

Интенсификации процессов водного экстрагирования

Ключевые слова: электрическое поле, напряженность, диэлектрическая проницаемость, пондеромоторная сила, моделирование, массопередача, экстрагирование.

Под воздействием электрического поля частицы растительного сырья, расположенные в жидкости будут заряжаться. Анализ решений, приведенных для импульсных полей показывает, что внутри неоднородной диэлектрической среды при приложении импульсного электрического поля в областях расположения неоднородностей имеют место зоны повышенных напряженностей. Под действием поля с напряженностью порядка 10^6 В/м, возникающая пондеромоторная сила оценивается величиной $5 \cdot 10^{10}$ Н/м². Разрывные усилия, возникающие под действием поля такой напряженности, будут способствовать нарушению сплошности частичек, и это явление будет продолжаться по мере воздействия импульсного поля высокой напряженности. Особо значимо действие пондеромоторных сил будет проявляться при использовании в качестве экстрагирующей жидкости воды, имеющей диэлектрическую проницаемость $\epsilon=81$.

Электрическое поле в структуре растительного материала, пропитанного водой и имеющего малую диэлектрическую проницаемость ($\epsilon \sim 7$), много сильнее, чем на участках с большей диэлектрической проницаемостью. Возникающие разрывные усилия будут способствовать измельчению твердых частичек растительного сырья, что, соответственно, приведет к увеличению поверхности контактирующей с экстрагентом.

Для повышения экологии процесса экстрагирования нами предложено заменить некоторые токсичные экстрагенты на воду. С целью подтверждения целесообразности замены токсичного экстрагента на воду нами проведены опыты, поз-

воляющие количественно оценить полноту извлечения флавоноидов этанолом различной концентрации и водой.

Использование в качестве экстрагента 60% раствора этанола позволяет извлекать наибольшее количество экстрактивных веществ из листьев софоры японской (28,75%). Проведение водной экстракции традиционным для фармации методом мацерации позволяет извлекать 19,3% флавоноидов, что меньше на 9,45%, а с использованием импульсного электрического поля водное извлечение флавоноидов составляет 24,64%, что примерно на 4% меньше, чем дает 60% этанол. Однако при этом время извлечения сокращается на 165 часов и не используется токсичный экстрагент.

Результаты по изучению распределения электрического поля в камере экстракционного аппарата легли в обоснование конструкции экстракционной камеры, выбора соотношения сырье/экстрагент (Т/Ж) и величины межэлектродного промежутка.

Моделированием установлено, что распределение силовых линий и напряженность электрического поля зависят от соотношения сырья и экстрагента Т/Ж и от соотношения диаметров экстракционной камеры D и высоковольтного электрода d . По мере уменьшения соотношения d/D напряженность поля на границах раздела сред падает от $5,3 \cdot 10^6$ В/м до $3,0 \cdot 10^6$ В/м, что соответствует фундаментальным представлениям о зависимости напряженности поля от величины межэлектродного промежутка. На рис. 1, 1а показаны модельные картины распределения электрического поля в экстракционной камере, полученные при следующих параметрах: диэлектрическая проницаемость частицы – 7; диэлектрическая проницаемость экстрагента – 81; внутренний диаметр камеры – 80мм; диаметр высоковольтного электрода 4мм; соотношение сырьё-экстрагент 1:13.

Разность потенциалов 20 кВ на рис. 1а); и 30 кВ на рис. 1б. На картинах явно выражено сгущение силовых линий поля на границах частиц и, соответственно, скачкообразный рост локальной напряженности поля.

На рис. 1в) показано изменение напряженности электрического поля в объеме камеры по мере удаления от высоковольтного электрода.

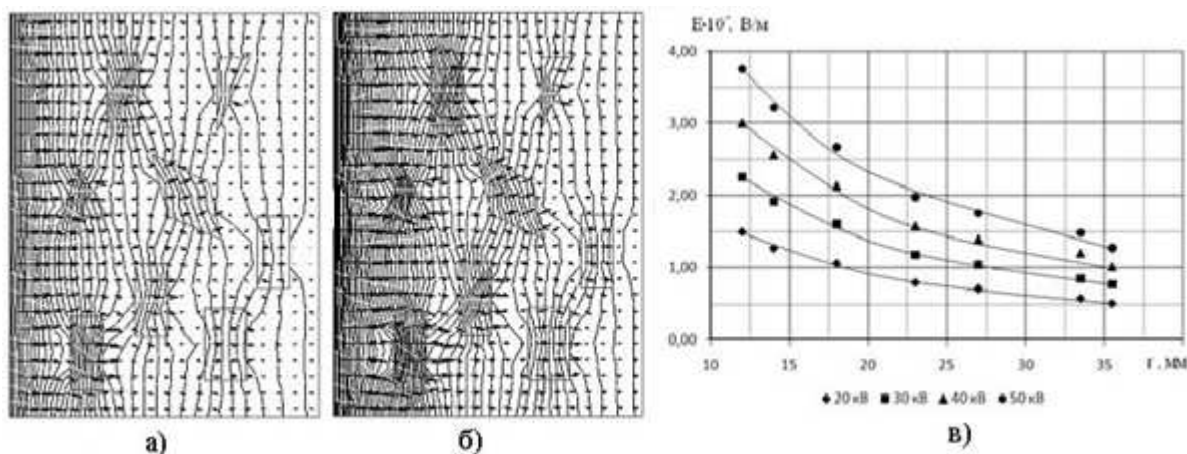


Рис. 1. Картины распределения электрического поля в экстракционной камере а), б) и в) зависимость напряженности электрического поля E от расстояния r до высоковольтного электрода.

В экстракционной камере существует граница раздела вода-воздух по которой существует вероятность электрического пробоя. Известно, что напряженность электрического поля, при которой наступает пробой по поверхности воды на импульсном напряжении, оценивается величиной $(2,2-2,5) \cdot 10^6$ В/м в зависимости от проводимости воды. В данном случае, учитывая данные о проводимости суспензии, обработанной электрическим полем, напряженность электрического поля, при которой наступает перекрытие можно принять равным $2,2 \cdot 10^6$ В/м. Такая напряженность электрического поля $2,25 \cdot 10^6$ В/м реализуется при импульсах напряжения амплитудой 30 кВ на расстоянии от высоковольтного электрода 12-15 мм (рис. 1 в) и уменьшается по мере удаления от электрода. При напряжении импульса 50кВ, такая напряженность поля соответствует расстоянию от электрода равном 37 мм.

Для исключения даже частичных разрядов по границе раздела рекомендуется напряжение импульса величиной 25 кВ, при этом напряженность электрического поля по величине будет ниже пробивной напряженности по границе раздела сред.

Результаты моделирования в условиях приближенным к параметрам экстрагирования, позволяют дополнить физические представления о процессах, реализуемых в экстракционных аппаратах под воздействием поля высокой напряженности.

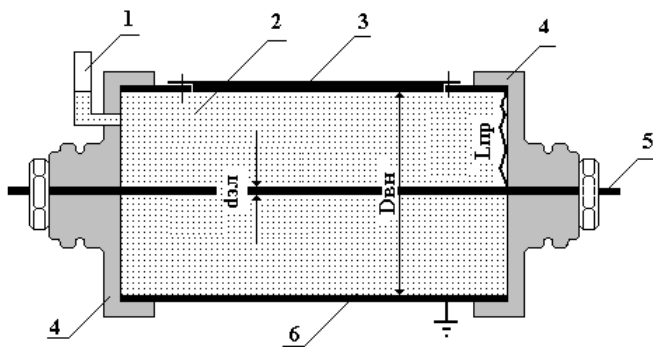


Рис. 2. Конструкция экстракционной камеры.
1 – мерное стекло; 2 – смесь сырья с водой; 3 – крышка камеры; 4 – основание; 5 – высоковольтный электрод; 6 – заземленный корпус.

В экстракционной камере существует граница раздела между жидкой смесью и изолятором корпуса (боковые стенки), которая, с точки зрения электрической прочности, является слабым звеном, обладает наименьшим пробивным напряжением, по которому возможен электрический пробой (рис. 2). Напряженность электрического поля, при которой наступает пробой по поверхности мокрого изолятора на импульсном напряжении, оценивается величиной $(2,3-2,5) \cdot 10^6$ В/м и зависит от проводимости жидкости. В данном случае, учитывая данные о проводимости смеси, обработанной электрическим полем, напряжение перекрытия по границе можно принять равным $2,3 \cdot 10^6$ В/м. Такая напряженность электрического поля реализуется в камере при импульсах напряжения амплитудой 30 кВ (рис. 1в).

Зазор между электродом и корпусом камеры коаксиального исполнения должен обеспечивать максимальную напряженность электрического поля, с другой стороны, исключать возможность развития электрического разряда на границе изолятора с жидкостью ($L_{пр}$) в экстракционной камере (рис. 2).

Экспериментальными исследованиями определено соотношение внутреннего диаметра камеры и высоковольтного электрода, при котором исключается, для определенных размеров камеры, развитие разряда по границе раздела изолятор-жидкость ($L_{пр}$):

$$\frac{D_{эл} \cdot \left(\frac{U_{пр.смеси}}{U_{пов}} - 1 \right)}{2,3} \leq d_{эл} \leq \frac{D_{вн} \cdot \left(\frac{U_{пр.смеси}}{U_{пов}} - 1 \right)}{1,7},$$

где $d_{эл}$ - диаметр высоковольтного электрода; $D_{вн}$ - внутренний диаметр камеры; $U_{пр.смеси}$ - пробивное напряжение смеси; $U_{пов}$ - напряжение пробоя по поверхности раздела ($L_{пр}$) изолятор-жидкость.

Таким образом, на основании всестороннего анализа существующих представлений о влиянии различного рода факторов на массоопередачу предложен новый экологически чистый способ экстрагирования, основанный на комплексном воздействии факторов, сопровождающих воздействие электрического поля высокой напряженности, инициируемое импульсами напряжения специальной формы.

Теоретическим и экспериментальным путем доказана целесообразность применения импульсного электрического поля высокой напряженности для извлечения биологически активных компонентов из сырья, свободных от примесей и с сохранением их в нативном виде.

Проведенные исследования послужили основой для создания пионерской 4-х электродной установки порционного типа для экстрагирования лекарственного сырья с применением импульсного электрического поля высокой напряженности.

Литература

1. Казуб В.Т. Кинетика и основы аппаратурного оформления процессов электроразрядного экстрагирования биологически активных соединений. Дисс. доктора техн. наук / Тамбов, 2002.

2. Кудимов Ю.Н., Казуб В.Т., Голов Е.В. Электроразрядные процессы в жидкости и кинетика экстрагирования биологически активных компонентов. Часть 1. Ударные волны и кавитация. Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2002. Т. 8. № 2. С. 253-264.

3. Оробинская В.Н., Казуб В.Т., Маршалкин М.Ф., Коновалов Д.А. Влияние электроразрядной обработки на липоксигеназную активность томатного сока. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2009. № 2-3. С. 112-113.

4. Казуб В.Т., Кудимов Ю.Н., Рудобашта С.П., Борисов А.Г. Роль кавитации и пульсирующей парогазовой полости в процессах электроразрядного измельчения растительного сырья. Хранение и переработка сельхозсырья. 2004. № 9. С. 21-24.

5. Казуб В.Т., Кудимов Ю.Н., Криворотов Н.В. Способ экстрагирования биологически активных соединений из растительного сырья. Пат. № 2200022 РФ. МКИ А61К35/78. Заявлено 19.07.99. Опубл. в БИ № 7, 2003.