

DOI
УДК 631.34

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭКСТРАКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Д. Н. Сёмушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Сёмушкин, С. С. Алатырев, И. И. Максимов

Реферат. В статье рассмотрены процессы экстракции биологически активных веществ из растительного сырья, даны классификации. Выявлены способы активизации процесса экстрагирования, которые позволяют провести работы по совершенствованию технологического процесса экстракции и совершенствованию конструкции установок для получения растительных экстрактов. Предложена расширенная классификация процессов экстракции биологически активных веществ из растительного сырья. Выявлены способы активизации процессов экстрагирования. Классификация экстракционных препаратов для растительного сырья может быть осуществлена на основе различных систем экстрагирования и технологий получения. Составлены и приведены в статье следующие схемы классификации по технологическому процессу экстракции: схематическое представление экстракции, как физико-химического процесса; графическое представление процесса экстрагирования; особенности экстрагирования биологически активных веществ из сырья с клеточной структурой; стадии процесса экстрагирования; виды диффузий биологически активных веществ из внутренних структур материала в экстрагент; факторы определяющие эффективность процесса экстрагирования; классификация экстракционных препаратов из растительного сырья по технологии получения с учетом систем экстрагирования; параметры, характеризующие процесс экстрагирования; методы определения коэффициента распределения вещества в растительном экстракте; способы активизации процесса экстрагирования. Каждый из типов экстрагирования имеет свои преимущества и недостатки, а также может быть более или менее эффективен в зависимости от типа растительного сырья и целей использования экстракта. Поэтому выбор системы экстрагирования должен основываться на тщательном анализе свойств растительного сырья и требований к конечному продукту. Таким образом, выявленные способы активизации процесса экстрагирования позволяют провести работы по совершенствованию технологического процесса экстракции и конструкции установок для получения растительных экстрактов.

Ключевые слова: экстракция, экстрагент, экстрактор, растительное сырьё, классификация.

Введение. Экстрагирование является важным этапом в производстве многих лекарственных препаратов, косметических средств, пищевых добавок и другой продукции. Оно позволяет извлекать полезные вещества из растительного сырья и других источников, обеспечивая высокую эффективность и качество получаемых продуктов. Но в сельскохозяйственном производстве, применение водных экстрактов из растительного сырья ограничивается недостаточной разработанностью технологических процессов в этой области и ограниченной номенклатурой технических средств.

С целью решения данной задачи, необходимо подвести теоретическую основу под разработку технологий экстрагирования на основе изучения процессов экстракции биологически активных веществ из растительного сырья. Одним из этих путей является работа над созданием классификации процессов экстракции биологически активных веществ из растительного сырья, что необходимо для развития таких научных и практических направлений, как: изучение химического состава растительных сырьевых материалов и определение наиболее эффективных методов их экстракции; разработка новых технологий получения экстрактов с использованием различных растворителей, температур и давлений; исследование физико-химических свойств полученных экстрактов и определение их

биологической активности; изучение механизмов действия растительных экстрактов на организм человека и животных, а также их взаимодействия с другими лекарственными препаратами; определение оптимальных условий хранения и транспортировки экстрактов для сохранения их качества и эффективности; разработка новых препаратов на основе растительных экстрактов для профилактики и лечения различных заболеваний; изучение возможности использования растительных экстрактов в пищевой промышленности для создания новых продуктов питания с повышенной биологической ценностью.

Условия, материалы и методы. Для проведения исследования был использован метод контент-анализа, который позволил проанализировать различные источники информации, связанные с процессами экстракции биологически активных веществ из растительного сырья. В качестве материалов для исследования были использованы научные статьи, книги и другие публикации, содержащие информацию о различных типах экстрагирования, способах активизации процесса экстрагирования и классификациях экстракционных препаратов из растительного сырья. В частности, по материалам научной электронной библиотеки eLibrary, были проведён следующий анализ. В поле поиска было внесено словосочетание «классификация процессов экстракции». При этом были установлены следующие

параметры поиска по типу публикации: статьи в журналах, диссертации, книги, отчеты, материалы конференций, патенты, депонированные рукописи, гранты. С ограничениями искать по «в названии публикации, в аннотации, в ключевых словах». В поле «параметры» было указано «искать с учётом морфологии». Годы публикации были выставлены на значениях «2000-2022». По результатам поиска было найдено 52 публикации. Из них: статьи в журналах - 20; книги - 1; материалы конференций - 2; депонированные рукописи - 0; диссертаций - 0; отчёты о НИР - 18; патенты - 1; гранты - 10.

Число рассмотренных публикаций указывает о недостаточной изученности этой темы, что и определило тематику данного исследования.

Результаты и обсуждение. Экстракция является физико-химическим процессом, который используется для извлечения ценных веществ из растительного сырья. Этот процесс основан на различии в растворимости компонентов смеси в различных растворителях [1]. Процесс экстрагирования включает несколько стадий: выбор сырья, подготовку сырья (дробление, измельчение), выбор растворителя и определение оптимальных условий экстракции, проведение самой экстракции (например, механическое перемешивание или ультразвуковая обработка), отделение экстракта от остатка сырья и очистку полученного экстракта.

Основными используемыми классификациями экстракционных препаратов являются: 1. Классификация по типу экстрагирующего агента: водный экстракт, этанольный экстракт, глицериновый экстракт, масляный экстракт, спиртовой экстракт, ацетоновый экстракт; 2. Классификация по системе экстрагирования: механическая экстракция,

гидротермальная экстракция, микроволновая экстракция, ультразвуковая экстракция, суперкритическая экстракция, экстракция на основе ионного обмена; 3. Классификация по методу получения готового продукта: травяные отвары и настои, масляные мази и кремы, таблетки и капсулы, экстракты для инъекций и инфузий.

Классификация экстракционных препаратов для растительного сырья может так же быть основана на следующих параметрах: 1. Тип экстрагирующего агента - это химическое вещество, которое используется для извлечения полезных компонентов из растительного сырья [2]. Различные типы экстрагирующих агентов могут использоваться в зависимости от целей получения экстракта. 2. Система экстрагирования - это метод, который используется для извлечения полезных компонентов из растительного сырья. Различные системы экстрагирования могут быть более или менее эффективны в зависимости от типа растительного сырья и требований к конечному продукту. 3. Метод получения - это способ, который используется для получения конечного продукта на основе экстракта. Различные методы получения могут быть использованы в зависимости от типа экстракта и требований к конечному продукту. Важно учитывать все эти параметры при выборе системы экстрагирования и метода получения, чтобы получить максимально эффективный и качественный экстракт [3, 4].

Как физико-химический процесс, экстракция затрагивает следующие разделы науки: координатную химию, химическую кинетику, химическую термодинамику, органическую химию, теорию массопереноса и теорию растворов (рис. 1). При этом выполняется задача по переводу компонента из водной фазы в органическую фазу.



Рис. 1 - Схематическое представление экстракции, как физико-химического процесса

Процесс экстракции начинается с контакта растительного сырья с растворителем. В процессе контакта происходит перераспределение компонентов между фазами [5]. Целевые вещества переходят из растительного сырья в растворитель, а остальные компоненты остаются в остатке. Далее происходит разделение растворителя и остатка. Растворитель содержит целевые вещества и может быть использован для дальнейшей обработки или очистки. Остаток содержит остальные компоненты и может быть использован для производства других продуктов.

Важным аспектом процесса экстракции является оптимизация условий проведения процесса. Необходимо выбрать оптимальную температуру, давление и время контакта, чтобы получить максимальное количество целевых веществ при минимальных затратах ресурсов. Оптимизация условий проведения процесса и выбор подходящего растворителя являются ключевыми факторами для достижения максимальной эффективности экстракции.

Графическое представление процесса экстрагирования отражено на (рис. 2).

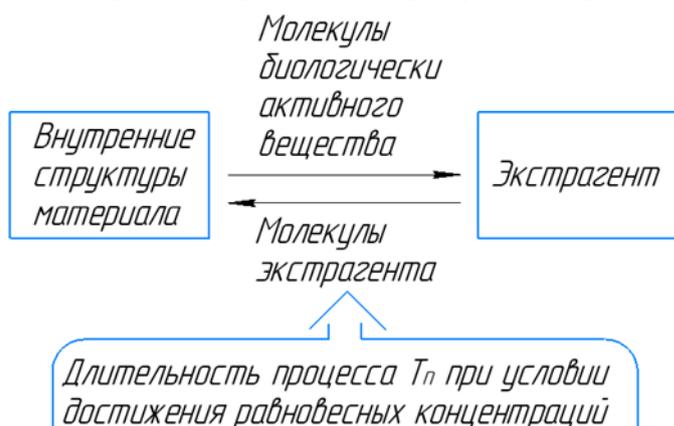


Рис. 2 – Графическое представление процесса экстрагирования

Экстрагирование биологически активных веществ из сырья с клеточной структурой может быть более сложным процессом, так как клеточные стенки могут затруднять доступ растворителя к целевым веществам. Для улучшения эффективности экстракции из такого сырья могут использоваться различные методы, такие как механическое дробление, обработка ультразвуком или термическая обработка [6]. Также может потребоваться использование более агрессивных растворителей

или добавление поверхностно-активных веществ для улучшения проникновения растворителя в клеточные структуры. Важно также учитывать, что при экстракции из сырья с клеточной структурой может происходить высвобождение дополнительных компонентов, таких как липиды или полисахариды, которые могут влиять на качество полученного экстракта. Особенности экстрагирования биологически активных веществ из сырья с клеточной структурой показаны на рисунке 3.



Рис. 3 – Особенности экстрагирования биологически активных веществ из сырья с клеточной структурой

Существует несколько видов диффузии биологически активных веществ [7]: 1. Диффузия по концентрационному градиенту - процесс, при котором молекулы биологически активных веществ перемещаются от области более высокой концентрации к области более низкой концентрации. 2. Диффузия по электрическому полю - процесс, при котором молекулы биологически активных веществ перемещаются под воздействием электрического поля. 3. Диффузия по мембране - процесс, при котором молекулы биологически активных веществ проходят через мембрану клетки или организма. 4. Диффузия по давлению -

процесс, при котором молекулы биологически активных веществ перемещаются под воздействием различия давления. 5. Фильтрация - процесс, при котором молекулы биологически активных веществ перемещаются через фильтр или другую преграду.

Конвективная диффузия происходит при наличии движения экстрагента, которое ускоряет процесс переноса вещества [8]. В этом случае коэффициент диффузии зависит от скорости движения экстрагента и характеризуется коэффициентом массопереноса. Стадии процесса экстрагирования отражены на рисунке 4.



Рис. 4 – Стадии процесса экстрагирования

Коэффициент конвективной диффузии и толщина диффузионного слоя являются зависимыми от гидродинамических условий параметрами, которые влияют на эффективность процесса экстрагирования [9]. В случае отсутствия перемешивания, коэффициент равен нулю, а толщина слоя экстрагента охватывает

всю поверхность материала.

Этот способ экстрагирования называется мацерацией без перемешивания и является наиболее длительным. Виды диффузий биологически активных веществ из внутренних структур материала в экстрагент показаны на рисунке 5.

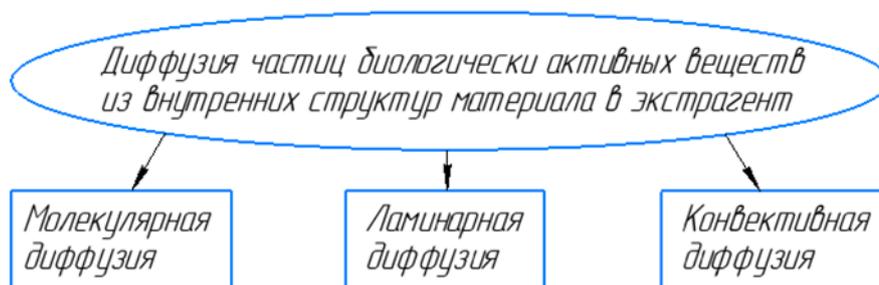


Рис. 5 – Виды диффузий биологически активных веществ из внутренних структур материала в экстрагент

Рассматривая факторы, определяющие процесс экстрагирования можем отметить следующие значимые моменты [10]: 1. Растворитель - свойства и концентрация растворителя влияют на способность извлекать биологически активные вещества из исходного материала. 2. Температура - высокая температура

может ускорить процесс экстрагирования, но также может повредить биологически активные вещества. 3. Давление - высокое давление может ускорить процесс экстрагирования, но также может повредить биологически активные вещества. 4. Время - продолжительность процесса экстрагирования влияет

на количество извлеченных биологически активных веществ. 5. Размер частиц - размер частиц исходного материала может влиять на доступность биологически активных веществ для извлечения. 6. Размер пористых структур - размер пористых структур материала может влиять на доступность биологически активных веществ для извлечения. 7. Размер экстрактора - размер экстрактора может влиять на эффективность процесса экстрагирования. 8. Скорость перемешивания - скорость

перемешивания может влиять на эффективность процесса экстрагирования. 9. pH - pH раствора может влиять на доступность биологически активных веществ для извлечения. 10. Присутствие других веществ - присутствие других веществ в материале или растворе так же может влиять на эффективность процесса экстрагирования.

Факторы, определяющие эффективность процесса экстрагирования показаны на рисунке 6.

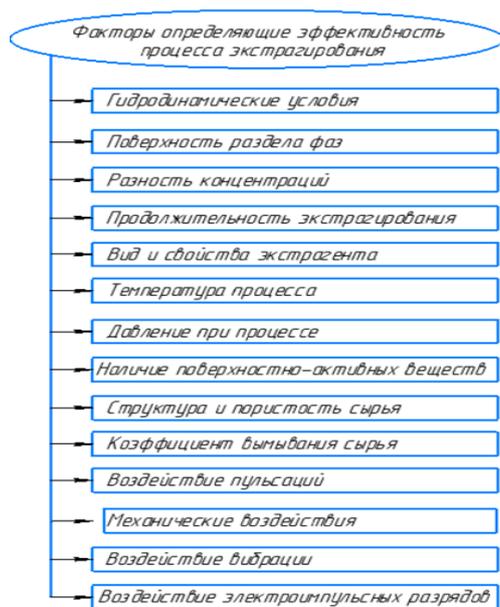


Рис. 6 - Факторы определяющие эффективность процесса экстрагирования

Производство экстракционных препаратов основано на процессах экстракции. Препараты индивидуальных веществ получают из растительного сырья путем выделения и очистки одного конкретного биологически активного вещества. Они обладают высокой точностью действия и эффективностью, но могут вызывать побочные эффекты при неправильном

использовании. Новогаленовые препараты обладают более высокой чистотой и концентрацией активных веществ, что обеспечивает более точное и предсказуемое действие.

Они широко применяются, особенно в случаях, когда требуется точное дозирование и контроль действия препарата.

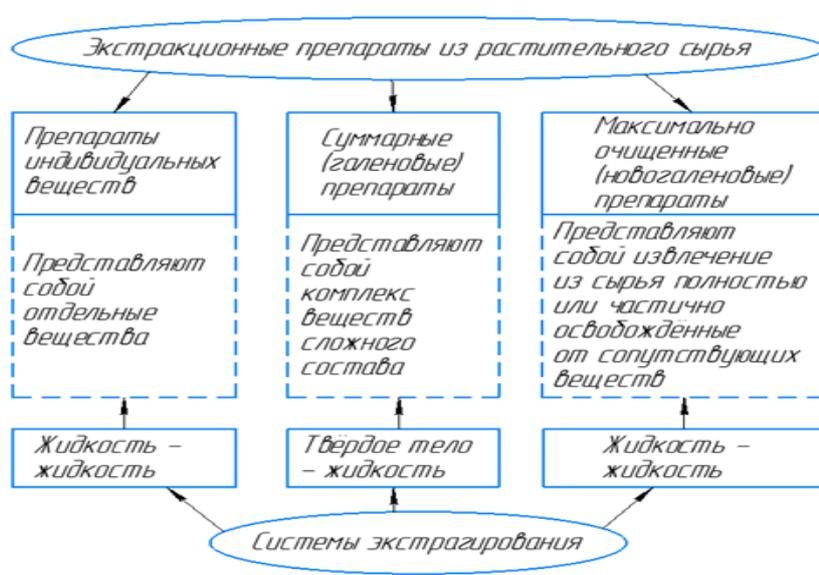


Рис. 7- Классификация экстракционных препаратов из растительного сырья по технологии получения с учетом систем экстрагирования

Эти препараты обладают наиболее точным и предсказуемым действием, но их применение ограничено из-за высокой стоимости и сложности производства.

Из растительного сырья получают три группы экстракционных препаратов по различным технологиям (рис. 7).

Рассмотрим параметры, которые характеризуют процесс экстрагирования [11]:

1. Растворитель: выбор растворителя оказывает влияние на эффективность экстрагирования и качество извлекаемых соединений.

2. Температура: температура повышает скорость экстрагирования, но слишком высокая температура может привести к разложению целевых соединений.

3. Время экстрагирования: время, необходимое для достижения максимальной

эффективности экстрагирования, может зависеть от типа растворителя, температуры и концентрации целевых соединений.

4. Концентрация целевых соединений: более высокая концентрация целевых соединений может увеличить эффективность экстрагирования, но слишком высокая концентрация может привести к насыщению растворителя.

5. Размер частиц: размер частиц целевых соединений оказывает влияние на скорость экстрагирования и эффективность.

6. Тип материала: тип материала, содержащего целевые соединения, может оказать влияние на эффективность процесса экстрагирования.

Укрупненные параметры, характеризующие процесс экстрагирования приведены на (рис. 8).

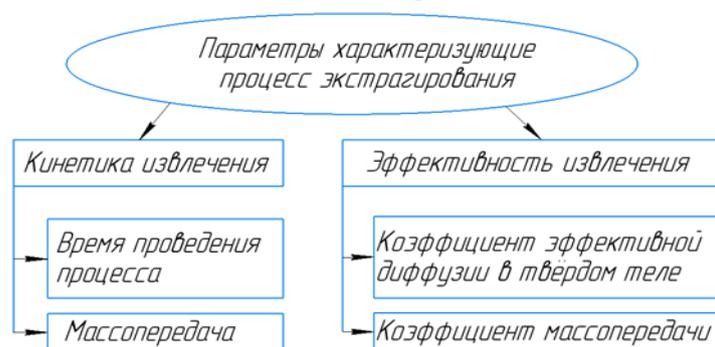
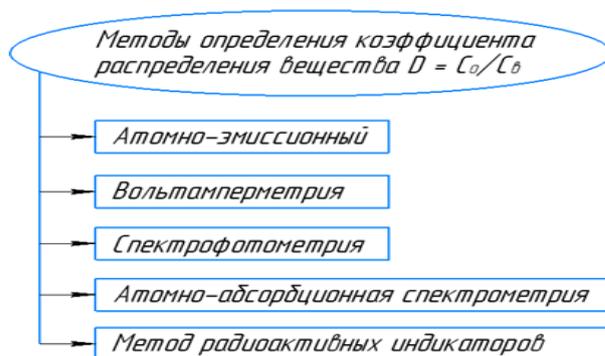


Рис. 8 – Параметры, характеризующие процесс экстрагирования

Коэффициент распределения вещества в экстракте может быть определен различными методами, включая: 1. Атомно-эмиссионный метод - основан на измерении эмиссионного спектра атомов элементов, которые находятся в растворе. Этот метод позволяет определить концентрацию элементов в растворе и коэффициент распределения. 2. Вольтамперметрия - используется для измерения электрохимических свойств растворов. Этот метод позволяет определить коэффициент распределения вещества между двумя фазами. 3. Спектрофотометрия - основана на измерении поглощения света в растворе. Этот метод позволяет

определить концентрацию вещества в растворе и коэффициент распределения. 4. Атомно-абсорбционная спектрометрия - используется для определения концентрации элементов в растворе. Этот метод позволяет определить коэффициент распределения между двумя фазами. 5. Метод радиоактивных индикаторов - основан на использовании радиоактивных изотопов для маркировки вещества. Этот метод позволяет определить коэффициент распределения между двумя фазами.

Методы определения коэффициента распределения вещества в растительном экстракте показаны на рисунке 9.



D – коэффициент распределения
 C_α – общая концентрация вещества в органической фазе
 C_β – общая концентрация вещества в воде

Рис. 9 – Методы определения коэффициента распределения вещества в растительном экстракте

Экстрагирование - это процесс извлечения нужных компонентов из сырья, при котором используется экстрагент. Чтобы ускорить и улучшить этот процесс, применяются различные способы активации: 1) Звуковое воздействие. Звуковые волны могут привести к ускорению процессов диффузии и конвекции в растворителе, что улучшает экстрагирование. Для этого используются ультразвуковые ванны или сонаторы; 2) Физическое воздействие. Механическое перемешивание сырья и растворителя ускоряет процесс экстрагирования. Для этого используются мешалки, шнеки, мельницы и другие устройства; 4) Химическое воздействие. Добавление химических реагентов может ускорить процесс экстрагирования. Например, использование кислоты может помочь извлечь компоненты, которые

не растворяются в обычных растворителях; 5) Температурное воздействие. Увеличение температуры может ускорить процесс экстрагирования, так как это приводит к увеличению скорости диффузии и конвекции. Однако, слишком высокая температура может повредить компоненты, которые нужно извлечь; 6) Электрическое воздействие. Применение электрического поля может ускорить процесс экстрагирования, так как это может улучшить диффузию молекул в растворителе. Для этого используются электромагнитные поля или электрические поля высокой частоты.

Каждый из этих способов (рис. 10) может быть использован для активизации процесса экстрагирования в зависимости от типа сырья и растворителя.



Рис. 10 – Способы активизации процесса экстрагирования

Выводы. Каждый из перечисленных типов экстрагирования имеет свои преимущества и недостатки, а также может быть более или менее эффективен в зависимости от типа растительного сырья и целей использования экстракта. Поэтому выбор системы экстрагирования должен основываться на тщательном

анализе свойств растительного сырья и требований к конечному продукту. Таким образом, выявленные способы активизации процесса экстрагирования позволяют провести работы по совершенствованию технологического процесса экстракции и конструкции установок для получения растительных экстрактов.

Литература

1. Методы интенсификации процессов экстрагирования биологически активных веществ из растительного сырья / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. – 2023. – № 1(45). – С. 78-88.
2. Семушкин, Д. Н. Результаты исследования эффективности использования водного экстракта на основе рапсового шрота для адаптации биопестицидов / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин //

Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: Материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки РФ, КБР, Республики Адыгея профессора Б.Х. Фиашеву, Нальчик, 22 марта 2023 года. – Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2023. – С. 37-41.

3. Семушкин, Д. Н. Способ получения водного экстракта из растительного сырья для биологического земледелия / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин // Приоритетные направления развития науки и технологий : доклады XXXII международной научно-практической конференции, Тула, 15 марта 2023 года / Под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Издательство "Инновационные технологии", 2023. – С. 8-12.

4. Исследование эффективности экстрагирования в различных типах аппаратов при использовании растительного сырья чаги, корня копеечника, плодов шиповника / М. В. Просин, Д. М. Бородулин, Е. А. Сафонова, Я. С. Головачева // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 6(171). – С. 170-175. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-6-170-175.

5. The use of Soxhlet extractor for the production of tinctures from plant raw materials / D. Borodulin, M. Prosin, I. Bakin [et al.] // E3S Web of Conferences : 13, Rostovon-Don, 26–28 февраля 2020 года. – Rostovon-Don, 2020. – P. 08010. – DOI 10.1051/e3sconf/202017508010.

6. Технологическая линия по производству экстрактов из растительного сырья / А. А. Гуськов, Ю. В. Родионов, С. А. Анохин [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 2. – С. 82-85. – DOI 10.28983/asj.y2019i2pp82-85.

7. Тетерин, В. С. Разработка системы контроля и оптимизации технологического процесса производства гуминовых препаратов / В. С. Тетерин, Н. С. Панферов, А. Ю. Овчинников // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 10. – С. 111-115. – DOI 10.28983/asj.y2022i10pp111-115.

8. Величко, Н. А. Влияние технологических параметров экстракции на выход экстрактивных веществ из левзеи сафлоровидной (*Rharponticum carthamoides*) / Н. А. Величко, Я. В. Смольникова // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 10(133). – С. 73-78.

9. Рудик, Ф. Я. Аналитическое исследование интенсификации процесса массопередачи при инактивации зерна сои в ультразвуковой установке / Ф. Я. Рудик, Н. Л. Моргунова, Д. В. Макаров // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 2. – С. 95-97. – DOI 10.28983/asj.y2021i2pp95-97.

10. Wang, R. Effects of extraction methods on extraction components and antioxidant activity of *Quercus mongolica* shell / R. Wang, Z. Zhang, D. Li // Journal of Beijing Forestry University. – 2022. – Vol. 44, No. 5. – P. 150-160. – DOI 10.12171/j.1000-1522.20210352.

11. Extraction of Plant Based Protein from *Moringa oleifera* Leaves using Alkaline Extraction and Isoelectric Precipitation Method / M. H. Soo, N. A. Samad, Y. M. M. Jusoh [et al.] // Chemical Engineering Transactions. – 2021. – Vol. 89. – P. 253-258. – DOI 10.3303/CET2189043.

Сведения об авторах:

Сёмушкин Денис Николаевич – аспирант, e-mail: udc.kgau@mail.ru

Зиганшин Булат Гусманович – доктор технических наук, профессор РАН, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: zigan66@mail.ru

Сёмушкин Николай Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машин и оборудования, e-mail: udc.kgau@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

Алатырев Сергей Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, e-mail: if7@academy21.ru

Максимов Иван Иванович – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, e-mail: maksimov48@inbox.ru

Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Россия

CLASSIFICATION OF EXTRACTION PROCESSES BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM PLANT RAW MATERIALS

D. N. Semushkin, B. G. Ziganshin, N. I. Semushkin, S. S. Alatyrev, I. I. Maksimov

Abstract. The article considers the processes of extraction of biologically active substances from plant materials, classifications are given. Methods for activating the extraction process have been identified, which make it possible to carry out work to improve the technological process of extraction and improve the design of installations for obtaining plant extracts. An extended classification of processes for the extraction of biologically active substances from plant materials has been proposed. Ways of activation of extraction processes are revealed. Classification of extraction preparations for plant materials can be carried out on the basis of various extraction systems and production technologies. The following classification schemes for the technological process of extraction are compiled and presented in the article: a schematic representation of extraction as a physical and chemical process; graphical representation of the extraction process; features of extraction of biologically active substances from raw materials with a cellular structure; stages of the extraction process; types of diffusion of biologically active substances from the internal structures of the material into the extractant; factors determining the efficiency of the extraction process; classification of extraction preparations from plant materials according to the production technology, taking into account extraction systems; parameters characterizing the extraction process; methods for determining the distribution coefficient of a substance in a plant extract; ways to activate the extraction process. Each type of extraction has its own advantages and disadvantages, and can be more or less effective depending on the type of plant material and the purpose of using the extract. Therefore, the choice of an extraction system should be based on a thorough analysis of the properties of plant materials and the requirements for the final product. Thus, the identified methods for activating the extraction process make it possible to carry out work to improve the technological process of extraction and the design of installations for obtaining plant extracts.

Key words: extraction, extractant, extractor, plant material, classification.

References

1. Semushkin DN, Ziganshin BG, Semushkin NI. [Methods of intensification of processes of extraction of biologically active substances from plant materials]. Vestnik Kurganskoi GSKhA. 2023; 1(45). 78-88 p. .

2. Semushkin DN, Ziganshin BG, Semushkin NI. [Results of the study of the effectiveness of the use of an aqueous extract based on rapeseed meal for the adaptation of biopesticides. Agricultural land use and food security]. Materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoy pamyati Zasluzhennogo deyatelya nauki RF, KBR, Respubliki Adygeya professora B.Kh. Fiapshevu, Nal'chik, 22 marta 2023 goda. Nal'chik: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Kabardino-Balkarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni V.M.Kokova". 2023; 37-41 p.
3. Semushkin DN, Ziganshin BG, Semushkin NI. [Method for obtaining an aqueous extract from plant raw materials for biological farming. Priority directions of science and technology development]. Doklady XXXII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Tula, 15 marta 2023 goda. Tula: Izdatel'stvo "Innovatsionnye tekhnologii". 2023; 8-12 p.
4. Prosin MV, Borodulin DM, Safonova EA, Golovacheva YaS. [Study of the efficiency of extraction in various types of apparatus using vegetable raw materials of chaga, kopek root, rose hips]. Vestnik KrasGAU. 2021; 6(171). 170-175 p. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-6-170-175. .
5. Borodulin D, Prosin M, Bakin I. The use of Soxhlet extractor for the production of tinctures from plant raw materials. [Internet]. E3S Web of Conferences: 13. Rostov-von-Don. 26-28 fevralya 2020 goda. Rostov-on-Don. 2020; 08010. – DOI 10.1051/e3sconf/202017508010. .
6. Gus'kov AA, Rodionov YuV, Anokhin SA. [Technological line for the production of extracts from plant raw materials]. Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2019; 2. 82-85 p. – DOI 10.28983/asj.y2019i2pp82-85. – EDN VUXQMM.
7. Teterin VS, Panferov NS, Ovchinnikov AYU. [Development of a system for monitoring and optimizing the technological process of production of humic preparations]. Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2022; 10. 111-115 p. – DOI 10.28983/asj.y2022i10pp111-115. .
8. Velichko NA, Smol'nikova YaV. [Influence of technological parameters of extraction on the yield of extractive substances from safflower-like leuzea (*Rhaponticum carthamoides*)]. Vestnik KrasGAU. 2017; 10(133). 73-78 p.
9. Rudik FYa, Morgunova NL, Makarov DV. [Analytical study of the intensification of the mass transfer process during soybean grain inactivation in an ultrasonic installation]. Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2021; 2. 95-97 p. – DOI 10.28983/asj.y2021i2pp95-97.
10. Wang R, Zhang Z, Li D. Effects of extraction methods on extraction components and antioxidant activity of *Quercus mongolica* shell. Journal of Beijing Forestry University. 2022; Vol.44. 5. 150-160 p. – DOI 10.12171/j.1000-1522.20210352.
11. Soo MH, Samad NA, Jusoh YMM. Extraction of plant based protein from moringa oleifera leaves using alkaline extraction and isoelectric precipitation method. Chemical Engineering Transactions. 2021; Vol.89. 253-258 p. – DOI 10.3303/CET2189043.

Authors:

Semushkin Denis Nikolaevich – post-graduate student, e-mail: udc.kgau@mail.ru
 Ziganshin Bulat Gusmanovich - Doctor of Technical sciences, Professor of Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness, e-mail: zigan66@mail.ru
 Semushkin Nikolay Ivanovich – Ph.D. of Technical sciences, Associate Professor of the Department of Machinery and Equipment Operation, e-mail: udc.kgau@mail.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
 Alatyrev Sergey Sergeevich – Doctor of Technical Sciences, Professor of Transport and Technological machines and complexes Department, e-mail: if7@academy21.ru
 Maksimov Ivan Ivanovich - Doctor of Technical sciences, Professor of Transport and technological machines and complexes Department, e-mail: maksimov48@inbox.ru
 Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia.