Сорбционные и хроматографические процессы. 2026. Т. 26, № 2. С. 262-271.
Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy. 2026. Vol. 26, No 2. pp. 262-271.

ISSN 1680-0613

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Научная статья
УДК 543.544:577.16
doi: 10.17308/sorpchrom.2026.26/14174

Определение биологически активных веществ в отходах растительного сырья хроматографическими методами

Наталья Анатольевна Беланова[1]✉, Виктор Иванович Дейнека[2], Владимир Федорович Селеменев[1], Анжелика Васильевна Ульяновская[1], Александр Михайлович Сычев[1]

[1]Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, belanovana@mail.ru✉
[2]Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Институт инженерных технологий и естественных наук, Белгород, Россия

Аннотация. В настоящее время существует несколько десятков масличных культур, которые являются не только сырьем для производства растительных масел, но и источником биологически активных веществ. Лен, кориандр и подсолнечник хорошо известны своей питательной ценностью и широко культивируются для производства масла. В результате производственного процесса образуется значительное количество побочных продуктов, утилизация которых является дорогостоящим процессом, в том числе и с экологической точки зрения. Одним из побочных продуктов производства растительного масла является жмых. В жмыхе присутствуют протеины, остаточное количество масла (которое богато жирными кислотами), фенольные соединения. Целью данного исследования было определение биологически активных веществ и нутриентов в жмыхах льна, кориандра и подсолнечника. Состав липидов определяли на хромато-масс-спекрометрическом комплексе Agilent Technologies 7890B GC System. Аминокислотный состав изучаемых образцов выполнен методом двумерного хроматографирования на пластинах «Sorbfil ПТСХ-АФ-УФ» (ЗАО «Сорбполимер», Краснодар). Определение хлорогеновых кислот проводили методом обращенно-фазовой хроматографии на стационарной фазе Kromasil 100-5C18. В качестве объектов исследований использовали жмыхи коричневого льна, подсолнечника и кориандра, произрастающих на территории Белгородской области.

Липиды анализируемых образов побочных продуктов содержат 3 типа жирных кислот: насыщенные, полиненасыщенные и мононенасыщенные. Основными жирными кислотами анализируемых в настоящей работе жмыхов являются олеиновая (20.9-28.8 %) и линолевая (58.4-69.2 %), пальмитиновая (5.1-6.9 %), стеариновая (1.5-2.9 %) кислоты. В образцах льна и подсолнечника, выращенных в условиях Белгородской области, содержатся такие аминокислоты, как лизин, треонин, метионин, фенилаланин, а в кориандре – лизин, метионин и валин. В исследованных образцах подсолнечника, льна и кориандра обнаружили три изомерные хлорогеновые кислоты (3-кофеоилхинная (3CQA), 4-кофеоилхинная (4CQA) и 5-кофеоилхинная (5CQA)) в различных соотношениях.

Таким образом, жмыхи льна, кориандра и подсолнечника можно использовать в качестве функционального ингредиента или для извлечения биологически активных соединений, которые могут быть впоследствии включены в пищевые продукты благодаря их питательным и экономическим преимуществам.

Ключевые слова: газовая хроматография, тонкослойная хроматография, ВЭЖХ, жирные кислоты, аминокислоты, хлорогеновые кислоты.

Благодарности: результаты исследований частично получены на оборудовании Центра коллективного пользования Воронежского государственного университета. URL: https://ckp.vsu.ru.

Для цитирования: Беланова Н.А., Дейнека В.И., Селеменев В.Ф., Ульяновская А.В., Сычев А.М. Определение биологически активных веществ в отходах растительного сырья хроматографическими методами // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2026. Т. 26, № 2. С. 262-271. https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2026.26/14174

© Беланова Н. А., Дейнека В. И., Селеменев В. Ф., Ульяновская А. В., Сычев А. М., 2026

Сорбционные и хроматографические процессы. 2026. Т. 26, № 2. С. 262-271.
Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy. 2026. Vol. 26, No 2. pp. 262-271.

ISSN 1680-0613

Original article

Determination of biologically active substances in plant-based waste materials by chromatographic methods

Natalia A. Belanova[1]✉, Viktor I. Deineka[2], Vladimir F. Selemenev[1], Angelica V. Ulyanovskaya[1], Alexander M. Sychev[1]

[1]Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, belanovana@mail.ru✉

[2]Belgorod State National Research University, Institute of Engineering Technologies and Natural Sciences, Belgorod, Russian Federation

Abstract. Currently, several dozen oilseed crops are available, serving not only as raw materials for the production of vegetable oils but also as a source of biologically active substances. Flax, coriander, and sunflower are well known for their nutritional value and are widely cultivated for oil production. The production process generates significant amounts of byproducts, the disposal of which is costly, including from an environmental perspective. One such byproduct of vegetable oil production is press cake. Press cake contains proteins, residual oil (rich in fatty acids), and phenolic compounds. This study aimed to determine biologically active substances and nutrients in press cakes of flax, coriander, and sunflower. Lipid composition was analyzed using an Agilent Technologies 7890B GC System gas chromatograph. The amino acid composition of the studied samples was determined by two-dimensional chromatography on Sorbfil PTSKh-AF-UV plates (Sorbpolymer, Krasnodar). Chlorogenic acids were quantified using reversed-phase chromatography on a Kromasil 100-5C18 stationary phase. The objects of the study were press cakes of brown flax, sunflower, and coriander grown in the Belgorod region.

The lipids of the analyzed byproduct samples contain three types of fatty acids: saturated, polyunsaturated, and monounsaturated. The main fatty acids in the press cakes analyzed in this work are oleic (20.9-28.8%), linoleic (58.4-69.2%), palmitic (5.1–6.9%), and stearic (1.5–2.9%) acids. Flax and sunflower samples grown under the conditions of the Belgorod region contain amino acids such as lysine, threonine, methionine, and phenylalanine, while coriander contains lysine, methionine, and valine. In the studied sunflower, flax, and coriander samples, three isomeric chlorogenic acids (3-caffeoylquinic acid, 4-caffeoylquinic acid, and 5-caffeoylquinic acid) were found in various ratios.

Thus, press cakes of flax, coriander, and sunflower can be used as a functional ingredient or for the extraction of biologically active compounds, which may subsequently be incorporated into food products due to their nutritional and economic benefits.

Keywords: gas chromatography, thin-layer chromatography, HPLC, fatty acids, amino acids, chlorogenic acids.

Acknowledgments: The research results were partially obtained using the equipment of the Shared Research Facilities Center of Voronezh State University. URL: https://ckp.vsu.ru

For citation: Belanova N.A., Deineka V.I., Selemenev V.F., Ulyanovskaya A.V., Sychev A.M. Determination of biologically active substances in plant-based waste materials by chromatographic methods. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*. 2026. 26(2): 262-271. (In Russ.). https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2026.26/14174

Введение

В настоящее время существует несколько десятков масличных культур, которые являются не только сырьем для производства растительных масел, но и источником биологически активных веществ (БАВ), например, растительного белка и жирных кислот (ЖК) [1]. После экстракции масла из растительного сырья остается большое количество отходов и побочных продуктов. Одним из многотоннажных вторичных сырьевых ресурсов маслоперерабатывающей отрасли является жмых. На данный момент жмыхи используются в основном, как кормовые средства или добавки (в нативном или в ферментированном микроорганизмами видах и т.д.) [2].

В последнее время все более востребованной становится концепция ресурсосберегающих технологий комплексной переработки отходов производства. Жмыхи могут играть не последнюю роль как сырье для выделения БАВ различных групп. Для этого необходимым является

изучение состава исходного сырья и продуктов вторичного производства. Увеличение числа исследований, связанных с определением химических соединений, а также создание препаратов на основе продуктов вторичного производства маслоперерабатывающей промышленности, использование их в животноводстве и производстве продуктов питания обуславливает актуальность настоящего исследования. Многочисленные исследования показали, что помимо триглицеридов и жирных кислот ценным компонентом продуктов вторичной переработки масличных культур является растительный белок и входящие в него аминокислоты [3-11], витамины [12-14], полифенолы [15], полисахариды и микроэлементы.

Подсолнечник, как масличная культура, занимает одно из ведущих мест в сельском хозяйстве Российской Федерации. Семена подсолнечника содержат полиненасыщенные жирные кислоты, токоферол, фосфолипиды, что объясняет положительное воздействие жмыха на развитие и продуктивность животных [16-17]. Большое содержание липидов и белков подсолнечного жмыха (около 30-40% протеинов, до 9.4% масел и до 20% клетчатки) обуславливает энергетическую ценность.

Доказана высокая питательная ценность семян льна и продуктов его переработки. Установлено, что льняной жмых характеризуется диетическими свойствами и уже используется как биологически активная добавка к пище. Его состав имеет не только высокую энергетическую ценность, но и содержит в своем составе различные микроэлементы и витамины, легкоусвояемый белок со сбалансированным аминокислотным составом [16, 18-21].

Жмых семян кориандра включает в себя ~30% протеина [22], его антиоксидантные свойства обусловлены содержанием витамина Е [23-25].

Цель настоящей работы – определить состав жирных кислот, аминокислот и фенольных соединений в жмыхах льна, кориандра и подсолнечника, произрастающих в Белгородской области.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследований выступали жмыхи коричневого льна, подсолнечника и кориандра, произрастающих на территории Белгородской области.

Выделение и анализ масла. Масло выделили из жмыха экстракцией гексаном в аппарате Сокслета [26]. Состав жирных кислот определяли на хромато-масс-спектрометрическом комплексе Agilent Technologies 7890B GC System. Детектор – масс-селективный Agilent Technologies 5977A MSD. Применялась ионизация «электронный удар» с энергией излучения 70 эВ. Хроматографическая колонка VF-23ms (20м × 0.150мм × 0.15 μм). Скорость потока газа носителя – 1 $см^3$/мин. Объем пробы – 1 мкл, деление потока 40:1. Температурный режим: 40°С – 2 мин, нагрев 10°С/мин до 120°С; нагрев со скоростью 5°С/мин до 230°С – 3 минуты, нагрев 10°С/мин до 250 – 2 минуты. Сигнал регистрировали по полному ионному току (диапазон масс 29-700 m/z). Интерпретацию данных проводили на основании базы NIST11 (25 марта 2020 года) (программное обеспечение MassHunter v. B.06.00 и NIST MS Search 2.0). Поправочные коэффициенты для количественного определения вводились исходя из анализа стандартной смеси метиловых эфиров жирных кислот Fatty Acid Methyl Esters Standard Mixture (Sigma-aldrich).

Определение аминокислотного состава. Для определения аминокислотного состава предварительно проводили кислотный гидролиз 28% HCl (Т=110°С) в течение 4 ч [26]. Состав аминокислот гидролизата анализировали методом двумерного хроматографирования. Использовали пластины для хроматографирования «Sorbfil ПТСХ-АФ-УФ» (ЗАО «Сорбполимер», Краснодар). Подвижная

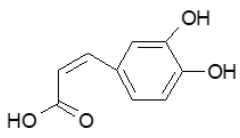
фаза – этанол-уксусная кислота-вода (4.5:1.3:0.6). Элюент готовили в день проведения эксперимента и выдерживали в течение 30-60 мин для насыщения газовой фазы хроматографической камеры парами растворителей. Проявителем служил 1%-ный раствор нингидрина в ацетоне. Для идентификации компонентов использовали смесь аминокислот: лизин, треонин, метионин, валин, фенилаланин и триптофан («Химреактив», Россия).

Определение хлорогеновых кислот. Одним из классов органических соединений, обладающих антиоксидантной активностью и широко распространенным в растительном материале являются фенольные кислоты, например, кофейная кислота. Данное соединение образуется при расщеплении хлорогеновой кислоты, которая в значительных количествах содержится в бобах, кофе в виде калиевой соли. Хинная кислота (как и кофейная) широко распространена в растениях, например, в хинной коре, в кофейных бобах (в виде составной части хлорогеновой кислоты). Установлено, что хлорогеновая кислота представляет собой депсид, состоящий из остатков молекулы кофейной и молекулы хинной кислот [27-28] (схема 1). Данные кислоты характеризуются различными константами протолиза, которые рассчитаны с помощью программы MarvinSketch (схема 1). Название хлорогеновая кислота рассматривается как обобщенное название продуктов этерификации хинной и кофейной кислот. Наиболее часто в литературе речь идет об изомере, полученном при этерификации гидроксила в положении 5. Следует отметить, что среди моноэфиров наиболее часто встречаются не только 5-кофеоилхинная (5-QCA) кислоты, но и 3-кофеоилхинная (3-QCA) и 4-кофеоилхинная (4-QCA) (схема 2).

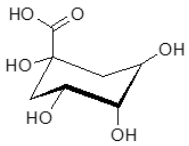
Определение хлорогеновых кислот проводили с использованием хроматографической системы Agilent 1260 Infinity с диодно-матричным и масс-спектрометрическим детекторами, включающей в себя насос Altex 110A, кран дозатор Rheodyne 7200 с петлей объемом 20 мкл. Хроматографическая колонка: 150×4.6 мм Kromasil 100-5C18. ПФ: 10 – 40 об.% CH_3CN, 0.4 об.% H_3PO_4 (0.8 $см^3$/мин). Детектирование осуществляли при длине волны 325 нм (детектор Nicolet LC/9563). Для регистрации и обработки хроматограмм использовали ПП МультиХром 1.5.

Обсуждение результатов

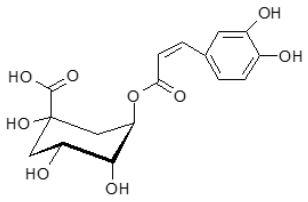
Жирные кислоты. Природные липиды являются неотъемлемой частью многих сельскохозяйственных культур и представляют собой смесь триглицеридов



Кофейная кислота
pK_1=9,28; pK_2=12,69; pK_3=3,45

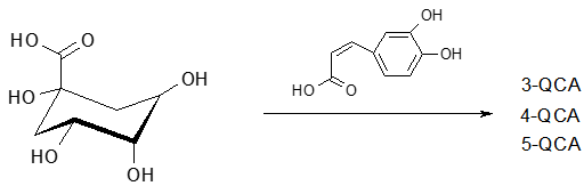


Хинная кислота
pK_1=14,70; pK_2=13,78; pK_3=15,52; pK_4=13,02; pK_5=3,46



Хлорогеновая кислота
(5-кофеолхинная кислота)
pK_1=9,21; pK_2=12,47; pK_3=13,15; pK_4=15,05; pK_5=13,84; pK_6=3,33

(1)



(2)

$R_1OOCH_2CH(OOR_2)CH_2OOR_3$, где R_1, R_2, R_3 – остатки предельных, моно - и полиненасыщенных жирных кислот [29]. Богатым источником полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), являющихся важными элементами здоровья человека и относящихся к незаменимым факторам питания являются семена льна, подсолнечника и других масличных культур. Представителями ПНЖК которые содержатся в как в семенах льна, подсолнечника и кориандра, так и в продуктах вторичного производства служат α-линоленовая (семейство ω-3) и линолевая (ω-6) кислоты [7]. Линоленовая и линолевая кислоты являются незаменимыми жирными кислотами. Они не могут синтезироваться организмом и играют важную роль в поддержании здорового уровня триглицеридов и холестерина.

В табл. 1 представлены результаты газохроматографического определения состава ЖК в липидах жмыхов подсолнечника, льна и кориандра. Согласно данным табл. 1 основное содержание приходится на олеиновую, линолевую, стеариновую и пальмитиновую кислоты сумма которых во всех образцах превышала уровень 85-95 %.

Липиды льняного жмыха (табл. 1) представлены 3 типами жирных кислот: насыщенные (10 кислот), полиненасыщенные (1) и мононенасыщенные (4). Основными жирными кислотами (табл. 1) являются олеиновая (28.83%) и линолевая (58.43%). Содержание пальмитиновой кислоты составляет 6.91%, стеариновой – 2.89%. В небольшом количестве присутствуют насыщенные кислоты – доказановая (бегеновая) (0.29%), арахиновая (1.01%), лигноцериновая (0.08%) и т.д и ненасыщенные – вакценовая (1.01%).

В жмыхе подсолнечника содержание пальмитиновой и стеариновой кислот составило 5.05 до 1.39% соответственно (табл. 1). Доля миристиновой, доказановой и арахидоновой кислот составляет менее 1%, линоленовой кислоты – 1.34%. Основными жирными кислотами жмыха являются так же линолевая (58.88%) и олеиновая (24.20%).

Состав жмыха кориандра (табл. 1) характеризуется высоким содержанием трех кислот: олеиновой (20.92%), линолевой (69.16%), пальмитиновой (5.62%), что составляет 95.7% от общего количества ЖК. Содержание доказановой, лигноцериновой, арахидоновой и других жирных кислот менее 1%.

Кроме того, в жмыхе льна и кориандра в небольших количествах содержатся эпоксиолеиновая кислота, цис-9,10-эпоксистеариновая кислота, 4,9-декадиеновая кислота, 2-нитро-и левулиновая кислоты.

Таким образом жмыхи подсолнечника, льна и кориандра могут являться важным пищевым источником непредельных жирных кислот.

Аминокислоты. Аминокислоты, являясь одними из наиболее естественных регуляторов обмена веществ и жизнедеятельности человека служат важнейшими соединениями для питания животных и человека [30]. На их основе разрабатываются эффективные лекарственные препараты широкого спектра действий. Растительные объекты, в том числе и масличные культуры богаты данными веществами. Так называемые незаменимые аминокислоты: лейцин, изолейцин, валин, лизин, треонин, триптофан, метионин, фенилаланин и гистидин должны быть в рационе человека и животных [31].

Для определения аминокислот при проведении массовых анализов используют метод ТСХ, благодаря своей простоте, дешевизне оборудования и достаточно высокой точности. Аминокислоты определяли в гидролизатах жмыха льна, подсолнечника и кориандра после выделения из них масел. На рис. 1 приведена хроматограмма модельной смеси растворов аминокислот состоящей из лизина, треонина, метионина, валина, фенилаланина и триптофана.

Таблица 1. Жирнокислотный состав липидов растительных жмыхов
Table 1. Fatty acid composition of lipids in vegetable press cakes

№	Наименование кислоты	Содержание, %		
		лен	подсолнечник	кориандр
Насыщенные кислоты				
1	Капроновая кислота (C6:0)	0.08	1.14	0.14
2	Энантовая кислота (C7:0)	-	0.09	-
3	Каприловая кислота (C8:0)	0.04	0.19	0.02
4	Миристиновая кислота (C14:0)	0.05	0.61	-
5	Пальмитиновая кислота (C16:0)	6.91	5.05	5.62
6	Маргариновая кислота (C17:0)	0.01	-	0.02
7	Стеариновая кислота (C18:0)	2.89	1.39	2.68
8	Арахиновая кислота (C20:0)	0.12	0.31	0.09
9	Бегеновая (докозановая) кислота (C22:0)	0.29	0.27	0.22
10	Лигноцериновая кислота (C24:0)	0.08	-	0.03
Мононенасыщенные кислоты				
11	Олеиновая кислота (C18:1 (цис-9))	28.83	24.20	20.92
12	Вакценовая кислота (C18:1 (цис-11))	1.01	1.12	0.69
13	Эйкозеновая кислота (C20:1 (цис-11))	0.06	-	0.06
Полиненасыщенные кислоты				
14	Линолевая кислота (C18:2 (цис-9,12))	58.43	58.88	69.16
15	α-Линоленовая кислота (C18:3 (цис-9,12,15))	-	1.34	-
Двухосновные кислоты				
16	Суберинова кислота	-	0.58	0.01
17	Азелаиновая кислота	-	4.84	0.16
γ-Кетокислоты				
18	Левулиновая кислота	-	-	0.02
Прочие кислоты				
19	Эпоксиолеиновая кислота	0.09	-	-
20	Цис-9,10-эпоксистеариновая кислота	1.09	-	0.18
21	4,9-декадиеновая кислота, 2-нитро-	0.02	-	-

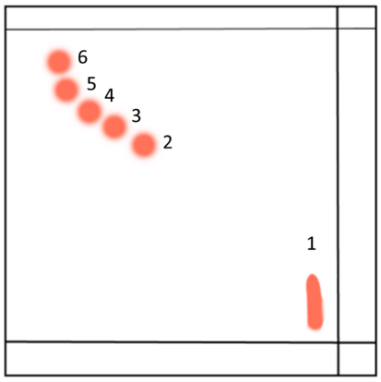


Рис. 1. Хроматограмма стандартных растворов аминокислот в подвижной фазе этанол-уксусная кислота-вода (4.5:1.3:0.6): 1 – лизин (R_f=0.21); 2 – треонин (R_f=0.77); 3 – метионин (R_f=0.83); 4 – валин (R_f=0.85); 5 – фенилаланин (R_f=0.91) и 6 – триптофан (R_f=0.93)
Fig. 1. Chromatogram of standard amino acid solutions in the mobile phase ethanol–acetic acid–water (4.5:1.3:0.6): 1 – lysine (R_f=0.21); 2 – threonine (R_f=0.77); 3 – methionine (R_f=0.83); 4 – valine (R_f=0.85); 5 – phenylalanine (R_f=0.91); and 6 – tryptophan (R_f=0.93).

Колотов А.П. с соавт. [5] отмечает, что аминокислотный состав белка семян льна включает в себя лизин, метионин, цистин, фенилаланин, тирозин, триптофан.

Согласно исследованиям авторов [7] льняной жмых богат глутамином, валином, аспарагиновой кислотой, глутаминовой кислотой, аспарагином, аланином, гистидином и цистеином. В настоящей работе в гидролизате жмыха льна обнаружено 6 аминокислот, из которых удалось идентифицировать 4: лизин, треонин, метионин, фенилаланин (табл. 2). Согласно литературным данным аминокислотный состав образцов жмыхов подсолнечника обусловлен наличием в себе 7 из 8-ми незаменимых аминокислот: валином, изолейцином, лейцином, лизином, метионином, треонином, фенилаланином [16]. В анализируемых нами образцах жмыха подсолнечника обнаружено 5 соединений, относящихся к аминокислотам, 4 из которых идентифицированы как лизин, треонин, метионин и фенилаланин (табл. 2). Аминокислотный состав белка жмыха кориандра содержит [2] лизин, метионин, цистин, валин, аргинин, глицин. Авторами данной работы в гидролизате жмыха кориандра обнаружены 4 аминокислоты. 3 идентифицированы как лизин, метионин и валин (табл. 2). Таким образом, жмыхи льна, кориандра и подсолнечника отличаются между собой набором незаменимых аминокислот.

Хлорогеновые кислоты. В составе растительного сырья, в том числе и масличных культур содержатся различные фенольные соединения, одним из классов которых являются фенольные кислоты. Согласно литературным данным семена льна содержат хлорогеновую, *п*-гидроксибензойную, феруловую, ванилиновую и кумариновую кислоты (~790-1030 мг/100 г) [32-33]. Семена подсолнечника – хлорогеновую, кофейную, коричную, кумаровую, феруловую, синаповую кислоты и следы ванилиновой и оксибензойной кислот [34]. Основным представителем фенольных соединений семян подсолнечника является хлорогеновая кислота, содержание которой достигает 43-73% [35]. В семенах кориандра идентифицируют несколько фенольных кислот, таких как галловая, феруловая, кофейная, хлорогеновая, сиреневая, ванилиновая, *п*-кумаровая, розмариновая и коричная кислоты, а также некоторые флавоноиды, например, кверцетин-3-рамнозид, лютеолин, кумарин, кверцетин, рутин, апигенин и аментофлавон [36].

С использованием стационарной фазы С18 проанализированы экстракты жмыхов подсолнечника, льна и кориандра, результаты представлены на рис. 2. В качестве примера на рис. 2 также приведена хроматограмма экстракта кофе.

Для определения хлорогеновых кислот в растительных объектах использован градиентный режим (рис. 2). Изомерные хлорогеновые кислоты разделяли на первом изократическом отрезке. В исследованных образцах жмыхов обнаружили три изомерные хлорогеновые кислоты (3-кофеоилхинная (3CQA), 4-кофеоилхинная (4CQA) и 5-кофеоилхинная (5CQA)). Содержание 5-кофеоилхинной кислоты в

Таблица 2. Хроматографические параметры определения аминокислот в гидролизатах жмыхов льна, подсолнечника и кориандра

Table 2. Chromatographic parameters for the determination of amino acids in hydrolysates of flax, sunflower, and coriander press cakes.

№ хроматографической зоны	Лен	Подсолнечник	Кориандр	Аминокислота
	R_f	R_f	R_f	
1	0.25	0.23	0.23	Лизин
2	0.63	-	0.63	-
3	0.69	0.68	-	-
4	0.79	0.79	-	Треонин
5	0.81	0.80	0.81	Метионин
6	-	-	0.85	Валин
7	0.88	0.88	-	Фенилаланин

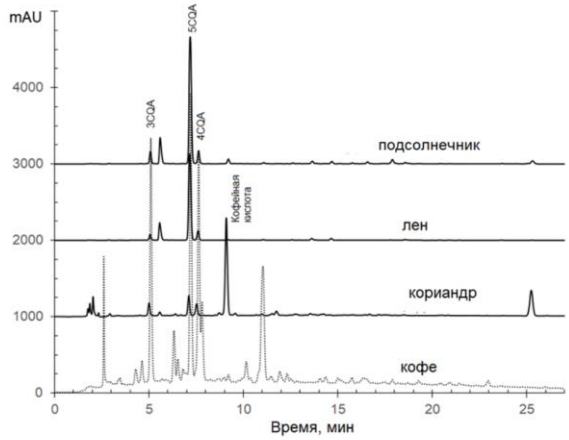


Рис. 2. Разделение компонентов экстрактов жмыхов льна, подсолнечника и кориандра
Fig. 2. Separation of components in extracts of flax, sunflower, and coriander press cakes.

жмыхах подсолнечника и льна составило 0.08-1.2%, 3-кофеоилхинной кислоты – 0.04-0.08%, а 4-кофеоилхинной – 0.08-0.12% во всех анализируемых образцах.

Заключение

Отходы производства растительного масла часто выбрасываются без дальнейшего применения, хотя некоторые продукты вторичного производства используются повторно. Однако значительная их часть остается использована в недостаточной мере, несмотря на потенциал этих материалов как ценного вторичного ресурса. В жмыхах подсолнечника, льна и кориандра присутствует остаточное количество масла. Исследование состава жирных кислот указывает на наличие преимущественно ненасыщенных жирных кислот. Преобладающими жирными кислотами являются олеиновая и линолевая кислоты. Кроме того, жмыхи богаты аминокислотами и хлорогеновыми кислотами. Таким образом жмыхи подсолнечника, льна и кориандра могут служить ресурсом для производства нутрицевтиков, функциональных пищевых продуктов, а также альтернативным источником жирных, амино- и хлорогеновых кислот.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет известных финансовых конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в этой статье.

Список литературы/References

1. Gutiérrez C., Rubilar M., Jara C., Verdugo M., Sineiro J., Shene C. *J. Soil Sci. Plant Nutr.,* 2010; 10(4): 454-463.

2. Aleshin D.E., Buryakov N.P., Kosolapova V.G., LaptevG.Yu., Il`ina L.A., Ivanova O.E., Kostennikov V.I., Novosad A.C. *Kormoproizvodstvo*, 2024; 4: 35-40. https://doi.org/10.30906/1562-0417-2024-4-35-40 (In Russ.)

3. Yanova M.A., Snegireva N.V., Xizhnyak S.V. *Ximiya rastitelnogo syr`ya*, 2022; 2: 253-259. https://doi.org/10.14258/jcprm.20220210127 (In Russ.)

4. Minevich I.E`., Osipova L.L., Ushhapovskij I.V., Abramov D.V., Krayushkina V.N. *Xleboprodukty*, 2019; 8: 34-37. (In Russ.)

5. Kolotov A.P., Ly`sov A.V. *APK Rossii*, 2022; 29(3): 321-325. https://doi.org/10.55934/2587-8824-2022-29-3-321-325 (In Russ.)

6. Zhiyenbayeva S.T., Yermukanova A.M., Kultayeva D.S., Mrkvicova E. *The Journal of Almaty Technological University*, 2025; 73(3): 207-215.

7. Petraru A., Amariei S., Senila L. *Foods*, 2025; 14: 1087. https://doi.org/10.3390/foods14071087.

8. Petraru A., Ursachi F., Amariei S. *Plants*, 2021; 10: 2487. https://doi.org/10.3390/plants10112487.

9. Hadidi M., Aghababaei F., McClements D.J. *Food Hydrocolloids*, 2024; 147(Part A): 109329. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109329

10. Albe Slabi S., Mathe C., Basselin M., Framboisier X., Ndiaye M., Galet O. *Food Chemistry*, 2020; 317: 126423/

11. Vasilenko Z.V., Bolashenko T.N., Kucherova E.N. *Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta prodovol`stviya*, 2017; 22(1): 23-27.

12. Volonchuk S.K., Nicievskaya K.N., Stankevich S.V. *Polzunovskij vestnik*, 2022; 3: 88-94. https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.012 (In Russ.)

13. Sriti J., Bettaieb I., Bachrouch O., Talou T., Marzouk B. *Arabian Journal of Chemistry*, 2019; 12(7): 1765-1773. https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.11.043

14. Sriti J., Neffati M., Msaada K., Talou T., Marzouk B. *Journal of Chemistry*, 2013; 1-6. https://doi.org/10.1155/2013/871631

15. Farag S.E., Salem R.H., El H.G. *J. Food Industries & Nutr. Sci.,* 2012; 2(2): 197-208.

16. Usenya Yu.S., Garlinskaya M.I., Sadovskaya A.V., Filatova L.V., Roslik V.L. *Pishhevaya promyshlennost: nauka i texnologii*, 2020; 13(1): 28-35. (In Russ.)

17. Shhekoldina T.V., Kudinov P.I., Bochkova L.K., Sochiyancz G.G. *Izvestiya vuzov. Pishhevaya texnologiya*, 2010; 2-3: 50-52. (In Russ.)

18. Shmakov P.F., Chaunina E.A., Shabasheva E.I. *Kormlenie selskoxozyajstvennyx zhivotny`x i kormoproizvodstvo*, 2008; 7: 66-72. (In Russ.)

19. Yanova M.A., Snegireva N.V., Xizhnyak S.V. *Ximiya rastitelnogo syr`ya,* 2022; 2: 253-259. https://doi.org/10.14258/jcprm.20220210127. (In Russ.)

20. Vasilenko Z.V., Bolashenko T.N., Kucherova E.N. *Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta prodovol`stviya*, 2017; 22(1): 23-27. (In Russ.)

21. Snegireva N.V., Yanova M.A. *Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy` razvitiya, Krasnoyarsk*, 2022; 257-259. (In Russ.)

22. Srity J., Bachrouch O., Bettalieb I. *Arabian Journal of Chemistry*, 2014; 44(7): 1-9.

23. Evon P., Labonne L., Valerie S. *Handbook of Coriander (Coriandrum sativum): Chemistry, Functionality and Applications*, 2023; 261-286.

24. Neffati M., Msaada K., Talou T. *Journal of Chemistry*, 2013; 1: 1-6.

25. Buryakov N.P., Zotov A.I., Novosad A.S. *Kombikorma*, 2024; 4: 43-46. (In Russ.)

26. Ostroumov L.A. Sposob polucheniya smesi aminokislot iz otxodov pererabotki syrya zhivotnogo ili rastitel`nogo proisxozhdeniya, Patent RF № 2457689, 2012. (In Russ.)

27. Farah A., Dodadgelo C.M. *Braz. J. Plant Physiol*., 2006; 18(1): 23-26.

28. Dejneka V.I., Xlebnikov V.A., Sorokopudov V.N., Anisimovich I.P. *Ximiya rastitelnogo syr`ya*, 2008; 1: 57-61. (In Russ.)

29. Ivankin A.N., Oliferenko G.L., Kulikovskij A.V., Chernuxa I.M., Semenova A.A., Spiridonov K.I., Nasonova V.V. *J. of Analytical Chemistry*, 2016; 71(11): 1188-1195.

30. Garaeva S.N., Redkozubova G.V., Postolati G.V. Aminokisloty` v zhivom organizme, Kishinev, 2009; 550. (In Russ.)

31. Hadidi M., Ibarz A., Pouramin S. *Food Chem.*, 2021; 334: 127613. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127613.

32. Zaxarchuk D.D., Boltovskij V.S. *Trudy BGTU. Seriya 2: Ximicheskie texnologii, biotexnologiya, geoekologiya*, 2024; 2: 77-91. (In Russ.)

33. Mueed A., Shibli S., Korma S.A., Madjirebaye P., Esatbeyoglu T., Deng Z. *Foods*, 2022; 11: 3307. https://doi.org/10.3390/foods11203307.

34. Shapovalova I.E., Fedyakina Z.P., Demidov I.N., Matveeva T.V. *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovy`x texnologi*, 2013; 6(63): 39-41. (In Russ.)

35. Pedrosa M.M., Muzquiz M., Garcıa-Vallejo C., Burbano C., Cuadrado C., Ayet G., Robredo L.M. *J. Sci. Food Agric*., 2000; 80: 459-464.

36. Sriti J., Aidi Wannes W., Talou T., Ben Jemia M., Kchouk M., Marzouk B. *Riv. Ital. Sostanze Grasse*, 2012; 89: 253-262. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Н.А. Беланова – к.х.н; доцент кафедры аналитической химии Воронежского государственного университета, Воронеж, Россия

Д.И. Дейнека – профессор кафедры общей химии, доктор химических наук, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

В.Ф. Селеменев – д.х.н., проф. каф. аналитической химии, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

А.В. Ульяновская – студент химического факультета, Воронежский государственный университет, Российская Федерация

А.М. Сычев – науч. сотр. лаборатории зеленой химии и биотехнологии Воронежского государственного университета, Воронеж, Россия

N.A. Belanova – PhD, assistant professor of Analytical Chemistry Department of Chemistry Faculty, Voronezh State University, Voronezh; Russia, e-mail: belanovana@mail.ru

V.I. Deineka – Professor of General Chemistry Department. Dr. Sci. (Chemistry), Belgorod State University, Belgorod, Russian Federation, e-mail:deineka@bsuedu.ru

V.F Selemenev – DSci in chemistry, Voronezh State University, Voronezh, Russia, e-mail: common@chem.vsu.ru

A.V. Ulyanovskaya – student of the Faculty of chemistry, Voronezh State University, Russian Federation

A.M. Sychev – Associate Professor, Ph.D., Associate Professor, Department of Information Systems, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

Статья поступила в редакцию 31.03.2026; одобрена после рецензирования 14.04.2026; принята к публикации 15.04.2026.
The article was submitted 31.03.2026; approved after reviewing 14.04.2026; accepted for publication 15.04.2026.