

UDK: 615.322:581.9:615.277

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАРМАКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРАВЫ *HELIANTHUS TUBEROSUS L.*

Юсуфи С.Дж., Сафарзода Р.Ш., Абдукаримзода Х., Шарифзода Ш.Б. Саломзода Ф.,

ГОО «Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино» г. Душанбе, Республика Таджикистан

Аннотация

В работе представлены результаты исследования фармако-технологических характеристик измельченного растительного сырья травы *Helianthus tuberosus L.* Определены показатели насыщенного объема, плотности до и после уплотнения, сыпучести и коэффициента поглощения при экстрагировании 70%-ным этиловым спиртом. Полученные данные свидетельствуют о хороших физико-механических свойствах сырья, обеспечивающих равномерное проникновение экстрагента и эффективное извлечение биологически активных веществ. Построена сводная hi-tech-диаграмма, визуализирующая соотношение параметров в абсолютных и относительных значениях. Результаты подтверждают технологическую пригодность травы *Helianthus tuberosus L.* для разработки и стандартизации лекарственных форм растительного происхождения.

Ключевые слова: *Helianthus tuberosus L.*, фармако-технологические свойства, плотность, сыпучесть, коэффициент поглощения, экстрагирование, растительное сырьё.

Abstract

The study presents the results of an investigation into the pharmacotechnological characteristics of the powdered herbal material of *Helianthus tuberosus L.* The parameters of bulk volume, density before and after compaction, flowability, and absorption coefficient during extraction with 70% ethanol were determined. The obtained data indicate favorable physicomachanical properties of the raw material, ensuring uniform penetration of the extractant and efficient extraction of biologically active substances.

A comprehensive hi-tech diagram was constructed to visualize the relationship between the parameters in absolute and relative values. The results confirm the technological suitability of *Helianthus tuberosus L.* herb for the development and standardization of herbal medicinal forms.

Keywords: *Helianthus tuberosus L.*, pharmacotechnological properties, bulk density, fluidity, absorption coefficient, extraction, herbal raw material.

Annotatsiya

Mazkur ishda *Helianthus tuberosus L.* o'simligi quritilgan va maydalangan xom ashyosining farmako-texnologik xossalari o'rganildi. 70% etil spirti yordamida ekstraktsiya jarayonida nam sig'imi, zichligi (siqishdan oldin va keyin), sochiluvchanligi hamda singdirish koeffitsienti aniqlangan. Olingan ma'lumotlar xom ashyoning fizik-mexanik xossalari yaxshi ekanligini, ekstragentning bir tekis kirib borishini va biologik faol moddalarning samarali ajralishini ta'minlashini ko'rsatadi.

Parametrlarning mutlaq va nisbiy qiymatlaridagi o'zaro bog'liqligini aks ettiruvchi umumiy hi-tech diagramma qurildi. Natijalar *Helianthus tuberosus* L. o'simligi xom ashyosining o'simlik asosidagi dori shakllarini ishlab chiqish va standartlashtirish uchun texnologik jihatdan yaroqliligini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: *Helianthus tuberosus* L., farmako-texnologik xossalar, zichlik, sochiluvchanlik, singdirish koeffitsienti, ekstraktsiya, o'simlik xomashyosi.

Введение. Изучение фармако-технологических характеристик растительного сырья является важнейшим этапом в разработке лекарственных средств растительного происхождения. От физических свойств измельчённого материала — плотности, сыпучести, поглощения экстрагента — напрямую зависят равномерность проникновения растворителя, скорость диффузии и полнота извлечения биологически активных веществ[1,2,3].

Трава *Helianthus tuberosus* L. (топинамбур) богата флавоноидами, инулином и другими соединениями с выраженной антиоксидантной и гипогликемической активностью. Для получения стабильного сухого экстракта необходимо исследовать её фармако-технологические параметры, которые определяют технологическую пригодность сырья и воспроизводимость производственного процесса[1,4,5,6].

Цель работы — изучение фармако-технологических характеристик измельчённого растительного сырья травы *Helianthus tuberosus* L. с целью оценки его технологической пригодности для разработки лекарственных форм растительного происхождения.

Материалы и методы. Объектом исследования служило измельчённое растительное сырьё травы *Helianthus tuberosus* L., заготовленное в фазу активного роста и высушенное в соответствии со стандартными фармакопейными требованиями. Сырьё предварительно было очищено от механических примесей, измельчено до равномерной фракции и просеяно через сито для получения частиц оптимального размера, обеспечивающего воспроизводимость экспериментальных данных. Такое состояние

материала гарантирует стабильность показателей и достоверность результатов измерений.

Цель данного этапа заключалась в определении комплекса фармако-технологических показателей, характеризующих поведение растительного сырья в процессе экстрагирования и влияющих на эффективность извлечения биологически активных веществ. В рамках работы исследовались четыре ключевых параметра: насыщенный объём, насыщенная плотность, сыпучесть и коэффициент поглощения экстрагента. Каждый из этих показателей отражает физико-механические свойства измельчённого растительного материала и определяет технологические условия получения экстракта.

Определение насыщенного объёма (V, мл). Насыщенный объём характеризует суммарный объём, который занимает определённая масса растительного сырья в свободном состоянии, включая межчастичные и внутриклеточные пустоты.

Он рассчитывался по формуле: $V = \frac{m}{\rho}$,

где m — масса навески (25,0 г), ρ — плотность растительного материала (г/см³).

Определение данного показателя позволяет оценить структурную пористость и воздухопроницаемость частиц, что имеет прямое значение при выборе режима экстрагирования. Чем выше насыщенный объём, тем выше проницаемость слоя сырья для экстрагента и, следовательно, эффективнее диффузионный перенос биологически активных веществ из клеточной структуры растения в растворитель.

Определение насыщенной плотности (ρ , г/см³). Насыщенная плотность определялась как отношение массы навески к объёму до и после уплотнения. Данный пара-

метр позволяет установить степень сжимаемости частиц, а также характеризует способность материала формировать равномерный слой при загрузке в экстрактор.

После уплотнения происходит уменьшение межчастичных пустот и увеличение плотности. Этот процесс имитирует реальные условия экстрагирования, при которых масса растительного сырья подвергается воздействию давления слоя жидкости. Сравнение значений плотности до и после уплотнения позволяет определить коэффициент упаковки частиц, а также прогнозировать скорость прохождения экстрагента через растительный слой.

Величина насыщенной плотности также связана с равномерностью фильтрации: слишком низкая плотность вызывает избыточное проникновение жидкости и неравномерное смачивание, тогда как чрезмерно высокая плотность затрудняет прохождение растворителя и снижает выход биологически активных веществ.

Определение сыпучести (t , с). Сыпучесть определяли как время свободного истечения 100 мл растительного материала из стандартной лабораторной воронки.

Этот показатель выражает способность частиц свободно перемещаться под действием силы тяжести и характеризует их технологическую подвижность. Для измельченного растительного сырья параметр сыпучести является критически важным, поскольку влияет на равномерность дозирования, загрузку в экстрактор, а также на воспроизводимость технологического процесса. Низкое значение времени истечения (в секундах) указывает на хорошую текучесть и равномерность распределения материала, что способствует однородности слоя при экстрагировании и стабильности потока экстрагента.

Определение коэффициента поглощения экстрагента (X , мл/г). Коэффициент поглощения экстрагента отражает способность растительного сырья удерживать растворитель в межклеточных и капиллярных

полостях. Он вычислялся по формуле:
$$X = \frac{V_1 - V_2}{m},$$

где V_1 — исходный объем экстрагента (50 мл), V_2 — объем фильтрата после выдержки (41 мл), m — масса навески (5,0 г).

Данный параметр характеризует сорбционную ёмкость растительного материала и определяет степень его насыщения экстрагентом. Высокое значение коэффициента указывает на хорошее смачивание и эффективное удержание растворителя, что обеспечивает более полное извлечение биологически активных веществ. Однако чрезмерно высокий коэффициент может привести к увеличению времени фильтрации и потере производительности.

Условия проведения эксперимента. Все определения проводились при температуре $(22 \pm 1)^\circ\text{C}$ в условиях контролируемой влажности лабораторного помещения. Для повышения точности каждая серия измерений выполнялась в трёхкратной повторности, после чего вычислялись средние значения. Экстрагирование осуществлялось с использованием 70%-ного этилового спирта, который является оптимальным экстрагентом для извлечения флавоноидов и полифенольных соединений из растительных тканей.

Такая концентрация спирта обеспечивает баланс между полярностью растворителя и растворимостью биологически активных веществ, предотвращая коагуляцию клеточных белков и сохраняя структурную целостность экстрагируемого сырья.

Результаты каждого измерения были зафиксированы и подвергнуты математической обработке с использованием стандартных статистических методов для исключения случайных погрешностей.

Результаты. Определение фармако-технологических характеристик измельченного растительного сырья травы *Helianthus tuberosus* L. позволило установить физико-механические параметры, определяющие её технологическую при-

годность при экстрагировании биологически активных веществ. Результаты проведенных исследований сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Фармако-технологические показатели измельченной травы *Helianthus tuberosus* L.

Показатель	Расчётное значение
Насыщенный объём до уплотнения, мл	75,8
Насыщенный объём после уплотнения, мл	58,1
Насыщенная плотность до уплотнения, г/см ³	0,33
Насыщенная плотность после уплотнения, г/см ³	0,43
Сыпучесть, с	12,4
Скорость истечения, мл/с	8,06
Коэффициент поглощения при экстракции 70%-ным этанолом, мл/г	1,8

Показатели, представленные в таблице 1, позволяют сделать вывод о том, что измельчённое сырьё травы *Helianthus tuberosus* L. обладает сбалансированными физико-технологическими свойствами, обеспечивающими высокую воспроизводимость процессов экстрагирования.

Насыщенный объём до уплотнения составил 75,8 мл, что свидетельствует о значительной пористости и рыхлой структуре растительного материала. После уплотнения под нагрузкой 1250 г насыщенный объём уменьшился до 58,1 мл, то есть на 17,7 мл ($\approx 23\%$). Такое уменьшение связано с перераспределением частиц и сокращением межчастичных пустот, что указывает на хорошую сжимаемость и структурную податливость сырья. Данный параметр имеет ключевое значение для равномерного распределения экстрагента в экстракторе: при умеренном уплотнении обеспечивается плотный, но проницаемый слой, способствующий интенсивной диффузии.

Насыщенная плотность до уплотнения равна 0,33 г/см³, а после уплотнения увеличивается до 0,43 г/см³. Несмотря на небольшой прирост в абсолютных единицах (0,10 г/см³), относительное увеличение плотности составляет около 30%, что указывает на оптимальную степень уплотнения без потери проницаемости. Подобное соотношение плотности и объёма является

показателем структурной стабильности растительного материала: он сохраняет пористость, необходимую для свободного прохождения растворителя, и в то же время формирует равномерную фильтрационную поверхность.

Сыпучесть — один из ключевых параметров технологической обработки растительного сырья. Для травы *Helianthus tuberosus* L. она составила 12,4 с, что соответствует хорошей текучести и равномерному истечению из стандартной лабораторной воронки. При этом скорость истечения равна 8,06 мл/с, что характеризует материал как технологически удобный для загрузки в экстрактор и равномерного распределения по поверхности фильтрационного слоя. Высокая сыпучесть обеспечивает однородность слоя, предотвращает образование агломератов и гарантирует стабильность процессов экстрагирования.

Коэффициент поглощения экстрагента, равный 1,8 мл/г, отражает способность растительного материала удерживать растворитель в межклеточных и капиллярных структурах. Это значение можно считать оптимальным: оно обеспечивает достаточное смачивание растительного материала без избыточного удержания жидкости, что важно для ускорения фильтрации и предотвращения образования застойных

зон. Таким образом, коэффициент поглощения характеризует баланс между сорбционными свойствами и фильтрационной способностью материала.

Для наглядного представления полученных данных построена сводная диаграмма (рис. 3), отражающая абсолютные и

относительные (процентные) значения всех исследованных параметров. За 100 % принят показатель насыщенного объема до уплотнения (75,8 мл). На каждой точке диаграммы указаны фактические числовые значения и их процентные эквиваленты по отношению к максимальному параметру.

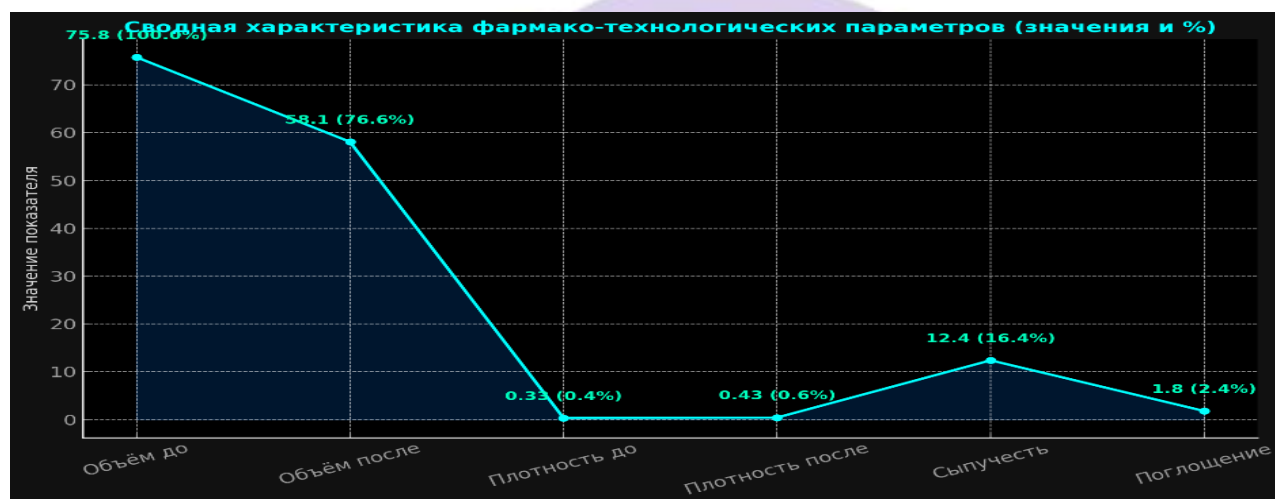


Рисунок 3 — Сводная характеристика фармако-технологических параметров травы *Helianthus tuberosus* L. (hi-tech стиль)

Из диаграммы видно, совокупная интерпретация всех параметров показывает, что структура измельченного растительного сырья обладает **оптимальным сочетанием пористости, плотности и текучести**, обеспечивает эффективное взаимодействие с экстрагентом и равномерное извлечение биологически активных веществ.

Обсуждение. Анализ данных (рис. 3) показывает, что показатель насыщенного объема до уплотнения (75,8 мл; 100 %) отражает высокую пористость и воздухопроницаемость частиц сырья. После уплотнения объем уменьшается до 58,1 мл ($\approx 77\%$), а плотность увеличивается с 0,33 до 0,43 г/см³, что соответствует $\approx 30\%$ приросту и свидетельствует о высокой сжимаемости материала.

Относительно низкие показатели сыпучести (12,4 с; $\approx 16\%$) и коэффициента поглощения (1,8 мл/г; $\approx 2,4\%$) демонстрируют технологическую устойчивость: материал равномерно распределяется в экстрак-

торе, не образует застойных зон и удерживает экстрагент в пределах, обеспечивающих полное смачивание и эффективное извлечение суммы флавоноидов.

Таким образом, полученные данные подтверждают оптимальные физико-технологические свойства измельченной травы *Helianthus tuberosus* L., обеспечивающие стабильность процессов экстрагирования, фильтрации и стандартизации готовых экстрактов.

Закключение. Проведенное исследование фармако-технологических характеристик измельченного растительного сырья травы *Helianthus tuberosus* L. позволило всесторонне оценить её физико-механические свойства и определить ключевые параметры, влияющие на технологический процесс получения экстрактов. Установлено, что исследуемое сырьё характеризуется высокой сыпучестью (12,4 с), умеренной плотностью (0,33–0,43 г/см³) и оптимальной способностью удерживать экстрагент (1,8 мл/г). Совокупность этих показателей

обеспечивает равномерное распределение частиц растительного материала в экстракторе, полное и стабильное смачивание поверхности сырья 70%-ным этанолом, а также эффективное извлечение биологически активных веществ, прежде всего флавоноидов.

Анализ соотношения между плотностью и насыщенным объёмом показал, что при умеренном уплотнении объём уменьшается на 23 %, а плотность увеличивается примерно на 30 %, что отражает высокую структурную устойчивость и технологическую гибкость растительного материала. Эти данные подтверждают, что трава *Helianthus tuberosus* L. способна сохранять оптимальный баланс между пористостью, плотностью и сорбционной ёмкостью, что является важным фактором при выборе рациональных параметров экстрагирования. Показатель сыпучести указывает на хорошую технологическую подвижность частиц, обеспечивающую равномерную загрузку сырья в экстрактор и минимизацию риска образования уплотнённых зон, препятствующих равномерному прохождению экстрагента.

В совокупности выявленные параметры демонстрируют, что данное расти-

тельное сырьё обладает высокой технологической пригодностью, что делает его перспективным объектом для получения стандартизированных лекарственных форм растительного происхождения. Полученные результаты имеют важное практическое значение: они могут быть использованы при разработке и оптимизации технологии получения сухих экстрактов, при стандартизации фармацевтического растительного сырья, а также при проектировании технологических схем экстрагирования и фильтрации, основанных на объективных физических характеристиках материала.

Таким образом, экспериментальные данные подтверждают, что трава *Helianthus tuberosus* L. является технологически ценным видом лекарственного растительного сырья, обладающим необходимыми параметрами для обеспечения стабильности и воспроизводимости технологического процесса. Результаты исследования создают основу для дальнейших научных работ, направленных на совершенствование методов извлечения биологически активных веществ, исследование влияния степени измельчения и природы экстрагента на эффективность экстрагирования, а также на изучение фармакологической активности полученных экстрактов.

Список литературы.

1. Халифаев, Д. Р. Биофармацевтические исследования таблеток на основе сухого экстракта клубней топинамбура / Д. Р. Халифаев, Р. Ш. Сафарзода, Ш. Б. Шарифзода // Фармация. – 2023. – Т. 72, № 3. – С. 30-34. – DOI 10.29296/25419218-2023-03-05. – EDN FFIZWX.
2. Разработка состава и способа получения гранул сухого концентрата клубней топинамбура / Ф. К. Раджабзода, Р. Ш. Сафарзода, Г. О. Раджабов [и др.] // Наука и инновация. – 2023. – № 4. – С. 115-121. – EDN GQUDOR.
3. Стандартизация ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ в ВИДЕ ОДНОДОЗОВЫХ ПАКЕТИКОВ-САШЕ, СОДЕРЖАЩИХ гранулы на основе концентрата клубней топинамбура / Ф. К. Раджабзода, Р. Ш. Сафарзода, Г. О. Раджабов [и др.] // Наука и инновация. – 2023. – № 4. – С. 90-93. – EDN KZJNSO.
4. Исследование химического состава флавоноидных соединений в траве топинамбура методом ВЭЖХ - МС / М. М. Эгамова, Р. Ш. Сафарзода, К. Р. Фаридуни [и др.] // Наука и инновация. – 2022. – № 3. – С. 152-161. – EDN OAAEXC.
5. Разработка технологии извлечения сока из свежих клубней топинамбура, произрастающего в Таджикистане / С. Д. Юсуфи, Ш. Б. Шарифзода, Р. Ш. Сафарзода [и др.] // Симург. – 2022. – № 13. – С. 140-143. – EDN EOROTL.
6. Chlorogenic and 1,5-Dicaffeoylquinic Acid-Rich Extract of Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) Exhibits Strong Antioxidant Activity and Weak Cytotoxicity / F. Sharopov, B. Wetterauer, M. Sobeh [et al.] // Pharmaceutical Chemistry Journal. – 2020. – Vol. 54, No. 7. – P. 745-754. – DOI 10.1007/s11094-020-02265-0. – EDN TUHPGU.