

УДК 543.452

Оптические методы в исследовании масляных экстрактов и шротов растительного сырья

Л.В. Плотникова, У.Ю. Нечипоренко, Н.А. Плотникова,
 д-р техн. наук М.В. Успенская, д-р техн. наук А.Л. Ишевский
 E-mail: ljusja@mail.ru

Университет ИТМО
 191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Исследовали кинетику экстракции и экстрактивные свойства разных органов растений тремя независимыми оптическими методами – рефрактометрии, инфракрасной и впервые примененной электронной спектроскопии отражения (ЭСДО). Проведено сравнительное исследование сухого измельченного лекарственного и пряно-ароматического растительного сырья различной природы, его масляных экстрактов и шротов, полученных в процессе горячей вытяжки рафинированным подсолнечным маслом. Объектами изучения выбраны зверобой, аир, имбирь, чистотел, календула, крапива (трава, цветы, корни). Объем жидкой фазы в экспериментальных сериях составлял – 50 мл, масса измельченного (< 0,5 мм) сырья – 5 г. Экстракция проводилась на водяной бане 90°C в течение часа. Полученные образцы хранились при комнатной температуре шесть месяцев при периодическом перемешивании, перед измерением экстракт центрифугировали. Выявлено, что сухой чистотел в отличие от остального сырья адсорбирует липидные компоненты масла-экстрагента, понижая его показатель преломления, жирность, йодное число и интенсивность полос поглощения липидов в электронных спектрах экстрактов. При этом в спектре шрота, по сравнению с сухим сырьем, интенсивность этих полос возрастает. Показано, что для целенаправленного создания свойств масляных экстрактов и шротов и эффективности экстрактивно-адсорбционных процессов необходим экспериментальный подбор пар (масло–сырье), а также перспективность использования метода ЭСДО при контроле и изучении процессов масляной экстракции из растительного сырья. Отсутствие экстракции маслом белковых и углеводных компонентов во всех случаях подтверждают ИК спектры сухого сырья и его масляных шротов.

Ключевые слова: масляные экстракты; масляные шроты растительного сырья; инфракрасная спектроскопия; электронная спектроскопия отражения, рефрактометрия.

DOI: 10.17586/2310-1164-2017-10-3-33-42

Optical methods in the study of oil extracts and meals of vegetable raw materials

Lyudmila V. Plotnikova, Ul'yana Yu. Nechiporenko, Natal'ya A. Plotnikova,
 D.Sc. Mayya V. Uspenskaya, D.Sc. Aleksandr L. Ishevskiy
 E-mail: ljusja@mail.ru

ITMO University
 9, Lomonosov str., St. Petersburg, 191002, Russia

The article deals with the methods of refractometry, infrared and, for the first time applied, reflectance electron spectroscopy of the dry crushed medicinal and aromatic raw materials of different nature, thier oil extracts, and meals obtained in the process of their hot extraction by refined sunflower oil. To study the kinetics of extraction and extractive properties different part of the following plants were selected: St. John's wort, calamus, ginger, celandine, calendula, nettle (herb, flowers, and roots). During the experiments the mass of liquid was 50 ml, the one of grained (< 0.5 mm) raw materials – 5 g. Extraction was carried out for an hour by the use of water bath. The samples obtained were kept at the room temperature for six months with periodical agitation, the extract being centrifuged before measurements. It is showed that dry celandine, unlike the other kinds of the raw materials, adsorbs the lipid components of the oil extractant lowering its refractive index, fat content, iodine number, and the intensity of absorption bands in electronic spectra of lipid extracts. At the same time, in the spectrum of meal, compared with dry raw material, the intensity of these bands increases. The obtained data showed that for the purposeful creation of the oil extract and meal properties and for the efficiency of extraction-adsorption processes it is necessary experimental selection of pairs (oil-raw material), and the prospects of using reflectance electron spectroscopy method in the control and study of oil extraction processes

from plant material. The lack of oil extraction for protein and carbohydrate components is confirmed by IR spectra of the dry raw material and its oil meal in all cases.

Keywords: oil extracts; oil meal vegetable raw materials; infrared spectroscopy; electronic spectroscopy of reflection; refractometry.

Введение

При производстве масляных экстрактов (жирных масел) для повышения степени извлечения экстрагируемых соединений измельченное сухое растительное сырье выдерживают в масле, разогретом до 70–90°C. В получаемый экстракт обычно переходит до 5% липофильной (жирорастворимой) части содержащихся в сырье наиболее легко экстрагируемых веществ – жирные кислоты, жирорастворимые витамины, пигменты и другие жирорастворимые компоненты. Кроме того, экстракт получается не полностью нативным за счет термических и химических превращений ряда входящих в его состав биологически активных соединений. Из-за высокой температуры частично окисляются наиболее ценные провитамины А (каротиноиды), полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) классов омега-3 и омега-6. В таких экстрактах сохраняется более термоустойчивый витамин Е [1, 2]. Нерастворимыми веществами при этом остаются целлюлоза, гемицеллюлоза, крахмал, органические полимеры с высокой молекулярной массой, сахара, гликозиды, протеины, металлы и их соли. В настоящее время в пищевой и смежных отраслях промышленности все шире применяются масляные и эфирные экстракты, полученные по новой безотходной технологии XXI века – обработкой биологического сырья сжиженным диоксидом углерода [3–5].

Привлекательной особенностью измельченных масляных шротов (нем. shrot – побочные продукты любого экстракционного производства) является то, что в них почти полностью сохраняется гидрофильная (водорастворимая) часть, содержащая такие ценные вещества, как водорастворимые витамины, аминокислоты, белки, углеводы и микроэлементы, в которых заложен огромный профилактический и терапевтический потенциал. Использование масляных шротов из пищевого и лекарственного растительного сырья в качестве высоко активных и полезных пищевых добавок [6, 7] обогащает продукты питания хлебобулочного, кондитерского, мясного, рыбного, молочного, овощного, масложирового производств и пр. В медицинской практике перспективны целенаправленно созданные масляные композиции порошковых шротов, например, при использовании в виде покрытий в раневой и ожоговой терапии [8, 9].

Поскольку процесс извлечения масел из растительного сырья практически ограничивается липофильными веществами, представилось логичным проведение комплексного исследования масляных экстрактов и шротов методами рефрактометрии, инфракрасной спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (ИКС НПВО) и электронной спектроскопии диффузного отражения (ЭСДО), дающих отклик на их наличие. Метод рефрактометрии – один из ведущих оптических экспресс методов в исследовании и оценке качества, природы, сортности масел и масляных экстрактов и обнаружения их фальсификата по показателям преломления и йодного числа в масло-жировой промышленности. С увеличением содержания ненасыщенных жирных кислот оба параметра неизбежно возрастают и наоборот [10–12].

При всех бесспорных достоинствах (возможность структурного анализа, анализа на содержание транс-изомеров ПНЖК, их перекисных соединений и др. [13–15]), ИКС, являясь методом группового анализа по составу функциональных группировок [16, 17], для разных масел дает спектры, практически накладывающиеся друг на друга. Литературные данные по сравнительному исследованию спектральных характеристик сухого растительного сырья, его масляных экстрактов, шротов и масла-экстрагента методами ИКС НПВО и ЭСДО отсутствуют. Однако для обоих методов типично проявление характеристических полос в определенных диапазонах электромагнитного спектра, обусловленных присутствием карбонильных С=О-группировок в структурных блоках липидных компонентов [18]. Это позволило предположить возможность наблюдения процессов экстракции липидов по увеличению интенсивности соответствующих полос в спектрах экстрактов по отношению к экстрагенту и уменьшение в спектрах шротов по сравнению с сухим сырьем.

В связи с этим, целью данной работы явилось сравнительное исследование методами рефрактометрии, ЭСДО и ИКС НПВО сухого сырья, масляных экстрактов и шротов, полученных из него по традиционной технологии.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись: сухое измельченное растительное сырье (трава, цветы, корни – таблица), его экспериментальные масляные экстракты и шроты на основе рафинированного подсолнечного масла «Дары Кубани». Объем жидкой фазы в экспериментальных сериях составлял 50 мл, масса измельченного (< 0,5 мм) сырья – 5 г. Экстракция проводилась на водяной бане (90°C) в течение часа. Полученные образцы хранились при комнатной температуре шесть месяцев при периодическом перемешивании, перед измерением экстракт центрифугировали.

Методом рефрактометрии исследовались показатель преломления (n_D) для натриевой линии спектра $\lambda = 589$ нм, % (относ.) жира и йодное число (ИЧ), суммарно характеризующее ненасыщенность жирных кислот и жирорастворимых соединений в составе масла и масляных экстрактов. Измерения проводились на цифровом рефрактометре АВВЕМАТ-200 фирмы Anton Paar GmbH (с модулем автоматического термостатирования исследуемого образца) при 40°C.

Колебательные спектры сухого растительного сырья, масла-экстрагента, масляных экстрактов и шротов получали методом ИК спектроскопии НПВО на ИК Фурье спектрометре Tensor 37 фирмы Bruker (Германия), управляемым программным пакетом OPUS со стандартными градуировочными возможностями, в диапазоне частот 4000–600 см⁻¹ в формате поглощения. Для получения спектров на элемент-НПВО наносилась капля жидкого образца, сухое сырье и шроты фиксировались на его грани прижимным устройством.

Электронные спектры диффузного отражения $A(\lambda)$ исследуемых образцов снимали на спектрофотометре Specord M-200 (AIZ Engineering GmbH, Германия) относительно эталона Spectrolon в диапазоне длин волн 200–700 нм. Спектры жидких систем получали в кювете с вкладышем, лучшим материалом для которого является материал эталона, используемый в конкретной конструкции прибора. Все экспресс-методы просты и не требуют специальной пробоподготовки для проведения анализа.

Результаты и их обсуждение

В состав экспериментальной серии получения масляных вытяжек вошло лечебное и пряно-ароматическое растительное сырье (таблица). Характер кинетических кривых изменения йодного числа при хранении образцов, приведенных на рисунке 1, указывает не только на зависимость скорости экстракции и количества экстрагируемых веществ от природы растительного сырья, но и на противоположную направленность этих процессов, о чем говорит снижение йодного числа масла-основы при контакте с сырьем чистотела.

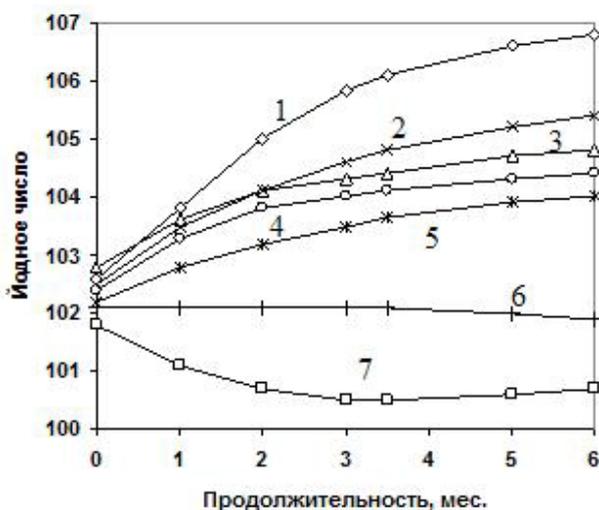


Рисунок 1 – Изменение йодного числа масляных экстрактов при хранении: 1 – зверобой; 2 – имбирь; 3 – аир; 4 – календула; 5 – крапива; 6 – основа; 7 – чистотел

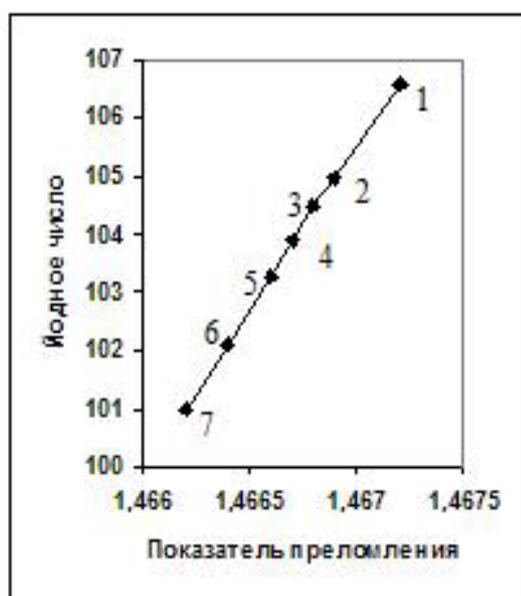
Таблица – Результаты рефрактометрического исследования серии масляных экстрактов растительного сырья через 6 месяцев хранения

№ п/п	Растительное сырье	Показатель преломления nD	Йодное число, ИЧ	% жира (относ.)
1	Зверобой (трава)	1,4672	106,6	61,3
2	Аир (корень)	1,4669	105,0	60,9
3	Имбирь (корень)	1,4668	104,5	60,8
4	Календула (цветы)	1,4667	103,9	60,7
5	Крапива (трава)	1,4666	103,3	60,5
6	Основа (масло Дары Кубани)	1,4664	102,1	60,5
7	Чистотел (трава)	1,4662	101,0	59,8

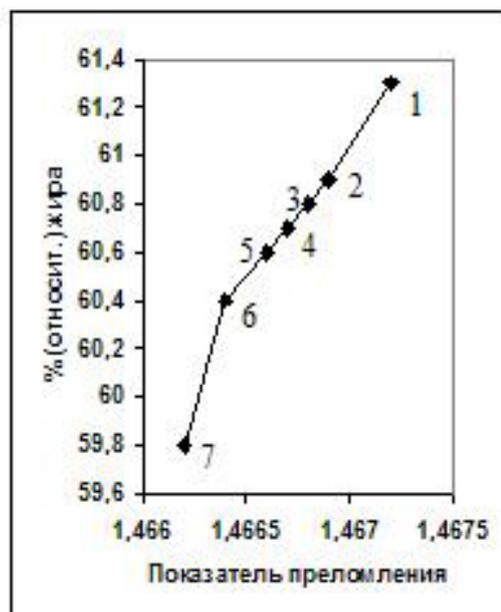
В таблице 1 представлены результаты рефрактометрического исследования экспериментальной серии масляных экстрактов через шесть месяцев хранения. Графическая обработка полученных данных (рисунок 2) позволила наблюдать отмеченную «аномалию» на зависимостях

$$\text{ИЧ} = f(n_D) \text{ и } \% \text{ жира} = f(n_D).$$

Чистотел, по сравнению с другим сырьем данной экспериментальной серии, понижал все рефрактометрические показатели масла-экстрагента. Следует отметить, что в отличие от зверобоя, являющегося одним из сильнейших антиоксидантов и содержащего значительное количество биофлавоноидов, в составе чистотела обнаружено 26 различных алкалоидов, плохо поддающихся восстановлению. В зверобое алкалоиды присутствуют в следовых количествах [19, 20].



а)



б)

Рисунок 2 – Масляные экстракты растительного сырья:
1 – зверобой; 2 – имбирь; 3 – аир; 4 – календула; 5 – крапива; 6 – основа; 7 – чистотел

В задачу данной работы входило сравнительное исследование спектральных характеристик сухого измельченного растительного сырья, его масляного экстракта и шрота. В качестве объектов сравнения выбраны зверобой и чистотел, наиболее различающиеся по своим экстрактивным свойствам, а также масло-основа.

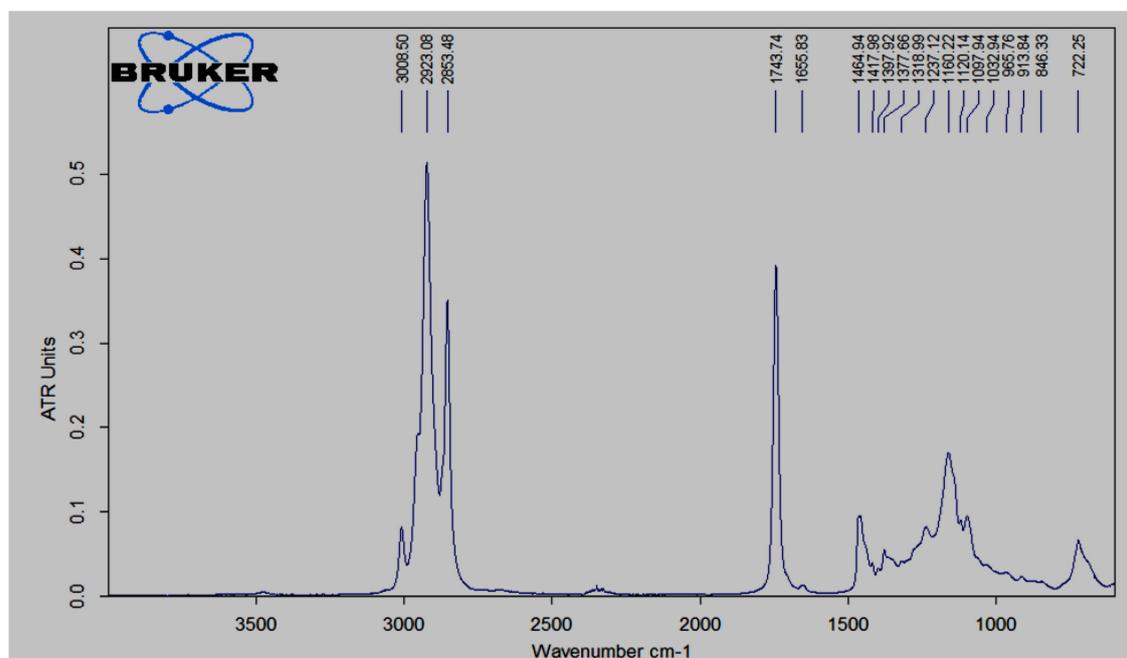


Рисунок 3 – ИК спектр подсолнечного рафинированного масла Дары Кубани – экстрагента

В спектре масла-основы (рисунок 3) присутствуют две очень интенсивные полосы поглощения 2923,08 и 2853,46 cm^{-1} , обусловленные симметричными и асимметричными валентными колебаниями CH_n -группировок и полоса средней интенсивности 3008,56 cm^{-1} , принадлежащая валентным колебаниям CH -групп при двойной связи ($\nu_{=\text{CH}}$), что подтверждается наличием слабой полосы ее деформационных колебаний (722 cm^{-1}), в структуре *цис*-диенов [16, 17].

Очень слабая полоса при 1655,83 cm^{-1} связана с колебаниями связи $>\text{C}=\text{C}<$, а интенсивная полоса 1743,74 cm^{-1} – с валентными колебаниями $\text{C}=\text{O}$ -группы остатков ненасыщенных жирных кислот в составе триглицеридов. Серия полос в области 1464,94–1417,96 cm^{-1} может принадлежать деформационным колебаниям CH_3 -, CH_2 -группировок и OH -группам свободных кислот. Полоса 1160 cm^{-1} , присутствующая в спектрах всех растительных масел, относится к валентным колебаниям связи $\text{C}-\text{O}$, а полоса 1237 cm^{-1} – к эфирной группе (ν_{COC}).

На рисунках 4 и 5 приведены ИК спектры сухого измельченного сырья зверобоя и чистотела (кривые 1), их масляных экстрактов (кривые 2) и шротов (кривые 3).

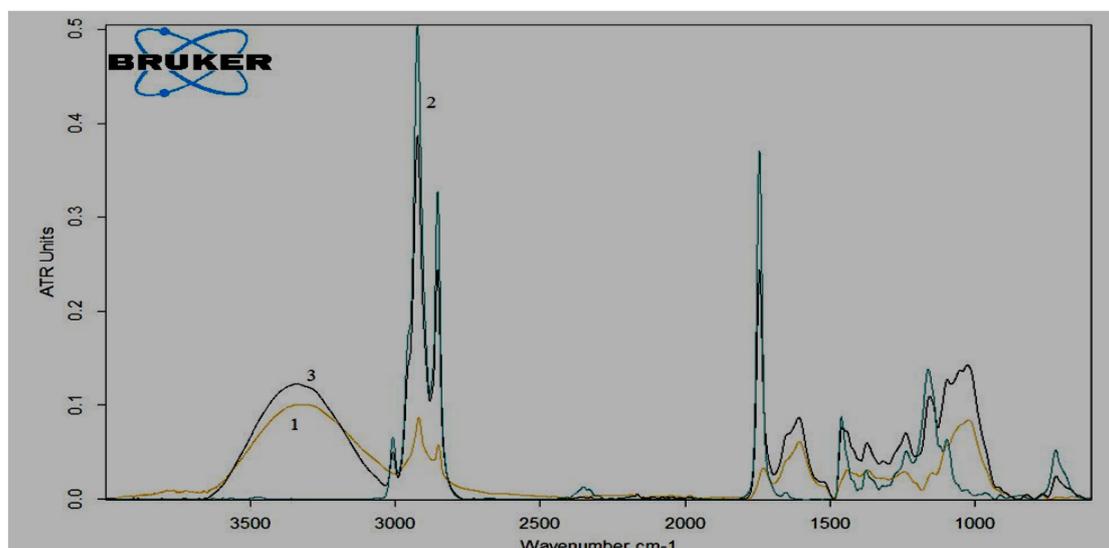


Рисунок 4 – ИК спектры сухого измельченного (1), масляного экстракта (2), масляного шрота (3) зверобоя

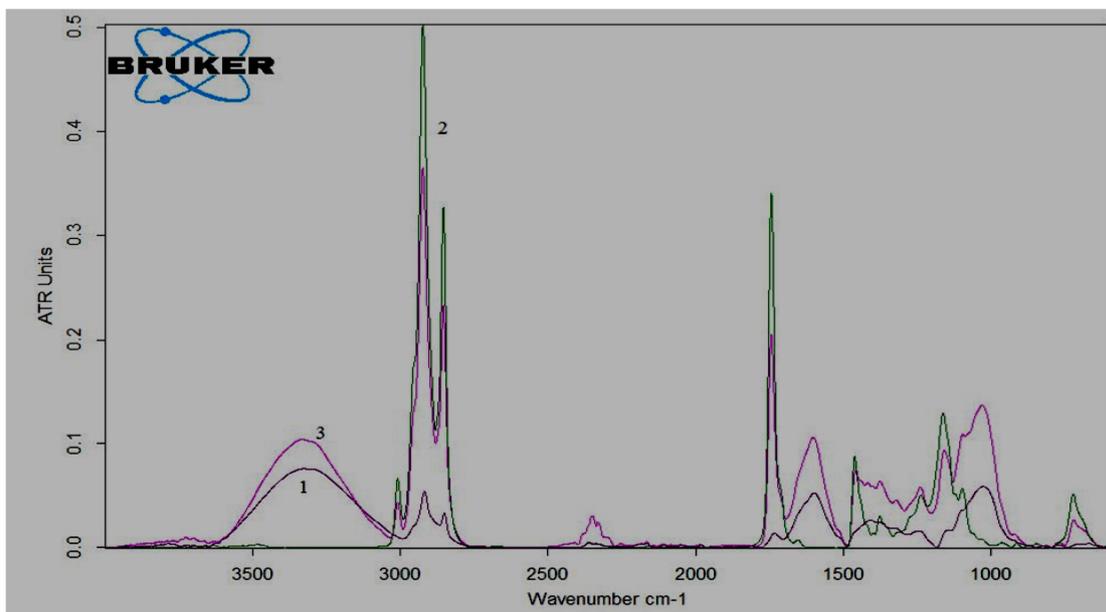


Рисунок 5 – ИК спектры сухого измельченного (1), масляного экстракта (2), масляного шрота (3) чистотела

Сопоставление представленных данных показывает, что в спектрах масляных вытяжек, также как и в спектре экстракта (рисунок 3), нет полос в трех областях: 3294–3296; 1800–1500 и 1030–800 см⁻¹, но которые присутствуют в спектрах сухого сырья и шротов. Данный экспериментальный факт подтверждает то, что такие ингредиенты, как белковые и углеводные компоненты не затронуты процессом масляной экстракции. Согласно литературным данным [16], это области суммарного проявления соответственно валентных симметричных и асимметричных колебаний NH_n- и OH-групп всех компонентов их содержащих; C=O-группировок белков, в том числе и пептидных связей; и третья область – область возможного проявление моно- и полисахаридов.

На рисунке 6 приведены электронные спектры трех исследуемых вариантов образцов зверобоя и чистотела, из которых видно, что при набухании сухого сырья в масле в обоих случаях наблюдается подъем спектральной кривой в области длин волн выше 380 нм. Однако изменение интенсивности полос в интервале 305–380 нм, где обычно проявляют себя липидные компоненты [21], для них имеет место противоположное направление по отношению к сухому образцу – снижение в спектре шрота зверобоя и увеличение в спектре шрота чистотела.

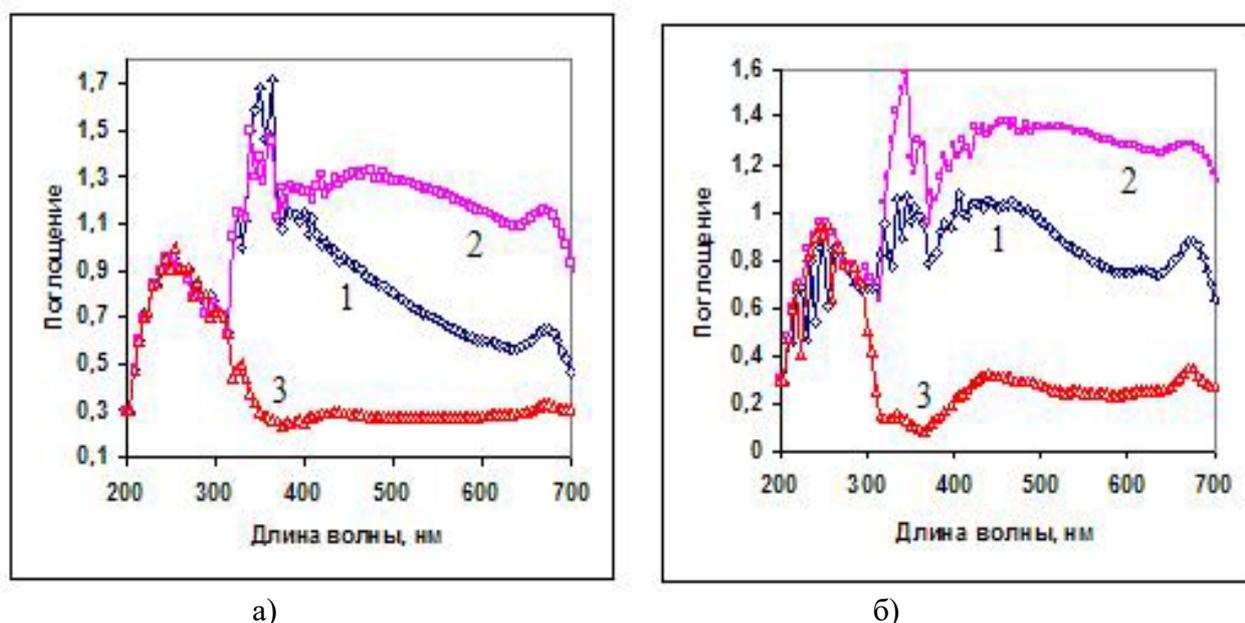


Рисунок 6 – ЭСДО спектры сухих измельченных (1), масляных экстрактов (2), масляных шротов (3): а) – зверобоя, б) – чистотела

В области 250–270 нм могут регистрироваться карбонильные и эфирные группы жирорастворимых витаминов, антиоксидантов и других непредельных циклических и алифатических соединений. Полосы при 430 и 680 нм в спектрах обоих образцов обусловлены пигментными веществами (хлорофилл, каротиноиды), которые, как видно по кривым (3), в разной степени, но извлекаются маслом, придавая более ярко выраженную и насыщенную зеленую окраску экстракту чистотела.

Сопоставление кривых светопоглощения экстрактов зверобоя и чистотела со спектром масла-экстрагента (рисунок 7), прогретого в течение часа на водяной бане (90°С) и хранившегося 6 месяцев, также показало разнонаправленное изменение интенсивности полос в области 320 нм. Снижение интенсивности данной полосы в спектре масляного экстракта чистотела говорит о том, что он частично отбирает у растворителя липидные составляющие, укрепляя тем самым свои структурные связи, на что указывает небольшой (~10 нм) гипсохромный сдвиг правой ветви глобального максимума. Напротив, в спектре экстракта зверобоя правая ветвь глобального максимума сдвинута батохромно – в область более низких частот. Наблюдаемые экспериментальные факты подтверждают возможность адсорбции – извлечения чистотелом липидных компонентов из масла-экстрагента и указывают на реальность обменных процессов между экстрагентом и сухим сырьем.

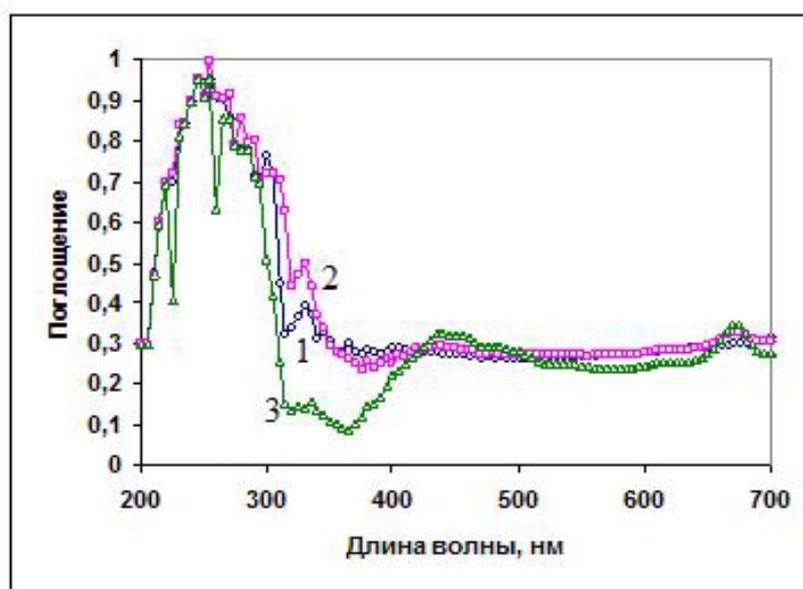


Рисунок 7 – ЭСДО спектры подсолнечного масла Дары Кубани (1), масляных экстрактов зверобоя (2) и чистотела (3)

Известно [2], что качество продукта, произведенного из растительного сырья, зависит от многих факторов: вида, сорта, районирования, климатических условий, времени сбора, условий сушки и хранения, технологических схем производства и их параметров, качества масляного экстрагента. На рисунке 8 приведены электронные спектры поверхности двух сухих измельченных образцов чистотела, выращенных в разных климатических условиях. Образец № 1 (Оренбургская область, г. Орск) после сушки имел ярко зеленую окраску, образец № 2 (Ленинградская область, Гатчинский район, поселок Новинка) – желтовато-зеленый цвет. Органолептически различия обусловлены в основном разным содержанием каротиноидов и хлорофилла, существующего в нескольких модификациях (а, в, с, d), которые отличаются системой сопряженных связей в молекуле и заместителями, а, следовательно, и спектральными характеристиками. Все растения и оксифотобактерии в качестве основного пигмента содержат сине-зеленый хлорофилл «а», а в качестве дополнительного – зелено-желтый хлорофилл «в» (все высшие растения, зеленые и эвгленовые водоросли). Спектр поглощения хлорофилла «а» и «в» имеют два ярко выраженных максимума: 640– 660 нм и 430–450 нм соответственно. Следует отметить, что хлорофилл зеленых растений является мембраностабилизатором, замедляет процессы разрушения тканей, активизирует действие ферментов, обладает антиканцерогенными и другими важными биологическими свойствами [22].

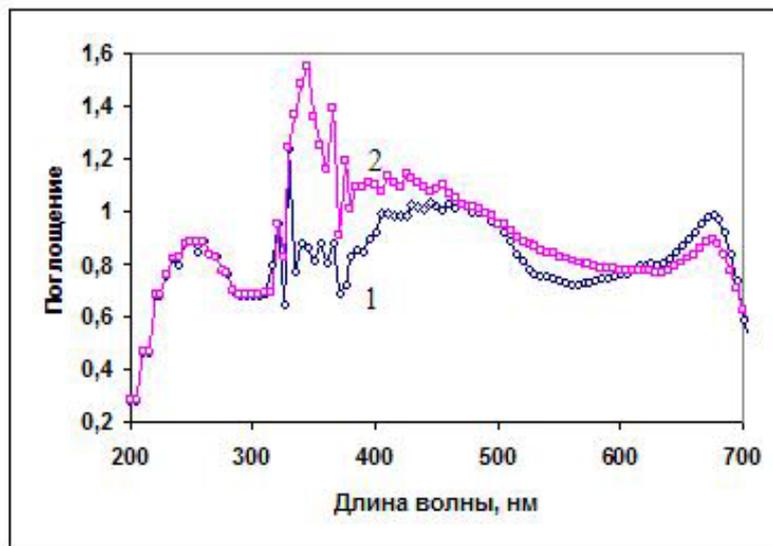


Рисунок 8 – ЭСДО спектры двух сухих измельченных образцов чистотела большого разного районирования

Наиболее заметна разница в спектральных характеристиках представленных образцов чистотела в области 320–380 нм, где поглощают липофильные компоненты. Известно, что многолетние растения одного и того же вида, произрастающие в северных и южных широтах, отличаются по содержанию полиненасыщенных жирных кислот. Жители северных районов, защищая себя от вымерзания, запасают большее количество липидных компонентов с большим содержанием в их структуре кратных С=С связей, обладающих более высокой энергоемкостью.

Практически все пищевые продукты (животного и растительного происхождения) и их ингредиенты обладают в той или иной мере лечебно-профилактическими свойствами [22, 23]. Однако химический состав и механизмы биологического действия большинства из них не изучены или изучены недостаточно. После достаточно длительного увлечения синтетическими препаратами и пищевыми добавками всплеск интереса к природным источникам сырья делает как никогда актуальным привлечение к научным исследованиям расширенного арсенала современных методов, к числу которых относятся методы спектроскопии отражения – ИКС НПВО и ЭСДО – и современных приборов.

Заключение

Исследование серии сухого измельченного растительного сырья, его масляных экстрактов и шротов показали согласованность данных, полученных тремя независимыми оптическими методами – рефрактометрии, ИКС НПВО и ЭСДО. Отмечено, что в процессе получения масляных экстрактов, в зависимости от природы растительного сырья, имеют место обменные экстрактивные и адсорбционные процессы между маслом-экстрагентом (подсолнечное) и сырьевым растительным материалом, что проявляется в разнонаправленном изменении интенсивности полос поглощения липидных компонентов в ЭСДО-спектрах экстрактов и шротов по отношению к спектрам сухого сырья и рефрактометрических показателей – преломления и йодного числа. Впервые полученные данные показали эффективность и перспективность метода ЭСДО и дают основание полагать, что экспериментальный подбор соответствующей пары (экстрагент–сырье) позволит целенаправленно получать не только масляные экстракты с заданным составом и свойствами, но и обогащать нужными компонентами шроты, что актуально для пищевой, фармацевтической промышленности, фитохимии, медицины и фитотерапии.

Литература

1. Шиков А.Н., Макаров В.Г., Рыженков В.Е. Растительные масла и масляные экстракты: технология, стандартизация, свойства. М.: Русский врач, 2004. С. 100–112.
2. Цинцадзе О.Е., Яичкин В.Н., Гулянов Ю.А., Каракулев В.В. Практикум по технологии производства растительных масел. Оренбург: Изд-во Оренбург. гос. аграрн. ун-та, 2007. 100 с.
3. Стасьева О.Н., Латин Н.Н., Касьянов Г.И. СО₂-экстракты компании Караван – новый класс натуральных пищевых добавок. Краснодар: Изд-во Краснодар. НИИ хранения и переработки, 2008. 324 с.
4. Кошевой Е.И., Блягоз Х.Р. Экстракция двуокисью углерода в пищевой промышленности. Майкоп: Изд-во Майкопск. гос. технолог. инст., 2000. 495 с.

5. Латин И.Н., Банашек В.М., Касьянов Г.И. Применение CO₂-экстрактов пряностей в мясной промышленности // Мясная индустрия. 2002. № 7. С. 29–33.
6. Паромчик И.И. Пряно-ароматические и лекарственные растения в технологиях получения биологически активных добавок и CO₂-экстрактов // Мясная индустрия. 2009. № 3. С. 45–49.
7. Сагайдак Г.А., Касьянов Г.И. Исследование процесса соэкстракции ценных компонентов из растительного сырья // Известия вузов. Пищевые технологии. 2004. № 2–3. С. 192–193.
8. Мизина П.Г. Фитопленки в фармации и медицине // Фармация. 2000. № 5. С. 38–40.
9. Корсун В.Ф., Трескунов К.А., Корсун Е.В., Мицконас А. Лекарственные растения в онкологии. СПб.: ЭКО-Вектор, 2017. 432 с.
10. Паронян В.Х., Скрябина Н.М. Аналитический контроль и оценка качества масложировой промышленности. М.: Дели принт, 2007. 312с.
11. Пилипенко Т.В. Использование современных методов исследования для контроля качества растительных масел // Труды XIII международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество» (Красноярск, 18–19 марта 2016 г.). Красноярск, 2016. С. 45–49.
12. Масла растительные: методы анализа. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 8 с.
13. Джатдоева А.А., Полимова А.М., Проскурнина Е.В., Владимиров А.Ю. Определение липидов и продуктов их окисления методом ИК-спектроскопии // Журн. аналит. химии. 2016. Т. 71. № 6. С. 570–576.
14. Alexa E., Dragomirescu A., Pop G., Jian C. and Dragos D. The use of FTIR spectroscopy in the identification of vegetable oils adulteration. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2009, n.7 (2), pp. 20–24.
15. Lerma-García M.J., Ramis-Ramos G., Herrero-Martínez J.M. and Simó- Alfonso E.F. Authentication of extra virgin olive oils by Fourier-transform infrared spectroscopy. *Food Chemistry*. 2010, n. 118, pp. 78–83.
16. Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. М.: Изд-во Москов. гос. ун-та, 2012. 55 с.
17. Преч Э., Бюльманн Ф., Афвольтер К. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. С. 251–318.
18. Нечипоренко А.П., Орехова С.М., Плотникова Л.В., Глазачева Е.Н., Волкова К.В., Успенская М.В. Специализированный практикум по физико-химическим методам анализа: электронная и ИК-спектроскопия отражения, люминесцентная и рентгенофлуоресцентная спектроскопия, рефрактометрия, термометрия, кинетическая рН-метрия, индикаторный метод – РЦА. Теория и практика. Часть II. Учебно-методическое пособие. СПб.: Изд-во Университета ИТМО, 2016. 178 с.
19. Луца В.И. Использование чистотела большого в медицине // Фитотерапия в Украине. 1996. № 3–4. С. 13–16.
20. Глянецев С., Катценштейн Л. Зверобой против депрессии или Секрет травы Иоанна Крестителя. М.: Крон-Пресс, 1998. 213 с.
21. Нечипоренко А.П., Успенская М. В., Орехова С.М., Плотникова Л. В., Плотников П.П., Ишевский А.Л. Спектроскопия отражения в исследовании мышечной ткани животного происхождения. Часть I // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2017. № 2. С. 29–39.
22. Формазюк В.И. Энциклопедия пищевых лекарственных растений. Киев: АСК, 2003. 792 с.
23. Корсун В.Ф., Трескунов К.А., Корсун Е.В., Мицконас А. Лекарственные растения в онкологии. СПб.: ЭКО-Вектор, 2017. 432 с.

References

1. Shikov A.N., Makarov V.G., Ryzhenkov V.E. *Rastitel'nye masla i maslyanye ekstrakty: tekhnologiya, standartizatsiya, svoistva* [Vegetable oil and oil extracts. Technology, standardization, properties]. Moscow, Russian doctor Publ., 2004. 264 p.
2. Tsintsadze O.E., Yaichkin V.N., Gulyanov Yu.A., Karakulev V.V. *Praktikum po tekhnologii proizvodstva rastitel'nykh masel* [Workshop on the technology of production of vegetable oils]. Orenburg, Orenburg. state. agrarian. university Publ., 2007. 100 p.
3. Stas'eva O.N., Latin N.N., Kas'yanov G.I. *SO₂-ekstrakty kompanii Karavan – novyi klass natural'nykh pishchevykh dobavok* [CO₂-extracts of company Caravan - a new class of natural food supplements]. Krasnodar, Krasnodar. Research Institute of Storage and Processing Publ., 2008. 324 p.
4. Koshevoi E.I., Blyagoz Kh.R. *Ekstraktsiya dvoukis'yu ugleroda v pishchevoi promyshlennosti* [Extraction with carbon dioxide in the food industry]. Maykop, Maikopsk. state. technologist. Institute Publ., 2000. 495 p.
5. Latin I.N., Banashek V.M., Kas'yanov G.I. *Primenenie SO₂-ekstraktov pryanoitei v myasnoi promyshlennosti* [The use of CO₂ extracts of spices in the meat industry]. *Meat industry*. 2002, no. 7, pp. 29–33.
6. Paromchik I.I. *Pryano-aromaticheskie i lekarstvennye rasteniya v tekhnologiyakh polucheniya biologicheskii aktivnykh dobavok i SO₂-ekstraktov* [Spicy aromatic and medicinal plants in the technologies for the production of bioactive additives and CO₂ extracts]. *Meat industry*. 2009, no. 3, pp. 45–49.

7. Sagaidak G.A., Kas'yanov G.I. Issledovanie protsessa soekstratsii tsennykh komponentov iz rastitel'nogo syr'ya [The study of the process of coextraction of valuable components from vegetative raw materials]. *Proceedings of high schools. Food technology*. 2004, no. 2–3, pp. 192–193.
8. Mizina P.G. *Fitoplenki v farmatsii i meditsine* [Fitoplenks in pharmacy and medicine]. *Pharmacy*. 2000, no. 5, pp. 38–40.
9. Korsun V.F., Treskuov K.A., Korsun E.V., Mitskonas A. *Lekarstvennye rasteniya v onkologii* [Medicinal plants in Oncology]. St. Petersburg, EKO-Vektor Publ., 2017. 432 p.
10. Paronyan V.Kh., Skryabina N.M. *Analiticheskiy kontrol' i otsenka kachestva maslozhirovoi promyshlennosti* [Analytical control and quality assessment of oil industry]. Moscow, Deli Publ., 2007. 312 p.
11. Pilipenko T.V. Ispol'zovanie sovremennykh metodov issledovaniya dlya kontrolya kachestva rastitel'nykh masel [The use of advanced techniques for quality control of vegetable oils]. *Proceedings of the 13th international scientific-practical conference "Food. Ecology. Quality"* (Krasnoyarsk, 18–19 march, 2016). Krasnoyarsk, 2016, pp. 45–49.
12. *Masla rastitel'nye: metody analiza* [Vegetable oils: methods of analysis]. Moscow, Publishing house of standards, 2001. 8 p.
13. Dzhatdоеva A.A., Polimova A.M., Proskurnina E.V., Vladimirov A.Yu. Opredelenie lipidov i produktov ikh okisleniya metodom IK-spektroskopii [Determination of lipids and products of their oxidation by the method of IR-spectroscopy]. *Journal of analytical chemistry*. 2016, V. 71, no. 6, pp. 570–576.
14. Alexa E., Dragomirescu A., Pop G., Jian C. and Dragos D. The use of FTIR spectroscopy in the identification of vegetable oils adulteration. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2009, n.7 (2), pp. 20–24.
15. Lerma-García M.J., Ramis-Ramos G., Herrero-Martínez J.M. and Simó- Alfonso E.F. Authentication of extra virgin olive oils by Fourier-transform infrared spectroscopy. *Food Chemistry*. 2010, n. 118, pp. 78–83.
16. Tarasevich B.N. *IK spektry osnovnykh klassov organicheskikh soedinenij* [The IR spectra of the main classes of organic compounds]. Reference materials. Moscow, Moscow State University Publ., 2012. 55 p.
17. Prech Je., Bjul'mann F., Affol'ter K. *Opredelenie stroenija organicheskikh soedinenij. Tablicy spektral'nykh dannyh* [Determination of structure of organic compounds. Tables spectral data]. Moscow, Binom. Laboratoriya znaniy Publ., 2006, pp. 251–318.
18. Nechiporenko A.P., Orehova S.M., Plotnikova L.V., Glazacheva E.N., Volkova K.V., Uspenskaja M.V. *Specializirovannyj praktikum po fiziko-himicheskim metodam analiza: jelektronnaja i IK-spektroskopija otrazhenija, ljuminescentnaja i rentgenofluorescentnaja spektroskopija, refraktometrija, termometrija, kineticheskaja rN-metrija, indikatornyj metod – RCA. Teorija i praktika* [A specialized workshop for physical-chemical analysis methods: electronic and infrared spectroscopy of the reflection, fluorescent and x-ray fluorescence spectroscopy, refractometry, thermometry, kinetic pH-metry, indicator method – DAC. Theory and practice]. Part 2. St. Petersburg, ITMO University Publ., 2016. 178 p.
19. Lushpa V.I. Ispol'zovanie chistotela bol'shogo v medicine [The use of celandine in medicine]. *Herbal medicine in Ukraine*. 1996, no. 3–4, pp. 13–16.
20. Gljancev S., Katsenshtejn L. *Zverboj protiv depressii ili Sekret travy Ioanna Krestitelja* [John's wort against depression or a secret herb St. John the Baptist]. Moscow, Kron-Press Publ., 1998. 213 p.
21. Nechiporenko A.P., Uspenskaja M.V., Orehova S.M., Plotnikova L.V., Plotnikov P.P., Ishevskij A.L. *Spektroskopija otrazhenija v issledovanii myshechnoj tkani zivotnogo proishozhdenija. Chast' I* [Reflection spectroscopy in the study of muscle tissue of animal origin. Part 1]. *Scientific journal NIU ITMO. Series. Processes and Food Production Equipment*. 2017, no. 2(32), pp. 29–39.
22. Formazjuk V.I. *Jenciklopedija pishhevyyh lekarstvennykh rastenij* [Encyclopedia of food medicinal plants]. Kiev, ASK Publ., 2003. 792 p.
23. Korsun V.F., Treskunov K.A., Korsun E.V., Mickonas A. *Lekarstvennye rasteniya v onkologii* [Medicinal plants in Oncology]. St. Petersburg, EKO-Vektor, 2017. 432 p.

Статья поступила в редакцию 06.08.2017