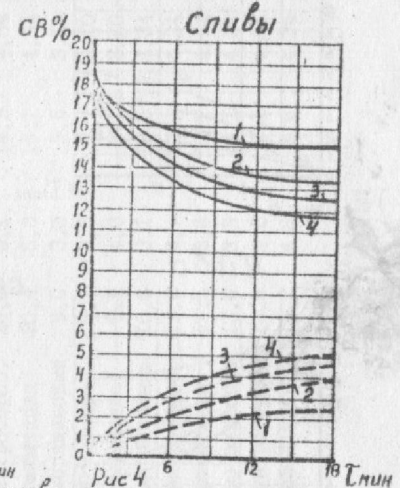
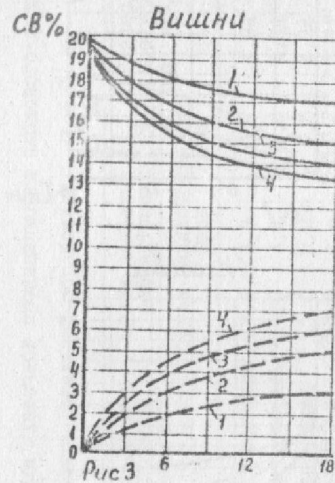
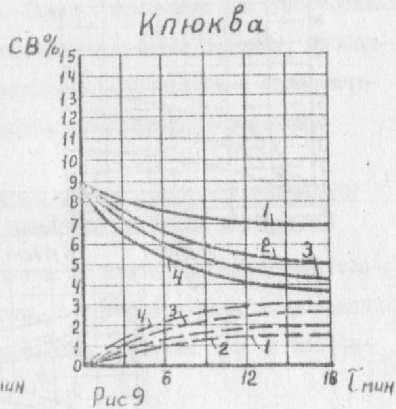
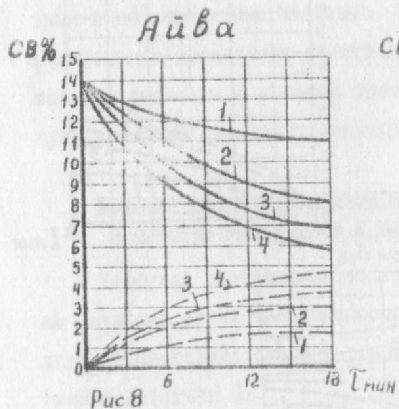
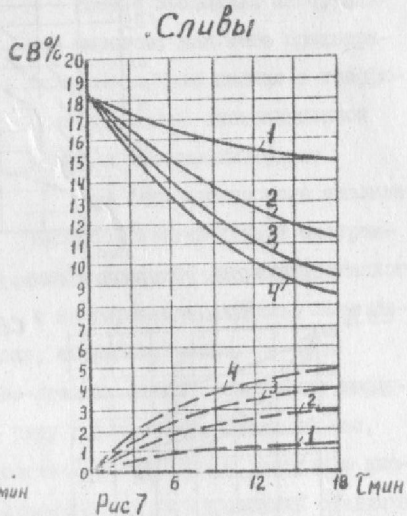
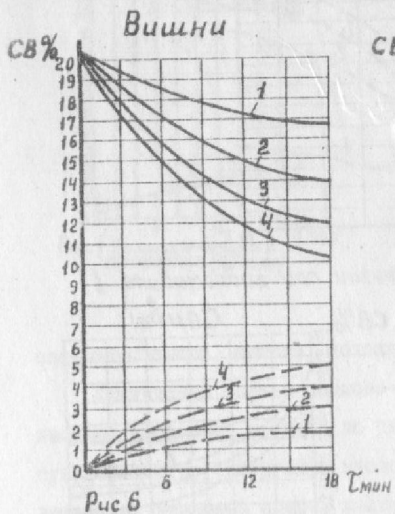


Рис 2. Характер процесса диффузии при гидромодуле 1



1 - контроль ; 2 - замораживание
 3 - электроплизм ; 4 - ферментация
 ————— сухие вещества твердой фазы
 - - - - - сухие вещества жидкой фазы

Характер процесса диффузии при гидромодуле 2



1 — контроль ; 2 — замораживание
 3 — электроплазмолиз ; 4 — ферментация
 ————— Сухие вещества твердой фазы
 - - - - - Сухие вещества жидкой фазы

Таблица I

Показатели клеточной проницаемости плодового сырья после предварительной обработки, $Q = 1$

№ п/п	Виды и сорт сырья	Вид предварительной обработки	Сухие вещества по рефрактометру, %		Размер частиц $R \cdot 10^3 \text{ м}$	Коэффициент диффузии $D \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{ч}$	Коэффициент диффузии $D \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{ч}$	Степень равновесия - d
			сырья	жидкой твердой фазы				
1.	Яблоки Антоновка	замораживание	13,6	3,9	4,34	0,110	0,796	0,57
2.	Яблоки "	электрообработ.	14,0	4,4	4,34	0,161	1,014	0,63
3.	Яблоки "	ферментация	15,0	5,2	4,34	0,100	1,31	0,69
4.	Вишня Шпанка	замораживание	19,8	5,2	4,34	0,080	0,614	0,62
5.	Вишня "	электрообработ.	20,0	5,1	4,34	0,050	0,570	0,51
6.	Вишни "	ферментация	20,4	5,3	4,34	0,078	0,575	0,52
7.	Клюква Ленинградская	замораживание	9,0	3,5	3,10	0,156	1,02	0,78
8.	Клюква "	электрообработ.	9,2	3,5	3,10	0,158	1,018	0,71
9.	Клюква "	ферментация	9,1	4,0	3,10	0,158	2,028	0,89
10.	Слива Венгерка	замораживание	16,6	3,1	4,34	0,071	0,236	0,37
11.	Слива "	электрообработ.	15,8	3,7	4,34	0,080	0,443	0,47
12.	Слива "	ферментация	15,5	3,8	4,34	0,080	0,504	0,49
13.	Бендерская Айва	замораживание	13,0	3,9	4,34	0,110	0,917	0,60
14.	Айва "	электрообработ.	13,5	4,5	4,34	0,110	1,310	0,68
15.	Айва "	ферментация	13,2	4,6	4,34	0,100	1,440	0,70

Показатели клеточной проницаемости плодового сырья после предварительной обработки, $q_1 = 2$

№ п/п	Виды и сорт сырья	Вид предварительной обработки	Сухие вещества по рефрактометру, %		Размер частиц $R \cdot 10^3$	Коэффициент диффузии $D \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{час}$ контроль	Коэффициент диффузии $D \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{час}$ опытный
			сырья	жидкой фазы			
1.	Яблоки Антоновка	замораживание	14,8	3,6	4,34	0,180	2,563
2.	Долоки	электрообработ.	13,8	3,4	4,34	0,158	2,770
3.	Яблоки	ферментация	15,6	4,1	4,34	0,153	3,420
4.	Вишня П л а н к а	замораживание	20,2	4,0	4,34	0,30	1,360
5.	Вишня	электрообработ.	20,2	4,3	4,34	0,264	1,714
6.	Вишня	ферментация	20,2	5,2	4,34	0,250	3,04
7.	Клева Ленинградская	замораживание	9,0	2,0	3,10	0,292	0,890
8.	Клева	электрообработ.	9,0	2,1	3,10	0,285	1,066
9.	Клева	ферментация	9,2	2,4	3,10	0,25	1,510
10.	Слива Венгерка	замораживание	18,8	3,2	4,34	0,20	0,650
11.	Слива	электрообработ.	16,2	3,4	4,34	0,156	0,94
12.	Слива	ферментация	16,6	3,6	3,34	0,20	1,810
13.	Айва Бендерская	замораживание	13,2	3,1	4,34	0,28	2,368
14.	Айва	электрообработ.	13,4	3,7	4,34	0,26	2,554
15.	Айва	ферментация	13,3	3,8	4,34	0,18	2,141

Между степенью равновесия диффузии и коэффициентом диффузии можно заметить довольно четкую корреляцию (табл.1). У некоторых видов сырья (клубкы) эти показатели довольно велики, а у других видов (вишни, сливы) степень равновесия диффузии и коэффициент диффузии имеют низкие значения. Коэффициент диффузии не зависит от начальной концентрации сухих веществ в сырье. Все виды сырья, подвергнувшегося предварительной обработке, отличаются более высокой проницаемостью, чем контрольные. Ферментация оказалась наиболее эффективной для клубкы и айвы. Значительный технологический эффект в отношении клубкы дает также электроплазмолиз и замораживание. Наименее эффективно применение предварительной обработки слив.

На рис. 2 показана кинетика процесса диффузии при выщелачивании клубк. Соотношение твердое тело - жидкость 1:1.

При рассмотрении графика видно, как резко, в несколько раз, интенсифицируется процесс в результате повышения клеточной проницаемости, особенно после обработки ферментными препаратами.

На рис. 3, 4 и 5 показан характер процесса диффузии при выщелачивании вишен, слив и клубкы. На графиках изображены экстракционные кривые как для жидкости, так и твердой фазы. В необработанном сырье этот процесс протекает медленно, а после замораживания, электрической обработки или ферментации - более интенсивно. Эффект интенсификации в этих опытах примерно таков, как в опытах с яблоками при определении степени равновесия диффузии.

Аналогичная серия опытов была проведена при соотношении твердой и жидкой фаз - 1:2 (табл.2).

Результаты опытов с плодами, не подвергнувшимися специальной предварительной обработке, в сопоставлении с данными,

полученными применительно к различным методам воздействия на клеточную проницаемость, приведены на рис.6-9. При этом на рис.6 показана кинетика диффузии при выщелачивании вишен, на рис.7 - слив, рис.8 - айвы, а на рис.9 - клюквы.

Во всех опытах в сырье, подвергавшемся предварительной обработке, диффузионные процессы протекают намного энергичнее, чем в контрольных образцах.

Если судить об эффективности различных способов предварительной обработки по разнице содержания сухих веществ в твердой фазе и жидкости, следует сделать вывод в пользу ферментации и электрообработки. Наиболее заметно электрообработка сказывается на таких видах сырья, как айва и вишня. Наименьший эффект от применения обоих видов предварительной обработки наблюдается для слив, т.е. повторяется зависимость, которая была получена при гидромодуле I.

Отношение коэффициентов диффузии сухих веществ обработанного и необработанного сырья показывает, что ферментация способствует усилению диффузионных процессов в вишне почти в 13 раз, айве - в 11 раз, а в сливах лишь в 9. Электрообработка интенсифицирует диффузию соответственно в 4, 7 и 8 раз, а замораживание - в 4, 8 и 3 раза, т.е. на основании результатов исследования можно прийти к выводу о том, что из всех видов предварительной обработки наибольшее влияние на ход диффузионных процессов оказывает ферментация.

При получении соков методом диффузии особо важное значение имеет количество экстрагируемой кислоты.

Наибольшее влияние на извлечение органических кислот клюквы оказала предварительная обработка электроплазмолизом. Коэффициент диффузии органических кислот в контрольных образцах

в 3-4 раза меньше, чем после обработки.

Из всех видов предварительной обработки ферментация является наиболее длительной. Для окончательного решения вопроса о том, какой из методов предварительной обработки ткани перед экстракцией более рационален, необходимо, кроме изучения проницаемости ткани, провести процесс экстрагирования в реальных условиях и установить величину не только внутреннего, но и внешнего диффузионного сопротивления.

Влияние внешнего массообмена на процесс экстракции определяли по значению ранее найденного коэффициента диффузии, с помощью которого был рассчитан коэффициент массоотдачи.

Было доказано, что внешнее диффузионное сопротивление при получении плодовых соков не играет такой важной роли, как в свеклосахарном производстве. По-видимому, это обстоятельство объясняется тем, что частицы плодового сырья в силу ряда причин имеют большие размеры, чем частицы свекловичной стружки. Поэтому в процессе противоточной экстракции общее диффузионное сопротивление определяется целиком внутренним диффузионным сопротивлением.

Аналитическое исследование массообмена в
экстракционных аппаратах полупериодического
и непрерывного действия

Для проведения исследований были разработаны экспериментальные экстракционные установки полупериодического и непрерывного действия.

Опыты проводили на разных видах сырья при 3-х кратной повторности. Постановке опыта предшествовал расчет количества диффузоров в батарее и времени экстрагирования. Расчетным путем определяли также ожидаемую концентрацию сухих веществ в каждом

№ 0. 12341

Накопление сухих веществ
в диффузионном соке

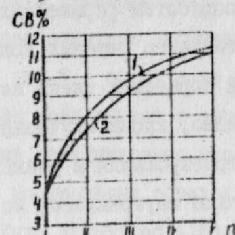


Рис. 10 Клежка.

1 — опытные данные
2 — расчетные данные
n — число диффузоров

диффузоре. Параллельно сухие вещества на каждой ступени экстрагирования определяли рефрактометрически.

Корреляция между опытным и расчетным определением концентрации сухих веществ диффузионного сока показана на рис. 10, из которого видно, что экспериментально найденное содержание сухих веществ примерно соответствует теоретическому расчету.

Характерно, что наименьшая разница между расчетными и экспериментальными данными наблюдается в отношении таких видов сырья, как клежка и вишня, обладающих тонкими клеточными стенками. Наибольшее отклонение замечается в опытах с айвой и яблоками, которые отличаются более жесткой и грубой структурой тканей.

Эффективность полупериодического метода получения плодовых соков определяли по выходу сока, степени экстрагирования сухих веществ и органических кислот в зависимости от предварительной обработки сырья и температуры экстрагирующей воды.

Во всех опытах время экстрагирования составляло 85 минут. При этом выход сухих веществ колебался в пределах 89–95 %, при абсолютной концентрации их в диффузионном соке 12,4–16,2 %. Степень экстрагирования зависела от температуры выщелачивания и характера предварительной обработки.

Повышение температуры экстрагирования неодинаково отражается на извлечении различных веществ. Так, увеличение темпе-

ратуры процесса от 20 до 40°C повышает кислотность диффузионного сока на 6–7 %. В этих же условиях прирост растворимых веществ не превышает 2–3 %.

Что касается способа предварительной обработки сырья, то в этих опытах подтверждены наблюдения, сделанные в предыдущем разделе при определении кинетических коэффициентов. Действительно, электроплазмолиз в большей мере влияет на переход экстрактивных веществ в сок, нежели замораживание.

Характер накопления сухих веществ в диффузионном соке имеет определенную тенденцию, повторяющуюся в каждом опыте. Так, в опытах с клежкой выход сухих веществ в первом диффузоре составляет 33–36 % от первоначального содержания их в сырье. Во втором диффузоре переход сухих веществ в сок по отношению к первому диффузору составляет 21–27 %, а затем в каждом последующем диффузоре по отношению к предыдущему — 17–21 %; 6,4–8,8 %; 2,7–7,8 %; 1,4–2,9 %.

Физико-химические показатели качества диффузионного сока представлены в табл. 3.

Анализируя данные табл. 3, следует отметить, что достоинством полупериодического способа является возможность регулирования процесса с целью получения высококачественного сока, близкого по своим биохимическим и органолептическим показателям к натуральному соку, полученному прессованием.

При извлечении сока методом непрерывной экстракции для всех видов сырья определены диффузионные константы D .

В рассматриваемом случае экстракции сока из фруктового сырья форма частиц представляют собой куб со стороной $7 \cdot 10^{-3}$ м. Математический аппарат расчета экстракции немного упрощается, если рассматривать вместо куба шар соответствующего размера.

Химический состав клюквенного сока
(предварительная обработка - электроплазмолиз)

Химические показатели	Сок, полученный методом прессования	Сок, полученный методом диффузии
Сухие вещества по рефрактометру, %	9,8	9,1
Общее количество сахара, %	4,32	3,96
Растворимые сахара, %	2,62	2,37
Сахара, %	0,26	0,24
Фруктоза, %	1,34	1,31
Витамины С, мг/100 г	8,62	8,14
Кислотность (по лимонной кислоте, %)	3,8	3,2
Общий пектин, %	0,48	0,46
М	2,78	2,92
Относительная плотность	1,036	1,028
Кинематическая вязкость, м ² /сек	1,68	1,62
Количество осадка по объему, %	1,8	0,9
Содержание спирта, %	0,25	0,28
Число аромата (мл Na ₂ S ₂ O ₃ на 100 г сока)	12,5	13,2

20.

-2Г.

Приведенный радиус шара равен $4,2 \cdot 10^{-3}$ м. При таком размере частиц внешнее диффузионное сопротивление ничтожно мало по сравнению с внутренним.

Для противоточной экстракции применительно к частицам шарообразной формы запишем основное уравнение для расчета отдельного интервала:

$$k_i = \frac{\bar{\zeta}_{(i-1)} + \sum_{n=1}^{\infty} A_{i,n} e^{-\mu_{i,n}^2 Fo_{d,i}} F_{i,n}}{\tau(q-1) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{L_{i,n} F_{i,n} \tau_i}{\mu_{i,n}^2 Fo_{d,i}} (1 - e^{-\mu_{i,n}^2 Fo_{d,i}})} \quad (5)$$

где K_i - коэффициент наклона экстракционной линии на интервале;

$$\zeta_i = \sum_{n=1}^{\infty} \left[A_{i,n} e^{-\mu_{i,n}^2 Fo_d} - \frac{L_{i,n} R^2 k_i}{D \mu_{i,n}^2} (1 - e^{-\mu_{i,n}^2 Fo_d}) \right] F_{i,n} \quad (6)$$

здесь μ_i - корни характеристического уравнения;

Bi - диффузионный критерий Био;

β - коэффициент массоотдачи;

D - коэффициент диффузии;

R - эквивалентный радиус твердой частицы;

Fo_d - диффузионный критерий Фурье;

$A_{i,n}$ - коэффициент, зависящий от распределения концентраций в твердом теле;

$L_{i,n}; F_{i,n}$ - коэффициенты, зависящие от критерия Bi_i ;

μ, L, F - для всех участков одинаковые величины, так как ($Bi \rightarrow \infty$).

τ - время пребывания частиц на участке

q - отношение расхода масс (выход сока, %).

Из опыта находится $K_{i,оп}$. Поскольку из формулы (5) при известном $K_{i,оп}$ нельзя в явном виде определить Fo_d , соответствующее значение критерия Фурье находим путем итерации.

Расчет произведен на ЭЦМ "Проминь". По найденному значению определяется коэффициент диффузии:

$$D_A = \frac{F_{04} \cdot R^2}{\tau_i}$$

Учитывая, что коэффициент диффузии найден для условий приближенного подобия, необходимо полученную величину разделить на критерий приближенного подобия:

$$\varepsilon = \frac{S}{S_0} \quad (7)$$

где S - полная площадь поверхности рассматриваемого тела,
 S_0 - площадь поверхности эквивалентного тела.

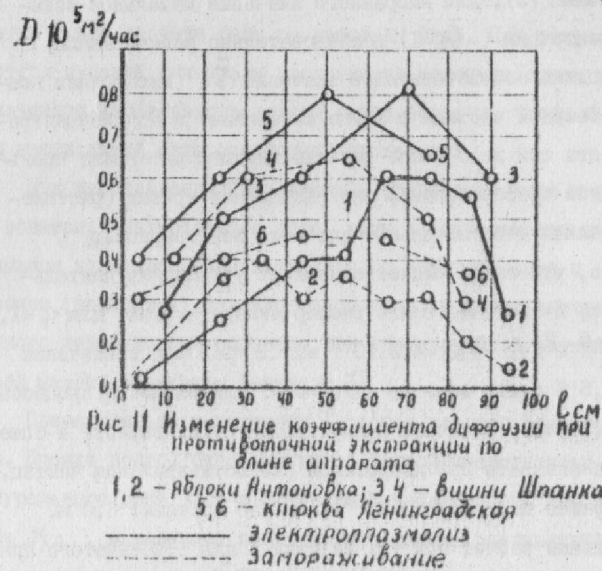
Следовательно, для перехода от шара к кубу

$$\varepsilon = \frac{S_{куба}}{\sqrt[3]{36 \pi V_{шар}}} = 1,245 \quad (8)$$

На рис. II показаны изменения величины коэффициента диффузии экстрагируемого вещества при противоточной экстракции соков яблок, абрикосов, клубны и вишен по длине аппарата.

Коэффициент диффузии по длине аппарата имеет общие для всех видов сырья закономерности: постепенное возрастание до середины или до трех четвертей длины аппарата, а затем падение на остальной его длине. Такой характер процесса может быть объяснен деформацией сырья и некоторой его подпрессовкой, особенно значительной к средней части аппарата. Эти недиффузионные эффекты могут приводить к значению приведенного (но не действительного) коэффициента диффузии большего по абсолютной величине, чем измеряемый в лабораторных условиях. Падение же коэффициента диффузии к концу процесса связано с общей для всех видов растительной ткани закономерностью резкого уменьшения упругости экстрагируемых частиц.

В процессе получения фруктовых соков диффузионным методом происходит существенное изменение коэффициента диффузии сухих



веществ в частицах фруктового сырья, что необходимо учитывать при расчете соответствующих аппаратов и режимов их работы.

Коэффициент диффузии сухих веществ из плодов, найденный в условиях противоточной экстракции, должен рассматриваться как некоторый технологический параметр, позволяющий рассчитать процесс и уточнить механизм его протекания.

Определение диффузионных свойств сырья, подвергавшегося предварительной обработке, в реальных условиях непрерывно действующего экстракционного аппарата подтвердило зависимость, найденную ранее посредством измерения коэффициента диффузии: в большинстве опытов электрообработка оказалась более эффективно влияющей на интенсивность непрерывной экстракции, чем замораживание.

Прямой интервальный (проектный) расчет производили на

основе уравнения (5). Для выбранного значения начальной избыточной концентрации ($\xi_0=1$) последовательно рассчитывали участки, находили соответствующее значение ξ_i (избыточная концентрация в твердой частице в конце интервала) и C_i (концентрация экстрагента там же). После расчета каждого интервала производили аффинное преобразование экстракционных кривых (растяжение) и определяли действительное значение концентраций.

Показано, что такой расчет позволяет установить длительность процесса и соответственно размер аппарата. Так, для $q=1,4$, $D = 0,35 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{ч}$, $R_{э\&v}=4,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $C_0=14\%$ при извлечении из плодов 96,5 % сухих веществ ($C_K=0,5$) длительность процесса составляет 1,35 час, конечная концентрация сухих веществ в соке 9,75 %. Длина аппарата при допустимой скорости движения частиц, не препятствующей их деформации, 4,5 м/час составит 6,0 м.

Интервальный расчет при тех же данных для ступенчатого прямоточно-противоточного процесса (прямоток в каждой ступени и противоток при переходе от ступени к ступени) показал, что для получения таких же конечных данных, как и в случае противотока, длительность процесса должна возрасти на 80 % и состоять из 8 ступеней, каждая длительностью 0,3 часа.

Технологические расчеты купажей подслащенных соков

Теория купажей до настоящего времени не разработана, хотя купаж является весьма эффективным средством улучшения качества соков. Путем подслащивания можно получить соки, отличающиеся гармоничным вкусом.

Необходимо отметить, что в действующих технологических инструкциях нет точных указаний относительно расчета рецептур при купажевании фруктовых соков с сахарным сиропом. В связи

с этим такие расчеты были разработаны нами. При разработке рецептуры купажей учитывали кислотность исходных соков и подбирали количество добавляемого сахара таким образом, чтобы был обеспечен необходимый сахарокислотный показатель.

При изготовлении подслащенных фруктовых соков гармонического сочетания натурального сока, воды и сахара можно достичь в основном купажеванием натурального отжатого сока с сахарным сиропом (вариант I) или купажеванием водного экстракта, полученного диффузионным способом при противоточной экстракции плодовой мякоти, с сахаром (вариант II).

Применительно к варианту I расчет ведется следующим образом. Прежде всего, руководствуясь данной кислотностью исходного натурального сока K_H и задаваемой кислотностью подслащенного сока K_P , определяют необходимую степень разбавления:

$$n = \frac{K_H}{K_P} \quad (9)$$

Отсюда находят рецептуру компонентов купажа:

A - доля натурального сока в подслащенном, B - доля сахарного сиропа.

$$A = \frac{100}{n} \% \quad (10)$$

$$B = 100 - A \% \quad (11)$$

Что касается концентрации сахарного сиропа β , то ее рассчитывают на основании сахарокислотного индекса J , кислотности исходного сока K_H % и содержания сахара в нем a %, а также требуемой степени разбавления n :

$$\beta = \frac{JK_H - a}{n - 1} \quad (12)$$

Так, если исходная кислотность вишневого сока составляет 1,7%, содержание сахара в нем - 16%, заданные кислотность и сахарокислотный индекс подслащенных соков определены соответст-

венно в 1% и 24, то для этого случая $n = 1,7$, $A = \frac{100}{1,7} = 60\%$,
 $B = 40\%$, а концентрация сиропа

$$b = \frac{24,1,7-16}{1,7-1} = 35\%$$

Если же купаживать водный экстракт, получаемый диффузионным способом в процессе противоточной экстракции плодовой мезги, не с сиропом, а с сухим сахаром, то (вариант II) расчет ведется иначе. Вначале подсчитывают рецептуру компонентов и концентрации сахара в сиропе в соответствии с вариантом I. Затем определяют применительно к варианту II содержание сахара в рецептуре B_1 :

$$B_1 = \frac{Bb}{100} \% \quad (13)$$

а, следовательно, количество диффузионного сока в рецептуре

$$A = 100 - B_1\%$$

Необходимую концентрацию в диффузионном соке a_1 рассчитывают по формуле

$$a_1 = \frac{Aa}{100 - \frac{Bb}{100}} \% \quad (14)$$

Поэтому, если получать купаженный вишневый сок по варианту II, то рецептура его будет: количество сахара

$$b_1 = \frac{40,35}{100} = 14\%, \text{ количество диффузионного сока } A_1 = 100 - 14 = 86\%.$$

Сок из мезги экстрагируют с таким расчетом, чтобы концентрация сахара в нем перед купажем $a_1 = \frac{16,60}{100 - \frac{40,35}{100}} = 11,1\%$.

Именно на такое содержание сахара в диффузионном соке должен быть отработан режим диффузионной батареи или непрерывно действующего аппарата.

Учитывая, что в производственных условиях экспрессным методом можно определить только содержание сухих веществ, а не сахара, следовало бы в качестве индекса принимать не отношение

Таблица 4

	Клиженный сок		Вишневый сок	
	Вариант I	Вариант II	Вариант I	Вариант II
Химические показатели качества подслащенного сока				
Сухие вещества по рефрактометру, %	21,2	21,2	18,9	18,9
Общее количество сахаров, %	19,38	19,36	17,24	17,6
Инвертный сахар, %	19,00	18,6	16,9	17,0
Фруктоза, %	9,80	8,7	8,1	8,4
Сахароза, %	0,34	0,36	0,69	0,54
Витамин С, мг/100 г	8,4	8,34	16,8	16,2
Кислота (в пересчете для клиженного сока - на лимонную, для вишневого - на яблочную), %	1,54	1,52	1,46	1,43
Пектиновые вещества, %	0,58	0,3	0,5	0,34
pH	3,15	3,2	3,26	3,32
Относительная плотность	1,08	1,00	1,07	1,02
Кинематическая вязкость, м ² /сек	1,69	1,69	1,33	1,33
Количество осадка по объему, %	1,8	1,9	1,9	1,1
Содержание спирта, %	0,32	0,33	0,28	0,30
Число аромата (мл Na ₂ S ₂ O ₃ на 100 г. сока)	11,4	12,8	13,8	13,2

сахара, а сухих веществ к кислоте. Расчет при этом не изменяется, только вместо сахара принимается содержание сухих веществ по рефрактометру.

В соответствии с этой методикой в лабораторных условиях были проведены опыты по изготовлению подслащенных соков из клюквы и вишни двумя способами (вариант I и II).

Химический состав подслащенных соков представлен в табл.4. Данные химического состава соков свидетельствуют о том, что с помощью предложенных технологических расчетов можно на основе диффузионных получить подслащенные соки, близкие по основным показателям к контрольному образцу, т.е. полученному прессованием.

Результаты лабораторных исследований были проверены в производственных условиях на диффузионной батарее полупериодического действия при получении соков из слив, вишен и ежевики.

В качестве предварительной обработки применяли замораживание в холодильных камерах при температуре -18°C . Сделанные ранее выводы подтвердились при заводских испытаниях.

ВЫВОДЫ

I. На основании современных методов анализа и расчета процессов тепло- и массообмена уточнен механизм получения фруктовых соков диффузионным методом, определено влияние предварительной обработки плодов на скорость диффузии экстрактивных веществ. Установлено, что интенсивность процесса при переходе от периодического к непрерывному возрастает в 2 раза. Подготовлен соответствующий математический аппарат, необходимый для оценки результатов экспериментальных исследований.

2. Изучена степень равновесия диффузии d применительно к широкому ассортименту плодов и ягод после предварительной обработки различными методами, что дало возможность рассчитать необходимое количество диффузоров и построить соответствующую лабораторную установку полупериодического действия, которая позволяет осуществить процесс в батарее из 5-10 аппаратов с гидромодулем, близким к единице.

3. Разработана критериальная номограмма для разных значений гидромодуля ($q = 1$, $q = 2$), применяемая при определении кинетических коэффициентов диффузии в процессе получения фруктовых соков.

4. Для интенсификации процесса экстракции растворимых веществ из плодовой ткани с помощью холодной воды растительное сырье подвергают предварительной обработке пектолитическими ферментными препаратами, электроплазмолизу или замораживанию. Из этих методов повышения клеточной проницаемости более эффективным является ферментация, при которой величина коэффициента диффузии достигает для всех видов сырья максимального значения и составляет от $1,51 \cdot 10^{-6}$ м²/час до $3,42 \cdot 10^{-6}$ м²/час; менее эффективно - замораживание, где коэффициент диффузии находится в пределах от $0,65 \cdot 10^{-6}$ м²/час до $2,58 \cdot 10^{-6}$ м²/час.

5. Характер предварительной обработки плодов неодинаково влияет на скорость экстракции различных компонентов сырья. Так, коэффициент диффузии органических кислот при электроплазмоллизе, например, клюквы оказывается в 1,4-2 раза больше, чем после замораживания и ферментации.

6. Коэффициент диффузии, определенный в опытах по настаиванию, в два с лишним раза меньше, чем в тех случаях, когда

для того же сырья и при тех же методах его подготовки процесс ведется на установке, в которой внешнее диффузионное сопротивление сведено к минимуму за счет движения растворителя (критерий $B_{1A} \rightarrow \infty$ уменьшаясь до значений порядка 2-5).

7. Экспериментальное определение нарастания сухих веществ в батарее полупериодических диффузоров хорошо согласуется с теоретическими расчетами, основанными на степени равновесия диффузии.

Несмотря на повышенное внешнее диффузионное сопротивление, в установке полупериодического действия удается вести процесс при небольшом превышении жидкой фазы над твердой и получать сок с хорошими химическими и органолептическими показателями качества.

8. Процесс получения плодовых соков на непрерывно действующем экстракторе характеризуется более высоким значением кинетических коэффициентов, в среднем на 75 %, чем в батарее диффузоров. Достигаемое же при этом повышенное значение гидромодуля не приводит к ухудшению качества продукции при изготовлении подслащенных соков, технология которых требует значительного разбавления натурального сока сиропом.

9. Кинетика процесса экстракции, выражающаяся через изменение коэффициента диффузии по длине аппарата, имеет общие для всех видов сырья закономерности: постоянное возрастание до середины, а затем падение на остальной части длины. Такой характер процесса объясняется деформацией сырья, связанной с некоторой подпрессовкой его в процессе экстракции. Кроме того, некоторое влияние на изменения коэффициента диффузии оказывают различные компоненты химического состава плодов, отличающиеся между собой молекулярной массой.

10. Разработаны методы технологических расчетов, учитывающие кислотность сырья, подслащенного сока и требуемый сахарокислотный индекс.

Полученные формулы дают возможность не только рассчитать требуемую рецептуру подслащенных соков и концентрацию сахара в купажном сиропе, но и научно обосновать режим работы диффузионной батареи или непрерывно действующего аппарата с тем, чтобы правильно регулировать содержание экстрактивных веществ в диффузионном соке.

Экспериментально доказано, что, пользуясь предложенными методами технологических расчетов, можно получить подслащенные фруктовые соки примерно одинакового качества, характеризующиеся гармоническим сочетанием натурального сока, воды и сахара, двумя различными способами: смешиванием отжатого на прессе сока с сахарным сиропом и купаживанием диффузионного сока с сахаром.

Лабораторные исследования подтверждены заводскими испытаниями по изготовлению подслащенных соков из ежевики, сливы и кизила.

11. Химический анализ образцов соков, отжатых на прессе и нормализованных по сухим веществам до образцов диффузионных соков, позволяет сделать вывод о преимуществе диффузионных соков над прессовыми. Диффузионный сок содержит в 2 раза меньше осадка и прозрачнее прессового, а также содержит больше дубильных и красящих веществ. Данные хроматографического анализа аминокислотного состава показывают, что опытные образцы не отличаются от контрольных. Такая же тенденция отмечается и в отношении ароматических веществ.

12. При разработке экстракционной аппаратуры периодического и непрерывного действия для получения фруктовых соков диф-

фузионным методом использовали интервально-итерационный метод расчета, основанный на критериальной и экспериментальной номограммах.

13. Техничко-экономический анализ диффузионного метода получения соков показал, что срок окупаемости капитальных вложений при внедрении диффузионного способа составляет 3,5 года при нормальном сроке 5 лет.

Материалы диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Флауменбаум Б.Л., Шенгелия А.С. Применение электроплазмолиза для интенсификации диффузии в производстве фруктовых соков. "Изв. вузов СССР. Пищевая технология", 1971, № 6.

2. Лысянский В.М., Шенгелия А.С., Флауменбаум Б.Л. Исследование кинетики получения фруктовых соков диффузионным способом и методы расчета процесса. Тезисы докл. XXXVI научной конференции КТИП, Киев, 1971.

3. Шенгелия А.С. Определение коэффициента диффузии растворимых веществ в ткани растительного сырья и расчет процесса противоточной экстракции. Сообщения Академии наук Грузинской ССР, 66, № 2, 1971.

4. Шенгелия А.С., Флауменбаум Б.Л. Непрерывный экстракционно-прессовый способ получения плодовых соков. Тезисы докл. XXXVII научной конференции КТИП, Киев, 1972.

5. Шенгелия А.С., Лысянский В.М. Определение коэффициента диффузии при экстрагировании плодового сырья. "Изв. вузов СССР. Пищевая технология", 1972, № 3.

6. Флауменбаум Б.Л., Шенгелия А.С. Технологические расчеты при изготовлении подслащенных соков. "Консервная и овощесушильная промышленность", № 5, 1973.

По материалам диссертации сделан доклад на XXXIII научной конференции ОТИП им. М.В. Ломоносова, 1972 г.