

## **ЭЛЕКТРООБРАБОТКА СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ**

---

**В.А. ШУЛИКА,  
И.С. ГУЛЬИЙ, д-р техн. наук,  
М.П. КУПЧИК, Л.Г. ВОРОНА, канд. техн. наук**

В технологии сахарного производства, связанного с извлечением сока из свекловичной стружки, важным процессом является плазмолиз полупроницаемых мембран клеток ткани. От того, насколько они разрушены, зависит процесс диффузии сахара из свекловичной стружки.

Распространенная в настоящее время термоплазмолизация имеет существенные недостатки. Основными из них являются неселективность термического воздействия на различные элементы клеток растения, длительность процесса плазмолизации, громоздкость и металлоёмкость устройств для её осуществления, а также значительные потери сахара.

На первой стадии технологического процесса свеклосахарного производства при экстрагировании из свекловичной стружки наряду с сахарозой извлекают практически все сахара и пектин клетчатки, затем с помощью извести, углекислоты, серы и других материалов на протяжении всего технологического процесса стремятся их удалить, достигая при этом 30 % эффекта очистки и затрачивая до 7 % известкового камня к массе свеклы. Поэтому плазмолизация свекловичной стружки и очистка диффузионного сока непосредственно на стадии процесса экстрагирования имеет большое значение и может быть использована при разработке новой технологии сахарного производства.

С помощью новых способов экстрагирования сахарозы, в которых используется электрическое поле [1], можно значительно повысить эффективность процессов получения и очистки диффузионного сока. Проведенные исследования влияния электрического поля на процесс экстрагирования сахара из свекловичной стружки при различной напряженности поля, времени его воздействия, температуре и рН среды [2] позволили установить принципиальную возможность получения в электрическом поле диффузионного сока высокой чистоты (Дб=92 %), пригодного к дальнейшей переработке, вплоть до получения белого кристаллического сахара и требующего незначительного расхода вспомогательных материалов на его доочистку.

Производственные испытания, проведенные нами, показали, что обработка сокостружечной смеси электрическим полем постоянного тока в процессе экс-

трагирования сахара дает возможность повысить эффект очистки на диффузии до 30 – 40 %, снизить потери сахарозы в отработанном сырье, сократить расход извести на очистку диффузионного сока по типовой схеме в 1,5–2 раза и увеличить выход сахара. Такой процесс может быть использован в качестве предварительной обработки сокоотружечной смеси электрическим полем перед основным процессом экстрагирования.

При воздействии на сокоотружечную смесь электрического поля постоянного тока протекают два процесса: плазмолиз цитоплазмы клетки и поляризация свекловичной ткани и веществ коллоидной дисперсности (ВКД) растительной клетки, коагуляция и удерживание их в клетке и межклеточном пространстве за счет возникающих сил диполь-дипольного взаимодействия [6].

Процесс обработки при малых напряженностях поля ( $E=1-2$  В/см) длится 10–15 мин., что при производительности завода 100–125 т свеклы в час может быть сопряжено с необходимостью изготовления сложных, громоздких и металлоемких установок. Лимитирующим фактором при этом является время плазмолизации свекловичных клеток.

С целью сокращения времени воздействия электрического поля на свекловичную стружку представляет интерес исследовать влияние переменного тока на плазмолиз растительного сырья и эффективность диффузионного процесса.

Свекловичную стружку, смоченную водой (масса 100 г), обрабатывали в параллелепипедной ячейке с вертикальными электродами из графита и нержавеющей стали. Напряжение на электродах ячейки изменяли в пределах 105–350 В при межэлектродном расстоянии 35 мм. О ходе процесса плазмолиза судили по изменению электропроводности свекловичной ткани. На рис.1 показана кинетика изменения удельной электропроводности ткани свеклы при обработке её переменным и постоянным током различного потенциала. Из данных рис.1 видно, что при воздействии на растительную ткань обоих видов тока происходит плазмолиз оболочки клетки. Скорость плазмолизации определяется как качеством накладываемого поля, так и его потенциалом. Так, при  $E < 55$  В/см (рис.2) процесс плазмолиза быстрее протекает при наложении постоянного тока и заканчивается через 10–15 мин. При  $E > 55$  В/см плазмолиз растительных оболочек быстрее осуществляется при использовании переменного тока и при  $E=100$  В/см время его завершения составляет десятые доли секунды. Это подтверждает эффективность электроплазмолиза свекловичной ткани переменным электрическим током при напряжении более 100 В [4]. Затем свекловичную стружку, обработанную электрическим полем, загружали в диффузор, заливали питательной водой (рН 6,5) и при механическом перемешивании проводили процесс обычной диффузии при температуре 60 °С в течении 30 мин. Соотношение твердой и жидкой фаз составляло 1 : 2. Параллельно проводили контроль-

ный опыт на не обработанной стружке. Полученные соки подвергали физико-химическому анализу по известным методикам. Результаты исследований приведены в таблице.

#### Качественные показатели диффузионного сока

Ток	СВ, %	Сх, %	Дб, %	Цветность, физ.ед.	Коллоидные вещества, % на 100 СВ
Без обработки	6,6	5,8	87,9	9350	2,61
Постоянный	7,2	6,5	90,1	2300	1,218
Переменный	7,2	6,4	88,8	5000	2,09

Из данных, приведенных в таблице, видно, что диффузионный сок, полученный из стружки, плазмолизированной переменным током, по качеству практически не отличается от соков, полученных при термических методах обработки стружки. После плазмолиза при экстрагировании сахара значительная часть растворимых примесей переходит из свеклы в раствор, загрязняя его. При обработке растительного сырья переменным током, вследствие изменения полярности электродов, не происходят коагуляция, электрофоретический перенос и осаждение коллоидно-дисперсных примесей клеточного сока в свекловичной ткани. При воздействии же постоянного тока на сокостружечную смесь при извлечении сахара выходит диффузионный сок высокой чистоты со значительно меньшим содержанием коллоидных и красящих веществ, что объясняется их электрокоагуляцией и электроудерживанием. При снятии поля агрегаты частиц в процессе экстрагирования мало переходят в сок. Таким образом, электрическое поле оказывает значительное влияние на переход растворимых веществ в экстракт в процессе диффузии [5].

В связи с этим было важно определить влияние электрического поля на коэффициент диффузии  $D$ . На рис.3 показана зависимость коэффициента диффузии сахара в свекле от напряженности электрического поля. Из рис. 3 видно, что  $D$  значительно возрастает и с повышением напряженности поля изменяется прямо пропорционально, что свидетельствует об интенсификации процесса диффузии сахара из свекловичной стружки в электрическом поле. В основе механизма влияния внешнего электрического поля на массоперенос веществ в пористых средах лежат электроосмотические явления [3].

Проведенные исследования показали, что электрическое поле переменного тока обеспечивает эффективный плазмолиз свекловичной стружки, а электрическое поле постоянного тока – электрокоагуляцию ВКД. Это позволяет предложить комбинированный способ электрообработки свекловичной стружки,

включающий обработку последовательно переменным и постоянным электрическим полем. Проведение быстрого плазмолиза переменным током обеспечивает разрушение протоплазмы клетки, а энергия постоянного поля используется по прямому назначению – электрокоагуляцию ВКД и других несахаров.

С этой целью нами осуществлялся полный плазмолиз свекловичной стружки переменным током ( $E=100$  В/см), затем её обрабатывали постоянным током ( $E=20-30$  В/см) при различном времени обработки ( $\tau=0,5; 5$  мин). Последующее извлечение сахара из обработанной стружки проводили диффузионным способом. На рис. 4 показаны зависимости эффекта обесцвечивания  $\Delta$  диффузионного сока от времени электрообработки свекловичной стружки различными способами. Как видно, комбинированный способ обработки стружки позволяет значительно повысить эффект удаления красящих веществ из экстракта (кривая 2), который достигается через 0,5–1 мин. Такой же эффект обесцвечивания диффузионного сока, полученного из сокостружечной смеси обработанной только постоянным полем, достигается через 10 – 15 мин. Таким образом, в результате эффективного электроплазмолиза свекловичной стружки время электрокоагуляции сокращается в 10 – 15 раз.

Предложенный способ позволит конструктивно упростить процесс электрообработки свекловичной стружки, т.е. уменьшить габариты соответствующего оборудования и может послужить основой для разработки новой технологии сахарного производства.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.С. 854984 СССР, МКИ<sup>3</sup> С 13 D1/100. Способ получения диффузионного сока /И.Г. Бажал, И.С.Гулый.–Бюл. изобр. и открытий.–1981.–№ 30.
2. Бажал И.Г., Ворона Л.Г., Купчик М.П. Получение диффузионного сока электрохимическими способами / Сах. пром-сть.–1982.–№ 3.–С. 19–22.
3. Вирясов С.В. Управление расстоянием между двумя бислойными липидными мембранами при помощи внешнего напряжения // Биол. мембраны.–М., 1984.–Т. 1, № 10.С. 1064–1070.
4. Катроха И.М., Матвиенко А.Б., Ворона Л.Г. Интенсификация процессов извлечения сахара из свекловичной стружки в электрическом поле // Сах. пром-сть.–1984.–№ 7.–С. 28–31.
5. Папченко А.Я., Щеглов Ю.А. Получение диффузионного сока из электроплазмоллизированной стружки // Электрон. обработка материалов.–1983.–№ 1.– с. 75–78.
6. Электрофильтрование дисперсий и электрокинетические явления / В.Д. Гребенюк, О.Д. Куриленко, С.С. Духин и др. // Коллоид. журн.–К., 1975.– Т. 37, № 4.– С. 737–743.

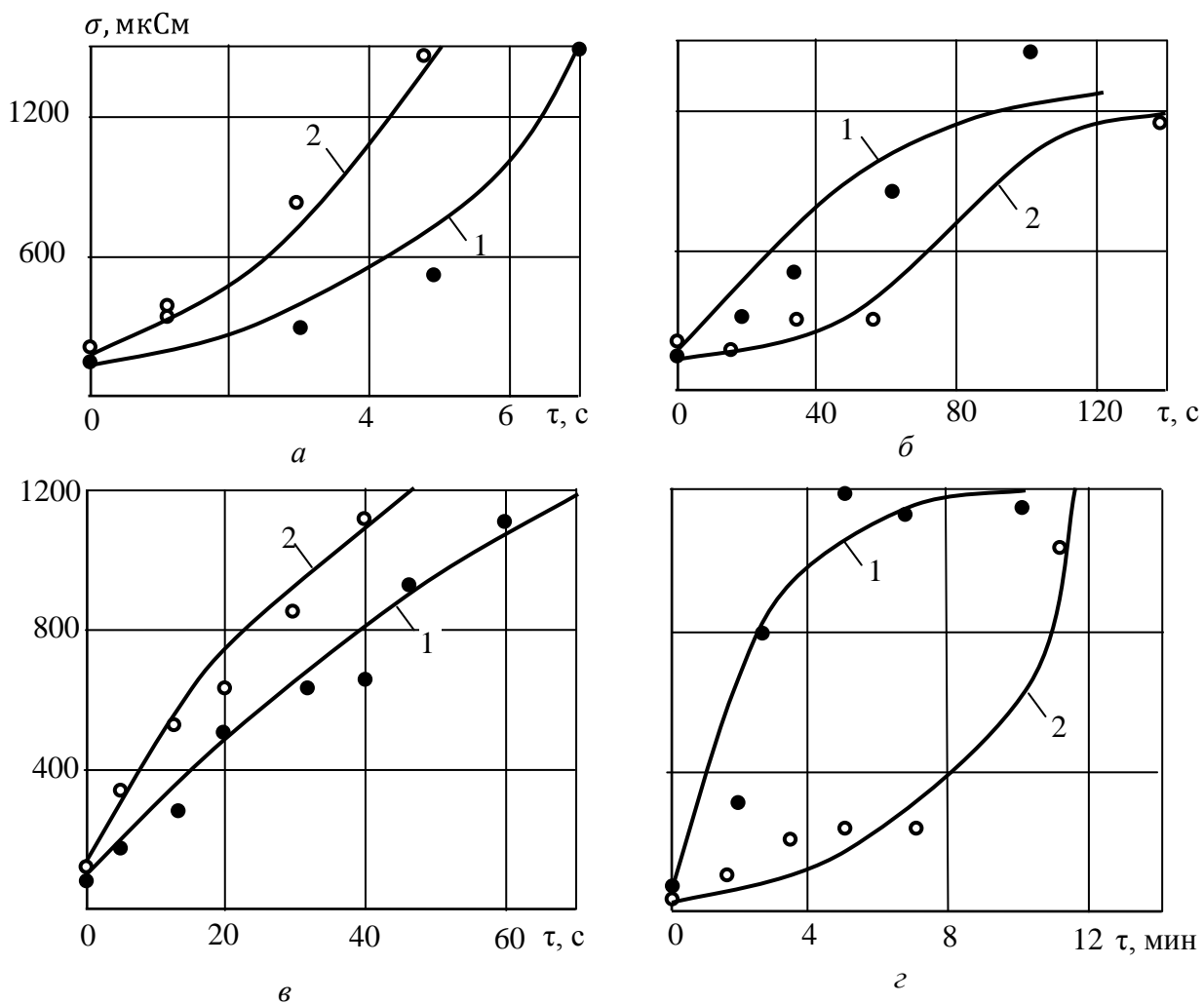


Рис. 1. Зависимость удельной электропроводности  $\sigma$ , мкс/см свекловичной ткани от времени электрообработки  $\tau$  при  $E$ , В/см:  
 а – 100, б – 70, в – 40, з – 30 (1 – переменный ток, 2 – постоянный ток).

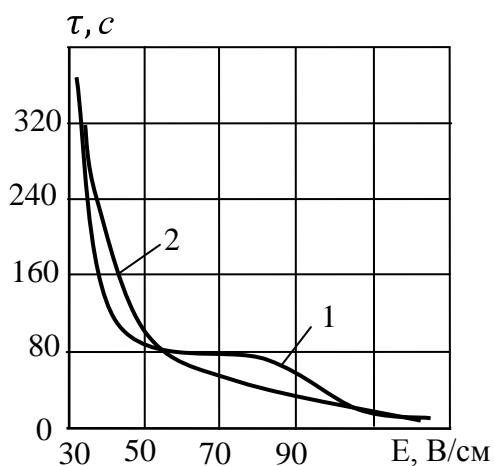


Рис. 2. Зависимость времени плазмоллиза свекловичной стружки от величины градиента потенциала.

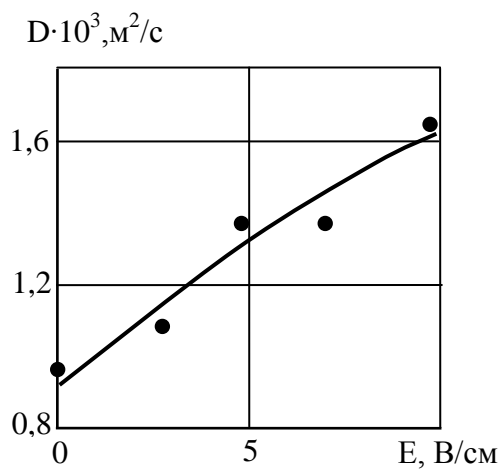


Рис. 3. Зависимость коэффициента диффузии сахара в свекле от напряженности электрического поля.

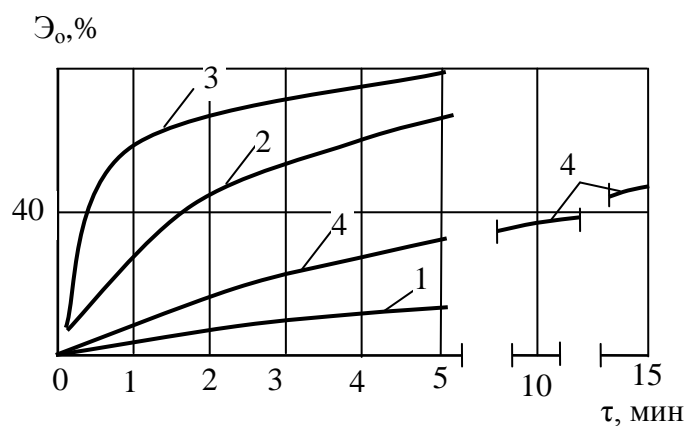


Рис.4. Зависимость эффекта обесцвечивания диффузионного сока от времени комбинированной обработки свекловичной стружки при различных напряженностях переменного и постоянного электрического поля, В/см:

1 – переменное 0, постоянное 10; 2 – переменное 100, постоянное 20; 3 – переменное 100, постоянное 30; 4 – переменное 0, постоянное 2 (сокостружечная смесь).