

АВТОРЕФ.

А 95

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

АХМЕДОВ Ахяд Ахмедович

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРОВАНИЯ НЕОСВЕТЛЕННЫХ
ПЛОДОВЫХ СОКОВ

Специальность 05.18.13 – технология кон-
сервированных пищевых продуктов

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

Одесса – 1981

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

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор А.Ф. ФАН-ЕНГ

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор И.Г. ЧУМАК;
кандидат технических наук,
доктор Т.Ф. ЗЫКИНА

Ведущая организация - Молдавский научно-исследовательский
институт пищевой промышленности.

Защита состоится "25" декабря 1981 года в 12 часов
на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском
технологическом институте пищевой промышленности им. М.В. Ломоно-
сова, 270039, г. Одесса-39, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского
технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоно-
сова.

Автореферат разослан "23" ноября 1981 г.

ОНАХТ 18.11.10
Исследование фильтро



v013781

А.Ф. Загибалов

ИИ
ИШ-
002
А

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность тем. "Основные направления экономического и со-
циального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года
предусматривают: "В отраслях пищевой промышленности увеличить вы-
пуск продукции на 23-26 процентов. Внедрять непрерывные схемы и
интенсивные режимы производства".

Выполнение этой задачи может быть обеспечено за счет создания
и внедрения нового автоматизированного оборудования и за счет опти-
мизации режима работы действующего оборудования.

В консервной промышленности СССР по темпам роста первое место
занимает производство плодовых соков. Одной из основных производ-
ственных операций при выработке соков без мякоти является их филь-
трование. Хотя теория и практика фильтрования широко освещены в ли-
тературе (В.А. Дужиков, Г.М. Знаменский, В.Н. Стабников, А.Ф. Фан-
Енг, В. Ruth и др.), применительно к плодовым сокам этот про-
цесс изучен недостаточно.

Плодовые соки без мякоти вырабатывают как осветленными, так и
неосветленными и в обоих случаях их фильтруют. В области фильтро-
вания осветленных соков имеется ряд исследований. Процесс фильтрования
неосветленных соков не изучен. Осветленный и неосветленный соки
различаются между собой по вязкости, количеству и размерам взвешен-
ных частиц, прозрачности и другим показателям. Поэтому нельзя эмпи-
рически перенести закономерности фильтрования осветленных соков на
процесс фильтрования неосветленных соков.

Выпуск прозрачного сока сдерживается применением для осветле-
ния дорогостоящих ферментных препаратов и желатина, а также слож-
ностью и длительностью процесса осветления. В связи с этим актуаль-
ным является изыскание способа и разработка режимов получения про-
зрачного продукта в потоке путем механической обработки неосветлен-
ного сока.

Переучет 19.81

В группе консервированных плодовых соков основное место занимает яблочный, выработка которого составляет 45 % от всего количества соков. В отличие от других яблочный сок плохо поддается осветлению. Поэтому фильтрование неосветленного яблочного сока представляет особый интерес.

Все это обусловило необходимость исследования фильтрования неосветленных плодовых соков.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы являлось исследование закономерностей процесса фильтрования неосветленных плодовых соков и изыскание путей его интенсификации.

Для этого было намечено решить следующие задачи:

- определить закономерности фильтрования неосветленных плодовых соков и провести его теоретический анализ;
- установить оптимальные режимы получения непрозрачного сока;
- изыскать ускоренный способ и разработать оптимальные режимы получения прозрачного сока путем механической обработки неосветленного сока;
- исследовать влияние фильтрования на размер частиц осадка, массовую долю взвесей в соке и на качество продукта;
- разработать на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований рекомендации по оптимизации процесса фильтрования в производственных условиях.

Научная новизна работы. Выявлены закономерности фильтрования неосветленных плодовых соков через различные перегородки. Дано математическое описание процесса комбинированного фильтрования. Получены соотношения, которые определяют условия оптимального сочетания производительности фильтра и затрат фильтрующих материалов. Построены математические модели процесса фильтрования, включающие основные и наиболее существенно-влияющие параметры. Разработана методика определения задерживающей способности фильтрующих материалов по

оптической плотности сока. Предложена схема комбинированной фильтрующей перегородки для получения прозрачного сока в потоке.

Практическая ценность работы заключается в переводе процесса фильтрования на непрерывную схему путем замены осветления сока ферментными препаратами на фильтрование через комбинированную перегородку. Разработаны оптимальные режимы фильтрования, позволяющие увеличить производительность фильтровального оборудования и срок службы фильтрующих материалов в 2 раза. Суммарный экономический эффект от внедрения способа и режимов фильтрования составляет 43,9 руб. на 1 тонну сока.

Практическая ценность работы подтверждается актами производственных испытаний и дегустации на Хасавюртовском консервном заводе Дагестанской АССР.

Апробация работы. Основные положения работы доложены и одобрены на 40-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава ОТИШ им. М.В. Ломоносова (1980 г.), I-ой Всесоюзной конференции "Автоматизированные системы обработки изображений" (Москва, 1981 г.), республиканской научной конференции молодых ученых по актуальным проблемам пищевой промышленности II-ой пятилетки (Тбилиси, 1981 г.), заседаниях кафедры технологии консервирования ОТИШ им. М.В. Ломоносова. По предложенному способу и режимам фильтрования в 1980 году на Хасавюртовском консервном заводе выработана опытно-промышленная партия яблочного сока.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 работ.

Структура и объем работы. Диссертация имеет объем 180 страниц машинописного текста, содержит 25 таблиц, иллюстрирована 53 рисунками и состоит из введения, четырех глав, выводов и приложений. Список литературы включает 167 источников, в том числе 36 на иностранных языках.

Введение содержит обоснование темы. Дано уточнение терминам

"неосветленный сок" и "осветленный сок". Применительно к готовому продукту рекомендовано пользоваться терминами "прозрачный сок" и "непрозрачный сок", подразумевая под первым термином сок с массовой долей взвесей не более 0,1 %, а под вторым - сок с массовой долей взвесей до 0,3 %.

В главе I дан краткий обзор теории и техники фильтрования. Рассмотрены теоретические предпосылки процесса фильтрования; дан анализ факторов, влияющих на скорость фильтрования и качество фильтрата; описано оборудование для фильтрования соков; рассмотрен химический состав и пищевая ценность плодовых соков. На основании анализа литературных данных поставлена цель и определены задачи исследования.

В экспериментальной части приведены сведения об объектах, технике и методах исследований. Рассмотрены вопросы: выбор фильтрующей перегородки для обработки неосветленных соков; разработка метода определения задерживающей способности фильтрующих материалов; влияние фильтрования на размер частиц дисперсной фазы сока. Определены закономерности фильтрования неосветленных соков, проведен теоретический анализ процесса фильтрования. Исследовано влияние режимов фильтрования на интенсивность процесса, построены математические модели процессов фильтрования. Изучено влияние фильтрования на качество сока, даны рекомендации промышленности. Экспериментальные данные обработаны статистически.

ОБЪЕКТЫ, ТЕХНИКА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для лабораторных исследований использовали сок из смеси сортов яблок, консервированный методом горячего розлива в 10 л бутлях. Проверочные испытания проводили с неосветленными айвовым и сливовым соками, консервированными таким же методом. В производственных условиях фильтровали также яблочный сок, обработанный мгновенным подогревом.

Из фильтрующих материалов были испытаны фильтровальный картон отечественных марок Т, КТФ-1, КОФ-3 и импортный фильтркартон марок АК-10, К-10(4531), К-10(775), а также фильтровальная ткань Бельтинг "Ф" и различные комбинации этих фильтрующих материалов.

Влияние режимов фильтрования на интенсивность процесса исследовали на разработанных нами лабораторных установках. Опыты проводили под вакуумом и под давлением. Установка для фильтрования плодовых соков под давлением показана на рис. I.

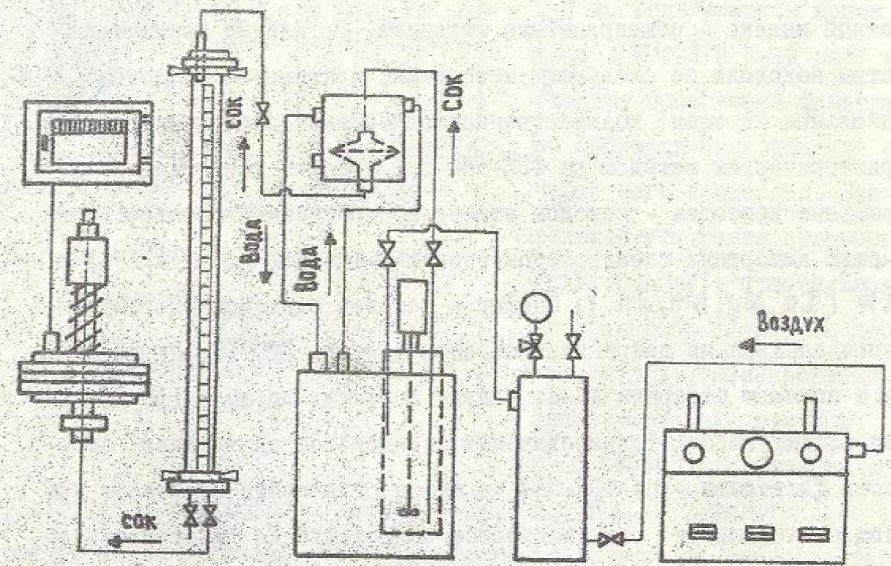


Рис. I. Схема лабораторной установки для фильтрования плодовых соков под давлением

Запись объема фильтрата по времени осуществлялась автоматически с помощью комплекта приборов, состоящего из индукционного датчика уровня и самопишущего прибора.

Дисперсность осадка яблочного сока исследовали на измерительном комплексе "Протва-ЭВМ" Всесоюзного научно-исследовательского института биосинтеза белковых веществ "ВНИИсинтезбелок". Измери-

тельный комплекс "Протва-ЭВМ" состоит из устройства получения информации "Протва" и ее обработки ЭВМ "М-6000", и работает по принципу сканирования изображения препарата, увеличенного микроскопом. Кроме того, для исследования осадков использования электронный микроскоп "Opton" (ФРГ).

Для оценки влияния фильтрования на качество сока определяли: массовую долю - сухих веществ, сахаров, спирта, аскорбиновой кислоты, взвесей, золь; общую кислотность; рН; общий азот; коллоиды общие; ароматические вещества; относительную плотность; сахаро-кислотный индекс - общепринятыми методами. Остальные показатели качества находили по следующим методикам: пектиновые вещества - карбазольным методом; количественное содержание общих полифенолов - колориметрическим методом на ФЭК-56М при красном светофильтре; минеральные вещества - методом атомно-абсорбционной спектроскопии с помощью импортных спектрофотометров ААС-1 (Na, K, Fe, Cu) и ААС-1N (Ca, Mg, Mn, Zn); фосфор - методом эмиссионного спектрального анализа на дифракционном спектрографе ДЭС-13, путем прожигки с помощью аппарата АИ-3, в дугу переменного тока (15 А). Для оценки эффективности фильтровальных перегородок определяли: прозрачность фильтрата - на ФЭК-56М по шкале оптической плотности при зеленом светофильтре; гидравлическое сопротивление фильтровальной перегородки - фильтрованием дистиллированной воды при перепаде давлений $\Delta P = 98,8$ кПа; задерживающую способность фильтровальной перегородки - по разработанному нами методу, по разности оптической плотности сока до и после фильтрования; впитываемость сока фильтрующими материалами - по разности массы фильтровальной перегородки.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Выбор фильтрующей перегородки для обработки неосветленных соков

Исследования показали (рис. 2, табл. 1), что фильтровальный кар-

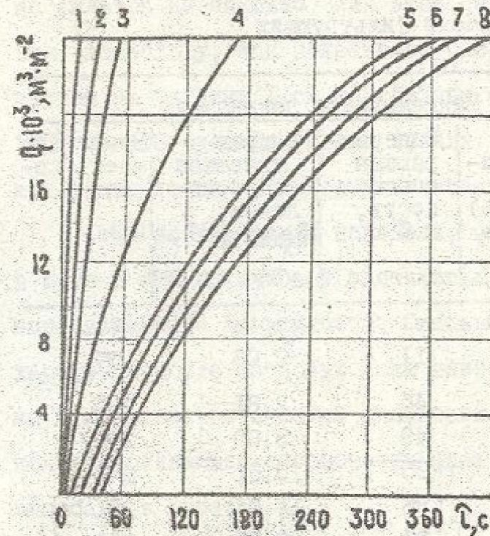


Рис. 2. Изменение объема фильтрата по времени

Тип фильтрующего материала:

- 1 - Бельтин 2"Ф"; 2 - Т;
- 3 - КТФ-1; 4 - Т-К-10 (4531);
- 5 - К-10 (775); 6 - К-10 (4531);
- 7 - КОФ-3; 8 - АК-10

фильтрующая перегородка Т-К-10 (4531) или Т-К-10). Фильтрпресс за-
ряжают таким образом, чтобы фильтруемый сок сначала проходил через
пластины Т, а затем через пластины К-10.

Таким образом, с точки зрения оптимального сочетания произво-
дительности фильтра и прозрачности фильтрата следует применять
фильтркартон марки Т при получении непрозрачного сока и комбини-
рованную перегородку Т-К-10 при получении прозрачного сока.

тон марок Т и КТФ-1 не до-
водит сок до кристалльной про-
зрачности. Однако он обеспе-
чивает высокую производи-
тельность фильтра и пригоден для
получения непрозрачного, но
стандартного сока с массовой
долей взвесей не более 0,2...
0,3 %. Фильтркартон марок
АК-10, КОФ-3 и К-10 дает кри-
сталльно прозрачный фильтрат,
но скорость фильтрования сока
через него невысокая. значи-
тельное ускорение процесса
фильтрования и кристалльная
прозрачность фильтрата дости-
гается при комбинировании
фильтрующих пластин Т и
К-10 (4531) (комбинированная

Таблица I

Характеристика эффективности фильтрующих материалов

Тип фильтрующей перегородки	Наименование показателя				
	Прозрачность (оптическая плотность) фильтрата, d''	Задерживающая способность, %	Гидравлическое сопротивление, $R_{ф.л.} \cdot 10^{-10} \frac{м^{-1}}$	Впитываемость сока, %	
Фильтровальная ткань Бельтинг "Ф"	1,35	11	2,06	77	
Фильтровальный картон	Т	0,85	45	2,81	297
	КТФ-I	0,78	49	3,00	290
	КОФ-3	0,06	95	10,51	244
	АК-10	0,05	196	11,04	281
	К-10 (775)	0,17	89	8,75	295
	К-10 (4531)	0,15	90	9,56	254
Комбинированная перегородка Т-К-10 (4531)	0,03	98	5,96	280	

2. Разработка метода определения задерживающей способности фильтрующих материалов

Для определения задерживающей способности фильтрующих материалов используется следующее выражение:

$$K_{\phi} = \frac{q' - q''}{q''} \quad (I)$$

При этом массовую долю твердых частиц в пробах жидкости, взятых до фильтровальной перегородки q' и после нее q'' , находят отстаиванием или дополнительным фильтрованием сквозь плотную фильтровальную бумагу. Существующий метод не позволяет оценить задерживающую способность фильтрактона марок АК-10, КОФ-3, К-10 и комбинированной фильтрующей перегородки Т-К-10, так как сок, фильтруемый через эти материалы, содержит настолько малый осадок и в таком малом количестве, что он легко проходит через поры даже самой плотной фильтровальной бумаги (синяя лента). Следовательно, определить

величину q'' для АК-10, КОФ-3; К-10 и Т-К-10 с помощью бумажного фильтра невозможно. Для этой цели не подходит и метод отстаивания, поскольку, как показывает расчет, продолжительность оседания частиц на глубину 1 см составляет при радиусе 10^{-4} см - 3,82 ч; 10^{-5} см - 16 сут. Для более мелких частиц ($10^{-6} \dots 10^{-7}$ см) расчетное время оседания измеряется годами.

Наши исследования показали, что между массовой долей взвесей в соке и его оптической плотностью существует прямо пропорциональная (линейная) зависимость. Следовательно, показатели q' и q'' , характеризующие массовую долю взвесей в соке, могут быть заменены на показатели оптической плотности сока и выражение для определения задерживающей способности фильтрующих материалов может быть записано в виде:

$$K_{\phi} = \frac{d' - d''}{d'} \cdot 100 \quad (2)$$

где d' и d'' - оптическая плотность сока соответственно до и после фильтрования, определяемая по ФЭКу; 100 - перевод в проценты.

Математическая обработка экспериментальных данных показала, что погрешность разработанного метода составляет 2,6 %.

3. Влияние фильтрования на размер частиц дисперсной фазы сока

Производительность фильтровального оборудования, срок службы фильтрующих материалов, прозрачность получаемого фильтрата и устойчивость фильтрата против помутнений при хранении во многом зависят от размеров диспергированных в соке частиц. По размерам твердых частиц, прошедших через фильтровальную перегородку, можно судить также и о величине пор этой перегородки.

Исследования дисперсности взвесей в соке показали (рис. 3), что исходный сок-полуфабрикат содержит частицы осадка площадью от 0,5 до 156 $\mu\text{м}^2$, причем преобладают частицы 36 $\mu\text{м}^2$. Фильтрактоном марки Т полностью задерживает частицы площадью 108 $\mu\text{м}^2$ и частично

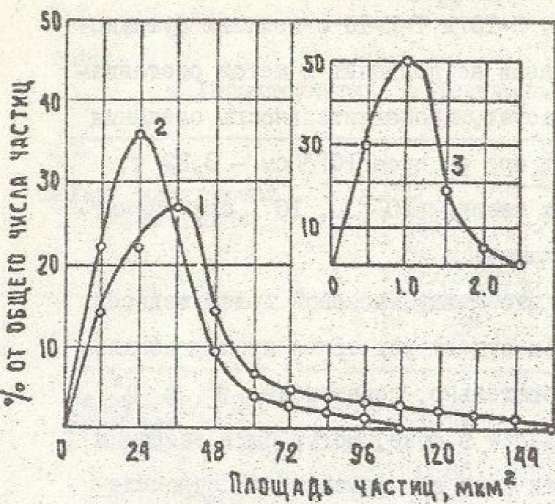


Рис. 3. Распределение взвесей в яблочном соке:

- 1 - неосветленном полуфабрикате;
- 2 - профильтрованном через пластину Т;
- 3 - профильтрованном через комбинированную перегородку Т-К-10

вось его против помутнений при хранении.

4. Закономерности фильтрования неосветленных плодовых соков

В соответствии с известным способом определения вида фильтрования, экспериментальные данные исследовали в координатах $q-W$; $\tau - \tau/q$; $\tau - 1/W$ и $q - \tau/q$ (q - объем фильтрата, полученного с 1 м² поверхности фильтрования, м³·м⁻²; W - скорость фильтрования м³·м⁻²·с⁻¹; τ - продолжительность фильтрования, с).

При фильтровании неосветленных яблочного, айвового и сливового соков через фильтркартон марки Т экспериментальные данные располагаются на прямой линии в координатах $\tau - 1/W$ (рис. 4). Следовательно, фильтрование в данном случае носит промежуточный характер между шламным и закупорочным и подчиняется уравнению:

более мелкие частицы, а оставшиеся в соке взвеси имеют площадь преимущественно 24 мкм². После фильтрования через перегородку Т-К-10 остаются только частицы площадью 0,5...2,0 мкм².

Анализ полученных с помощью микроскопа "Opton" фотографий исследованных осадков показал их хорошее соответствие данным, полученным на комплексе "Протва-ЭВМ".

Таким образом, комбинированная фильтрующая перегородка Т-К-10 значительно снижает размеры и массовую долю взвесей в соке, тем самым повышая прозрачность фильтрата и устойчи-

$$\frac{1}{W} = \frac{1}{W_{нач}} + K'' \tau \quad (3)$$

где K'' и $1/W_{нач}$ - константы фильтрования.

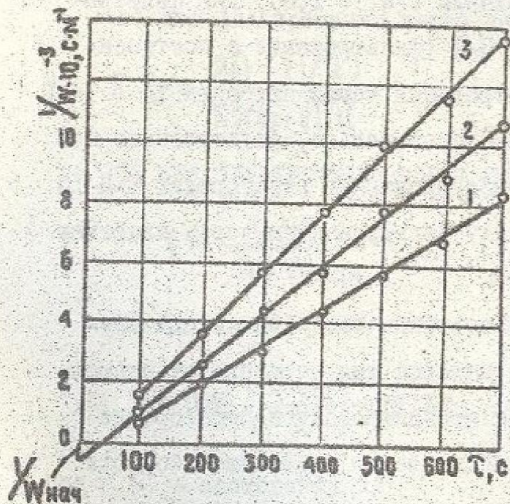


Рис. 4. К определению вида фильтрования неосветленных соков через фильтркартон Т:
1 - айвовый сок; 2 - яблочный сок; 3 - сливовый сок

Погрешность уравнения (3) равна 2,2%. При фильтровании неосветленных соков через фильтркартон К-10 экспериментальные данные дают прямую линию в координатах $\tau - \tau/q$. Следовательно, фильтрование неосветленных плодовых соков через фильтркартон марки К-10 идет с постепенным закупориванием пор фильтрующей перегородки твердыми частицами осадка и может быть охарактеризовано следующим уравнением:

$$\frac{K\tau}{2} = \frac{\tau}{q} - \frac{1}{W_{нач}} \quad (4)$$

где K - константа фильтрования, м⁻¹.

Путем статистической обработки экспериментальных данных найдена погрешность этого уравнения ($\alpha = 3,42\%$).

Показано, что вид фильтрования не зависит от типа сока и режимов фильтрования (перепада давлений, температуры и массовой доли взвесей). С учетом сказанного через комбинированную перегородку Т-К-10 фильтровали только неосветленный яблочный сок. Экспериментальные точки, в этом случае, располагаются вблизи прямой линии в координатах $\tau - \tau/q$ и $\tau - 1/W$. Это указывает на то, что исследуемый процесс фильтрования приближается либо к фильтрованию с постепенным закупориванием пор, либо к фильтрованию промежуточного вида,

или же занимает промежуточное между ними положение. Чтобы уточнить вид фильтрования через перегородку Т-К-Ю, путем исследования обобщенного уравнения фильтрования, найдено значение коэффициента β , характеризующего вид фильтрования ($\beta = 1,2$). Для фильтрования через перегородку К-Ю $\beta = 3/2$ (фильтрование с постепенным закупориванием пор), а для фильтрования через пластины Т $\beta = 1$ (фильтрование промежуточного вида). Следовательно, фильтрование неосветленных плодовых соков через комбинированную перегородку Т-К-Ю занимает промежуточное положение между фильтрованием через пластины Т и перегородку К-Ю.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили выдвинутой нами гипотезу, в соответствии с которой при переходе от перегородки Т к перегородке К-Ю и далее к комбинированной перегородке изменяется вид фильтрования, чем и объясняется изменение скорости процесса.

Путем определения коэффициентов обобщенного уравнения фильтрования получено следующее выражение, описывающее процесс комбинированного фильтрования через перегородку Т-К-Ю:

$$\tau = 0.42 W^{-0.8} - 401 \quad (5)$$

Уравнение (5) удовлетворительно описывает процесс фильтрования через перегородку Т-К-Ю, так как его погрешность не превышает 6,2 %.

5. Теоретический анализ процесса фильтрования неосветленных плодовых соков

С учетом закономерностей процесса фильтрования выведены формулы, позволяющие определить режимы работы фильтра, обеспечивающие оптимальное сочетание его производительности и затрат фильтрующих материалов. Допуская, что оптимальное сочетание производительности фильтра и затрат фильтрующих материалов достигается в момент, когда скорость фильтрования W уменьшается по сравнению с начальной в

u раз (т.е. $W_{нач}/W = u$) получены следующие формулы для расчета оптимального времени фильтрования и объема фильтрата:

а) для фильтрования через перегородку К-Ю

$$\tau = \frac{2(1-\sqrt{1/u})}{K W_{нач} \sqrt{1/u}}; \quad (6) \quad q = \frac{2(1-\sqrt{1/u})}{K}; \quad (7)$$

б) для фильтрования через перегородку Т

$$\tau = \frac{u-1}{K''' W_{нач}}; \quad (8) \quad q = \frac{\rho n u}{K''}; \quad (9)$$

в) для фильтрования через перегородку Т-К-Ю

$$\tau = 0.42 \left(\frac{W_{нач}}{u} \right)^{0.8} - 401; \quad (9) \quad q = c - 1.68 \left(\frac{W_{нач}}{u} \right)^{0.2}, \quad (10)$$

где c - постоянная.

6. Влияние режимов фильтрования на интенсивность процесса

Исследовали влияние перепада давлений, температуры и массовой доли взвесей на интенсивность фильтрования неосветленного яблочного сока через перегородки Т и Т-К-Ю.

Опыты показали, что скорость фильтрования через пластины Т вначале с повышением перепада давлений (ΔP) резко возрастает, достигает максимума при $\Delta P = 58,8$ кПа, а затем снова падает. Снижение скорости фильтрования можно объяснить легкой сжимаемостью осадка, который при перепаде давлений выше 58,8 кПа деформируется, уменьшая поры фильтрующей перегородки. Максимальная скорость фильтрования через комбинированную перегородку Т-К-Ю достигается при более высоком значении перепада давлений (117,6 кПа), так как гидравлическое сопротивление комбинированной перегородки более, чем в 2 раза превосходит сопротивление перегородки Т (табл. I). Скорость фильтрования через перегородки Т и Т-К-Ю с возрастанием температуры вначале увеличивается, достигает максимума при

$t = 60^\circ\text{C}$, а затем снова падает. При увеличении температуры от

20 до 60°C скорость фильтрования сока возрастает с 1,6... 2,5 раз. Скорость фильтрования возрастает также с уменьшением массовой доли взвесей (C_B) в фильтруемом соке. Однако при значениях $C_B < 0,3\%$ это влияние оказывается в малой степени.

При исследовании влияния режимов фильтрования на интенсивность процесса пользовались классическим методом, в соответствии с которым все независимые переменные, кроме одной, принимались постоянными. Чтобы проверить, влияет ли одновременное изменение перепада давлений (X_1), температуры (X_2) и массовой доли взвесей (X_3) на оптимальные значения режимов фильтрования, построили математические модели процесса фильтрования. Для фильтрования через перегородку Т получили следующее уравнение регрессии:

$$y = 0.54 + 0.048X_1 + 0.055X_2 - 0.125X_3 \quad (12)$$

Уравнение (12) адекватно описывает процесс фильтрования через перегородку Т, так как расчетное значение критерия Фишера меньше табличного.

Процесс фильтрования через комбинированную перегородку Т-К-10 адекватно описывается следующим уравнением:

$$y = 0.18 + 0.018X_1 + 0.033X_2 - 0.023X_3 \quad (13)$$

Следовательно, одновременное изменение перепада давлений, температуры и массовой доли взвесей не оказывает влияние на оптимальное значение одного из этих параметров, так как их взаимное влияние можно не учитывать в уравнениях регрессии.

7. Изменения плодовых соков в процессе фильтрования и при хранении

В процессе технической переработки и последующего хранения плодовых соков не исключены некоторые нежелательные изменения их качества. Мы задались целью выяснить как влияет фильтрование на показатели качества плодовых соков. Исследовали в основном яблочный

сок, так как он занимает доминирующее положение среди неосветленных соков. Для сравнения определяли также некоторые показатели качества айвового и сливового соков.

Анализ данных табл. 2 показывает, что при фильтровании через комбинированную перегородку Т-К-10 массовая доля водорастворимых сухих веществ снижается на 0,1%. Это явление нежелательно, но неизбежное, так как при фильтровании вместе с осадком, наряду с балластными веществами (клетчатка, протопектин), удаляется и часть ценных водорастворимых компонентов сока. Относительная плотность сока уменьшается от 1,0475 до 1,0460, что согласно таблицам зависимости между плотностью сока и процентным содержанием сухих веществ в нем соответствует снижению массовой доли растворимых сухих веществ на 0,4%. Фактическое же уменьшение массовой доли сухих веществ составляет 0,1%. Последнее обстоятельство свидетельствует о том, что при фильтровании сока вместе с осадком, в основном, удаляются нерастворимые в воде балластные вещества, что несомненно ведет к повышению пищевой ценности сока.

Потери общих коллоидов составляют 3,7% при фильтровании через перегородку Т и 7,5% - при фильтровании через перегородку Т-К-10, что недостаточно для разрушения коллоидной системы сока. Поэтому коллоидная система сока при фильтровании сохраняется.

Наиболее заметно изменяется зольность сока, характеризующая полностью его минеральный состав. Однако потери зольности при фильтровании значительно меньше, чем при осветлении (19% при фильтровании через перегородку Т-К-10 вместо 35... 40% при ферментативном осветлении).

Чтобы выяснить как влияет фильтрование на содержание в соке наиболее важных минеральных веществ, мы исследовали химический состав зольности. Исследования показали, что потери макроэлементов составляют 3,5% при фильтровании сока через фильтркартон Т и 15% - при

с.б. 13781 V013781

Таблица 2

Сравнительная характеристика качества яблочного сока

№ п/п	Наименование показателя	Нефильтрованный сок-полуфабрикат	Сок фильтрованный через перегородку	
			T	T-K-10
Массовая доля, %:				
1)	сухих веществ (по рефрактометру)	11,5	11,5	11,4
2)	взвесей	0,450	0,248	0,009
3)	общего сахара	10,30	10,30	10,30
4)	инвертного сахара	7,90	7,90	7,90
5)	сахарозы	2,28	2,28	2,28
6)	пектиновых веществ	0,25	0,22	0,20
7)	спирта	0,29	0,29	0,29
8)	полифенолов	0,13	0,13	0,13
9)	Массовая доля аскорбиновой кислоты, мг/100 г	3,7	3,7	3,7
10)	Общая кислотность (в пересчете на массовую долю яблочной кислоты), %	0,71	0,71	0,71
11)	pH	3,7	3,7	3,7
12)	Общий азот, %	0,11	0,11	0,11
13)	Коллоиды общие, %	0,54	0,52	0,50
14)	Ароматические вещества (мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ на 100 г сока)	11,25	11,23	11,21
15)	Относительная плотность, г/см ³	1,0475	1,0463	1,0460
16)	Сахаро-кислотный индекс	14,5	14,5	14,5
17)	Зола, %	0,26	0,25	0,21

фильтровании через комбинированную перегородку T-K-10. Потери микроэлементов составляют соответственно 13,0 и 21,7 %. Однако потери макро- и микроэлементов при фильтровании сока меньше, чем при его осветлении ферментными препаратами. Проверочные исследования, проведенные с неосветленными айвовым и сливовым соками, подтвердили выводы, полученные для неосветленного яблочного сока. При хранении яблочный сок, фильтрованный через перегородку T-K-10, подвергается изменениям в меньшей степени, чем нефильтрованный.

сок и сок фильтрованный через перегородку T. Наиболее заметно изменяется содержание взвесей, массовая доля которых за шесть месяцев хранения при температуре 20°C уменьшается (за счет их выпадения в осадок) на 50 % в нефильтрованном соке и на 20 % в соке, фильтрованном через перегородку T. В соке, фильтрованном через комбинированную перегородку T-K-10, осадка не образуется. Незначительное изменение остальных показателей качества говорит о том, что глубоких изменений в исследуемом соке при фильтровании и хранении не происходит.

Таким образом, комбинированная фильтрующая перегородка T-K-10 позволяет получить прозрачный сок в потоке, сохранить наиболее полно его химический состав и повысить устойчивость сока против помутнений при хранении.

ВЫВОДЫ

1. Впервые установлено, что фильтрование неосветленных плодовых соков через пластины K-10 идет с постепенным закупориванием пор фильтрующей перегородки ($\bar{v} = 3/2$), а через фильтркартон T носит промежуточный характер между шламовым и закупорочным ($\bar{v} = 1$). Фильтрование через комбинированную перегородку T-K-10 занимает промежуточное положение между фильтрованием через перегородки T и K-10 ($\bar{v} = 1,2$). Получено уравнение, описывающее процесс комбинированного фильтрования.

2. Выведены формулы, связывающие объем фильтрата и продолжительность фильтрования с соотношением начальной и конечной скоростей процесса фильтрования, и позволяющие определить оптимальное сочетание производительности фильтра и затрат фильтрующих материалов.

3. Предложена методика определения задерживающей способности фильтрующих материалов по оптической плотности сока. Для расчета задерживающей способности получено выражение $K_{\text{ф}} = (d' - d'') 100 / d'$.

4. Размеры частиц дисперсной фазы резко уменьшаются при

фильтрации сока через комбинированную перегородку Т-К-10, чем можно объяснить высокую прозрачность такого продукта и его устойчивость против помутнений при хранении.

5. Лучшими фильтрующими материалами, с точки зрения оптимального сочетания производительности фильтра и прозрачности фильтрата, являются фильтркартон Т при получении непрозрачного сока с массовой долей взвесей 0,2... 0,3 % и комбинированная перегородка Т-К-10 при получении прозрачного сока с массовой долей взвесей не более 0,1 %.

6. По прозрачности сок, фильтрованный через перегородку Т-К-10, не уступает осветленному ферментными препаратами соку, но по химическому составу превосходит последний, так как при фильтрации ценные компоненты сока (особенно минеральные вещества) теряются в меньшей степени. Сок, фильтрованный через перегородку Т-К-10, сохраняет прозрачность до 6-ти месяцев, затем в нем появляется легкая опалесценция.

7. Максимальная скорость фильтрации неосветленного яблочного сока через пластины Т достигается при перепаде давлений 58,8 кПа и температуре сока 60°C, а через комбинированную перегородку Т-К-10 - при перепаде давлений 117,6 кПа и температуре 60°C.

С целью ускорения процесса сок перед фильтрованием необходимо сепарировать, максимально снижая в нем массовую долю взвесей.

Построение математических моделей процессов фильтрации показало, что взаимное влияние факторов не отражается на оптимальных значениях режимов фильтрации.

8. Масса сока, впитываемого фильтрующими материалами, не зависит от продолжительности работы фильтровальной перегородки и определяется ее размерами (массой). Впитываемость яблочного сока фильтрующими материалами составляет (в процентах к массе фильтровальной перегородки): 297 - для перегородки Т и 280 - для перегород-

ки Т-К-10.

9. Результаты лабораторных исследований прошли апробацию и подтвердились в производственных условиях. Замена осветления сока ферментными препаратами фильтрованием через комбинированную перегородку и применение разработанных оптимальных режимов фильтрации позволяет получить экономический эффект 43,9 руб. на 1 тонну сока.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Ахмедов А.А. Изменения дисперсности осадка яблочного сока при фильтрации.- Консервная и овощесушильная промышленность, 1981, № 7, с. 31...32.

2. Ахмедов А.А. Исследование процесса фильтрации неосветленного яблочного сока.- В сб.: Материалы республиканской научной конференции молодых ученых по актуальным проблемам пищевой промышленности II-ой пятилетки, посвященной 60-летию Советской Грузии. Тбилиси, 1981, с. 159... 161.

3. Ахмедов А.А., Смаров М.М. Осветление яблочного сока путем комбинированного фильтрации.- Информационный листок № 53-81 Дагестанского ЦИТИ.- Махачкала, 1981.

4. Ахмедов А.А., Фан-Кяг А.Ф. Применение измерительного комплекса "Протва-ЭЕМ" для контроля процесса фильтрации плодовых соков.- В кн.: Автоматизированные системы обработки изображений (АСОИэ-81): Тез. докл. I Всесоюз. конф.- М.: Наука, 1981, с. 245.

5. Фан-Кяг А.Ф., Ахмедов А.А. Выбор фильтрующей перегородки для обработки неосветленного яблочного сока.- Краснодар, 1981.- 7 с.- Рукопись представлена ред. журн. "Изв. вузов. Пищевая технология". Деп. в ЦНИТЭИпищепроме 16 июня 1981 г., № 398.

6. Фан-Кяг А.Ф., Ахмедов А.А. Закономерности фильтрации неосветленных плодовых соков.- Краснодар, 1981.- 9 с.- Рукопись пред-

ставлена ред. журн. "Изв. вузов. Пищевая технология". Деп. в
ЦНИТЭИпищепрома 1 сентября 1981 г., № 430.

7. Фан-Кинг А.Ф., Ахмедов А.А. Оптимальный перепад давлений
при фильтровании неосветленного яблочного сока.- Изв. вузов. Пи-
щевая технология, 1981, № 4, с. 126...127.

8. Фан-Кинг А.Ф., Ахмедов А.А. Фильтрование неосветленного
яблочного сока.- Науч.-техн. реф. сб. ЦНИТЭИпищепром, серия
Консервн., овощесушильн. и пищекоцентрацная пром-сть, 1981, вып.8,
с. 6...12.

Ахмедов