

Автореферат
М. 94

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

МХИТАРЯН Говар Горкевна *Лелик*

ВЯЗКОСТЬ ФРУКТОВО-ЯГОДНЫХ СОКОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
КОНЦЕНТРАЦИЯХ СУХИХ ВЕЩЕСТВ

Специальность 01.04.14 - теплофизика и
молекулярная физика

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

Одесса - 1992

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время во всем мире значительно увеличилось производство и потребление концентрированных соков. При их хранении и транспортировании значительно экономится количество тары, уменьшаются расходы на погрузочно-разгрузочно и транспортные работы. Концентрированные соки позволяют создавать резерв на годы с низким урожаем плодов. При значительной концентрации соков понижается активность воды, а следовательно уменьшается вероятность развития микроорганизмов в продукте, что способствует длительному их хранению.

Концентрированные соки сложны по химическому составу и обладают рядом свойств, определяющих качество продукции. Наиболее полное представление об основных технологических аспектах качества объектов могут дать физические свойства, зависящие от биологического и химического состава, структуры продукта. К таким свойствам в первую очередь относятся такие теплофизические свойства, как вязкость и плотность.

Вязкость является одной из основных констант, характеризующих жидкость, которая легко поддается количественному измерению и имеет большое значение при описании ряда физических и физико-химических процессов. Огромное значение вязкость имеет для расчетов в технике (течение жидкостей, перекачивание по трубам, мембранная технология, контроль качества продуктов и технологических процессов и т.п.).

Данные о плотности и вязкости концентрированных соков крайне необходимы при автоматизации и оптимизации технологических процессов переработки сырья на промышленных предприятиях, а также для повышения точности и достоверности учета и контроля качества продукции при производстве, заготовке и хранении.

Следует отметить, что имеющиеся в литературе данные о теплофизических свойствах соков весьма ограничены. Концентрированные соки — многокомпонентные по химическому составу ассоциированные вещества, для которых не разработаны методы обобщения теплофизических свойств, основанные на теории термодинамического подобия. Не существует надежных методов прогнозирования плотности и вязкости соков, учитывающих основные коррелирующие факторы. В этих условиях использование при расчетах технологических процессов по производству концентрированных соков нецес-

В. О. 17021

Сибирский технологический институт
Институт химической технологии
КОННОСА

товерной информации о вязкости и плотности может привести к неоправданным энергозатратам, увеличению металлоемкости технологического оборудования, т.е. увеличению себестоимости продукции и снижению ее конкурентоспособности. Кроме того применение энергетически неэффективного оборудования приводит к увеличению потенциала глобального потепления Земли, ухудшающего и без того сложную экологическую ситуацию.

С научной точки зрения информация о вязкости и плотности концентрированных соков может служить базой для развития представлений о строении сложных химических и биологических систем, какими являются жидкие пищевые продукты.

Работа выполнена в соответствии с межотраслевой комплексной программой "Пищевые продукты" Государственного Комитета СССР по стандартам (код задания 01.03.02, 01.03.04, 01.03.05).

Целью работы является экспериментально-расчетное исследование вязкости и плотности фруктовых и ягодных концентрированных осветленных и неосветленных соков в полном диапазоне концентрации растворимых сухих веществ, а также разработка методов прогнозирования плотности и вязкости соков, учитывающих основные коррелирующие факторы.

Научная новизна работы определяется следующими результатами.

1. Впервые были получены данные о плотности и вязкости грушевого, мандаринского, хурмового концентрированных соков.

2. Установлено, что на величину вязкости концентрированных соков без мякоти помимо температуры в основном влияют такие факторы, как общее содержание растворимых сухих веществ и содержание высокомолекулярных составляющих.

3. Разработаны методики для аппроксимации и расчета плотности и вязкости фруктово-ягодных концентрированных соков, получены расчетные уравнения, пригодные для широкой экстраполяции и прогнозирования этих свойств.

На защиту выносятся:

- параметры идентификации, необходимые для описания вязкости и плотности концентрированных фруктово-ягодных соков без мякоти, обобщенная методика расчета этих свойств по данным о химическом составе продукта, расчетные уравнения, пригодные для широкой экстраполяции и прогнозирования этих свойств;
- таблицы экспериментальных значений вязкости и плотности кон-

центрированных соков пяти наименований в диапазоне концентрации сухих веществ 10-70% в интервале температур 293-343 К.

Практическая ценность:

- данные о вязкости и плотности изученных концентрированных фруктово-ягодных соков рекомендуются в качестве справочного материала, который может быть использован в научно-исследовательских и проектно-конструкторских работах при проектировании технологических процессов и аппаратов пищевых производств;

- результаты работы использованы во Всесоюзном научно-исследовательском экспериментально-конструкторском институте субтропических продуктов г. Батуми при конструировании технологической линии производства концентрированных субтропических соков;

- результаты работы введены в банк данных НПО "Консерв-промкомплекс" и будут использоваться при выполнении технологических расчетов;

- предложенные обобщенные аналитические зависимости могут быть использованы для расчета вязкости и плотности концентрированных соков при различных температурах и концентрации в УкрНИИ торговли и общественного питания, г. Киев; НИИ "Пищепромавтоматика", г. Одесса; ЦНИИТЭИпищепром, г. Москва; МолдНИИ пищевой промышленности, г. Кишинев; Ереванском отделе "Севкавгипропищепром".

Апробация работы. Результаты работы докладывались на Всесоюзной научной конференции "Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания" (Харьков, 1990 г.), на Всесоюзной научно-практической конференции "Ученые и специалисты - в решении социально-экономических проблем страны" (Ташкент, 1991 г.), на Всесоюзной научно-технической конференции "Холод - народному хозяйству" (Ленинград, 1991 г.), на 52-ой Юбилейной научной конференции ОТИП им. М.В. Ломоносова (Одесса, 1992 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы и приложений. Работа содержит 107 страниц, включая 22 рисунка и 17 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы исследования, ее практическое значение, определена цель работы, ее научное значение, отражена апробация работы.

В первой главе приведен обзор опубликованных работ, посвященных измерениям вязкости и плотности соков. Показано, что изучены теплофизические свойства в основном яблочного и виноградного соков, а для других наименований соков такие данные весьма скудны или вовсе отсутствуют. Детальный анализ литературных данных по вязкостным свойствам натуральных и концентрированных соков показал, что существует значительное расхождение между данными разных авторов для соков одного наименования. Для большинства приведенных данных указано наименование сока и температура, для некоторых указано и общее содержание растворимых сухих веществ, но такая информация недостаточна для однозначного определения вязкости, т.к. известно, что разные компоненты состава по-разному влияют на вязкость.

Показано, что данные о вязкости всех видов неосветленных соков, полученных до настоящего времени различными авторами, могут использоваться только при строгом соответствии интересующего потребителя продукта с исследуемым автором образцом и не могут претендовать на широкое применение ввиду того, что не выявлены основные объективные коррелирующие факторы, влияющие на вязкость. Отмечается, что не существует обобщенных методик, пригодных для прогнозирования коэффициента вязкости концентрированных соков разных наименований.

Во второй главе приведена методика и результаты определения химического состава объектов исследования. Отмечается, что для решения поставленной задачи интересны общее содержание растворимых сухих веществ и содержание пектиновых веществ. Содержание общих растворимых сухих веществ определялось по ГОСТ 8756.2-82 "Продукты пищевые консервированные. Методы определения содержания сухих веществ". Метод основан на определении массовой доли растворимых в воде сухих веществ при температуре 20° С по шкале рефрактометра. Применялся рефрактометр лабораторный типа ИРФ-454.

Содержание пектиновых веществ определяли кальциево-пектатным методом. Этот метод основан на переведении различных пектиновых веществ в раствор, превращении их в пектиновую кислоту,

на осаждении последней в виде кальциевой соли и учете ее весовым способом.

В третьей главе приведено описание экспериментальной установки и методики измерения коэффициента кинематической вязкости и плотности. Вязкость измерялась методом капилляра, преимуществами которого являются простота конструкции и обеспечение высокой экспериментальной точности. Исследования проводились на вискозиметре ВПК-1 конструкции Убеллод.

При проведении опытов по определению вязкости соков производилась измерения температуры термостабилизирующей жидкости с использованием платинового термометра сопротивления ПТС-10. Время истечения жидкости фиксировалось визуально с применением катетометра КМ-8 и измерялось частотомером-хронометром Ф-599.

Расчет коэффициента кинематической вязкости проводился по уравнению Гагена-Пуазейля, при этом учитывалась поправка на кинетическую энергию.

Выполненная оценка точности полученных результатов показала, что относительная погрешность опыта при доверительной вероятности $P=0,95$ не превышает $\pm 1\%$.

С целью проверки установки проведены контрольные опыты по измерению вязкости касторового масла, нитробензола и воды. Среднее расхождение полученных значений вязкости с наиболее надежными литературными данными не превышает $0,6\%$.

Плотность соков определялась методом гидростатического взвешивания. Тарировка кварцевого поплавка производилась в дистиллированной воде при температуре 20°C . Взвешивание поплавка выполнялось на аналитических весах с погрешностью $1 \cdot 10^{-6}$ кг.

Для определения плотности соков при разных температурах исследуемые образцы термостатировались. Система терморегулирования термостата ТС-16А позволяла поддерживать температуру с погрешностью $0,05$ К. Температура исследуемого вещества измерялась лабораторными жидкостно-стеклянными термометрами ТЛ-19, ТЛ-21. Относительная погрешность определения плотности составляла $0,03\%$.

В процессе проведения исследований измерялись вязкость и плотность промышленного производства осветленных концентрированных яблочного и виноградного соков. Концентрация растворимых сухих веществ в образцах составляла от 10 до 70%. Кроме того были исследованы вязкость и плотность неосветленных концентрированных

грушевого, мандаринового и хурмового соков до и после осветления при концентрации растворимых сухих веществ от 10 до 50%. Диапазон концентрации обуславливается промышленным производством этих соков. При получении промежуточных концентраций образцы разбавлялись дистиллированной водой.

Для изучения влияния высокомолекулярных соединений на вязкость и плотность концентрированных фруктово-ягодных соков была измерена вязкость и плотность водного раствора яблочного пектина в интервале концентраций 0-0,8%.

Для исследования влияния степени осветления на вязкость и плотность концентрированных фруктово-ягодных соков неосветленные образцы (грушевый, мандариновый и хурмовый) осветлялись методом ультрафильтрации.

Измерения производились в диапазоне температур 293-343 К.

В четвертой главе выполнено обобщение экспериментальных данных и предложена методика прогнозирования плотности и вязкости соков. Проведенный краткий анализ теоретических методов расчета вязкости чистых жидкостей, жидких смесей и водных растворов позволил сделать следующие выводы:

- удовлетворительной теории вязкости жидкостей, несмотря на большое число работ в этой области, до настоящего времени не существует;
- для описания свойств жидких смесей неправомерно использование теорий вязкости чистых жидкостей, т.к. на вязкость раствора кроме температуры и сил взаимодействия между молекулами в значительной мере влияет и концентрация растворенного вещества и структуры растворителя;
- использование существующих теорий для описания вязкости растворов неприемлемо ввиду необходимости знания вязкости чистых компонентов, входящих в смесь;
- существующие модели расчета вязкости растворов характеризуют вязкость качественно, а при количественном определении имеют высокую погрешность, кроме того они применимы только для разбавленных растворов.

Таким образом существующие теоретические методы расчета вязкости жидкостей имеют фундаментальное теоретическое значение и мало пригодны для вычисления вязкости многокомпонентных ассоциированных жидких систем, каковыми являются фруктовые соки. В связи с этим на практике для описания вязкости соков как прави-

ло используются аналитические зависимости, аппроксимирующие опытные данные.

Температурная зависимость вязкости концентрированных соков описывалась уравнениями вида:

$$\ln(\nu \cdot 10^9) = \sum_{i=0}^2 A_i T^{-i} \quad (1)$$

где T — температура, К; ν — коэффициент кинематической вязкости, м²/с.

Уравнения (1) с высокой точностью аппроксимируют вязкость фруктово-ягодных соков в диапазоне температур 273–343 К. Максимальное отклонение расчетных и экспериментальных значений не превышает 1,2%. Значения коэффициентов уравнения (1) приводятся в табл. 1. На рис. 1 показана температурная зависимость вязкости яблочного и виноградного соков.

Анализ полученных экспериментальных данных, а также результатов исследования других авторов показал, что концентрационную зависимость вязкости фруктово-ягодных соков при разных температурах можно аппроксимировать уравнением вида:

$$\ln(\nu \cdot 10^9) = \sum_{i=0}^2 A_i X^i \quad (2)$$

где X — общее содержание растворимых веществ, %.

Уравнение (2) позволяет описать вязкость фруктово-ягодных соков в диапазоне концентрации 10–70%. Максимальное отклонение расчетных значений вязкости по уравнению (2) от полученных в эксперименте не превышает 1,5%. Коэффициенты уравнения (2) приводятся в табл. 2.

В настоящей работе исследовались осветленные образцы яблочного и виноградного концентрированных соков. Анализ значений вязкости образцов при одинаковой температуре и содержании общих растворимых сухих веществ указывает на их хорошее согласование. Отклонение значений вязкости яблочного сока от виноградного не превышало 0,5%, что лежит в пределах погрешности измерения.

Несомненно вклад каждого из растворимых сухих веществ в вязкость осветленных соков различен, однако применение в корреляции (2) интегральной характеристики X во-первых, не нарушает адекватности описания экспериментальных данных, во-вторых, крайне удобно с практической точки зрения.

С целью подтверждения гипотезы о совпадении вязкости осветленных соков при одинаковой концентрации и температуре, была

проведена процедура осветления грушевого, хурмового, мандаринового соков с последующим исследованием коэффициента кинематической вязкости.

Сравнение полученных значений вязкости вышеназванных осветленных соков с данными для яблочного и виноградного сока также подтвердили их согласование. Отклонения результатов исследования не превыжали 0,4-0,6%. Следовательно, можно сделать вывод о том, что для числения вязкости осветленных фруктово-ягодных концентрированных соков определяющими параметрами являются значения концентрации растворимых сухих веществ и температуры, т.е. $\nu = \chi(X, T)$.

Для изучения влияния высокомолекулярных соединений на вязкость осветленных соков в образцы яблочного и виноградного соков с концентрацией 40% общих сухих веществ добавлялся яблочный пектин. Количество пектина соответствовало его концентрации в образцах хурмового, мандаринового и грушевого соков. Количество растворимых сухих веществ в анализируемых соках поддерживалось неизменным. Далее проводились исследования вязкости приготовленных образцов различного состава.

Сравнение полученных таким образом данных с вязкостью эталонных образцов (хурмовый, грушевый, мандариновый) указывает идентичное влияние пектина на вязкость осветленных фруктово-ягодных соков.

На основании проведенного исследования был сделан вывод о том, что вязкость неосветленных концентрированных фруктово-ягодных соков определяется общим содержанием сухих растворимых веществ, концентрацией высокомолекулярной составляющей - пектина и температурой.

В разработанной Эйнштейном гидродинамической теории движения твердых шариков, взвешенных в сплошной жидкой среде, вязкость суспензий представляется в виде суммы вязкости растворителя и вклада в вязкость объемной доли взвешенных частиц.

Фруктово-ягодные соки - многокомпонентные вещества, содержащие низкомолекулярные и высокомолекулярные составляющие. Молекулярные массы этих групп компонентов соков отличаются в несколько сот раз (глюкоза - 180 г/моль, пектиновые вещества - 20000-50000), также отличаются и их объемные доли, следовательно, вклад этих составляющих в вязкость соков следует рассмотреть отдельно.

На основании проведенного анализа, полученных экспериментальных данных и результатов исследований других авторов, предложена методика расчета и прогнозирования вязкости концентрированных соков без мякоти. В рамках данного подхода вязкость соков может быть рассчитана по формуле:

$$\eta \cdot 10^3 = \exp \sum_{i=0}^2 a_i T^{-i} + \exp \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^3 b_{ij} T^{-i} X^j + \exp \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^2 c_{ij} T^{-i} Y^j. \quad (3)$$

где X - содержание общих растворимых сухих веществ, %;
 Y - содержание пектина, %; a_i, b_{ij}, c_{ij} - коэффициенты.

Первый член уравнения представляет собой аппроксимацию температурной зависимости воды на линии насыщения. Второе и третье слагаемые учитывают соответственно влияние концентрации низкомолекулярных и высокомолекулярных соединений.

Коэффициенты уравнения (3) приводятся в табл. 3.

Расчет вязкости неисследованных соков по уравнению (3) и сравнение с литературными данными показал, что уравнение (3):

- пригодно для прогнозирования свойств вязкости не только фруктово-ягодных, а также овощных соков, $\sigma_{\text{ср}} = 3\%$;
- пригодно для расчета вязкости при экстраполяции температуры (273-353 К) и концентрации растворимых веществ (0-70%);
- пригодно для проверки достоверности данных по вязкости.

Для прогнозирования предлагается следующая методика:

I. При полном отсутствии данных по вязкости

I. Исходные данные:

- общее содержание сухих веществ - X ; содержание пектина - Y

2. Расчет вязкости по уравнению (3) (с погрешностью $\sigma_{\text{ср}} = 3\%$)

II. Данные по вязкости ограничены

I. Исходные данные:

- общее содержание сухих веществ - X ; содержание пектина - Y

- ограниченные данные по вязкости - η_1, η_2, \dots

2. Корректировка уравнения (3)

3. Расчет η по уравнению (3) (с погрешностью $\sigma_{\text{ср}} = 2,5\%$)

III. Данные о содержании пектина отсутствуют

I. Исходные данные:

- содержание сухих веществ - X

- данные по вязкости $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$

2. Расчет Y из уравнения (3)

3. Расчет ν по уравнению (3) (с погрешностью $\delta_{\text{ср}} = 3\%$).

Анализ экспериментальных данных по плотности исследуемых образцов показал, что при одинаковой температуре и концентрации плотность осветленных и неосветленных соков в рамках погрешности эксперимента совпадает. Следовательно, можно утверждать, что высокомолекулярные и низкомолекулярные компоненты состава примерно одинаково влияют на значение плотности соков.

С учетом адекватности вклада высокомолекулярных и низкомолекулярных соединений в плотность фруктово-ягодных соков предложено обобщенное уравнение

$$\rho = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 K_{ij} T^{-i} X^j \quad (4)$$

где X - содержание общих сухих веществ, %; ρ - плотность, кг/м³.

$$K_{00} = 1044,8; \quad K_{01} = 7,679; \quad K_{10} = -0,243; \quad K_{11} = -8,178 \cdot 10^{-3}$$

Уравнение (4) позволяет описывать плотность соков без мякоти в диапазоне температур 273-343 К и концентрации сухих растворимых веществ 10-70% с погрешностью 0,3%.

Таким образом, в результате проведенного исследования и обобщения имеющихся в литературе данных о вязкости и плотности осветленных и неосветленных фруктово-ягодных соков разработана методика прогнозирования, позволяющая рассчитывать указанные свойства по данным лабораторного анализа общей концентрации растворимых веществ и пектиновых веществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен анализ имеющихся в литературе данных о вязкости и плотности концентрированных соков без мякоти. Показано, что основной причиной, определяющей неоднозначность данных по вязкости является неправильный выбор объективных факторов, влияющих на вязкость.

2. Выполнено экспериментальное исследование вязкости и плотности концентрированных осветленных и неосветленных фруктово-ягодных соков пяти наименований.

3. Показано, что при вычислении вязкости осветленных концентрированных фруктово-ягодных соков наиболее значимыми параметрами идентификации являются общая концентрация растворимых сухих веществ и температура.

4. Установлено, что величина вязкости неосветленных концентрированных фруктово-ягодных соков без мякоти определяется значением температуры, содержанием общих сухих растворимых веществ и концентрацией пектина.

5. На основании анализа полученных экспериментальных данных и результатов исследований других авторов сделан вывод о том, что плотность как осветленных, так и неосветленных фруктово-ягодных концентрированных соков в определяющей мере зависит от общей концентрации растворимых веществ.

6. Разработаны аппроксимационные уравнения для расчета вязкости $\eta = f(X)$ при $T = const$; $\eta = f(T)$ при $X = const$ исследуемых образцов.

7. Разработаны методики для широкой экстраполяции и прогнозирования вязкости и плотности концентрированных соков, использующие данные о групповом составе.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Пугач А.К., Тульченецкий Н.В., Мхитарян Г.Г. Реологические свойства пищевых продуктов // Тез. докл. Всес. науч. конф. "Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания" - Харьков, 1990. - С. 237.

2. Геллер В.З., Пугач А.К., Мхитарян Г.Г. Реологические характеристики плодово-ягодных соков // Тез. докл. Всес. науч. прак. конф. "Ученые и специалисты - в решении социально-экономических проблем страны" - Ташкент, 1991. - С. 202.

3. Геллер В.З., Пугач А.К., Мхитарян Г.Г. Плотность и вязкость криоконцентратов плодово-ягодного сырья // Тез. докл. Всес. науч.-тех. конф. "Холод - народному хозяйству" - Ленинград, 1991. - С. 215.

4. Геллер В.З., Пугач А.К., Мхитарян Г.Г. Плотность и эффективная вязкость яблочного сока при концентрировании // Пищ. пром.-сть. - 1992. - № 1. - С. 45

5. Светличный П.И., Пугач А.К., Мхитарян Г.Г. Теплофизические свойства концентрированных соков из субтропических плодов // Тез. докл. 52-й юбил. науч. конф. ОТИП им. М.В. Ломоносова. - Одесса, 1992. - С. 184.

6. Железный В.П., Пугач А.К., Мхитарян Г.Г. Вязкость фруктово-ягодных соков при различных концентрациях сухих веществ. -

ОТИПП им. М. В. Ломоносова. - М., 1992. - 4 с. - Деп. в Агро-
НИИТЭИПП 30.07.92, № 2497.

7. Железний В., Пугач А., Мхитарян Г. Вязкість соків.//
Харьова І перероб.пром-сть. - 1992. - №8. - С.15.

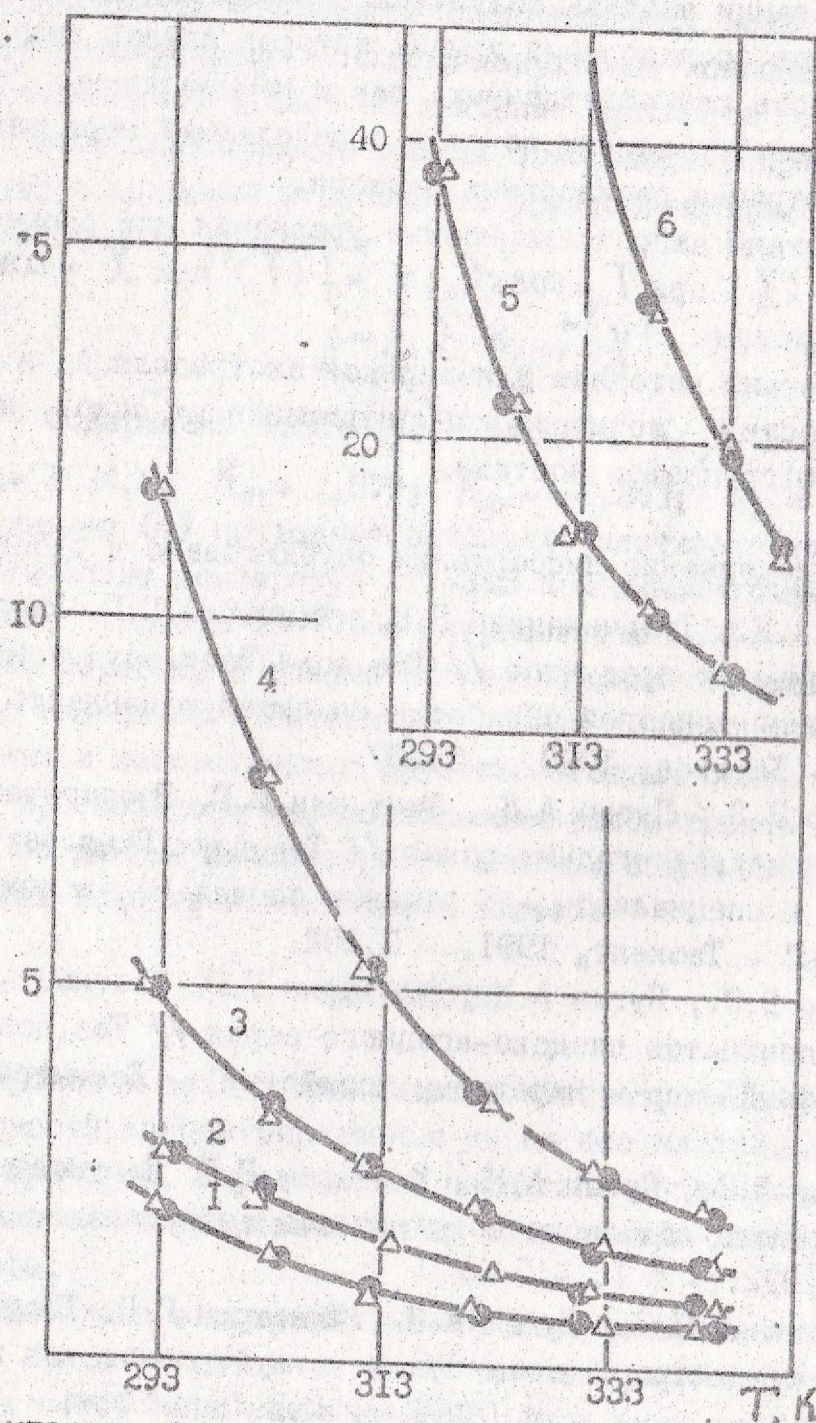


Рис. 1. Температурная зависимость вязкости яблочного
и виноградного соков

При концентрации: 1-20%, 2-30%, 3-40%, 4-50%, 5-60%, 6-70%.

Δ - яблочный, ● - виноградный

Таблица 1

Коэффициенты уравнения (1)

Наименование сока	Концент- рация, %	К о э ф ф и ц и е н т ы		
		A_0	A_I	A_2
Яблочный и виноградный	20	8,500	- 3237	863587
	30	12,147	- 5533	1261012
	40	19,936	-10445	2081874
	50	12,111	- 5693	1433089
	60	15,292	- 8082	1966402
	70	24,929	-14834	3268680
Хурмовый	20	7,244	- 2317	717857
	30	15,01	- 7344	1572742
	40	13,775	- 6504	1483521
	50	10,21	- 4300,8	1215137
Мандариновый	20	6,772	- 1933	669863
	30	4,594	- 487	495029
	40	11,667	- 4921	1268517
	45	10,427	- 4030	1165993
Грушевый	20	7,733	- 2654	774155
	30	0,216	2304	2800
	40	2,705	643	331876
	50	-6,657	6669	-563678

Таблица 2

Коэффициенты уравнения (2)

Наименование сока	Темпера- тура, К	К о э ф ф и ц и е н т ы			
		A_0	A_I	$A_2 \cdot 10^4$	$A_3 \cdot 10^5$
1	2	3	4	5	6
Яблочный и виноградный	291	6,957	0,023	2,312	1,074
	303	6,480	0,044	-6,931	1,572
	313	6,200	0,040	-6,010	1,321
	323	5,863	0,058	-10,158	1,575
	333	6,131	0,015	1,610	0,552
	343	5,703	0,045	-6,719	1,133

Окончание табл. 2

	1	2	3	4	5	6
Мандариновый	293	5,593	0,185		-45,107	6,002
	303	5,295	0,190		-48,406	6,321
	313	5,059	0,193		-50,696	6,538
	323	5,070	0,169		-42,792	5,543
	333	5,247	0,137		-34,146	4,757
	343	4,602	0,187		-51,326	6,528
Хурмовый	293	6,555	6,974	10^{-2}	-8,839	1,476
	303	6,479	5,196	10^{-2}	-4,773	1,0897
	313	6,404	4,335	10^{-2}	-5,435	1,334
	323	6,052	5,622	10^{-2}	-8,306	1,400
	333	5,916	5,116	10^{-2}	-6,691	1,168
	343	5,899	3,881	10^{-2}	-4,242	0,989
Грушевый	293	8,472	-0,107		40,146	-2,911
	303	6,172	8,333	10^{-2}	-15,941	2,341
	312	6,391	4,127	10^{-2}	-3,825	1,116
	323	5,982	6,280	10^{-2}	-10,900	1,731
	333	4,613	1,620	10^{-1}	-38,061	4,052
	343	5,684	5,760	10^{-2}	-9,549	1,472

Коэффициенты уравнения (3)

Таблица 3

$A_0 = 6,5438$	$B_{11} = -6,0253 \cdot 10$	$C_{01} = 4,839$
$A_1 = -1,8714 \cdot 10^3$	$B_{12} = 0$	$C_{02} = -2,839$
$A_2 = 5,807 \cdot 10^5$	$B_{13} = 0$	$C_{10} = -1,593 \cdot 10^2$
$B_{00} = 0$	$B_{20} = 7,52 \cdot 10^5$	$C_{11} = 1,3744 \cdot 10^3$
$B_{01} = 3,8141 \cdot 10^{-1}$	$B_{21} = 0$	$C_{12} = 0$
$B_{02} = -5,194 \cdot 10^{-3}$	$B_{22} = 2,0011 \cdot 10^2$	$C_{20} = 4,1689 \cdot 10^5$
$B_{03} = 2,944 \cdot 10^{-5}$	$B_{23} = 0$	$C_{21} = 0$
$B_{10} = -1,4172 \cdot 10^3$	$C_{00} = 0$	$C_{22} = 0$

В. В. 17021

БИБЛИОТЕКА