

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

На правах рукописи

АФТЕНЬЕВ АНДРЕЙ КРЬЕВИЧ

УДК 663.813.002.61

ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФРУКТОВО-ЯГОДНЫХ
И ОВОЩНЫХ 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

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;
кандидат технических наук,
доцент В. П. Железный

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

Защита состоится 20 мая 1988 г. в 12³⁰ час.
на заседании специализированного совета К 058.35.02 в Одесском
технологическом институте пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова по адресу : 270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112

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

Автореферат разослан "18" апреля 1988 г.

...ный секретарь
...анного совета
...цент

В. Ф. Чайковский
С. Г. Дьяконов

Л. И. Карнаушенко

ОНАХТ 22.10.10
Термические свойства



v016302

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Для дальнейшего развития пищевой промышленности, ее материально-технической базы, обеспечивающей значительное сокращение потерь сельскохозяйственной продукции, повышение качества и расширение ассортимента продуктов питания, требуется знание свойств различных материалов и продуктов, которые подвергаются хранению, технологической обработке и использованию.

Процессы выпаривания и концентрации занимают важное место в технологии переработки растительного сырья, в частности, при производстве фруктовых и овощных соков, пюре и паст, продуктов детского питания и т.д. Для расчета и контроля таких процессов и проектирования технологических аппаратов необходимо располагать информацией о теплофизических свойствах пищевых продуктов таких, как теплопроводность, теплоемкость, теплота парообразования, давление насыщенных паров и т.д. В настоящее время известно крайне ограниченное количество экспериментальных работ по определению плотности и давлению насыщенных паров жидких пищевых продуктов. Поскольку эти характеристики необходимы как при составлении термических уравнений состояния, так и при расчете калорических величин, вопрос получения такой информации является актуальным.

Работа выполнена в соответствии с планом МП "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 определение удельных объемов и давления насыщенных паров наиболее характерных соков (яблочного, виноградного, свекловичного) и их моделей, представляющих собой водные растворы пищевых сахаров и кислот, а также создание уравнений, позволяющих рассчитать термические свойства жидких пищевых продуктов по результатам их химического анализа.

Научная новизна. В одном эксперименте использованы в комплексе метод пикнометра для определения удельного объема продукта и метод пьезометра постоянного объема для измерения давления его насыщенных паров, что позволило упростить проведение эксперимента и обеспечило высокую точность определяемых величин.

Впервые экспериментально определены удельные объемы свекловичного сока, водных растворов фруктозы и тройной смеси вода-сахароза-лимонная кислота, а также давление насыщенных паров яблочного, виноградного, свекловичного соков и водных растворов их

основных компонентов в интервале температур 302 - 395 К.

Экспериментально выявлена взаимосвязь между поверхностными явлениями и обнаруженной аномалией давления насыщенных паров бинарных смесей.

Составлены единые уравнения для удельных объемов и давлений насыщенных паров соков, позволяющие рассчитать их свойства на основе данных физико-химического анализа о составе продукта.

Основные защищаемые положения:

1. Модельные представления о структуре жидких пищевых продуктов позволяют по результатам физико-химического анализа прогнозировать их термические свойства с достаточной для решения инженерных задач точностью.

2. В бинарных водных растворах пищевых сахаров и кислот при концентрациях до 0,02 мольных долей давление насыщенных паров раствора выше давления насыщенного пара растворителя. Этот эффект связан с уменьшением поверхностного натяжения в сильно разбавленном растворе и образованием в нем кооперативных комплексов молекул, адсорбирующихся в поверхностном слое с некоторой закономерной ориентировкой.

3. Для исследованных бинарных систем отклонения опытных значений давления насыщенных паров на изотермах от рассчитанных по закону Рауля в зависимости от концентрации могут быть как положительными, так и отрицательными.

Основные научные результаты работы:

- проведены экспериментальные измерения в интервале температур 302 - 395 К удельных объемов и давлений насыщенных паров яблочного, виноградного и свекловичного соков, а также водных растворов их основных компонентов;

- составлены уравнения, с высокой точностью описывающие данные по удельным объемам и давлению насыщенных паров соков и водных растворов их основных компонентов;

- на основе модельных представлений о структуре жидких продуктов предложены единые уравнения состояния для соков, которые позволяют с высокой точностью прогнозировать значения удельных объемов и давлений насыщенных паров по результатам физико-химического анализа.

Практическая ценность. Результаты экспериментального исследования термических свойств жидких пищевых продуктов и водных растворов их компонентов, а также обработка этих результатов, позво-

лили составить рекомендуемые для инженерных расчетов уравнения и методики определения удельных объемов и давления насыщенных паров соков из фруктов, ягод и овощей.

Результаты данной работы использованы "Консервпромкомплексом" (г.Одесса) Госагропрома СССР для разработки систем управления выпарных аппаратов и для контроля технологических процессов производства соков. Методика расчета удельного объема и давления насыщенных паров фруктово-ягодных и овощных соков принята ВНИИ МВ Госстандарта СССР для аттестации в качестве рекомендуемой расчетной методики ГСССД. Ожидаемый экономический эффект от внедрения рекомендаций, предложенных по материалам диссертационной работы, составляет на Измаильском консервном заводе около 11 тыс. рублей.

Апробация работы. Результаты работы докладывались на Всесоюзной научной конференции "Проблемы индустриализации общественного питания страны" (Харьков, 1984), V Всесоюзной научно-технической конференции "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов" (Москва, 1985г.), Отчетных научных конференциях ОТИП им.М.В.Ломоносова (Одесса, 1984-1987г.г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 4 печатных работы.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, выводов, списка использованной литературы и приложений. Диссертация изложена на 106 страницах машинописного текста, содержит 14 рисунков и 30 таблиц.

Содержание работы

Во введении обоснованы практическая значимость и актуальность работы. Проведенный анализ основных направлений в исследовании теплофизических свойств сырья и продуктов пищевой промышленности показал, что наиболее эффективным в изучении этих свойств является сочетание экспериментальных и аналитических методов. В этом случае имеет большое значение правильный выбор модели структуры объекта.

В первой главе проведен обзор и анализ данных о теплофизических свойствах соков и их моделей, представляющих собой водные растворы сахаров и пищевых кислот.

Во второй главе сделан краткий обзор экспериментальных методов определения термических свойств жидкостей. Проведенный анализ показал, что применительно к поставленным задачам целесообразно использовать метод пикнометра и метод пьезометра постоянного объема, обеспечивающих высокую точность определяемых величин. Отличительной особенностью созданной установки является применение обо-

их методов в комплексе. Последнее позволило, сохранив высокую точность определяемых величин, упростить проведение эксперимента.

Принципиальная схема установки приведена на рис. 1. Измерительный узел для определения давления насыщенных паров и плотности жидких пищевых продуктов включает в себя пьезометр и пикнометр. Пьезометр представляет собой систему, состоящую из сферической ячейки 16, "горячего" (для исключения балластного объема) вентиля 20 и стеклянного U-образного ртутного разделителя 18. Стеклянный пикнометр 3, у которого внутренний диаметр капилляра равен 2,6 мм, запирался микровентилем. В нижней части капилляра впаивался стеклянный баллончик ($V = 8,8 \text{ см}^3$). Пьезометр и пикнометр помещались в термостате 1 (стеклянный сосуд Дьюара), где электронагревателем 19 поддерживалась температура, близкая к температуре опыта. Термостатирующая жидкость (уайт-спирит) перемешивалась осевой мешалкой 17. Температура опыта автоматически регулятором ВРТ-2 поддерживалась электронагревателем 2. Грелки 2 и 19 располагались в цилиндрической трубе мешалки. В системе регулирования температуры использовались платиновый термометр сопротивления 5 типа ТСН-8054 и мост постоянного тока МОД-61. Применение такой системы позволило устанавливать в термостате необходимую температуру опыта и обеспечивало ее точную регулировку в ходе эксперимента ($\pm 0,01 \text{ К}$). Измерение температур осуществлялось равноделенными ртутными термометрами 4 типа ТР-1 и ТР-П.

Давление в пьезометре измерялось U-образным ртутным манометром 9 и разделителем 18 с использованием катетометра КМ-8. При определении давления в опытах были внесены поправки на высоту столба ртути в разделителе, эффект Пойнтинга и термическое расширение ртути, а также учтено термическое и изотермическое расширение сферической ячейки пьезометра и разделителя.

При определении удельного объема продукта были учтены термическая и изотермическая деформация пикнометра.

Приведенная методика проведения эксперимента отличается той особенностью, что плотность пищевого продукта и давление его насыщенных паров определяются в отдельных ячейках. Пьезометр с исследуемым продуктом известной массы присоединялся к установке. Предварительно система создания и измерения давления вакуумировалась до остаточного давления 1 Па. Воздух из продукта в пьезометре удалялся путем многократной деаэрации при замораживании. Пьезометр приводился в рабочее положение при закрытом вентиле 20 и открытом вентиле 6. При небольших значениях давления (до 0,015 МПа)

насыщенных паров продукта в качестве манометра использовался U-образный ртутный разделитель 18. При давлениях в опытах свыше 0,015 МПа и до 0,1 МПа создавали противодействие в системе, сообщая ее через вентиль 15 с атмосферой. При давлениях в эксперименте более 0,1 МПа в системе создавалось противодействие газообразным азотом через вентили 12 и 13 из баллона 11. Давление свыше 0,015 МПа определялось по показаниям манометра 9 и разделителя 18.

Способы определения давления насыщенных паров чистых веществ и пищевых продуктов в эксперименте отличались между собой. Для чистых веществ давление определялось непосредственно из показаний разделителя и манометра. В тоже время для жидких пищевых продуктов оно находилось экстраполяцией изотерм на графиках $P - \rho$ при известной плотности продукта на линии насыщения. Графики $P - \rho$ строились по экспериментальным данным в двухфазной области.

Плотность жидких продуктов на линии насыщения определялась методом пикнометра одновременно с определением давления в эксперименте. После деаэрации пикнометр с продуктом известной массы помещался в термостат. Объем, занимаемый веществом в процессе эксперимента, определялся при помощи катетометра КМ-8. Опыты проводились при повышении температуры с шагом, примерно равным 15 К.

В третьей главе приведены результаты тарировочных опытов, экспериментального определения давления насыщенных паров и удельного объема водных растворов пищевых сахаров и кислот (моделей соков), а также яблочного, виноградного и свекольного соков. Настоящая работа значительно расширяет область экспериментальных исследований указанных соков и водных растворов их компонентов.

Тарировочные опыты были проведены с дистиллированной водой. Полученные значения давления насыщенных паров и удельного объема воды в интервале температур планируемого эксперимента удовлетворительно согласуются с табличными данными ГСССД.

В результате проведенного эксперимента в интервале температур 302,36 - 394,36 К и давлений от $3 \cdot 10^3$ до $2,1 \cdot 10^5$ Па впервые получены опытные значения давления насыщенных паров водных растворов сахарозы, фруктозы, лимонной кислоты и тройной смеси различных концентраций, а также яблочного, виноградного и свекольного соков. Впервые определены значения удельных объемов тройной смеси и водного раствора фруктозы различных концентраций, а так-

же яблочного, виноградного и свекловичного соков. Впервые определены значения удельных объемов тройной смеси и водного раствора фруктозы различных концентраций, а также свекловичного сока. Кроме того, расширена область экспериментального определения плотности раствора лимонной кислоты, виноградного и яблочного соков. Максимальная погрешность измерения удельного объема смесей, как показал расчет, не превышает величины, равной 0,047%. Погрешность определения давления в эксперименте в зависимости от области исследования колеблется в пределах 0,1 - 0,2%. Сопоставление полученных опытных значений удельных объемов растворов сахарозы и лимонной кислоты, а также виноградного сока, с данными других авторов показало удовлетворительное согласование сравниваемых величин.

Результаты проведенного эксперимента частично иллюстрируются диаграммами на рис. 2 и 3.

В четвертой главе приведено описание P-T и ν -T зависимостей исследованных водных растворов пищевых сахаров и кислот, а также соков. Рассматриваются обнаруженные в результате проведенного эксперимента некоторые особенности поведения термических свойств разбавленных водных растворов компонентов соков. На основе модельных представлений о структуре жидких пищевых продуктов составлены единые уравнения, позволяющие определять давление насыщенных паров осветленных соков и их удельный объем. Проведен расчет теплоты парообразования соков и водных растворов их компонентов в интервале температур 310...400 К.

При описании зависимости давления насыщенных паров от температуры и концентрации для водных растворов сахарозы, фруктозы и лимонной кислоты было установлено, что опытные данные значительно отклоняются от закона Рауля. В связи с этим была введена поправка, учитывающая реальность растворов. С учетом последней, уравнение может быть записано в виде

$$1 - \frac{P}{P_s} = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=1}^3 A_{ij} (100/T)^i (\sqrt{x})^j, \quad (1)$$

где P - давление насыщенных паров раствора, Па; P_s - давление насыщенных паров воды, Па; A_{ij} - коэффициенты уравнения; T - температура, К; x - мольная доля растворенного вещества.

Точность описания экспериментальных значений давлений насыщенных паров бинарных растворов сопоставима с погрешностью их

опытного определения.

При описании зависимостей давления насыщенных паров яблочного, виноградного и свекловичного соков использовалось простое эмпирическое уравнение

$$\ln P = \sum_{i=0}^3 a_i / T^i, \quad (2)$$

где P - давление насыщенных паров сока, Па; a_i - коэффициенты уравнения. Точность описания опытных значений давлений насыщенных паров соков уравнением (2) хорошо согласуется с экспериментальной погрешностью.

Опытные данные удельных объемов бинарных растворов были описаны известным уравнением

$$\nu = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^2 B_{ij} (1/T)^i (1-C)^j, \quad (3)$$

которое отличается высокой точностью аппроксимации экспериментальных данных на линии насыщения при невысоких температурах. В уравнении (3) ν - удельный объем бинарной смеси, м³/кг; B_{ij} - коэффициенты уравнения; C - массовая доля растворенного вещества.

Точность описания экспериментальных значений удельных объемов растворов сахарозы, фруктозы и лимонной кислоты уравнением (3) не превышает средней погрешности их опытного определения (0,05%).

Для описания опытных данных по удельным объемам соков было использовано уравнение Рекета с заменой в нем критического коэффициента сжимаемости на эмпирическую константу, характерную для данного вещества. После несложных преобразований это уравнение представлено в виде

$$\ln \nu = a_1 + \left(1 - \frac{T}{a_2}\right)^{2/7} \cdot a_3, \quad (4)$$

где ν - удельный объем сока, м³/кг; a_1, a_2, a_3 - коэффициенты.

Уравнение (4) с высокой точностью описывает экспериментальные значения удельных объемов яблочного (0,03%), виноградного (0,04%) и свекловичного (0,04%) соков.

При описании зависимости экспериментальных значений давления насыщенных паров от температуры и концентрации водных растворов основных компонентов соков были обнаружены значительные отклонения от закона Рауля (рис.4). В сильно разбавленных растворах, т.е. при концентрациях до 0,02 мольных долей растворенных веществ, экспериментально было выявлено, что давление насыщенных паров в растворе (рис.2) выше давления насыщенного пара растворите-

ля при той же температуре. Эти превышения давления достигают 14 %. Кроме того, обнаружено, что имеют место на изотерме как положительные (при $x < 0,02$), так и отрицательные (при $x > 0,02$) отклонения давления пара раствора от линейной зависимости, вытекающей из закона Рауля. Эта особенность в поведении сильно разбавленных растворов с ростом температуры сглаживается и при температурах выше 350 К исчезает. Анализ показал, что обычные факторы, вызывающие положительные либо отрицательные отклонения поведения свойств раствора от закона Рауля, не объясняют эту особенность в поведении свойств исследуемых бинарных смесей. Было сделано предположение, что в растворе, по-видимому, образуются комплексы молекул, адсорбирующиеся в поверхностном слое с вполне определенной ориентировкой. Последнее и приводит к возрастанию давления. В случае справедливости этой гипотезы в сильно разбавленных растворах должно наблюдаться снижение поверхностного натяжения. Для выявления взаимосвязи между поверхностными явлениями и обнаруженным аномальным поведением исследуемых бинарных смесей, был проведен дополнительный эксперимент по определению коэффициента поверхностного натяжения. Поверхностное натяжение водных растворов сахарозы, фруктозы и лимонной кислоты определялось капиллярным методом в интервале концентраций 0 ... 0,03 при температурах 297, 304 и 333 К. Как показали опыты (рис. 5), в растворах при концентрациях до 0,02 мольных долей растворенного вещества наблюдается резкое уменьшение поверхностного натяжения, которое с ростом температуры сглаживается и выше 350 К исчезает. При более высоких концентрациях раствора наблюдается обычная картина изменения поверхностного натяжения. Сравнение рис. 4 и 5 показывает, что резкому снижению поверхностного натяжения раствора в этом же интервале концентраций соответствует повышение давления насыщенных паров бинарной смеси.

Таким образом, аномальное поведение исследованных растворов можно объяснить следующим. При растворении органических веществ в воде (при $x < 0,02$) происходит упорядоченность структуры растворителя вокруг сложных молекул растворенного вещества. Создающиеся таким образом кооперативные комплексы адсорбируются в поверхностном слое раствора так, что одни полярные концы несимметричных комплексов направлены в сторону раствора, а другие - в сторону паровой фазы. Последнее препятствует возвращению в раствор моле-

кул воды из паровой фазы и приводит к возрастанию давления насыщенных паров раствора. При повышении температуры раствора ($T > 350$ К) и увеличении концентрации растворенного вещества ($x > 0,02$) наблюдаются закономерные отклонения свойств исследуемых смесей от закона Рауля. Это объясняется тем, что с ростом температуры усиливается тепловое движение молекул и уменьшаются ориентационные силы между молекулами. В случае увеличения концентрации растворенного вещества в воде происходит дробление кооперативных комплексов и перераспределение молекул воды. Это приводит к тому, что на границе раздела фаз не образуется мономолекулярный слой правильно ориентированных молекул и не наблюдается эффект снижения поверхностного натяжения.

Использование модельного представления о структуре жидких продуктов позволило решить задачу создания методики прогнозирования плотности и давления насыщенных паров соков по результатам химического анализа, предшествующего технологической переработке продукта. Учитывая влияние основных компонентов в бинарных водных растворах на давления их насыщенных паров, на основании аддитивной зависимости свойства продукта от вкладов компонентов, впервые предложено единое уравнение состояния, позволяющее с высокой точностью рассчитать давление насыщенных паров соков. Это уравнение имеет вид

$$P = P_0 \left(1 - \sum_{i=1}^n x_i \right) + \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - P_0) x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad \text{при } n \neq 1, \quad (5)$$

где P - давление насыщенных паров смеси, Па; P_0 - давление насыщенного пара воды при данной температуре, Па; P_i - давление насыщенного пара водного раствора компонента, взятое из уравнения (1), Па; x - мольная доля растворенного компонента в смеси.

Воспроизводимость уравнением (5) опытных результатов была проверена по тройной смеси (вода-сахароза-лимонная кислота), а также яблочному, виноградному и свекловичному сокам. Сравнения показали удовлетворительное согласование расчетных и опытных величин.

Анализ работ, в которых для двух и более соков решалась проблема создания единого уравнения по определению плотности в зависимости от суммарного содержания в них сухих веществ, показал, что такой подход к решению задачи не мог обеспечить высокую точность воспроизведения опытных результатов. Прежде всего это связано с тем, что не учитывалось влияние каждого из компонентов на свойст-

ва продукта.

В отличие от этих работ нами были исследованы зависимости удельных объемов водных растворов основных компонентов соков от концентрации и температуры, что позволило создать универсальное уравнение для определения удельных объемов соков из фруктов, ягод и овощей. При обобщении результатов экспериментального определения удельных объемов раствора сахара были учтены явления сжатия сахарозы при растворении. В этом случае рекомендуется использовать вместо действительной плотности монокристалла сахарозы его видимую плотность в растворе. Для удобства описания опытных результатов использовались также видимые удельные объемы монокристалла фруктозы и лимонной кислоты в бинарном растворе. Характер их зависимостей от концентрации и температуры оказался линейным, что значительно упростило описание. В результате получено универсальное уравнение, позволяющее с ошибкой, сопоставимой с погрешностью эксперимента (до 0,3 %), рассчитать удельный объем продукта на базе результатов его химического анализа. Уравнение имеет вид

$$v = v_0 \left(1 - \sum_{i=1}^n C_i \right) + \sum_{i=1}^n (A_i + B_i \cdot C_i + D_i T) C_i, \quad (6)$$

где v - удельный объем продукта, м³/кг; v_0 - удельный объем воды при данной температуре, м³/кг; A_i , B_i , D_i - коэффициенты уравнения, учитывающие индивидуальные свойства компонентов смеси; T - температура, К; C_i - массовая доля растворенного компонента в смеси.

Как показал анализ, пектин, содержащийся в небольших количествах в некоторых соках, оказывает примерно такое же влияние на характер зависимости удельного объема от концентрации, как и сахароза. Это позволило в уравнении (6) учитывать влияние пектина на свойства продукта совместно с сахарозой, что незначительно сказалось на точности воспроизведения опытных результатов.

Уравнение (6) с высокой точностью воспроизводит опытные результаты по тройной смеси (расхождения составляют в среднем 0,1%), со средней погрешностью 0,2 % воспроизводит экспериментальные значения удельных объемов виноградного сока (в том числе и концентрированного) и 0,33 % - яблочного и свекловичного соков.

Проверка прогнозирования уравнением (6) удельных объемов жидких пищевых продуктов различного состава была осуществлена по пяти как осветленным, так и неосветленным сокам (гранатовому, клюк-

венному, ежевичному, лимонному, сливовому).

Для этих соков в лаборатории ОТИП им.М.В.Ломоносова методом гидростатического взвешивания с погрешностью 0,3 % были определены значения плотности при двух - трех температурах. Результаты сопоставления этих данных с рассчитанными по уравнению (6) показали, что прогнозируемые значения удельных объемов соков находятся в пределах погрешности их опытного определения.

Для исследования соков и водных растворов их компонентов выполнен расчет теплоты парообразования по уравнению Клайперона-Клаузиуса. Полученные значения теплоты парообразования в интервале температур 300...400 К приведены в Приложении к диссертации.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что в бинарных водных растворах при концентрациях до 0,02 мольных долей давление насыщенного пара раствора выше давления насыщенного пара растворителя. В связи с этим, в зависимости от концентрации на изотермах имеют место как положительные, так и отрицательные отклонения давления насыщенного пара раствора от закона Рауля.
 2. Выявлена взаимосвязь между поверхностными явлениями и аномалией в давлении насыщенных паров бинарных смесей. Эффект уменьшения поверхностного натяжения в сильно разбавленных растворах объясняется образованием кооперативных комплексов молекул, адсорбирующихся в поверхностном слое с некоторой закономерной ориентировкой.
 3. На основе модельных представлений о структуре объекта составлено единое уравнение состояния для соков, позволяющее с высокой точностью рассчитать давление их насыщенных паров по результатам физико-химического анализа.
 4. Предложена методика определения удельных объемов жидких пищевых продуктов на основе данных об их составе, использующая составленное обобщенное уравнение.
 5. Апробированные в настоящей работе на ряде соков методики позволяют рекомендовать их для прогнозирования с высокой точностью удельного объема и давления насыщенных паров жидких пищевых продуктов в процессе технологической переработки сырья и проектировании оборудования.
 6. Полученные результаты использованы при модернизации пастеризационно-охладительной установки Измаильского консервного завода, при этом ожидаемый годовой экономический эффект составляет 10,9 тыс. руб.
- Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Состояние и перспективы исследований теплофизических свойств жидких, пюре- и пастообразных пищевых продуктов / В.З. Геллер, А.К. Пугач, Н.А. Аликберов, А.Ю. Афтеньев, В.В. Кравченко. - Тезисы Всес. науч. конферн. Харьков. 1984, -С. 354.
2. Исследование комплекса теплофизических свойств моделей жидких пищевых продуктов / В.З. Геллер, А.К. Пугач, Н.А. Аликберов, А.Ю. Афтеньев, В.В. Кравченко - Тезисы У Всес. науч.-техн. конферн. М., 1985, -С. 258-259.
3. Геллер В.З., Афтеньев А.Ю. Экспериментальное определение плотности и давления насыщенных паров моделей жидких пищевых продуктов. - Одесса, 1986. - 9 с. Деп. в УкрНИИТИ 04.09.86. № 2071 - Ук 86.
4. Афтеньев А.Ю. Термические свойства водных растворов пищевых сахаров и кислот. - Одесса, 1986. - 9 с. Деп. в УкрНИИТИ 11.03.87, № 935 - Ук 87.

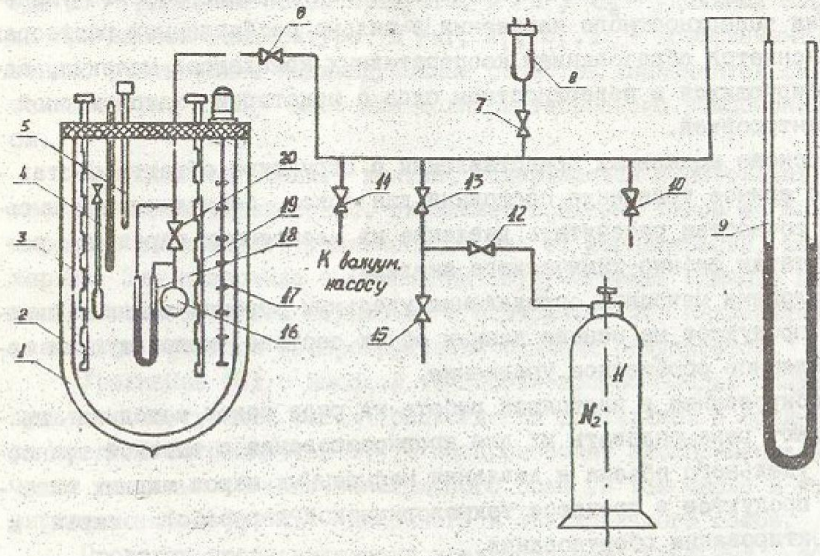


Рис.1 Схема экспериментальной установки

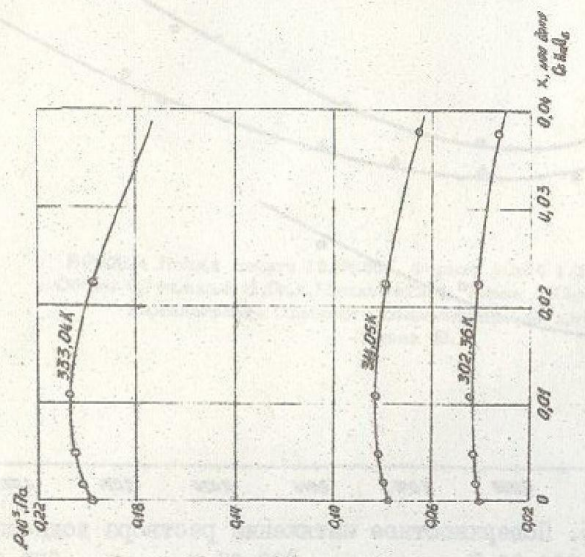


Рис.2. Диаграмма P-T системы вода - фруктоза

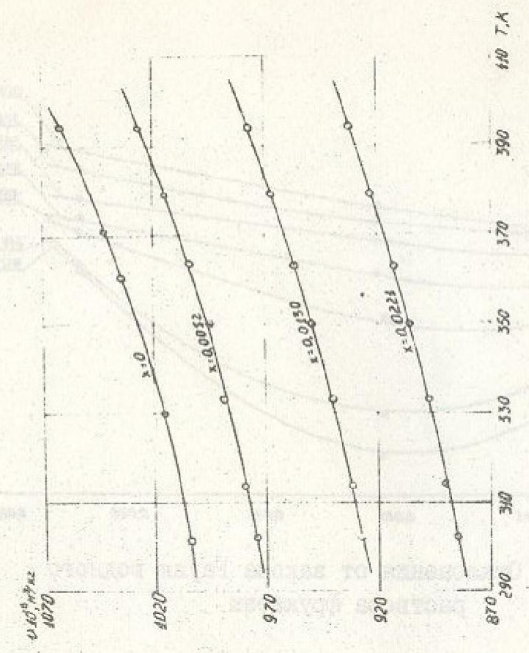


Рис.3. Диаграмма P-T системы вода - сахароза

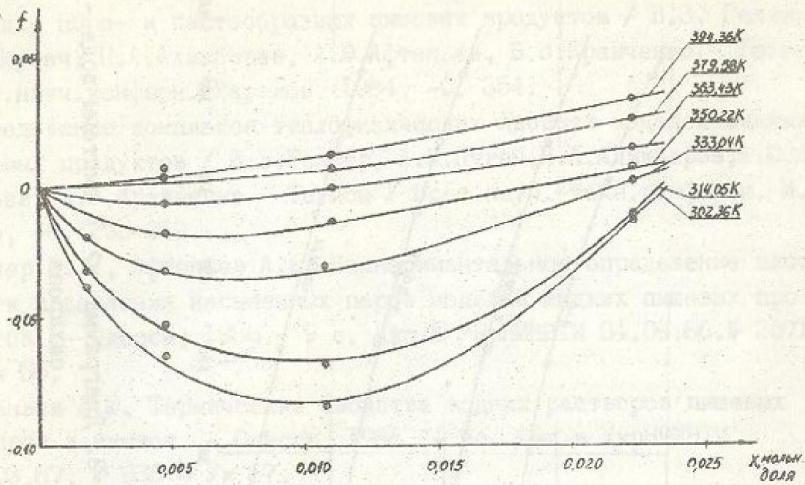


Рис. 4. Отклонения от закона Рауля водного раствора фруктозы

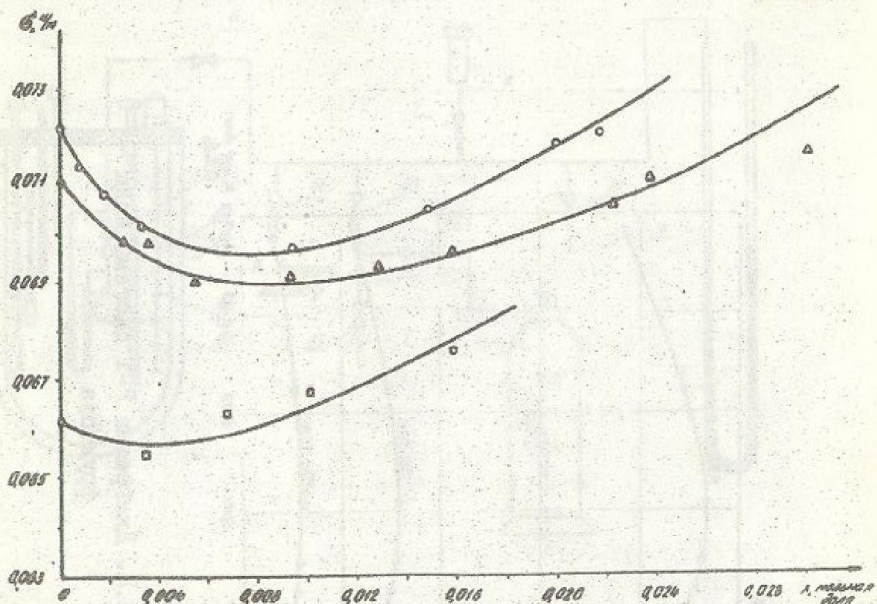


Рис. 5. Поверхностное натяжение раствора вода-сахароза
 ○ - 296,95 К; △ - 303,65 К; □ - 332,65 К

ВР02024 Подъя печати 13.04.88г. Формат 80x84 1/16.
 Об'єм 0,7уч.изд.л. 1, Оп.л. 1 Заказ №2274, Тираж 100экз.
 Гортипография Одесского облполиграфиздата, цех №3,
 Ленина 49.

v016302
 с. в. 16302

Одесский институт пищевой промышленности
 им. В. В. Докучаева