

УДК 66.061:615.322

В.И. Булах

Санкт-Петербургская государственная химико-фармацевтическая академия

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЭКСТРАГИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Извлечение БАВ из растительного сырья насчитывает несколько столетий. В современных условиях на предприятиях фармацевтической промышленности готовят не только спиртовые настойки, но и максимально очищенные от балластных веществ новогаленовые препараты, которые можно применять не только внутрь, но и для инъекций.

Растительное сырьё в обобщенном виде представляет собой капиллярно-клеточные тела, которые после сбора в надлежащие сроки подвергаются перед хранением в необходимых случаях резке и высушиванию до содержания гигроскопической влаги 8-15%. Макромеханическая прочность их низкая даже в высушенном состоянии, сроки хранения ограничены 1-3 годами. Содержание БАВ в высушенном сырье порядка 1-10%, а спиртовые и тем более водные настойки имеют небольшие сроки хранения [1].

Физико-химические свойства БАВ и растительного сырья, а также потребности в БАВ определяют параметры процессов извлечения

экстрагированием. Наряду с устаревшим, но всё ещё применяемым настаиванием измельченного растительного сырья в течение нескольких суток в 40% или 70% спирте этиловом с периодической заменой экстрагента, сопровождающейся отжимом пропитанного сырья, используют более совершенный способ экстрагирования жидкостью, фильтрующийся через неподвижный слой (перколяция).

Попытки механической интенсификации отдельных стадий экстрагирования часто дают взаимно противоречивые результаты. Например, попытка уменьшения размеров частиц сырья (d) в надежде на уменьшение времени (τ) достижения равновесного состояния в сырье и экстракте ($\tau_{\text{диф}} \sim d$, $\tau_{\text{диф+конв}} \sim \sqrt{d}$), приводит к резкому увеличению времени фильтрования ($\tau_{\text{ф}} \sim 1/d^4$). Аналогичный результат даст и попытка ускорения извлечения БАВ путем периодического локально-сосредоточенного механического воздействия на частицы сырья в экстрагенте. В предельном случае, и при достаточных затратах энергии смесь будет превращена в пасту не поддающуюся разделению (роторно-пульсационный аппарат М.А. Балабудкина).

Поскольку механическое воздействие на экстрагируемое сырьё не приводит к существенному уменьшению суммарного времени протекания стадий, то интенсификация процесса получения концентрата БАВ может быть достигнута только исключением \ совмещением отдельных стадий.

Задача получения чистого концентрата БАВ в одну стадию решается путем проведения процесса экстрагирования в режиме фильтрации под высоким давлением при пониженной температуре жидким экстрагентом представляющим собой в основном смесь спирта этилового и углерода диоксида. После прохождения слоя растительного сырья толщиной ~ 1 м, жидкий экстракт, попадая в зону пониженного давления, самопроизвольно разделяется на раствор БАВ в спирте этиловом и CO₂ газ. При таком режиме ($P \geq 100$ атм, $T \approx -40^\circ\text{C}$) за 2 часа возможно экстрагируется даже содержимое ядер клеток.

Варьируя соотношением в экстрагенте спирта этилового и углерода диоксида можно получать БАВ не только в виде растворов разной концентрации, но и в виде порошка. Другая важная отличительная особенность данного метода состоит в том, что энергия, необходимая для интенсификации любого процесса, расходуется не на измельчение однократно сжатого высоким давлением слоя растительного сырья, а на неоднократное сжатие экстрагента углерода диоксида, после прохождения им слоя и изменения фазового состояния, перед поступлением на повторное экстрагирование.

Используя фазовые переходы углерода диоксида можно также добиться быстрой замены воздуха в порах клеток растительного сырья на углерода диоксид. Это в сочетании с необходимостью проведения процесса экстрагирования при высоком давлении позволит ускорить

пропитку пор жидким экстрагентом и, соответственно, существенно ускорить процесс начала экстрагирования, поскольку начальная пропитка экстрагентом является одной из первых лимитирующих стадий процесса экстракции [2, с 37].

Собственно, в этом методе максимально реализуется эффект возрастания растворимости в газе по мере увеличения его концентрации вследствие возрастания давления [3]. В точке перехода газа в жидкость (сверхкритическое состояние), концентрация молекул и, соответственно, растворимость максимальна.

Общие теоретические аспекты извлечения твёрдых и растворённых веществ, дисперсно распределённых в пористом слое достаточно подробно рассмотрены в работах А. М. Розена, Н. Н. Веригина и Г.А. Аксельруда [2, с.90-98]. Получены приближённые расчётные уравнения, дающие удовлетворительную сходимость для простых случаев экстрагирования неорганических веществ.

Однако попытки перенести эти уравнения на реальные объекты растительного происхождения за исключением подтверждения существования областей регулярных режимов вряд ли можно считать успешными. Во многом это обусловлено тем, что в растительном сырье не два [2, с.34], а минимум пять типов пор размерами от 1 до 10^6 нм [4]. Причём соотношение их варьируется в зависимости от типа растительного сырья и степени его высухания. Кроме того необходим учёт плазмолиза и при сушке, и при экстрагировании.

Тем не менее, используя упрощающее предположение о хаотичном распределении извлекаемого материала в пористых частицах, составляющих слой, возможно экспериментальное моделирование процессов извлечения, различающихся только концентрационной обстановкой в жидкой фазе. Несмотря на существенные ограничения, требующие соблюдения постоянства в процессе эксперимента: природы и дисперсности пористых частиц в слое, состава и свойств экстрагируемой жидкости, её температуры [2, с.122, 184], такое моделирование является пока единственным способом получения количественных результатов по параметрам процесса экстрагирования в слое, применяемым на практике.

В настоящее время данный метод экстрагирования проходит опытно-промышленную отработку в южном регионе России. В основном экстрагируются БАВ, являющиеся пищевыми добавками. Это обусловлено, во-первых, максимальной приближенностью к местам произрастания сырья, во-вторых, повышенным спросом на эти добавки, в-третьих, более низкими требованиями к организации пищевых производств по сравнению с производствами лекарственных средств.

Данная статья представляет результат выполнения автором аналитического литературного обзора на кафедре процессы и аппараты химической технологии СПбХФА по теме «Разработка и оптимизация гетерофазных процессов химико-фармацевтической технологии».

Литература

1. Соколов, С. Я. Справочник по лекарственным растениям (фитотерапия)./С.Я. Соколов, И.П. Замотаев.- 2-изд., стереотипное.- М.: Недра, 1987.- 512с.
2. Аксельруд, Г.А. Экстрагирование (система твёрдое тело-жидкость)./Г.А. Аксельруд, В.М. Лысянский – Л.: Химия, 1974.- 256 с., ил.
3. Жузе, Т.П. Сжатые газы как растворители./ Т.П. Жузе.- М.: Наука, 1974.- 111 с., ил.
4. Рейвн, П. Современная ботаника. В 2-х т.: Пер. с англ./ П. Рейвн, Р. Эверт, С. Айхорн.- М.: Мир, 1990.-Т.1.-348 с., ил.

Булах Владимир Ильич, инженер-химик-технолог, канд. техн. наук, доцент каф. ПАХТ Санкт-Петербургской химико-фармацевтической академии,

Тел/факс 726-85-27; +7-921-442-7686; E-mail:v.i.bulah@gmail.com