

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНЫХ СВОЙСТВ ГРАНАТОВОГО И МАНДАРИНОВОГО СОКОВ МЕТОДОМ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ

д.т.н. Магеррамов Микаил Акпер оглы, mikailbyst@mail.ru
профессор кафедры «Технология и технические науки»
Лянкяранский Государственный Университет
Аллея Ази Асланова, 50, город Лянкяран, Азербайджанская Республика, AZ4250

к.б.н., доц. Магеррамова Севиндж Исмаил кызы, maqerramovasevinc75@mail.ru
доцент кафедры «Инженерия и прикладные науки»
Азербайджанский Государственный Экономический Университет, город Баку,
ул. Истиглалийят, 6, AZ1001

Аннотация. Одна из важных задач современного этапа развитие пищевой индустрии совершенствование технологии производства и, в частности, создание новых методов обработки материалов и продуктов, обеспечивающих высокие качественные и технико-экономические показатели. Одним из основных свойств плодоовощных соков является их плотность. Однако анализ имеющихся данных указывает на полное отсутствие данных о плотности соков при повышенных параметрах состояния. В работе проведено экспериментальное исследование плотности соков методом гидростатического взвешивания в интервале температур до 403 К, при атмосферном и повышенном давлениях. Результаты экспериментальных исследований показало, что при повышении температуры плотность гранатового и мандаринового соков уменьшается. А при повышении содержание массовой доли растворимых сухих веществ значение плотности этих соков увеличивается. Аналогичная картина наблюдается и при определении плотности гранатового и мандаринового соков при повышенных давлениях.

Ключевые слова: соки, плотность, гидростатического взвешивания, пикнометр, температура

Введение

Теплофизические свойства пищевых продуктов оказывают большое влияние на тепло- и массообмен, в особенности такие, как плотность, вязкость, теплопроводность, теплоемкость продукта и др., зависящие от вида продукта, его температуры, концентрации и давления над продуктом [1, 2].

Для того чтобы создать и правильно эксплуатировать то или иное оборудование для переработки пищевых продуктов, необходимо знать основы пищевой химии и реологические свойства тех пищевых продуктов, для которых данное оборудование предназначено, а также теоретические и экспериментальные методы расчета тех или иных параметров с учетом экономических аспектов производства. Известно, что эти вопросы чрезвычайно сложны и еще недостаточно изучены, а имеющаяся информация зачастую противоречива и к тому же рассеяна по различным источникам. Кроме того, необходимо уметь применять особые методы расчета технологических систем с учетом их интеграции на производстве.

Литературный обзор.

В настоящее время одна из важных задач современного этапа развитие пищевой индустрии – совершенствование технологии производства и, в частности, создание новых методов обработки материалов и продуктов, обеспечивающих высокие качественные и технико-экономические показатели. Это в свою очередь предполагает создание новых высокопроизводительных и высокотехнологичных машин и аппаратов, что невозможно без данных целого ряда теплофизических свойств пищевых продуктов

[3-5]. Имеющиеся в литературе данные показывают, что, несмотря на интенсивные исследования экспериментаторов, работающих в этой области [6-8], для целого ряда веществ нет надежных данных по отдельным свойствам, теплофизические данные о них не систематизированы, а иногда носят случайный характер.

Ценность конечного продукта пищевой индустрии зависит от методов его переработки, хранения, упаковки и транспортировки [9, 10]. На каждом из этих этапов необходимо располагать достоверной информацией о различных параметрах объекта. Теплофизические свойства занимают важнейшее место среди этого набора параметров. Изменение теплофизических свойств продуктов может служить индикатором качества. Наличие данных о различных термических, переносных и электрофизических свойствах используется при проектировании процессов и аппаратов в промышленном производстве. В литературе известны сведения о некоторых свойствах ряда продуктов переработки плодов, в частности в [9-12]. Однако анализ имеющихся данных указывает на полное отсутствие данных о плотности соков, измеренных методом гидростатического взвешивания.

Поэтому в работе проведено экспериментальное исследование плотности соков методом гидростатического взвешивания в интервале температур до 403 К, при атмосферном и повышенном давлениях. Погрешность данных о плотности оценивается $\pm 0,1\%$.

Теоретико-методологические основы исследования. Для экспериментального исследования плотности жидкостей в зависимости от температуры и давления была собрана установка, основанная на методе гидростатического взвешивания [13-16]. Принцип работы установки основан на определении выталкивающей силы, действующей на подвесную систему со стороны жидкости.

Как известно, на все тела, погруженные в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх. Эта сила равна:

$$F_A = \rho_{ж} g V_T \quad (1)$$

где F_A – сила Архимеда, $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, $g = 9.8 \text{ м/с}^2$, V_T – объем тела.

Допустим, что в жидкость погружена система тел, состоящая из трех тел различной формы. Они связаны между собой. Эту систему тел будем называть подвесной системой (рис. 1).

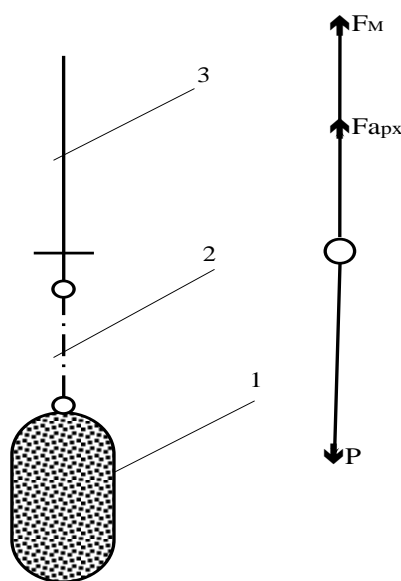


Рис. 1. Схема подвесной системы метода гидростатического взвешивания : 1 – кварцевый поплавок, 2 – манганитовая нить, 3 – железный сердечник (диаметр – около 1мм, высота –

5-7см)

Общая масса подвесной системы будет:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 \quad (2)$$

где m_1 , m_2 , и m_3 – соответственно массы поплавка (1), нити (2) и сердечника (3). Выталкивающая сила, действующая на подвесную систему со стороны жидкости будет:

$$F_A = \rho g V_{\text{п.с.}} \quad (3)$$

где $V_{\text{п.с.}}$ – общий объем подвесной системы:

$$V_{\text{п.с.}} = V_1 + V_2 + V_3, \quad (4)$$

Здесь V_1 , V_2 , и V_3 – соответственно объем поплавка, сердечника и нити. На подвесную систему действуют сила тяжести (P), направленная вниз, сила Архимеда и дополнительная сила ΔF_M ; последние две силы направлены вверх.

Можно подобрать ΔF_M такой, чтобы соблюдалось условие:

$$F_A + \Delta F_M = P, \quad (5)$$

Тогда вся система будет находиться в подвешенном состоянии.

Здесь ΔF_M – магнитная сила, которая создается магнитной катушкой, приложенная к железному сердечнику.

Если (2) и (4) учесть в (5), то получим:

$$\rho g V + \Delta m g = m g \quad (6)$$

Здесь $\Delta m = m_2' - m_1'$, где m_2 и m_1 – эти массы электромагнитной катушки при прохождении тока через катушки (m_2) и масса катушки без тока (m_1). Тогда получим:

$$\rho g V + (m_2' - m_1')g = m g,$$

$$\rho V + (m_2' - m_1') = m$$

$$\rho V = m - (m_2' - m_1')$$

Отсюда:

$$\rho = \frac{m - (m_2' - m_1')}{V_1 + V_2 + V_3} \quad (7)$$

Это уравнение является рабочей формулой метода гидростатического взвешивания. Однако, при измерениях плотности жидкости в зависимости от температуры и давления надо учесть слабое изменение объема поплавка от температуры и давления. Эти поправки обозначим как Δ_1 и Δ_2 . Тогда изменение объема будет иметь вид: $V_1 \Delta_1 \Delta_2$. Изменение объема нити и сердечника с температурой и давлением незначительны, мы их не учитываем.

Тогда расчетное уравнение метода гидростатического взвешивания окончательно будет иметь вид:

$$\rho = \frac{m - (m_2' - m_1')}{V_1 - \Delta_1 \Delta_2 + V_2 + V_3} \quad (8)$$

При измерениях плотности жидких плодовоовощных соков мы пользовались этой формулой.

Для оценки поправки

$$\Delta_1 = 1 + 3\alpha \Delta t,$$

где $\alpha = 0.43 \times 10^{-6}$, 1/К – линейное расширение кварца; Δt – изменение температуры.

$$\Delta_2 = 1 - \chi P,$$

где $\chi = 2.7 \times 10^{-6} \text{ см}^2/(\text{кгс})$, P – внешнее давление, действующее на поплавок.

Экспериментальная установка состоит из нескольких, одновременно действующих систем: система взвешивания, электронно-следающая система, система создания и измерения давления, система создания и измерения температуры, электронно-следающая система, система передачи давления, система заполнения, система создания и измерения вакуума и др.

Общий вид экспериментальной установки показан на рисунке 2. Основные части установки следующие: измерительная камера (1), трубчатая головка (2), пережимной сосуд (3), поплавок

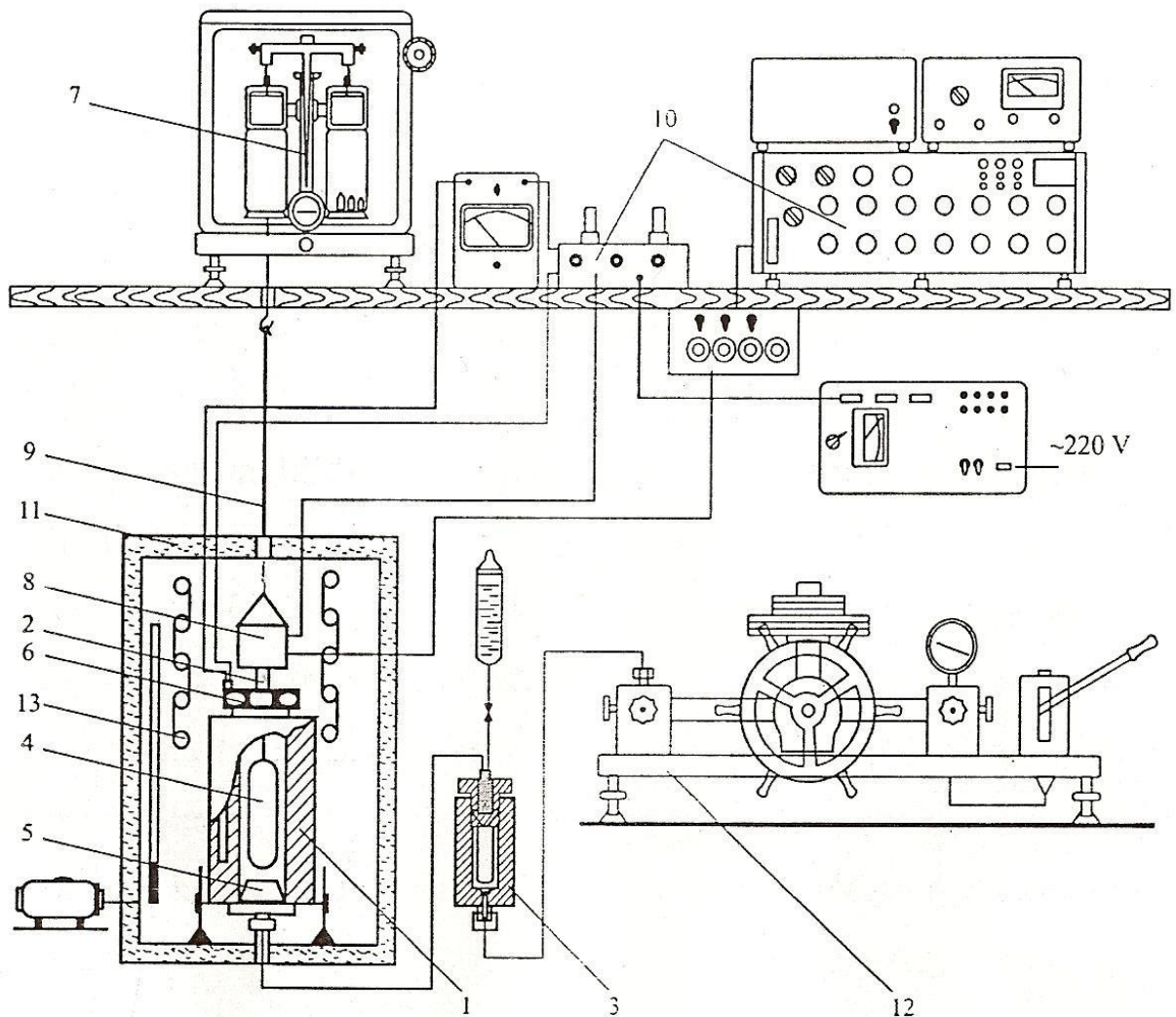


Рис. 2. Экспериментальная установка для измерения плотности пищевых жидкостей

(4), нижний соединяющий конус (5), верхний укрепляющий конус (6), аналитические весы (7), электромагнитная катушка (8), подвесная система с соединительным стержнем (9), электронно-следающая система (10), титановая печь (11), грузопоршневой манометр МП-60 (12), электронагреватель (13).

Измерительный прибор, изготовленный из нержавеющей стали, состоит из поплавковой камеры (4), соединенной трубкой высокого давления с головкой (2), выполненной из титана. В этой головке, в тефлоновом вкладыше, расположена катушка-

датчик электроносledящей системы, концы которой проходят в тефлоновой изоляции и выводятся наружу через уплотнительный тефлоновый сальник.

Сверху прибор закрывается колпачком с конусным винтом, в котором находится сердечник подвесной системы. На горлышко сосуда надет холодильник, в котором постоянно циркулирует холодная вода, охлаждающая трубку высокого давления, чтобы горячая жидкость не поднималась в зону сердечника.

Подвесная система, размещенная внутри прибора, состоит из кварцевого поплавка, сердечника, изготовленного из серебрянки и соединяющей их манганитовой нити. Магнитная связь между подвесной системой и катушкой-соленоидом подвешенной к одной из чашек аналитических весов осуществляется с помощью ферромагнитного сердечника. Вес подвесной системы в исследуемой среде, представляющего разность весов соленоида с подвесной системой и без нее, определяется весами ВЛА-200 с чувствительностью 0.1 мг.

Для строгого центрирования и поддержания фиксированного положения подвесной системы использована электронно-следящая система (10), которая питается постоянным электрическим током от электронно-стабилизирующего выпрямителя. В качестве термостата использована электропечь специальной конструкции с теплоизолирующей прослойкой из асбеста. Температура в термостате поддерживается с помощью тонкой регулировки и контролируется двумя термопарами.

Температура опыта измеряется хромель-алюмелевой термопарой, точность определения температуры не хуже 0.03 К. Давление в системе создавалось и измерялось грузопоршневым манометром МП-60, класса 0.05, с использованием пережимного сосуда высокого давления.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись соки из плодов граната и мандарина. Сок из этих плодов получали по общепринятой технологии [9, 11, 12].

Исследованы плотности следующих соков:

- гранатовый сок (сорт Иридана) при концентрациях 17, 23, 40% при давлениях 0.1 и 5 МПа в интервале температур 278.15 – 403.15 К, а также при атмосферном давлении для концентраций 44, 50, 55, 60 и 65% при температурах 278.15-363.15 К (всего 111 значений плотности)
- мандариновый сок при концентрациях 11, 15, 20, 25 и 30% в интервале температур 283.15 – 363.15 К при атмосферном давлении и натуральный сок при давлениях 0.1 и 5 МПа (всего 70 значений).

Методы исследования

Экспериментальное определение плотности соков проводилось на трех различных установках [12-16]. При атмосферном давлении использовался метод пикнометрического определения плотности. Применялись капиллярные пикнометры объемом 25 и 50 мл выполненные из стекла. Для концентратов оптимальным было использование пикнометром меньшего объема. Внутренний диаметр горлышка пикнометра составлял 2 мм, что позволяло измерять с достаточно высокой точностью. Пикнометр размещался в жидкостном термостате с мешалкой и нагревателем. В качестве жидкости использовалась вода. Температура во время измерений в термостате поддерживалась с точностью 0.1°C. Погрешность измерений плотности пикнометрическим методом не превышает 0.05%.

Измерения при повышенном давлении проводились методом гидростатического взвешивания следующим образом: после откачки системы (до $\sim 10^{-3}$ мм рт.ст.) производится заполнение экспериментальной установки исследуемой жидкостью. Проверяется исправность электронно-следящей системы и системы взвешивания. По достижению стационарного теплового состояния производится взвешивание

электромагнитной катушки (m_1').

Далее ток проходит через электромагнитную катушку. Подвесная система переходит во взвешенное положение, и одновременно измеряется масса этой катушки (m_2') с током.

До экспериментального исследования плотности жидкости путем калибровки были найдены значения массы всей подвесной системы (m_1), а также массы отдельных элементов (m_1, m_2, m_3). Так определили объем отдельных элементов подвесной системы (V_1, V_2, V_3).

Измерения плотности жидкости сводится к определению массы электромагнитной катушки с током (m_2') и без тока (m_1'). Расчет плотности жидкости проводился на основании формулы (8).

В ходе опыта измерялись температура, давление, вес электромагнитной катушки с подвесной системой и вес самой электромагнитной катушки.

В методе гидростатического взвешивания основной измеряемой величиной является вес катушки с подвесной системой (m_2) и без нее (m_1), а остальные величины, входящие в формулу находят калибровкой. При определении параметров подвесной системы в качестве эталонных жидкостей был использован н-гептан.

Расчет погрешности измерений плотности по методу гидростатического взвешивания.

Для оценки погрешности измерений мы пользовались методикой, предложенной в [12-16], при этом принимается, что выполняются следующие условия:

- 1) неисключенные систематические погрешности при определении аргументов подчиняются закону нормального распределения;
- 2) распределение случайных погрешностей подчиняется закону Стьюдента;
- 3) вероятность распределения $\alpha=0.95$.

При этих условиях общая неисключенная среднеквадратичная погрешность измерения плотности определяется как:

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = k \sqrt{\left[\frac{\Delta m - \Delta(m_2' - m_1')}{m - (m_2' - m_1')}\right]^2 + \left[\frac{\Delta V_1 \Delta_1 \Delta_2 + V_1 \Delta_1 \Delta(\Delta_2) + V_1 \Delta_2 \Delta(\Delta_1) + \Delta_2 V + \Delta V_3}{V_1 \Delta_1 \Delta_2 + V_2 + V_3}\right]^2} + \left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right)_P \frac{\Delta P}{\rho} + \left(\frac{\partial \rho}{\partial P}\right)_T \frac{\Delta T}{\rho} \quad (9)$$

где Δm , $\Delta(m_2' - m_1')$, ΔV_2 , ΔV_3 , ΔV_1 , Δ_1 , Δ_2 – соответственно погрешности определения величин: m , $(m_2' - m_1')$, V_1 , V_2 , V_3 , Δ_1 и Δ_2 . Если $\alpha=0.95$, то значение $k=1.1$.

Среднеквадратичное значение случайных погрешностей можно оценить так:

$$\frac{s_\rho}{\rho} = k \sqrt{\left[\frac{s_m + s_{m_2 - m_1}}{m - (m_2 - m_1)}\right]^2 + \left[\frac{V_1 s_{\Delta_2} + \Delta_2 s_1 + s_{V_1} + s_{V_2}}{\Delta_2 V_1 + V_2 + V_3}\right]^2} + \left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right)_P S_T^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial P}\right)_T S_P^2 \quad (10)$$

Здесь s_m , $s_{m_2 - m_1}$, s_{V_1} , s_{V_2} , s_{V_3} , s_{Δ_2} , s_{Δ_1} – это параметры случайных погрешностей величин: m , $(m_2' - m_1')$, V_1 , V_2 , V_3 , Δ_2 и T .

Отметим, что погрешности P , Δ_1 и Δ_2 – незначительны, поэтому принято, что $s_1=0$, $s_{\Delta_1}=0$, $s_{\Delta_2}=0$.

Погрешность измерения аргументов взвешивания и других измеренных величин определяется как:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}, \quad (11)$$

где x_i – измеряемая величина, \bar{x} , ее среднее значение, n – количество измерений.

Во всех измерениях температура определялась платиновым термометром сопротивления (ПТС-10).

Погрешность измерения температуры рассчитывали по формуле:

$$S_T^2 = [R_0(A_{Pr} + 2B_{Pr}t)]^2 (S_{Rt}^2 + S_{R_0}^2 + t^2 S_a^2 + t^4 S_b^2), \quad (12)$$

где S_{Rt} , S_{R_0} , S_a , S_b , – параметры случайной погрешности величин R , R_a , R_b . Неисключенная среднеквадратичная погрешность определения плотности жидкости составила 0.06%, случайная погрешность 0.015%. Таким образом, полная погрешность 0.075%. Основные величины, составляющих погрешность установки приведены в [12-14].

Максимальная относительная погрешность по нашим оценкам, с учетом результатов серии контрольных опытов на эталонных веществах (вода, гептан), разброса результатов отдельных измерений, воспроизводимости и самосогласованности данных не превышает 0.085%.

Для установления надежности получаемых данных на описанной установке, были проведены контрольные опыты по измерению плотности воды. Полученные данные сравнивались с Международными скелетными таблицами по воде. Расхождения между нашими данными и справочными не превышают 0.04%.

Результаты и обсуждение

Как было отмечено выше, экспериментальное определение плотности соков проводилось на трех различных установках. При атмосферном давлении использовался метод пикнометрического определения плотности. Для концентратов оптимальным было использование пикнометром меньшего объема [12, 17, 18]. Измерения при повышенном давлении проводились методом гидростатического взвешивания.

Результаты экспериментальных исследований приведены в таблицах 1-4 и на рис. 1 и 2.

Таблица 1

Плотность натурального гранатового сока и его концентратов при повышенных параметрах состояния (ρ , г/см³)

Т, К	17%		23%		40%	
	0.1 МПа	5 МПа	0.1 МПа	5 МПа	0.1 МПа	5 МПа
278.15	1.069	1.0712	1.108	1.1102	1.2035	1.2058
293.15	1.064	1.0663	1.102	1.1044	1.1963	1.1989
303.15	1.0605	1.0628	1.0974	1.0997	1.1912	1.1936
313.15	1.0561	1.0585	1.0925	1.0948	1.1856	1.1879
323.15	1.0513	1.0537	1.0876	1.09	1.1797	1.1824
333.15	1.0462	1.0486	1.082	1.0843	1.1732	1.1755
343.15	1.0403	1.0427	1.0757	1.0781	1.1667	1.169
353.15	1.034	1.0365	1.0694	1.0718	1.1595	1.1622
363.15	1.0272	1.0298	1.0623	1.0647	1.152	1.1548
373.15		1.0223		1.0572		1.1466
383.15		1.0143		1.0493		1.1374
393.15		1.0062		1.0409		1.1299
403.15		0.9976		1.0325		1.1212

Таким образом, впервые нами экспериментально исследована плотность гранатового и мандаринового соков, в интервале температур 278.15-403.15 К при атмосферном давлении и давлениях 0.1-10 МПа. Плотность соков измерена методом гидростатического взвешивания при

различных (от натурального до 65,0% СВ) концентрациях. Плотность индивидуальных соков определена при различных температурах, давлениях и концентрациях. По этим значениям составлены подробные таблицы. Проведена графоаналитическая обработка.

Таблица 2

Плотность концентратов гранатового сока при атмосферном давлении (ρ , г/см³)

T, К	44%	50%	55%	60%	65%
278.15	1.2265	1.2572	1.2852	1.314	1.3402
293.15	1.2181	1.25	1.277	1.304	1.33
303.15	1.2124	1.2445	1.2712	1.298	1.3238
313.15	1.2064	1.239	1.2652	1.2913	1.317
323.15	1.2001	1.2324	1.2584	1.284	1.31
333.15	1.1934	1.226	1.252	1.2778	1.3034
343.15	1.1862	1.219	1.2445	1.2701	1.2964
353.15	1.1787	1.2118	1.2375	1.2632	1.2895
363.15	1.1711	1.2037	1.2298	1.256	1.283

Таблица 3

Плотность сока мандарина с 10.7% содержанием сухих веществ (ρ , г/см³)

T, К	0.1 МПа	5 МПа
282.95	1.0453	1.0478
290.79	1.0437	1.0461
301.29	1.0407	1.0435
309.42	1.0382	1.0408
321.79	1.0330	1.0353
327.91	1.0305	1.0326
342.61	1.0226	1.0251
351.57	1.0169	1.0197
362.61	1.0097	1.0121
370.33	1.0040	1.0067
377.91		1.0004
389.97		0.9905
400.71		0.9804

Таблица 4

Плотность сока мандарина при различном содержании сухих веществ (ρ , г/см³)

T, K	11%	15%	20%	25%	30%
283.15	1.0470	1.0650	1.0890	1.1120	1.1358
293.15	1.0444	1.0626	1.0868	1.1101	1.1340
303.15	1.0413	1.0595	1.0835	1.1072	1.1315
313.15	1.0379	1.0558	1.0801	1.1040	1.1282
323.15	1.0338	1.0515	1.0756	1.0998	1.1244
333.15	1.0293	1.0468	1.0712	1.0950	1.1198
343.15	1.0236	1.0414	1.0660	1.0897	1.1147
353.15	1.0171	1.0355	1.0604	1.0835	1.1068
363.15	1.0105	1.0290	1.0541	1.0769	1.1022

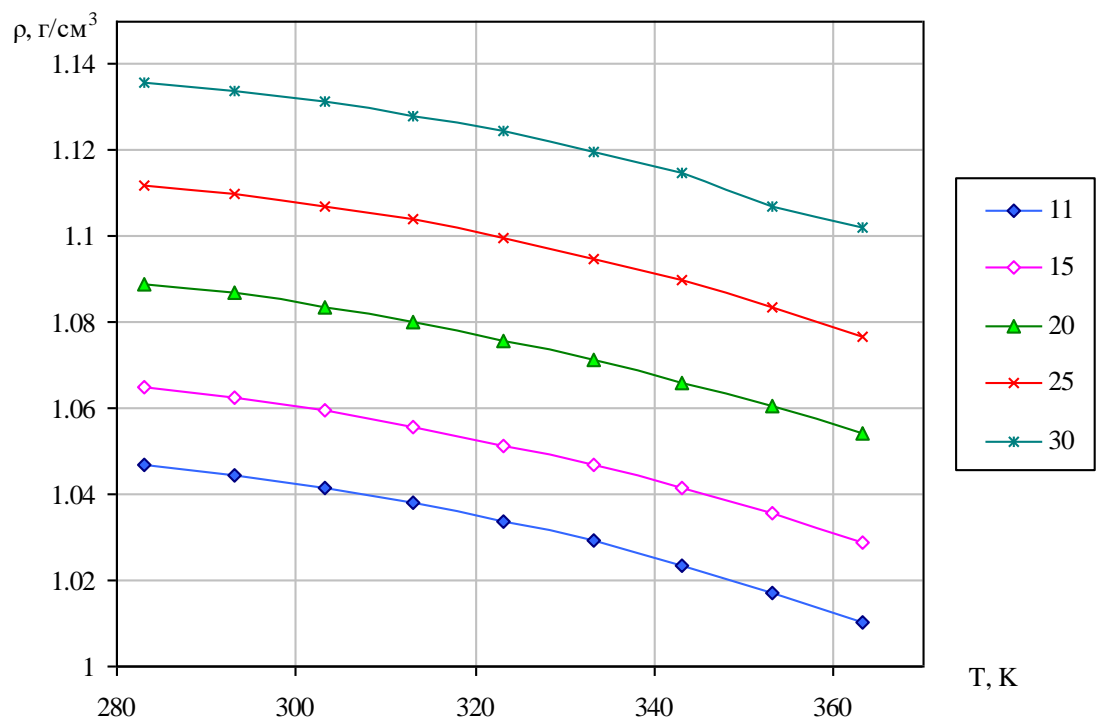


Рис. 1. Плотность мандаринового сока в зависимости от температуры

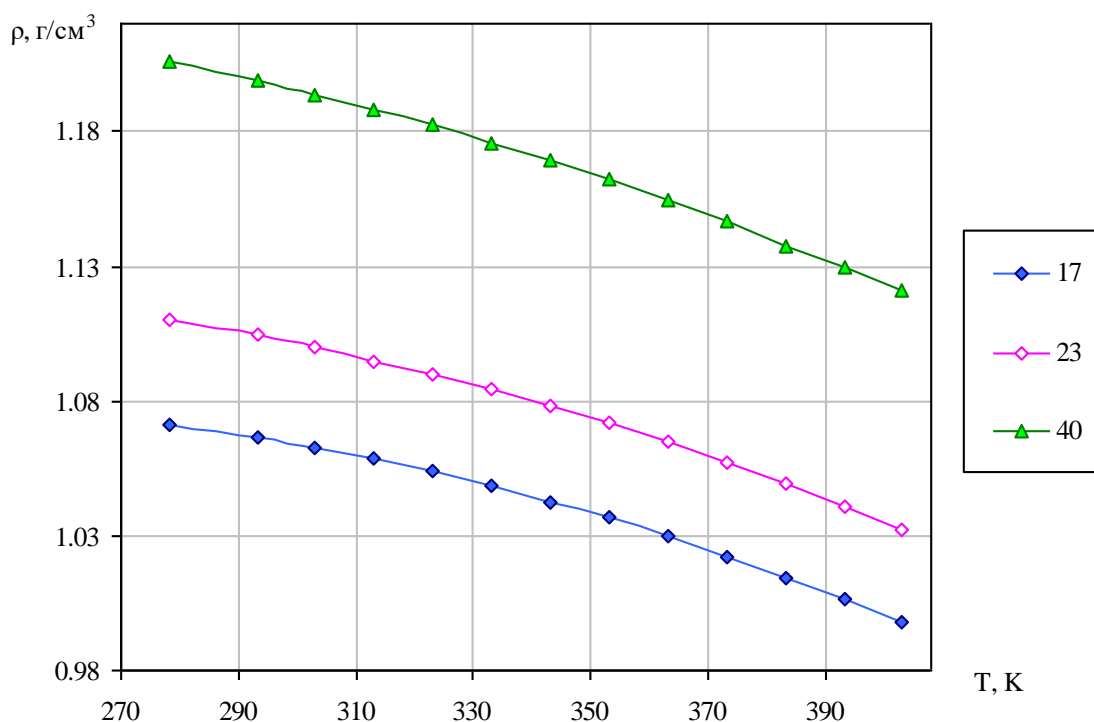


Рис. 2. Температурная зависимость гранатового сока сорта Иридана

На рисунке 1 приведены опытные данные о мандариновом соке при концентрациях 11, 15, 20, 25 и 30%. Изменение плотности от температуры в гранатовом соке при давлении 5 МПа для концентраций 17, 23 и 40% показаны на рисунке 2.

На основании результатов экспериментальных исследований установлено, что при повышении температуры плотность гранатового и мандаринового соков уменьшается. А при повышении содержания массовой доли растворимых сухих веществ значение плотности этих соков увеличивается. Аналогичная картина наблюдается и при определении плотности гранатового и мандаринового соков при повышенных давлениях.

Выводы

Таким образом разработаны новые методы определения плотности гранатового и мандаринового соков при повышенных температурах и давлениях с созданием экспериментальной установки, позволяющей проводить измерения объемных свойств жидкостей при температурах до 200°C и давлениях до 20 МПа (погрешность измерений на этой установке оценивается 0,15%).

Результаты экспериментальных исследований показали, что при повышении температуры плотность гранатового и мандаринового соков уменьшается. А при повышении содержания массовой доли растворимых сухих веществ значение плотности этих соков увеличивается. Аналогичная картина наблюдается и при определении плотности гранатового и мандаринового соков при повышенных давлениях.

На основании проведенных работ научно обоснована концепция создания информационных данных о плотности гранатового и мандаринового соков, которые могут быть использованы для расчета и проектирования многоцелевого оборудования для пищевой промышленности.

Литература

1. Скулкина Н. А., Колчанова С. Г., Вилисова Е. А., Студенок С. И., Черняк В. Г. Определение плотности вещества. Екатеринбург: Урал. федерал. ун-т, 2016. 31 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://works.doklad.ru/view/V3AHngEk73s.html/> (Дата обращения: 02.07.2020).
2. Теория тепломассообмена: Учебник для технических университетов и вузов / С.И.Исаев, И.А. Кожин, В.И.Кофанов и др.; Пед ред. А.И.Леонтьева. – 2-е изд., испр. И доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1997. – 683с.
3. Bhattacharjee Chiranjit, Saxena V.K., Dutta Suman. Fruit juice processing using membrane technology: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* Volume 43, October 2017, Pages 136-153.
4. Amobonye A., Bhagwat P., Ruzengwe F. M., Singh S., Pillai S. Pear Juice Clarification Using Polygalacturonase from *Beauveria bassiana*: Effects on Rheological, Antioxidant and Quality Properties. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2022, Vol. 72, No. 1, pp. 57–67.
5. Amobonye A., Bhagwat P., Ruzengwe F. M., Singh S., Pillai S. Pear Juice Clarification Using Polygalacturonase from *Beauveria bassiana*: Effects on Rheological, Antioxidant and Quality Properties. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2022, Vol. 72, No. 1, pp. 57–67.
6. Deou Janine. Control of the rheological behavior of chocolate suspensions by optimizing the morphological properties of the particles. Université Paris Est École Doctorale Sciences, Ingénierie et Environnement. France, 2021. 199 Pp.
7. Beckett S. T. *The Science of Chocolate*. Royal Society of Chemistry, 2019, 284 Pp.
8. Feichtinger, A., Scholten, E., & Sala, G. (2020). Effect of particle size distribution on rheological properties of chocolate. *Food & Function*, 11, 9547–9559.
9. Ferrara Lydia. Nutritional and Pharmacological Properties of *Tamarindus Indica* L. *Journal of Nutrition and Food Science*. 2019; Vol. 2, Iss. 2: 1012.
10. Romero, G. M. Rios, J. Sanchez, S. Bocquet and A. Savedra. Modeling Heat and Mass Transfer in Osmotic Evaporation Process. *AIChE Journal*, Volume 49, Issue 2, February 2003, Pages 300-308.
11. Rosenthal A., Torrezan R., Schmidt F.L., Narain N. Preservation And Processing Of Tropical And Subtropical Fruits. *Postharvest Biology And Technology Of Tropical And Subtropical Fruits*. Elsevier Ltd., 2011. v. 1, p. 419 – 484.
12. Магеррамов М. А. Научные основы производства, тепло и электрофизические свойства плодовоовощных соков. Лянкярань, ЛГУ, 2020. 320 с.
13. Голубев И. Ф. Определение удельного веса жидкостей и газов при высоких давлениях методом гидростатического взвешивания // Труды ГИАП. М.: 1957. Вып. 7.
14. Гусейнов К.Д. Исследование термодинамических и переносных свойств ряда кислородсодержащих органических веществ в широком интервале параметров состояния: Автореф. Дисс... д-ра техн. наук. Баку, 1979.
15. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. *Техническая термодинамика: учебник для*
в
16. Магеррамов М. А. Методика измерения объемных свойств жидких пищевых продуктов/ *Materialy IX Mezinarodni vedecko- prakticka conference "Predni vedecke novinky"*, Praha. Publishing House "Education and Science"s.r.o. 27 августа - 05 сент. 2013. Том 9, с. 50-55.
17. Maharramov M. A. Investigation of thermal conductivity of orange and tangerine juices in non-stationary state. *E3S Web of Conferences* 254, 07015 (2021) FARBA 2021. Pp 1-7.
18. Abdulagatov I. M., Magerramov M. A., Abdulagatov A. İ., Azizov N. D. Viscosity of fruit juices: experimental and modeling (*Food Science and Technology*). Nova Science Publishers Inc; UK ed. edition (3 Aug. 2011). Pp 1-99.

INVESTIGATION OF THE VOLUMETRIC PROPERTIES OF POMEGRANATE AND TANGERINE JUICES BY HYDROSTATIC WEIGHING

Maharramov Mikail Akbar
mikailbyst@mail.ru
professor of the department "Technology and technical sciences"
Lankaran State University

PhD, Maharramova Sevinj Ismail
maqerramovasevinc75@mail.ru
Associate Professor of the Department of Engineering and Applied Sciences
Azerbaijan State Economic University

Summary

One of the important tasks of the current stage in the development of the food industry is the improvement of production technology and, in particular, the creation of new methods for processing materials and products that provide high quality and technical and economic indicators. One of the main properties of fruit and vegetable juices is their density. However, the analysis of the available data indicates the complete absence of data on the density of juices at elevated state parameters. An experimental study of the density of juices by the method of hydrostatic weighing in the temperature range up to 403 K, at atmospheric and elevated pressures was carried out in the work. The results of experimental studies showed that with increasing temperature, the density of pomegranate and tangerine juices decreases. And with an increase in the content of the mass fraction of soluble solids, the value of the density of these juices increases. A similar picture is observed when determining the density of pomegranate and tangerine juices at elevated pressures.

Keywords: juices, density, hydrostatic weighing, pycnometer, temperature

NAR VƏ NARINGI ŞİRƏLƏRİNİN HƏCM XÜSUSIYYƏTLƏRİNİN HIDROSTATİK ÇƏKI METODU İLƏ TƏDQIQI

t. e. d. Məhərrəmov Mikayıl Əkbər oğlu,
mikailbyst@mail.ru
"Texnologiya və texniki elmlər" kafedrasının professoru
Lənkəran Dövlət Universiteti
b.ü.f.d. Məhərrəmov Sevinc İsmayıl q.,
maqerramovasevinc75@mail.ru
"Mühəndislik və tətbiqi elmlər" kafedrasının dosenti
Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti

Xülasə

Yeyinti sənayesinin inkişafının hazırkı mərhələsinin mühüm vəzifələrindən biri də istehsal texnologiyasının təkmilləşdirilməsi, xüsusilə xammalların və məhsulların emalının yüksək keyfiyyət və texniki-iqtisadi göstəriciləri təmin edən yeni üsullarının yaradılmasıdır. Meyvə və tərəvəz şirələrinin əsas xüsusiyyətlərindən biri onların sıxlığıdır. Bununla belə, mövcud məlumatların təhlili yüksək hal parametrlərində şirələrin sıxlığı haqqında məlumatların tam olmadığını göstərir. İşdə 403 K-ə qədər temperatur diapazonunda, atmosfer və yüksək təzyiqlərdə şirələrin sıxlığının hidrostatik çəki üsulu ilə eksperimental tədqiqi aparılmışdır. Eksperimental tədqiqatların nəticələri göstərir ki, temperaturun artması ilə nar və naringi şirələrinin sıxlığı azalır. Və həll olunan bərk maddələrin kütlə payının miqdarının artması ilə bu

şirələrin sıxlığının qiyməti artır. Oxşar mənzərə yüksək təzyiqlərdə nar və naringi şirələrinin sıxlığını təyin edərkən müşahidə olunur.

Açar sözlər: şirələr, sıxlıq, hidrostatik çəki, piknometr, temperatur

