

Автор ер.

1465

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

На правах рукописи

ЦИНЦИАДЗЕ АБТАНДИЛ ДАВИДОВИЧ

УДК 66.067.38: 664.03

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ  
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИТРУСОВЫХ СОКОВ

Специальность 05.18.13 - технология консервированных  
пищевых продуктов

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

Диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса - 1983

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

Научный руководитель - доктор химических наук, старший научный сотрудник В. Н. Голубев.  
Официальные оппоненты - доктор химических наук, профессор В. М. Старов  
- кандидат технических наук, старший научный сотрудник С. Ф. Пономаренко  
Ведущая организация - Всесоюзный научно-исследовательский институт консервной и овощесушильной промышленности (г. Москва).

Защита состоится "23" декабря 1988 г. в 14<sup>30</sup> на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова (270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова.

Автореферат разослан "21" ноября 1988 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
кандидат технических наук,  
доцент

Е. Г. Кротов

Поверніть книгу не пізніше  
зазначеного терміну

ОНАХТ 21.05.12  
Разработка процесса



v016451

Актуальность работы. Развитие мембранной технологии (МТ) в последние годы уделяется большое внимание в нашей стране. В материалах XXII съезда КПСС указывается о необходимости ускоренного развития МТ, как новой технологии, призванной революционизировать промышленные предприятия в перерабатывающих отраслях агропромышленного комплекса страны.

Отличительной особенностью мембранных процессов, представляющих особый интерес для разделения жидких пищевых сред, является то, что они протекают без фазовых превращений компонентов, при температуре окружающей среды, при низких энергозатратах.

Применение МТ в перерабатывающих отраслях агропромышленного комплекса страны, в том числе в отраслях, производящих цитрусовые консервы, позволит эффективно решать актуальные задачи Продовольственной программы: безотходную и комплексную переработку плодов, расширение ассортимента новых высококачественных продуктов.

Работа выполнялась в соответствии с целевой комплексной программой 0.38.ц.06 Госкомитета по науке и технике (постановление № 336 от 20.08.1985) и координационной программой "Продовольствие на XII пятилетку" Минвуза СССР.

Цель работы. Разработка технологии ультрафильтрации (УФ) продуктов цитрусовых плодов, позволяющей максимально сохранить их высокие пищевые показатели. Задачи исследований сводились к следующему:

- исследование возможности применения серийно выпускаемых отечественных мембранных материалов для ультрафильтрационного осветления продуктов переработки цитрусовых плодов;
- исследование влияния основных факторов мембранного разделения на процесс УФ цитрусовых соков;
- определение влияния процесса УФ на биохимические, физико-химические и микробиологические показатели цитрусовых соков (ЦС);
- проведение математического анализа процесса УФ с целью сокращения объема и времени проведения экспериментов и выявления оптимальных технологических регламентов;
- разработка технологической схемы производства цитрусовых продуктов и полуфабрикатов на основе осветленных УФ-ей соков.

Научная новизна работы. Впервые изучена взаимосвязь между основными факторами УФ (давление, скорость потока, температура, проницаемость, селективность) и параметрами пищевой ценности обрабатываемых ЦС. На основании математического описания процесса УФ

№ 6 16451  
Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова

НАЧ

системой уравнений решены задачи оптимизации многопараметрового мембранного процесса осветления ЦС.

Практическая ценность работы. На основании проведенных системных исследований предложен и внедрен метод УФ-обработки ЦС. Полученные выводы и экспериментальные данные позволили рассчитать рецептуру сиропов на основе осветленных УФ-ей ЦС и легли в основу при разработке нормативно-технической документации (ВТИ 10 СССР 122-88, ТУ 10 СССР 134-88).

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены на Республиканской конференции "Мембраны и мембранная технология" (г. Киев, 1987 г.); на рабочем совещании по проблемам разработки и применению мембранного оборудования в биотехнологии (Кириши, 1988 г.); на научно-технической конференции "Совершенствование техники и технологии в пищевой промышленности и в общественном питании в свете решений XXII съезда КПСС" (Кутаиси, 1988 г.); на республиканской конференции "Проблемы освоения мембранной технологии в отраслях Агропромышленного комплекса" (Кишинев, 1988 г.); научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова (1986, 1987, 1988 г.г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 5 работ.

Структура и объем работ. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов, списка использованной литературы и приложения.

Общий объем работы составляет 253 страниц, куда входят 37 рисунков, 46 таблиц, 3 фотографии и список литературы из 217 источников, в том числе 97 иностранных.

На защиту выносятся:

- результаты исследований процесса УФ ЦС;
- результаты технологических, физико-химических, биохимических и микробиологических исследований продуктов (цитрусовых) УФ обработки;
- результаты математического моделирования процесса УФ ЦС и регенерации фильтров с использованием ЭВМ;
- обоснование технологической схемы производства цитрусовых продуктов на основе осветленных УФ-ей ЦС.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, ее научное и практическое значение.

В первой главе рассматриваются литературные данные, касающиеся процессов мембранного разделения жидких пищевых сред, области применения и пути совершенствования. Дается характеристика различных мембранных фильтров и модулей, а также аппаратов мембранного разделения, выпускаемых зарубежными и отечественными предприятиями. Анализируются применяемые в настоящее время технологические схемы производства пищевых продуктов с применением мембранной технологии, показаны преимущества мембранных методов обработки перед известными традиционными методами.

На основании анализа сведений, приведенных в данной главе, обоснованы и сформулированы цель и задачи исследований настоящей диссертационной работы.

Во второй главе приведена методика и техника проведения процесса УФ. Изложены результаты подбора мембран по основным показателям (селективность, проницаемость, прочность, термоустойчивость). Рассмотрена методика и средства для регенерации фильтров, проанализированы результаты регенерации фильтров AP-2 разными мощными препаратами.

Приведена характеристика объектов исследования, изложены методы техно-химических, биохимических, физико-химических и микробиологических исследований плодов и продуктов из них, позволяющие наряду с дифференциальным определением углеводов, аминокислот, жирных кислот, минеральных элементов, органических кислот установить содержание витаминов, полифенолов, ароматических веществ и др.

В третьей главе описывается процесс мембранного осветления ЦС, факторы (температура, давление), значимо влияющие на проведение процесса. В процессе мембранной фильтрации у поверхности мембран происходит повышение концентрации задерживаемых мембраной компонентов, известное как явление концентрационной поляризации, которое сопровождается снижением проницаемости и селективности мембранных фильтров. Для того, чтобы снизить отрицательное действие концентрационной поляризации, применяются разные механические, физико-химические и биохимические приемы. В работе выявлена закономерность снижения влияния концентрационной поляризации при увеличении скорости потока фильтруемых цитрусовых соков.

В работе изучено влияние основных значимо влияющих факторов (температура, давление) на процесс. Установлено, что температура и давление процесса УФ значительно влияют на производительность

мембран. С увеличением давления происходит равномерное увеличение производительности по фильтрату (рис. 1). Что касается фактора температуры, установлено, что увеличение производительности при повышении температуры связано со снижением вязкости фильтруемого сока и снижением гидродинамического сопротивления мембран. Исследования проведены в диапазоне температуры 20–50° С. Дальнейшее увеличение температуры процесса приводит к ухудшению вкусовых качеств полученных продуктов.

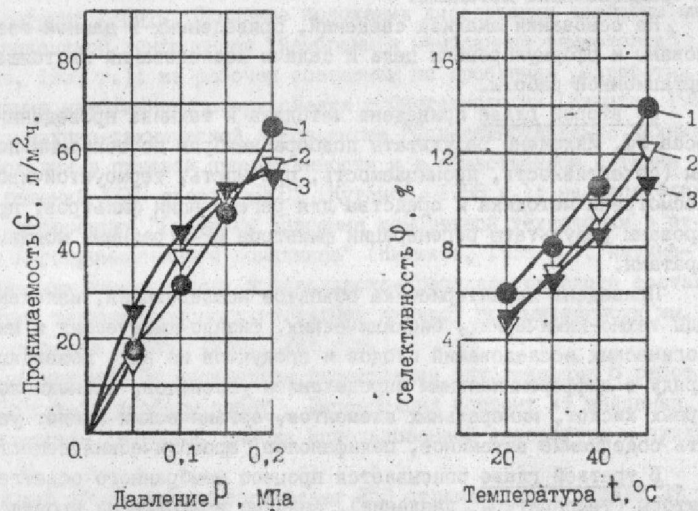


Рис. 1. Зависимость производительности мембран от давления и температуры фильтрации  
1 – лимонный сок, 2 – мандариновый сок, 3 – апельсиновый сок.

Для изучения влияния процесса УФ обработки на физико-химические, биохимические, микробиологические показатели проведено определение этих показателей стандартными методами.

При анализе (табл. 1) влияния процесса УФ на исследуемые показатели обнаруживается, что такие из них, как значение pH, плотность, общая кислотность, содержание сахаров, витамин С практически остаются без изменений по сравнению с исходным соком. В значительной степени изменяется содержание сухих веществ и общего азота, что скорее всего связано с задержанием ультрафильтрацион-

ной мембраной крупных коллоидных частиц белкового происхождения с адсорбированными на них органическими молекулами. В то же время эффективно задерживаются молекулы биополимеров, такие как пектиновые вещества и клетчатка. Снижение вязкости ультрафильтратов связано с потерей части таких полимерных молекул. Установлено, что в процессе УФ происходит в значительной степени задержание УФ мембранами каротиноидов, которые являются относительно низкомолекулярными веществами и которые в силу этого должны беспрепятственно проникать через поры этих мембран. Это можно объяснить их способностью ассоциации с белками и другими высокомолекулярными комплексами. Следовательно, в процессе УФ большая часть каротиноидов задерживается именно вместе с этими высокомолекулярными соединениями.

Таблица 1

Влияние УФ обработки на физико-химические показатели цитрусовых соков (УФ-фильтр AP-2)

№/п Показатели	Мандариновый		Лимонный		Апельсиновый	
	исход-ный	филь-трат	исход-ный	филь-трат	исход-ный	филь-трат
1 Вязкость $\eta$ $10^6$ Н с/М <sup>2</sup>	0,163	0,129	0,127	0,121	0,129	0,125
2 Плотность $\rho$ $10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup>	1,039	1,038	1,032	1,030	1,055	1,038
3 Сухие вещества, %	10,1	9,7	8,0	7,4	11,4	10,0
4 pH	2,81	2,81	2,35	2,35	3,85	3,85
5 Титруемая кислотность, %	1,17	1,17	4,30	4,20	0,70	0,70
6 Сахара: общий %	7,80	7,61	1,98	1,96	8,20	8,04
редуцирующий, %	7,2	7,2	1,7	1,7	7,5	7,3
сахароза, %	0,57	0,39	0,26	0,25	0,66	0,70
7 Растворимый пектин, %	0,84	0,16	0,25	0,17	0,47	0,21
8 Клетчатка, %	0,27	0	0,12	0	0,25	0
9 Зола, %	0,26	0,25	0,28	0,26	0,35	0,29
10 Витамин С, мг/гг	16	15	41	40	31	31
11 Флавонолы, мг/гг	95	67	138	95	150	102
12 Гесперидин, мг/гг	60	54	112	92	123	92
13 Каротиноиды, мг/гг	1,29	0,52	0,05	0,01	0,1	0,03
14 Общий азот, %	0,19	0,18	0,59	0,53	0,65	0,59

В табл. 2 представлены результаты распределения аминокислот

Таблица 2  
Влияние УФ-обработки на содержание аминокислот цитрусовых соков (УФ-фильтр AP-2), мкг/см<sup>3</sup>

№/п аминокислоты	Лимонный сок		Апельсиновый сок		Мандариновый сок	
	исходный	пермеат	исходный	пермеат	исходный	пермеат
1 Триптофан	16,00	15,50	12,00	11,50	22,00	23,00
2 Лизин	41,10	37,33	43,00	39,80	90,40	84,20
3 Гистидин	15,90	12,80	14,40	13,00	29,80	27,40
4 Аргинин	33,30	27,47	107,30	95,20	188,40	183,60
5 Аспарагиновая к-та	275,40	273,73	368,80	334,60	690,40	685,20
6 Треонин	30,70	28,27	25,40	24,00	68,80	64,40
7 Серин	81,40	74,00	87,60	82,20	244,00	236,20
8 Глутаминовая к-та	213,40	192,80	173,60	157,60	571,00	463,40
9 Пролин (М.масса x 2)	147,00	133,07	325,60	292,60	523,80	499,00
10 Глицин	33,90	27,87	28,20	27,00	67,00	60,80
11 Аланин	56,90	53,87	61,00	57,20	191,00	184,00
12 Валин	29,20	26,40	31,00	29,40	59,20	58,80
13 Метионин	16,40	15,62	12,57	10,20	24,44	24,20
14 Изолейцин	20,60	19,07	14,40	12,80	32,00	28,20
15 Лейцин	42,20	36,27	33,40	30,80	73,20	67,20
16 Тирозин	13,50	10,93	8,20	8,20	29,60	27,20
17 Фенилаланин	27,40	23,60	23,60	20,60	50,00	48,00
Сумма	1094,30	1007,27	1370,07	12,46	2955,04	2764,80
Проницаемость, %	-	92,1	-	91,0	-	93,6

в исходных и обработанных УФ-ей соков, на основании которых можно сделать заключение о проницаемости мембран к свободным аминокислотам, пептидам и белкам.

Для половолоконных мембранных фильтров типа AP-2 селективность по разным аминокислотам не превышает 6...20%, что очевидно целиком относится к свободным аминокислотам соков, а высокомолекулярные азотсодержащие вещества (белки, пептиды, липидно-белковые комплексы) практически полностью задерживаются мембраной.

При УФ обработке происходит также изменение и минеральных компонентов цитрусовых соков (табл. 3). Селективность мембран к этим элементам разная и изменяется в пределах 1...34%. Это, очевидно, обусловлено связью минеральных элементов с высокомолекулярными соединениями, которые остаются в УФ-концентрате.

Таблица 3  
Влияние УФ-обработки на содержание минеральных элементов цитрусовых соков (УФ-модуль AP-2)

Вид сока	Зола, %	Ca, %	Me, %	Na, %	P, % (x 10 <sup>-3</sup> )
Мандариновый					
исходный	0,33	0,058	0,012	0,046	0,057
Мандариновый					
фильтрат	0,27	0,053	0,009	0,037	0,047
Проницаемость, %	81,82	91,4	75	75,7	82,5
Лимонный					
исходный	0,41	0,045	0,027	0,027	0,061
Лимонный					
фильтрат	0,039	0,043	0,018	0,020	0,06
Проницаемость, %	85,13	85,6	66,7	74,1	98,4
Апельсиновый					
исходный	0,41	0,038	0,027	0,027	0,19
Апельсиновый					
фильтрат	0,37	0,034	0,018	0,026	0,188
Проницаемость, %	90,25	89,5	66,7	96,3	99

В табл. 4 приведены результаты определения липидного состава

исходного натурального мандаринового сока и после УФ на различных типах мембран.

Таблица 4  
Влияние типа УФ-мембран на распределение фракций липидов мандаринового сока

Образец сока	Сумма липидов	Классы липидов		
		Нейтральные липиды	Гликолипиды	Фосфолипиды
Натуральный нефильтрованный, мг/100 г (контроль)	444,7	342,0	67,5	35,2
Фильтрованный (содержание, % от контрольного образца) через:				
Ацетатцеллюлозные мембраны УАМ-300	15,6	3,1	82,7	14,2
Полиамидные мембраны УПМП-05	14,5	5,7	63,0	9,1
Фторопластовые мембраны МФФ-470	12,6	7,0	17,2	58,2
Половолоконные мембраны ВПУ-15	4,0	2,9	10,0	3,9

Как следует из табл. 4, все исследуемые типы мембран характеризуются высокой задерживающей способностью по отношению к липидам мандаринового сока. Так, степень удаления липидов на плоских (УАМ-500, УПМП-05; МФФ-470) мембранах практически не зависит от их типа и колеблется в пределах 85-88%. Максимально задерживающей способностью (96%) характеризуются половолоконные мембраны ВПУ-15.

Однако, следует отметить, что имеются и существенные различия в степени удаления в процессе УФ различных классов липидов. Так, например, нейтральные липиды, представленные различными, весьма гидрофобными соединениями, переносятся плохо через поры мембран и селективность их составляет 92-98%, что, по-видимому, обусловлено их низким сродством к гидрофобным компонентам мембран.

Фосфолипиды, как и гликолипиды, обладают различной проникающей способностью (3,9-68,2%) через изучаемые типы мембран. Максимальной проницаемостью для фосфолипидов, имеющих в своем составе повышенное количество гидрофобных фрагментов, характеризуются фторопластовые мембраны МФФ-470, обладающие наибольшей гидрофильностью среди исследованных нами типов мембран.

Способность используемых мембран задерживать микроорганизмы различных групп проверяли на модельных взвешках бактерий, дрожжей и плесневых грибов. Были приготовлены суспензии *Bac. macerans* (размеры клеток 2,5-5,0x0,5-0,7 мкм) соответственно содержащие  $36 \cdot 10^3$  клеток в 1 см<sup>3</sup>, *Candida lipolitica*,  $22,8 \cdot 10^3$  клеток в 1 см<sup>3</sup> и взвесь, содержащая в 1 см<sup>3</sup>  $24,8 \cdot 10^3$  спор *Penicillium italicum*.

Как и следовало ожидать, исследуемые нами микроорганизмы количественно задерживаются на фильтрах.

В дальнейшем приводится разработка математической модели (ММ) технологического процесса (ТП) ультрафильтрации (УФ) как процесс, предполагает планирование и проведение эксперимента как пассивного, так и активного и статистическую обработку экспериментальных данных.

Эффективное ведение ТП УФ предполагает наличие двух процессов - процесс фильтрации цитрусовых соков и процесс регенерации (очистки водой) мембранных фильтров, который повышает производительность фильтрации цитрусовых соков.

На рис. 2 приведены характерные графики изменения производительности фильтрации и регенерации фильтров водой.

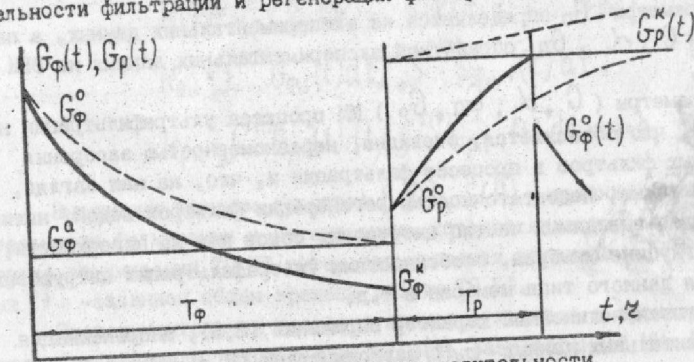


Рис. 2. Графики изменения производительности технологического процесса ультрафильтрации

Априорный анализ графика (рис. 2) характера изменения производительности мембраны очистной установки показал, что зависимость  $G_φ(t)$ -процесса фильтрации и  $G_p(t)$ -регенерации не зависят от сорта цитрусовых соков и состоят из двух составляющих - линейной и экспоненциальной.

В общем виде процесс фильтрации и диффузии описывается диффе-

ренциальными уравнениями в частных производных параболического типа. Однако, учитывая достаточно малую толщину мембран по сравнению с длиной технологических аппаратов  $G(t) = \{G_\phi(t), G_p(t)\}$ , с достаточной для практики точностью аппроксимируются дифференциальными уравнениями вида (1) с начальными условиями.

$$C \frac{dG(t)}{dt} + G(t) = K[G_0 + \alpha t], \quad (1)$$

$G(t)/t=0 = G_0$

где  $C, K, \alpha$  - коэффициенты уравнения, определяющие соответственно инерционность засорения (регенерации) мембранных фильтров, коэффициент пропорциональности и коэффициент линейной составляющей.

Решение уравнения (1) имеет вид:

а) для процесса фильтрации сока

$$G_\phi(t) = (G_\phi^0 - G_\phi^a) \cdot \exp(-t/C) + G_\phi^a + \alpha t; \quad (2)$$

б) для процесса регенерации фильтров

$$G_p(t) = (G_p^a - G_p^0) (1 - \exp(-t/C)) + G_p^0 + \alpha t; \quad (3)$$

Параметры  $G_0$  определяются из экспериментальных данных, а параметры  $C, \alpha, G_0$  обработкой экспериментальных данных на ЭВМ ЕС-1022.

Параметры  $(C, \alpha, G_0, G_a)$  ММ процесса ультрафильтрации нелинейные, что объясняется, очевидно, неравномерностью засорения мембранных фильтров в процессе фильтрации и, что, на наш взгляд, наиболее важно, недостаточностью регенерации фильтров водой, наличием трудно выводимых частиц цитрусовых соков как на поверхности, так и в глубине мембран, особенностями ультрафильтрации цитрусовых соков для данного типа мембран и т.д.

Учитывая нелинейный характер выражений (2,3), аппроксимация экспериментальных данных  $G_3(t)$  зависимостями (2,3) производилась методом нелинейной оптимизации.

$$\bar{a} = \operatorname{argmin} \left\{ \sum_{i=1}^n (G_3(t_i) - G_m(t_i))^2 \right\} \quad (4)$$

где  $\bar{a} = \{C, \alpha, G_0\}$  - вектор параметров математической модели (аппроксимации) процесса ультрафильтрации.

Задача аппроксимации параметров вектора  $\bar{a}$  сводится к задаче оптимизации, т.е. к определению оптимального аппроксимирующего

вектора из условия, обеспечивающего минимум невязки, т.е.:

$$F(\bar{a}^*) = \min_{\bar{a} \in \Omega_a} F(\bar{a}) \quad (5)$$

где  $\Omega_a$  - допустимая область изменения вектора  $\bar{a}$ . Для оптимизации в процессе имитационного моделирования необходимо варьировать  $T_\phi, T_p$  - время цикла фильтрации и регенерации.

Имитационная модель ТП УФ программно реализована на алгоритмическом языке ФОРТРАН-IV ОС ЕС ЭВМ. Для вычисления необходимых технологических характеристик использовали следующие формулы:

$$G(\Phi) = \int_0^{T(\Phi)} G_\phi(t) dt; \quad (6)$$

$$G(P) = \int_0^{T(P)} G_p(t) dt; \quad (7)$$

$$T = T(\Phi) + T(P) \quad (8)$$

$$S(\Phi) = G(\Phi)/T; \quad S(P) = G(P)/T; \quad (9)$$

$$K(\Phi) = \frac{1}{K-1} \sum_{i=1}^{K-1} K_{\phi,i}; \quad K(P) = \frac{1}{K-1} \sum_{i=1}^{K-1} K_{p,i}; \quad (10)$$

$$K_{\phi,i} = \int_0^{T(\Phi)} G_{\phi,i}(t) dt / \int_0^{T(\Phi)} G_{\phi,i-1}(t) dt; \quad (11)$$

$$K_{p,i} = \int_0^{T(P)} G_{p,i}(t) dt / \int_0^{T(P)} G_{p,i-1}(t) dt; \quad i=2, \dots, K \quad (12)$$

Выходными данными являются  $S(\Phi), S(P)$  - средние производительности фильтрации и регенерации, которые являются оценками критерия оптимизации ТП УФ путем варьирования временем  $T(\Phi)$  и  $T(P)$  на  $T$  - заданном общем времени работы ТП УФ.

Экспериментальная проверка этих результатов в производственных условиях показала высокую адекватность разработанной ММ. Погрешность  $S(\Phi)$  не превышает 9%, а  $S(P)$  не более 11%. Следует отметить, что отклонения производительности УФ модулей, как показали экспериментальные данные, достигает 15% от среднего значения.

Результаты имитационных экспериментов показали, что оптимальным технологическим регламентом с учетом технических, социальных и экономических ограничений является следующий: фильтрацию нужно вести на достаточно больших интервалах времени (4-8 часов), а регенерацию фильтров на достаточно малых, обеспечивающих скорость вы-

мывания (менее 45 минут)

В четвертой главе приводится методика расчета УФ аппарата непрерывного действия для осветления цитрусовых соков. Также рассматривается технологическая схема производства цитрусовых сиропов, напитков и концентратов, которая использована основой при разработке нормативно-технической документации для получения сиропов цитрусовых натуральных осветленных (ТИ 10 ГССР 122-88 и ТУ 10 ГССР 134-88). Ожидаемый экономический эффект от выпуска опытной партии на Аджарском цитрусокомбинате составит 115,879 тыс.руб. в год.

В пятой главе рассмотрена биохимическая и микробиологическая характеристика цитрусовых продуктов (сиропа, концентраты), полученных с использованием мембранной технологии (см. табл.5). Установлено, что в продуктах, полученных на основе осветленных ультрафильтрацией цитрусовых соков, сохранен весь спектр биологически активных веществ, которые стабильны при длительном времени хранения.

Таблица 5

Биохимические показатели цитрусовых сиропов и концентратов, полученных на основе осветленных УФ-ей соков

№/п Показатели	Сиропа			Концентраты		
	Манда-риновый	Апель-синовый	Лимон-ный	Манда-риновый	Апель-синовый	Лимон-ный
1 Сухие вещества, %	68,0	68,0	68,0	47,0	52,0	47,0
2 Титруемая кислотность, %	1,01	1,22	1,32	16,70	16,50	20,48
3 pH	3,06	3,20	2,51	2,80	2,91	2,30
4 Сахара, %: общий редуцирующий	62,3 40,37	63,0 35,5	62,1 38,3	45,6 26,7	47,2 36,4	41,3 28,2
5 Числа аромата (0,2 мол/дм <sup>3</sup> ) K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , см <sup>3</sup>	51	59	46	76	79	82
6 Витамин С, мг/гг	12,3	14,2	17,3	27,3	42,1	45,6

Микробиологический анализ показал отсутствие болезнетворных, патогенных и условно патогенных микроорганизмов.

## ВЫВОДЫ

1. Изучены эксплуатационные характеристики серийно выпускаемых отечественных ультрафильтрационных мембран типа УАМ, УЛМ П, Рипор,

МФ и аппаратов трубчатых (БТУ-05/2-ПСА) и полволоконных (АР-2-УЛМ). Установлено, что наличие хорошей гидродинамической обстановки в аппаратах трубчатого и полволоконного типа обеспечивает более высокие значения удельной производительности (на 40-75%) при ультрафильтрации цитрусовых соков в сравнении с аппаратами плоскорамного типа.

2. Изучение процесса ультрафильтрации цитрусовых соков показало, что более стабильными во времени являются характеристики трубчатых и полволоконных аппаратов в сравнении с плоскорамными, что обусловлено меньшими влияниями концентрационной поляризации за счет хороших гидродинамических режимов.

3. Установлено, что аппараты полволоконного типа хорошо регенерируются (на 90-98 %) за счет противоточной промывки, в то время как плоскорамные и трубчатые фильтрующие аппараты необходимо регенерировать только внутриканальной промывкой. Найдено, что для этого случая высокий эффект регенерации достигается при использовании 0,4%-х растворов гипохлорита натрия и едкого натрия. Процесс регенерации мембран следует начинать после снижения первоначальной производительности на 15%.

4. Установлено, что наиболее рациональными решениями ультрафильтрации цитрусовых соков являются давление фильтрации для полволоконных мембранных аппаратов - 0,2 МПа, плоскорамных и трубчатых - 0,35 МПа и температурный максимум - 40°C.

5. Определено, что селективность исследованных мембран и аппаратов в отношении высокомолекулярных соединений составляет: по пектину 50-80%, белку - 80-92%, β-каротину - 50-70%, а низкомолекулярные вещества, как сахара, органические кислоты, аскорбиновая кислота практически не задерживаются мембранами.

6. Разработана математическая модель ультрафильтрации цитрусовых соков и на ее базе с использованием ЭВМ ЕС 1022 проведена оптимизация процесса фильтрация-регенерация для промышленной установки на основе полволоконных модулей АР-2. Найдены следующие оптимальные технологические регламенты: фильтрация 4-8 часов, регенерация менее 45 минут.

7. В качестве наиболее приемлемых для ультрафильтрационной обработки цитрусовых соков можно рекомендовать полволоконные аппараты.

На основе выполненных технологических исследований определен наиболее эффективный путь переработки ультрафильтрационных филь-

ратов цитрусовых соков. После осветления эти продукты следует использовать в качестве полуфабрикатов для производства сиропов и безалкогольных напитков.

8. Разработана и утверждена нормативно-техническая документация производства сиропов цитрусовых натуральных на основе осветленных ультрафильтрацией соков. Производственная проверка разработанной технологии на Овидиопольском заводе продтоваров (Одесской области) и во ВНИЭКИ по переработке и хранению субтропических плодов дала положительные оценки. Ожидаемый экономический эффект от производства сиропов цитрусовых натуральных осветленных составляет 115,879 тыс. руб. в год.

Материалы диссертационной работы опубликованы в следующих работах:

1. Голубев В.Н., Цинциладзе А.Д. Технологические процессы мембранного разделения в пищевой промышленности. // Пищевая технология. - 1988. № 3. - С. 14-21.

2. Голубев В.Н., Метешкин Ю.В., Цинциладзе А.Д. Коллоидно-химические аспекты оптимизации ультрафильтрационной обработки соков. // Материалы I-ой республиканской конф. "Мембраны и мембранная технология". - Киев. - 1987. - С. 30-31.

3. Оптимизация процесса ультрафильтрации цитрусовых соков. / В.Н. Голубев, А.Д. Цинциладзе, Г.М. Редунов; Одес. технолог. ин-т пищ. пром-сти. - Одесса, 1988. - 23 с. - Библиогр. 12 назв. - деп. в УкрНИИТИ 04.07.88 № 1735 - Ук 88.

4. Голубев В.Н., Цинциладзе А.Д. Характеристика полуволоконных мембран в процессах обработки соков. // Материалы науч. техн. конф. "Совершенствование техники и технологии в пищевой промышленности и в общественном питании в свете решений XXVII съезда КПСС". - Кутаиси. - 1988. - С. 128-129.

5. Голубев В.Н., Цинциладзе А.Д. Повышение качества фруктовых соков путем мембранной обработки. // Тезисы докл. республиканской науч.-практич. конф. "Проблемы освоения мембранной технологии в отраслях агропромышленного комплекса". - Кишинев. - 1988. - С. 18-20.

БР00482 Подлж печати 16.11.80г. Формат 60x84 1/16.  
Об'єм 0,7уч,издл. 1,0пл. Заказ № 8349. Тираж 100эка.  
Гортинографія Одесского облліографіздат,пех№3.  
Ленина 49.

№ 0.16451

Одесский технологический  
институт пищевой промыш-  
ленности им. г. В. Ленинского  
БИБЛИОТЕКА