

Автор едр.
П 14

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М.В.Ломоносова

На правах рукописи

ПАПЧЕНКО Андрей Яковлевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ С ЦЕЛЮ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЕГО
СОКООТДАЧИ

Специальность 05.18.13 – технология
консервированных пищевых продуктов

Апрель 1987

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса – 1979

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Программой КПСС предусмотрен ускоренный рост пищевой промышленности. Технический прогресс в этой отрасли, в частности, в соковом производстве, можно обеспечить наряду с модернизацией и установкой нового оборудования, разработкой и внедрением новых способов предварительной обработки растительного сырья. К таким способам следует отнести электроплазмолиз растительной ткани, позволяющий за счет более полного извлечения сока из растительного сырья дополнительно получить значительное количество ценных пищевых продуктов.

Основоположником электрической обработки растительного сырья с целью увеличения сокоотдачи является профессор Б.Л.Флауменбаум. Он исследовал влияние электрического тока промышленной частоты на эффективность электрообработки растительного сырья, выдвинул и экспериментально доказал плазматическую теорию сокоотдачи плодового сырья, предложил способ обработки растительного сырья электрическим током промышленной частоты напряжением 220 В. Им разработана конструкция первого аппарата для осуществления электрообработки растительного сырья, опытно-промышленные образцы которого эксплуатировались более пяти лет на нескольких консервных заводах страны. Его опыты по электризации плодов положили начало разработке новых эффективных способов электрообработки растительного сырья в непрерывном потоке.

Развивая разработки профессора Б.Л.Флауменбаума, значительный вклад в развитие техники и технологии электрообработки плодоягодного сырья сделали ученые А.Н.Загорулько, Б.Р.Лазаренко, Э.В.Решетько, Ю.А.Щеглов, Ф.И.Коган, И.М.Рождественский, Б.В.Зозулевич, С.Н.Бирюкова, М.Ю.Казанджий, Б.М.Матов, Г.Н. Гасюк, С.П.Фурсов, В.А.Хрычев и др. Однако электроплазмолиз не нашел широкого применения в пищевой промышленности. Предложен

✓ 0132921

ные для реализации электрообработки аппараты не обладали универсальностью по обработке различных видов растительного сырья, не позволяли вести обработку плодов, имеющих сложную форму, которую необходимо сохранить. Растительное сырье на них обрабатывалось в тонком слое, что затрудняло обеспечение надежного и равномерного электрического контакта как между частицами мезги, так и между мезгой и электродами, что снижало ее эффективность. Поэтому всестороннее исследование процесса электрообработки растительного сырья с целью увеличения сокоотдачи и внедрение этого способа в пищевую промышленность — одна из актуальных задач.

Цель и задачи работы: исследовать процесс электроимпульсной обработки растительного сырья с целью повышения его сокоотдачи; разработать способ обработки растительного сырья, который позволил бы обеспечить высокую эффективность электрообработки и надежный электрический контакт между частицами мезги; экспериментально исследовать электрические и технологические параметры электрической обработки с учетом разработанного способа; разработать электроплазмоллизатор простой и надежной конструкции; разработать практические рекомендации для внедрения электрообработки в пищевую промышленность.

Научная новизна. I. Субмикроскопическими исследованиями установлено: знакопеременные импульсы эффективно разрушают протопласт клеток растительной ткани, способствуя увеличению выхода сока; электроплазмоллиз мезги в сжатом состоянии при свободном дренаже сока не обеспечивает надежного электрического контакта между частицами мезги и осуществляется преимущественно за счет теплового действия электрического тока; электрообработка растительного сырья в соке в виде сокомеяговой смеси или в целом виде в соке обеспечивает надежный электрический

контакт между частицами мезги и электродами, благодаря чему достигается непосредственное воздействие электрического тока при минимальном нагреве сокомезговой смеси, что сокращает продолжительность обработки.

2. С целью повышения выхода сока, создания надежного электрического контакта между частицами мезги и обеспечения эффективной электрообработки разработан способ предварительной обработки растительного сырья перед процессом прессования, заключающийся в том, что растительное сырье обрабатывается в виде сокомезговой смеси или в целом виде при гидротранспортировании с водой знакопеременными электрическими импульсами.

3. Разработан способ автоматического управления процессом электроплазмолиза. Сущность его: для повышения сокоотдачи при минимальных энергозатратах электроэнергию на электроды электроплазмолитора подают по произведению величины расхода и электропроводности сокомезговой смеси.

Практическая ценность. Разработаны и спроектированы электроплазмолитатор, генератор знакопеременных электрических импульсов, технологическая линия по переработке растительного сырья с применением электроплазмолитза, предложен способ обработки растительного сырья в виде сокомезговой смеси и способ автоматического управления процессом электроплазмолитза. Внедрение разработок только на предприятиях "Молдвинпрома" даст экономический эффект около 268 тыс. рублей в год.

Апробация. Разработанный электроплазмолитатор, генератор знакопеременных электрических импульсов, технологическая линия по переработке растительного сырья с применением электроплазмолитза были смонтированы на Бардарском опытно-экспериментальном винзаводе Молдавской ССР в технологической линии по переработке яблок.

Испытания эффективности работы проводили комиссия научно-производственного объединения "Яловены" и ведомственная комиссия "Молдвинпрома". Комиссии пришли к выводам: 1) электроплазмолизатор и поточно-механизированная линия с применением электроплазмолиза выдержали ведомственные испытания; 2) рекомендовать электроплазмолизатор в производство, а поточно-механизированную линию с применением электроплазмолиза как высокопроизводительную и обеспечивающую высокий выход сока при малых затратах ручного труда к внедрению на предприятиях объединения "Молдвинпром".

В 1978 году на основании производственных, ведомственных и межведомственных испытаний по заказам объединений "Молдвинпром", "Молдплодоовощпром" и "Молдсахпром" Соронский завод технологического оборудования (Молдавская ССР) приступил к выпуску малой серии электроплазмолизационных установок.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка литературы, включающего 133 наименования и приложения. Содержит 125 страниц машинописного текста, 23 таблицы, 49 рисунков и фотографий, 15 приложений.

Основные обозначения принятые в работе:

V - выход сока, %; T - продолжительность электрообработки, с;
 P - величина частиц при измельчении, мм; C - величина соотношения мезга-сок; E - напряженность электрического поля, В/см;
 Δ - длительность электрических импульсов, с; K_{CO} и K_T - коэффициенты соответственно сокоотдачи и токоустойчивости растительного сырья; l - расстояние между электродами, см; L - длина электродов, см; D - диаметр канала электроплазмолизатора круглого сечения, см; v - скорость потока сокомезговой смеси, м/с; S - площадь поперечного сечения потока сырья, см²;
 t - температура сокомезговой смеси; $P_{уд}$ - удельный

ное электрическое сопротивление мезги сырья, $\text{КОм}\cdot\text{см}$; $S_э$ - площадь электродов, см^2 ; n - количество электродов в электроплазмолизаторе, шт.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для реализации поставленной цели создана экспериментальная установка, которая позволила в широком диапазоне изменять исследуемые электрические и технологические параметры.

За основные параметры оценки эффективности обработки сырья были приняты выход сока и продолжительность электрообработки. Они определялись путем постепенного дозирования воздействующей на сырье электрической энергии с последующим контролем изменения величин электропроводности и выхода сока до прекращения их роста. Время обработки контролировали с помощью осциллографа С8-11, величину электропроводности - реохордным мостом Р-38. Экспериментальные данные обрабатывались на ЭЦВМ. Изменения структуры полупроницаемых мембран клеток растительной ткани под действием электрического тока исследовали на электронном микроскопе ИЕМ-8А.

Исследования проводили на широко используемой в пищевой промышленности для извлечения сока видах растительного сырья: яблоках, винограде, грушах, сливах, абрикосах, моркови, столовой и сахарной свекле.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью определения эффективности обработки растительного сырья проведены экспериментальные исследования непрерывного и импульсного электрического воздействия. В качестве непрерывного воздействия использовался электрический ток промышленной частоты, а в качестве импульсного воздействия - знакопеременные электрические импульсы, получаемые с помощью тиристорных

преобразователей. Экспериментально установлено, что продолжительность обработки сырья знакопеременными импульсами меньше, чем при обработке переменным током.

Для изучения изменений структуры клеток после непрерывного и импульсного воздействий проведены исследования образцов растительной ткани с помощью светового и электронного микроскопов. С их помощью установлено, что после воздействия на растительную ткань знакопеременных импульсов в клетках происходят глубокие изменения. Разрушается структура цитоплазмы: разрываются во многих местах тонопласт и плазмалемма, разрушается мезоплазма. В целом протопласт сокращается и прижимается к клеточной стенке. Под действием переменного тока промышленной частоты разрушается мезоплазма, однако целостность полупроницаемых мембран плазмалеммы и тонопласта сохраняется. Следовательно, электрические импульсы обеспечивают более эффективную обработку растительного сырья, создавая лучшие условия для отделения сока от мякоти. Это объясняется, по-видимому, тем, что резкие перепады напряженности электрического поля и электрического тока импульсов при взаимодействии с электрически заряженными коллоидными частицами клеток вызывают более эффективную силовую деформацию полупроницаемых мембран чем при непрерывной обработке.

Для выяснения эффективности обработки растительного сырья в сжатом состоянии при свободном дренаже сока и в виде сокомезговой смеси проведены экспериментальные исследования. Они показали, что в момент полного разрушения протоплазмы клеток растительной ткани обработанной в соке, растительная ткань, обработанная в сжатом состоянии, разрушается только в приэлектродной зоне. В средней зоне разрушение протоплазмы клеток наступает при достижении температуры обеспечивающей ее термоплазмолиз.

Вьясненную существенную разницу в эффективности электрообработки плодового сырья в сжатом состоянии и в соке можно объяснить, по-видимому, следующим образом. Разрушение протоплазмы клеток происходит в результате взаимодействия электрического тока с электрически заряженными коллоидными частицами клеток растительной ткани. Для такого взаимодействия необходима связь между ними. Это возможно за счет ионной проводимости, которая создается за счет диссоциации водных растворов под действием электрического тока. При обработке растительного сырья в сжатом состоянии происходит диссоциация незначительного количества сока, вышедшего из клеток поврежденных в процессе измельчения сырья и обеспечивающего электрический контакт лишь в отдельных точках. Это ведет к локальному повышению температуры ткани. При обработке сырья в соке происходит диссоциация сока, в котором находится сырье, это вызывает взаимодействие электрического тока с электрически заряженными коллоидными частицами клеток растительной ткани во всем ее объеме.

С целью повышения выхода сока, создания надежного электрического контакта между частицами мякоти и обеспечения эффективной электрообработки, разработан способ предварительной электрообработки растительного сырья перед процессом прессования, заключающийся в том, что растительное сырье обрабатывается в виде сокомезговой смеси или в целом виде при транспортировании с водой знакопеременными электрическими импульсами.

Предварительные экспериментальные исследования показали высокую эффективность разработанного способа (табл. I).

Вопрос обработки растительного сырья в виде сокомезговой смеси знакопеременными электрическими импульсами практически не исследован. Для изучения этого процесса сначала определялись основные зависимости продолжительности электрообработки различных

видов растительного сырья от напряженности электрического поля, величины соотношения мезга-сок, величины частиц при измельчении и длительности электрических импульсов.

Таблица №1

Сырье	Выход сока, %		Коеф. со- коотда- чи K_{co}	коеф. токо- устойчи- вости K_T	Удельное эл. сопро- тивление мезги ρ к Ом см
	без об- работки	после эл. об- работк			
Яблоки	72	83	1	1	1,0
Груши	71	82	0,98	1,25	1,2
Виноград "Алеппо"	78	87	1,05	0,9	1,15
Виноград "Ноа"	74	80	0,96	9,0	1,0
Сливы	45	74	0,87	0,75	0,9
Абрикосы	48	76	0,89	0,45	0,75
Морковь	60	71	0,83	0,56	0,66
Сахарная свекла	47	78	0,94	8,73	1,3
Столовая свекла	53	80	0,96	0,42	0,8

Исследования зависимости продолжительности электрообработки растительного сырья от величины напряженности электрического поля вели в диапазоне от 40 до 1000 В/см. Результатами установлено, что электроимпульсная обработка растительного сырья эффективна даже при напряженности электрического поля 40-100 В/см, при которых продолжительность электроплазмоллиза всех исследуемых видов, кроме сахарной свеклы, составила доли секунды. Повышение величины напряженности электрического поля резко снижает продолжительность электроплазмоллиза (рис. 1, а).

Экспериментальные данные, обработанные на ЭВМ, обобщены эмпирическими уравнениями в виде зависимостей продолжительности электроплазмоллиза различных видов растительного сырья от напряженности электрического поля при $D = 0,005c$ и частоте 50 Гц:

$$\begin{array}{l}
 T = 26000 \cdot E^{-3,05} \quad \text{(для столовой свеклы)} \\
 T = 43900 \cdot E^{-2,68} \quad \text{(моркови)} \\
 T = 61200 \cdot E^{-2,77} \quad \text{(абрикос)} \\
 T = 87500 \cdot E^{-2,76} \quad \text{(слив)}
 \end{array}
 \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} T = 26000 \cdot E^{-3,05} \\ T = 43900 \cdot E^{-2,68} \\ T = 61200 \cdot E^{-2,77} \\ T = 87500 \cdot E^{-2,76} \end{array}} \right\} \quad (1)$$

$T = 119000 \cdot E^{-2,93}$	(яблок)	} (I)
$T = 114600 \cdot E^{-2,90}$	(винограда "Алеппо")	
$T = 910000 \cdot E^{-3,01}$	(винограда "Ноа")	
$T = 159000 \cdot E^{-2,98}$	(груши)	
$T = 989000 \cdot E^{-2,90}$	(сахарной свеклы)	

Так как обработка сырья ведется в виде сокомезговой смеси, то необходимо установить влияние присутствия сока в конгломерате измельченного сырья на эффективность электрообработки. Опытами установлено, что минимальная продолжительность электрообработки растительного сырья будет при соотношении мезга - сок 1:0,5. Эта величина соответствует такому состоянию конгломерата измельченного растительного сырья, при котором вся мезга находится в соке, и, в то же время, исключает наличие в конгломера-

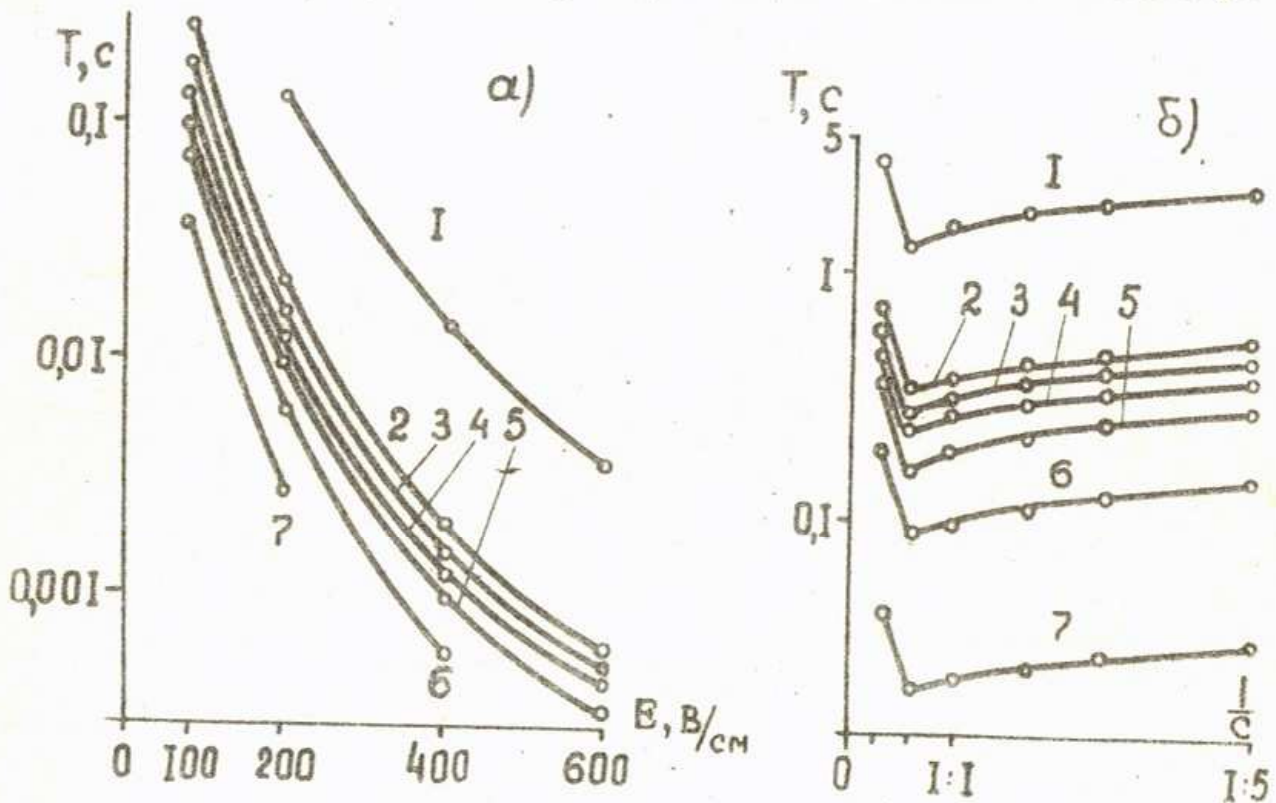


Рис. I. Зависимость продолжительности электрообработки растительного сырья от величины напряженности электрического поля (а) и величины соотношения мезга-сок (б): 1 - сахарная свекла; 2 - груши; 3 - яблоки; 4 - сливы; 5 - абрикосы; 6 - морковь; 7 - столовая свекла

те излишнего количества сока. Повышение этой величины резко увели-

чивает время электрообработки за счет обогащения конгломерата воздушными пространствами, что резко ухудшает электрический контакт как между частицами мезги, так и между мезгой и электродами (рис. 1, б).

Установлено, что зависимость продолжительности электроплазмолиза растительного сырья от величины соотношения мезга-сок для различных видов растительного сырья описывается уравнениями:

$$\begin{aligned} T &= I / (0,40c^3 - 4,7c^2 + 11,9c + 16,9); && \text{(для столовой свеклы)} \\ T &= I / (0,35c^3 - 3,2c^2 + 6,5c + 9,1) && \text{(моркови)} \\ T &= I / (0,23c^3 - 2,7c^2 + 7,2c + 4,5) && \text{(абрикос)} \\ T &= I / (0,13c^3 - 1,4c^2 + 3,5c + 2,7) && \text{(слив)} \\ T &= I / (0,085c^3 - c^2 + 2,6c + 2,3) && \text{(яблок)} \\ T &= I / (0,13c^3 - 1,3c^2 + 3,6c + 2,5) && \text{(винограда "Алеппо")} \\ T &= I / (0,014c^3 - 0,12c^2 + 0,34c + 0,25) && \text{(винограда "Ноа")} \\ T &= I / (0,12c^3 - 1,15c^2 + 2,5c + 2,0) && \text{(груш)} \\ T &= I / (0,013c^3 - 0,13c^2 + 0,34c + 0,25) && \text{(сахарной свеклы)} \end{aligned} \quad (2)$$

Изучение влияния различной степени измельчения растительного сырья на время его электроплазмолиза показало, что электрические импульсы позволяют разрушить все клетки растительной ткани как с крупным, так и с мелким измельчением, причем степень измельчения незначительно влияет на продолжительность электроплазмолиза. Однако степень измельчения играет важную роль в создании условий, необходимых для отделения сока от мезги. Экспериментально установлено, что для яблок и груш эти условия создаются при величине частиц 5 мм и более. Даже прессование целых электроплазмолизованных яблок и груш позволяет получить увеличение выхода сока. Для моркови, сахарной и столовой свеклы хорошие гидродинамические условия обеспечиваются при величине частиц 1-2 мм (рис. 2).

Путем обобщения результатов проведенных исследований эмпи-

рическими уравнениями найдены коэффициенты токоустойчивости различных видов растительного сырья относительно яблок (табл. I).

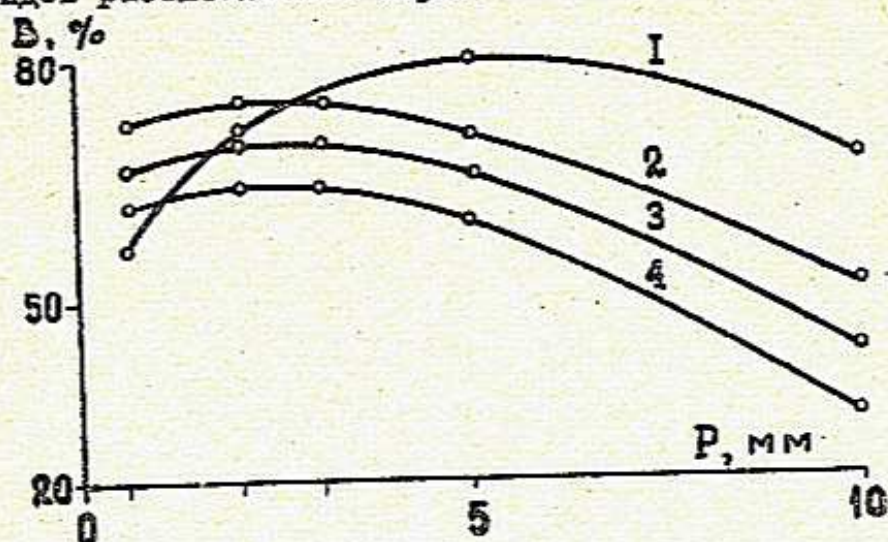


Рис. 2. Зависимость выхода сока из электроплазмолизованного растительного сырья от величины частиц при измельчении: 1 - яблоки, груши; 2 - столовая свекла; 3 - сахарная свекла; 4 - морковь

Отмечено удовлетворительное совпадение экспериментальных и расчетных данных.

Для определения оптимальных режимов обработки растительного сырья проведены экспериментальные исследования с учетом одновременного влияния всех факторов на процесс сокоотдачи. В качестве критерия оценки эффективности обработки принят выход сока и продолжительность электрообработки. Дисперсионно-многофакторный анализ полученных экспериментальных данных с помощью ЭВМ позволил получить зависимость одновременного влияния всех факторов на выход сока (рис. 3) и продолжительность электрообработки (рис. 4), а также получить математическую модель процесса электрообработки растительного сырья:

$$B = K_{co} 68 \exp \left[0,005 \left(17 - \sqrt[5]{500/T} - P^2 + 6P - 2C^3 + 6C^2 + 0,16E \right) \right] \quad (3)$$

$$T = K_T 0,4 \exp \left[0,01 \left(10P + 3C^3 - 7C^2 + \frac{800}{0,01E} - \frac{200}{(0,01E)^2} - \frac{29000}{B \cdot K_{co}} - 400 \right) \right] \quad (4)$$

По математической модели определены оптимальные режимы эле-

троообработки растительного сырья. При их определении исходили из условий обеспечения максимального выхода сока при минимальной продолжительности электрообработки. Из графиков видно, что максимальный выход сока и небольшая продолжительность электрообработки обеспечивается при величине напряженности электрического поля $E > 40 \text{ В/см}$. За оптимальную величину принимаем $E_D > E_{\text{опт}} \approx 40-500 \text{ В/см}$, где E_D - допустимая величина напряженности электрического поля.

Максимальный выход сока для яблок обеспечивается при величине частиц $P \approx 5 \text{ мм}$, а минимальная продолжительность обработки при $P \approx 2 \text{ мм}$. Так как выход сока - определяющий фактор, то за оптимальную величину принимаем $P \approx 5 \text{ мм}$. Для моркови, сахарной

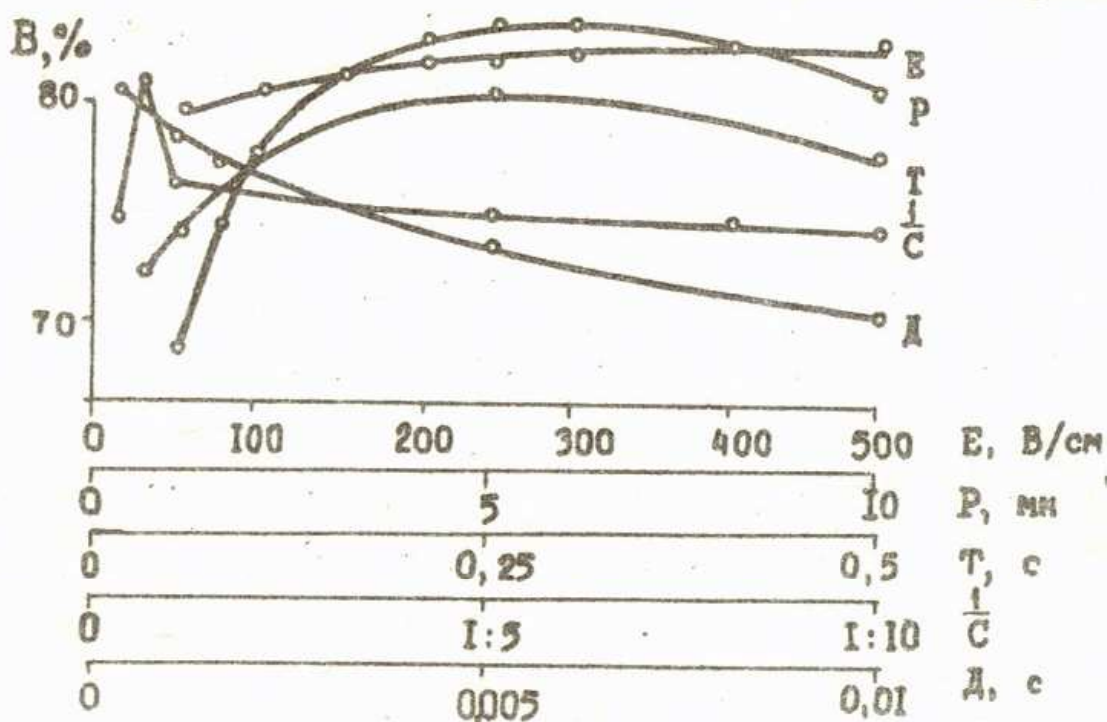


Рис. 3. Зависимость выхода сока из растительного сырья от напряженности электрического поля, величины частиц при измельчении продолжительности электрообработки, величины соотношения мезга-сок и длительности электрических импульсов при $K_{\text{со}}=1$

и столовой свеклы оптимальной будет величина частиц 1-2 мм. Максимальный выход сока и минимальная продолжительность электрообработки обеспечиваются при величине соотношения мезга-сок 1:0,5. Ее мы и принимаем за оптимальную. Экспериментальные исследова-

ния показали, что при электрообработке растительного сырья в целом виде при гидротранспортировке насосом необходимое соотношение сырья и воды составляет 1:5.

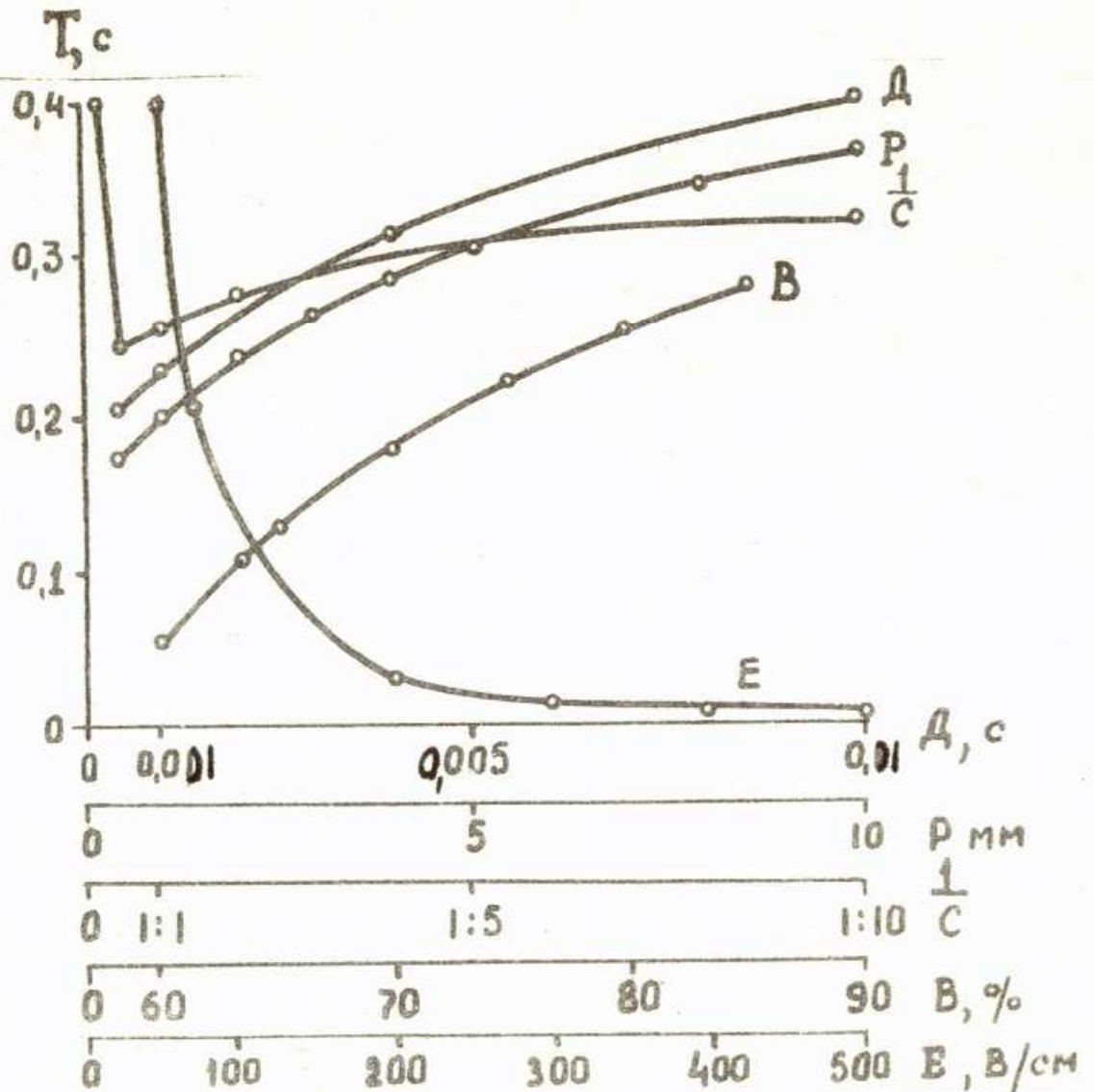


Рис. 4. Зависимость продолжительности электрообработки растительного сырья от длительности электрических импульсов, величины частиц при измельчении, величины соотношения мезга-сок, выхода сока и напряженности электрического поля при $K_T = 1$.

Для определения нагрузки в цепи электроплазмолизатора проведены экспериментальные исследования влияния различных факторов на величину электрического сопротивления сокомезговой смеси в межэлектродном пространстве электроплазмолизатора. В результате получены эмпирические зависимости:

1) для электродной системы с плоскими электродами

$$R = \frac{\ell}{S} \rho \exp \left\{ -0,1 \left[0,2 \left(\frac{L}{e} \right)^2 - 3 \frac{L}{e} - 0,13 P^2 + 0,5 P + c^2 - 6c + 0,18 t^2 + 13,6 \right] \right\} \quad (5)$$

2) для электродной системы с кольцевыми электродами

$$R = \frac{\ell}{S} \rho \exp \left[0,1 \left(3D/e - c^2 + 6c - 0,13 P^2 + 0,5 P - 0,18 t^2 - 4,2 \right) \right] \quad (6)$$

Исследование химических показателей качества сока, полученного из мезги, обработанной электрическими импульсами, показало, что его пищевая ценность по сравнению с контрольными образцами не снижается.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПЛАЗМОЛИЗА В ПРОИЗВОДСТВО

Для реализации предложенного способа обработки растительного сырья в виде сокомезговой смеси или в целом виде при гидротранспортирований в непрерывном потоке разработана силовая электроимпульсная установка и несколько конструкций электроплазмолизаторов.

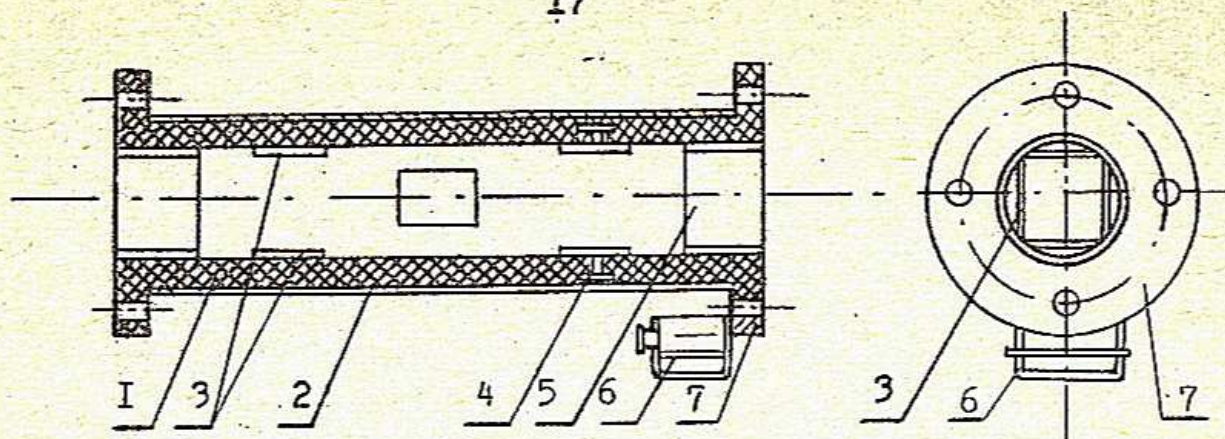


Рис. 5. Электроплазмоллизатор: 1 - диэлектрический трубчатый корпус; 2 - металлический кожух; 3 - плоские электроды; 4 - клеммы; 5 - кольцевые электроды; 6 - клеммная коробка; 7 - фланцы

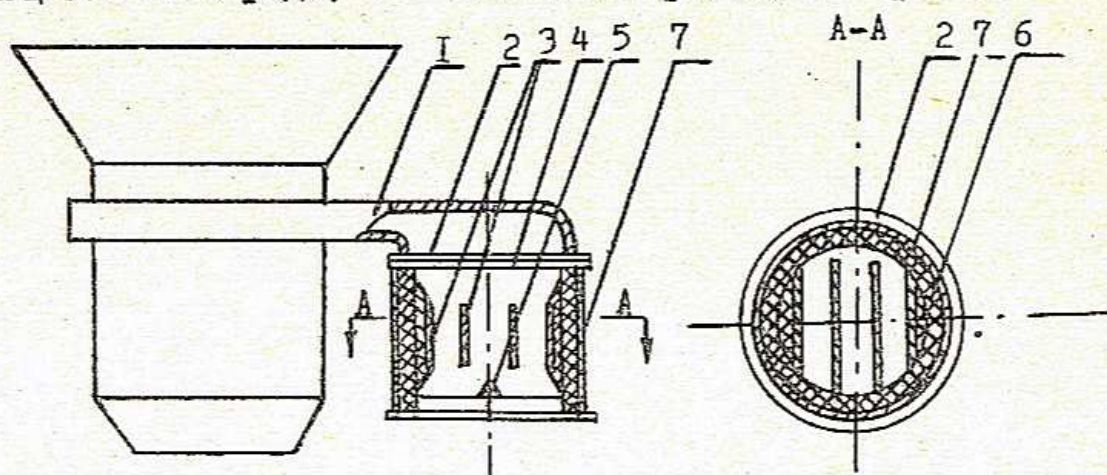


Рис. 6. Измельчитель, укомплектованный электроплазмоллизатором: 1 - измельчитель; 2 - фланцевое соединение; 3 - плоские электроды; 4 - кольцевые электроды; 5 - регулятор расхода; 6 - диэлектрический корпус; 7 - металлический кожух

Первый вариант электроплазмоллизатора (рис. 5) предназначен для электрообработки сокомезговой смеси плодово-ягодного сырья при транспортировании его по трубопроводам. Он снабжен вмонтированными в стенку диэлектрического трубчатого корпуса I тремя парами плоских электродов 3, установленных попарно на одинаковом расстоянии друг от друга вдоль продольной оси корпуса и смещенных друг относительно друга по периметру корпуса на 90° или 120° , и двумя кольцевыми электродами 5, установленными на одинаковом расстоянии с обеих сторон от расположения плоских электродов. Работает электроплазмоллизатор следующим образом. Через один из патрубков в межэлектродное пространство поступает сокомезговая смесь, где обрабатывается в электрическом поле, создаваемом тремя парами плоских электродов.

VO13292

Второй вариант электроплазмолизатора (рис. 6) предназначен для комплектования измельчителей плодового сырья, преимущественно яблок. Он снабжен плоскими электродами 3, разделяющими поперечное сечение диэлектрического трубчатого корпуса 6 на несколько отсеков, регулятором расхода 5 и двумя кольцевыми электродами 4. Работает электроплазмолизатор следующим образом. Сокомезговая смесь из дробилки I поступает в межэлектродное пространство, где подвергается электрообработке и через регулятор расхода удаляется из плазмолизатора.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований разработана методика инженерного расчета электроплазмолизаторов, согласно которой при их проектировании исходят из производительности G технологической линии, с помощью которой определяют секундный расход сокомезговой смеси G_1 , задаются живым сечением S , шириной b и высотой h канала электроплазмолизатора. С помощью G_1 и S определяют скорость потока сокомезговой смеси $v = \frac{G_1}{S}$. Затем задаются величинами E, P, C и B и по формуле (4) определяют продолжительность электрообработки T . С помощью T и v определяют длину электродов $L = Tv$, а с помощью E и величины напряжения источника питания U определяют расстояние между электродами $l = \frac{U}{E}$. По величине b и l определяют количество электродов в плазмолизаторе $n = 1 + \frac{b}{l}$. Далее по формуле (5) определяют величину электрического сопротивления сокомезговой смеси в межэлектродном пространстве R , с помощью которого определяют электрический ток J , потребляемый электроплазмолизатором. Для реализации предложенного способа разработана поточная технологическая линия, которая позволила вести обработку растительного сырья в виде сокомезговой смеси или в целом виде

при гидротранспортировании с водой. Для поддержания оптимальных параметров при электрообработке растительного сырья разработан способ автоматического управления процессом электрообработки растительного сырья. Сущность его в том, что величину напряжения переменного электрического тока регулируют в зависимости от величины рассогласования текущего значения произведения величины расхода и удельной электропроводности сокомезговой смеси.

Результаты испытаний процесса электрообработки яблочной мезги знакопеременными импульсами по величине выхода сока и его качественным показателям приведены в табл. 2.

Таблица 2

Выход и качественные показатели яблочного сока полученного из электроплазмолизованной мезги

Показатели	Тип пресса					
	ВПНД-10		ПНДЯ-4		ВПШ-5	
	конт- роль	эл. плазмол.	конт- роль	эл. плазмол.	конт- роль	эл. плазмол.
Выход сока, дал/т	67,44	73,95	69,96	73,01	74,0	78,05
Содержание взвесей, г/л	19,5	13,6	13,9	12	17	14
Влажность выжимки, %	73,84	70,49	74,21	70,73	66,11	63,85
Плотность сока, Г/см ³	1,050	1,051	1,056	1,056	1,059	1,058
Сахар, %	10,92	11,08	12,48	12,50	12,6	12,6
Кислоты титруемая, % (по яблочн. кислоте)	0,61	0,59	0,58	0,57	0,52	0,51
pH	3,65	3,67	3,62	3,80	3,89	3,91
Сухие вещества, %	12,0	12,2	13,2	13,6	13,6	13,8
Витамин С, мг/гг	8,1	8,1	7,8	7,7	9,3	9,3
Цветность по ФЭК при $\lambda=529$ нм	0,134	0,098	0,091	0,072	0,099	0,068
Пектин растворимый, %	0,34	0,31	0,37	0,35	0,62	0,49
Прозрачность по ФЭК, %	68,2	80,3	73,1	82,7	69,1	81,2
Зола, %	0,027	0,028	0,29	0,30	0,32	0,31

Результатами испытаний установлено, что знакопеременные импульсы повышают выход сока не снижая при этом его качественных показателей.

ВЫВОДЫ

1. Разработан способ обработки растительного сырья в технологии плодовых соков воздействием знакопеременных электрических импульсов при гидротранспортировании сокомезговой смеси, позволяющий увеличить выход сока из яблок и груш на 5 - 11%, из винограда до 5%, из абрикос и слив до 8%, из сахарной и столовой свеклы до 30%. Сок, полученный из мезги, обработанный знакопеременными электрическими импульсами, по основным показателям качества (содержанию сахаров, аскорбиновой кислоты, сухих веществ, цветности, прозрачности, золы и др.) не уступает показателям качества контрольных образцов, а по некоторым показателям (прозрачности, содержанию взвесей) превосходит их.

2. Электрообработка сокомезговой смеси обеспечивает более надежный электрический контакт между частицами мезги, чем при обработке растительного сырья между сжимающими его электродами согласно существующей технологии.

3. Субмикроскопическими исследованиями установлено, что знакопеременные электрические импульсы эффективно разрушают протопласт растительной ткани, увеличивая клеточную проницаемость и способствуя увеличению выхода сока при следующих параметрах обработки: напряженности электрического поля 40 - 500 В/см; плотности электрического тока 0,01 - 0,5 А/см²; удельном расходе электроэнергии 0,2 - 5 кВт·час/т; продолжительности электрообработки 0,05 - 10 с; величине соотношения мезга - сок от 1:0,5 до 1:5; величине частиц при измельчении от 0,1 до 1 см; скорости перемещения сырья от 0,1 до 3 м/с и повышении температуры в результате электроплазмолиза не выше 40°С.

4. Повышение напряженности электрического поля, увеличение степени измельчения и величины соотношения мезга - сок ведут к сокращению продолжительности электрообработки растительного сырья знакопеременными импульсами.

5. Методом дисперсионного-многофакторного анализа получена математическая модель процесса электрообработки растительного сырья знакопеременными электрическими импульсами, которая по наилучшему значению остаточной дисперсии описывается экспоненциальной зависимостью. Полученная математическая модель позволяет в пределах применяемых режимов определить выход сока и продолжительность электрообработки в зависимости от напряженности электрического поля, величины соотношения мезга - сок, степени измельчения, длительности импульсов и вида сырья, а также проанализировать влияние этих параметров на количественные и качественные показатели.

6. Впервые разработан способ автоматического управления процессом электрообработки растительного сырья, защищенный авторским свидетельством, сущность которого заключается в том, что с целью обеспечения эффективной электрообработки растительного сырья количество электроэнергии, подаваемое на электроды, определяется по произведению величин расхода и удельного электрического сопротивления сокомезговой смеси.

7. Методом многофакторного планирования эксперимента получена зависимость распределения напряженности электрического поля за электродным пространством вдоль продольной оси электроплазмолизатора от расстояния между электродами и напряженности электрического поля в межэлектродном пространстве. Это позволило выбрать оптимальными форму электродов и их размещение в электроплазмолизаторах.

8. По результатам проведенных исследований предложена методика и последовательность расчета электроплазмолизаторов, для

тывающая влияние технологических параметров (производительности технологической линии, поперечного сечения и скорости потока сырья, степени измельчения и величины соотношения мезга - сок) на конструктивные параметры электроплазмоллизаторов.

9. Разработано несколько конструкций электроплазмоллизаторов проточного типа, защищенных авторскими свидетельствами. Конструктивно они представляют собой трубчатый диэлектрический корпус с вмонтированными электродами и отличаются от известных конструкций простотой изготовления, надежностью в эксплуатации, невысокой стоимостью (примерно 166 рублей), могут питаться как от генератора знакопеременных импульсов, так и от сети трехфазного переменного тока через серийно выпускаемые аппараты управления типа автоматов АП-50.

10. На основании производственных, ведомственных и межведомственных испытаний Сорокский завод технологического оборудования (Молдавская ССР) приступил к выпуску малой серии (40 комплектов) электроплазмоллизационных установок трех типов (ЭПУ-1, ЭПУ-2, ЭПУ-3), предназначенных для комплектации мезгонасосов, дробилок и гидротранспортеров.

11. Экономический эффект от внедрения одной электроплазмоллизационной установки составляет 15 - 20 тысяч рублей в год.

12. Предложенный способ электрообработки растительного сырья может быть также применен для извлечения пищевого красителя из виноградных выжимок, интенсификации процессов сушки плодов и диффузии сахара из сахарной свеклы.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ СТАТЬЯХ:

1. Папченко А.Я. Исследование процесса электрической обработки растительного сырья. - Электронная обработка материалов, 1973 № 2, с. 78-84.
2. Папченко А.Я. Электрическая обработка растительного сырья перед извлечением сока. - Сахарная промышленность, 1973, № 9, с. 21-27.
3. Папченко А.Я. Расчет электроплазмоллизаторов для обработки растительного сырья в виде сокомезговой смеси. - Сахарная промышленность, 1972, № 12, с. 27-32.
4. Папченко А.Я. Исследование электрической обработки растительного сырья. - Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1974, № 4, с. 56-61.
5. Папченко А.Я., Монтик П.Н. Оптимизация процесса электрообработки растительного сырья. - Электронная обработка материалов, 1978, № 1, с. 73-76.
6. Папченко А.Я., Ротарь Г.И. Влияние электрического тока на структуру клеток паренхимной ткани. Известия АН МССР, 1978, № 6, с. 6-8.
7. Лазаренко Б.Р., Папченко А.Я., Высочанский Д.М., Коваль Н.П., Шеглов Ю.А. Способ переработки плодового сырья. Авторское свидетельство № 634733. - Бюллетень изобретений и открытий, 1978, № 44.
8. Папченко А.Я., Высочанский Д.М. Электроплазмоллизатор для растительного сырья. Авторское свидетельство № 428737. - Бюллетень изобретений и открытий, 1974, № 19.
9. Папченко А.Я. Способ автоматического управления процессом электроплазмоллиза растительного сырья. Авторское свидетельство № 454892. - Бюллетень изобретений и открытий, 1974, № 48.
10. Папченко А.Я. Электроплазмоллизатор для растительного сырья. Авторское свидетельство № 600998. - Бюллетень изобретений и открытий, 1978, № 13.
11. Папченко А.Я., Гайчук В.Т., Буринский В.С. Способ автоматического управления процессом электрообработки растительного сырья. Авторское свидетельство № 639513. - Бюллетень изобретений и открытий, 1978, 48.
12. Папченко А.Я., Фурсов С.П. Электроплазмоллизатор для растительного сырья. Авторское свидетельство № 445406. - Бюллетень изобретений и открытий, 1974, № 37.