

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ СОКОВ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ

Попов А.М., Тихонов Н.В., Тихонова И.Н., Макковеев М.А.

ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», Кемерово, Россия (650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47), e-mail: popov4116@yandex.ru

Материалом для данной статьи послужила необходимость экспериментального определения зависимости удельной электропроводности соков от концентрации сухих веществ, выраженной эмпирической формулой, с целью более точного контроля за удельной мощностью, подаваемой в аппарат, и пенообразованием. Авторами статьи были проведены постановочные экспериментальные исследования с использованием яблочного сока, соков красной рябины, черной смородины и облепихи. Установлено, что взаимосвязь удельной электропроводности соков от содержания сухих веществ соответствует эмпирической формуле Кольрауша, однако эта формула не дает представления о вкладе кислотности соков в величину удельной электропроводности, а также не позволяет соотнести удельную мощность, подводимую к аппарату, с концентрацией сухих веществ. Получены эмпирические формулы для распределения электропроводности соков в зависимости от кислотности и для расчета удельной мощности в зависимости от концентрации сухих веществ, позволяющей удерживать скорость образования пены ниже скорости ее разрушения в зоне интенсивного кипения.

Ключевые слова: удельная электропроводность, содержание сухих веществ, мощность, концентрация, выпаривание.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE CONDUCTIVITY OF JUICE DEPENDING ON THE CONCENTRATION OF SOLIDS

Popov A.M., Tichonov N.V., Tichonova I.N., Makkoveev M.A.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Kemerovo, Russia (650056 Kemerovo, Stroiteley Boulevard 47), e-mail: popov4116@yandex.ru

The creation of this article was the necessity of experimental determination of the conductivity of juice depending on the concentration of solids, expressed by the empirical formula, in order to more precisely control specific power supplied to the machine and foaming. Authors of the article were held staged experimental studies using apple juice, the juice of red mountain ash, buckthorn and black currant. Found that the relationship between the conductivity of the juice solids content corresponds to the empirical formula Kohlrausch, however, this formula does not represent the contribution juice acidity value of conductivity, and also allows to correlate the specific power input to the device with the concentration of solids. The empirical formulas for the distribution of electrical juice depending on the acidity and to calculate the specific power depending on the concentration of dry matter, allow to keep the speed of the foam below its destruction speed in the zone of vigorous reflux.

Keywords: electric conductivity, the content of dry substances, power, concentration, evaporation.

Введение

Последнее десятилетие активно развивается направление по заготовке как дикорастущих плодов и ягод, так и выращенных сельскохозяйственным путем. Намечается стойкая тенденция уже не просто к небольшому сбору для непосредственной реализации, но и к переработке крупных объемов растительного сырья в товарный продукт. В том числе непосредственно вблизи места заготовок. Вызвано это рядом причин, например быстрой порчей сырья.

Ягоды и плоды целесообразно перерабатывать на сок, с последующей концентрацией в вакуумных выпарных аппаратах при температуре кипения не выше 55 °С для сохранения максимального количества биологически активных веществ[3].

Обеспечить высокое качество концентрата можно только при соблюдении технологии выпаривания. Для процесса вакуумного концентрирования сока к основным технологическим параметрам можно отнести: температуру выпаривания и содержание сухих веществ в выпариваемом соке. Сухие вещества контролируют, как правило, при помощи рефрактометров различных конструкций. При этом необходимо осуществлять регулярный отбор проб упариваемого сока, что весьма затруднительно из-за наличия разряжения в аппарате. Существуют поточные рефрактометры, встраиваемые в аппаратуру, но они дорогостоящи и реально могут быть применены только на больших выпарных аппаратах.

Применение омического выпаривания существенно оптимизирует процесс переработки плодов и ягод в конечный продукт, однако существующие для этого аппараты обладают теми же недостатками, что и аппараты прямого нагрева [4; 5], в частности: необходимость четкого контроля за подаваемой удельной мощностью, сохранение температурного режима и поддержание вакуума в процессе выпаривания. Это является весьма проблематичным на аппаратах малого объема ввиду необходимости проводить замеры содержания сухих веществ и сопутствующей разгерметизации аппарата в процессе замеров. С целью устранения этих недостатков была проведена серия исследований, одни из которых заключались в установлении эмпирических зависимостей между электропроводностью соков и содержанием сухих веществ [2]. Параллельно была установлена эмпирическая зависимость подводимой удельной (отнесенной к единице площади выпариваемой поверхности) мощности от концентрации сухих веществ.

Объекты и методы исследований

Были проведены исследования с использованием яблочного сока, соков красной рябины, черной смородины и облепихи, доказывающие взаимосвязь удельной электропроводности разбавленного сока с его концентрацией, согласно эмпирической формуле Кольрауша:

$$\chi_t = \chi_{25} \cdot [1 + \alpha(t - 25) + \beta(t - 25)^2] \quad (1)$$

Использовался кондуктометрический метод анализа. Результаты исследований представлены на рис. 1-5.

Также учитывалось, что для малых концентраций эквивалентная электропроводность сильного электролита равна:

$$\lambda = \lambda_0 - A\sqrt{C} \quad (2)$$

Для более высоких концентраций:

$$\lambda = \lambda_0 - A\sqrt[3]{C} \quad (3)$$

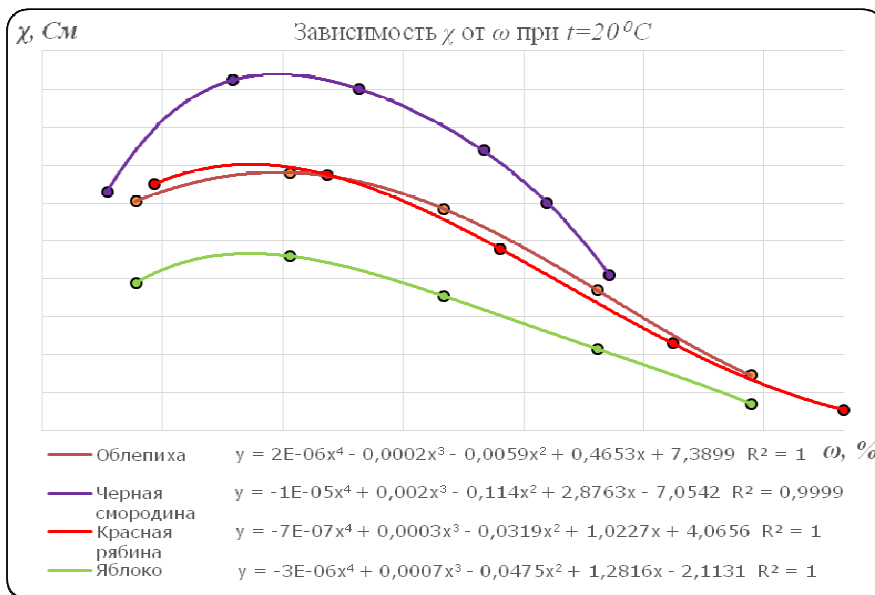


Рис. 1. Зависимость электропроводности от содержания сухих веществ в соке при $t=20^{\circ}\text{C}$.

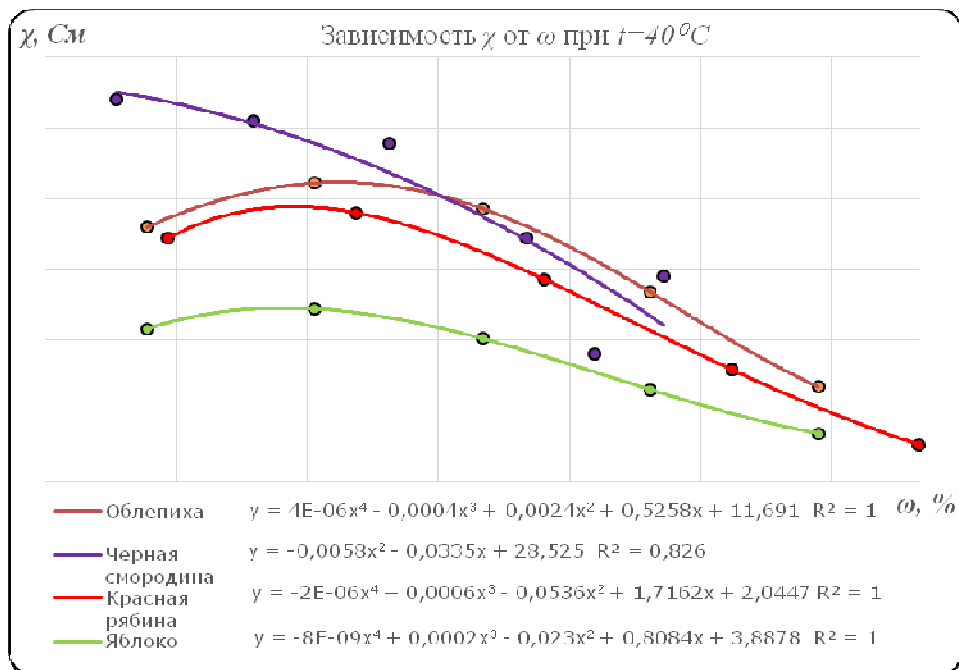


Рис. 2. Зависимость электропроводности от содержания сухих веществ в соке при $t=40^{\circ}\text{C}$.

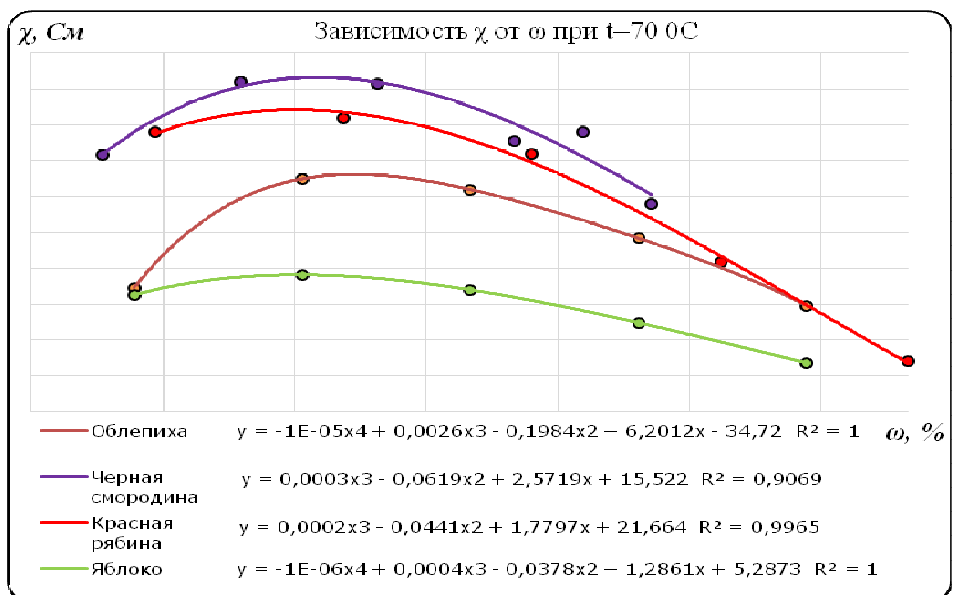


Рис. 3. Зависимость электропроводности от содержания сухих веществ в соке при $t=70$ °С.

Зависимость электропроводности от концентрации носит хорошо выраженный экстремальный характер. Для исследованных соков область экстремума располагается в интервале 25...30% содержания сухих веществ во всём интервале исследованных температур, с незначительным смещением экстремума в направлении увеличения содержания сухих веществ с ростом температуры.

Зависимость электропроводности для всех соков от температуры в исследованном интервале содержания сухих веществ носит преимущественно монотонно возрастающий характер (рис. 4-5).

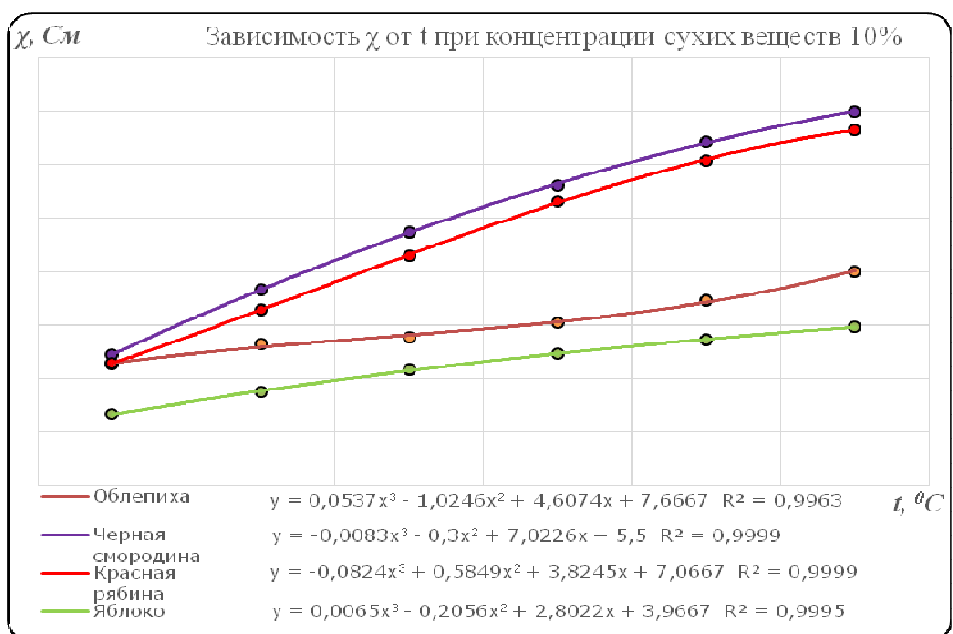


Рис. 4. Зависимость электропроводности от температуры при концентрации 10%.

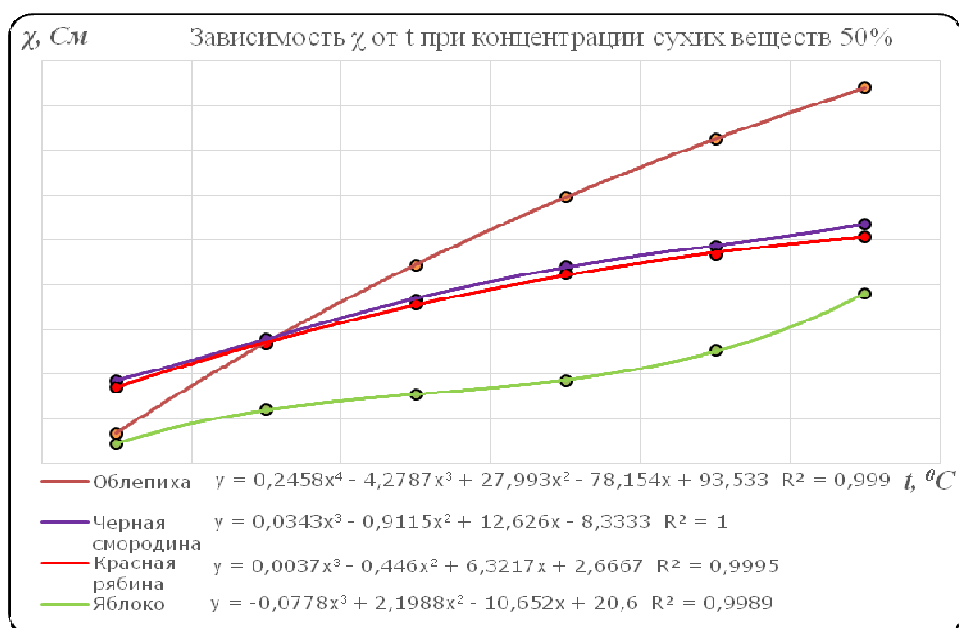


Рис. 5. Зависимость электропроводности от температуры при концентрации 50%.

Расположение соков по электропроводности хорошо коррелируется с общей кислотностью соков (табл. 1), что особенно хорошо проявляется в области экстремума электропроводности.

Таблица 1

Расположение соков по кислотности в области экстремума электропроводности

Наименование сока	Общая кислотность, % (при содержании сухих веществ – 25%)	Электропроводность, См (при содержании сухих веществ – 25% и 20 °C)
Черносмородиновый	5,9±0,1	18,8
Красной рябины	4,2±0,1	14
Облепиховый	3,2±0,1	13,8
Яблочный	1,8±0,1	9,2

На основании чего сделан вывод о том, что кислотность вносит определяющий вклад в электропроводность сока. Зависимость носит линейный характер и может быть описана (с $R^2=0,98$) линейным уравнением вида:

$$\chi = -2,214 + 0,43K \quad (4)$$

где: χ -электропроводность сока в См, K - общая кислотность сока в %.

В области высоких концентраций, в которых предположительно будут работать выпарные аппараты непрерывного действия, электропроводность имеет близкие значения для всех видов сока. Вероятно, это связано с тем, что при концентрировании снижается количество свободных подвижных ионов в соке и определяет электропроводимость в

большой мере наличие воды.

Получена зависимость подводимой к выпариваемому раствору удельной (отнесённой к единице площади поверхности испарения) мощности от содержания сухих веществ, при которых происходит интенсивное кипение сока, но скорость образования пены не превышает скорости её разрушения (т.е. режим, когда аппарат не захлёбывается пеной). Зависимость носит также линейный характер и может быть описана (с $R^2=0,98$) линейным уравнением вида:

$$P = -\alpha\omega + \beta \quad (5)$$

где P – удельная мощность, подводимая к аппарату в $Вт/м^2$; ω – концентрация сухих веществ, %; α и β – эмпирические коэффициенты, рассчитываемые экспериментально (для яблочного сока $\alpha=-1319,6$ $\beta=26097$).

Результаты и их обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о стабильном характере электрических процессов, протекающих при омическом нагреве плодово-ягодных соков. Это способствует непрерывности процесса, упрощает систему автоматизации и контроля. Наличие прямой зависимости электропроводности от содержания сухих веществ позволяет контролировать течение процесса без вмешательства в процесс выпаривания, устраняя потери в связи с разгерметизацией при отборе проб по традиционному способу, что особенно актуально для работы вакуумных выпарных аппаратов.

Список литературы

1. Кравченко С.Н. Биологическая ценность экстрактов, полученных из высушенных ягод и жома клюквы /Кравченко С.Н., Попов А.М., ХимичА.Н. // Известия вузов, пищевая технология. – 2009. - №2. –С.44-45.
- 2.Попов А.М. Исследование технологических процессов для концентрирования и стерилизации соков методом прямого нагрева/Попов А.М., Тихонов Н.В., Тихонова И.Н. //Техника и технология пищевых производств. - 2013. - № 1. –С. 81–87. -ISSN 2074-9414.
- 3.Цапалова И.Э. Экспертиза дикорастущих плодов, ягод и травянистых растений : учеб.-справ. пособие / Цапалова И.Э., Губина М.Д., ПозняковскийВ.М.- 2 изд., испр. и доп. - Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002. - 180 с.
- 4.ЖуравковаА. Аналитический обзор применения омического нагрева в пищевых технологиях : сайт кафедры электротехники Национального университета пищевых технологий. - Украина, 2010.- URL: www.oh.co.ua
5. JaromirStancl, RudolfZitny. Ohmic heating and fouling of foods // Czech Technical University in

Prague, Faculty of the Mechanical Engineering, Technicka 4, 166 07, 2010, p.10.

Рецензенты:

Короткова Е.И., д.т.н., профессор, заместитель директора по научной работе и инновационному развитию ИПР Томского политехнического университета, г.Томск.

Погребенков В.М., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ТСН Томского политехнического университета, г.Томск.