

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-4-298-307>

Поступила 28.09.2022

Поступила после рецензирования 20.10.2022

Принята в печать 24.10.2022

© Крикунова Л. Н., Ульянова Е. В., Томгорова С. М., Андриевская Д. В., Трофимченко В. А., 2022



<https://www.fsjour.com/jour>

Обзорная статья

Open access

РАЗРАБОТКА ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ КРИТЕРИЕВ ПЛОДОВЫХ ВОДОК (ЧАСТЬ 1. СПОСОБЫ ПРОБОПОДГОТОВКИ)

Крикунова Л. Н., Ульянова Е. В., Томгорова С. М.*, Андриевская Д. В., Трофимченко В. А.

Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

жидкостная экстракция, твердофазная экстракция, сверхкритическая флюидная экстракция, плодовые водки, минорные соединения, полярности летучих компонентов

АННОТАЦИЯ

Разработка надежных идентификационных критериев для различных видов пищевых продуктов, в том числе плодовых водок, является одним из приоритетных направлений научных исследований в области контроля качества. В обзоре рассматриваются различные подходы к решению проблемы поиска идентификационных критериев для плодовых водок, позволяющих дифференцировать продукцию по виду фруктового сырья, его сорту и региону происхождения. С этой целью использовались инструментальные методы анализа, в том числе спектральные, высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) и газовая хроматография в сочетании с масс-спектрометрией (ГХ-МС) в качестве основного метода. При использовании последнего, в первую очередь для обнаружения минорных ароматизующих соединений, необходимо проводить специальную подготовку пробы анализируемого образца, включающую выделение и концентрирование целевых веществ. В настоящем обзоре рассмотрены 3 основных вида пробоподготовки (жидкостная экстракция, твердофазная экстракция, сверхкритическая флюидная экстракция) и модификации данных методов. Проведен их сравнительный анализ с точки зрения трудоемкости, эффективности выделения, значительно различающихся по полярности летучих ароматизующих компонентов, воспроизводимости и экологичности. Показано, что вид пробоподготовки влияет на воспроизводимость и чувствительность инструментального метода анализа, что особенно важно при определении некоторых минорных соединений, концентрации которых можно рассматривать в качестве показателей для идентификации вида фруктового сырья. Сделано заключение о том, что среди рассмотренных методов пробоподготовки наиболее перспективным при разработке идентификационных критериев плодовых водок является твердофазная экстракция из паровой фазы (HS-SPME), так как этот метод обладает высокой эффективностью извлечения целевых компонентов, в том числе минорных.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Работа выполнена в рамках выполнения исследований по государственному заданию FGUS-2022-0004 Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН.

Received 28.09.2022

Accepted in revised 20.10.2022

Accepted for publication 24.10.2022

© Krikunova L. N., Ulyanova E. V., Tomgorova S. M., Andrievskaya D. V., Trofimchenko V. A., 2022

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Review article

Open access

DEVELOPMENT OF IDENTIFICATION CRITERIA FOR FRUIT VODKAS (PART 1. SAMPLE PREPARATION WAYS)

Lyudmila N. Krikunova, Ekaterina V. Ulyanova, Svetlana M. Tomgorova,*
Darya V. Andrievskaya, Vladimir A. Trofimchenko

All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry, Moscow, Russia

KEY WORDS:

liquid extraction, solid-phase extraction, supercritical fluid extraction, fruit vodkas, minor compounds, polarities of volatile components

ABSTRACT

The development of reliable identification criteria for various types of foods, including fruit vodkas, is one of the top-priority directions of scientific research in the field of quality control. The review examines different approaches to solution to a problem of searching identification criteria for fruit vodkas that will allow differentiating products by a type of fruit raw materials, their grade and region of origin. To this end, instrumental methods of analysis were used, including spectral, high performance liquid chromatography (HPLC) and gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS) as the main method. When detecting minor aroma-forming substances using the latter method, it is necessary, first of all, to carry out the special sample preparation that includes extraction and concentration of target substances. The present review examines three main types of sample preparation (liquid extraction, solid-phase extraction, supercritical fluid extraction) and modifications of these methods. Their comparative analysis was carried out with respect to labor intensity, extraction effectiveness, volatile aroma-forming compounds significantly different by polarity, reproducibility and sustainability. It has been shown that a type of sample preparation affects reproducibility and sensitivity of an instrumental analytic method, which is especially important for identification of some minor compounds, which concentration can be regarded as indicators for identification of fruit raw materials. It has been concluded that among the examined

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Крикунова, Л. Н., Ульянова, Е. В., Томгорова, С. М., Андриевская, Д. В., Трофимченко В. А. (2022). К вопросу разработки идентификационных критериев плодовых водок (Часть 1. Способы пробоподготовки). Пищевые системы, 5(4), 298-307. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-4-297-307>

FOR CITATION: Krikunova, L. N., Ulyanova, E. V., Tomgorova, S. M., Andrievskaya, D. V., Trofimchenko, V. A. (2022). Development of identification criteria for fruit vodkas (Part 1. Sample preparation ways). Food Systems, 5(4), 298-307. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-4-298-307>

methods of sample preparation, the most promising for the development of identification criteria for fruit vodkas is headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) as this method is highly effective in terms of extraction of target components including minor.

FUNDING: The article was published as part of the research topic No. FGUS-2022-0004 of the state assignment of the V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS.

1. Введение

В соответствии с требованиями действующей нормативной документации (ГОСТ Р 52135–2003), плодовая водка представляет собой винодельческий продукт с объемной долей этилового спирта не менее 37,5%, изготовленный из одного или нескольких наименований плодовых дистиллятов с добавлением или без добавления плодового спирта и имеющий вкус и аромат используемого сырья. Органолептические характеристики этого вида алкогольной продукции определяются в первую очередь составом и концентрацией летучих компонентов фруктовых (плодовых) дистиллятов, на основе которых они произведены, а также минеральным комплексом подготовленной воды [1–3]. Взаимодействие данных веществ может оказать как положительное, так и отрицательное влияние на качественные показатели готового продукта [4,5].

Одной из наиболее важных органолептических характеристик дистиллированных алкогольных напитков, в том числе и плодовых водок, является их аромат [1,6]. Он формируется в процессе производства и зависит от множества факторов, в том числе от вида используемого сырья, особенностей технологии производства и др. Следует отметить, что при восприятии запаха ароматной смеси имеет место феномен перцептивного смешивания запахов, который приводит к появлению нового запаха, отличного от запаха каждого отдельного компонента. Кроме того, для всех ароматобразующих соединений зависимость между воспринимаемой интенсивностью их запаха и концентрацией не линейная, и это важно учитывать при попытке представить вклад отдельных одорантов в аромат смеси [7]. Таким образом, индивидуальный аромат плодовой водки зависит от качественного и количественного содержания и соотношения ароматобразующих соединений, в том числе и от наличия характерных компонентов для данного сырья. К тому же, композиция летучих соединений фруктового сырья переходит во фруктовые (плодовые) дистилляты и плодовые водки со значительными изменениями качественного и количественного состава, что существенно затрудняет идентификацию напитка по виду сырья [8].

Следовательно, при разработке идентификационных критериев необходимо изучать полный качественный и количественный состав летучих компонентов непосредственно плодовых водок, а не сырья, включая минорные соединения, концентрация которых не превышает предел восприятия их запаха.

В ряде работ были сделаны попытки установления аутентичности образцов плодовых водок, определения вида фруктов, используемых в качестве сырья, а также выявления их сорта [9–11] и региона происхождения [8,12–13] с использованием современных инструментальных методов исследования (спектральные методы, ВЭЖХ, ГХ–МС). В современных литературных источниках можно найти ряд обзоров, посвященных проблеме идентификации плодовых водок и определения фальсифицированной продукции [12,14–17]. Так, для установления аутентичности плодовых водок предложено использовать спектры в ИК-, УФ- и видимой областях, спектры синхронной флуоресценции [10] и спектры комбинационного рассеяния [8]. Однако главная роль в идентификации дистиллированных спиртных

напитков из фруктового сырья отводится газовой хроматографии, которая в сочетании с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ–МС) традиционно используется для определения качественного и количественного состава летучих соединений [13,18–22]. Применение такой комбинации предпочтительно, поскольку позволяет одновременно обнаруживать как основные (мажорные), так и минорные компоненты. Благодаря высокой селективности МС детектирования, обычно не возникает проблем с измерением аналитического сигнала компонентов, содержание которых необходимо установить в образце, даже на фоне больших количеств соэлюирующих компонентов.

Перед проведением инструментального анализа в случае необходимости выделения и концентрирования целевых веществ, в первую очередь минорных, необходимо проведение специальной пробоподготовки [20]. В то же время в ряде публикаций [23–28], посвященных разработке идентификационных критериев плодовых водок, описаны инструментальные методики, не предусматривающие данную стадию, что в целом упрощает процесс. Так, авторы работы [23] прямым вводом в газовый хроматограф с пламенно-ионизационным детектором определяли концентрацию высших спиртов с использованием внешнего стандарта и рассчитывали величину соотношения «1-пропанол/сумма изобутанола и изоамилола» в образцах плодовых водок. Результаты исследования позволили рекомендовать данную величину в качестве показателя для идентификации дистиллятов из алычи, сливы, вишни, абрикосов и других видов сырья.

В работах [24–28] применялся метод количественного определения летучих компонентов в этанолсодержащей продукции, в том числе и для плодовых водок, основанный на использовании этанола, который заведомо присутствует во всех спиртосодержащих продуктах, в качестве внутреннего стандарта. В целом, метод внутреннего стандарта является более предпочтительным по сравнению с методом внешнего стандарта, потому что в этом случае нет необходимости точно определять объем анализируемой пробы. Кроме того, исключается также влияние изменения скорости газа-носителя и температуры колонок. При газохроматографическом определении таких летучих соединений, как ацетальдегид, метилацетат, этилацетат, метанол, 2-пропанол, этанол, 1-пропанол, 2-метил-1-пропанол, 2-пентанол, 1-бутанол, 3-метил-1-бутанол, пробоподготовка сводилась к следующему. В образцы вводили рассчитанные количества одного из изомеров изоамилового спирта — 2-пентанола [29, 30], или 3-пентанола [31], используемых в качестве внутреннего стандарта. В данном случае можно также использовать простые детекторы — пламенно-ионизационный или катарометр.

В работе [11] методом прямого ввода образцов сливовых водок проведен анализ по определению содержания производных фенола и анизол методом ВЭЖХ с диодно-матричным и флуоресцентным детектированием. Авторы предложили рассматривать данные соединения, отслеживаемые как второстепенные компоненты в сливовых водках, в качестве маркеров происхождения для 30 сортов сливы (*Prunus domestica* L.). Пять производных фенола и анизол (эвгенол, 4-этилфенол, 4-виниланизол, 4-аллиланизол, 4-пропениланизол) обнаружены и количественно определены в сливовых бренди из разных регионов происхождения. Кроме

того, количественные профили эвгенола, 4-виниланизола и 4-этилфенола значительно различались для образцов сливовых водок, изготовленных из летних и осенних сортов слив. Следует также отметить, что метод ВЭЖХ очень редко используется для анализа плодовых водок. Так, в работе [1] сообщается об использовании ВЭЖХ для определения фурфурола в плодовых водках. Водки из косточковых плодов отличаются относительно высоким содержанием фурфурола, что может, по мнению авторов, послужить одним из критериев для их идентификации.

Для дифференциации образцов сливовых водок по группам сортов слив, из которых изготовлены напитки (летние или осенние), были впервые использованы спектры синхронной флуоресценции, а также спектральный анализ в ближней ИК- и УФ-видимой областях в сочетании с хемометрикой [32]. Флуоресценция сливовых водок возникает из-за различных соединений, таких как эвгенол, цимолы, 2-фенилэтанол, 4-этилфенол, 1-фенилэтанол, о-, м-/п-крезол, гваякол, анизолы и др. В методе синхронной флуориметрии спектры флуоресценции регистрируются в условии одновременного изменения длины волны возбуждающего и регистрируемого излучений. При этом разница между ними $\Delta\lambda$ сохраняется постоянной, ее значение подбирается для конкретного анализа. В работе [32] синхронные спектры флуоресценции показали сходные характеристики для всех сливовых бренди и продемонстрировали наличие двух

или трех основных максимумов. Все ИК-спектры образцов характеризовались присутствием полос поглощения при 4407 см^{-1} и 4340 см^{-1} . В УФ диапазоне от 200 до 320 нм регистрировали 3 характерные области, где поглощение достигает максимальных значений: 200–220 нм, 230–265 нм и 270–300 нм, что соответствует полосам поглощения производных фенола и анизола (Рисунок 1).

Таким образом, все спектры имеют характерный вид, позволяющий авторам установить аутентичность плодовых водок. Преимуществом данных спектральных методов является отсутствие длительной стадии пробоподготовки. Однако использование предложенного подхода затруднено вследствие необходимости применения специфического дорогостоящего оборудования.

В случае необходимости выделения и концентрирования целевых веществ, в первую очередь минорных, для корректной оценки состава смеси ароматобразующих веществ в плодовых водках необходимо проводить пробоподготовку. Следует отметить, что среди данных компонентов присутствуют как гидрофильные, например, этанол ($\log P = -0,3$), так и гидрофобные вещества — лимонен ($\log P = 4,46$), где $\log P$ — коэффициент распределения в системе октанол/вода. Вследствие этого они имеют очень разную растворимость в воде и экстрагирующихся растворителях [7]. Кроме того, плодовые водки могут содержать вещества, сильно различающиеся по кислотности и давлению насыщенных паров, наконец,

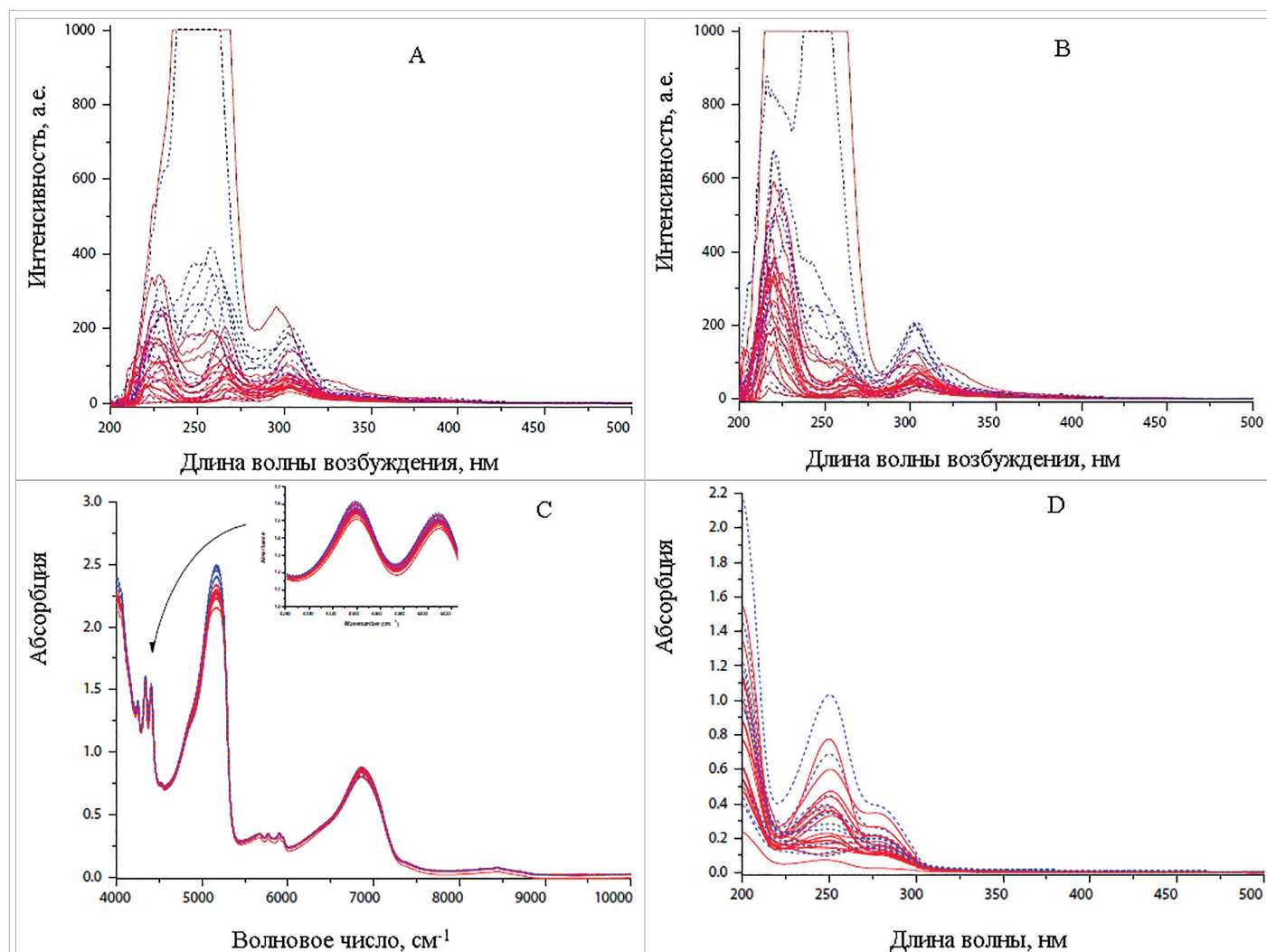


Рисунок 1. Спектры образцов сливовых водок: А, В — синхронные спектры флуоресценции при значениях $\otimes \lambda = 80\text{ нм}$ (А) и $\otimes \lambda = 100\text{ нм}$ (В); С — спектры в ближней ИК-области; D — спектры в УФ-видимой областях [32]
Figure 1. Spectra of plum vodka samples: A, B — synchronous fluorescence spectra at values $\otimes \lambda = 80\text{ nm}$ (A) and $\otimes \lambda = 100\text{ nm}$ (B); C — spectra in the near-IR region; D — spectra in the UV-visible regions [32]

их концентрации в матрице колеблются от нескольких масовых частей на миллиард до нескольких процентов. Необходимо учитывать это огромное разнообразие свойств при выборе подходящего метода пробоподготовки и условий метода исследования в целом.

2. Методы пробоподготовки

Проведенный анализ научных публикаций, посвященных исследованию состава летучих компонентов дистиллированных спиртных напитков из фруктового сырья, в том числе плодовых водок, позволил установить, что основными методами пробоподготовки при определении в них целевых ароматобразующих компонентов с использованием ГХ-МС являются (Рисунок 2): жидкостная экстракция (liquid extraction, LE), твердофазная экстракция (solid phase extraction, SPE), твердофазная микроэкстракция (solid phase microextraction, SPME), твердофазная микроэкстракция из паровой фазы (head space solid phase microextraction, HS-SPME), сверхкритическая флюидная экстракция (supercritical fluid extraction, SFE) и сорбционная экстракция на мешалке (stir bar sorptive extraction, SBSE) [21,33–34].



2.1. Жидкостная экстракция

При анализе фруктовых (плодовых) дистиллятов на стадии пробоподготовки ряд авторов [22,35–38] использовали метод жидкостной экстракции (LE) для выделения и концентрирования целевых компонентов. Такой метод характеризуется высокой эффективностью, позволяя выделять в мягких условиях ароматобразующие летучие вещества. В качестве экстрагирующих компонентов в данных работах было предложено применять *n*-гексан [35], дихлорметан [22,36,38] или пентан [37].

Техника выполнения жидкостной экстракции целевых компонентов включает смешивание образца плодовой водки с водой в соотношении 1:1, а также добавление в него хлорида натрия. Цель данной стадии заключается в увеличении разницы значений полярностей анализируемой пробы (водно-спиртовой раствор) и органического экстрагента, что позволяет повысить степень извлечения целевых органических веществ из водно-спиртовой фазы. После перемешивания слои разделяют в делительной воронке и органический

слой высушивают над безводным сульфатом натрия. Затем органическую вытяжку можно сконцентрировать в атмосфере азота [36] или в приборе Кудерна-Даниша [37]. Полученный концентрат в дальнейшем используют для анализа методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектором (ГХ-МС). В работе [36] приводятся данные анализа кизилового дистиллята, полученные с использованием данного метода пробоподготовки и метода детектирования. Авторами было идентифицировано 84 соединения, среди которых наиболее распространенными были жирные кислоты с прямой цепью, этиловые эфиры карбоновых кислот C6–C18, лимонен, 2-фенилэтанол и 4-этилфенол. Большинство соединений, обнаруженных в исследованных образцах кизиловых дистиллятов, не являются уникальными, все они присутствуют и в других алкогольных напитках. В работе [35] пробоподготовку образцов сливовых дистиллятов осуществляли аналогичным образом, используя другие соотношения водно-спиртовой фазы и экстрагента, а также применяли меньшую степень концентрирования целевых компонентов, чем в предыдущей работе. Было идентифицировано и количественно определено содержание 34 летучих соединений. Пределы обнаружения отдельных компонентов составили 6–98 мкг/л. Авторы работы [37] помимо хлорида натрия добавляли к 30 мл анализируемой пробы 100 мкл бензофенона, используемого в качестве внутреннего стандарта, после чего проводили экстракцию тремя порциями пентана по 10 мл в делительной воронке. Количество выделенных соединений с применением жидкостной экстракции в качестве пробоподготовки достигло в этом случае 94, причем 34 из них не удавалось выделить другими методами. Отдельные образцы исследованных в работе сливовых водок, изготовленных из разных сортов слив, различались по содержанию ненасыщенных сивушных спиртов (3-метил-3-бутен-1-ол, транс-3-гексенол), ненасыщенных альдегидов (2-бутеналь, 2-ноненаль), производных монотерпена (ацетат линалоола, ацетат гераниола) и лактонов.

В целом отмечено, что использование метода жидкостной экстракции характеризуется простотой выполнения операций, не требует дорогостоящего оборудования, использует дешевые и доступные реактивы. Однако данный метод пробоподготовки не позволяет обнаружить и количественно определить содержание некоторых минорных ароматобразующих соединений, используемых в качестве маркеров при оценке соответствия плодовой водки заявленному сырью. Кроме того, данный метод предполагает применение редных органических растворителей.

2.2. Сверхкритическая флюидная экстракция

Сверхкритическая флюидная экстракция (SFE) — это передовой метод извлечения биоактивных соединений с использованием сверхкритических жидкостей в качестве растворителей. Он привлекает большое внимание по сравнению с традиционными методами из-за его значительных преимуществ, так как обладает более высокой селективностью, диффузионностью и экологичностью [39,40]. Основным используемым растворителем — диоксид углерода CO₂ в сверхкритическом состоянии (SCCO₂). Диоксид углерода (критические условия: температура 30,9 °C и давление 7380 кПа) имеет низкую стоимость и его применение безопасно для экологии. SCCO₂ также привлекателен из-за его высокой диффузионной способности в сочетании с легко регулируемой растворяющей способностью. Это значительно упрощает извлечение целевых компонентов. Также важным для пробоподготовки образцов плодовых водок данным методом считается то, что он позволяет извлекать термически лабильные или легко окисляемые соединения. В работе [40]

указывается, что основным недостаток метода заключается в низкой степени извлечения полярных компонентов, к которым относятся многие ароматобразующие вещества плодовых водок (спирты, эфиры и др.). С целью повышения эффективности их экстракции в SCCO_2 предложено добавлять различные полярные модификаторы (соразтворители). Их применение позволяет изменить полярность сверхкритической жидкости, результатом чего является увеличение ее сольватирующей способности по отношению к целевым компонентам. Однако данный прием усложняет процесс идентификации и количественного определения ароматобразующих компонентов плодовых водок. Широкого применения этот метод пробоподготовки не получил в связи с необходимостью использования сложного дорогостоящего оборудования.

2.3. Твердофазная экстракция

Преимуществом извлечения веществ методом твердофазной экстракции (SPE) считается обеспечение эффективного контакта пробы образца с равномерно упакованным внутри колонки для сорбции адсорбентом. Наиболее полное выделение целевых летучих компонентов достигается при условии оптимального выбора твердой фазы с учетом их химической природы и полярности, а также подходящего растворителя, контактирующего с образцом [14,34,41].

2.4. Твердофазная микроэкстракция (SPME)

Представляет собой миниатюрный, недорогой, простой и быстрый в исполнении вариант SPE для извлечения летучих веществ из пробы. Данный метод обладает хорошей воспроизводимостью, легко поддается автоматизации, обеспечивает высокую чувствительность последующего определения целевых веществ и использует минимальные количества растворителей и образцов [41]. Метод SPME подходит для образцов, которые содержат соединения, чувствительные к термическому разложению и окислению, и подразумевает взаимодействие образца с поверхностью, покрытой сорбирующим материалом. Последний представляет собой диоксид кремния с покрытием. К примеру, метод SPME с успехом был использован при анализе оптических изомеров ароматобразующих компонентов алкогольной продукции. В работе [42] определяли соотношения оптических изомеров некоторых летучих хиральных соединений в различных фруктовых (плодовых) дистиллятах, в том числе из слив, абрикосов, кислой и сладкой вишни. Данные соотношения определены методом газовой хроматографии с использованием твердофазной микроэкстракции (SPME). Полученные хроматограммы содержали от 50 до 102 пиков в зависимости от типа фруктового дистиллята. Например, в дистиллятах из вишни было идентифицировано 48–51 соединений, в дистиллятах изабрикоса — 40–56, из сливы — 38–54. Соотношения оптических изомеров отдельных ароматобразующих компонентов плодовых водок из косточкового сырья приведены в Таблице 1.

Было показано, что лимонен встречался в нерацемических, оптически активных, смесях с избытком R-энантиомера над S-энантиомером в дистиллятах из черешни. Другой терпеноид (β-цитронеллол) во фруктовых бренди из абрикосов и черешни обнаружен только в виде чистого (R)-энантиомера. Между тем, данный ароматобразующий компонент в других видах плодовых водок (из сливы и вишни) представляет собой практически рацемическую, оптически неактивную смесь изомеров R и S. β-цитронеллол представляет собой пример вещества с различными органолептическими свойствами энантиомерных форм. (R)-цитронеллол пахнет цитронеллой (пряный лимонный аромат), в то время

как (S)-стереоизомер обладает запахом герани. Оптически активные изомеры оксидов цис- и транс-линалоола выявлены только в образцах плодовых водок из абрикосов. Изомеры γ-додекалктона не выявлены во фруктовых бренди из черешни, в то время как в образцах из других видов плодового сырья данное вещество представлено исключительно в виде R-изомера.

Таблица 1. Соотношения оптических изомеров отдельных ароматобразующих компонентов плодовых водок из косточкового сырья

Table 1. Ratio of optic isomers of certain aroma-forming components of fruit vodkas from stone raw materials

Наименование ароматобразующего компонента	Оптические изомеры	Процентное соотношение изомеров в ароматобразующем компоненте, %			
		Черешня	Абрикос	Слива	Вишня
линалоол	R	47	40	51	47
	S	53	60	49	53
оксид транслиналоола	2R, 5R	–	21	–	–
	2S, 5S	–	79	–	–
оксид ислиналоола	2R, 5S	–	19	–	–
	2S, 5R	–	81	–	–
лимонен	R	70	47	–	51
	S	30	53	–	49
α-терпинеол	R	35	41	–	40
	S	65	59	–	60
Неролидол	R	47	46	44	47
	S	53	54	56	53
β-цитронеллол	R	100	100	51	51
	S	0	0	49	49
γ-декалктон	R	100	93	69	93
	S	0	7	31	7
γ-додекалктон	R	–	100	100	100
	S	–	0	0	0

Таким образом, авторы работы пришли к заключению, что оценка соотношения оптически активных изомеров отдельных ароматобразующих веществ в плодовых водках может быть использована для идентификации вида фруктового косточкового сырья.

Другим вариантом твердофазной микроэкстракции является метод тонкопленочной микроэкстракции (TF-SPME). Применение TF-SPME к широкому спектру матриц, таких как промышленные материалы, вода, продукты питания и напитки, показало его расширенные возможности по сравнению с классической SPME. В данном методе можно оптимизировать процесс экстракции за счет обеспечения высокого отношения площади поверхности к объему пробы. Это позволяет сократить время, необходимое для достижения равновесия, при этом увеличивая мощность экстракционного устройства [43].

Следует отметить, что оба варианта твердофазной микроэкстракции (классический и тонкопленочный) можно использовать как для прямой экстракции соединений, находящихся в жидкой фазе образца, в который непосредственно погружают сорбирующее микроволокно, так и для твердофазной микроэкстракции из паровой фазы (HS-SPME), в которую предварительно переводят целевые ароматобразующие компоненты. HS-SPME — один из самых распространенных современных методов пробоподготовки для дальнейшего газохроматографического анализа летучих ароматобразующих соединений в плодовых водках (фруктовых бренди), он был использован во многих работах [14,34,41,44–48]. Например,

авторы работы [45], изучая химический состав фруктовых дистиллятов, изготовленных из различных видов фруктов, добились определенных успехов в разработке идентификационных критериев для установления их аутентичности. Двадцать четыре образца семи видов фруктовых дистиллятов (сливовый, яблочный, грушевый, вишневый, марабу, абрикосовый и малиновый) были проанализированы для изучения их хроматографических профилей. Использованный метод пробоподготовки позволил выделить и установить концентрации отдельных сесквитерпенов, что позволило различать фруктовые дистилляты из семечковых и косточковых плодов. Так, в профилях фруктовых (плодовых) дистиллятов из семечковых фруктов было определено относительно высокое содержание (Е, Е)- α -фарнезена, а также присутствие α -зингиберена и (Е)- α -бисаболена. Только в спиртах из косточковых фруктов обнаружены пропилдеканат и этилсалицилат. Установлено также, что некоторые другие соединения были характерны для отдельных видов анализируемых фруктовых дистиллятов, например, γ -декалактон — для абрикосовых, (Е)- β -фарнезен — для яблочных, (Z)-9-тетрадец-1-ол — для дистиллятов из марабу, а некоторые апокаротиноиды — для малиновых. Эта работа потенциально может быть основой для проверки фруктового происхождения дистиллятов или плодовых водок.

Параметрами, которые имеют решающее значение при использовании SPME, являются выбор сорбента (его полярность и толщина слоя), время и температура экстракции, добавление растворимых солей (хлорид натрия, гидрокарбонат натрия, карбонат калия), перемешивание образца и концентрация аналита в образце. При проведении как SPE, так и SPME ароматизующие летучие соединения фруктовых (плодовых) дистиллятов обычно извлекают с использованием комплексных сорбентов, в состав которых входят дивинилбензол (DVB), карбоксен (CAR) и полидиметилсилоксан (PDMS), в течение 20–30 минут при температуре в диапазоне от 35 до 45 °C [34,41–42,49]. Наиболее важными параметрами при выборе сорбента являются толщина его слоя и полярность, зависящая от соотношения входящих в его состав компонентов. Волокна, покрытые более толстой пленкой, требуют более продолжительного времени для достижения равновесия экстракции, но могут обеспечить высокую чувствительность из-за большей массы извлекаемых целевых компонентов. Кроме того, признано, что легколетучие соединения требуют толстого покрытия, а для менее летучих соединений более эффективно тонкое покрытие [41]. Некоторые авторы [34] рекомендуют предварительно кондиционировать волокно для HS-SPME в течение 5 минут перед первым ежедневным анализом при температуре ниже максимально допустимой производителем.

В работе [50] протестировали три типа сорбирующих покрытий разной полярности и толщины: 100 мкм PDMS, 65 мкм PDMS/DVB и 75 мкм CAR/PDMS. Их совместное применение при пробоподготовке образцов позволило идентифицировать 148 летучих соединений. Каждый тип сорбирующего покрытия был специфичен к определенному классу ароматизующих веществ. Например, на 100 мкм PDMS эффективно выделялось большинство летучих соединений исходного фруктового сырья, включая альдегиды, эфиры, кетоны, лактоны, терпены. Для выделения полярных соединений, таких как спирты, летучие кислоты, фенольные вещества, авторы использовали два других типа сорбирующих покрытий. Отдельные вещества, например, пентадекановую кислоту, тексилсалицилат, удалось выделить только на 75 мкм CAR/PDMS.

В работе [51] с целью оптимизации пробоподготовки методом твердофазной микроэкстракции (SPME) перед проведением газохроматографического анализа равнове-

сной паровой фазы исследовали влияние на концентрацию целевых летучих компонентов различных факторов. Среди них разбавление исходных образцов водочной продукцией раствором сульфата аммония концентрацией 4,05 М; продолжительность процесса экстрагирования; температура термостатирования. Было установлено, что концентрация большинства определяемых летучих микрокомпонентов в паровой фазе зависит от степени разбавления образца. В среднем наилучшие результаты, то есть максимальные равновесные концентрации целевых компонентов в паровой фазе, достигались при разбавлении исходных образцов в 5 раз и термостатировании при 65 °C в течение 10 минут.

В другой работе [41] использование метода ГХ–МС в сочетании с HS-SPME позволило определить летучие соединения серы во фруктовых бренди, влияющие на ароматический профиль напитков, в крайне низких концентрациях — от 0,001 до 0,183 мкг/дм³. Авторам указанной работы удалось разделить и количественно определить 19 летучих соединений серы в плодовых водках из слив, груш и яблок. Показано, что наиболее эффективная сорбция целевых компонентов происходит на сорбенте, содержащем в своем составе дивинилбензол, карбоксен и полидиметилсилоксан (DVB/CAR/PDMS), при температуре 35 °C в течение 30 мин. Установлено, что снижение крепости образцов с исходных 40–45% об., характерных для плодовых водок, до 2,5% об. путем разбавления водным раствором, который содержит 20% NaCl и 1% этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА), значительно повышает чувствительность метода в целом.

Следует отметить, что традиционные процедуры SPME всегда включают нагревание и/или перемешивание матрицы образца, что может увеличить скорость массопереноса. Для еще большего ускорения кинетики экстракции предлагается использовать различные вспомогательные технологии, которые позволяют также повысить эффективность и специфичность экстракции [52]. Так, существуют методики, включающие использование вакуума [53], ультразвуковых волн [54], микроволн [55], ЭДС [56], магнетизма [57], и некоторые другие синергетические подходы.

В последние несколько десятилетий при исследовании ароматизующих компонентов плодовых водок находят применение метод *сорбционной экстракции на мешалке* (SBSE) [58,59]. Данный метод так же, как и классический метод твердофазной микроэкстракции (SPME), прост в применении, не требует дополнительных стадий концентрирования, безвреден для окружающей среды (не требуются органических растворителей), но при этом он существенно быстрее, чем SPME. В вышеуказанных работах показано, что использование метода SBSE позволяет повысить чувствительность почти в 1000 раз по сравнению с классическим методом SPME, поскольку магнитный якорь мешалки имеет значительно большую площадь поверхности, на которую можно нанести большее количество сорбента. Следовательно, такой объем сорбента позволяет извлекать и концентрировать целевые компоненты из гораздо большего объема пробы. Мешалка для SBSE выглядит, как обычная магнитная мешалка, но имеет магнитный якорь с нанесенным на него сорбирующим покрытием, обычно на основе PDMS. Данный метод пробоподготовки технически позволяет одновременно экстрагировать целевые компоненты из нескольких образцов, что обеспечивает высокую производительность и пропускную способность анализа в целом. Аналиты обычно десорбируются с магнитного якоря с помощью термической десорбции. Жидкостную десорбцию с использованием растворителя в случае анализа плодовых водок проводят, когда отдельные целевые компоненты термически неустойчивы.

Особенность сорбирующего покрытия на основе PDMS заключается в его низком сродстве к спиртам, что позволяет определять минорные концентрации летучих компонентов в алкогольных напитках. С другой стороны, полидиметилсилоксановая (PDMS) фаза имеет низкое сродство и к другим соединениям средней и высокой полярности ($\log K_{OW} < 3$), например, к спиртам, сложным эфирам, которые являются целевыми при анализе плодовых водок. Это несколько ограничивает применение данного метода пробоподготовки для определения таких соединений.

Напротив, метод пробоподготовки TF-SPME за счет использования различных абсорбирующих покрытий с высоким сродством к полярным соединениям позволяет извлекать более широкий спектр ароматизующих веществ [59], но при этом уступает по чувствительности методу SBSE.

Авторы работы [59] провели сравнение разных экстракционных методов и установили, что метод SBSE был проще в выполнении по сравнению с другими, занимал по времени менее двух часов и демонстрировал самую высокую воспроизводимость. Среди испытанных методов пробоподготовки только метод SBSE позволил идентифицировать в плодовых водках н-додекановую, н-тетрадекановую, н-пентадекановую и н-гексадекановую кислоты и оказался наиболее эффективным для извлечения таких ароматизующих соединений, как, например, нооткатон.

В целом, методы пробоподготовки, основанные на твердофазной экстракции, характеризуются простотой исполнения, незначительными временными затратами, хорошей

воспроизводимостью, низкими пределами обнаружения и возможностью автоматизации. К недостаткам этих методов экстракции можно отнести необходимость использования дополнительного дорогостоящего аппаратного обеспечения.

3. Выводы

Анализ литературных источников позволил сделать следующие выводы:

1. Существует большое разнообразие методов пробоподготовки для исследования состава фруктовых (плодовых) дистиллятов и плодовых водок. Выбор метода пробоподготовки зависит от: решаемой задачи, наличия соответствующего оборудования и учитывает содержание в анализируемых образцах разных классов веществ, имеющих различную полярность и концентрацию.
2. Используемый вид пробоподготовки для определения качественного и количественного состава летучих веществ в плодовых водках влияет на воспроизводимость и чувствительность метода в целом, что особенно важно при определении минорных соединений.
3. Среди рассмотренных методов пробоподготовки одним из наиболее перспективных при разработке идентификационных критериев плодовых водок можно считать твердофазную экстракцию из паровой фазы (HS-SPME) за счет высокой эффективности извлечения целевых компонентов, в том числе минорных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оганесянц, Л. А., Песчанская, В. А., Осипова, В. П., Дубинина, Е. В., Алиева, Г. А. (2013). Качественный и количественный состав летучих компонентов плодовых водок. *Виноделие и виноградарство*, 6, 22–24.
2. Дубинина, Е. В., Алиева, Г. А. (2015). Исследование корреляционной зависимости между органолептической оценкой и содержанием летучих компонентов плодовых водок. *Виноделие и виноградарство*, 3, 29–34.
3. Оганесянц, Л. А., Лорян, Г. В. (2015). Летучие компоненты шелковичных дистиллятов. *Виноделие и виноградарство*, 2, 17–20.
4. Трофимченко, В. А., Севостьянова, Е. М., Осипова, В. П., Преснякова, О. П. (2019). Критерии оценки подготовленной воды при производстве плодовых водок. *Пиво и напитки*, 4, 10–14. <https://doi.org/10.24411/2072-9650-2019-10011>
5. Дубинина, Е. В., Севостьянова, Е. М., Крикунова, Л. Н., Ободеева, О. Н. (2021). Влияние минерального состава умягченной воды на качественные показатели спиртных напитков из растительного сырья. *Ползуновский вестник*, 1, 11–19. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.01.002>
6. Белкин, Ю. Д., Пастухова, В. О. (20 января 2018). *Новые подходы к идентификации и экспертизе качества плодовых водок*. Инновационные технологии в науке и образовании. Сборник статей VII Международной научно-практической конференции: в 2 частях. Пенза, 2018.
7. Baldovini, N., Chaintreau, A. (2020). Identification of key odorants in complex mixtures occurring in nature. *Natural Product Reports*, 37(12), 1589–1626. <https://doi.org/10.1039/d0np00020e>
8. Magdas, D. A., David, M., Berghian-Grosan, C. (2022). Fruit spirits fingerprint pointed out through artificial intelligence and FT-Raman spectroscopy. *Food Control*, 133, Article 108630. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108630>
9. Popović, B. T., Mitrović, O. V., Leposavić, A. P., Paunović, S. A., Jevremović, D. R., Nikićević, N. J. et al. (2019). Chemical and sensory characterization of plum spirits obtained from cultivar Čačanska Rodna and its parent cultivars. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 84(12), 1381–1390. <https://doi.org/10.2298/JSC190307061P>
10. Jakubíková, M., Sádecká, J., Kleinová, A. (2018). On the use of the fluorescence, ultraviolet-visible and near infrared spectroscopy with chemometrics for the discrimination between plum brandies of different varietal origins. *Food Chemistry*, 239, 889–897. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.008>
11. Jakubíková, M., Sádecká, J., Hroboňová, K. (2019). Classification of plum brandies based on phenol and anisole compounds using HPLC. *European Food Research and Technology*, 245(8), 1709–1717. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03291-3>
12. Kamiloglu, S. (2019). Authenticity and traceability in beverages. *Food Chemistry*, 277, 2–24. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.091>
13. Coldea, T. E., Socaciu, C., Moldovan, Z., Mudura, E. (2014). Minor volatile compounds in traditional homemade fruit brandies from Transylvania-Romania, as determined by GC–MS analysis. *Notulae Botanicae Horti Agrobotici Cluj-Napoca*, 42(2), 530–537. <https://doi.org/10.15835/nbha4229607>
14. Bajzer, T., Hill, M., Ventura, K., Bajzerova, P. (2020). Authentication of fruit spirits using HS-SPME/GC-FID and OPLS methods. *Scientific Reports*, 10(1), Article 18965. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75939-0>
15. Winterová, R., Mikulicova, R., Mazac, J., Havelec, P. (2008). Assessment of the authenticity of fruit spirits by gas chromatography and stable isotope ratio. *Czech Journal of Food Sciences*, 26(5), 368–375. <https://doi.org/10.17221/1610-CJFS>
16. Śliwińska, M., Wisniewska, P., Dymerski, T., Wardencki, W., Namiesnik, J. (2015). The flavour of fruit spirits and fruit liqueurs: A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 30(3), 197–207. <https://doi.org/10.1002/ffj.3237>
17. Coldea, T. E., Mudura, E., Socaciu, C. (2017). Advances in distilled beverages authenticity and quality testing. Chapter in a book: Ideas and Applications Toward Sample Preparation for Food and Beverage Analysis. IntechOpen, United Kingdom, 2017. <http://doi.org/10.5772/intechopen.72041>
18. Zhang, X., Wang, C., Wang, L., Chen, S., Xu, Y. (2020). Optimization and validation of a head space solid-phase microextraction-arrow gas chromatography-mass spectrometry method using central composite design for determination of aroma compounds in Chinese liquor (Baijiu). *Journal of Chromatography A*, 1610, Article 460584. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.460584>
19. Wiśniewska, P., Śliwińska, M., Dymerski, T., Wardencki, W., Namiesnik, J. (2016). The analysis of raw spirits — A review of methodology. *Journal of the Institute of Brewing*, 122(1), 5–10. <https://doi.org/10.1002/jib.288>
20. Egea, M. B., Bertolo, M. R. V., Filho, J. G. O., Lemes, A. C. (2021). A narrative review of the current knowledge on fruit active aroma using gas chromatography — olfactometry (GC-O) analysis. *Molecules*, 26(17), Article 5181. <https://doi.org/10.3390/molecules26175181>
21. Guillot, S., Peytavi, L., Bureau, S., Boulanger, R., Lepoutre, J.-P., Crouzet, J. et al. (2006). Aroma characterization of various apricot varieties using head-space-solid phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry and gas chromatography-olfactometry. *Food Chemistry*, 96(1), 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.016>
22. Wang, H., Ma, Y., Li, M., Shi, L., Zhang, S., Wang, W. et al. (2018). Volatiles of ripe fruit *Prunus salicina* L. cv. Friar as determined by gas chromatography-mass spectrophotometry as developed during cold storage. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 2622–2631. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1536149>

23. Дубинина, Е. В., Крикунова, Л. Н., Песчанская, В. А., Тришканева, М. В. (2021). Научные аспекты разработки идентификационных критериев дистиллятов из фруктового сырья. *Техника и технология пищевых производств*, 51(3), 480–491. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-480-491>
24. Charapica, S., Sytova, S., Kavalenko, A., Sobolenko, L., Shauchenka, Y., Kostyk, N. et al. (2021). The method for direct gas chromatographic determination of acetaldehyde, methanol, and other volatiles using ethanol as a reference substance: Application for a wide range of alcoholic beverages. *Food Analytical Methods*, 14(10), 2088–2100. <https://doi.org/10.1007/s12161-021-02047-8>
25. Черепица, С. В., Сытова, С. Н., Корбан, А. Л., Соболенько, Л. Н., Егоров, В. В., Лещев, С. М. и др. (2020). Метод определения содержания летучих компонентов в алкогольной продукции с использованием этанола в качестве внутреннего стандарта: результаты межлабораторных испытаний. *Журнал Белорусского государственного университета. Химия*, 1, 74–87. <https://doi.org/10.33558/2520-257X-2020-1-74-87>
26. Charapitsa, S. V., Sytova, S. N., Korban, A. L., Sobolenko, L. N. (2019). Single-laboratory validation of a gas chromatographic method of direct determination of volatile compounds in spirit drinks: need for an improved interlaboratory study. *Journal of AOAC International*, 102(2), 669–672. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0258>
27. Charapitsa, S., Sytova, S., Korban, A., Sobolenko, L., Egorov, V., Leschev, S. et al. (October 23, 2019). Interlaboratory study of ethanol usage as an internal standard in direct determination of volatile compounds in alcoholic products. *Web of Conferences*, 15, Article 02030. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191502030>
28. Черепица, С. В., Сытова, С. Н., Егорова, В. В., Лещев, С. М., Корбан, А. Л., Соболенько, Л. Н. и др. (2019). Валидация метода прямого определения количественного содержания летучих компонентов в спиртосодержащей продукции. *Пиво и напитки*, 4, 41–45. <https://doi.org/10.24411/2072-9650-2019-10005>
29. Charapitsa, S., Sytova, S., Kavalenko, A., Sobolenko, L., Kostyuk, N., Egorov, V. et al. The study of the matrix effect on the method of direct determination of volatile compounds in a wide range of alcoholic beverages. *Food Control*, 120, Article 107528. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107528>
30. Charapitsa, S., Sytova, S., Kavalenko, A., Sobolenko, L., Shauchenka, Ya., Kostyuk, N. et al. (2021). Development of a quality control material for the analysis of volatile compounds in alcoholic beverages. *Journal of Chemical Metrology*, 15(2), 113–123. <http://doi.org/10.25135/jcm.66.2111.2259>
31. Черепица, С. В., Сытова, С. Н., Коваленко, А. Н. (2021, 24–25 июня). Референтный метод определения количественного содержания летучих компонентов в алкогольной продукции. *Наука, питание и здоровье: Сборник научных трудов в 2 частях*. Минск: Издательский дом «Беларуская навука», 2021.
32. Tomková, M., Sádecká, J., Hrobonová, K. (2015). Synchronous fluorescence spectroscopy for rapid classification of fruit spirits. *Food Analytical Methods*, 8(5), 1258–1267. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-0010-9>
33. Feng, J.-R., Xi, W.-P., Li, W.-H., Liu, H.-N., Liu, X.-F., Lu, X.-Y. (2015). Volatile characterization of major apricot cultivars of southern Xinjiang region of China. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 140(5), 466–471. <https://doi.org/10.21273/JASHS.140.5.466>
34. Fratianni, F., Cozzolino, R., d'Acerno, A., Ombra, M. N., Spigno, P., Riccardi, R. et al. (2022). Biochemical characterization of some varieties of apricot present in the Vesuvius area, Southern Italy. *Frontiers in Nutrition*, 9, Article 854868. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.854868>
35. Coldea, T. E., Socaciu, C., Moldovan, Z., Mudura E. (2014). Minor volatile compounds in traditional homemade fruit brandies from Transylvania-Romania, as determined by GC–MS analysis. *Notulae Botanicae Horti Agrobotici Cluj-Napoca*, 42(2), 530–537. <https://doi.org/10.15835/nbha4229607>
36. Tesevic, V., Nikicevic, N., Milosavljevic, S., Bajic, D., Vajs, V., Vuckovic, I. et al. (2009). Characterization of volatile compounds of “Drenja”, an alcoholic beverage obtained from the fruits of cornelian cherry. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 74(2), 117–128. <https://doi.org/10.2298/JSC0902117T>
37. Vyviurska, O., Matura, F., Furdiková, K., Špánik, I. (2017). Volatile fingerprinting of the plum brandies produced from different fruit varieties. *Journal of Food Science and Technology*, 54(13), 4284–4301. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2900-5>
38. Puškaš, V., Miljić, U., Vučurović, V., Muzalevski, A. (2017). Aromatic compounds of brandies produced from three apricot varieties cultured in Serbia. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 21(2), 101–103. <https://doi.org/10.5937/jpea1702101p>
39. Uwineza, P. A., Waśkiewicz, A. (2020). Recent advances in supercritical fluid extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials. *Molecules*, 25(17), Article 25173847. <https://doi.org/10.3390/molecules25173847>
40. Hererro, M., Mendiola, J. A., Cifuentes, A., Ibanez, E. (2010). Supercritical fluid extraction: Recent advances and applications. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2495–2511. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.12.019>
41. Dziekońska-Kubczak, U., Pielech-Przybylska, K., Patelski, P., Balcerek, M. (2020). Development of the method for determination of volatile sulfur compounds (VSCs) in fruit brandy with the use of HS–SPME/GC–MS. *Molecules*, 25(5), Article 1232. <https://doi.org/10.3390/molecules25051232>
42. Vyviurska, O., Zvršková, H., I. Špánik, I. (2017). Distribution of enantiomers of volatile organic compounds in selected fruit distillates. *Chirality*, 29(1), 14–18. <https://doi.org/10.1002/chir.22669>
43. Stuff, J., Whitecavage, J. A., Linthicum, S. J., Pawliszyn, J. (2018). Analysis of beverage samples using Thin Film Solid Phase Microextraction (TF–SPME) and Thermal Desorption GC/MS. *GERSTEL Application Note*, 200, 1–9.
44. Muñoz-Redondo, J. M., Válcárcel-Muñoz, M. J., Rodríguez Solana, R., Puertas, B., Cantos-Villar, E., Moreno-Rojas, J. M. (2022). Development of a methodology based on headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry for the analysis of esters in brandies. *Journal of Food Composition and Analysis*, 108, Article 104458. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104458>
45. Bajer, T., Bajerová, P., Surmová, S., Kremr, D., Ventura, K., Eisner, A. (2017). Chemical profiling of volatile compounds of various home-made fruit spirits using headspace solid-phase microextraction. *Journal of the Institute of Brewing*, 123(1), 105–112. <https://doi.org/10.1002/jib.386>
46. Cvetković, D., Stajilcovic, P., Zvezdanovich, J.B., Stanojevic, J., Stanojevic, L., Karabegovic-Stanisavljevic, I. T. (2020). The identification of volatile aroma compounds from local fruit based spirits using a headspace solid-phase microextraction technique coupled with the gas chromatography-mass spectrometry. *Advanced Technologies*, 9(2), 19–28. <https://doi.org/10.5937/savteh2002019C>
47. Pour Nikfardjam, M., Schäfer, L., Schips, C., Farr, T., Endres, A., Hirn, S. et al. (2022). Ethyl carbamate and aroma compounds in distilled spirits from different stone fruits. *Mitteilungen Klosterneuburg*, 72(1), 37–50.
48. Pati, S., Tufariello, M., Crupi, P., Coletta, A., Grieco, F., Losito, I. (2021). Quantification of volatile compounds in wines by HS–SPME–GC/MS: critical issues and use of multivariate statistics in method optimization. *Processes*, 9(4), Article 662. <https://doi.org/10.3390/pr9040662>
49. Niimi, J., Guixer, B., Splivallo, R. (2020). Odour active compounds determined in the headspace of yellow and black plum wines (*Prunus domestica* L.). *LWT*, 150, Article 109702. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109702>
50. Pino, J. A., Quijano, C. E. (2012). Study of the volatile compounds from plum (*Prunus domestica* L. cv. Horvin) and estimation of their contribution to the fruit aroma. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 32(1), 76–83. <http://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000006>
51. Заяц, М. Ф., Юрченко, Р. А., Лещев, С. М., Винирский, В. А., Зубкевич, А. Л. (2012). Об основных принципах пробоподготовки водочной продукции при определении ее подлинности путем газохроматографического анализа равновесной паровой фазы. *Вестник БГУ. Серия 2: Химия. Биология. География*, 1, 23–28.
52. Liu, S., Huang, Y., Qian, C., Xiang, Z., Ouyang, G. (2020). Physical assistive technologies of solid-phase microextraction: Recent trends and future perspectives. *TrAC — Trends in Analytical Chemistry*, 128, Article 115916. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.115916>
53. Zhakupbekova, A., Baimatova, N., Kenessov, B. (2019). A critical review of vacuumassisted headspace solid-phase microextraction for environmental analysis. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, 22, Article e00065. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2019.e00065>
54. Sajid, M., Plotka-Wasyłka, J. (2018). Combined extraction and microextraction techniques: recent trends and future perspectives. *TrAC — Trends in Analytical Chemistry*, 103, 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.03.013>
55. Wang, H., Ding, J., Ren, N. (2016). Recent advances in microwave-assisted extraction of trace organic pollutants from food and environmental samples. *TrAC — Trends in Analytical Chemistry*, 75, 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.05.005>
56. Fernández-Amado, M., Prieto-Blanco, M. C., López-Mahía, P., Muniategui-Lorenzo, S., Prada-Rodríguez, D. (2016). Strengths and weaknesses of in-tube solidphase microextraction: A scoping review. *Analytica Chimica Acta*, 906, 41–57. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2015.12.007>
57. Mei, M., Huang, X., Luo, Q., Yuan, D. (2016). Magnetism-enhanced monolith-based in-tube solid phase microextraction. *Analytical Chemistry*, 88(3), 1900–1907. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b04328>
58. Zhou, Q., Qian, Y., Qian, M. C. (2015). Analysis of volatile phenols in alcoholic beverage by ethylene glycol-polydimethylsiloxane based stir bar sorptive extraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1390, 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.02.064>
59. Barba, C., Thomas-Danguin, T., Guichard, E. (2017). Comparison of stir bar sorptive extraction in the liquid and vapour phases, solvent-assisted flavour evaporation and headspace solid-phase microextraction for the (non)-targeted analysis of volatiles in fruit juice. *LWT*, 85, 334–344. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.09.015>

REFERENCES

1. Oganiesiants, L. A., Peschanskaia, V. A., Osipova, V. P., Dubinina, E. V., Alieva, G. A. (2013). Qualitative and quantitative composition of volatile components of fruit vodkas. *Winemaking and Viticulture*, 6, 22–24. (In Russian)
2. Dubinina, E. V., Alieva, G. A. (2015). Correlation study between organoleptic evaluation and the content of volatile components of fruit vodkas. *Winemaking and Viticulture*, 3, 29–34. (In Russian)
3. Oganiesiants, L. A., Lorian, G. V. (2015). Volatile components of mulberry distillates. *Winemaking and Viticulture*, 2, 17–20. (In Russian)
4. Trofimchenko, V. A., Sevost'ianova, E. M., Osipova, V. P., Presniakova, O. P. (2019). The criteria for evaluation of prepared water in the production of fruit brandies. *Beer and Drinks*, 4, 10–14. <https://doi.org/10.24411/2072-9650-2019-10011> (In Russian)

5. Dubinina, E. V., Sevostyanova, E. M., Krikunova, L. N., Obodeeva, O. N. (2021). Influence of mineral composition of softwater water for qualitative indicators of alcoholic drinks from vegetable raw materials. *Polzunovskiy Vestnik*, 1, 11–19. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072–8921.2021.01.002> (In Russian)
6. Belkin, Yu. D., Pastukhova, V. O. (January 20, 2018). *New approaches to the identification and examination of the fruit vodkas quality*. Abstracts of the VII International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Science and Education. Penza, Russia, 2018. (In Russian)
7. Baldovini, N., Chaintreau, A. (2020). Identification of key odorants in complex mixtures occurring in nature. *Natural Product Reports*, 37(12), 1589–1626. <https://doi.org/10.1039/d0np00020e>
8. Magdas, D. A., David, M., Berghian-Grosan, C. (2022). Fruit spirits fingerprint pointed out through artificial intelligence and FT-Raman spectroscopy. *Food Control*, 133, Article 108630. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108630>
9. Popović, B. T., Mitrović, O. V., Leposavić, A. P., Paunović, S. A., Jevremović, D. R., Nikićević, N. J. et al. (2019). Chemical and sensory characterization of plum spirits obtained from cultivar Čačanska Rodna and its parent cultivars. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 84(12), 1381–1390. <https://doi.org/10.2298/JSC190307061P>
10. Jakubíková, M., Sádecká, J., Kleinová, A. (2018). On the use of the fluorescence, ultraviolet–visible and near infrared spectroscopy with chemometrics for the discrimination between plum brandies of different varietal origins. *Food Chemistry*, 239, 889–897. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.008>
11. Jakubíková, M., Sádecká, J., Hroboňová, K. (2019). Classification of plum brandies based on phenol and anisole compounds using HPLC. *European Food Research and Technology*, 245(8), 1709–1717. <https://doi.org/10.1007/s00217–019–03291–3>
12. Kamiloglu, S. (2018). Authenticity and traceability in beverages. *Food Chemistry*, 277, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.091>
13. Coldea, T. E., Socaciu, C., Moldovan, Z., Mudura, E. (2014). Minor volatile compounds in traditional homemade fruit brandies from Transylvania-Romania, as determined by GC–MS analysis. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(2), 530–537. <https://doi.org/10.15835/nbha4229607>
14. Bajer, T., Hill, M., Ventura, K., Bajerová, P. (2020). Authentication of fruit spirits using HS-SPME/GC-FID and OPLS methods. *Scientific Reports*, 10(1), Article 18965. <https://doi.org/10.1038/s41598–020–75939–0>
15. Winterová, R., Mikulíková, R., Mazáč, J., Havelec, P. (2008). Assessment of the authenticity of fruit spirits by gas chromatography and stable isotope ratio analyses. *Czech Journal of Food Sciences*, 26(5), 368–375. <https://doi.org/10.17221/1610-CJFS>
16. Śliwińska, M., Wiśniewska, P., Dymerski, T., Wardencki, W., Namieśnik, J. (2015). The flavour of fruit spirits and fruit liqueurs: A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 30(3), 197–207. <https://doi.org/10.1002/ffj.3237>
17. Coldea, T. E., Mudura, E., Socaciu, C. (2017). Advances in distilled beverages authenticity and quality testing. Chapter in a book: Ideas and Applications Toward Sample Preparation for Food and Beverage Analysis. IntechOpen, United Kingdom, 2017. <http://doi.org/10.5772/intechopen.72041>
18. Zhang, X., Wang, C., Wang, L., Chen, S., Xu, Y. (2020). Optimization and validation of a head space solid-phase microextraction-arrow gas chromatography-mass spectrometry method using central composite design for determination of aroma compounds in Chinese liquor (Baijiu). *Journal of Chromatography A*, 1610, Article 460584. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.460584>
19. Wiśniewska, P., Śliwińska, M., Dymerski, T., Wardencki, W., Namieśnik, J. (2016). The analysis of raw spirits — A review of methodology. *Journal of the Institute of Brewing*, 122(1), 5–10. <https://doi.org/10.1002/jib.288>
20. Egea, M. B., Bertolo, M. R. V., Filho, J. G. O., Lemes, A. C. (2021). A narrative review of the current knowledge on fruit active aroma using gas chromatography — olfactometry (GC-O) analysis. *Molecules*, 26(17), Article 5181. <https://doi.org/10.3390/molecules26175181>
21. Guillot, S., Peytavi, L., Bureau, S., Boulanger, R., Lepoutre, J.-P., Crouzet, J. et al. (2006). Aroma characterization of various apricot varieties using headspace–solid phase microextraction combined with gas chromatography–mass spectrometry and gas chromatography–olfactometry. *Food Chemistry*, 96(1), 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.016>
22. Wang, H., Ma, Y., Li, M., Shi, L., Zhang, S., Wang, W. et al. (2018). Volatiles of ripe fruit *Prunus salicina* L. cv. Friar as determined by gas chromatography-mass spectrophotometry as developed during cold storage. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 2622–2631. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1536149>
23. Dubinina, E. V., Krikunova, L. N., Peschanskaja, V. A., Trishkanova, M. V. (2021). Scientific aspects of identification criteria for fruit distillates. *Food Processing: Techniques and Technology*, 51(3), 480–491. <http://doi.org/10.21603/2074–9414–2021–3–480–491> (In Russian)
24. Cherepica, S., Sytova, S., Kavalenka, A., Sobolenko, L., Shauchenka, Y., Kostyuk, N. et al. (2021). The method for direct gas chromatographic determination of acetaldehyde, methanol, and other volatiles using ethanol as a reference substance: application for a wide range of alcoholic beverages. *Food Analytical Methods*, 14(10), 2088–2100. <https://doi.org/10.1007/s12161–021–02047–8>
25. Cherepica, S. V., Sytova, S. N., Korban, A. L., Sobolenko, L. N., Egorov, V. V., Leshchev, S. M. et al. (2020). Interlaboratory study of the method for direct determination of volatile compounds in alcoholic products using ethanol as internal standard. *Journal of the Belarusian State University. Chemistry*, 1, 74–87. <https://doi.org/10.33581/2520–257X-2020–1–74–87> (In Russian)
26. Charapitsa, S. V., Sytova, S. N., Korban, A. L., Sobolenko, L. N. (2019). Single-laboratory validation of a gas chromatographic method of direct determination of volatile compounds in spirit drinks: need for an improved interlaboratory study. *Journal of AOAC International*, 102(2), 669–672. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.18–0258>
27. Charapitsa, S., Sytova, S., Korban, A., Sobolenko, L., Egorov, V., Leshchev, S. et al. (October 23, 2019). Interlaboratory study of ethanol usage as an internal standard in direct determination of volatile compounds in alcoholic products. *Web of Conferences*, 15, Article 02030. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191502030>
28. Cherepitsa, S. V., Sytova, S. N., Egorov, V. V., Leshchev, S. M., Korban, A. L., Sobolenko, L. N. et al. (2019). Validation of the method of direct determination of the quantitative content of volatile components in alcohol containing products. *Beer and Drinks*, 4, 41–45. <https://doi.org/10.24411/2072–9650–2019–10005> (In Russian)
29. Charapitsa, S., Sytova, S., Kavalenka, A., Sobolenko, L., Kostyuk, N., Egorov, V. et al. (2021). The study of the matrix effect on the method of direct determination of volatile compounds in a wide range of alcoholic beverages. *Food Control*, 120, Article 107528. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107528>
30. Charapitsa, S., Sytova, S., Kavalenka, A., Sobolenko, L., Shauchenka, Ya., Kostyuk, N. et al. (2021). Development of a quality control material for the analysis of volatile compounds in alcoholic beverages. *Journal of Chemical Metrology*, 15(2), 113–123. <http://doi.org/10.25135/jcm.66.2111.2259>
31. Cherepica, S. V., Sytova, S. N., Kovalenko, A. N. (2021). Reference method for determining the quantitative content of volatile components in alcoholic products. Science, nutrition and health: Collection of scientific papers in 2 parts. Minsk, 2021. (In Russian)
32. Tomková, M., Sádecká, J., Hroboňová, K. (2015). Synchronous fluorescence spectroscopy for rapid classification of fruit spirits. *Food Analytical Methods*, 8(5), 1258–1267. <https://doi.org/10.1007/s12161–014–0010–9>
33. Feng, J.-R., Xi, W.-P., Li, W.-H., Liu, H.-N., Liu, X.-F., Lu, X.-Y. (2015). Volatile characterization of major apricot cultivars of southern Xinjiang region of China. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 140(5), 466–471. <https://doi.org/10.21273/JASHS.140.5.466>
34. Fratianni, F., Cozzolino, R., d’Acerno, A., Ombra, M. N., Spigno, P., Riccardi, R. et al. (2022). Biochemical characterization of some varieties of apricot present in the Vesuvius area, Southern Italy. *Frontiers in Nutrition*, 9, Article 854868. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.854868>
35. Coldea, T., Socaciu, C., Moldovan, Z., Mudura, E. (2014). Minor volatile compounds in traditional homemade fruit brandies from Transylvania-Romania, as determined by GC–MS analysis. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(2), 530–537. <https://doi.org/10.15835/nbha4229607>
36. Tesević, V., Nikicevic, N., Milosavljevic, S., Bajic, D., Vajs, V., Vuckovic, I. et al. (2009). Characterization of volatile compounds of “Drenja”, an alcoholic beverage obtained from the fruits of cornelian cherry. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 74(2), 117–128. <https://doi.org/10.2298/JSC0902117T>
37. Vyviurska, O., Matura, F., Furdíková, K., Špánik, I. (2017). Volatile fingerprinting of the plum brandies produced from different fruit varieties. *Journal of Food Science and Technology*, 54(13), 4284–4301. <https://doi.org/10.1007/s13197–017–2900–5>
38. Puškaš, V., Miljić, U., Vučurović, V., Muzalevski, A. (2017). Aromatic compounds of brandies produced from three apricot varieties cultured in Serbia. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 21(2), 101–103. <https://doi.org/10.5937/jpea1702101p>
39. Uwineza, P. A., Waśkiewicz, A. (2020). Recent advances in supercritical fluid extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials. *Molecules*, 25(17), Article 25173847. <https://doi.org/10.3390/molecules25173847>
40. Herrero, M., Mendiola, J. A., Cifuentes, A., Ibanez, E. (2010). Supercritical fluid extraction: Recent advances and applications. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2495–2511. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.12.019>
41. Dziekońska-Kubczak, U., Pielech-Przybylska, K., Patelski, P., Balcerak, M. (2020). Development of the method for determination of volatile sulfur compounds (VSCs) in fruit brandy with the use of HS–SPME/GC–MS. *Molecules*, 25(5), Article 1232. <https://doi.org/10.3390/molecules25051232>
42. Vyviurska, O., Zvrškovcova, H., I. Špánik, (2017). Distribution of enantiomers of volatile organic compounds in selected fruit distillates. *Chirality*, 29(1), 14–18. <https://doi.org/10.1002/chir.22669>
43. Stuff, J. R., Whitcavage, J. A., Linthicum, S. J., Pawliszyn, J. (2018). Analysis of beverage samples using Thin Film Solid Phase Microextraction (TF-SPME) and Thermal Desorption GC/MS. *GERSTEL Application Note*, 200, 1–9.
44. Muñoz-Redondo, J. M., Valcárcel-Muñoz, M. J., Rodríguez Solana, R., Puertas, B., Cantos-Villar, E., Moreno-Rojas, J. M. (2022). Development of a methodology based on headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry for the analysis of esters in brandies. *Journal of Food Composition and Analysis*, 108, Article 104458. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104458>
45. Bajer, T., Bajerová, P., Surmová, S., Kremr, D., Ventura, K., Eisner, A. (2017). Chemical profiling of volatile compounds of various home-made fruit spirits using headspace solid-phase microextraction. *Journal of the Institute of Brewing*, 123(1), 105–112. <https://doi.org/10.1002/jib.386>
46. Cvetković, D., Stajilcovic, P., Zvezdanovich, J. B., Stanojevic, J., Stanojevic, L., Karabegovic-Stanisavljevic, I. T. (2020). The identification of volatile aroma compounds from local fruit based spirits using a headspace solid-phase microextraction technique coupled with the gas chromatography-mass spectrometry. *Advanced Technologies*, 9(2), 19–28. <https://doi.org/10.5937/savteh2002019C>

47. Pour Nikfardjam, M., Schäfer, L., Schips, C., Farr, T., Endres, A., Hirn, S. et al. (2022). Ethyl carbamate and aroma compounds in distilled spirits from different stone fruits. *Mitteilungen Klosterneuburg*, 72(1), 37–50.
48. Pati, S., Tufariello, M., Crupi, P., Coletta, A., Grieco, F., Losito, I. (2021). Quantification of volatile compounds in wines by HS-SPME-GC/MS: critical issues and use of multivariate statistics in method optimization. *Processes*, 9(4), Article 662. <https://doi.org/10.3390/pr9040662>
49. Niimi, J., Guixer, B., Splivallo, R. (2020). Odour active compounds determined in the headspace of yellow and black plum wines (*Prunus domestica* L.). *LWT*, 130, Article 109702. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109702>
50. Pino, J. A., Quijano, C. E. (2012). Study of the volatile compounds from plum (*Prunus domestica* L. cv. Horvin) and estimation of their contribution to the fruit aroma. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 32(1), 76–83. <http://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000006>
51. Zaiats, M. F., Yurchenko, R. A., Leshev, S.M., Vinarskiy, V.A., Zubkevich, A.L. (2012). About basic principles vodka products sample preparation in determining its authenticity by gas chromatographic analysis of the equilibrium vapor phase. *Bulletin of BSU. Series 2: Chemistry. Biology. Geography*, 1, 23–28. (In Russian)
52. Liu, S., Huang, Y., Qian, C., Xiang, Z., Ouyang, G. (2020). Physical assistive technologies of solid-phase microextraction: Recent trends and future perspectives. *TrAC — Trends in Analytical Chemistry*, 128, Article 115916. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.115916>
53. Zhakupbekova, A., Baimatova, N., Kenessov, B. (2019). A critical review of vacuumassisted headspace solid-phase microextraction for environmental analysis. *Environmental Analytical Chemistry*, 22, Article e00065. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2019.e00065>
54. Sajid, M., Plotka-Wasyłka, J. (2018). Combined extraction and microextraction techniques: recent trends and future perspectives. *TrAC — Trends in Analytical Chemistry*, 103, 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.03.013>
55. Wang, H., Ding, J., Ren, N. (2015). Recent advances in microwave-assisted extraction of trace organic pollutants from food and environmental samples. *TrAC — Trends in Analytical Chemistry*, 75, 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.05.005>
56. Fernández-Amado, M., Prieto-Blanco, M.C., López-Mahía, P., Muniategui-Lorenzo, S., Prada-Rodríguez, D. (2016). Strengths and weaknesses of in-tube solidphase microextraction: a scoping review. *Analytica Chimica Acta*, 906, 41–57. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2015.12.007>
57. Mei, M., Huang, X., Luo, Q., Yuan, D. (2016). Magnetism-enhanced monolith-based in-tube solid phase microextraction. *Analytical Chemistry*, 88(3), 1900–1907. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b04328>
58. Zhou, Q., Qian, Y., Qian, M. C. (2015). Analysis of volatile phenols in alcoholic beverage by ethylene glycol-polydimethylsiloxane based stir bar sorptive extraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1390, 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.02.064>
59. Barba, C., Thomas-Danguin, T., Guichard, E. (2017). Comparison of stir bar sorptive extraction in the liquid and vapour phases, solvent-assisted flavour evaporation and headspace solid-phase microextraction for the (non)-targeted analysis of volatiles in fruit juice. *LWT*, 85, 334–344. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.09.015>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	Affiliation
Крикунова Людмила Николаевна — доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, отдел технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности 119021, Россия, Москва, ул. Россолово, 7 Тел.: +7-910-465-95-88 E-mail: oltiv@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7335-0453	Ludmila N. Krikunova , Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher, Department of Spirits, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry 7, Rossolimo str., 119021, Moscow, Russia Tel.: +7-910-465-95-88 E-mail: oltiv@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7335-0453
Ульянова Екатерина Владимировна — кандидат химических наук, младший научный сотрудник, отдел технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности 119021, Россия, Москва, ул. Россолово, 7 Тел.: +7-903-228-31-27 E-mail: k.uljanova@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7112-1614	Ekaterina V. Uljanova , Candidate of Chemical sciences, Junior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry 7, Rossolimo str., 119021, Moscow, Russia Tel.: +7-903-228-31-27 E-mail: k.uljanova@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7112-1614
Томгорова Светлана Михайловна — кандидат технических наук, научный сотрудник, отдел технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности 119021, Москва, ул. Россолово, 7 Тел.: +7-916-771-58-97 E-mail: tomgorovasm@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6913-9006 * автор для переписки	Svetlana M. Tomgorova , Candidate of Technical Sciences, Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry 7, Rossolimo str., 119021, Moscow, Russia Tel.: +7-916-771-58-97 E-mail: tomgorovasm@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6913-9006 * corresponding author
Андреевская Дарья Владиславовна — кандидат технических наук, младший научный сотрудник, отдел технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности 119021, Россия, Москва, ул. Россолово, 7 Тел.: +7-906-753-84-28 E-mail: dashaand-mail@rambler.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5167-9074	Darya V. Andrievskaya , Candidate of Technical Sciences, Junior Researcher, Department of Spirits, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry 7, Rossolimo str., 119021, Moscow, Russia Tel.: +7-906-753-84-28 E-mail: dashaand-mail@rambler.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-51679074
Трофимченко Владимир Александрович — кандидат технических наук, научный сотрудник, отдел технологии крепких напитков, Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН. 119021, Россия, г. Москва, ул.Россолово, 7 Тел.: +7-499-246-66-12 E-mail: labcognac@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8856-9768	Vladimir A. Trofimchenko , Candidate of Technical Sciences, Researcher, Department of Spirits, All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry 7, Rossolimo str., 119021, Moscow, Russia. Tel.: +7-499-246-66-12 E-mail: labcognac@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8856-9768
Критерии авторства	Contribution
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.	Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.
Конфликт интересов	Conflict of interest
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.	The authors declare no conflict of interest.