



ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Научная статья

УДК 543.544:663.51

doi: 10.17308/sorpchrom.2022.22/9214

Экспрессное определение метанола в спиртных напитках методом газовой хромато-масс-спектрометрии

Олег Борисович Рудаков^{1✉}, Наталья Викторовна Шелехова²,
Ярослав Олегович Рудаков³, Владимир Федорович Селеменев³,
Галина Юрьевна Харченко⁴

¹Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

²Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва, Россия

³Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

⁴Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия

✉robi57@mail.ru

Аннотация. В статье представлен экспрессный способ определения метанола в спиртных напитках с применением газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС) дистиллятов, полученных при перегонке этанола из анализируемого напитка. Разработка направлена на решение задачи совершенствования аналитического контроля качества и безопасности алкогольной продукции. Метод ГХ-МС в настоящее время становится приоритетным инструментальным методом, применяемым в аккредитованных аналитических лабораториях в идентификации примесей контаминантов в алкогольной продукции. В связи с достаточно большим количеством случаев острого отравления метанолом в результате употребления фальсифицированных спиртных напитков, суррогатов и других спиртосодержащих жидкостей, разработка экспрессных методик выполнения измерений на хромато-масс-спектрометрическом оборудовании является актуальной проблемой.

Метанол – токсичное соединение, его минорные количества характерны для коньячных спиртов, в меньшем количестве его следы имеются в питьевом этиловом спирте, но его содержание строго регламентируется. Следует отметить, что по запаху и вкусу метанол не отличим от этанола, что способствует его ошибочному употреблению. При анализе дистиллятов, виски, рома, текилы и аперитивов обнаружено хроматографическое наложение пиков метанола и этилацетата. В целях селективного определения подобраны условия, обеспечивающие достаточное разделение целевых аналитов. Анализ выполняли методом ГХ-МС на газовом хроматографе Agilent 8890, оснащённом масс-селективным детектором модель 5977В, капиллярной колонкой высокой полярности HP-FFAP длиной колонки 50 м. В результате планирования эксперимента были подобраны оптимальные режимы для определения метанола, при этом одновременно возможно определение этилацетата. Разработанный способ определения метанола в алкогольных напитках с применением ГХ-МС может быть рекомендован для применения в контроле качества и безопасности алкогольной продукции, а также в судебно-медицинской экспертизе в качестве референтной методики для подтверждения достоверности идентификации метилового спирта.

Ключевые слова: метанол, спиртные напитки, газовая хромато-масс-спектрометрия

Благодарности: работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания ВУЗам в сфере научной деятельности на 2020-2022 годы, проект № FZGU-2020-0044. Часть экспериментальных исследований проводили на базе Коллективного исследовательского центра им. проф. Ю. М. Борисова Воронежского государственного технического университета, который частично поддерживается Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, проект № 2021-2296-512-0001-060.

Для цитирования: Рудаков О.Б., Шелехова Н.В., Рудаков Я.О., Селеменев В.Ф., Харченко Г.Ю. Экспрессное определение метанола в спиртных напитках методом газовой хромато-масс-спектрометрии // *Сорбционные и хроматографические процессы. 2022. Т. 22, № 2. С. 116-125.* <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/9214>



Original article

Express determination of methanol in alcoholic beverages by gas chromatate-mass spectrometry

Oleg B. Rudakov¹✉, Natalya V. Shelekhova², Yaroslav O. Rudakov³, Vladimir F. Selemenev³, Galina Yu. Kharchenko⁴

¹Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

²Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russian Federation

³Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

⁴Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russian Federation

✉robi57@mail.ru

Abstract. The article presents an express method for the determination of methanol in alcoholic beverages using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) of distillates obtained by the distillation of ethanol from the analysed beverage. The development is aimed at solving the problem of improving the analytical quality control and safety of alcoholic beverages. The GC-MS method is now becoming a priority instrumental method used in accredited analytical laboratories for identification of impurities of contaminants in alcoholic products. Due to a rather large number of cases of acute methanol poisoning as a result of the use of falsified alcoholic drinks, surrogates, and other alcohol-containing liquids, the development of express methods for performing measurements on chromatate-mass-spectrometric equipment is an urgent problem.

Methanol is a toxic compound, its minimum amounts are typical for cognac spirits, its traces are present in drinkable ethyl alcohol in a smaller amount, but its content is strictly regulated. It should be noted that the smell and taste of methanol is indistinguishable from ethanol, which contributes to its abuse. The analysis of distillates, whiskey, rum, tequila and aperitifs revealed a chromatographic overlapping of methanol and ethyl acetate peaks. Conditions that ensure the sufficient separation of the target analytes were selected for the selective determination.

The analysis was performed using GC-MS on an Agilent 8890 gas chromatograph equipped with a model 5977B mass selective detector and a high polarity HP-FFAP capillary column with a column length of 50 m. As a result of the planning of the experiment, the optimal modes for the determination of methanol were selected, while the determination of ethyl acetate was possible at the same time. The developed method for the determination of methanol in alcoholic beverages using GC-MS can be recommended for use in quality control and safety of alcoholic products, as well as in forensic medical examination as a reference method for confirming the reliability of methyl alcohol identification.

Keywords: methanol, spirits, gas chromatography-mass spectrometry

Acknowledgments: the work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of the state task for universities in the area of scientific research for 2020-2022, project No. FZGU-2020-0044. Part of the experimental studies was carried out using the scientific equipment of Yu.M. Borisov Centre for collective use of equipment of Voronezh State Technical University, partially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project No. 2021-2296-512-0001-060.

For citation: Rudakov O.B., Shelekhova N.V., Rudakov Ya.O., Selemenev V.F., Kharchenko G.Yu. Express determination of methanol in alcoholic beverages by gas chromatate-mass spectrometry. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*. 2022. 22(2): 116-125. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/9214>

Введение

В комплексном аналитическом контроле этанола, получаемого из пищевого сырья, дистиллятов, спиртных напитков, фармакологической спиртосодержащей продукции алиментарного применения,

первостепенной задачей перед аналитиками ставится обеспечение их безопасности, а именно, идентификация и определение содержания вредных примесей. Второй задачей является распознавание сорта, контрафакта, бракованной и фальсифицированной продукции [1-4]. Содер-



жание наиболее вредных для здоровья человека примесных компонентов (альдегиды, высшие спирты, метанол) строго регламентируется (ГОСТ 5962-2013, ГОСТ 32036-2013 и др.), при этом постоянно совершенствуется нормативная документация, ужесточаются требования к составу микропримесей пищевого этилового спирта. Параллельно этому развивается приборная база аналитического контроля качества и безопасности спиртовой продукции. Современное хроматографическое оснащение позволяет существенно снизить пределы обнаружения минорных примесей.

Перспективным направлением исследований является выявление характерных наборов микропримесей, присутствующих пищевому, гидролизному и синтетическому этанолу из различных видов сырья [1].

Объектом исследования настоящей работы является метанол, как наиболее опасный контаминант, встречающийся в спиртных напитках, особенно в фальсифицированной алкогольной продукции.

Метанол CH_3OH , как известно, бесцветная ядовитая жидкость 2 класса опасности. Предельно допустимая концентрация метанола в спиртных напитках в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01 составляет 0.5 мг/см^3 . Статистика публикаций, посвященных динамике острых отравлений метанолом в России и особенностям оказания экстренной медицинской помощи, зарегистрированных в РИНЦ – более 3500, указывает на высокую актуальность исследований, посвященных разработке и внедрению в аналитическую практику самых передовых методик контроля этого контаминанта в спиртосодержащей продукции [5-10]. На злободневность проблемы указывают и многочисленные случаи отравлением фальсифицированными спиртными напитками, суррогатами, о которых становится известно из прессы. В СМИ и отчетах Роспотребнадзора РФ отмечается, что в России ежегодно фиксируются до 1200

отравлений метанолом, причем многие из них со смертельным исходом.

ГХ-МС стал наиболее перспективным в контроле качества и безопасности пищевого этанола. Гибридный метод ГХ-МС позволяет с высокой степенью достоверности идентифицировать по имеющейся базе данных по временам удерживания и масс-спектрам более 250 соединений, в том числе и даже в первую очередь, метанол. Однако следует помнить при разработке методик, что возможны совпадения с высокой степенью вероятности не только времен удерживания, но и масс-спектров изомерных соединений [4], поэтому необходима проверка наложения хроматографических пиков и оптимизация условий хроматографирования.

Известен ГОСТ 33833-2016 «Напитки спиртные. Газохроматографический метод определения объемной доли метилового спирта», разработанный ВНИИПБТ. Данный межгосударственный стандарт принятый на территории Армении, Беларуси, Молдовы и России, распространяется на спиртные напитки с объемной долей этилового спирта от 7.0 до 60%: аперитивы, коктейли, бальзамы, джины, пунши, наливки, настойки (горькие, полусладкие, сладкие), десертные напитки, спиртные газированные и негазированные напитки, ликеры (крепкие, десертные, эмульсионные), кремы, ром, виски, текилу, спиртные зерновые дистиллированные напитки; и устанавливает газохроматографический метод определения объемной доли метилового спирта. Он основан на методе газовой хроматографии с пламенно-ионизационным детектором (ГХ-ПИД) дистиллятов, полученных при перегонке этанола из исходного напитка.

Количественное определение метилового спирта проводят методом абсолютной градуировки, идентификацию осуществляют по времени удерживания. Точность количественного анализа определяется воспроизводимостью площади

пика. В диапазоне измеряемых концентраций от 0.003-0.006% об. предел повторяемости при доверительной вероятности $P=0.95$ составляет 25%, в диапазоне свыше 0.006 до 0.120% об. включительно – 19%. Приблизительное время удерживания метанола до данной методики составляет 4.5-5 мин, в зависимости от выбранных параметров хроматографирования.

Следует отметить, что метод ГХ-МС обладает некоторым преимуществом перед вышеописанным методом, так как он не требует при идентификации использования градуировочных растворов, а идентифицирует соединение путем определения его состава и строения и дальнейшим сравнением полученного масс-спектра со спектром из имеющихся библиотек. Кроме того, метод ГХ-МС позволяет различать вещества с перекрывающимися хроматографическими пиками. Таким образом, разработка референтной методики с применением ГХ-МС является важной задачей аналитической химии. Она особенно важна идентификация метанола не столько в спиртных напитках, сколько в суррогатах алкоголя, в случаях острых отравлений с летальным исходом.

В 2008 г. были разработаны и аттестованы методические рекомендации Роспотребнадзора РФ «Хромато-масс-спектрометрическое определение метанола в стеклоомывающих жидкостях. Методические рекомендации МР 01.035-08», которые максимально близко соответствуют цели, поставленной в настоящей работе, а именно, разработке экспрессного способа контроля содержания метанола в алкогольной продукции с применением ГХ-МС в качестве референтного для способа ГХ-ПИД (ГОСТ 33833-2016). Количественный метод определения содержания метанола по МР 01.035-08 в стеклоомывающих жидкостях основан на переводе метанола из стеклоомывающих жидкостей в равновесную паровую фазу с последующим ее анализом на газовом хроматографе с капиллярной колонкой и

масс-селективным детектором. Нижний предел обнаружения в объеме пробы – 0.1 мг/см³. Определению не мешают вода, этанол и изопропанол. Ориентировочное время удерживания метанола составляет 3.4 мин. Критерием идентификации метанола является расхождение между временами удерживания пиков метанола в анализируемой пробе и в растворах стандартов не более 0.05 мин, а также совпадение библиотечного масс-спектра метанола с масс-спектром пика метанола в анализируемой пробе. Данная методика распространяется только на стеклоомывающие жидкости. Учитывая, что определению метанола в алкогольной продукции может мешать этилацетат, имеющий близкое время удерживания с метанолом, целесообразным является применение более длинных колонок, не 30 м, как в методике МР 01.035-08, а, например, 50 м. Кроме того в описанной выше методике градуировку выполняли для водных растворов, в случае алкогольной продукции целесообразно выполнять градуировку водно-спиртовых смесей. Спиртные напитки, в отличие от стеклоомывающих жидкостей имеют более сложный многокомпонентный состав летучих и нелетучих соединений (углеводы, пигменты, например), которые будут загрязнять хроматограф и детектор), поэтому необходима пробоподготовка (дистилляция/отгонка), как по методике ГОСТ 33833-2016. Известны работы Савчука и др. [11]. Упомянутые исследования проведены в режиме скрининга, при этом в них использовали условия анализа ГХ-МС не экспрессные, так как их цель – выявление всего профиля примесей, характерных для непивцевого спирта. Метанол рассматривался как один из возможных контаминантов.

Таким образом, целью настоящей работы является разработка нового научно-методического подхода к идентификации метанола в различных спиртных напитках на основе метода газовой хромато-масс-спектрометрии.

Экспериментальная часть

Материалы и методы. Вода дистиллированная по ГОСТ 6709, спирт этиловый ректифицированный из пищевого сырья по ГОСТ 5962, метанол и этилацетат (х.ч.) для газовой хроматографии с массовой долей основного вещества не менее 98%. Для отработки условий хроматографирования и масс-спектрометрического детектирования готовили водно-спиртовые модельные растворы метанола с объемной долей метилового спирта 0.120%, 0.0062% и 0.0030% об. Границы относительной погрешности приготовления при доверительной вероятности $P=0.95$ составляли не более 3.5%.

Приготовление проводили в вытяжном шкафу с соблюдением мер предосторожности, учитывая требования безопасности, установленные для работ с токсичными, едкими и легковоспламеняющимися веществами по ГОСТ 12.1.007. Анализ методом хромато-масс-спектрометрии проводили на газовом хроматографе Agilent 8890, оснащенный капиллярной колонкой (50 м×0.32 мм×0.50 мкм) и масс-селективным детектором Agilent 5977В (США). Идентификацию проводили сопоставлением полученных масс-спектров с соответствующими данными библиотеки NIST 20. В качестве объектов исследования использовали спиртные напитки, приобретенные методом случайной выборки в розничных торговых сетях и приготовленные в ходе настоящего исследования водно-спиртовые модельные растворы.

Пробоподготовка. Определение объемной доли метилового спирта проводили в дистиллятах анализируемых спиртных напитков.

Режим ГХ-МС. Ввод пробы осуществляли с помощью автосемплера в режиме Split с делением потока 1:20, объем пробы 1 мкл. В качестве газа-носителя использовали гелий, скорость потока через колонку 1.0 см³/мин. Для хроматографического разделения веществ использо-

вали капиллярную колонку высокой полярности HP-FFAP с фазой полиэтиленгликоль, модифицированный нитротерефталевой кислотой и рабочим диапазоном температур от 75 до 220°C. Режим программирования температуры колонки: начальная температура 75°C, изотерма 7 мин, продолжительность анализа 7 мин. Масс-спектрометрический анализ выполняли в режиме полного сканирования (SCAN) для скринингового анализа. Задержка на выход пика растворителя составляла 3.0 мин. Диапазон сканируемых ионов 19-450 а.е.м., температура источника ионов 230°C, температура масс-анализатора 150°C. Выбрали стандартное значение для ионизации электронным ударом 70 эВ. Для идентификации по масс-спектрам использовали библиотеку NIST 20, содержащей базу масс-спектров органических соединений (www.nist.gov/programs-projects/nist20-updates-nist-tandem-and-electron-ionization-spectral-libraries, дата обращения 03.03.2022).

Обсуждение результатов

Для подбора оптимальных режимов использовали модельные растворы с объемной долей метанола 0.120, 0.0062 и 0.0030% об. в пересчете на безводный спирт. За основу взяли следующие условия анализа: режим программирования температуры колонки: начальная температура 60°C, изотерма 10 мин, продолжительность анализа 10 мин. В ходе экспериментальных исследований варьировали параметры хроматографического разделения и масс-спектрометрического детектирования, оказывающие влияние на идентификацию метанола. Подобранные условия приведены в экспериментальной части. На рис. 1 приведена хроматограмма модельного раствора метанола, из которой видно, что метанол регистрируется пиком симметричной формы на 5.9 мин. Следует отметить, что у гауссовых пиков высота прямо пропорциональна концентрации вещества в

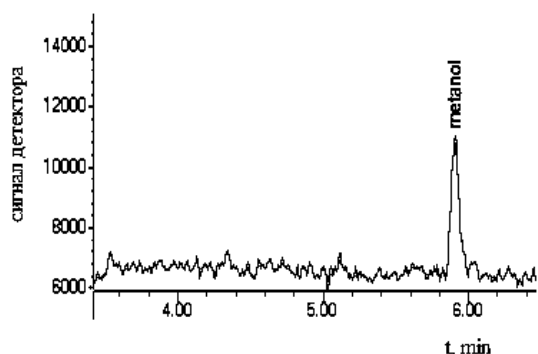


Рис.1. Хроматограмма модельного раствора метанола
 Fig.1. Chromatogram of a model solution of methanol

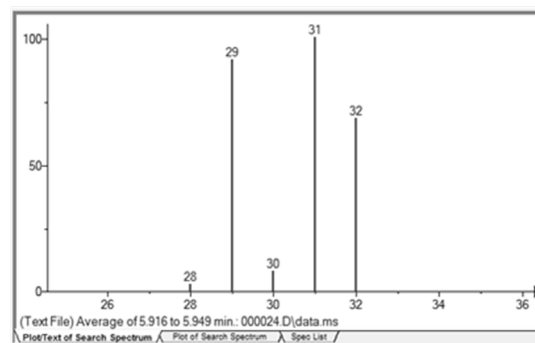


Рис.2. Масс-спектр метанола, полученный в данной работе (фрагмент)
 Fig.2. Mass spectrum of methanol obtained in this study (fragment)

пробе. Таким образом, предложенный режим перспективен для разработки методики количественного определения содержания метанола.

На рис. 2 представлен масс-спектр метанола, полученный в режиме SCAN, а на рис. 3 его масс-спектр из библиотеки NIST 20. На рис. 4 экспериментальный и библиотечный спектры сопоставлены между собой, наблюдается хорошее совпадение – 90%.

В связи с тем, что спиртные напитки имеют вариативный многокомпонентный состав и могут содержать нелетучие компоненты, для предотвращения загрязнения масс-спектрометрической системы определение объемной доли метанола

проводили в дистиллятах (отгонах), полученных после предварительной перегонки спирта из анализируемого спиртного напитка [1].

В ходе экспериментальных исследований при анализе дистиллятов, виски, рома, текилы и аперитивов выявлено хроматографическое наложение пиков метилового спирта и этилацетата, который может образовываться в результате реакции этерификации этилового спирта и уксусной кислоты. В экспериментальной части приведены именно откорректированные режимы анализа с учетом наличия этилацетата в анализируемых пробах. Для корректировки применяли водно-спиртовые модельные растворы, объемной долей

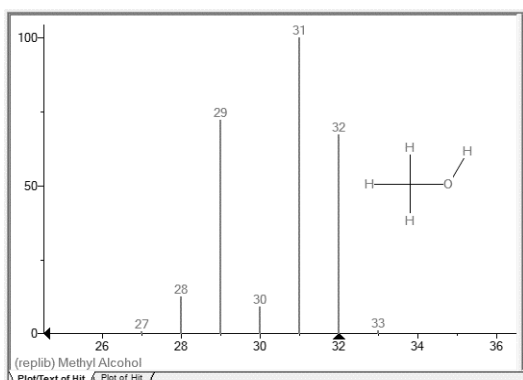


Рис. 3. Масс-спектр метанола из библиотеки NIST 20 (фрагмент)
 Fig. 3. Mass spectrum of methanol from the NIST 20 library (fragment)

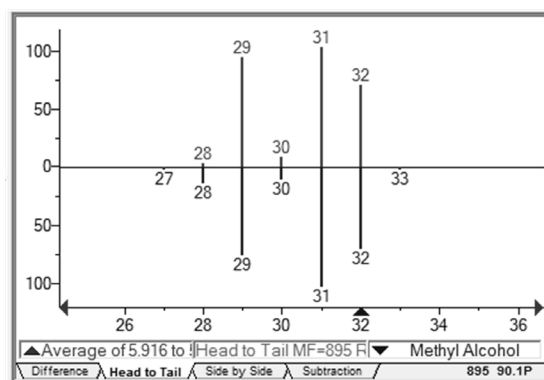


Рис. 4. Сравнение масс-спектров (нижний – библиотечный, верхний – эксперимент)
 Fig. 4. Comparison of mass spectra (lower – library spectrum, upper – experimental spectrum)

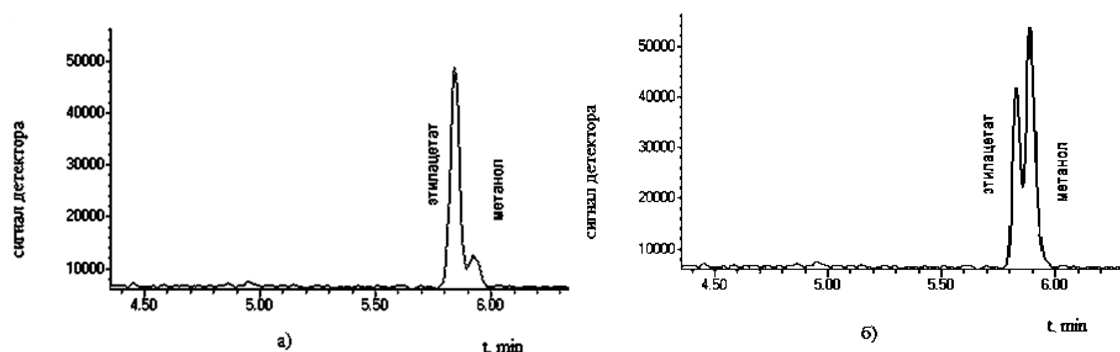


Рис. 5. Хроматограммы отгонов: а) настойки горькой; б) текилы
 Fig. 5. Chromatograms of distillates: a) bitter tincture; b) tequila

этилового спирта от 7.0 до 70% содержащие метанол и этилацетат. Аналогично алгоритму сопоставления масс-спектров метанола было выполнено сопоставление масс-спектров этилацетата, полученного в ходе настоящего эксперимента с использованием масс-спектрометрической системы и библиотечного масс-спектра коммерческой библиотеки NIST 20, установлено совпадение масс-спектра этилацетата 89%.

На рис. 5 приведены для примера хроматограммы реальных объектов анализа – настойки горькой и текилы. Как видно их хроматограмм, несмотря на близкие времена удерживания этилацетата и метанола, подобранные режимы хроматографирования позволяют определять наличие метанола в присутствии этилацетата.

В ходе исследований оценена возможность количественного определения метилового спирта. Хромато-масс-спектрометрическую систему градуировали методом абсолютной градуировки с использованием трех уровней модельных растворов с объемной долей метилового спирта 0.120, 0.0062 и 0.0030% об. Метиловый спирт регистрировали по времени удерживания. Определяли площадь хроматографических пиков с применением программного обеспечения, входящего в комплект системы. Градуировочную зависимость считали приемлемой, если расхождение между двумя параллельными определениями не превышало 20%:

$$\frac{2 \cdot |C_{i1} - C_{i2}| \cdot 100}{(C_{i1} + C_{i2})} \leq r_i,$$

где 2 – число параллельных определений; C_{i1} , C_{i2} – результаты параллельных определений объемной доли метанола в анализируемой пробе, % об.; r_i – значение предела повторяемости, 20 %; 100 – множитель для пересчета в проценты.

Анализ полученного градуировочного графика выявил линейную зависимость содержания метанола от отклика сигнала детектора ($R^2=0.987$). В подобранных условиях проанализировали 12 образцов спиртных напитков, в том числе: джины, коктейль, ром, и виски (см. табл.). Измерения выполняли не менее, чем в двух повторностях в условиях повторяемости. Регистрировали площади пиков в области времени удерживания, кроме этого идентификацию проводили сопоставляя величины совпадения масс-спектров, во всех случаях совпадение составляло 89-92%. За результат принимали среднеарифметическое двух параллельных определений, если выполнялось условие приемлемости по приведенной выше формуле.

Показано, что диапазон объемных долей метанола в пересчете на безводный спирт в исследованных образцах колебался в диапазоне от 0.0005 до 0.06 % об., наибольшее содержание метанола отмечено в морсе вишни свежей спиртованный.

Таким образом, экспериментально подтверждено, что выбранные режимные

Таблица. Результаты определения метанола в спиртных напитках методом ГХ-МС
Table. The results of the determination of methanol in alcoholic beverages by GC-MS

№	Наименование	Объемная доля метанола, % в пересчете на безводный спирт
1.	Ром «Bacardi», Carta Blanca,	0.00578±0.0012
2.	«Морс вишни свежей спиртованный»	0.06102±0.0122
3.	Джин «Edinburgh Gin Classic»	0.00677±0.0013
4.	Виски «The Legendary Silkie, Dark Irish Whiskey»	0.00956±0.0019
5.	«Самогон Армянский», ТМ Персик	0.03471±0,0068
6.	Ликер «Fruko Schulz Amaretto»	0.00050±0.0001
7.	Коктейль «Лимон»	0.00393±0.0077
8.	Бальзам Рижский, Черный Курант	0.00520±0.0009
9.	Настойка «Сладкая Рябина на Коньяке»	0.00384±0.0076
10.	Ликер «Jagermeister»	0.00220±0.0004
11.	Настойка «Алкон древнерусский»	0.00475±0.0009
12.	Виски «Clynelish, 14 years»	0.00254±0.0005

параметры хроматографирования позволяют идентифицировать и количественно определять метанол в различных спиртных напитках. Границы относительной погрешности составляют не более 20%. Подобранные условия ГХ-МС пригодны для разработки экспрессной методики определения объёмной доли метанола в алкогольных напитках.

Заключение

Предложен новый способ определения метанола в спиртных напитках, отличающийся от известных экспрессностью и высокой степенью надежности идентификации с применением газовой хромато-масс-спектрометрии. Экспери-

ментально подтверждено, что предложенный способ может быть использован для определения объемной доли метанола в отгонах спиртных напитков в качестве референтного для подтверждения наличия или отсутствия метанола в напитке или спиртосодержащих жидкостях.

Конфликт интересов

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

Список литературы

1. Шелехова Н.В., Римарева Л.В., Шелехова Т.М. и др. Методика определения метанола в спиртных напитках // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2017. №2. С-33-35.
2. Шелехова Н.В., Шелехова Т.М., Скворцова Л.И., Полтавская Н.В. Методы газовой хроматографии, капиллярного электрофореза, хромато-масс-спектрометрии в аналитическом контроле спиртных напитков // *Пищевая промышленность*. 2021. № 9. С. 63-64. <http://dx.doi.org/10.52653/PPI.2021.9.9.028>

3. Рудаков О.Б., Никитина С.Ю. Тренды в аналитическом контроле качества питьевого этанола // *Аналитика и контроль*. 2017. Т. 21. № 3. С. 180-196.
4. Никитина С.Ю., Шахов С.В., Пыльный Д.В., Рудаков О.Б. Аналитический контроль качества ректифицированного этанола, водок и спиртовых дистиллятов // *Пищевая промышленность*. 2018. № 6. С. 56-60.
5. Букаев О.Н., Сайгина О.А., Малкина Н.В. и др. Динамика острых отравлений метанолом и особенности оказания



экстренной медицинской помощи в Республике Мордовия // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019. № 10-2. С. 278-282.

6. Козычева О.П., Лебедев М.Л., Филляков А.И. и др. Отравления метанолом: диагностика, терапия и исходы // *Вестник клинической больницы №51*. 2012. №1-2. С.27-31.

7. Богомолов А.Н., Олецкий В.Э., Григорьев И.М. и др. Острые отравления суррогатами алкоголя: метанолом и этиленгликолем // *Медицинский журнал*. 2019. № 3(69). С. 43-49.

8. Пугачев Г.В., Пугачева И.В., Бегунов В.А., Васина Н.Н. Анализ острых отравлений метанолом в отделении токсикологии за 2010-2016 г. // *Актуальные вопросы диагностики, лечения и реабилитации больных*: Мат. XIX юбилейной межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 40-летию ПИУВ – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Пенза, 23 июня 2017 г. Пенза: ПГУ. 2017. С. 355-357.

References

1. Shelekhova N.V., Rimareva L.V., Shelekhova T.M. et al. Metodika opredeleniya metanola v spirtnykh napitkakh. *KHranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. 2017; 2: 33-35. (In Russ.)

2. Shelekhova N.V., Shelekhova T.M., Skvortsova L.I., Poltavskaya N.V. Metody gazovoy khromatografii, kapillyarnogo ehlektroforeza, khromato-mass-spektrometrii v analiticheskom kontrole spirtnykh napitkov. *Pishhevaya promyshlennost'*. 2021; 9: 63-64. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.52653/PPI.2021.9.9.028>

3. Rudakov O.B., Nikitina S.Yu. Trendy v analiticheskom kontrole kachestva pit'evogo ehtanola. *Analitika i kontrol'*. 2017; 21(3): 180-196. (In Russ.)

4. Nikitina S.Yu., Shakhov S.V., Pyl'nyj D.V., Rudakov O.B. Analiticheskij kontrol' kachestva rektifikovannogo ehtanola, vodok i spirtovykh distillyatov. *Pishhevaya promyshlennost'*. 2018; 6: 56-60. (In Russ.)

9. Кнауб В.А., Беляева Н.В., Ефремова Т.Н., Сурина Е.А. Анализ отравлений метанолом в Алтайском крае в 2017 году // *Судебная медицина: вопросы, проблемы, экспертная практика*: Мат. научно-практической конференции, посвященной 25-летию Межрегионального общественного объединения (ассоциации) «Судебные медики Сибири», Новосибирск, 07-08 июня 2018 года. Новосибирск: ООО «СТТ», 2018. С. 77-82.

10. Кузнецов О.А. Федоров А.В. Острое отравление метанолом с благоприятным исходом (серия клинических наблюдений) // *Наркология*. 2019. Т. 18. № 4. С. 64-67. <http://dx.doi.org/10.25557/1682-8313.2019.04.64-67>

11. Савчук С.А., Нужный В.П., Рожнец В.В. Химия и токсикология этилового спирта и напитков, изготовленных на его основе // *Хроматографический анализ спиртных напитков*. М. Ленанд. 2017. 184 с.

5. Bukaev O.N., Sajgina O.A., Malkina N.V. et al. Dinamika ostrykh otravlenij metanolom i osobennosti okazaniya ehkstretnoj meditsinskoj pomoshhi v Respublike Mordoviya. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanij*. 2019; 10-2: 278-282. (In Russ.)

6. Kozycheva O.P., Lebedev M.L., Filyakov A.I. et al. Otravleniya metanolom: diagnostika, terapiya i iskhody. *Vestnik klinicheskoy bol'nitsy No 51*. 2012; 1-2: 27-31. (In Russ.)

7. Bogomolov A.N., Oletskij V.Eh., Grigor'ev I.M. et al. Ostrye otravleniya surrogatami alkogolya: metanolom i ehhtilenglikolem. *Meditsinskij zhurnal*. 2019; 3(69): 43-49. (In Russ.)

8. Pugachev G.V., Pugacheva I.V., Begunov V.A., Vasina N.N. Analiz ostrykh otravlenij metanolom v otdelenii toksikologii za 2010-2016 g. *Aktual'nye voprosy diagnostiki, lecheniya i reabilitatsii bol'nykh*: Мат. XIX yubilejnoj mezhregional'noj nauchno-prakticheskoy konferentsii,



posvyashhennoj 40-letiyu PIUV - filiala FGBOU DPO RMANPO Minzdrava Rossii, Penza, 23 iyunya 2017 g. Penza: PGU. 2017. P. 355-357.

9. Knaub V.A., Belyaeva N.V., Efremova T.N., Surina E.A. Analiz otravlenij metanolom v Altajskom krae v 2017 godu. Sudebnaya meditsina: voprosy, problemy, ehkspertnaya praktika: Mat. nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashhennoj 25-letiyu Mezhhregional'nogo obshhestvennogo ob"edineniya (assotsiatsii) "Sudebnye mediki Sibiri". Novosibirsk. 07-08 iyunya

2018 goda. Novosibirsk. OOO "STT". 2018. P. 77-82.

10. Kuznetsov O.A. Fedorov A.V. Ostroe otravlenie metanolom s blagopriyatnym iskhodom (seriya klinicheskikh nablyudenij). Narkologiya. 2019; 18(4): 64-67. <http://dx.doi.org/10.25557/1682-8313.2019.04.64-67>.

11. Savchuk S.A., Nuzhnyj V.P., Rozhanets V.V. Khimiya i toksikologiya ehtilovogo spirta i napitkov, izgotovlennykh na ego osnove. Khromatograficheskij analiz spirtnykh napitkov. M. Lenand. 2017. 184 p.

Информации об авторах / Information about the authors

О.Б. Рудаков – д.х.н., зав. кафедрой химии и химической технологии материалов Воронежского государственного технического университета, Воронеж, Россия

Н.В. Шелехова – д.т.н., заведующая лабораторией хроматографии ВНИИПБТ, филиала ФИЦ питания и биотехнологии, Москва, Россия

Я.О. Рудаков – аспирант кафедры аналитической химии Воронежского государственного университета, Воронеж, Россия

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

Г.Ю. Харченко – к.х.н., доцент кафедры химии, Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия

O.B. Rudakov – Dr. Sci (Chemistry), head of Department of chemistry and chemical technology of materials of Voronezh state technical University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: robi57@mail.ru

N.V. Shelekhova – Dr. of technical sciences, head of the Laboratory of chromatography, Russian Research Institute of Food Biotechnology is a Branch of Federal Research Center of Food, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russian Federation, e-mail: 4953610101@mail.ru

Ya.O. Rudakov – Post-graduate Student of the Department of Analytical Chemistry of Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

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

G.Yu. Kharchenko associate professor, department of Chemistry, Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: harchenko.g.u@mail.ru

Статья поступила в редакцию 07.03.2022; одобрена после рецензирования 25.04.2022; принята к публикации 29.04.2022.

The article was submitted 07.03.2022; approved after reviewing 25.04.2022; accepted for publication 29.04.2022.