

УДК 615.322

## ПОДБОР УСЛОВИЙ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКА СУХОГО ЭКСТРАКТА ИЗ КОРНЕЙ ЦИКОРИЯ ОБЫКНОВЕННОГО

© А.С. Гуленков<sup>1\*</sup>, П.Г. Мизина<sup>1</sup>, К.Э. Петруленко<sup>2</sup>, М.Н. Анурова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, ул. Грина, 7/1, Москва, 117216, Россия, [gulenkovas@yandex.ru](mailto:gulenkovas@yandex.ru)

<sup>2</sup> Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, 8, Москва, 119991, Россия

**Введение.** Водорастворимые полисахариды корней цикория обыкновенного содержат высокие концентрации инулина – глюкофруктана, применяемого в качестве БАД для снижения уровня глюкозы в крови, профилактике сахарного диабета II типа. Однако в Российской Федерации производство инулина практически отсутствует. Потребность населения в инулине реализуется практически полностью за счет импорта, что создает предпосылки для разработки методики выделения и очистки водорастворимых полисахаридов, содержащих инулин из отечественного сырья, выращенного на территории Российской Федерации.

В научной литературе встречается широкое разнообразие технологий получения фруктозанов (инулина и др.) из различного растительного сырья. При этом анализ российских и иностранных публикаций показывает критический разброс подходов: условия экстракции (от 30 мин до 5 суток); множество способов очистки извлечения (уголь активированный, кальция карбонат, фосфорная кислота, аниониты, нанофильтрация и др.); осаждение инулина в спирте этиловом (соотношения вода:спирт от 1 : 1 до 1 : 5), при этом ряд работ показывает, что нужно использовать соотношения не менее 1 : 4. Многие исследования посвящены получению фруктозы, являющейся продуктом гидролиза фруктозанов, в связи с чем опыт данных исследований не может быть перенесен на технологию получения инулина без критического анализа.

В связи с чем цель исследования – оптимизировать параметры осаждения и очистки сухого экстракта из корней цикория обыкновенного, выращенного на территории Российской Федерации.

**Материалы и методы.** Экстракцию проводили из корней цикория обыкновенного при соотношении 1:10, сумму экстрактивных веществ, влажность сырья, фракционный состав, насыпную плотность, коэффициенты водопоглощения и набухания, а также математическую обработку данных определяли согласно общим фармакопейным статьям, количественное определение суммы фруктозанов в пересчете на инулин в жидком экстракте определяли спектрофотометрически с предварительным кислотным гидролизом, осаждение проводили 96% спиртом, полноту осаждения определяли гравиметрически, очистку проводили с помощью активированного угля. Полноту очистки подтверждали спектрофотометрически (УФ-ВИД).

**Результаты и обсуждение.** Установили, что двух экстракций достаточно для истощения сырья более чем на 90%. Определили, что осаждение при температуре (20±5) °С дает результаты, сопоставимые с иными температурными режимами ((-18±1) °С, (4±1) °С, (40±1) °С).

**Заключение.** Оптимальное количество циклов экстракции – 2, оптимальная температура при осаждении – (20±5) °С, использование активированного угля снижает общее число примесей в водном извлечении и повышает чистоту получаемого сухого экстракта до 91%.

**Ключевые слова:** биополимеры, водорастворимые полисахариды, инулин, цикорий обыкновенный, уголь активированный, сумма фруктозанов.

---

**Для цитирования:** Гуленков А.С., Мизина П.Г., Петруленко К.Э., Анурова М.Н. Подбор условий выделения и очистки сухого экстракта из корней цикория обыкновенного // Химия растительного сырья. 2025. №4. С. 367–376. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250416927>.

---

### Введение

Отсутствие промышленного производства пищевого и фармацевтического инулина в Российской Федерации является проблемой ситуацией, для решения которой необходимо разработать методы выделения

---

\* Автор, с которым следует вести переписку.

и очистки инулина из сырья российского производства [1]. Основным компонентом сухого экстракта водорастворимых полисахаридов корней цикория обыкновенного является инулин – высокомолекулярный водорастворимый глюкофруктозан, который не усваивается и не всасывается в тонкой кишке человека, но способствует размножению полезных бактерий, особенно бифидобактерий, в толстой кишке [2, 3]. Используется как биологически активная добавка к пище, снижает уровень глюкозы в крови, в связи с чем применяется для профилактики и поддерживающей терапии больных сахарным диабетом [2–4], поддерживает липидный гомеостаз, биодоступность минералов и оказывает иммуномодулирующий эффект, наряду со способностью улучшать реологические характеристики и питательные свойства пищевых продуктов, что позволяет отнести инулин к функциональным продуктам питания [3–7]. Однако для фармацевтического производства используется менее 1% производимого в мире инулина [8].

В промышленности инулин получают преимущественно из корней цикория обыкновенного, ввиду высокого (до 75% от суммы всех полисахаридов в сырье) содержания целевого продукта и удобной для обработки формы корнеплодов [2]. Однако помимо цикория для получения инулина можно использовать альтернативное сырье, также произрастающее на территории России: девясил высокий (до 51% содержание инулина), лопух большой (до 41%), одуванчик лекарственный (до 40%), топинамбур (до 18%) и агаву (до 8.5%) [3].

В научной литературе встречается широкое разнообразие подходов к температуре и времени экстракции, соотношению спирта этилового, используемого для осаждения инулина [9] и времени осаждения, а также его температуре. При этом одни авторы показывают, что добавление 1 части этанола к 1 части экстракта не приводит к осаждению инулина [9], однако ряд разработчиков пользуются такой пропорцией [10, 11].

Согласно данным Д.Н. Олейникова с соавт. [12], инулин, выделенный из корневищ и корней девясила высокого, полностью выпадает в осадок в водно-спиртовых смесях при концентрации спирта этилового более 80%, из чего следует, что необходимо использовать соотношение вода : спирт этиловый 96% как 1 : 5 и выше.

В обзоре методов получения инулина В.В. Лисового с соавт. [7] показана широта подходов к выделению, очистке и осаждению инулина. Интересным представляется разброс предлагаемых параметров. Так, например, Е.А. Струпан с соавт. [13] предлагают способ, включающий обработку измельченных корней одуванчика лекарственного водой в течение 3–5 суток, при этом авторы не указывают условия этой обработки, в связи с чем возникают вопросы по сохранности целевого продукта, который представляет собой питательную среду для микроорганизмов, способных активно размножаться в водной среде. В других же исследованиях [14–16] экстракцию проводят менее часа.

Изучение научной литературы и патентов однозначно показывает одно – отсутствие единства подходов к получению инулина из различного растительного сырья (табл. 1), а также неполная информация о выходе водорастворимых полисахаридов (инулина) из сырья (степень истощения сырья), а также чистоте получаемого продукта.

Таким образом, цель исследования – оптимизировать параметры осаждения и очистки сухого экстракта из корней цикория обыкновенного, оценить выход водорастворимых полисахаридов, а также их чистоту в пересчете на инулин, из сырья, выращенного на территории Российской Федерации.

## Материалы и методы

### Материалы:

- 1) растительное сырье корней цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.), сорт Ростовский, выращенное на опытном поле ФГБНУ ВИЛАР (дата сбора – 21.09.2022);
- 2) спирт этиловый, ректификованный из пищевого сырья 96.3% (Люкс, ГОСТ 5962-2013);
- 3) вода очищенная, полученная методом дистилляции с помощью лабораторного дистиллятора Тюмень-медико (Россия);
- 4) стандартный образец (далее – СО) инулина (Sigma-Aldrich, каталожный номер – I3754);
- 5) кислота хлористоводородная «ХЧ», (ГОСТ 3118-77 (ХИММЕД, Россия));
- 6) уголь кокосовый активированный КАУ-А (Хмельной Эксперт, Россия);
- 7) калия бромид, плавленный в муфельной печи СНОЛ 3/10 (ЗАО ИЭЦ ВНИИЭТО, Россия) при 800 °С.

### Методы

Фракционный состав исходного и измельченного сырья определяли на лабораторной мельнице ЛЗМ-1, (ООО «ОЛИС», Россия) до размера частиц, проходящего через сито 3 мм, определяли по ОФС.1.4.2.0032 «Ситовой анализ» на комплекте лабораторных сит (ООО «Крафт», Россия).

Таблица 1. Анализ подходов к получению инулина из различного растительного сырья

№	Растительное сырье	Параметры экстракции			Очистка			Параметры осаждения			Продукт		Источник, год
		гидро- дуль / кол- во экстрак- ций	t°, °C	t, ч	сорбент / реактив	t°, °C	t, ч	соотн. экс- тракт : спирт	t°, °C	t, ч	выход, %	чистота, %	
1	Топинамбур	1 : 6 3 <sup>^</sup> 1 : 4 / 4	70– 80	12. 3 <sup>^</sup> 0.67	CaCO <sub>3</sub>	80– 85	1	1 : 1	4	120	7.8	–	[11], 1996
2	Топинамбур	(0.6–0.8% p-p NaCl) / –	70– 90	0.67– 0.75	анио- нит ФАФ / АМ-п			1 : 2	хо- лод	6– 15	–	86	[16], 2001
3	Одуванчик лекарствен- ный	– / –	–	72– 120	–	–	–	–	-15	–	–	–	[13], 2009
4	1 – клубни топинамбура 2 – корне- плоды цико- рия 3 – луко- вицы чес- нока	1 : 2 / –	70– 75	0.5	0.1% SO <sub>2</sub> , CaCO <sub>3</sub> , Сактив	– – 70– 75	– – 0.3– 0.5	1 : 2	–	–	1 – 82% 2 – 18% 3 – 4.6%	–	[15], 2014
5	Цикорий вы- сокий, де- вясил	– / –	–	48–72	–	–	–	1 : 1	-16	–	25.7	–	[10], 2015
6	Цикорий обыкновен- ный	1 : 38 / –	61	1.45	–	–	–	–	–	–	32.53	–	[18], 2016
7	Цикорий обыкновен- ный	1 : 10–40 / –	60– 80	0.34– 1.00	лиофилизация						54.0	–	[14], 2021
8	Одуванчик лекарствен- ный	1 : 6 / 3	80	6	сгущение: 60– 70 °C, вакуум 0.04–0.08 МПа до 70% сухого остатка			1 : 4	–	8	30.0	81.60±2.42	[17], 2023

Коэффициент набухания устанавливался в соответствии с ОФС.1.5.3.0015 «Показатель набухания».

Коэффициент водопоглощения устанавливался в соответствии с ОФС.1.2.3.0012 «Определение коэффициента водопоглощения и расходного коэффициента лекарственного растительного сырья».

Определение влажности сырья проводили с использованием влагомера весового ML-50 (AND, Япония) инфракрасным термогравиметрическим (ИК ТГ) способом при температуре 105 °C в соответствии с ОФС.1.5.3.0007 «Определение влажности лекарственного растительного сырья».

Экстракция водорастворимых полисахаридов проводили по следующей методике: навеску сырья, измельченную до размера частиц, проходящих через ячейки с диаметром 3.0 мм, заливали водой очищенной в соотношении сырье : экстрагент 1 : 10 (с учетом коэффициента водопоглощения) и экстрагировали на водяной бане IKA WERKE HB4 Basic (IKA-Werke GmbH & Co. KG, Германия) при (60±4) °C с использованием верхнеприводной мешалки IKA RW 20 digital (IKA-Werke GmbH & Co. KG, Германия) при 250 об./мин в течение 15 мин. Извлечение отделяли от сырья через сито с диаметром ячеек 0.200 мм. Сырье экстрагировали аналогично еще 3 раза (до полного истощения по качественной реакции на фруктозаны).

Сумму экстрактивных веществ определяли в соответствии с ОФС.1.5.3.0006 «Определение содержания экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах» по методу 1.

Количественное содержание суммы фруктозанов в пересчете на стандартный образец инулина определяли на спектрофотометре Cary-100 (Agilent Technologies, США) в кварцевой кювете с толщиной слоя 10 мм с

предварительным гидролизом хлористоводородной кислотой 30%. Методика основана на получении реакционного продукта 5-гидроксиметилфурфурола, который поглощает в ультрафиолетовой области спектра с максимумом поглощения при длине волны (285±2) нм. В качестве раствора сравнения использовали хлористоводородную кислоту 30% [19]. Схожий метод используется в ГФ РФ XIV издания для определения суммы фруктозанов в сырье девясила высокого (ФС.2.5.0070.18) и лопуха большого (ФС.2.5.0025.15). Методика была разработана и валидирована в ФГБНУ ВИЛАР (протокол валидации – №М-04868244-100-2023) (табл. 2).

*Осаждение водорастворимых полисахаридов* проводили спиртом 96% при соотношении экстракт : спирт – 1 : 5.

*Фильтрацию* раствора от осадка проводили под вакуумом через фильтр «синяя лента» с диаметром пор 2–3 мкм (ООО «МЕЛИОР ХХI», Россия).

*Определение полноты осаждения:* водный экстракт корней цикория обыкновенного добавляли в спирт этиловый 96% в соотношении 1 : 5 и выдерживали в течение 30 мин при различных температурах. Фильтровали осадок инулина через фильтры, предварительно высушенные при температуре 105 °С и взвешенные с точностью до 0.0001 г на аналитических весах Vibra HRT-220CE (Shinco Electronics Group Co., Китай). После осаждения фильтр с осадком повторно высушили при температуре 105 °С до постоянной массы и взвешивали на аналитических весах.

Полноту осаждения (ПО) рассчитывали по формуле (1):

$$ПО, \% = \frac{(m_{\text{после}} - m_{\text{до}}) \cdot 100 \cdot 100 \cdot V_{\text{извлечения}}}{a \cdot m_{\text{сырья}} \cdot (100 - W_{\%}) \cdot СЭВ_{\%}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $m_{\text{до}}$  – масса высушенного при 105 °С фильтра до фильтрации, г;  $m_{\text{после}}$  – масса высушенного при 105 °С фильтра с осадком, г;  $V_{\text{извлечения}}$  – объем полученного извлечения из сырья, мл;  $a$  – аликвота извлечения, из которой осаждали ВРПС, мл;  $m_{\text{сырья}}$  – масса взятого для экстракции сырья, г;  $W_{\%}$  – влажность взятого для экстракции сырья, %; СЭВ – сумма экстрактивных веществ, %.

*Насыпную плотность* исходного и измельченного сырья определяли по ОФС.1.4.2.0016 «Степень сыпучести порошков».

*ИК-спектрометрию* очищенного сухого экстракта проводили с использованием ИК-Фурье спектрометра IRAffinity-1S (Shimadzu, Япония). Таблетки образца с калия бромидом готовили на ручном гидравлическом прессе ПГР-400 (ООО «Инфраспек», Россия) путем прессования смеси 10.0 мг сухого экстракта инулина и 290.0 мг порошка калия бромида при усилии в 7.8 т.

*Измельчение активированного угля* проводили с использованием лабораторной мельницы с последующим фракционированием частиц на комплекте лабораторных сит с диаметром отверстий 1, 0.5, 0.315, 0.2, 0.1, 0.05 мм.

*Очистку жидкого экстракта* проводили путем добавления угля кокосового активированного различной фракции. Масса угля составляла 10% от значения объема раствора. Перемешивание осуществляли с помощью магнитной мешалки IKA C-MAG HS4 digital (IKA-Werke GmbH & Co. KG, Германия) с термощупом для контроля температуры в пределах (60±2) °С в течение 30 мин.

*Центрифугирование очищенного раствора* проводили на лабораторной медицинской центрифуге ОПН-8 с ротором РУ 8\*10 (ОАО ТНК «Дастан», Россия) при 8000 об./мин в течение 5 мин.

*Расчет площади под кривой (AUC)* спектров поглощения водных экстрактов корней цикория обыкновенного до и после очистки углем осуществляли по формуле (2):

$$AUC = \sum \left( \frac{A_i + A_{i+1}}{2} \cdot (\lambda_i - \lambda_{i+1}) \right), \quad (2)$$

где  $A$  – значение абсорбции;  $\lambda$  – длина волны, нм.

Таблица 2. Параметры валидации методики количественного определения суммы фруктозанов в сырье корней цикория обыкновенного

n	f	$\bar{x}$ , %	S	$S_{\bar{x}}$	$P_2$ , %	t( $P_2$ , f)	$\Delta x$	$\Delta \bar{x}$	$\bar{e}$ , %
6	5	60.92	0.93	0.38	95.0	2.57	2.39	0.97	1.60

Математическую обработку данных проводили в соответствии с ОФС.1.1.0013 «Статистическая обработка результатов физических, физико-химических и химических испытаний» с помощью программы MS Excel 2016.

### Результаты и обсуждение

Технологические показатели сырья корней цикория обыкновенного представлены в таблице 3.

Результаты определения суммы экстрактивных веществ по результатам четырех экстракций и значения количественного определения суммы фруктозанов в пересчете на инулин в каждой экстракции представлены на рисунке 1.

Установили, что при извлечении водорастворимых полисахаридов (далее ВРПС) проведение первых двух экстракций обеспечивает истощение сырья более чем на 90% (в пересчете на содержание суммы экстрактивных веществ и суммы фруктозанов в абсолютно сухом сырье, таблица 3), в связи с чем проведение третьей и четвертой экстракций не оказывает значимого влияния на экстракцию инулина из сырья и является экономически не целесообразным.

При этом суммарно удастся экстрагировать (за две экстракции) 75.44% экстрактивных веществ и 65.22% суммы фруктозанов в пересчете на инулин (в абсолютно сухом сырье) (рис. 1), что совпадает с данными обзора Э.Р. Сербаева с соавт. [3], но не совпадает с данными Y.O. Zargoug с соавт. [18], в исследовании которых использовали сырье цикория обыкновенного, выращенного в Тунисской Республике. Одним из объяснений полученных данных может быть более высокая продуктивность российского сорта «Ростовский», однако такое сравнение не было целью данного исследования.

Исследовали влияние температуры на осаждение ВРПС из водного извлечения (рис. 2).

Установили, что при осаждении ВРПС из водного извлечения при комнатной температура ( $20 \pm 5$ ) °C выход составляет 48.2% продукта по массе (от СЭВ) с содержанием суммы фруктозанов в пересчете на стандартный образец инулина – ( $82.0 \pm 1.8$ )%. При широко используемом в литературе способе осаждения при выдерживании в морозильной камере (температура -18 °C) [9, 12] удалось получить только 21.74% продукта по массе (от СЭВ) с чистотой ( $76.9 \pm 2.4$ )%. Другие использованные температурные режимы не дали продукта с большим выходом или чистотой продукта, в связи с чем для дальнейшей оптимизации использовали осаждение при комнатной ( $(20 \pm 5)$  °C) температуре.

Полученные данные коррелируют с результатами исследования К.Н. Нуридуллаева с соавт. [17], где получили ( $81.60 \pm 2.42$ )% чистоты инулин из корней одуванчика лекарственного по схожей методике.

Для очистки ВРПС использовали активированный уголь, широко применяемый в литературе. Предварительную полноту очистки оценивали путем сравнения площади под кривой (AUC) спектра поглощения (УФ-ВИД) исходного водного извлечения и после очистки (рис. 3), поскольку ВРПС не обладают поглощением при использованных длинах волн (200–450 нм).

Таблица 3. Технологические показатели сырья корней цикория обыкновенного

Показатели	Исходное сырье	Измельченное сырье
Насыпная плотность, г/мл	$0.303 \pm 0.006$	$0.595 \pm 0.005$
Коэффициент водопоглощения	—*	$1.36 \pm 0.05$
Коэффициент набухания	—*	$4.73 \pm 0.04$
Влажность, %	$7.7 \pm 0.2$	$7.9 \pm 0.2$
Сумма экстрактивных веществ, %	—	$82.09 \pm 3.52$
Содержание суммы фруктозанов в пересчете на СО инулин, %	—	$72.31 \pm 1.22$
Фракционный состав:		
>10.0 мм	$52.3 \pm 9.2$	—
>7.0 мм	$8.1 \pm 2.3$	—
>5.0 мм	$22.5 \pm 4.7$	—
>3.0 мм	$14.8 \pm 3.1$	—
>1.0 мм	$1.2 \pm 0.2$	$49.6 \pm 2.4$
>0.5 мм	$0.6 \pm 0.0$	$23.0 \pm 2.1$
>0.2 мм	$0.2 \pm 0.0$	$14.9 \pm 1.3$
<0.2 мм	$0.3 \pm 0.0$	$12.5 \pm 0.8$

\*не измеряли, поскольку данное сырье не соответствует технологическим параметрам для получения сухого экстракта.

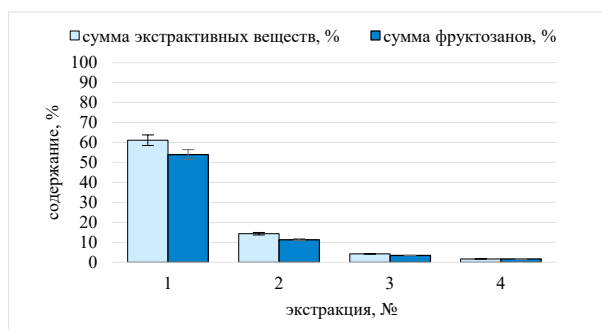


Рис. 1. Сумма экстрактивных веществ по экстракциям и содержание суммы фруктозанов в пересчете на инулин в абсолютно сухом сырье, %

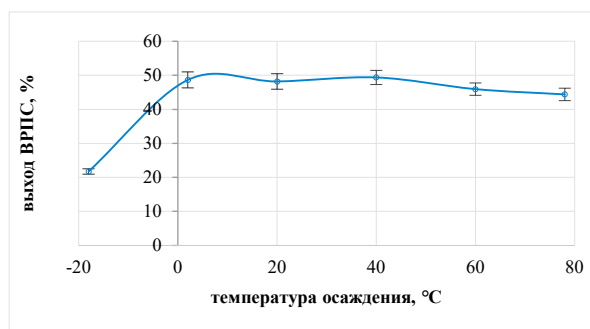


Рис. 2. Зависимость выхода ВРПС от температуры осаждения, %

Установили прямую зависимость между снижением AUC спектра и уменьшением размера частиц угля активированного (количество угля не меняли). Вероятно, это связано с тем, что измельчение угля привело к повышению площади поверхности контакта жидкого экстракта с сорбентом, который смог более эффективно поглотить примеси, что позволило получить продукт с меньшим количеством примесей.

Установили, что применение угля активированного с размером частиц менее 50 мкм позволяет очистить водный экстракт корней цикория обыкновенного от примесей (AUC снижается в 28.8 раза).

Очищенный водный экстракт обработали спиртом этиловым 96% для осаждения ВРПС и определения степени чистоты продукта. После фильтрования, сушки и измельчения получили сухой экстракт белого цвета с содержанием суммы фруктозанов в пересчете на СО инулина ( $91.3 \pm 1.5$ %). Таким образом, очистка с использованием угля активированного (фракция менее 50 мкм) позволила повысить чистоту продукта на 9.3%.

Сравнили ИК-спектры полученных сухих экстрактов до и после очистки с ИК-спектром стандартного образца инулина (рис. 4).

Провели сравнение максимумом поглощения изученных образцов с литературными данными (табл. 4).

По полученным максимумам поглощения изученных образцов, учитывая, что они совпадают с литературными данными по инулину из корней цикория [14] и топинамбура [20], можно предположить, что основным компонентом полученного сухого экстракта ВРПС корней цикория обыкновенного является инулин.

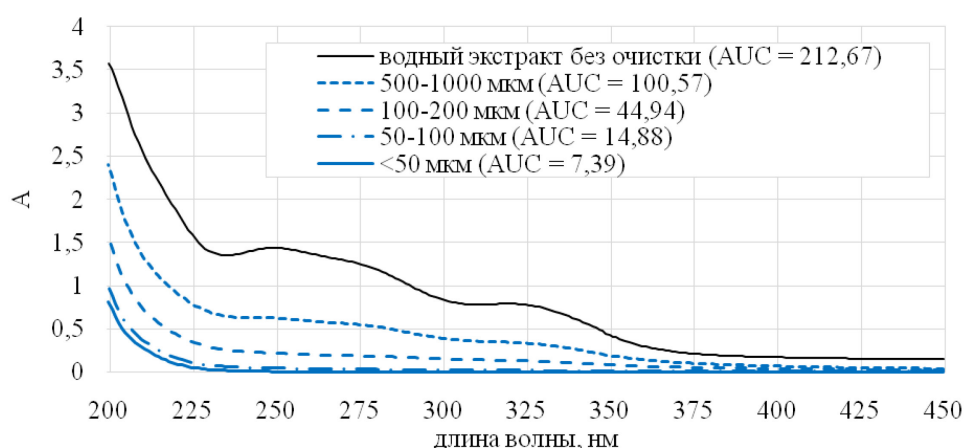


Рис. 3. Спектры поглощения исходного водного извлечения корней цикория обыкновенного (без очистки) и очищенного извлечения углем активированным с различным фракционным размером

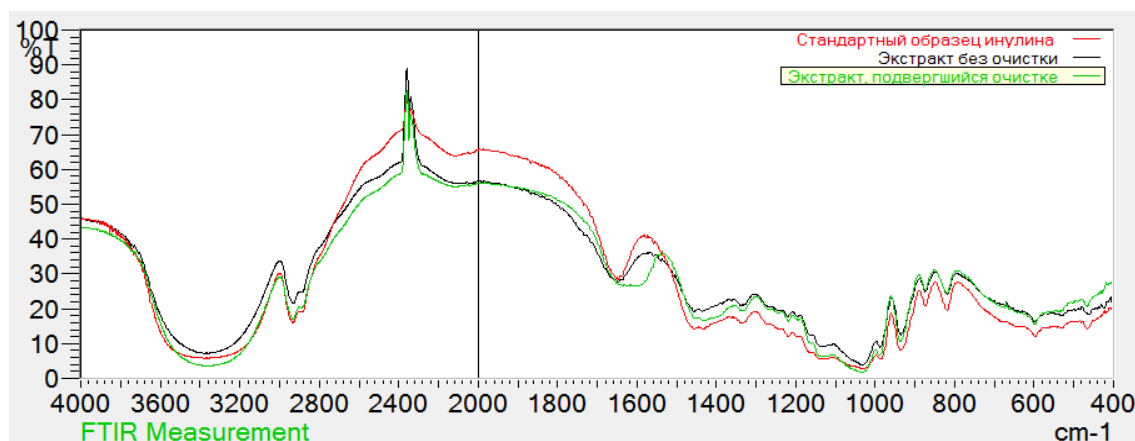


Рис. 4. ИК-спектры поглощения СО инулина (красный), сухого экстракта (82% суммы фруктозанов в пересчете на инулин, черный), очищенного сухого экстракта (91% суммы фруктозанов в пересчете на инулин, зеленый)

Таблица 4. Максимумы поглощения образцов в ИК-области

Инулин из топинамбура [20]	Максимумы поглощения, см <sup>-1</sup>			Пояснение [12]
	СО	82%	91%	
3376	3373	3374	3373	валентные колебания О-Н, водородные связи асимметричное валентное С-Н (-CH <sub>2</sub> )
2935	2931	2931	2931	
1647	1647	1647	1647	поглощение H <sub>2</sub> O
1340, 1335	1338, 1330	1338, 1330	1338, 1330	О-Н деформационные (-ОН)
1245	1242	1244	1244	О-Н деформационные (-ОН)
1031	1031	1033	1033	валентные колебания С-О (С-О)
986	987	987	987	валентные колебания С-О (С-О)
937	935	935	935	остаток сахарозы в цепи
871	873	873	873	-CH <sub>2</sub> в кольце
818	819	819	819	2-кетоза (пиранозильное или фуранозильное кольцо)

### Заключение

Показано, что проведению двух последовательных экстракций при соотношении сырье : экстрагент 1 : 10 при (60±4) °С при 250 об./мин в течение 15 мин позволяет истощить сырье корней цикория обыкновенного более чем на 90%, что позволяет существенно снизить временные затраты на процесс экстракции и не проводить процесс в течение 3–5 суток, а также отказаться от сложных и дорогостоящих методов интенсификации экстракции (ультразвуковая, противоточная экстракция и др.)

Наиболее рационально проводить осаждение ВРПС из водного извлечения корней цикория обыкновенного при (20±5) °С, при которой удастся получить 48.2% продукта по массе (от суммы экстрактивных веществ) с чистотой (82.0±1.8)%. Другие температурные режимы не обеспечили более высокого выхода продукта (или повышения чистоты продукта), что позволяет снизить затраты на электроэнергию за счет исключения из технологии получения инулина холодильные установки.

Очистка водного извлечения корней цикория обыкновенного углем активированным позволила практически полностью освободить продукт от примесей, обладающих поглощением в УФ-ВИД области (снижение АУС в 28.8 раз). Получили белый порошок ВРПС с содержанием суммы фруктозанов в пересчете на инулин более 91%.

Подлинность полученного продукта подтвердили ИК-спектроскопией по совпадению максимумов поглощения экспериментальных образцов с максимумами стандартного образца (Sigma-Aldrich) и литературными данными.

Полученные данные будут использованы в дальнейшей оптимизации технологии получения инулина из других видов растительного сырья, изучении его фармацевтико-технологических параметров и поиску новых направлений его применения в фармацевтической технологии.

**Финансирование**

Работа выполнена в рамках темы FGUU-2022-0011 (ФГБНУ ВИЛАР). Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

**Конфликт интересов**

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

**Открытый доступ**

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

**Список литературы**

1. Бызов В.А. Системный анализ состояния и перспективы развития производства инулина (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, №6. С. 757–776. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.757-776>.
2. Митрофанова И.Ю., Яницкая А.В., Шуленина Ю.С. Перспективы применения инулина в медицинской и фармацевтической практике // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, №2. С. 45–46.
3. Сербасева Э.Р., Якупова А.Б., Фархутдинова К.А. и др. Инулин: природные источники, особенности метаболизма в растениях и практическое применение // Биомика. 2020. Т. 12, №1. С. 57–79. <https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmcs.2020-5>.
4. Kishan C.S., Akhila A.R., Sahoo Subhasree et.al. A comprehensive review on pharmaceutical and nutritional applications of inulin // Int. J. Appl. Pharm. 2021. Vol. 13. Pp. 30–38. <https://doi.org/10.22159/ijap.2021v13i3.40863>.
5. Хмелевская А.В., Караева И.Т. Инулинсодержащие растения-сырье для получения функциональных ингредиентов // Актуальные проблемы экологии и сохранения биоразнообразия России и сопредельных стран. 2014. С. 251–255.
6. El-Kholy W.M., Aamer R.A., Ali A.N.A. Utilization of inulin extracted from chicory (*Cichorium intybus* L.) roots to improve the properties of low-fat synbiotic yoghurt // Annals of Agricultural Sciences. 2020. Vol. 65, no. 1. Pp. 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.02.002>.
7. Лисовой В.В., Першакова Т.В., Купин А.Г. и др. Современные способы производства инулина из растительного сырья // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. №118. С. 1363–1376.
8. Кайшев В.Г. и др. Рынок инулина в России: возможности развития сырьевой базы и необходимые ресурсы для создания современного отечественного производства // Пищевая промышленность. 2018. №5. С. 8–17.
9. Ku Y. et al. Precipitation of inulins and oligoglucoses by ethanol and other solvents // Food chemistry. 2003. Vol. 81, no. 1. Pp. 125–132. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00393-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00393-X).
10. Патент №2619758 (РФ). Способ получения инулина из смеси дикорастущих растений / А.С. Хамицаева, Ф.И. Будаев, Б.Б. Бритаев и др. – 18.05.2017.
11. Патент №2131252 (РФ). Способ получения инулина из клубней топинамбура для медицинских и пищевых целей (варианты) / И.И. Самокиш, Н.С. Зялицева, В.А. Компанцев. – 10.06.1999.
12. Оленников Д.Н. и др. Исследование колориметрической реакции инулина с резорцином в зависимости от условий ее проведения // Химия растительного сырья. 2008. №1. С. 88–95.
13. Патент №2351166 (РФ). Способ получения инулина из одуванчика лекарственного / Е.А. Струпан, О.А. Струпан. – 10.04.2009.
14. Redondo-Cuenca A. et al. Inulin extraction from common inulin-containing plant sources // Industrial Crops and Products. 2021. Vol. 170. 113726. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113726>.
15. Манукян Л.С. и др. Выделение инулина из различного растительного сырья // Биологический журнал Армении. 2014. Т. 66, №4. С. 71–75.
16. Патент №2175239 (РФ). Способ получения инулина и других фруктаносодержащих продуктов из топинамбура и другого инулинсодержащего сырья / Л.А. Аравина, Г.Б. Городецкий, Н.Я. Иванова. – 27.10.2001.
17. Нуридуллаева К.Н., Кариева Ё.С., Халилов Р.М. Разработка промышленной технологии производства инулина из корней одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) // Химико-фармацевтический журнал. 2023. Т. 57, №8. С. 67–72. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2023-57-8-67-72>.
18. Zarroug Y.O. et al. Biochemical characterization of tunisian *Cichorium intybus* L. roots and optimization of ultrasonic inulin extraction // Mediterranean Journal of Chemistry. 2016. Vol. 6, no. 1. Pp. 674–685.
19. Копытько Я.Ф. Количественное определение суммы углеводов в пересчете на фруктозу в соке лопуха после конверсии в фураны // Химико-фармацевтический журнал. 2017. Т. 51, №4. С. 38–40.
20. Petkova N., Gencheva G., Vassilev D.S. et al. Microwave-assisted isolation and acetylation of inulin from *Helianthus tuberosus* L. tubers // Journal of Renewable Materials. 2018. Vol. 6, no. 7. Pp. 671–679. <https://doi.org/10.32604/JRM.2018.00001>.

Поступила в редакцию 19 февраля 2025 г.

После переработки 18 августа 2025 г.

Принята к публикации 23 сентября 2025 г.



Gulenkova A.S.<sup>1\*</sup>, Mizina P.G.<sup>1</sup>, Petrulenko K.E.<sup>2</sup>, Anurova M.N.<sup>2</sup> ISOLATION AND PURIFICATION OF DRY EXTRACT FROM CHICORY ROOTS<sup>1</sup> All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, st. Grina, 7/1, Moscow, 117216, Russia, gulenkova@yandex.ru<sup>2</sup> First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (Sechenov University), st. Trubetskaya, 8, Moscow, 119991, Russia

**Introduction.** Water-soluble polysaccharides of chicory roots contain a lot of inulin – glucofructan, used as a dietary supplement to reduce blood glucose levels, prevent type II diabetes. However, in the Russian Federation there is no production of inulin. The population's need for inulin is almost entirely met through imports. This creates the need to develop a method for isolating and purifying water-soluble polysaccharides containing inulin from raw materials grown in the Russian Federation.

There are many technologies for obtaining fructosans (inulin, etc.) from plant materials in scientific literature. An analysis of Russian and foreign publications shows a wide range of methods: extraction (from 30 minutes to 5 days); various purification methods (activated carbon, calcium carbonate, phosphoric acid, anion exchangers, nanofiltration, etc.); precipitation of inulin in ethyl alcohol (water:alcohol ratios from 1:1 to 1:5), although other studies show that ratios of at least 1:4 should be used. Many studies are devoted to obtaining fructose, which is a product of fructosans hydrolysis, which is why the methods from these studies cannot be transferred to the technology for obtaining pharmaceutical inulin.

**Aim.** optimize the parameters of precipitation and purification of dry extract from chicory roots grown in the Russian Federation.

**Materials and methods.** Extraction was carried out from chicory roots at a ratio of 1:10, the sum of extractive substances, loss on drying, fractional composition, bulk density, water absorption and swelling coefficients, as well as mathematical data processing were determined according to the general pharmacopoeial articles of the state pharmacopoeia of the Russian Federation, 15th edition. Quantitative determination of the sum of fructosans in the liquid extract was determined spectrophotometrically with preliminary acid hydrolysis. Precipitation was carried out with 96% alcohol, the completeness of precipitation was determined gravimetrically, purification was carried out using activated carbon. Purity was confirmed spectrophotometrically.

**Results and discussion.** To deplete the raw material by more than 90%, only two extractions are required. It was determined that precipitation at a temperature of (20±5) °C yields results comparable to other temperature regimes ((-18±1) °C, (4±1) °C, (40±1) °C).

**Conclusion.** It is optimal to extract chicory roots with purified water no more than twice. Precipitation of water-soluble polysaccharides from the aqueous extract is optimally carried out at a temperature of (20±5) °C. The obtained dry extract was purified with activated carbon. The purity of the extract was 91%.

**Keywords:** biopolymers, water-soluble polysaccharides, inulin, Cichorium intybus, activated carbon, sum of fructosans.

**For citing:** Gulenkova A.S., Mizina P.G., Petrulenko K.E., Anurova M.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 4, pp. 367–376. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250416927>.

## References

1. Byzov V.A. *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka*, 2022, vol. 23, no. 6, pp. 757–776. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.757-776>. (in Russ.).
2. Mitrofanova I.Yu., Yanitskaya A.V., Shulenina Yu.S. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*, 2012, vol. 19, no. 2, pp. 45–46. (in Russ.).
3. Serbayeva E.R., Yakupova A.B., Farkhutdinova K.A. i dr. *Biomika*, 2020, vol. 12, no. 1, pp. 57–79. <https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmc.2020-5>. (in Russ.).
4. Kishan C.S., Akhila A.R., Sahoo Subhasree et. al. *Int. J. Appl. Pharm.*, 2021, vol. 13, pp. 30–38. <https://doi.org/10.22159/ijap.2021v13i3.40863>.
5. Khmelevskaya A.V., Karayeva I.T. *Aktual'nyye problemy ekologii i sokhraneniya bioraznoobraziya Rossii i soprodel'nykh stran*, 2014, pp. 251–255. (in Russ.).
6. El-Kholy W.M., Aamer R.A., Ali A.N.A. *Annals of Agricultural Sciences*, 2020, vol. 65, no. 1, pp. 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.aas.2020.02.002>.
7. Lisovoy V.V., Pershakova T.V., Kupin A.G. i dr. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, no. 118, pp. 1363–1376. (in Russ.).
8. Kayshev V.G. i dr. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2018, no. 5, pp. 8–17. (in Russ.).
9. Ku Y. et al. *Food chemistry*, 2003, vol. 81, no. 1, pp. 125–132. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00393-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00393-X).
10. Patent 2619758 (RU). 18.05.2017. (in Russ.).
11. Patent 2131252 (RU). 10.06.1999. (in Russ.).
12. Olennikov D.N. i dr. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 1, pp. 88–95. (in Russ.).
13. Patent 2351166 (RU). 10.04.2009. (in Russ.).
14. Redondo-Cuenca A. et al. *Industrial Crops and Products*, 2021, vol. 170, 113726. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113726>.
15. Manukyan L.S. i dr. *Biologicheskii zhurnal Armenii*, 2014, vol. 66, no. 4, pp. 71–75. (in Russ.).
16. Patent 2175239 (RU). 27.10.2001. (in Russ.).
17. Nuridullayeva K.N., Kariyeva O.S., Khalilov R.M. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2023, vol. 57, no. 8, pp. 67–72. <https://doi.org/10.30906/0023-1134-2023-57-8-67-72>. (in Russ.).
18. Zarroug Y.O. et al. *Mediterranean Journal of Chemistry*, 2016, vol. 6, no. 1, pp. 674–685.

\* Corresponding author.

19. Kopyt'ko Ya.F. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2017, vol. 51, no. 4, pp. 38–40. (in Russ.).
20. Petkova N., Gencheva G., Vassilev D.S. et al. *Journal of Renewable Materials*, 2018, vol. 6, no. 7, pp. 671–679. <https://doi.org/10.32604/JRM.2018.00001>.

*Received February 19, 2025*

*Revised August 18, 2025*

*Accepted September 23, 2025*

#### **Сведения об авторах**

*Гуленков Александр Сергеевич* – ведущий научный сотрудник отдела химии и технологии природных соединений, [gulenkovas@yandex.ru](mailto:gulenkovas@yandex.ru)

*Мизина Прасковья Георгиевна* – советник директора, [vilarnii@mail.ru](mailto:vilarnii@mail.ru)

*Петруленко Кирилл Эдуардович* – аспирант, [kirillpheng@gmail.com](mailto:kirillpheng@gmail.com)

*Анурова Мария Николаевна* – доцент кафедры фармацевтической технологии, [amn25@yandex.ru](mailto:amn25@yandex.ru)

#### **Information about authors**

*Gulenkoy Alexander Sergeevich* – Leading Researcher, Department of Chemistry and Technology of Natural Compounds, [gulenkovas@yandex.ru](mailto:gulenkovas@yandex.ru)

*Mizina Praskovya Georgievna* – Advisor to the Director, [vilarnii@mail.ru](mailto:vilarnii@mail.ru)

*Petrulenko Kirill Eduardovich* – Graduate Student, [kirillpheng@gmail.com](mailto:kirillpheng@gmail.com)

*Anurova Maria Nikolaevna* – Associate Professor, Department of Pharmaceutical Technology, [amn25@yandex.ru](mailto:amn25@yandex.ru)