

Автореферат
к 48

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

На правах рукописи

КРАВЧЕНКО Виктора Васильевича

УДК 664.863.002.61

ВЯЗКОСТЬ И ПЛОТНОСТЬ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ СОКОВ
И ИХ МОДЕЛЕЙ

Специальность 05.18.12 – процессы и аппараты
пищевых производств

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса – 1988

an

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

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор В.Ф. Чайковский

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор С.Г. Дьяконов
доктор технических наук,
доцент А.К. Гладушняк

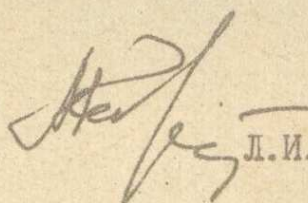
Ведущая организация: Научно-производственное объединение
"Консервпромкомплекс" (г. Одесса)

Защита диссертации состоится "20" мая 1988 г. в 14³⁰ час.
на заседании специализированного совета К 068.35.02 в Одесском
технологическом институте пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова
по адресу: 270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112, ОТИПИ им. М.В.
Ломоносова.

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

Автореферат разослан "18" апреля 1988 г.

ученый секретарь
специализированного совета
доцент


Л.И. Карнаушенко

VO-16277

ОНАХТ

20.09.12

Вязкость и плотность



v016277

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Повышение эффективности производства, его техническое перевооружение и реконструкция требуют быстрой замены малоэффективного оборудования прогрессивным, высокопроизводительным, что возможно на основании точных расчетов и разработок всех технологических звеньев производства.

Производство натуральных соков в настоящее время превратилось в одну из главных отраслей плодовоовощеперерабатывающей промышленности, однако оснащенность предприятий в нашей стране и применяемые на них технологии не всегда соответствуют уровню международных стандартов и требуют дальнейшей модернизации.

Технология получения и переработки натуральных соков включает такие операции, как прессование, гомогенизация, центрифугирование, фильтрование, концентрирование, стерилизация, транспортировка и др., связанные с процессами переноса тепла и массы. Теория этих процессов, а также расчет и проектирование аппаратов для их реализации требуют знания теплофизических и физико-механических характеристик различных соков и, в первую очередь таких свойств, как плотность и вязкость. Вместе с тем в литературе имеется весьма ограниченный объем таких данных, не всегда достоверных и согласованных между собой. Эти данные трудно использовать в практических расчетах из-за неправильного выбора объективных критериев и факторов, идентифицирующих объекты исследования.

С другой стороны, информация о физико-механических свойствах натуральных соков представляет научную ценность, поскольку она служит для развития представлений о свойствах и строении сложных биологических, химических и механических систем.

Работа выполнена в соответствии с планом МКП "Пищевые продукты" и Государственной стандартизации (код задания 8.6.2.03.72, 8.6.2.03.80, 8.6.2.03.81).

Целью работы является экспериментальное исследование вязкости и плотности фруктовых и ягодных соков на натуральных образцах и их моделях, представляющих собой водные растворы сахаров, органических кислот и высокомолекулярных соединений, а также разработка обобщенной методики расчета свойств жидких продуктов из фруктов, ягод и овощей.

Для реализации этой цели был поставлен ряд взаимосвязанных задач:

- Экспериментальное исследование вязкости и плотности водных

растворов сахаров (сахарозы, фруктозы, глюкозы), органических кислот (яблочной, винной, лимонной, уксусной и молочной), а также пектина при различных концентрациях и температурах;

- экспериментальное исследование вязкости и плотности некоторых натуральных соков (яблочного, виноградного, лимонного, клюквенного, ежевичного, гранатового и сливового) до и после осветления при различных температурах;

- изучение концентрационной и температурной зависимости вязкости и плотности водных растворов сахаров, органических кислот и полисахаридов ;

- разработка методики расчета вязкости и плотности водных растворов сахаров и органических кислот в исследованном диапазоне температур и концентраций;

- разработка методик расчета вязкости и плотности осветленных и неосветленных соков из фруктов, ягод и овощей при различных температурах по данным об их химическом составе;

- составление таблиц справочных данных о вязкости и плотности водных растворов сахаров и органических кислот.

Научная новизна.

1. Впервые получены экспериментальные данные о вязкости и плотности осветленных и неосветленных лимонного, гранатового, клюквенного, ежевичного и сливового соков в интервале температур 20...100°C, а также водных растворов яблочной и молочной кислот в диапазоне температур 20...100°C и содержании сухих веществ 0...10%.

2. Установлены особенности концентрационной зависимости вязкости водных растворов сахаров и органических кислот и дана их физическая интерпретация.

3. Изучено влияние высокомолекулярных соединений на вязкость как самих натуральных соков, так и их моделей.

4. Показано, что для описания концентрационной зависимости осветленных соков достаточно использование только одного параметра идентификации - общего содержания сухих веществ, а вязкость неосветленных соков зависит также от содержания в них высокомолекулярных соединений.

5. Предложена методика определения вязкости и плотности натуральных соков в зависимости от температуры, содержания сухих веществ и высокомолекулярных соединений.

6. Получены обобщенные зависимости для расчета вязкости водных растворов сахаров и органических кислот при концентрации сухих

веществ, соответственно, до 20 % и 25 %.

На защиту выносятся:

- экспериментальные данные о вязкости и плотности ряда натуральных соков и моделирующих их водных растворов сахаров и органических кислот;
- физическая модель, объясняющая особенности концентрационной зависимости водных растворов сахаров и органических кислот;
- параметры идентификации осветленных и неосветленных соков;
- методика расчета вязкости и плотности натуральных соков по данным об их химическом составе;

Практическая значимость результатов диссертации.

В результате исследований получены данные о вязкости натуральных соков и моделирующих их растворов, а также расчетные методики для определения свойств по минимальной исходной информации. Этот материал применяется для проектирования и модернизации оборудования, а также для совершенствования технологических процессов заводов плодоовощеперерабатывающей промышленности. В частности, эти материалы использованы при разработке режимов тепловой стерилизации плодовых консервов детского питания в НПО "Консервпромкомплекс" (г. Одесса), при разработке режимов фильтрации и тепловой обработки соков на Черкасском консервном комбинате и других консервных заводах. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения полученных данных при модернизации одной технологической линии по производству плодово-ягодных соков производительностью 16 тыс. туб составляет 16,4 тыс. руб.

Методика расчета вязкости соков принята ВНИЦ МВ Госстандарта СССР для аттестации в качестве рекомендуемой расчетной методик ГСССД.

Апробация работы. Результаты работы докладывались на Всесоюзной научной конференции "Проблемы индустриализации общественного питания страны" (Харьков, 1984 г.), У Всесоюзной научно-технической конференции "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов" (Москва, 1985 г.), Всесоюзном совещании-семинаре молодых ученых "Явление переноса в газах и жидкостях" (Алма-Ата, 1985 г.), отчетных научно-технических конференциях ОТИП им. М.В. Ломоносова (Одесса, 1984-1987 гг.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы

ры и приложений. Диссертация изложена на 195 страницах машинописного текста, содержит 25 рисунков и 53 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы практическая значимость и актуальность работы, а также идея подхода к изучению физико-механических свойств реальных пищевых продуктов на основе модельных представлений об их строении. Сформулированы цели и задачи исследований, а также их научная новизна.

В первой главе приведен краткий обзор и анализ имеющихся в литературе данных о вязкости и плотности соков и их моделей, представляющих собой водные растворы сахаров, органических кислот, и пектина, а также обоснован выбор таких моделей в качестве объектов исследования.

Во второй главе приведены экспериментальные исследования вязкости и плотности плодово-ягодных соков и их моделей.

Для определения коэффициента кинематической вязкости применен капиллярный метод, при этом был использован вискозиметр типа ВШ-1 с "висячим уровнем". Плотность определялась по методу гидростатического взвешивания.

В качестве объектов исследования были выбраны плодово-ягодные соки промышленного производства (яблочный, виноградный, лимонный с добавлением сахара, клюквенный, гранатовый с добавлением сахара, ежевичный с добавлением сахара и сливовый) до и после осветления. Осветление соков проводилось по методу ультрафильтрации с применением синтетических мембран типа "Рипор".

Концентрация водных растворов сахарозы и лимонной кислоты в процессе определения их свойств изменялась от 0 до 30% и от 0 до 50%, соответственно. Диапазсн концентраций глюкозы, фруктозы, а также яблочной, винной, уксусной и молочной кислот, ограничивался их предельным содержанием в реальных пищевых продуктах (20% для сахаров и 10% для кислот). Изучение вязкости и плотности водных растворов пектина осуществлялось в диапазоне концентраций 0...0,3%.

Для изучения влияния на свойства раствора взаимного присутствия сахаров и органических кислот проведено экспериментальное определение вязкости и плотности растворов сахароза - лимонная кислота - вода. Концентрация сахарозы менялась в процессе эксперимента от 0 до 30%, при этом концентрация лимонной кислоты составляла 0...10%.

Изучение концентрационной и температурной зависимости вязкости и плотности водных растворов пектина в присутствии сахаров и органических кислот осуществлялось на примере раствора пектин-сахароза-лимонная кислота-вода. Для максимального приближения исследуемой модели к реальному продукту концентрация сахарозы и лимонной кислоты соответствовала и примерному содержанию в натуральном яблочном соке (сахарозы 10%, лимонной кислоты 0,5%) концентрация пектина при этом изменялась в диапазоне 0, ... 0,3%.

Все измерения проводились в интервале температур 20...100°C и атмосферном давлении.

Оценка погрешностей результатов измерений вязкости и плотности исследуемых веществ производилась по рекомендации ВНИИМ, согласно которым (при условии исключения систематических погрешностей) учитываются неисключенные остатки систематических погрешностей и случайные погрешности измерений, определяющие разброс экспериментальных точек и учитываемые статистической обработкой данных.

Проведенный расчет погрешности экспериментального определения вязкости и плотности показал, что максимальная общая относительная погрешность полученных результатов составляет, соответственно 1,47% и 0,11%.

В третьей главе приведена методика и результаты определения химического состава объектов исследования.

Определение входящих в состав сока сахаров проводилось по ГОСТ 8756.13-70. Общая кислотность соков в процессе исследований определялась потенциометрическим и индикаторным методами прямого титрования по ГОСТ 25555.0-82. Определение содержания общих сухих веществ в исследуемых образцах проводилось двумя методами: по плотности и с помощью рефрактометра (ГОСТ 8756.2-70). Содержание входящих в состав сока пектиновых веществ определялось с помощью широко известного кальций-пектатного метода.

Результаты физико-химического анализа исследуемых образцов плодово-ягодных соков приведены в диссертации.

В четвертой главе приведен краткий обзор и анализ имеющихся теоретических методов расчета вязкости жидкостей, их смесей и растворов. Изучены особенности температурной и концентрационной зависимости вязкости исследуемых объектов и дана их физическая интерпретация.

Проанализирована температурная зависимость вязкости водных растворов сахаров, органических кислот и плодово-ягодных соков

и показано, что для них зависимость $\ln \eta_{\text{от}} (1/T)$, в отличие от широкого круга других жидкостей, не является прямолинейной. Указанный характер зависимости $\ln \eta (1/T)$ объясняется тем, что вода представляет собой сложное ассоциированное вещество, а присутствие в ней сахаров и органических кислот усиливает ее ассоциирующие способности. С точки зрения активационной теории вязкого течения для таких систем в добавление к "нормальной" энергии активации требуется так называемая "структурная" энергия активации, то есть энергия для разрыва водородных связей между молекулами. С увеличением температуры раствора число водородных связей, которые необходимо разорвать, чтобы сделать возможным течение, уменьшается, в результате чего уменьшается и общая энергия активации. Таким образом, константа в известной корреляции Андраде, которая обычно интерпретируется как энергия активации вязкого течения, характеризующая свободную внутреннюю энергию системы, является функцией температуры. В связи с этим, уравнение Андраде нами модифицировано и представлено в виде

$$\eta = A \exp \frac{B}{T^2}, \quad (I)$$

что позволило описать вязкость плодово-ягодных соков и их моделей в исследованном диапазоне температур (максимальное отклонение расчетных значений вязкости от полученных в эксперименте не превышает 1 %). Коэффициенты уравнения (I) приведены в диссертации.

Установлено, что вязкость водных растворов сахаров и органических кислот возрастает при повышении концентрации растворенного вещества (рис. 1 и 2). Рассмотрена физическая модель, объясняющая рост вязкости исследуемых растворов с точки зрения влияния эффекта Эйнштейна и с учетом взаимодействия между молекулами раствора и растворенного вещества. На основе учета возможности структурирования воды за счет участия ее молекул в водородных связях и анализа структурной модели Самоилова, согласно которой ближняя упорядоченность расположения молекул представляет собой нарушенный тепловым движением тетраэдрический каркас, пустоты которого заполняются свободными молекулами, показан механизм упрочнения структуры раствора, приводящий к увеличению энергии активации вязкого течения.

Исследовано влияние размеров и форм молекул растворенного вещества на концентрационную зависимость вязкости растворов. Поскольку молекулы растворенных в воде органических веществ (сахар-

Концентрационная зависимость вязкости
водных растворов сахаров

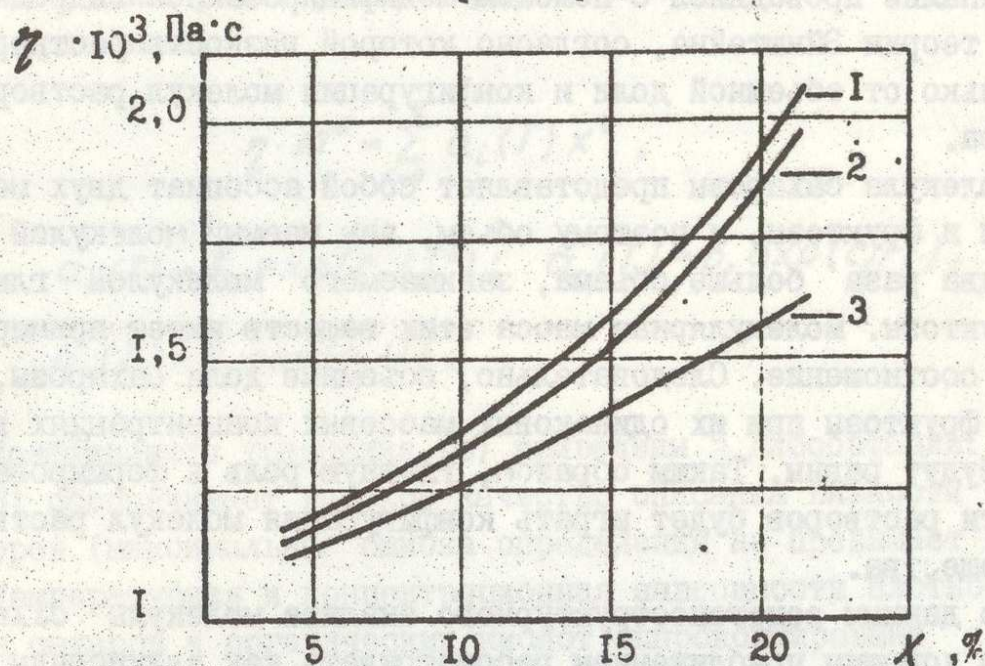


Рис. 1 1 - сахарозы; 2 - глюкозы; 3 - фруктозы

Концентрационная зависимость вязкости
водных растворов органических кислот

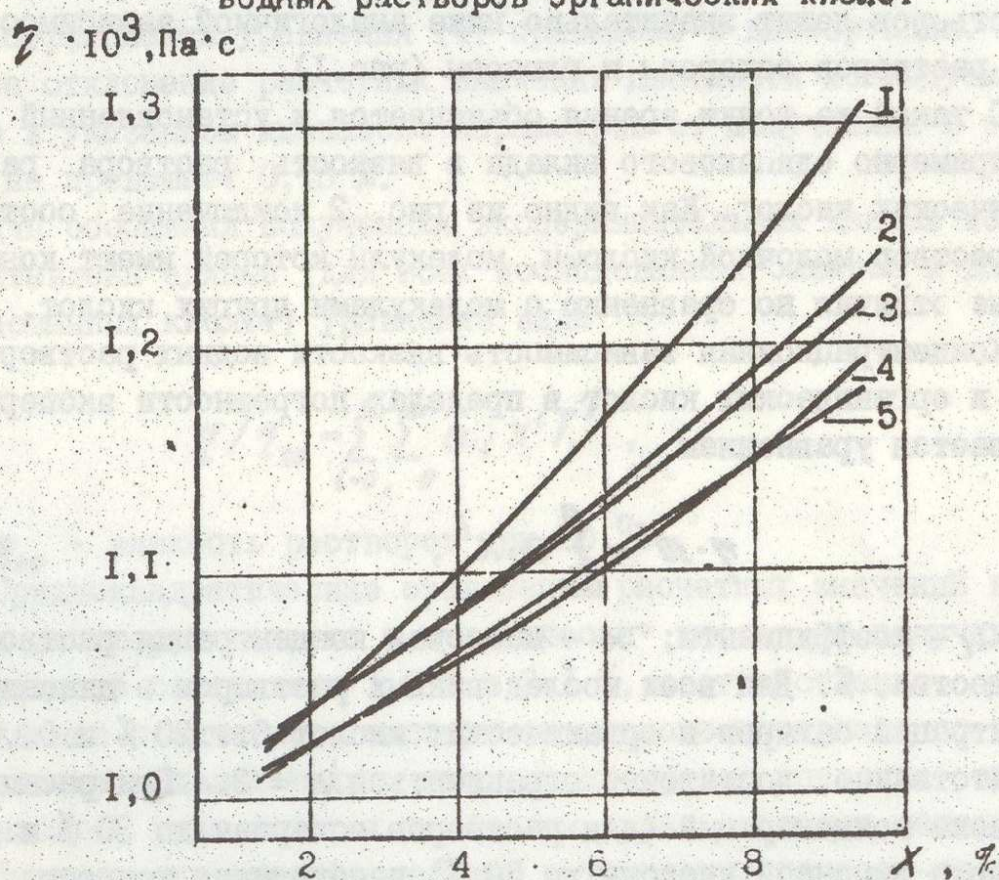


Рис. 2 1 - молочной; 2 - лимонной; 3 - винной;
4 - яблочной; 5 - уксусной

вязкости исследуемых растворов с точки зрения влияния эффекта Эйнштейна и с учетом взаимодействия между молекулами растворителя и растворенного вещества. На основе учета возможности структурирования воды за счет участия ее молекул в водородных связях и анализа структурной модели Самойлова, согласно которой ближняя упорядоченность расположения молекул представляет собой нарушенный тепловым движением тетраэдрический каркас, пустоты которого заполняются свободными молекулами, показан механизм упрочнения структуры раствора, приводящий к увеличению энергии активации вязкого течения.

Исследовано влияние размеров и форм молекул растворенного вещества на концентрационную зависимость вязкости растворов. Поскольку молекулы растворенных в воде органических веществ (сахаров и кислот) значительно превышают собственные размеры молекул воды, анализ проводился с помощью модифицированной гидродинамической теории Эйнштейна, согласно которой вязкость раствора зависит только от объемной доли и конфигурации молекул растворенного вещества.

Молекула сахарозы представляет собой ассоциат двух молекул — глюкозы и фруктозы, и поэтому объем, занимаемый молекулой сахарозы, в два раза больше объема, занимаемого молекулой глюкозы или фруктозы. Молекулярная масса этих веществ имеет примерно такое же соотношение. Следовательно, объемные доли сахарозы, глюкозы и фруктозы при их одинаковых массовых концентрациях в растворах будут равны. Таким образом, главную роль в формировании вязкости растворов будет играть конфигурация молекул растворенного вещества.

По данным рентгеноструктурного анализа молекулы сахарозы можно с хорошим приближением рассматривать как эллипсоиды вращения с отношением осей $\sim 0,5$. Молекула глюкозы представляет собой такой же эллипсоид вращения, а молекула фруктозы имеет форму, близкую к шаровой и поэтому концентрационная зависимость вязкости ее растворов лежит значительно ниже аналогичной зависимости вязкости растворов сахарозы и глюкозы (рис.1).

С такой же точки зрения объясняется и установленный в опытах факт примерно одинакового вклада в вязкость раствора различных органических кислот. Как видно из рис.2, исключение составляет лишь раствор молочной кислоты, молекулы которой имеют конфигурационные отличия по сравнению с молекулами других кислот.

Концентрационная зависимость вязкости водных растворов сахаров и органических кислот в пределах погрешности эксперимента описывается уравнением

$$\eta \cdot 10^6 = \sum_{i=0}^n a_i x^i, \quad (2)$$

Для обработки концентрационной и температурной зависимостей вязкости водных растворов сахаров и органических кислот использовано уравнение

$$\eta \cdot 10^6 = \sum_{i=0}^2 a_i(T) x^i, \quad (3)$$

где

$$a_0(T) = b_0 \exp(c_0/T^2); \quad a_1(T) = b_1 \exp(c_1/T);$$

$$a_2(T) = b_2 \exp(c_2/T).$$

Коэффициенты уравнения (3) приведены в диссертации. Уравнение (3) обеспечивает высокое качество описания вязкости водных растворов (максимальная ошибка определения не превышает 1,5 %).

Температурная и концентрационная зависимости плотности растворов сахаров и органических кислот аппроксимирована

$$\rho = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 b_{ij} x^i t^j. \quad (4)$$

Коэффициенты уравнения (4) приведены в диссертации. Максимальное отклонение расчетных значений плотности исследуемых растворов в указанном диапазоне параметров от полученных в эксперименте не превышает 0,15 %.

Для обобщения полученных экспериментальных данных по вязкости составлены единые (для всех исследованных сахаров и для всех исследованных кислот) уравнение вида

$$\eta/\eta_{20} = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^2 a_{ij} x^i T^j, \quad (5)$$

где η_{20} — вязкость растворов при 20 °С.

Среднеквадратические отклонения расчетных значений вязкости водных растворов сахаров и органических кислот от полученных в эксперименте составляют 1,3 % и 2,1 %, соответственно.

Анализ полученного экспериментального материала по вязкости и плотности моделей жидких пищевых продуктов позволил сделать ряд выводов, учет которых необходим при создании методики расчета физико-механических свойств натуральных плодово-ягодных соков.

... определяющим критерием для описания вязкости осветленных плодово-ягодных соков является общее содержание сухих веществ;

- при описании вязкости неосветленных соков помимо содержания общих сухих веществ необходимо учитывать и содержание высокомолекулярных соединений;

- концентрационная зависимость плотности как осветленных, так и неосветленных плодово-ягодных соков является функцией содержания сухих веществ.

На этой основе была предложена методика расчета вязкости и плотности осветленных и неосветленных плодово-ягодных соков в диапазоне температур 20...100 °C и концентрации общих сухих веществ 0...30 %. Для расчета вязкости

$$\eta \cdot 10^4 = \exp \sum_{i=1}^2 \sum_{j=0}^2 a_{ij} T^i x_j^j + 10^4 \exp \sum_{i=1}^2 \sum_{j=0}^2 b_{ij} T^i x_2^j, \quad (6)$$

где x_1 - общее содержание сахаров и органических кислот, %;

x_2 - содержание пектина, %; $a_{10} = -7,055 \cdot 10^2$; $a_{11} = 6,184$;

$a_{12} = -3,731 \cdot 10^{-2}$; $a_{20} = 3,963 \cdot 10^5$; $a_{21} = 1,302 \cdot 10^3$; $b_{10} = -1,505 \cdot 10^3$; $b_{11} = 7,448 \cdot 10^3$; $b_{12} = -8,357 \cdot 10^3$; $b_{20} = 5,881 \cdot 10^5$;

$b_{21} = -7,723 \cdot 10^5$.

Первый член уравнения (6) учитывает влияние низкомолекулярных, второй - высокомолекулярных соединений. Среднеквадратическое отклонение расчетных значений вязкости для осветленных и неосветленных соков от полученных в эксперименте составляет 0,8 % и 2,5 % соответственно.

для расчета плотности

$$\rho = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 c_{ij} T^i x^j, \quad (7)$$

где x - содержание общих сухих веществ, %; $c_{00} = 1004,2$;

$c_{01} = 4,301$; $c_{10} = -3,331 \cdot 10^{-1}$; $c_{11} = -6,413 \cdot 10^{-3}$.

Уравнение (7) позволяет описывать плотность как осветленных, так и неосветленных плодово-ягодных соков со среднеквадратической погрешностью 0,14 %.

Проведена оценка влияния точности исходных данных о вязкости и плотности плодово-ягодных соков на основные показатели некоторых технологических процессов сокового производства. Установлено, что отличие в данных о вязкости различных соков, полученных в рамках настоящей работы, приводит к расхождению в коэффициентах

гидравлического сопротивления в условиях турбулентного режима — на 20%, а в условиях ламинарного режима течения более чем в 2 раза. Таким же образом меняется и скорость процесса фильтрации. Скорость процесса осаждения отливается в 5,5 раза. Больше чем на 20% расходятся расчетные требуемые поверхности теплообмена кожухотрубного теплообменного аппарата.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Разработаны методики расчета вязкости и плотности натуральных плодово-ягодных соков на основе минимальных исходных данных об их химическом составе.

2. Расчетные методики базируются на обработке и обобщении экспериментальных данных о вязкости и плотности как самих натуральных соков, так и их физических моделей, представляющих собой водные растворы сахаров, органических кислот и высокомолекулярных соединений. Большая часть опытных данных получена впервые.

3. В результате концентрационной зависимости вязкости на моделях жидких пищевых продуктов установлено, что при ее описании для вязкости осветленных соков достаточно использования только одного параметра идентификации — общего содержания сухих веществ, а вязкость неосветленных соков — зависит также от содержания высокомолекулярных соединений.

4. Проведен анализ концентрационной зависимости вязкости водных растворов сахаров и органических кислот. Установлена связь между особенностями этой зависимости и структурой раствора. Выявлены особенности взаимодействия в растворах на молекулярном уровне. По данным о геометрии молекул растворенных веществ и результатам измерения вязкости найдено координационное число для молекул сахарозы и показаны пути решения этой задачи для других сахаров и органических кислот.

5. Составлены таблицы вязкости и плотности для яблочного, виноградного, лимонного, клюквенного, ежевичного, гранатового и сливового осветленных и неосветленных соков, а также для водных растворов сахарозы, фруктозы, глюкозы, яблочной, винной, лимонной, молочной и уксусной кислот в диапазоне температур 20...100°C и концентрации 0...20% для сахаров и 0...10% для кислот. Диапазон концентрации сахарозы и лимонной кислоты составляет 0...30% и 0...50%, соответственно. Таблицы переданы во ВНИИ МВ Госстандарта СССР для их аттестации в качестве рекомендуемых справочных данных ГСССД.

6. Изучено влияние вязкости на интенсификацию гидромеханических и тепловых процессов в реальных линиях для производства плодово-ягодных соков. Показано, что наличие достоверных данных о свойствах пищевых материалов позволяет существенно повысить точность расчетов этих процессов и оптимизировать выбор оборудования для обеспечения необходимого технологического режима на всех стадиях получения, переработки и транспортировки продукции. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения полученных данных при модернизации одной технологической линии по производству плодово-ягодных соков производительностью 16 тыс. туб составляет 16,4 тыс. руб.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Состояние и перспективы исследований теплофизических свойств жидких, пюре- и пастообразных пищевых продуктов /В.З. Геллер, А.К. Пугач, Н.А. Аликуберов, А.Ю. Афтеньев, В.В. Кравченко. //Тезисы Всес. науч. конф. "Проблемы индустриализации общественного питания страны". -Харьков, 1984. -С.354. (Автору принадлежит приведенный в докладе анализ имеющихся данных о вязкостных свойствах указанных пищевых продуктов).
2. Исследования комплекса теплофизических свойств моделей жидких пищевых продуктов /В.В. Кравченко, А.Ю. Афтеньев, Н.А. Аликуберов, А.К. Пугач, В.З. Геллер. //Тезисы Всес. науч.-техн. конф. "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов". -М.: 1985. -С.258-259. (Автору принадлежат результаты экспериментального исследования вязкости).
3. Геллер В.З., Пугач А.К., Кравченко В.В. Исследование вязкости и плотности некоторых растительных масел. //Тезисы Всес. науч.-техн. конф. "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов". -М.: 1985. -С.271-272. (Автору принадлежат приведенные результаты экспериментального определения вязкости и плотности).
4. Кравченко В.В. Экспериментальное исследование плотности и вязкости водных растворов сахаров и пищевых кислот. -Одесса, 1986. -12 с. Деп. в УкрНИНТИ 23.09.86, № 2296-Ук86.
5. Кравченко В.В., Пугач А.К., Геллер В.З. Температурная зависимость плотности и вязкости растительных масел. //Изв. вузов. Пищ. технол. -1987. -№ 5. -С.79-81. (Автору принадлежат приведенные результаты экспериментального определения вязкости и плотности).

Таблица 1

Вязкость водных растворов сахаров при 20 °С,
10⁶ Па·с

Наименование	Концентрация, %				
	5	10	15	20	30
Сахароза	1182	1351	1596	1936	3183
Фруктоза	1136	1260	1417	1610	-
Глюкоза	1167	1328	1543	1893	-

Таблица 2

Вязкость водных растворов органических кислот
при 20 °С, 10⁶ Па·с

Наименование	Концентрация, %				
	1	3	5	10	25
Лимонная	1014	1065	1117	1238	1875
Яблочная	1014	1049	1096	1226	-
Винная	1008	1041	1085	1217	-
Уксусная	9990	1043	1086	1188	-
Молочная	1010	1069	1136	1334	-

Таблица 3

Вязкость водных растворов сахарозы и лимонной
кислоты при 20 °С, 10⁶ Па·с

Концентрация сахарозы, %	Концентрация лимонной кислоты, %				
	0,5	3	5	10	
10	1345	1446	1519	1763	
20	1959	2190	2301	2901	
30	3189	3609	4019	5246	

Таблица 4

Вязкость плодово-ягодных соков, 10^6 Па·с

Наименование сока	Температура, °C			
	20	40	60	80
Осветленные				
Яблочный	1396	885,6	612,7	453,4
Виноградный	1836	1136	769,3	558,9
Лимонный	1661	1037	707,6	517,6
Клюквенный	1183	761,6	533,7	399,2
Ежевичный	1451	916,9	632,5	466,8
Гранатовый	1518	955,1	656,6	483,1
Сливовый	1556	977,0	670,3	492,4
Неосветленные				
Яблочный	1530	963,3	663,0	485,5
Виноградный	1924	1188	803,2	583,0
Лимонный	1749	1089	741,5	541,7
Клюквенный	1248	800,1	559,1	417,4
Ежевичный	1527	961,7	661,9	487,8
Гранатовый	1620	1015	695,5	510,6

V. 6 16247

Одесский технологический
институт пищевой промышленности

Л. П. П. П. П.

БИБЛИОТЕКА

Звезд