



Научная статья

4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)

УДК 664 :663.03; 66.083

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.03.004



ФЛЮИДНАЯ ЭКСТРАКЦИЯ КАК СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ, ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Лариса Алексеевна Рябоконева ¹, Лариса Викторовна Пермякова ²,
Ирина Юрьевна Сергеева, ³ Александр Сергеевич Марков ⁴

^{1, 2, 3, 4} Кемеровский государственный университет, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6, Россия

¹Lara.ryabokoneva22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3282-9326>

²delf-5@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1996-8903>

³sergeeva.76@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1686-0131>

⁴asm041@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3648-7557>

Аннотация. Сверхкритическая флюидная экстракция среди других видов извлечения целевых компонентов из растительного сырья является наиболее рациональным и экономически эффективным способом, что обуславливает ее применение в последние годы. На примере лекарственно-технического сырья, такого как *Taraxacum officinale* W. и *Trifolium pratense* L., исследован процесс экстрагирования биологически активных веществ в зависимости от давления диоксида углерода, а также определен компонентный состав полученных фракций спектрофотометрическим методом. Установлено увеличение выхода экстрактов с ростом давления в рабочей колонке (в диапазоне от 8.1 до 20.1 МПа). Максимальный суммарный выход экстракта для *Taraxacum officinale* W. (1.8 г/100 г сухих веществ) и *Trifolium pratense* L. (3.5 г/100 г сухих веществ) наблюдался при давлении соответственно 20.1 и 15.1 МПа. Изменение рабочего давления отразилось на консистенции экстрактов, перешедших из жидкого в воскообразное состояние, что связано с большим количеством извлеченных тугоплавких компонентов, предположительно восков. В спектрограммах отдельных фракций обнаружены различные вещества полифенольного ряда. Для экстракта *Taraxacum officinale* W. установлено присутствие каftarовой кислоты, хлорогеновой кислоты и производных форм цинарода, в экстракте *Trifolium pratense* L. отмечено наличие представителей группы изофлавоноидов (генистеина и опонина). Наличие во флюидных экстрактах *Taraxacum officinale* W. и *Trifolium pratense* L. биологически активных соединений позволяет использовать их в производстве функциональных продуктов и в качестве природных активаторов роста и биосинтеза целевых компонентов дрожжевой культуры.

Ключевые слова: флюидная экстракция, *Taraxacum officinale* W., *Trifolium pratense* L., биологически активные вещества, фракционирование.

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00134, <https://rscf.ru/project/24-26-00134/>.

Для цитирования: Рябоконева Л. А., Пермякова Л. В., Сергеева И. Ю., Марков А. С. Флюидная экстракция как способ выделения, фракционирования биологически активных веществ // Ползуновский вестник. 2025. № 3, С. 24–30. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.03.004. EDN: <https://elibrary.ru/MLZDFM>.

Original article

FLUID EXTRACTION AS A METHOD FOR ISOLATING AND FRACTIONATING BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

Larisa A. Ryabokoneva ¹, Larisa V. Permyakova ²,
Irina Y. Sergeeva ³, Aleksandr S. Markov ⁴

^{1, 2, 3, 4} Kemerovo State University, 650000, Kemerovo, Krasnaya St., 6, Russia

¹Lara.ryabokoneva22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3282-9326>

²delf-5@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1996-8903>

³sergeeva.76@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1686-0131>

⁴asm041@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3648-7557>

Abstract. Supercritical fluid extraction is the most rational and cost-effective method among other methods of extracting target components from plant raw materials, which has led to its widespread use in recent years. Using medicinal and technical raw materials such as *Taraxacum officinale* W. and *Trifolium pratense* L. as an example, the process of extracting biologically active substances was studied depending on the carbon dioxide pressure, and the component composition of the fractions obtained was determined using the spectrophotometric

© Рябоконева Л. А., Пермякова Л. В., Сергеева И. Ю., Марков А. С., 2025

ФЛЮИДНАЯ ЭКСТРАКЦИЯ КАК СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ, ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

method. It was found the yield of extracts increased with increasing pressure in the working column (in the range from 8.1 to 20.1 MPa). The maximum total yield of the extract for *Taraxacum officinale* W. (1.8 g/100 g dry substances) and *Trifolium pratense* L. (3.5 g/100 g dry substances) was observed at a pressure of 20.1 and 15.1 MPa, respectively. The change in working pressure affected the consistency of the extracts, which changed from a liquid to a waxy state, which is associated with a large number of extracted refractory components, presumably waxes. In the spectrograms of individual fractions, various substances of the polyphenol series were found. The presence of caftaric acid, chlorogenic acid and derivatives of cinarod was established for the *Taraxacum officinale* W. extract, and the presence of representatives of the isoflavonoid group (genistein and ononin) was noted in the *Trifolium pratense* L. extract. The presence of biologically active compounds in the fluid extracts of *Taraxacum officinale* W. and *Trifolium pratense* L. allows them to be used in the production of functional products and as natural activators of growth and biosynthesis of target components of yeast culture.

Keywords: fluid extraction, *Taraxacum officinale* W., *Trifolium pratense* L., biologically active substances, fractionation.

Acknowledgements: The study was supported by a grant. Russian Science Foundation. <https://rscf.ru/en/project/24-26-00134/>.

For citation: Ryabokoneva, L.A., Permyakova, L.V., Sergeeva, I.Y. & Markov, A.S. (2025). Fluid extraction as a method for isolating and fractionating biologically active substances. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 24-30. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.03.004. EDN: <https://elibrary.ru/MLZDFM>.

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние рынка пищевой продукции ставит перед производителями ряд специфических задач, решение которых позволяет оставаться интересным и конкурентоспособным для конечного потребителя. Текущие тенденции отрасли направлены на повышение эффективности используемого сырья, технологических процессов, а также расширение ассортиментной матрицы за счет производства обогащённой продукции [1]. В качестве функциональных добавок чаще всего выступают биологически активные вещества (БАВ), выделяемые из растительного сырья [2]. Растительное сырьё разнообразно по своему химическому составу и практически неисчерпаемо по наличию ценных биологических компонентов. Целевые вещества в основном извлекают различными технологиями экстрагирования. Среди современных методов выделяется своей рациональностью и экономичностью флюидная экстракция.

Особенностью данной технологии является использование растворителя в газообразном состоянии, с величиной давления и температурой выше критической точки, установленной для конкретной жидкости или газа. В этом состоянии вещество расширяется, занимая весь предоставленный объём подобно газу, но в то же время имеет высокую плотность, как у жидкости [1, 2]. Углекислый газ достигает аналогичного состояния при температуре 31.1 °C и давлении 7.39 МПа [2]. Качество, состав растительного экстракта можно регулировать за счет разделения его на фракции в соответствии с их физико-химическими характеристиками. Особенности количественно-качественного состава фракций обычно основаны на свойствах растворителя, которые регулируются путем изменения давления экстракции [3]. Уникальные особенности углекислого газа в сверхкритическом состоянии делают возможными его применение в различных отраслях промышленности: нефтехимической, пищевой, парфюмерной, фармацевтической и других [2]. Доминирующим технологическим преимуществом флюидной экстракции является наиболее полное извлечение репрезентативных веществ сырья и возможность фракционирования полученных экстрактов по целевому компоненту [4, 5].

Биологически активные компоненты сырья, с одной стороны, могут обуславливать функциональную направленность пищевых продуктов, включая напитки.

Другой аспект применения БАВ в биотехнологии продуктов брожения – стимулирование или подавление жизнедеятельности микроорганизмов как осуществляющих ферментацию среды, так и посторонних [5, 6]. С учетом этого интерес представляет растительное сырьё, относящееся к пряно-ароматическому и лекарственно-техническому. В частности, в первой группе сырья можно выделить *Zingiber officinale* (имбирь лекарственный, или имбирь обыкновенный) и *Coriandrum sativum* (кориандр посевной). Данные растения характеризуются значительным содержанием в своем составе фенольных веществ разного строения, обладающих разноплановой специфической активностью. Экстракты из этих видов сырья перспективны при разработке продукции функциональной направленности [7]. Из второй группы растительного сырья стоит обратить внимание на *Taraxacum officinale* W. (одуванчик лекарственный) и *Trifolium pratense* L. (клевер луговой), целевые компоненты которых потенциально могут влиять на физиолого-биохимические функции дрожжевой культуры [6, 7, 8, 9].

Taraxacum officinale W. достаточно широко применяется в народной медицине. Присутствие в *Taraxacum officinale* W. моно- и олигосахаридов, инулина, пектиновых полисахаридов, целлюлозы, большой группы фенольных веществ (превалируют флавоноиды, фенолокислоты), терпеновых соединений (тараксерол, тараксол, таракастерол, фарадиол, арнидиол и др.), стеридов (стигмастерол, β -ситостерол) обуславливают его многогранную фармакологическую активность [8, 9, 10].

Trifolium pratense L. также является источником ценных биологических веществ. Соцветия рассматриваемого сырья содержат гликозиды различной структуры, дубильные вещества, эфирные и жирные масла, органические кислоты и водорастворимые витамины [11]. В корнях *Trifolium pratense* L. присутствует трифолиризин, обладающий антимикробной активностью [12]. В определённый период вегетации в данных видах растений накапливается большое количество аскорбиновой кислоты и токоферолов, обеспечивающих высокую антиоксидантную активность сырья [13]. Отдельные компоненты *Taraxacum officinale* W. и *Trifolium pratense* L. могут оказывать влияние на биокаталитические процессы в дрожжевой культуре [14, 15].

Цель исследования – оценить целесообразность применения флюидной экстракции для извлечения БАВ из лекарственно-технического сырья на

примере *Taraxacum officinale* W. и *Trifolium pratense* L., установить влияние параметров флюидной экстракции на компонентный состав экстрактов для дальнейшего использования целевых веществ сырья в биотехнологии для регулирования жизнедеятельности микроорганизмов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования служили углекислотные экстракты из лекарственно-технического сырья *Taraxacum officinale* W. и *Trifolium pratense* L. Сырье в виде наземной части собирали в период вегетации (2023 г.) в районе д. Осиновка Кемеровской области, подвергали естественной сушке и последующему измельчению на режущей мельнице CW-1 (HT Machinery, Япония).

Процесс экстрагирования проводили на полупромышленной установке для CO₂ экстракции (ООО «СО2ЭХТ», г. Пушкино, Московская область, Россия). Установка представляет собой экстрактор закрытого типа с тремя рабочими колонками, из которых две объемом 10 л каждая и одна объемом 1 л. Имеется также три сепаратора, которые позволяют максимально увеличить расход CO₂ и фракционировать получаемый экстракт. Оборудование полностью автоматизировано. Параметры обработки сырья: температура в рабочей колонке – 40 °С, давление экстракции от 8.1 до 20.1 МПа. Давление (МПа)/температура (°С) в сепараторах 6.1/30, 5.1/30, 4.1/25, длительность экстрагирования 60 мин при каждом значении давления. Указанные режимы выбраны на основании первичных исследований с учетом обеспечения максимального выхода экстракта.

Спектры оптического поглощения исследуемых образцов регистрировали с помощью спектрофотометра СФ-2000 (ООО «ОКБ Спектр», Санкт-Петербург, Россия) при стандартных условиях в диапазоне длин волн от 200 до 800 нм, в кюветах шириной 10 мм. Раствором сравнения при измерении спектров служили пищевой этиловый спирт крепостью 96 % об. и гексан.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 представлены результаты исследования по выходу экстрактов из растительного сырья в зависимости от давления. При этом исходная масса и влажность для *Taraxacum officinale* W. составляла 1.72 кг и 9.58 % соответственно, для *Trifolium pratense* L. – 1.58 кг и 10.52 %. В процессе

экстрагирования *Taraxacum officinale* W. при давлении в рабочей колонке 8.1 МПа выход продукта во всех трех сепараторах отсутствовал в отличие от *T. pratense*. Максимальный выход экстракта *Taraxacum officinale* W. наблюдался в сепараторе 2 при давлении 20.1 МПа. Наибольший выход экстракта *Trifolium pratense* L. был получен из сепаратора 3 при давлении ниже (15.1 МПа), чем в случае с *Taraxacum officinale* W. Использование рабочего давления 8.1 и 20.1 МПа также обеспечило значительный выход экстрактов *Trifolium pratense* L. соответственно из сепаратора 3 и 2. Суммарный выход экстракта (г/100 г СВ) из *Trifolium pratense* L. почти в 2 раза больше, чем из *Taraxacum officinale* W.

Полученные фракции при различном давлении в рабочей колонке значительно отличались по своим характеристикам (цвет, консистенция). Фракции № 7 (для *Taraxacum officinale* W.) и № 8 (для *Trifolium pratense* L.) были получены совместной флюидной экстракцией с соразвителем (пищевой этиловый спирт крепостью 96 % об.). Процент дозирования спирта по отношению к газу составил 2 %.

Из данных таблицы 2 видна существенная разница в органолептической характеристике экстрактов. При давлении выше 15.1 МПа повышается выход тугоплавких, воскообразных веществ.

Спектры извлеченных фракций представлены на рисунке 1. Спектрограммы сформированы с учетом выхода фракций при различном давлении в одном и том же сепараторе, а также в зависимости выхода экстрактов при одинаковом давлении, но в разных сепараторах. В качестве растворителя для жидких экстрактов (№ 1–4 для *Taraxacum officinale* W., № 1–5 для *Trifolium pratense* L.) использовали пищевой этиловый спирт крепостью 96 % об., гексан – для воскоподобных фракций (№ 5–7 и № 6–8 соответственно) (таблица 2). В скобках на рисунке указано соотношение экстракта и растворителя для спектрофотометрирования.

Анализ спектров всех полученных CO₂-экстрактов из исследуемого растительного сырья свидетельствует, что все основные пики сосредоточены в области 200–300 нм. Подобная тенденция свойственна для веществ группы изофлавоноидов, в частности генистеина [15], являющегося фитоэстрогеном. Характерный пик в данном диапазоне длин волн также может означать наличие формононетин – 7-гидрокси-4'-метоксиизофлавонон и его 7-глюкозид (ононин) или его производных, относящихся к изофлавоноидам [16].

Таблица 1 – Влияние давления на выход экстрактов *Taraxacum officinale* W. и *Trifolium pratense* L.

Table 1 – The influence of pressure on the yield of extracts *Taraxacum officinale* W. and *Trifolium pratense* L.

Сепаратор	Давление, МПа		<i>Taraxacum officinale</i> W		<i>Trifolium pratense</i> L	
	в рабочей колонке	в сепараторе	г/100 г СВ	в % от массы экстракта	г/100 г СВ	в % от массы экстракта
1	8.1	6.1	—*	—*	0.06	1.64
2		5.1	—*	—*	0.01	0.32
3		4.1	—*	—*	0.43	12.02
1	15.1	6.1	0.04	2.34	—*	—*
2		5.1	0.05	2.72	0.02	0.30
3		4.1	—*	—*	1.63	45.50
1	20.1	6.1	0.23	12.86	0.10	2.81
2		5.1	1.49	82.08	0.92	25.82
3		4.1	—*	—*	0.40	11.27
Итого:			1.81	100	3.57	100

Примечание: * – Выход экстракта отсутствовал.

ФЛЮИДНАЯ ЭКСТРАКЦИЯ КАК СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ, ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Таблица 2 – Характеристика внешнего вида фракций, полученных при экстракции *Taraxacum officinale* W. и *Trifolium pratense* L. в зависимости от давления

Table 2 – Characteristics of the appearance of fractions obtained during the extraction of *Taraxacum officinale* W. and *Trifolium pratense* L. depending on pressure

Сырье	Фракция	Давление рабочее, МПа	Давление в сепараторе, МПа	Внешний вид, характеристика экстракта
<i>Taraxacum officinale</i> W.	1	15.1	6.1	Жидкая масса зеленоватого оттенка
	2	15.1	5.1	Жидкая темно-зеленная масса с включениями
	3	20.1	6.1	Жидкая прозрачная масса зеленого цвета
	4	30.1	5.1	Жидкая прозрачная масса желтого оттенка
	5	20.1	6.1	Воскоподобная масса зелено-желтого цвета
	6	20.1	5.1	Воскоподобная масса темно-коричневого цвета
	7	10.1	6.1; 5.1; 4.1	Жидкая масса светло-зеленого цвета с включениями воскоподобных масс зелено-желтого цвета
<i>Trifolium pratense</i> L.	1	8.1	4.1	Жидкая бесцветная прозрачная масса
	2	10.1	4.1	Жидкая прозрачная масса с включениями светло-желтого цвета
	3	15.1	4.1	Жидкая прозрачная масса желтого цвета
	4	15.1	6.1	Жидкая прозрачная масса зеленого цвета
	5	15.1	5.1	Жидкая прозрачная масса коричневого оттенка
	6	8.1	4.1	Воскоподобная масса оранжевого цвета
	7	10.1	4.1	Воскоподобная масса темно-коричневого цвета
	8	10.1	6.1; 5.1; 4.1	Жидкая масса светло-зеленого цвета с включениями воскоподобных масс зелено-желтого цвета

Совместная углекислотная и спиртовая экстракция, используемая при получении фракции 7 из *Taraxacum officinale* W. (рисунок 1, а, б) и фракции 8 из *Trifolium pratense* L. (рисунок 1, в) не приводит к изменению компонентного состава этих образцов. На это указывает идентичность спектров указанных фракций с другими образцами. Например, спектр фракции 7 аналогичен спектру фракции 3 (рисунок 1, а), но в последнем случае концентрация целевых биофлавоноидов выше.

ОБСУЖДЕНИЕ

На основании полученных результатов для экстрактов *Taraxacum officinale* W. и литературных данных можно высказать предположение о присутствии во всех исследуемых фракциях (рисунок 1, а, б, в) значительного содержания каftarовой кислоты (стандартная длина волны λ_{max} 217, 243 нм) [17]. Однако спектр обнаружения наблюдается с небольшим смещением. Это, вероятно, обусловлено многокомпонентностью состава анализируемых образцов.

Наибольшая высота пика, соответствующая максимальной концентрации указанного вещества, отмечена для фракции 3 (рисунок 1, а). На спектрах имеются также пики в диапазоне 300–400 нм, что предполагает наличие хлорогеновой кислоты и производных форм цинарода (лютеозид) [17, 18]. Последний относится к флавоноидоподобным химическим соединениям. Оценивая спектры для воскоподобных веществ экстракта *Taraxacum officinale* W. (фракция 6, рисунок 1, в) в сравнении с другими фракциями необходимо отметить характерный пик в диапазоне длин волн 400–500 нм. Подобные пики присущи группе пигментов, что указывает на наличие в образце веществ каротиноидного ряда [18]. Явно выраженные пики в области 200–300 нм не удалось идентифицировать по конкретному веществу. Однако, основываясь на анализе литературы, можно предположить содержание в образцах веществ карбоксильной группы [19].

Спектрограммы воскоподобных веществ, экстрагируемых из *Trifolium pratense* L. (рисунок 1, в), схожи со спектрами веществ подобного класса, полученных из *Taraxacum officinale* W. Отличие заключается в менее выраженном пике, присущим для пигментов (диапазон 400–500 нм). Наряду с этим, необ-

ходимо отметить, что указанные вещества обнаружены только в образце 6 при минимальном в условиях эксперимента давлении экстракции (8.1 МПа).

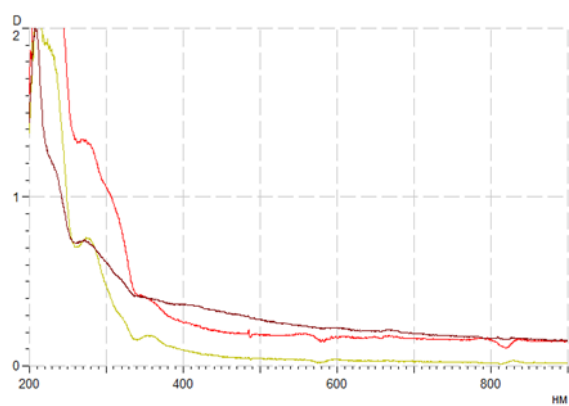
Полученные результаты в представленной работе согласуются с данными других авторов. В работе [20] отмечено наличие в цветах и листьях *Taraxacum officinale* W. производных гидроксикоричной кислоты, в частности хлорогеновой, дикаффеилтартаровой (цикориевой) и монокаффеилтартаровой кислоты. Упоминается присутствие алифатических углеводов с прямой цепью (нонадекана, гексадекана, хейкозана, пентадекана, трикозана, эйкозана и 1-тридецина), фитостеролов (таракастерола и др.) [21]. В химическом составе листьев доминировали тритерпеноиды, лупеол, фитол, бетулин [22].

В *Trifolium pratense* L. обнаружены в значительном количестве флавоноиды, фенольные кислоты [23], из которых ценными компонентами являются изофлавоноиды трифозид, [24], а также производные кверцетина, формонетина и биоханина [25].

Для подтверждения и расширения количественно-качественного состава флюидных экстрактов изучаемого растительного сырья (*Taraxacum officinale* W. и *Trifolium pratense* L.) необходимы дополнительные исследования с использованием других методов анализа, в частности хроматографических.

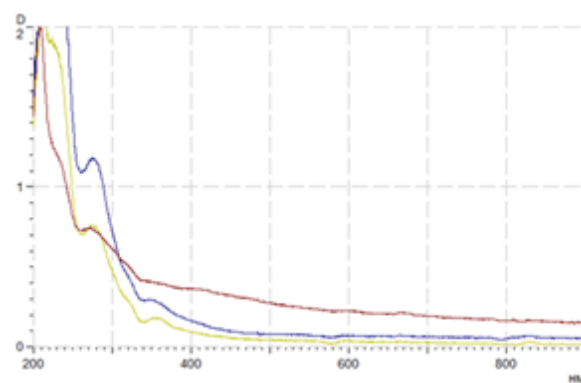
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования позволяют говорить о рациональности применения флюидной экстракции для выделения БАВ из растительного сырья на примере *Taraxacum officinale* W. и *Trifolium pratense* L. Увеличение давления CO₂ приводит к повышению выхода экстрактов с содержанием воскоподобных компонентов. Анализ спектрограмм каждой извлеченной фракции свидетельствует об обнаружении веществ, свойственных изучаемому сырью, что говорит о верификации полученных данных. Флюидные экстракты из *Taraxacum officinale* W. и *Trifolium pratense* L. содержат целевые биологически активные соединения и потенциально могут быть использованы в качестве функциональной составляющей пищевых продуктов, а также биостимулирующих добавок при культивировании микробной массы для получения целевых метаболитов.



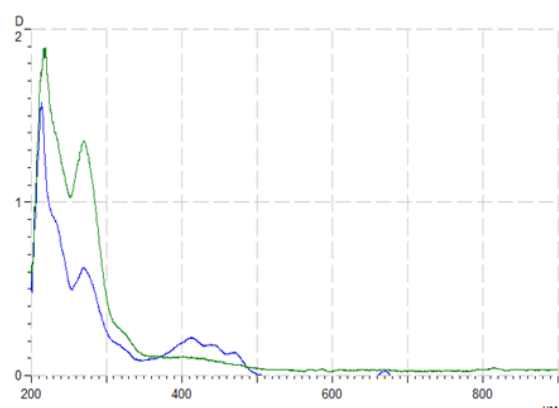
а)

— фракция 3 (1:350); — фракция 1 (1:150);
— фракция 7 (1:50)



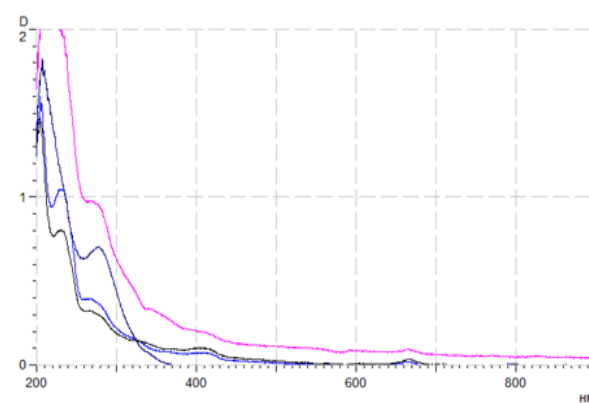
б)

— фракция 4 (1:350); — фракция 2 (1:150);
— фракция 7 (1:150)



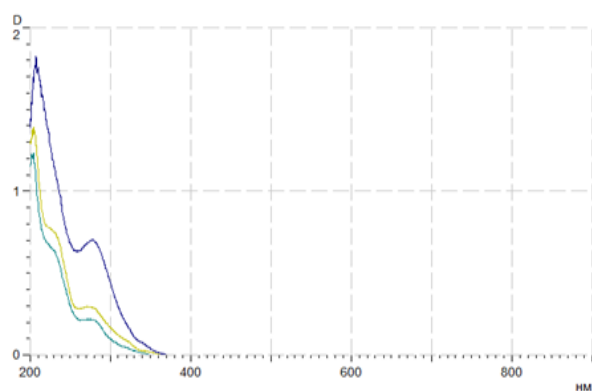
в)

— фракция 5 (1:100); — фракция 6 (1:100)



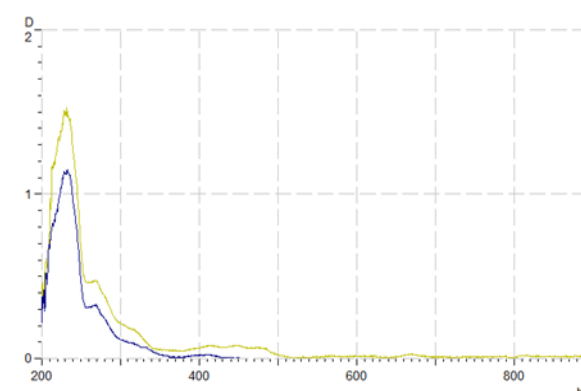
г)

— фракция 4 (1:150); — фракция 3 (1:350); — фракция 5
(1:150); — фракция 8 (1:100)



д)

— фракция 1 (1:350); — фракция 2 (1:350);
— фракция 3 (1:350)



е)

— фракция 6 (1:100); — фракция 7 (1:100)

Рисунок 1 – Спектрограммы отдельных фракций CO₂-экстрактов, полученных из *Taraxacum officinale* W. (а, б, в) и *Trifolium pratense* L. (г, д, е)

Figure 1 – Spectrograms of individual fractions of CO₂ extracts obtained from *Taraxacum officinale* W. (а, б, в) and *Trifolium pratense* L. (г, д, е)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ФЛЮИДНАЯ ЭКСТРАКЦИЯ КАК СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ, ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

1. Herrero M., Ibañez E. Green extraction processes, biorefineries and sustainability: Recovery of high added-value products from natural sources // *The Journal of Supercritical Fluids*. 2018. V. 134. P. 252–259.
2. Abubakar A.R., Haque M. Preparation of medicinal plants: Basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes // *Journal of pharmacy and bioallied sciences*. 2020. V. 12. №. 1. P. 1–10. doi: 10.4103/jpbs.JPBS_175_19.
3. Lei Ngo, Cher Haan Lau, Lee Suan Chua, Review on rosmarinic acid extraction, fractionation and its anti-diabetic potential // *Food and Chemical Toxicology*, 2018. V. 121. P. 687–700. ISSN 0278-6915, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.09.064>.
4. Турманидзе Г.Н. Совершенствование технологий выделения и очистки биологически активных веществ из растительного сырья // *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2023. Т. 12. № 4. С. 71–79. doi: [10.33380/2305-2066-2023-12-4-1585](https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-4-1585).
5. Абашкин И.А., Елеев Ю.А., Глухан Е.Н. Методы экстракции биологически активных веществ из растительного сырья (обзор) // *Химия и технология органических веществ*. 2021. № 2. С. 43–59. doi: 10.54468/25876724_2021_2_43.
6. Берлизова В.Н., Козубаева Л.А. Перспективы применения сухих растительных экстрактов в качестве активаторов дрожжей // *Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции*. 2023. С. 10–14.
7. Влияние способа получения экстрактов из зерновых отрубей на ферментативную активность *Saccharomyces cerevisiae* W-34/70 / Пермякова Л.В. [и др.] // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2023. № 2. С. 132–145. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.445>.
8. Евстафьев С.Н., Тигунцева Н.П. Биологически активные вещества одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* W. (обзор) // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 2014. № 1. С. 18–29.
9. Химический состав гексанового экстракта корней дикорастущего одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg., семейство Астровые – Asteraceae) / Платонов В.В. [и др.]. *Вестник новых медицинских технологий*. 2022. Т. 16, № 2. С. 106–126. doi: 10.24412/2075-4094-2022-2-3-3.
10. Челокян М.М. Гидроксикоричные кислоты одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* W.) // *Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции*. 2022. С. 213–221.
11. Елисеева Т., Ткачева Н. Клевер (лат. *Trifolium*) // *Журнал здорового питания и диетологии*. 2017. Т. 2. № 2. С. 18–26.
12. Фомичёва Н.С., Карпий К.А. Концентрация галловой кислоты в спиртовых экстрактах листьев клевера красного как маркер негативных экологических факторов // *Молодость. Интеллект. Инициатива*. 2020. С. 108–108.
13. Химический состав цветков красного клевера города Тюмени и поселка Черная речка Тюменской области / Шишкина В.В. [и др.] // *Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья*. 2015. № 2. С. 40–44.
14. Левашов Р.Р., Мингалеева З.Ш. Исследование влияния добавки растительного происхождения на биотехнологические свойства дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // *Вестник Казанского технологического университета*. 2015. № 18. С. 268–269.
15. Калужина О.Ю. Содержание биологически активных веществ в экстракте одуванчика и его влияние на физиологию дрожжей *saccharomyces cerevisiae* // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2013. № 5 (43). С. 197–199.
16. Лукашова В.В., Лукашов Р.И. Определение оптимальных параметров экстракции гидроксикоричных кислот из одуванчика лекарственного корней // *От растение до лекарственного препарата*. 2020. С. 250–254.
17. Лапина А.С., Куркин В.А. Разработка подходов к стандартизации травы монарды дудчатой // *Фармация*. 2019. Т. 68. № 4. С. 11–16.
18. Тринеева О.В., Сливкин А.И., Сафонова Е.Ф. Определение гидроксикоричных кислот, каротиноидов и хлорофилла в листьях крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) // *Химия растительного сырья*. 2015. № 3. С. 105–110.
19. Куркин В.А., Азнагулова А.В. Фитохимическое исследование надземной части одуванчика лекарственного // *Химия растительного сырья*. 2017. № 1. С. 99–105.
20. Жигалина А.А., Стрелова О.Ю., Гребенюк А.Н. Определение показателей качества и чистоты стандартного образца синтетического генистеина // *Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути* [зб. наук. пр.]: матеріали ХХІІ міжнародної. 2021. С. 400. doi: 10.14258/jcrpm.201503522.
21. Нгуен Т.Ш. Определение содержания изофлавонов в сухом экстракте травы клевера лугового методом вжж // *Вопросы обеспечения качества лекарственных средств*. 2020. № 1. С. 48–53. doi: 10.34907/JPQAI.2020.60.61.006.
22. Anti-inflammatory activity of *Taraxacum officinale* / Jeon H.J. [et al.] // *Ethnopharmacol.* 2008, Jan 4, 115(1), 82–88. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.09.006>.
23. Ethnobotany of the genus *Taraxacum* - Phytochemicals and antimicrobial activity / Sharifi-Rad M. [et al.] // *Phytotherapy Research*. 2018. p. 32. № 11. p. 2131–2145.
24. Kamal F.Z. Chemical composition, antioxidant and antiproliferative activity of *Taraxacum officinale* essential oil // *Molecules*. 2022. Т. 27. 19. P. 6477.
25. Vlaisavljevic S., Kaurinovic B., Popovic M., Djurendic-Brenesel M., Vasiljevic B., Cvetkovic D., Vasiljevic S. *Trifolium pratense* L. as a Potential Natural Antioxidant. *Molecules* 2014, 19, 713–725. <https://doi.org/10.3390/molecules19010713>.

Информация об авторах

Л. А. Рябоконев – ассистент кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, младший научный сотрудник лаборатории сверхкритической флюидной экстракции, аспирант кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья Кемеровского государственного университета.

Л. В. Пермякова – доктор технических наук, профессор кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья Кемеровского государственного университета.

И. Ю. Сергеева – доктор технических наук, заведующая кафедрой технологии продуктов питания из растительного сырья, старший научный сотрудник лаборатории сверхкритической флюидной экстракции Кемеровского государственного университета.

А. С. Марков – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, заведующий лабораторией сверхкритической флюидной экстракции Кемеровского государственного университета.

REFERENCES

1. Herrero, M. & Ibañez, E. (2018). Green extraction processes, biorefineries and sustainability: Recovery of high added-value products from natural sources. *The Journal of Supercritical Fluids*. (134). 252-259.
2. Abubakar, A.R., & Haque, M. (2020). Preparation of medicinal plants: Basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. *Journal of pharmacy and bioallied sciences*. (1). 1-10. doi: 10.4103/jpbs.JPBS_175_19.
3. Lei, Ngo, Cher, Haan Lau & Lee, Suan Chua, (2018). Review on rosmarinic acid extraction, fractionation and its anti-diabetic potential. *Food and Chemical Toxicology*.

gy, (121). 687-700. ISSN 0278-6915, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.09.064>.

4. Turmanidze, G.N. (2023). Improvement of technologies for the isolation and purification of biologically active substances from plant raw materials. *Development and registration of medicines*, T. 12. (4.). 71-79 doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-4-1585. (in Russian).

5. Abashkin, I.A. Eleev, Yu.A. & Glukhan, E.N. (2021). Methods of extraction of biologically active substances from plant raw materials (review). *Chemistry and technology of organic substances*, (2). 43-59. [doi: 10.54468/25876724_2021_2_43](https://doi.org/10.54468/25876724_2021_2_43). (in Russian).

6. Berlizova, V.N. & Kozubaeva, L.A. (2023). Prospects for the use of dry plant extracts as yeast activators. *Modern aspects of production and processing of agricultural products*. 10-14. (in Russian).

7. Permyakova, L.V. Sergeeva, I.Yu., Korotky, I.A. & Lashitsky, S.S. (2023). Influence of the method of obtaining extracts from grain bran on the enzymatic activity of *Saccharomyces Cerevisiae* W-34/70. *Storage and processing of agricultural raw materials*, (2). 132-145. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.445>. (in Russian).

8. Evstafiev, S.N. & Tiguntseva, N.P. (2014). Biologically active substances of dandelion *Taraxacum officinale* W. (review) // *News of universities. Applied chemistry and biotechnology*, (6). 18-29. (in Russian).

9. Platonov, V.V., Khadartsev, A.A., Valentinov, B.G., Sukhikh, G.T., Dunaev, V.A. & Volochaeva, M.V. (2022). Chemical composition of hexane extract of the roots of wild dandelion (*Taraxacum officinale* Wigg., Asteraceae family). *Bulletin of new medical technologies*. T. 16, (2). 106-126. [doi : 10.24412/2075-4094-2022-2-3-3](https://doi.org/10.24412/2075-4094-2022-2-3-3). (in Russian).

10. Chelokyan, M.M. (2022). Hydroxycinnamic acids of dandelion (*Taraxacum officinale* W.). *Development, research and marketing of new pharmaceutical products*. 213-221. (in Russian).

11. Eliseeva, T. & Tkacheva, N. (2017). Clover (lat. *Trifolium*). *Journal of healthy nutrition and dietology*. T. 2 (2). 18-26. (in Russian).

12. Fomicheva, N.S. & Karpiy, K.A. (2020). Concentration of gallic acid in alcohol extracts of red clover leaves as a marker of negative environmental factors // *Molodost. Intelligence. Initiative*, 108-108. (in Russian).

13. Shishkina, S.A., Pashayan, K.A., Sidorova, M.V. & Kalashnikova, M.B. (2015). Chemical composition of red clover flowers in the city of Tyumen and the village of Chernaya Rechka, Tyumen region. *Bulletin of the State Agrarian University of the Northern Trans-Urals*, (2). C. 40-44. (in Russian).

14. Levashov, R.R. & Mingaleeva, Z.Sh. (2015). Study of the influence of additives of plant origin on the biotechnological properties of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Bulletin of the Kazan Technological University*, (18). 268-269. (in Russian).

15. Kaluzhina, O.Yu. (2013). The content of biologically active substances in dandelion extract and its effect on the physiology of the yeast *saccharomyces cerevisiae*. *News of the Orenburg State Agrarian University*, (43). 197-199. (in Russian).

16. Lukashenya, V.V. & Lukashov, R.I. (2020). Determination of optimal parameters for the extraction of hydroxycinnamic acids from dandelion roots // *From plant to medicinal product*. 250-254. (in Russian).

17. Lapina, A.S. & Kurkin, V.A. (2019). Development of approaches to standardization of the herb *Monarda fistula*. *Pharmacy*. T. 68. (4). 11-16. (in Russian).

18. Trineeva, O.V., Slivkin, A.I. & Safonova, E.F. (2015). Determination of hydroxycinnamic acids, carotenoids and chlorophyll in the leaves of stinging nettle (*Urtica dioica* L.). *Chemistry of plant raw materials*, (3). 105-110. (in Russian).

19. Kurkin, V.A. & Aznagulova, A.V. (2017.) Phytochemical study of the aerial part of the medicinal dandelion. *Chemistry of plant raw materials*, (1). 99-105. (in Russian).

20. Zhigalina, A.A., Strelova, O.Yu. & Grebenyuk, A.N. (2021). Determination of quality indicators and purity of a standard sample of synthetic genistein. *Daily news and current problems of science, coverage and development: intergalactic disputes [zb. Sci. etc.] : materials of the XXII International Conference*. P. 400-410. [Doi : 10.14258/jcpm.201503522](https://doi.org/10.14258/jcpm.201503522).

21. Nguyen, T.Sh. (2020). Determination of the content of isoflavones in the dry extract of red clover grass by HPLC // *Issues of ensuring the quality of medicines*, (1). 48-53. [Doi : 10.34907/JPQAI.2020.60.61.006](https://doi.org/10.34907/JPQAI.2020.60.61.006). (in Russian).

22. Jeon, H.J., Kang, H.J., Jung, H.J., Kang, Y.S., Lim, C.J., Kim, Y.M. & Park, E.H. (2008). Anti-inflammatory activity of *Taraxacum officinale*. *Ethnopharmacol*, (1), 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.09.006>.

23. Harifi-Rad, M., Roberts, T.H., Matthews, K.R., Bezerra, C.F., Morais-Braga, M.F.B., Coutinho, H.D.M., Sharopov, F., Salehi, B., Yousaf, Z., Sharifi-Rad, M., Del Mar Contreras, M., Varoni, E.M., Verma, D.R., Iriti, M. & Sharifi-Rad, J. (2018). Ethnobotany of the genus *Taraxacum*-Phytochemicals and antimicrobial activity. *Phytother Res*. 32(11)/ 2131-2145. [doi : 10.1002/ptr.6157](https://doi.org/10.1002/ptr.6157). 30039597.

24. Kamal, F.Z., Lefter, R., Mihai, C.T., Farah, H., Ciobica, A., Ali, A., Radu, I., Mavroudis, I. & Ech-Chahad, A. (2020). Chemical Composition, Antioxidant and Antiproliferative Activities of *Taraxacum officinale* Essential Oil // *Molecules*. 27(19): 6477. [doi : 10.3390/molecules27196477](https://doi.org/10.3390/molecules27196477). PMID: 36235013; PMCID: PMC9572089.

25. Vlaisavljevic, S., Kaurinovic, B., Popovic, M., Djurendic-Brenesel, M., Vasiljevic, B., Cvetkovic, D. & Vasiljevic, S. (2014). *Trifolium pratense* L. as a Potential Natural Antioxidant. *Molecules*, (19), 713-725. <https://doi.org/10.3390/molecules19010713>.

Information about the authors

L.A. Ryabokoneva - assistant at the Department of Plant-Based Food Technology, junior researcher at the Laboratory of Supercritical Fluid Extraction, graduate student of Department of Plant-Based Food Technology, Kemerovo State University.

L.V. Permyakova - Doctor of Engineering, Professor of the Department of Plant-Based Food Technology, Kemerovo State University.

I.Yu. Sergeeva - Doctor of Engineering, Head of the Department of Plant-Based Food Technology, Senior Researcher at the Laboratory of Supercritical Fluid Extraction, Kemerovo State University.

A.S. Markov - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Plant-Based Food Technology, Head of the Laboratory of Supercritical Fluid Extraction, Kemerovo State University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07 июня 2024; одобрена после рецензирования 24 июня 2025; принята к публикации 10 июля 2025.

The article was received by the editorial board on 07 June 2024; approved after editing on 24 June 2025; accepted for publication on 10 July 2025.