

УДК 543.421/424.635.32

МЕТОД РЕФРАКТОМЕТРИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ЖИРНЫХ МАСЕЛ И ИХ КУПАЖЕЙ КАК ЭКСТРАГЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

А.П. Нечипоренко^a, М.И. Мельникова^a, У.Ю. Нечипоренко^b, М.В. Успенская^a

^a Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация

^b ООО «МК «Народная медицина», Санкт-Петербург, 196234, Российская Федерация

Адрес для переписки: allanech2512@yandex.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию 16.04.18, принята к печати 11.05.18

doi: 10.17586/2226-1494-2018-18-4-588-594

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Нечипоренко А.П., Мельникова М.И., Нечипоренко У.Ю., Успенская М.В. Метод рефрактометрии в исследовании жирных масел и их купажей как экстрагентов растительного сырья // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. Т. 18. № 4. С. 588–594. doi: 10.17586/2226-1494-2018-18-4-588-594

Аннотация

Методом рефрактометрии выполнено исследование показателя преломления, йодного числа и относительного процента жирности серии промышленных растительных масел, их двух- и трехкомпонентных купажей и масляных экстрактов сухого измельченного лекарственного растительного сырья (травы зверобоя, чистотела и корня одуванчика). Масляные вытяжки растительного сырья получены на водяной бане при 90°C в течение часа с последующей выдержкой в течение пяти месяцев при комнатной температуре. Перед измерением экстракты очищались центрифугированием. Показано влияние природы, соотношения и порядка смешивания компонентов на оптические свойства моделируемых двух- и трехкомпонентных масляных композиций, обусловленное структурно-химическими преобразованиями триглицеридных ассоциатов индивидуальных масел в составе купажей. Отмечена выраженная селективность индивидуальных масел-экстрагентов, независимо от их принадлежности к определенной классификационной группе, и повышение экстрактивной способности купажированных композиций в отношении растительного сырья разной природы и его анатомических частей. Показано, что на избирательность экстрагентов оказывает влияние наличие в исследуемых гетерофазных системах параллельно протекающих противоположно направленных и также селективных процессов адсорбции растительным сырьем липофильных компонентов масел и их купажей.

Ключевые слова

растительные масла, масляные купажи, масляные экстракты, растительное сырье, метод рефрактометрии

REFRACTOMETRY METHOD IN STUDY OF FATTY OILS AND THEIR BLENDS AS EXTRACTANTS OF PLANT RAW MATERIALS

A.P. Nechiporenko^a, M.I. Mel'nikova^a, U.Yu. Nechiporenko^b, M.V. Uspenskaya^a

^a ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation

^b ООО МК "Traditional medicine", Saint Petersburg, 196234, Russian Federation

Corresponding author: allanech2512@yandex.ru

Article info

Received 16.04.18, accepted 11.05.18

doi: 10.17586/2226-1494-2018-18-4-588-594

Article in Russian

For citation: Nechiporenko A.P., Mel'nikova M.I., Nechiporenko U.Yu., Uspenskaya M.V. Refractometry method in study of fatty oils and their blends as extractants of plant raw materials. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2018, vol. 18, no. 4, pp. 588–594 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2018-18-4-588-594

Abstract

The paper presents the study of refraction index, iodine number and relative percentage of fat content of a series of industrial vegetable oils, their two- and three-component blends and oil extracts of dry crushed medicinal plant raw materials (St. John's wort, celandine and dandelion root) by refractometry method. Oil extracts of plant raw materials were obtained in a water bath at 90° C within an hour followed by exposure for five months at room temperature. Before measurement, extracts were

cleared by centrifuge process. We showed the influence of nature, ratio and mixing order of components on the optical properties of the simulated two- and three-component oil compositions due to structural and chemical transformations of triglyceride associates of individual oils in blends. The marked selectivity of individual oils-extractors was represented, regardless of their belonging to a certain classification group, as well as the increase in the extractive capacity of blended compositions in respect of plant raw materials of different nature and its anatomical parts. It was shown that the selectivity of the extractants is influenced by the presence of parallel running contra-directional and also the selective adsorption processes of lipophilic components of the oils and their blends by plant raw materials in the studied heterogeneous systems.

Keywords

vegetable oils, oil blends, oil extracts, plant raw materials, refractometry method

Введение

Природные жирные масла, отличающиеся необычайным разнообразием, представляют собой энергетический и строительный резерв, в разных количествах сосредоточенный в семенах, плодах и других органах растений (листья, цветы, стебли, корневая система). Их содержание колеблется в широких пределах – от 2 до 90% – и зависит от многих внутренних и внешних факторов: вид растения, географическое положение и климатические условия в районе произрастания, время сбора, условия хранения и технологии производства.

Как известно, основным критерием идентификации растительных масел, оценки их пищевой и биологической ценности является жирнокислотный состав триглицеридов. Примерно 75% растительных масел состоит в основном из триглицеридов четырех карбоновых кислот (насыщенной пальмитиновой, мононенасыщенной олеиновой, полиненасыщенных линолевой и линоленовой). Подавляющее большинство триглицеридов являются разнокислотными (смешанными) [1, 2]. Обычно одна-две кислоты в структуре триглицеридов доминируют, и эта особенность является основой классификации растительных масел по йодному числу, характеризующему степень их ненасыщенности. Однако биологическая ценность растительных масел зависит не только от жирнокислотного состава, но и от содержания в них комплекса сопутствующих веществ – фосфолипидов, стероидов, жирорастворимых витаминов, пигментов, восков, эфирных масел и других фитохимических соединений, которые присутствуют в растениях. Извлекаясь вместе с маслами и обладая синергизмом, они придают им богатый комплекс различных пищевых, профилактических и фитотерапевтических функций и свойств [3].

Способность масел растворять липофильные (жирорастворимые) вещества является основой традиционных технологий получения масляных экстрактов из лечебного и пряно-ароматического растительного сырья, давно и широко используемых в различных отраслях пищевой промышленности, косметологии, фармацевтической и медицинской практике [4–6]. При традиционном производстве масляных экстрактов для повышения степени извлечения экстрагируемых соединений измельченное сухое растительное сырье выдерживают в масле, разогретом до 70–90°C [1, 7]. В получаемый экстракт обычно переходит до 5% липофильной части содержащихся в сырье наиболее легко экстрагируемых веществ. 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 [8, 9].

Наряду с генной инженерией и работами селекционеров по созданию масличных культур с заданным жирнокислотным составом в последние полтора-два десятилетия эффективным технологическим приемом коррекции жирнокислотного состава растительных масел считается их купажирование (получение смесей) с использованием в качестве основы оливкового и льняного, обеспечивающих основное содержание жирных кислот ω -6 и ω -3 [10, 11]. В качестве дополнительных, корректирующих добавок рекомендуются кукурузное, виноградное, кедровое, горчичное, кунжутное, подсолнечное масла.

Для идентификации триглицеридного состава растительных масел все чаще применяются методы тонкослойной, бумажной и высокоэффективной жидкостной хроматографии [12, 13]. Стандартные химические методы определения чисел (йодного, перекисного, кислотного и др.) [1], практически с вековой историей, используются при контроле качества и выявлении возможного фальсификата. Из инструментальных методов одним из ведущих в масложировой промышленности остается рефрактометрия [14]. Величина рефрактометрического показателя преломления является критерием качества масел, в состав которых входит определенный набор жирных кислот, каждая из которых обладает характерными для нее показателем преломления и йодным числом. Даже при незначительных отклонениях жирных кислот в сторону увеличения непредельных жирных кислот или в сторону увеличения предельных жирных кислот происходит рост или падение их оптических характеристик.

Отсутствие литературных данных по исследованию купажей растительных масел, быстро входящих в сферу производства, а также появление новых технологий производства и новых видов промышленной продукции предопределило цель данной работы – сравнительное исследование методом рефрактометрии экстрактивной способности природных жирных масел и их купажей в отношении растительного сырья разной природы.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись растительные масла промышленного производства, их двух- и трехкомпонентные купажи и масляные экстракты измельченных (менее 0,5 мм) сухих образцов травы зверобоя продырявленного, чистотела большого и корня одуванчика лекарственного. В качестве экстрагентов использованы жирные масла I–III групп, классифицированные по йодному числу (таблица). Выбор экстрагентов осуществлялся на основании предварительного анализа серии масел на цифровом рефрактометре АВВЕМАТ-200 фирмы Anton Paar GmbH (Австрия) для желтой линии *D* натрия с модулем автоматического термостатирования исследуемого образца и основан на их доступности и максимальном различии по оптическим показателям в пределах одной группы.

Модельные системы купажей составлялись на базе масел из разных групп – оливкового, подсолнечного, льняного. Двухкомпонентные смеси получали при объемном соотношении масел 1:1. В трехкомпонентных композициях варьировался их состав и порядок смешивания (таблица).

Масляные вытяжки получали традиционным методом – экстракцией на водяной бане при 90°C в течение 1 часа, при соотношении массы сухого сырья и экстрагента $m(г)/V(мл) = 5/50$ и последующем выдерживании в течение 5 месяцев при периодическом перемешивании смеси. Перед измерением растворы экстрактов центрифугировали.

Оптические свойства растительных масел и их купажей

В таблице представлены рефрактометрические показатели (показатель преломления – n_D , йодное число – ИЧ, процент относительной жирности – %) для выборки (7 наименований) жирных растительных масел из расширенной серии с отнесением их к соответствующей группе (I–III) согласно классификации [1] по йодному числу, базирующейся на содержании доминирующей ненасыщенной кислоты: олеиновой (гр. I), линолевой (гр. II), линоленовой (гр. III), а также данные по исследованию двух- и трехкомпонентных купажированных масляных систем, составленных на основе масел из трех классификационных групп – оливкового, подсолнечного и льняного.

Номер	Образец. Состав купажей трехкомпонентных	Группа. Порядок смешивания	n_D	ИЧ	Процент жира (относ.)
Растительные масла из I–III групп					
1	Оливковое	I	1,4617	74,8	53,1
2	Персиковое	I	1,4670	105,3	60,0
3	Виноградное	II	1,4681	111,0	62,3
4	Подсолнечное	II	1,4674	107,8	61,0
5	Кедровое	II	1,4681	112,0	62,7
6	Льняное	III	1,4739	147,3	73,0
7	Рыжиковое	III	1,4704	125,7	66,2
Двухкомпонентные масляные купажи (1:1), порядок смешивания					
1	Оливковое + льняное	I + III	1,4673	107,4	60,5
2	Подсолнечное + льняное	II + III	1,4705	126,3	67,5
3	Оливковое + подсолнечное	I + II	1,4643	89,0	56,0
4	Льняное – оливковое	III – I	1,4635	85,2	55,9
5	Льняное – подсолнечное	III – II	1,4695	120,5	65,5
6	Подсолнечное – оливковое	II – I	1,4617	70,0	58,1
Трехкомпонентные масляные купажи. Состав (%), порядок смешивания					
1-1	65% + 30% + 5%	I+II+III	1,4648	92,7	57,7
1-2	30% + 65% + 5%	II+I+III	1,4643	89,8	56,9
1-3	65% + 5% + 30%	I+III+II	1,4640	88,0	56,5
1-4	30% + 5% + 65%	II+III+I	1,4636	86,0	55,9
2-1	30% + 65% + 5%	I+II+III	1,4641	88,9	56,7
2-2	65% + 30% + 5%	II+I+III	1,4648	98,7	59,2
2-3	30% + 5% + 65%	I+III+II	1,4653	95,4	58,4
2-4	65% + 5% + 30%	II+III+I	1,4643	89,8	56,9
3-1	35% + 35% + 30%	I+II+III	1,4640	88,2	56,5
3-2	35% + 35% + 30%	II+I+III	1,4661	101,3	59,7
3-3	35% + 30% + 35%	I+III+II	1,4669	105,2	61,0
3-4	35% + 30% + 35%	II+III+I	1,4666	103,1	64,8

Таблица. Результаты рефрактометрического анализа серии промышленных масел растительного происхождения и их купажей (оливковое (I гр.) – подсолнечное (II гр.) – льняное (III гр.))

Графическая обработка данных (рис. 1, а), представленных в таблице, показала линейные зависимости между рефрактометрическим показателем преломления, йодным числом (кр. 1, $ИЧ = f(n_D)$) и относительной жирностью (кр. 2, % (относ.) жира = $f(n_D)$) для выборки индивидуальных исследуемых масел. Аналогичная взаимосвязь между показателем преломления и йодным числом наблюдалась как для двухкомпонентных (рис. 1, б), так и для трехкомпонентных купажированных систем (рис. 1, в). Все полученные линейные зависимости увеличения показателя преломления и йодного числа адекватно отражают прирост содержания С=С связей в составе жирных кислот триглицеридов с увеличением степени их ненасыщенности при переходе исследуемых образцов от группы I к группе III.

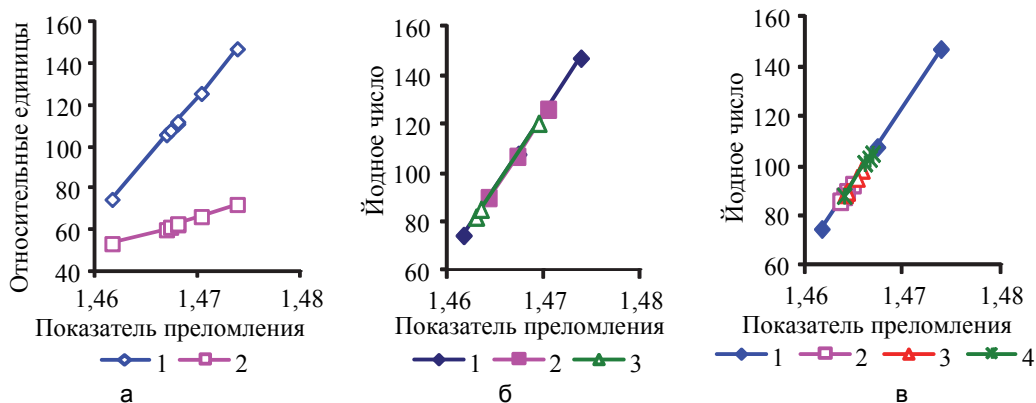


Рис. 1. Рефрактометрические показатели масел и купажированных систем. Зависимости: масла: 1 – $ИЧ = f(n_D)$, 2 – % (относ.) жира = $f(n_D)$ (а); 1 – масла; двухкомпонентные купажи: 2 – № 1–№ 3; 3 – № 4–№ 6 (б); 1 – масла; трехкомпонентные купажи серий: 2 – № 1, 3 – № 2, 4 – № 3 (в)

Данные, представленные на рис. 2, дают более наглядное представление об изменении йодного числа купажей по сравнению с рефрактометрическими показателями исходных масел (рис. 2, а). На двухкомпонентных купажах, полученных смешиванием масел в отношении 1:1, исследовалось влияние природы компонентов и порядок их смешивания. Гистограммы на рис. 2, б, в, иллюстрируют влияние исследуемых факторов на оптические свойства модельных систем.

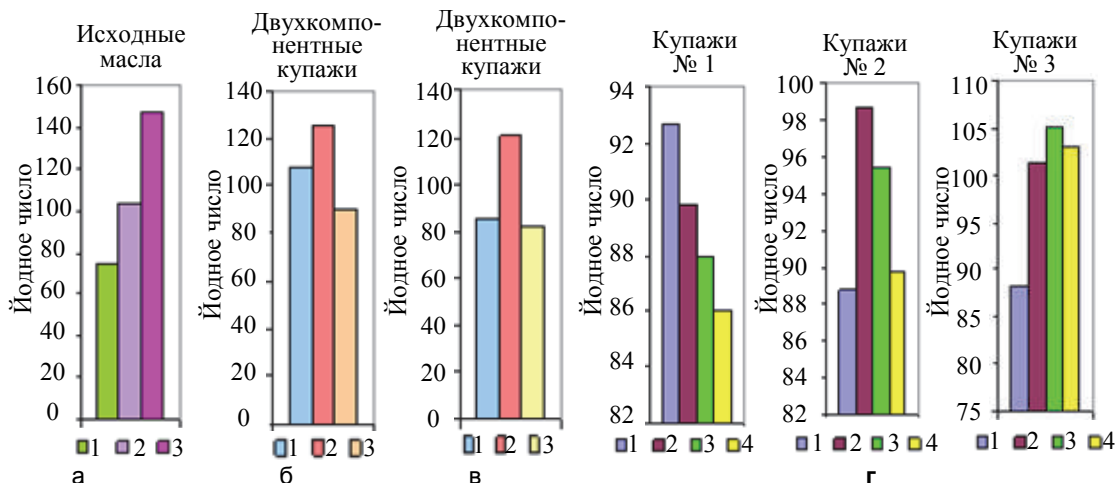


Рис. 2. Зависимость йодного числа от природы масла и состава купажированных систем-экстрагентов: исходные масла: 1 – оливковое, 2 – подсолнечное, 3 – льняное (а); купажи двухкомпонентные: № 1–№ 3 (б); № 4–№ 6 (в); трехкомпонентные купажи (г)

Наиболее высокое значение йодного числа имели системы, в состав которых входило льняное масло (гр. III). Индивидуальный показатель йодного числа подсолнечного и льняного масел резко понижало присутствие оливкового (гр. I). Однако, как следует из сопоставления данных, при сохранении тенденции, обусловленной составом купажей, порядок смешивания масел заметно проявляется в различии значений йодного числа двухкомпонентных смесей.

Результаты исследования трех серий трехкомпонентных купажей, которые моделировались в зависимости от варьируемого состава и порядка смешивания масляных компонентов, представлены на рис. 2, г. В каждой серии, состоящей из четырех образцов, сохранялся состав и соотношение исходных масел (таблица), но менялся порядок их смешивания, который, как показывают полученные данные, также заметно

влияет на оптические свойства полученных композиций в пределах каждой серии. Во всех трех сериях купажируемых систем для образцов № 1–№ 4 сохранялся состав и порядок смешивания масел, но варьировалось их объемное соотношение. Купажы серий № 1 и № 2 различались содержанием оливкового и подсолнечного масел при сохранении содержания льняного и порядка смешивания компонентов. Гистограммы для них, несмотря на более узкий диапазон варьирования йодного числа, чем в случае рассмотренных двухкомпонентных смесей, указывают на то, что изменение количественного соотношения двух базовых компонентов при сохранении порядка смешивания заметно отражается на оптических свойствах купажей. В образцах купажей серии № 3 по сравнению с серией № 2 увеличение содержания льняного масла и уменьшение подсолнечного, привело к существенному увеличению йодного числа.

Совокупность данных, полученных для модельных смесей, показывает, что на оптические свойства купажируемых масляных систем влияет не только природа компонентов и их соотношение, но и порядок смешивания. Это может говорить о структурно-химических преобразованиях индивидуальных масел в составе купажей, которые обусловлены энергетической целесообразностью формирования новых смешанных триглицеридных ассоциатов. Причем структурные трансформации, очевидно, не определяются принадлежностью масел к конкретной группе, а скорее связаны с индивидуальным природным различием масел по общему спектру жирных кислот и прочности межмолекулярных связей их триглицеридов, которые проявляются в составе купажей.

Экстрактивные свойства растительных масел и их купажей

Одной из задач работы было исследование экстрактивных свойств выборки исходных масел и их смесей. На рис. 3 представлены результаты рефрактометрического анализа вытяжек из травы зверобоя, чистотела и корня одуванчика с использованием в качестве экстрагентов растительных масел.

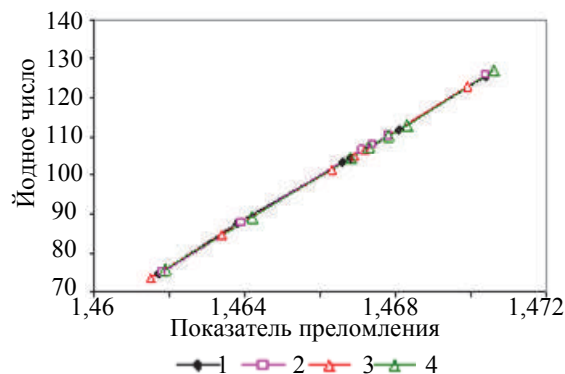


Рис. 3. Рефрактометрические показатели масел (1) и экстрактов растительного сырья: 2 – травы зверобоя, 3 – травы чистотела, 4 – корня одуванчика

Из полученной зависимости видно, что экстракты трав по своим показателям группируются вблизи соответствующих масел, но их расположение в группах относительно экстрагентов различно. Более детальное рассмотрение влияния природы пяти масел-экстрагентов из разных групп (рис. 4) на оптические свойства экстрактов при стандартных условиях показало не только их индивидуальные, избирательно-разные экстрактивные свойства, но и позволило отметить наличие в исследуемых гетерофазных системах масло-растительного сырья противоположно направленных процессов – адсорбции растительным сырьем липофильных компонентов из масел-экстрагентов. Причем процессы адсорбции разным сырьевым материалом по отношению к маслам разной природы также носили избирательный характер.

Так, в оливковое масло (гр. I) заметно экстрагируются практически только вещества из зверобоя. Интересно сопоставление экстрактов сырья для трех масел, относящихся к гр. II – виноградного, подсолнечного и кедрового. Экстрактивный процесс наблюдается для зверобоя в виноградном и подсолнечном маслах, для одуванчика – только в подсолнечном. Для травы чистотела в обоих случаях доминирует процесс адсорбции, что проявляется в снижении йодного числа его экстракта по сравнению с маслом-экстрагентом. Примечательно, однако, что в случае кедрового масла с оптическими показателями, достаточно близкими к виноградному, не наблюдалась экстракция ни из одного сырьевого образца. Аналогичная ситуация имела место и для льняного масла (гр. III). Избирательное отношение к экстрагентам наблюдается практически для всех видов сырья, но наиболее наглядно это проявляется для масел гр. II – виноградного, подсолнечного, кедрового.

Результаты исследования экстрактивных свойств двухкомпонентных масляных смесей № 1–3 представлены на рис. 5. Гистограммы наглядно иллюстрируют разную экстракционную эффективность купажей-экстрагентов, различающихся по показателю йодного числа, и, в общем, более высокую по сравнению с индивидуальными маслами. Все исследуемые экстракты сырья имели более высокие значения йодного числа, чем исходные купажи.

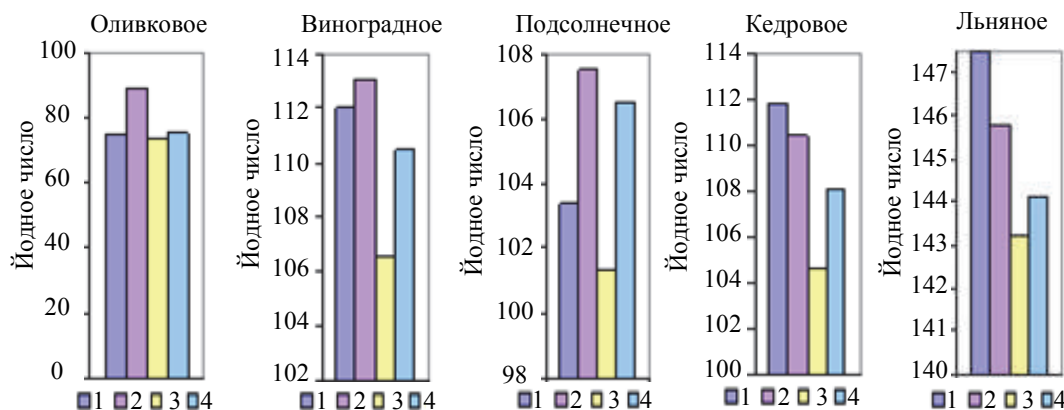


Рис. 4. Результаты рефрактометрического анализа масляных экстрактов растительного сырья: 1 – масло; 2 – трава зверобоя; 3 – трава чистотела; 4 – корень одуванчика

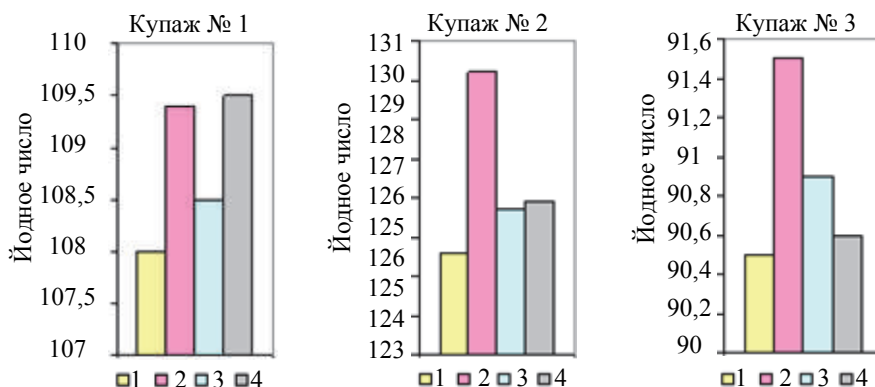


Рис. 5. Результаты рефрактометрического анализа экстрактов растительного сырья двухкомпонентными масляными купажами (1). Экстракты: 2 – травы зверобоя; 3 – травы чистотела; 4 – корня одуванчика

Во все рассматриваемые купажируемые системы опять же лучше всего извлекаются липофильные компоненты из травы зверобоя. В отношении травы чистотела и корня одуванчика масляные композиции более избирательны. Если в рассматриваемом ряду купажей относительная экстракция из корня одуванчика заметно падает, то для травы чистотела несколько возрастает. Однако следует заметить, что все масляные экстракты травы зверобоя и чистотела, в том числе и те, для которых наблюдался процесс адсорбции компонентов экстрагента (индивидуальные масла), были интенсивно окрашены в темно-зеленый цвет – цвет извлекаемого хлорофилла.

Экспериментальные факты, полученные в данной работе, свидетельствуют о протекании двух параллельных противоположно направленных селективных процессов – экстракции маслами липофильных компонентов из растительного сырья и адсорбции растительным сырьем компонентов масляных экстрагентов. Это означает, что не только масляному экстракту, но и шроту (продукту растительного сырья после экстрактивного процесса) могут быть целенаправленно приданы нужные свойства.

Заключение

Исследование методом рефрактометрии серии природных масел и характера изменения оптических свойств при моделировании двух- и трехкомпонентных масляных композиций показало, что при купажировании не происходит механического смешивания компонентов. Изменение оптических характеристик купажей имеет место в зависимости от объемного соотношения масел, их жирнокислотного состава и порядка смешивания. Это позволяет говорить о возможном разрушении ассоциатов индивидуальных масел и формировании новых смешанных комплексов триглицеридов разной структуры, размера и конформации, обусловленных энергетической целесообразностью, стерическими ограничениями и устойчивостью структур исходных компонентов в составе купажируемых систем.

Представленные экспериментальные факты позволяют объяснить отмеченную селективность как самих масел разной природы, так и их купажей по отношению к растительному сырью, наличием двух конкурирующих процессов, один из которых доминирует, – экстракции масляными системами липофильных компонентов растительного сырья и адсорбции растительным сырьем липофильных компонентов экстрагентов. Полученные данные могут быть полезны не только для пищевых производств, но еще и в большей степени для медицины, косметологии, фармакопеи. Поскольку оптические, а значит реакцион-

ные и биохимические свойства масляных купажей и экстрактов, будут различаться, также как и сами исходные масла, очевидно, при получении композиций целевого назначения следует учитывать не только природные особенности индивидуальных масел, но и используемого сырья. Актуальность изучаемого вопроса обусловлена недостатком информации о характере ассоциативных взаимодействий между маслами и компонентами в составе индивидуальных растительных масел, а также по исследованию оптических характеристик масляных экстрактов растительного сырья купажами.

Литература

1. Шиков А.Н., Макаров В.Г., Рыженков В.Е. Растительные масла и масляные экстракты. Технология, стандартизация, свойства. М.: Русский врач, 2004. 264 с.
2. Прокопенко Л.Г., Бойняжева Л.И., Павлова Е.В. Полиненасыщенные жирные кислоты в растительных маслах // Масложировая промышленность. 2009. № 2. С. 11–12.
3. Формазюк В.И. Энциклопедия пищевых лекарственных растений. Киев: АСК, 2003. 792 с.
4. Мизина П.Г. Фитопленки в фармации и медицине // Фармация. 2000. № 5. С. 38–40.
5. Корсун В.Ф., Трескунов К.А., Корсун Е.В., Мицконас А. Лекарственные растения в онкологии. СПб.: Н-Л, 2017. 432 с.
6. Сизова Н.В., Попова И.Ю. Содержание антиоксидантов в экстрактах растительного сырья, полученных сверхкритической экстракцией // Химико-фармацевтический журнал. 2006. Т. 40. № 4. С. 29–33.
7. White P.J. Flavor quality of fats and oils / In: Introduction to Fats and Oils Technology. Champaign, AOCS Press, 2000. P. 341–370.
8. Стасьева О.Н., Латин Н.Н., Касьянов Г.И. CO₂-экстракты компании Караван – новый класс натуральных пищевых добавок. Краснодар: КНИИХП, 2008. 324 с.
9. Латин И.Н., Банашек В.М., Касьянов Г.И. Применение CO₂-экстрактов пряностей в мясной промышленности // Мясная индустрия. 2002. № 7. С. 29–33.
10. Степычева Н.В., Фудько А.А. Купажированные растительные масла с оптимизированным жирно-кислотным составом // Химия растительного сырья. 2011. № 2. С. 27–33.
11. Табакаева О.В., Каленик Т.К. Обогащенные растительные масла с оптимизированным жирно-кислотным составом // Масложировая промышленность. 2007. № 2. С. 34–35.
12. Пилипенко Т.В. Использование современных методов исследования для контроля качества растительных масел // Труды XIII международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество». Красноярск, 2016. С. 45–49.
13. Паронян В.Х., Скрыбина Н.М. Аналитический контроль и оценка качества масложировой промышленности. М.: Делипринт, 2007. 312 с.
14. Глазырина Ю.А., Сараева С.Ю., Козицина А.Н., Герасимова Е.Л., Матерн А.И. Оптические методы в фармацевтическом анализе: лабораторный практикум. Екатеринбург: УрФУ, 2015. 96 с.

Авторы

Нечипоренко Алимпиада Павловна – доктор химических наук, профессор, тьютор, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 55212044000, ORCID ID: 0000-0001-8609-9950, allanech2512@yandex.ru

Мельникова Мария Игоревна – студент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0003-4627-8537, melnikova-69@yandex.ru

Нечипоренко Ульяна Юрьевна – биохимик, ООО «МК «Народная медицина», Санкт-Петербург, 196234, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0002-4102-1129, unechiporenko@yandex.ru

Успенская Майя Валерьевна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 6602189454, ORCID ID: 0000-0003-2510-2639, mv_uspensskaya@mail.ru

References

1. Shikov A.N., Makarov V.G., Ryzhenkov V.E. *Vegetable Oil and Oil Extracts*. Technology, Standardization, Properties. Moscow, Russkii Doktor Publ., 2004, 264 p. (in Russian)
2. Prokopenko L.G., Boinyazheva L.I., Pavlova E.V. Polyunsaturated fatty acids in vegetable oils. *Fat and Oil Processing Industry*, 2009, no. 2, pp. 11–12. (in Russian)
3. Formazyuk V.I. *Encyclopedia of Food Medicinal Plants*. Kiev, ASK Publ., 2003, 792 p. (in Russian)
4. Mizina P.G. Phytofilms in pharmacy and medicine. *Pharmacy*, 2000, no. 5, pp. 38–40. (in Russian)
5. Korsun V.F., Treskuov K.A., Korsun E.V., Mitskonas A. *Medicinal Plants in Oncology*. St. Petersburg, EKO-Vektor Publ., 2017, 432 p. (in Russian)
6. Sizova N.V., Popova I.Yu. Content of antioxidants in plant extracts obtained by supercritical extraction. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 2006, vol. 40, no. 4, pp. 206–210. (in Russian)
7. White P.J. Flavor quality of fats and oils. In *Introduction to Fats and Oils Technology*. Champaign, AOCS Press, 2000, pp. 341–370.
8. Stas'eva O.N., Latin N.N., Kas'yanov G.I. *CO₂-Extracts of Company Caravan - a New Class of Natural Food Supplements*. Krasnodar, KNIHP Publ., 2008, 324 p. (in Russian)
9. Latin I.N., Banashek V.M., Kas'yanov G.I. The use of CO₂ extracts of spices in the meat industry. *Meat Industry*, 2002, no. 7, pp. 29–33. (in Russian)
10. Stepycheva N.V., Fud'ko A.A. Blended vegetable oils with optimized fatty acid composition. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*, 2011, no. 2, pp. 27–33. (in Russian)
11. Tabakaeva O.V., Kalenik T.K. Fortified vegetable oils with optimized fatty-acid composition. *Fat and Oil Processing Industry*, 2007, no. 2, pp. 34–35. (in Russian)
12. Pilipenko T.V. The use of advanced techniques for quality control of vegetable oils. *Proc. 13th Int. Conf. on Food, Ecology Quality*. Krasnoyarsk, Russia, 2016, pp. 45–49. (in Russian)
13. Paronyan V.Kh., Skryabina N.M. *Analytical Control and Quality Assessment of Oil Industry*. Moscow, Deli Publ., 2007, 312 p. (in Russian)
14. Glazyrina Yu.A., Saraeva S.Yu., Kozitsina A.N., Gerasimova E.L., Matern A.I. *Optical Methods in Pharmaceutical Analysis: Laboratory Practice*. Ekaterinburg, UrFU Publ., 2015, 96 p. (in Russian)

Authors

Alimpiada P. Nechiporenko – D.Sc., Professor, tutor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 55212044000, ORCID ID: 0000-0001-8609-9950, allanech2512@yandex.ru

Maria I. Mel'nikova – student, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0003-4627-8537, melnikova-69@yandex.ru

Ulyana Yu. Nechiporenko – biochemist, ООО МК "Traditional medicine", Saint Petersburg, 196234, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-4102-1129, unechiporenko@yandex.ru

Mayya V. Uspenskaya – D.Sc., Professor, Head of Chair, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 6602189454, ORCID ID: 0000-0003-2510-2639, mv_uspensskaya@mail.ru