

Влияние физических факторов на электроповерхностные явления в дисперсных ситемах

Исследуются воздействия акустических и электромагнитных полей на дисперсную систему для улучшения осветления соков.

Interaction acoustic and electromagnetic fields with dispersion systems was researched.

В технологических процессах очень часто необходимо изменить состояние коллоидной системы для получения необходимого результата. Это может быть переход гелевая, изменение дисперсности, кинетических свойств системы. Под действием внешних физических факторов равновесие на границе фаз – коллоидная частица – дисперсная среда может нарушиться, что приводит к появлению электроповерхностных явлений и сил их вызывающих, которые приводят к изменению устойчивости системы.

Фруктовые соки занимают особое место в питании человека. Сами фрукты являются очень важным и высокоценным продуктом питания, а соки, полученные из них содержат почти все имеющиеся компоненты свежих плодов, которые и составляют пищевую ценность.

При производстве, в частности, яблочного сока главной задачей является сохранение исходного биологического состава продукта и исключения потерь витаминов и других ценных биологически активных веществ. Неосветленные концентрированные соки имеют ряд недостатков по сравнению с осветленными и поэтому объем их производства значительно уступает производству осветленных продуктов в мире. Процесс концентрирования яблочного сока путем выпаривания усложняется явлением желатилизации из-за повышенного содержания пектина. Поэтому перед выпариванием сок необходимо декантировать или осветлить. Кроме того, неосветленные концентраты имеют низкий товарный вид, повышенную вязкость и сильно выраженный привкус карамельных тонов.

В последнее время все большее внимание уделяется применению различных физических методов для увеличения сроков сохранения и осветления соков. В настоящей работе рассматривается процесс осветления соков и виноматериалов под действием физических факторов, в том числе и крайне низкой интенсивности. Осветление сводится к разрушению коллоидной системы сока путем ускорения процессов коагуляции дисперсных и полидисперсных частиц и их выпадения в осадок. Известно применение физических факторов, таких как ультразвук, электромагнитные поля для ускорения процесса осветления материалов [1,2], однако интенсивность применяемых факторов всегда достаточно велика.

Целью настоящей работы является исследование возможности применения электромагнитных полей и излучений для управления дисперсностью системы. При этом, основное влияние уделяется возможности использования полей крайне низкой интенсивности, определению частотных диапазонов и режимов наиболее эффективных для разрушения коллоидной системы и изучению их влияния на физико – химические показатели системы.

Быстрая коагуляция системы происходит в том случае, когда на любых расстояниях между частицами преобладают силы притяжения. Предел устойчивости лиофобных коллоидов определяется из равновесия ионно – электростатических и молекулярных сил взаимодействия частиц, когда исчезает силовой барьер, препятствующий слипанию частиц. Критерием коагуляции лиофобных сильнозаряженных зелей, содержащих сферические частицы одинакового размера и имеющих произвольный потенциал поверхности, является уравнение Дерягина – Ландау[3]:

$N = F(\varphi_1, \kappa)$ эллиптический интеграл первого рода,

$$4E(\varphi_1, \kappa) - 3(1 - \kappa^2)N(\kappa) - 4\kappa = 0, \quad (1)$$

где $E(\varphi_1, \kappa)$ эллиптический потенциал второго рода с модулем и амплитудой φ_1 :

$$\kappa = \sqrt{\frac{2}{ch\left(\frac{ez\psi_0}{kt}\right) + 1}};$$

$$\varphi_1 = \arccos \sqrt{\frac{ch\left(\frac{az\psi_0}{kt}\right) - 1}{ch\left(\frac{ez\psi_1}{kt}\right) - 1}};$$

e – заряд электрона;

z – валентность ионов симметричного электролита концентрации n ; kT – произведение постоянной Больцмана на абсолютную температуру; ψ_1 – потенциал поверхности частицы;

ψ_0 потенциал в плоскости симметрии.

Система, находящаяся в критическом состоянии согласно уравнению (1), корни которого $K=0,5425$ и критическая толщина $\chi h_c=1,858$ имеет критическую концентрацию электролита[4]:

$$n_{кр} z^6 = 85,2 \frac{\varepsilon^3 (kT)^5}{A^2 e^6}, \quad (2)$$

где ε диэлектрическая проницаемость среды; A постоянная межмолекулярного притяжения; h_c критическое расстояние между частицами;

$$\chi = 2ez \sqrt{\frac{2\pi}{\varepsilon kT}};$$

d дебаевская толщина двойного ионного слоя.

Если заряд дисперсных частиц имеет одинаковый знак, но разную величину, то силы ионно – электрического взаимодействия (отталкивания) при определенном

значении расстояния между частицами, которое зависит от потенциалов частиц, достигает максимального значения. На меньших расстояниях между частицами проявляются силы притягивания. Критическая величина концентрации является функцией потенциалов обеих взаимодействующих частиц и отличается от формулы (2) имеется только в случае малых потенциалов одной из частиц [4].

Согласно формуле (2), которая связывает параметры критического состояния коллоидной системы, можно сказать, что при заданном электролите, т. е. заданных величинах концентрации раствора n , валентности ионов симметричного электролита z и величины постоянного межмолекулярного притяжения A , критическое состояние можно создать искусственно меняя величины температуры T или эффективной диэлектрической постоянной среды. В биологических растворах изменение температуры ограничено возможностью не только денатурации белков, но и изменением их качества при изменении температуры. При небольших изменениях температуры или при постоянной температуре процесса осветления материалов имеется возможность менять только эффективное значение диэлектрической постоянной среды.

Диэлектрические свойства дисперсных систем определяются рядом факторов, основными из которых являются: концентрация электролита, размеры частиц, частотный диапазон измерений ε [5].

Наиболее сильная зависимость от концентрации электролита наблюдается при малых его концентрациях. Аналогично, наиболее сильная зависимость от размеров зерен и частотного диапазона наблюдается при малых диаметрах дисперсных частиц на низких частотах (до 200кГц). Причем, величина диэлектрической проницаемости среды может меняться на два порядка, достигая абсолютных значений порядка 10^4 и уменьшаясь на высоких частотах до величины диэлектрической постоянной воды ($\varepsilon = 78$) при комнатной температуре. Таким образом, квазистатистические условия критичности коллоидной системы (согласно формуле (2)) могут быть выполнены при приложении к раствору переменного электромагнитного поля. Ультразвуковые колебания, приложенные к раствору, в котором находятся дисперсные частицы, механически меняют расстояния между частицами, в том числе помогая преодолеть силовой барьер ионно – электрического отталкивания. Если энергия ультразвукового поля передается частице и превышает максимальную силу отталкивания, то это способствует процессу быстрой коагуляции. При этом следует иметь в виду, что при достаточных интенсивностях в ультразвуковом поле появляются гидродинамические потоки, которые также способствуют коагуляции частиц. Таким образом, ультразвуковые колебания в растворе могут способствовать коагуляции дисперсных частиц только в случае высокой плотности энергии, что технически, проще всего, реализуется в ультразвуковом диапазоне при плотностях энергии не менее $W = 0.5 \frac{Bm}{cm^2}$, то есть ультразвуковое воздействие не может быть отнесено к физическим факторам крайне низких интенсивностей.

В настоящей работе ультразвуковое воздействие на осветление яблочного сока использовалось для сравнения с электромагнитными воздействиями, в том числе крайне низкой интенсивности.

С целью проведения исследований использовались следующие установки:

- «Оратория 4М» широкополосная шумовая КВЧ установка с полосой рабочих частот 57-68,5ГГц, спектральной плотностью мощности шума

$$s = 10^{-9} \frac{Bm}{cm^2};$$

- УВЧ-30 с выходной мощностью $p=15W$ на фиксированной частоте 40,68МГц;
- установка НЧ с фиксированной частотой 100кГц, обеспечивающая величину импульсного напряжения в области облучения $V=0,12mV$;
- ультразвуковая установка Mela Sonar – B34 [model G1-120] (Германия) с фиксированной частотой 840кГц и

$$\text{плотностью выходной мощности } 1 \frac{Bm}{cm^2}.$$

Оценка качества осветления проводилась путем определения физико – химических показателей (pH и общей кислотности, содержанию сахаров и пектинов, а также растворимых сухих веществ) и прозрачности (оптической плотности), путем определения коэффициента светопропускания сока и количества осадка после центрифугирования. Все виды обработок выполнялись под контролем микробиологических показателей сока, которые характеризуют бактерицидный и бактериостатичный характер их влияния.

В таблице 1 приведены величины оптической плотности $D\%$ и количество выпавшего осадка $X\%$, содержание сахаров и пектина от режимов обработки яблочного сока. На диаграмме (рис.1) приведены максимальные величины изменения оптической плотности в процентах ($D\%$) и количества выпавшего осадка ($X\%$) яблочного сока при воздействии разных физических факторов.

Табл. 1

Способ обработки	Время обработки	Оптическая плотность, $D, \%$	Осадок, $X, \%$	Сахара	Пектин
Контроль	0	2	1,4	370	0,0144
Ультразвук	1	7,2	1,3	318	0,064
	2	6,94	12,5	310	
	3	5,5	7	300	
	5	3,42	1,9	270	
	10	1,01	0,9	230	
	15	5,2	6,85	223	
Широкополосный КВЧ-шум	1	14,2	11,1		0,0048
	3	12,4	8,4		
	5	9,9	7,68	225	
	10	13,9	10,8		
	15	15	11,05	300	
	20	4	4,2		
УВЧ-30	2	2	8,5		0,0072
	4	4	5,7	9,2	
	5	9,84	11,4		
	7	14,5	14,5	325	
	10	13,1	13,8		
НЧ-воздействие	3	11,6	11,4		0,008
	5	12,1	13,3		
	10	12,1	13,48		
	12	12	12,6	300	
	15	17,3	16,2		
	20	14	14,76		

Проведенные исследования позволяют сделать определенные выводы:

- из рассмотренных физических факторов наиболее эффективно влияют на осветление яблочного сока широкополосное КВЧ-облучение и низкочастотное электрическое поле. Оптическая плотность сока при этих воздействиях более чем в два раза выше, чем при обработке ультразвуком. При этом максимальное осветление достигается на первой минуте для КВЧ-облучения и на третьей минуте для низкочастотного электрического поля. Качество осветления сока лучше при использовании внешних воздействий, чем в контрольной пробе;
- изменение количества выделенного осадка при обработке КВЧ-облучением и низкочастотным электрическим полем позволяет говорить о высоком качестве готового продукта. При их использовании частично растворяются ценные высокомолекулярные соединения в низкомолекулярные. При этом осадка удаляется на 15% меньше, по сравнению с обработкой УВЧ-облучением. Это свидетельствует о повышенной биологической ценности готового продукта;
- эффективность использования КВЧ-облучения и низкочастотного электрического поля подтверждается анализом физико-химических показателей обработанного сока, которые в результате воздействия физических факторов изменяются незначительно;
- сравнение результатов осветления сока в зависимости от частотного диапазона позволяет сделать вывод о том, что при размерах дисперсионных частиц, свойственных яблочной мякоти, при меньших частотах (НЧ-воздействие) эффект выше, чем при воздействии КВЧ-излучения, что связано с поляризацией гидратной оболочки. На УВЧ и КВЧ диапазонах поляризация практически отсутствует, а на мощном УВЧ за счет увеличения температуры повышается разрушение структуры воды, что дополнительно уменьшает эффект осветления.

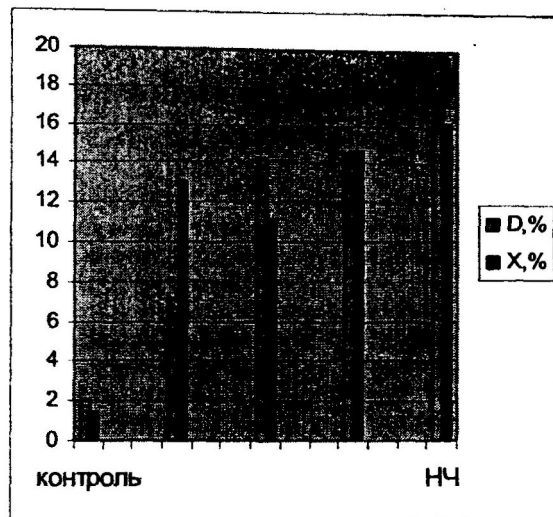


Рис.1 Диаграмма зависимости оптической плотности и количества осадка от типа излучения.

Литература

1. Лошицкий П.П. Влияние КВЧ-излучения на растворы белка // *Электроника и связь*, 1997, №2. часть 1, с.148-152
2. Марчулис М.А. Основы звукохимии, М, «Высшая школа», 1924г.
3. Дерягин Б.В., Ландау Л.Д., Теория устойчивости сильно заряженных лиофобных золь и слипания сильно заряженных частиц в растворах электролитов // *Журнал экспериментальной и теоретической физики*, 1945, т.15 с.662-681.
4. Усыров О.Г. Ионно—электростатическое взаимодействие и критерий коагуляции разнородных частиц в растворах электролитов при произвольных и постоянных потенциалах поверхности // *Электроповерхностные явления в дисперсных системах*. М.: «Наука», 1972г.
5. Духин С.С. Электропроводность и электрокинетические свойства дисперсных систем. Киев: