

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОФЛОТАТОРА ДЛЯ ОСВЕТЛЕНИЯ ЯБЛОЧНОГО СОКА

*Институт прикладной физики АН Республики Молдова,
ул. Академией, 5, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова*

Ранее [1] нами был предложен электрофлотационный способ удаления взвешенных веществ из яблочного сока в процессе его осветления. Он обладает рядом преимуществ перед используемыми в настоящее время традиционными способами – отстаиванием и сепарированием при помощи центрифуг: сокращается время осветления, создаются условия для проведения процесса в непрерывном режиме, что положительно сказывается на качестве готового продукта. Кроме того, одновременно с удалением взвешенных и коллоидных веществ из сока удаляется основная масса микроорганизмов (дрожжей и плесеней) и снижается величина окислительно-восстановительного потенциала [2]. Это приводит к ухудшению условий жизнедеятельности оставшихся в соке микроорганизмов, вследствие чего их развитие или замедляется на 20–40 часов или прекращается, что также способствует сохранению качества продукта, особенно при сбоях в работе, нередко возникающих в производственных условиях.

Для реализации данного способа нами были проведены исследования по выбору и разработке оптимальной конструкции электрофлотационного аппарата (ЭФА).

Известны конструкции ЭФА [3–4], применяющиеся при обогащении полезных ископаемых, очистке сточных вод и в других отраслях, однако они не могут быть использованы для решения настоящей задачи, так как процесс электрофлотационного удаления взвешенных веществ (ВВ) с адсорбированными на них микроорганизмами имеет свои особенности в отличие от минеральных пульп и сточных вод.

В практике флотации (в том числе и электрофлотации) для успешного проведения процесса с помощью химических реагентов-собирателей твердым частицам придают гидрофобные свойства.

Вследствие такой обработки частицы образуют с пузырьками газов комплексы, на прочность которых практически не оказывает влияние скорость течения жидкости, в которой они находятся. В яблочном соке частицы взвесей очень гидрофильны, при флотации они образуют рыхлые неустойчивые комплексы с пузырьками газов.

Применение каких-либо веществ для придания частицам гидрофобных свойств в пищевых продуктах недопустимо, поэтому, чтобы сохранить при флотации флоккулы, необходимо создание в аппарате ламинарного режима движения жидкости, а это возможно при условии, что скорость подачи сока не будет превышать скорость всплывания флокул подобного типа, равную, как было установлено [5], 4–6 мм/с.

Выбор геометрических размеров аппарата

При производительности технологической линии по производству яблочного сока 5 м³/ч и времени нахождения сока в аппарате 10 мин объем его рабочей зоны составит 830 дм³. Для определения высоты и поперечного сечения рабочей зоны проводились исследования в ЭФА с площадью сечения 74 см² и переменной высотой от 10 до 90 см при различных плотностях тока с добавлением в сок пектолитического ферментного препарата пектофоетидина П10х и желатина согласно существующим технологическим нормам. За длительность процесса принимали время, за которое 90–95% взвешенных веществ извлекалось в пену, признаком чего было появление пустой, белой пены в нижней части пенного слоя на поверхности сока.

Эффективность работы аппарата определялась по критерию K [6]:

$$K = it^2/h^2,$$

где i – плотность тока, мА/см²; t – время флотации, с; h – высота обрабатываемого сока, см.

Результаты исследования показали (рис. 1), что для аппарата высотой 50–80 см величина K минимальна (кривая 1). Это говорит о том, что высокая эффективность работы аппарата достигается при минимальных энергозатратах, что подтверждается данными, представленными на кривой 2.

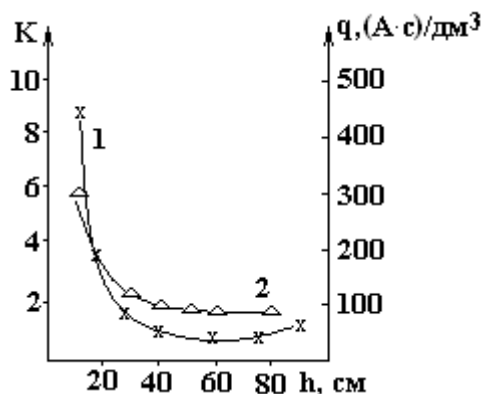


Рис. 1. Зависимость величины критерия эффективности работы аппарата K (1) и удельного расхода электричества q (2) от высоты слоя обрабатываемой жидкости h при $t = 10$ мин; $i = 10$ мА/см²

Для выбора высоты рабочей зоны аппарата из интервала 50–80 см рассчитывались варианты сочетаний площади поперечного сечения и высоты (табл.1).

Таблица 1. Сечение рабочей зоны аппарата в зависимости от его высоты

№	Высота, см	Площадь сечения, дм ²
1	50	166
2	60	138
3	70	119
4	80	104

С учетом высокой стоимости производственных площадей и одинаковой эффективности работы аппарата с вышеуказанными высотами целесообразным представляется 4-й вариант.

Выбор способа подачи сока в аппарат

Решение этого вопроса имеет важное значение. Подача сока противотоком по отношению к поднимающимся пузырькам приводит к разрушению флоккул и снижению эффективности процесса. Поэтому нами выбран прямоточный способ подачи жидкости – снизу, в межэлектродное пространство.

При подаче сока в аппарат непосредственно через трубопровод диаметром 50 мм скорость его течения составляет 709 мм/с (табл.2).

Таблица 2. Скорость течения жидкости в зависимости от площади сечения

Зона нахождения сока	Площадь сечения, дм ²	Скорость, мм/с
Трубопровод $d = 50$ мм	0,196	709,0
Устройство для подачи сока	23,0	6,0
В межэлектродном пространстве при расстоянии между электродами, мм		
3	30,0	4,6
5	37,5	3,7
7	46,1	3,0

Это более чем на два порядка превышает скорость движения жидкости в межэлектродном пространстве и рабочей зоне аппарата. Для выравнивания скоростей нами предложено устройство для подачи сока в аппарат со сменными решетками.

Были проведены исследования по определению необходимой суммарной площади сечения отверстий этих решеток, чтобы скорость подачи сока в аппарат находилась в интервале 4–6 мм/с.

На рис. 2 представлены результаты, показывающие, что при суммарной площади сечения отверстий решетки $S_{\text{сеч.отв.р}}$, составляющей 0,15–0,35 от сечения рабочей зоны $S_{\text{сеч.раб.з}}$, скорость подачи сока (кривая 1) находится в необходимом интервале. При этом степень извлечения ВВ(ϵ) достигает высокого значения (кривая 2), а время флотации при этом не превышает 10 мин.

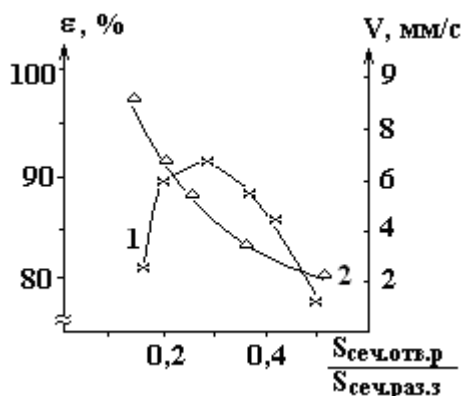


Рис. 2. Влияние отношения суммарной площади сечения отверстий сменной решетки $S_{сеч.отв.р.}$ к площади сечения рабочей зоны $S_{сеч.раз.з}$ на скорость V подачи сока (кривая 1) и степень извлечения взвешенных веществ ϵ (кривая 2) при $h = 80$ см; $i = 10$ мА/см²; $t = 10$ мин

Результаты опытов (табл. 3), проведенных с различной скоростью подачи V , показали, что при скорости 3 мм/сек расход электричества минимален, но при такой скорости невозможно достичь необходимой производительности аппарата P , а скорость подачи сока 4,5–5,5 мм/с обеспечивает производительность 5,0–5,5 м³/ч и достаточно высокую эффективность процесса при относительно низких энергозатратах Q (500–600 (Вт·ч)/м³).

Таблица 3. Влияние скорости подачи сока на производительность ЭФА

№	$V, \text{мм/с}$	$P, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q, (\text{Вт}\cdot\text{ч})/\text{м}^3$	$\epsilon, \%$
1	3,0	3,0	150	90,0
2	4,5	4,5	300	90,0
3	5,0	5,0	450	92,0
4	5,5	5,5	600	93,5
5	6,0	6,0	750	93,5

Таким образом, оптимальным вариантом рабочей зоны ЭФА являются параметры:

- высота слоя обрабатываемого сока 80 см;
- площадь поперечного сечения 104 дм²;
- ввод сока снизу в межэлектродное пространство через устройство со сменными решетками, суммарная площадь сечения отверстий которых составляет 15–35 дм², что обеспечивает скорость подачи сока не более 6 мм/с и создает в аппарате ламинарный режим течения жидкости, что в свою очередь способствует высокой эффективности процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романов А.М., Кубрицкая Т.Д., Сорокина В.Н. и др. Электрофлотационное осветление яблочного сока // Электронная обработка материалов. 1984. № 2. С. 85–86.
2. Кубрицкая Т.Д., Сорокина В.Н., Олару Г.Н. Применение электрофлотации для продления срока хранения яблочного сока - полуфабриката до его окончательной переработки // Там же. 1993. № 6. С. 60–63.
3. Мамаков А.А. Современное состояние и перспективы применения электролитической флотации веществ. Кишинев, 1975. Ч. 1–2.
4. Когановский А.М. и др. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. М., 1983. С. 68–70.
5. Зекель Р.М. и др. О роли размера пузырьков при электрофлотации гидратных осадков без реагентов-собирателей. Технология разработки и обогащения полезных ископаемых. Ротапр. СФТГП ИФЗ АН СССР. 1975. С. 92–96.
6. Ненно В., Зеленцов В., Романов А. Оптимизация конструкции электрофлотационного аппарата для разделения суспензий. Энергетические воздействия в процессах переработки минерального сырья // ИГДСО АН СССР. 1987. Новосибирск, С. 60–66.

Поступила 03.08.05

Summary

Account and description of the construction particularities intended for removing suspension particles out of the apple juice with an output of 5 м³/h in the line of juice plant are given.