

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-1-2559>  
<https://elibrary.ru/KQCHDK>

Оригинальная статья  
<https://fptt.ru>

## Исследование состава ароматизаторов для алкогольных напитков домашней выработки



А. В. Оберенко<sup>1,\*</sup>, С. В. Качин<sup>1</sup>, С. А. Сагалаков<sup>1</sup>,  
А. Д. Яковлев<sup>2</sup>, Н. А. Козель<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Сибирский федеральный университет , Красноярск, Россия

<sup>2</sup> Федеральный Сибирский научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России, Красноярск, Россия

Поступила в редакцию: 02.05.2024

Принята после рецензирования: 09.09.2024

Принята к публикации: 01.10.2024

\*А. В. Оберенко: [aoberenko@sfu-kras.ru](mailto:aoberenko@sfu-kras.ru),

<https://orcid.org/0000-0002-1156-9644>

С. В. Качин: <https://orcid.org/0000-0002-7162-449X>

С. А. Сагалаков: <https://orcid.org/0000-0002-6459-8852>

А. Д. Яковлев: <https://orcid.org/0009-0008-2624-6793>

Н. А. Козель: <https://orcid.org/0009-0007-7029-7136>

© А. В. Оберенко, С. В. Качин, С. А. Сагалаков, А. Д. Яковлев,  
Н. А. Козель, 2025



### Аннотация.

Ароматизаторы добавляют в процессе промышленного производства алкогольных напитков для создания необходимого аромата и вкуса. Требования к качеству ароматизаторов, их химическому составу, допустимым уровням применения и методам контроля строго регламентированы. Для приготовления алкогольных напитков в домашних условиях рынок предлагает ароматизаторы-имитаторы известных брендов, сведения о составе которых, равно как и о методах контроля качества, практически отсутствуют. Цель исследования – изучить компонентный состав ароматизаторов-имитаторов, а также определить соответствующие процедуры аналитических измерений.

Объектами исследования послужили ароматизаторы, имитирующие вкусовые профили коньяка, чачи, текилы, бренди, джин-тоника, ликера. Исследование проводили с использованием фурье-спектрометра ФТ-801 (ООО НПФ «СИМЕКС», Россия) с приставкой SIMTEX (Россия) для работы в режиме НПВО, газового хроматографа Кристалл-5000.2 (Хроматэк, Россия) с колонкой TR-5MS (Thermo Fisher Scientific, США) и квадрупольным масс-спектрометрическим детектором ISQ (Thermo Scientific, Германия). Для определения растворителей / носителей в составе ароматизатора 0,050 см<sup>3</sup> раствора образца смешивали с 10 см<sup>3</sup> метанола. Для определения ароматообразующих веществ растворы образцов предварительно экстрагировали трихлорметаном (хлороформом). ИК-НПВО-спектры обрабатывали с использованием программного обеспечения OMNIC (Version 7.0, Thermo Electron Corp., США), а масс-спектры – NIST MS Search 2.0 (NIST, США).

В ходе исследования получены данные о компонентном составе ряда ароматизаторов-имитаторов. Установлено, что в качестве растворителей / носителей в ароматизаторах выступают пропиленгликоль, глицерин и триацетин. Вкусо-ароматические показатели исследуемых ароматизаторов определяются относительно небольшим набором из 1–5 веществ, составляющих 70 % и более компонентного состава: в ароматизаторе Коньяк (Elix) – 4-гидрокси-3-метоксibenзальдегид (ванилин) – 78,5 %; Чача (Alcotec) – 3,7-диметил-1,6-октадиен-3-ол и метил-2-аминобензоат (94,4 %); Бренди (Alcotec) – ванилин и этиллаурат (81,7 %); Текила (Alcostar) – 3-метил-1-бутанол, этилдеканат, этиллаурат и ванилин (73,7 %); Джин-тоник (Etol) – фенилметанол, 3,7-диметил-1,6-октадиен-3-ол, (1R)-1-изопропил-4-метил-3-циклогексен-1-ол и 2-(4-метил-3-циклогексен-1-ил)-2-пропанол (83,5 %). В результате перечень и относительное содержание ключевых ароматообразующих веществ ни в одном из исследуемых ароматизаторов не совпадают с сенсорными профилями их натуральных аналогов.

Сочетание спектроскопий инфракрасной в режиме НПВО и газовой хроматографии с масс-селективным детектированием и последующей математической обработкой полученных данных позволяет получить необходимые сведения о химическом составе ароматизаторов для оценки их вкусовых профилей, пищевой безопасности и подлинности алкогольных напитков.

**Ключевые слова.** Алкогольные напитки, ароматизатор, пищевые добавки, ИК-НПВО, ГХ-МС, хемометрика

**Для цитирования:** Оберенко А. В., Качин С. В., Сагалаков С. А., Яковлев А. Д., Козель Н. А. Исследование состава ароматизаторов для алкогольных напитков домашней выработки. Техника и технология пищевых производств. 2025. Т. 55. № 1. С. 89–106. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-1-2559>

## Composition of Flavorings for Home-Made Alcoholic Beverages



Andrey V. Oberenko<sup>1,\*</sup>, Sergei V. Kachin<sup>1</sup>,  
Sergei A. Sagalakov<sup>1</sup>, Artem D. Yakovlev<sup>2</sup>, Natalia A. Kozel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Siberian Federal University<sup>ROR</sup>, Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup> Federal Siberian Research Clinical Centre, Federal Medical Biological Agency of Russia, Krasnoyarsk, Russia

Received: 02.05.2024

Revised: 09.09.2024

Accepted: 01.10.2024

\*Andrey V. Oberenko: [aoberenko@sfu-kras.ru](mailto:aoberenko@sfu-kras.ru),

<https://orcid.org/0000-0002-1156-9644>

Sergei V. Kachin: <https://orcid.org/0000-0002-7162-449X>

Sergei A. Sagalakov: <https://orcid.org/0000-0002-6459-8852>

Artem D. Yakovlev: <https://orcid.org/0009-0008-2624-6793>

Natalia A. Kozel: <https://orcid.org/0009-0007-7029-7136>

© A.V. Oberenko, S.V. Kachin, S.A. Sagalakov, A.D. Yakovlev,  
N.A. Kozel, 2025



### Abstract.

Flavorings give commercial alcoholic beverages a recognizable sensory profile. Their quality, chemical composition, acceptable levels, and control methods are standardized by the state. For home-made alcoholic beverages, the market offers a wide range of flavorings that imitate popular brands. However, their composition is seldom labelled, and their quality control methods remain unknown. The research objective was to study the component composition of imitation flavorings in order to develop appropriate analytical measurement protocols.

The research featured flavorings of different brands that imitate flavor profiles of cognac, chacha, tequila, brandy, gin, and liqueur. It included a FT-801 Fourier spectrometer (SPF SIMEX, Russia) with SIMEX attachment (Russia) for attenuated total internal reflectance, as well as a Crystal-5000.2 gas chromatograph (Russia) with a TR-5MS column and an ISQ quadrupole mass spectrometric detector (Thermo Fisher Scientific, USA). To detect the solvents (carriers), 0.050 cm<sup>3</sup> of each sample solution was mixed with 10 cm<sup>3</sup> of methanol. To detect the flavoring agent, the sample solutions were pre-extracted with trichloromethane (chloroform). The obtained IR-NIR spectra were processed using the OMNIC software; the mass spectra were processed with NIST MS Search 2.0 (NIST, USA).

The research revealed the following data on the nature of solvent carriers and flavoring agents. Propylene glycol, glycerol, and triacetin acted as solvents (carriers). As few as 1-5 substances were responsible for the sensory profile, but they made up  $\geq 70\%$  of the total composition. The cognac flavoring of the Elix brand contained 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde (vanillin, 78.5%); the chacha flavor (Alcotec) was provided by 3,7-dimethyl-1,6-octadien-3-ol and methyl-2-aminobenzoate (94.4%); the brandy taste (Alcotec) was imitated by vanillin and ethyl laurate (81.7%); the tequila flavoring (Alcostar) contained 3-methyl-1-butanol, ethyl decanoate, ethyl laurate, and vanillin (73.7%); the gin-tonic flavor (Etol) resulted from a combination of phenylmethanol, 3,7-dimethyl-1,6-octadien-3-ol, (1R)-1-isopropyl-4-methyl-3-cyclohexen-1-ol, and 2-(4-methyl-3-cyclohexen-1-yl)-2-propanol (83.5%). None of the artificial additives had the same flavoring agents in the same relative content as the original drinks.

In this study, a combination of FTIR-ATR spectrometry and GC-MS spectrometry with subsequent mathematical processing provided comprehensive information on the chemical composition of flavoring agents that could be used to assess their sensory profiles, food safety, and authenticity.

**Keywords.** Alcoholic beverages, flavoring agent, food additives, FTIR-ATR, GC-MS, chemometrics

**For citation:** Oberenko AV, Kachin SV, Sagalakov SA, Yakovlev AD, Kozel NA. Composition of Flavorings for Home-Made Alcoholic Beverages. Food Processing: Techniques and Technology. 2025;55(1):89–106. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-1-2559>

### Введение

В соответствии с ГОСТ Р 52177-2003, пищевые ароматизаторы представляют собой добавки индивидуальных вкусоароматических веществ, их смесей с растворителем, сухим носителем, наполнителем (или без них), вносимые в процессе получения продукта для улучшения аромата и вкуса по ГОСТ 32049-2013. Для алкогольной продукции данные сенсорные атрибуты

являются неотъемлемыми показателями качества и подлинности продукта [1–4]. Причем для достижения заданного вкусового профиля ароматизаторы добавляются в минимальных количествах. Как правило, ароматизаторы – сложные смеси, включающие сахара, искусственные подсластители, красители, эмульгаторы, стабилизаторы, антиоксиданты, консерванты, регуляторы кислотности, растворители и др. [5, 6].

В ГОСТ Р 52177-2003, а также в Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 029/2012 прописаны требования к ароматизаторам, их химическому составу, допустимым уровням применения и методам контроля.

С ароматизаторами, которые используют в домашних условиях для приготовления алкогольных напитков, имитирующих известные бренды, ситуация обстоит иначе [7, 8]. Сведения о химическом составе этих ароматизаторов, равно как и о методах контроля их качества, практически отсутствуют. В связи с этим результаты исследований в данной области могут представлять интерес для потенциальных потребителей продукции, сотрудников экспертных подразделений соответствующих органов при оценке пищевой безопасности и подлинности алкогольных напитков. Цель настоящей работы – изучить химический состав ароматизаторов-имитаторов, а также определить соответствующие процедуры аналитических измерений.

### **Объекты и методы исследования**

Объектами исследования послужили ароматизаторы, представленные в наборах на рынке пятью различными производителями. Наборы содержали флаконы с ароматизаторами в виде растворов для приготовления алкогольных напитков:

- Коньяк, Чача, Текила (Alcostar, Россия);
- Бренди, Чача (Alcotec, Россия);
- Коньяк, Чача (Elix, Россия);
- Коньяк классический, Чача, Джин-тоник, Ликер молочный (Etol, Словения);
- Вишневый бренди (Магия вкуса, Россия).

Исследовали образцы методами инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (ИК) и газовой хроматографии с масс-селективным детектированием (ГХ-МС). Выбор методов обусловлен высокой информативностью, чувствительностью, а также многочисленными примерами их успешного сочетания при исследовании многокомпонентных систем [9–19]. В частности, ИК-спектроскопия позволяет детектировать исходные термолabile соединения, а ГХ-МС, напротив, их летучие продукты распада.

ИК-комплекс включал фурье-спектрометр ФТ-801 (ООО НПФ «СИМЕКС», Россия), приставку компании SIMTEX (Россия) для работы в режиме НПВО с оптическим кристаллом из селенида цинка (CVD ZnSe) и программное обеспечение OMNIC (Version 7.0, Thermo Electron Corp., США) для обработки спектров. ИК-измерения проводили при фиксированной относительной влажности воздуха (40 %) и температуре 293 К. Каплю исследуемого образца помещали на кристалл приставки и снимали спектр в диапазоне 4000–550 см<sup>-1</sup> с разрешением 4 см<sup>-1</sup>. Корректировку базовой линии проводили с учетом фонового спектра атмосферы с последующим нормированием шкалы интенсивности поглощения 0–1. После каждого измерения поверхность кристалла приставки НПВО тщательно очищали путем двукратной обработки гексаном,

ацетоном и удаляли остатки растворителей мягкой тканью. Чистоту поверхности кристалла проверяли путем повторной съемки фонового спектра атмосферы и его сравнения с предыдущим.

Хромато-масс-спектрометрический комплекс включал газовый хроматограф Кристалл-5000.2 (Хроматэк, Россия) с колонкой TR-5MS (длина – 30 м, внутренний диаметр – 0,25 мм, фаза: 5 % фенилполисилоксан, толщина фазы – 0,25 мкм) (Thermo Fisher Scientific, США) и квадрупольным масс-спектрометрическим детектором ISQ (Thermo Scientific, Германия). Сбор и обработка данных осуществлялись с помощью программного пакета Xcalibur 4.3 (Thermo Fisher Scientific, США). Анализ проводился при следующих условиях: температура инжектора – 190, детектора – 220 °С; программирование температуры термостата колонки – от 60 °С (начальная) до 200 °С (конечная); скорость подъема температуры – 13 °С/мин; время выдержки при начальной температуре – 2 мин, при конечной – 25 мин; газ-носитель – гелий; скорость потока газа-носителя – 1,0 см<sup>3</sup>/мин; режим ввода пробы – с делением потока (Split 40:1); объем вводимой пробы – 0,001 см<sup>3</sup>, ионизация электронным ударом – 70 эВ.

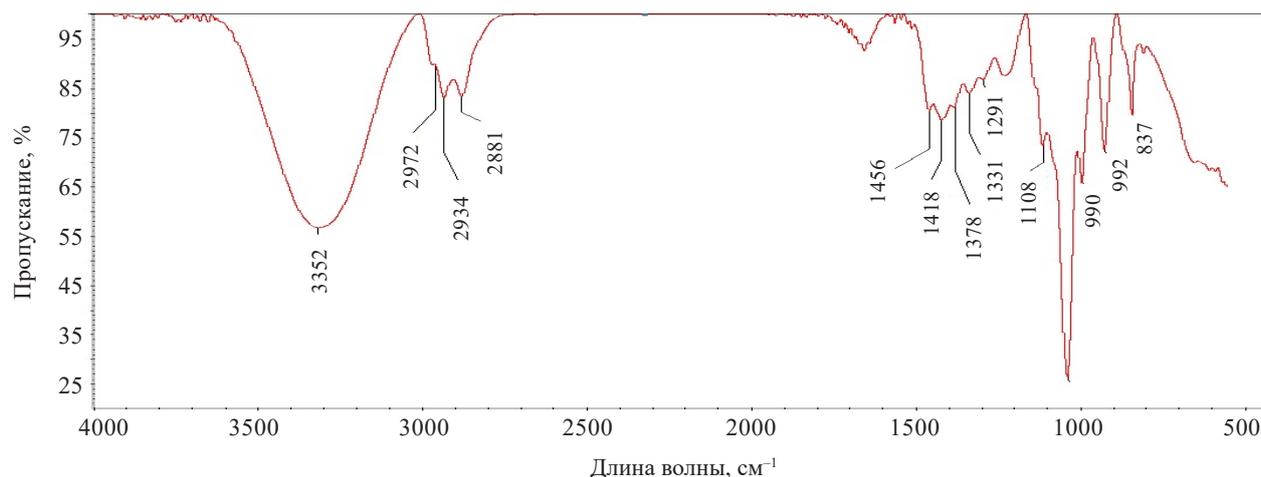
Пробоподготовка образцов проводилась для определения растворителей / носителей и непосредственно ароматообразующих веществ. В первом случае 0,050 см<sup>3</sup> раствора образца смешивали с 10 см<sup>3</sup> метанола и подвергали измерениям. Во втором – 0,050 см<sup>3</sup> раствора образца помещали в вials, добавляли 2 см<sup>3</sup> трихлорметана (хлороформа), интенсивно перемешивали и выдерживали в течение 10 мин. Затем водный слой отбрасывали, а хлороформный экстракт трижды промывали порциями по 10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и подвергали измерениям.

Идентификацию соединений проводили в процессе анализа ИК-НПВО-спектров, масс-спектров и хроматограмм. ИК-НПВО-спектры обрабатывали с использованием программного обеспечения OMNIC, а масс-спектры – NIST MS Search 2.0 (NIST, США). Процент совпадения экспериментальных масс-спектров с библиотечными (NIST14) составлял не менее 90 %. Хроматографические параметры рассчитывали с использованием калиброванной хроматограммы стандартной смеси n-алканов (раствор дизельного топлива с массовой концентрацией 1 г/100 в n-гексане).

Также использовали: метанол (х.ч., Merck, Германия), n-гексан, трихлорметан (ч.д.а., ООО «Компонент-Реактив», Россия), ацетон, глицерин, пропиленгликоль (ч.д.а., ЗАО «Вектон», Россия).

### **Результаты и их обсуждение**

**Исследования с использованием инфракрасной спектроскопии в режиме НПВО (ИК-НПВО).** Инфракрасные спектры всех исследованных ароматизаторов обладали значительным сходством по основным полосам поглощения. В качестве примера

Рисунок 1. ИК-НПВО-спектр ароматизатора Бренди (Alcotec) в области 4000–550  $\text{cm}^{-1}$ Figure 1. IR-ATR spectrum of brandy flavoring (Alcotec), 4 000–550  $\text{cm}^{-1}$ 

приведен типичный спектр ароматизатора Бренди (Alcotec) (рис. 1). В так называемой области одинарных связей 4000–2500  $\text{cm}^{-1}$  наблюдались интенсивные полосы поглощения 3352 и 1038  $\text{cm}^{-1}$ , которые можно отнести к валентным колебаниям связей О–Н и С–О соответственно, а полосы поглощения 2972, 2934 и 2981  $\text{cm}^{-1}$  – к валентным колебаниям С–Н в  $\text{CH}_2$ - и  $\text{CH}_3$ -группах соединений.

В области «отпечатков пальцев» (1750–600  $\text{cm}^{-1}$ ) основная часть полос поглощения относилась к колебаниям связей О–Н, С–Н и С–С. В таблице 1 приведены типичные значения волновых чисел полос поглощения в спектрах исследуемых образцов, соответствующие колебаниям отдельных групп.

В целом анализ полученных спектров указывает на возможное присутствие в исследуемых образцах многоатомных спиртов – глицерина и пропиленгликоля. В ИК-НПВО-спектре ароматизатора Коньяк (Elix) полосы поглощения глицерина и пропиленгликоля проявлялись в диапазоне волновых чисел 3000–2800 и 1400–700  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 2).

В ряде образцов (Чача, Коньяк, Текила (Alcostar), Коньяк (Etol)) в спектрах зафиксированы полосы поглощения в области 1716  $\text{cm}^{-1}$ , которые можно отнести к колебаниям С=О в сложных эфирах.

Для установления степени сходства полученные ИК-НПВО-спектры были внесены в пользовательскую поисковую библиотеку и обработаны с помощью программного обеспечения OMNIC. В качестве образца сравнения послужил ароматизатор Текила (Alcostar). В таблице 2 приведены результаты обработки спектров ароматизаторов, а также глицерина и пропиленгликоля в зависимости от алгоритмов библиотечного поиска. Для всех ароматизаторов Alcostar, Alcotec, а также ароматизатора Коньяк (Elix) и глицерина при использовании наиболее распространенного алгоритма корреляции совпадение их ИК-НПВО-спектров с образ-

Таблица 1. Отнесение типичных полос поглощения в ИК-НПВО-спектрах исследуемых образцов

Table 1. Attribution of typical absorption bands in IR-ATR spectra for each sample

Волновые числа полос поглощения, $\text{cm}^{-1}$	Отнесение
1456	$\text{CH}_2$ деформационное (ножничное)
1418	$\text{CH}_2$ деформационное (ножничное)
1378	$\text{CH}_3$ деформационное
1331	$\text{CH}_2$ деформационное (веерное)
1291	$\text{CH}_2$ деформационное (крутильное)
1108	$\text{CH}_2$ деформационное (маятниковое)
990	$\text{CH}_3$ деформационное (маятниковое)
922	ОН деформационное
837	С–С валентное

цом сравнения было весьма высоким (показатели превышают 90 %). Сходство ИК-НПВО-спектров для ароматизаторов Коньяк классический, Джин-тоник (Etol) и пропиленгликоля проявлялось в меньшей степени (совпадение 58–73 %). Для остальных образцов ароматизаторов сходство ИК-НПВО-спектров с образцом сравнения, скорее, отсутствовало (совпадение ниже 33 %).

Наибольшие различия в показателях совпадения наблюдались при использовании алгоритма абсолютной производной, придающего повышенное значение небольшим пикам и сдвигам пиков ИК-НПВО-спектров.

Для более тонкой дискриминации подобных спектров используют различные подходы и методы математической обработки аналитических данных [20–25]. Выбор того или иного подхода / метода определяется природой объекта и спецификой решаемой задачи. В нашем случае, в связи с тем, что состав образцов

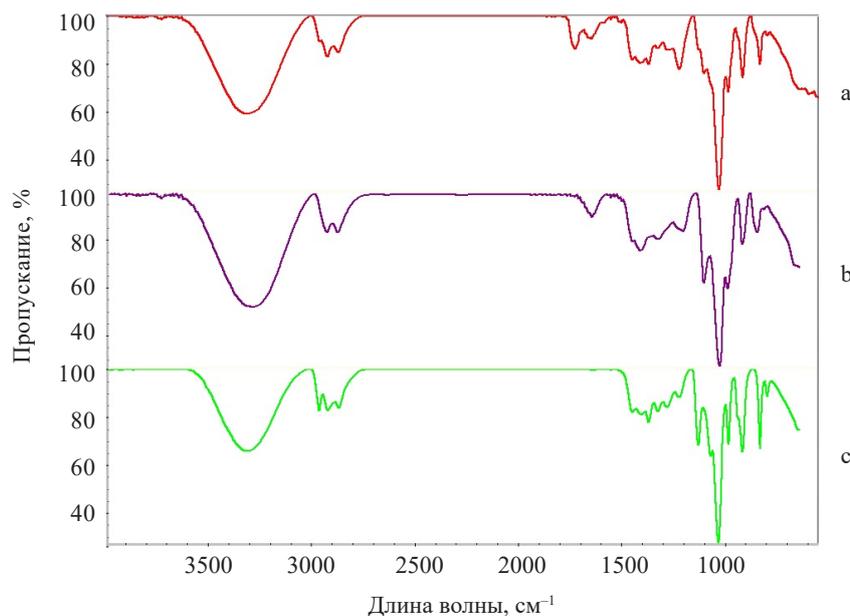


Рисунок 2. ИК-НПВО-спектры ароматизатора «Коньяк» (Elix) (a), глицерина (b), пропиленгликоля (c) в диапазоне частот 4000–550 см<sup>-1</sup>

Figure 2. IR-ATR spectra of cognac flavoring (Elix) (a), glycerol (b), and propylene glycol (c), 4 000–550 cm<sup>-1</sup>

Таблица 2. Показатели совпадения ИК-НПВО-спектров ароматизаторов, глицерина, пропиленгликоля с образцом сравнения Текила (Alcostar) в зависимости от алгоритмов поиска, %

Table 2. Matches of IR-ATR spectra of flavorings, glycerol, and propylene glycol with tequila comparison sample (Alcostar) for different search algorithms, %

Образцы ароматизаторов	Корреляция	Абсолютная разность	Квадрат разности	Абсолютная производная	Квадратная производная
Чача (Alcostar)	98,31	91,60	92,94	88,49	90,85
Коньяк (Alcostar)	98,31	81,31	87,54	88,17	90,84
Глицерин	97,81	73,41	78,44	86,41	89,60
Чача (Alcotec)	96,49	79,83	85,92	84,03	86,88
Бренди (Alcotec)	92,59	61,27	74,58	79,74	81,11
Коньяк (Elix)	91,70	58,91	72,49	79,68	80,06
Коньяк классический (Etol)	73,44	54,87	55,10	62,65	66,06
Пропиленгликоль	62,14	39,57	36,90	61,15	61,92
Джин-тоник (Etol)	58,04	33,21	33,67	58,63	60,83
Чача (Elix)	33,27	38,56	35,81	59,82	59,28
Чача (Etol)	33,27	5,32	5,86	52,06	52,85
Ликер молочный (Etol)	30,83	5,14	5,67	52,13	52,44
Вишневый бренди (Магия вкуса)	30,49	5,32	5,72	52,14	52,38

неизвестен и весьма изменчив, выбран метод главных компонент (РСА), который позволяет формировать группы образцов / кластеров на основе оценки расположения проекций их переменных на плоскости факторов [26].

Для реализации данного метода проводили математическую обработку ИК-НПВО-спектров с помощью программ Microsoft Excel 2010 и Statistica 10. При этом использовали модель РСА для оценки проекций спектров в факторных координатах на основе показателей поглощения в определенной области длин волн.

В ИК-НПВО-спектрах образцов были выбраны области волновых чисел 3000–2750 см<sup>-1</sup> (валентные колебания С–Н в CH<sub>2</sub>- и CH<sub>3</sub>-группах) и 1500–800 см<sup>-1</sup> (область «отпечатков пальцев»). Таким образом, на факторы 1 и 2 приходилось около 85 % вариативности переменных, поэтому в дальнейшем использовали проекции ИК-НПВО-спектров на плоскости этих факторов с наибольшей информативностью.

В результате обработки данных получили диаграмму проекций ИК-НПВО-спектров анализируемых образцов на плоскости факторов 1 и 2 (рис. 3),

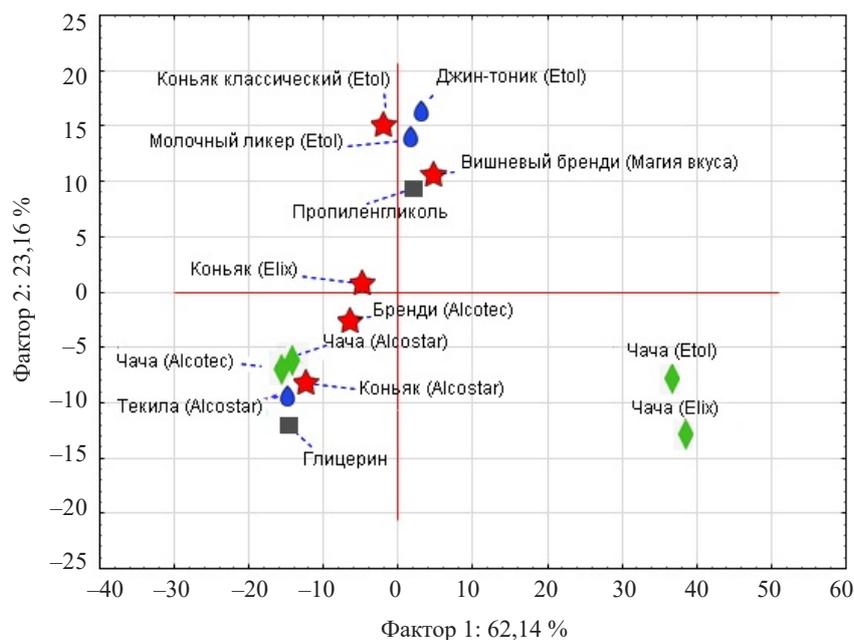


Рисунок 3. Диаграмма проекций на плоскости факторов ИК-спектров образцов ароматизаторов

Figure 3. Factor planes of IR spectra for different flavoring samples

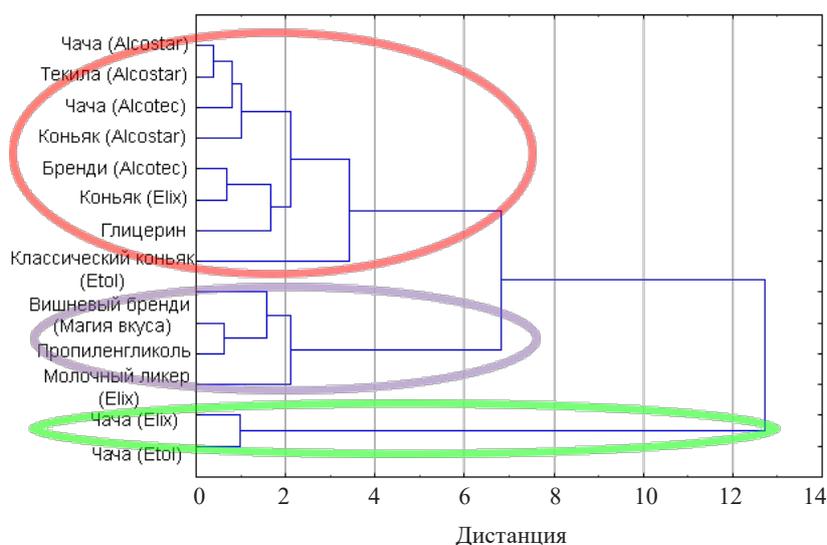


Рисунок 4. Дендрограмма уровней сходства образцов ароматизаторов на основе расчетов Евклидовых расстояний и кластеризации по методу Уорда

Figure 4. Similarity levels for flavoring samples based on Euclidean distance and Ward's method

на которой можно выделить три группы образцов в отдельных кластерах с наибольшим сходством состава. Так, ароматизаторы Джин-тоник, Молочный ликер, Коньяк классический (Etol), Вишневый бренди (Магия вкуса), Коньяк (Elix), в составе которых доминирует пропиленгликоль, образуют группу / кластер в верхней центральной части диаграммы. Ароматизаторы Коньяк, Текила, Чача (Alcostar), Бренди, Чача (Alcotec) с доминированием глицерина входят в кластер, расположенный в нижней левой части диаграммы. Нако-

нец, два образца ароматизатора Чача (Etol, Elix) формируют кластер в правой нижней части диаграммы.

Альтернативным методом визуализации сходства и различия анализируемых объектов (РСА) может служить подход, основанный на расчете Евклидовых расстояний и последующей кластеризации по методу Уорда [27]. В рамках данного подхода проведены необходимые расчеты с целью оптимизации минимальных дисперсий внутри кластеров. На рисунке 4 приведена соответствующая дендрограмма. Образцы

ароматизаторов также распределены по трем группам, в одну из которых входит глицерин, в другую – пропиленгликоль, в третью – два образца ароматизатора Чача. За исключением ароматизатора Коньяк (Elix), полученные данные весьма схожи с результатами PCA (рис. 3).

На основании рисунков 3, 4 и таблицы 2 можно предложить алгоритм первичного диагностического исследования образцов ароматизаторов с неизвестным растворителем / носителем (рис. 5).

На первом этапе снимают ИК-НПВО-спектры образцов ароматизатора с неизвестным растворителем / носителем при использовании пробоподготовки и техники эксперимента. В методе PCA или кластеризации устанавливают оптимальные области волновых чисел и обрабатывают спектры. На основании полученной визуализации проводят более детальное исследование наиболее схожих спектров, например, с использованием программы OMNIC или аналогичной.

**Исследования с использованием газовой хроматографии с масс-селективным детектированием (ГХ-МС).** В хроматограммах метанольных экстрактов ароматизаторов, наряду с ИК-НПВО, идентифицированными глицерином и пропиленгликолем, проявился триацетин. Для примера приведены хроматограммы по полному ионному току ароматизаторов Коньяк и Текила (Alcostar) (рис. 6).

Для полуколичественной оценки относительных содержаний найденных растворителей в ароматизаторах были проведены расчеты отношений площадей хроматографических пиков индивидуальных компонентов к сумме площадей пиков всех компонентов на соответствующих хроматограммах (табл. 3).

Наряду с растворителями / носителями определяющим показателем качества ароматизатора является компонентный состав ароматообразующих веществ. В частности, данная информация необходима для отнесения продукта к одной из категорий аромати-

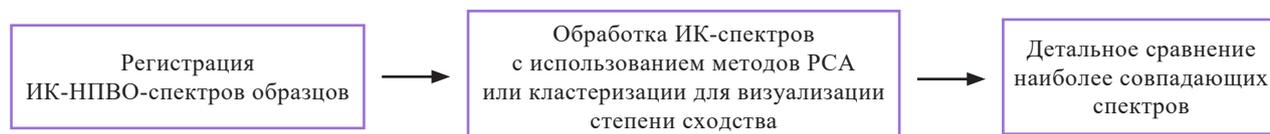


Рисунок 5. Алгоритм первичного диагностического исследования образца ароматизатора с неизвестным растворителем / носителем

Figure 5. Preliminary diagnostic test for a flavoring sample with an unknown solvent / carrier

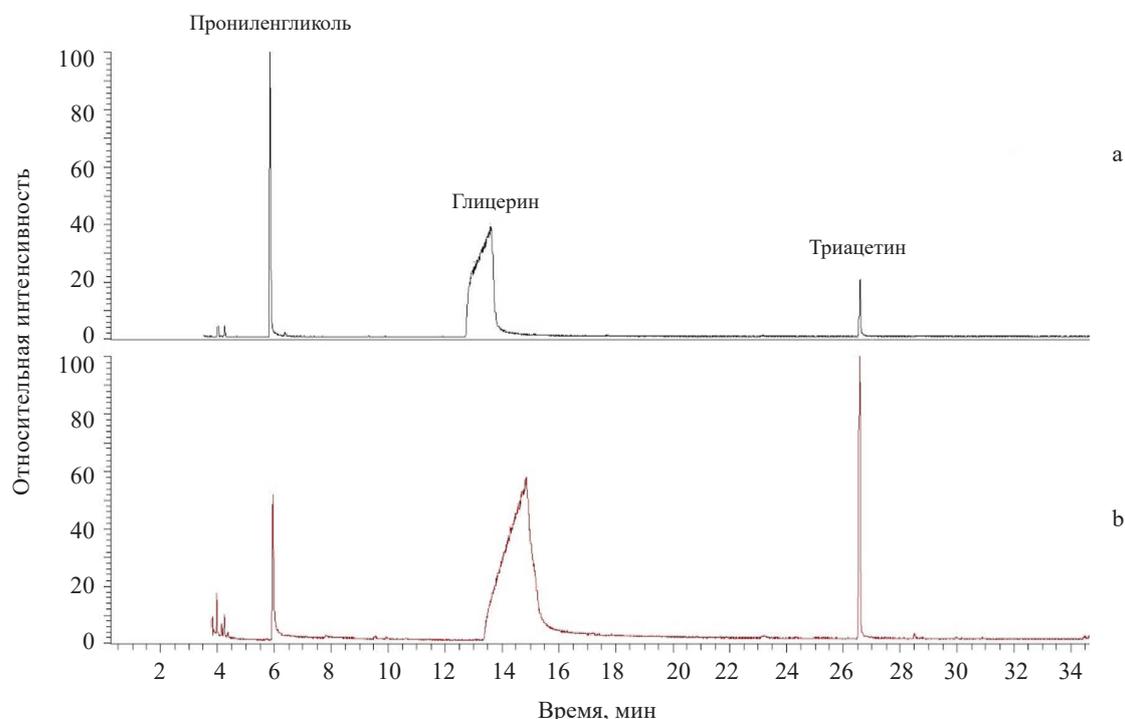


Рисунок 6. Хроматограммы по полному ионному току ароматизаторов Alcostar: Коньяк (a) и Текила (b)

Figure 6. Total ion current for Alcostar flavorings: Cognac (a) and Tequila (b)

Таблица 3. Относительное содержание глицерина, пропиленгликоля и триацетина в ароматизаторах, %

Table 3. Relative content of glycerol, propylene glycol, and triacetin in flavorings, %

Ароматизатор	Глицерин	Пропиленгликоль	Триацетин
Чача (Alcostar)	> 90	10–25	10–25
Коньяк (Alcostar)	> 90	10–25	< 5
Текила (Alcostar)	> 90	< 5	10–25
Бренди (Alcotec)	> 90	25–90	–
Чача (Alcotec)	> 90	25–90	–
Коньяк (Elix)	25–90	> 90	10–25
Чача (Elix)	–	25–90	–
Коньяк (Etol)	–	> 90	< 5
Чача (Etol)	–	> 90	–
Джин-тоник (Etol)	–	> 90	–
Ликер молочный (Etol)	25–90	25–90	–
Вишневый бренди (Магия вкуса)	–	> 90	–

заторов: натуральный или синтетический, в соответствии с ГОСТ 32049-2013, Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 029/2012. Кроме того, в данном случае знание компонентного состава ароматообразующих веществ важно при расследовании инцидентов, связанных с незаконным оборотом алкогольных фальсификатов, и принятии соответствующих мер законодательного регулирования.

В ходе предварительных экспериментов установлено, что предложенная процедура пробоподготовки ароматизаторов для ГХ-МС-исследований позволяет достаточно эффективно извлекать неполярные компоненты ароматообразующих веществ из их смеси с полярными растворителями (глицерин, пропиленгликоль).

В таблице 4 представлены результаты ГХ-МС-идентификации компонентов и полуколичественной оценки их содержания в хлороформных экстрактах ароматизаторов. Органолептические свойства индивидуальных компонентов в таблице 4 сформулированы на основе данных сайтов TGSC Information System, Food safety and quality: JECFA.

Расчет относительной площади пика каждого компонента ( $S_i^N, \%$ ) рассчитывался как процентное отношение площади хроматографического пика данного компонента к сумме площадей всех хроматографических пиков.

Результаты исследований (табл. 4) позволили заключить, что набор и соотношение содержаний ключевых ароматообразующих веществ ни в одном из исследуемых ароматизаторов не совпали с сенсорными профилями их натуральных аналогов [28–36].

В таких натуральных алкогольных напитках, как коньяк, бренди, чача, энантовые эфиры представлены следующими веществами: этилгексаноат, этилгептаноат, этилоктаноат, этилдеcanoат, этилдодеcanoат, этилтетрадеcanoат, изоамилацетат, этиллинолеат, этил-изобутират, этилизовалериат, изобутилацетат, гексил-ацетат. Их присутствие является результатом этерификации карбоновых кислот в процессах фермента-

ции сула, дистилляции и созревания спиртов. Причем содержание указанных веществ зависит преимущественно от природы виноматериала, технологии брожения и условий перегонки. Среди них этилоктаноат, этилдеcanoат и этилдодеcanoат являются характерными компонентами коньяков и присутствуют во всех бренди.

В исследуемых ароматизаторах: Коньяк, Бренди, Чача (Alcostar), Чача (Elix) – соединений из группы энантовых эфиров не обнаружено. В других ароматизаторах: Коньяк (Alcotec), Коньяк (Elix), Вишневый бренди (Магия вкуса) – из вышеуказанного перечня эфиров обнаружены лишь этилдодеcanoат, этилтетрадеcanoат, этилгексадеcanoат.

Схожая картина наблюдалась у низкомолекулярных фенольных альдегидов (ванилин, сиреневый, конифероловый и синаповый), которые являются маркерными соединениями, указывающими на контакт алкогольного напитка с древесиной дуба. Причем в зависимости от длительности выдержки соотношение низкомолекулярных фенольных альдегидов в бренди менялось, но различия в их содержании не превышали одного порядка. В исследованных ароматизаторах из данной группы соединений присутствовал только ванилин в количестве от 10,6 % (Вишневый бренди, Магия вкуса) до 78,5 % (Коньяк, Elix), который в большинстве случаев являлся доминирующим компонентом. На рисунке 7 приведена хроматограмма по полному ионному току хлороформного экстракта ароматизатора Коньяк классический (Etol).

В целом вкусоароматические показатели большинства исследуемых ароматизаторов определяются относительно небольшим набором из 1–5 веществ, составляющих 70 % и более от общей площади хроматографических пиков компонентов. Так, в ароматизаторах Коньяк (Elix) – 4-гидрокси-3-метоксибензальдегид (ванилин) (78,5 %); Чача (Alcotec) – 3,7-диметил-1,6-октадиен-3-ол и метил-2-аминобензоат (94,4 %); Бренди (Alcotec) – ванилин и этиллаурат (81,7 %); Текила (Alcostar) – 3-метил-1-бутанол, этилдеcanoат,

Таблица 4. Перечень, относительные площади хроматографических пиков ( $S_i^N$ , %) и органолептические свойства компонентов ароматообразующих веществ ароматизаторов, идентифицированных с помощью ГХ-МСTable 4. Flavoring agents: list, relative areas of chromatographic peaks ( $S_i^N$ , %), and sensory profile, GC-MS

№	Химическое название (IUPAC) идентифицированного компонента (синонимы)	$S_i^N$ , %	Органолептические свойства	
			Аромат	Вкус
Чача (Alcostar)				
1	3-Метил-1-бутанол (изопентилловый спирт, изоамиловый спирт, изоамилол)	2,8	Сивушный, фруктовый, банановый, эфирно-коньячный	Алкогольный, коньячный, острый, фруктовый, бананово-патоковый
2	2-(4-Метил-3-циклогексен-1-ил)-2-пропанол (3-циклогексен-1-метанол, $\alpha$ -терпинеол)	0,8	Цитрусово-древесный, с оттенками лимона и лайма	Сосновый, древесный, смолистый, лимонный, лаймовый, с легким мыльным привкусом
3	Этил-4-оксепентаноат (этиллевулат, этил-4-кетовалерат, этил-4-оксовалерат, этилкетовалерат)	0,6	Сладкий, напоминающий гваякол, сливочный, кислый и слегка ванилиновый	Кисло-сладкий, сливочный
4	4-Метил-2-фенил-1,3-диоксолан (бензальдегид пропиленгликоль ацеталь)	0,1	Горького нарцисса, нафтаелевый, древесный	Фруктовый, мараскиновой вишни, постенницы лекарственной
5	3,7-Диметил-1,6-октадиен-3-ол (линалоол, линалиловый спирт, $\beta$ -линалоол)	3,0	Цитрусовый, цветочный, розовый, восковой	Апельсиновый, лимонный, цветочный, восковой, терпкий, древесный
6	Метил-2-аминобензоат (бензойной кислоты, 2-амино-метилового эфира, метилантранилата)	52,7	Фруктовый, виноградный, затхлый, с цветочно-пудровым нюансом	Сладкий, фруктовый, виноградный, с затхлым ягодным оттенком
7	4-Гидрокси-3-метоксибензальдегид (ванилин)	26,8	Сладкий, ванилиновый, сливочный, фенольный	Ванилина, сладкий, сливочный, пряный, фенольно-молочный
8	Метил-2-(метиламино)бензоат (бензойной кислоты, 2-(метиламино)-метилового эфира, диметилантранилата)	11,2	Сладкий, фруктовый, похожий на антранилат, с чистым, свежим цветочным нюансом	Фруктовый, виноградный, антранилатоподобный, с древесно-цветочным нюансом
9	5-Гексилдигидро-2(3Н)-фуранон ( $\gamma$ -декалактон)	2,1	Сливочный, лактоничный, восковой, с цитрусово-фруктовым нюансом	Фруктовый, сладкий, сливочный и жирный, с цитрусовым нюансом
Коньяк (Alcostar)				
10	3-Метил-1-бутанол (изопентилловый спирт, изоамиловый спирт, изоамилол)	11,3	Сивушный, фруктовый, банановый, эфирно-коньячный	Алкогольный, коньячный, острый, фруктовый, бананово-патоковый
11	Бензальдегид (фенилметаналь, бензойный альдегид)	3,5	Миндальный, фруктовый, пудровый, ореховый	Сладкий, маслянистый, миндальный, вишневым, ореховый, древесный
12	4-Гидрокси-3-метоксибензальдегид (ванилин)	76,1	Сладкий, ванилиновый, сливочный, фенольный	Ванилина, сладкий, сливочный, пряный, фенольно-молочный
13	5-Гексилдигидро-2(3Н)-фуранон ( $\gamma$ -декалактон)	9,2	Сливочный, лактоничный, восковой, с цитрусово-фруктовым нюансом	Фруктовый, сладкий, сливочный и жирный, с цитрусовым нюансом
Текила (Alcostar)				
14	3-Метил-1-бутанол (изопентилловый спирт, изоамиловый спирт, изоамилол)	21,2	Сивушный, фруктовый, банановый, эфирно-коньячный	Алкогольный, коньячный, острый, фруктовый, бананово-патоковый
15	Этиллактат (этил-2-гидроксипропаноат, 2-гидроксипропановой кислоты этиловый эфир)	3,6	Сладкий, фруктовый, кисловатый, эфирный	Сладкий, фруктовый, сливочный, ананасовый, с карамельно-коричным оттенком
16	1-Гексанол (1-гексилловый спирт, гексан-1-ол)	3,1	Острый, эфирный, сивушно-маслянистый, фруктово-алкогольный	Фруктовый, с оттенком яблочной кожуры
17	Метил-(2Е)-нон-2-еноат (2-ноненовой кислоты, метилового эфира, (Е)-метил транс-2-ноненоат)	3,6	Фруктовый, дынный	Дыни
18	Этилдеcanoат (декановой кислоты этилового эфира, каприловой кислоты этилового эфира)	20,3	Восковой, фруктовый, яблочный	Восковой, фруктовый, сладкого яблока

Продолжение таблицы 4

№	Химическое название (IUPAC) идентифицированного компонента (синонимы)	$S_i^N$ , %	Органолептические свойства	
			Аромат	Вкус
19	4-Гидрокси-3-метоксибензальдегид (ванилин)	10,1	Сладкий, ванилиновый, сливочный, фенольный	Ванилина, сладкий, сливочный, пряный, фенольно-молочный
20	3,7-Диметил-6-октен-1-ил пропионат (цитронеллил пропионат, 6-октен-1-ол, 3,7-диметил-пропаноат)	3,8	Цветочный, восковой, цитрусовый	Цветочный, восковой, розово- цитрусовый, с фруктовыми нюансами
21	Этиллаурат (этиловый эфир додекановой кислоты)	22,1	Восковой, мыльный, ромовый, со сливочно-цветочным нюансом	Восковой, мыльный, цветочный, со сливочно-молочным и фруктовым нюансом
22	Этилмиристал (тетрадекановой кислоты этиловый эфир, миристиновой кислоты этиловый эфир)	7,8	Восковой	Сладкий, восковой, сливочный
23	Этилпальмитат (гексадекановой кислоты этиловый эфир, пальмитиновой кислоты этиловый эфир, этилгексадеcanoат)	4,5	Восковой, фруктовый, сливочный, молочный	Восковой, сливочный, молочный, маслянистый, ванилиновый
Бренди (Alcotec)				
24	1-Гексанол (1-гексилловый спирт, гексан-1-ол)	2,5	Эфирный, сивушно-масляный, фруктово-алкогольный	Фруктовый, с оттенком яблочной кожуры, маслянистый
25	4-Гидрокси-3-метоксибензальдегид (ванилин)	64,9	Сладкий, ванилиновый, сливочный, фенольный	Ванилина, сладкий, сливочный, пряный, фенольно-молочный
26	Этиллаурат (этиловый эфир додекановой кислоты)	16,8	Восковой, мыльный, ромовый, со сливочно-цветочным нюансом	Восковой, мыльный, цветочный, со сливочно-молочным и фруктовым нюансом
27	2-Метокси-4-(4-метил-1,3- диоксолан-2-ил)фенол (ванилин пропиленгликоляацеталь)	3,8	Ванилиновый, пудровый, с оттенками какао	Сладкой ванили, со сливочными и слегка фенольными нюансами
28	Этилмиристал (тетрадекановой кислоты этиловый эфир, миристиновой кислоты этиловый эфир)	6,6	Восковой	Сладкий, восковой, сливочный
29	Этилпальмитат (гексадекановой кислоты этиловый эфир, пальмитиновой кислоты этиловый эфир, этилгексадеcanoат)	1,6	Восковой, фруктовый, сливочный, молочный	Восковой, сливочный, молочный, маслянистый, ванилиновый
Чача (Alcotec)				
30	Этилбутират (бутановой кислоты этиловый эфир)	1,5	Фруктовый	Фруктовый, яблочный, эфирный, сладкий, бодрящий
31	(3Z)-3-Гексен-1-ол (3-гексен-1-ол, (Z)-, цис-гекс-3-ен-1-ол, спирт листьев)	1,0	Травянистый, похожий на кожуру дыни, с острой свежестью	Фруктовый, свежий, сырой, с острой глубиной
32	1-Гексанол (1-гексилловый спирт, гексан-1-ол)	0,6	Эфирный, сивушно-масляный, фруктово-алкогольный	Фруктовый, с оттенком яблочной кожуры, маслянистый
33	(3Z)-3-Гексен-1-ил ацетат (гексен-1-ол, ацетат, цис-3-гексенил ацетат)	0,5	Сладко-фруктовый, с нюансами яблока, груши и дыни	Яблока и груши, со свежими тропическими нюансами
34	4-Гидрокси-2,5-диметил-3(2H)- фуранон (диметилгидрокси фуранон, фуранеол)	1,2	Карамельный, клубничный, сахарный, сладкой ваты	Карамели, сладкой ваты, жженого, коричного, кленового сахара
35	3,7-Диметил-1,6-октадиен-3-ол (линалоол, линалиловый спирт, $\beta$ -линалоол)	14,2	Цитрусовый, цветочный, розовый, восковой	Апельсиновый, лимонный, цветочный, восковой, терпкий, древесный
36	Этиллаурат (этил додецилат, этиловый эфир додекановой кислоты)	0,3	Восковой, мыльный, ромовый, со сливочно-цветочным нюансом	Восковой, мыльный, цветочный, со сливочно-молочным и фруктовым нюансом

Продолжение таблицы 4

№	Химическое название (IUPAC) идентифицированного компонента (синонимы)	$S_i^N$ , %	Органолептические свойства	
			Аромат	Вкус
37	Метил-2-аминобензоат (бензойной кислоты, 2-амино-метиловый эфир, метилантранилат)	80,2	Фруктовый, виноградный, затхлый, с цветочно-пудровым нюансом	Сладкий, фруктовый, виноградный, с затхлым ягодным оттенком
38	Метил-2-ацетиламинобензоат (бензойной кислоты, 2-ацетиламино-метиловый эфир, 2-ацетиламинобензойной кислоты, метиловый эфир, ацетил метилантранилат)	0,5	Фруктовый, клубничный, пудровый	Клубнично-ягодный, вишневый, апельсиновый, фенольно-пудровый
Чача (Elix)				
39	3-Метил-1-бутанол (изопентиловый спирт, изоамиловый спирт, изоамилол)	2,5	Сивушный, фруктовый, банановый, эфирно-коньячный	Алкольный,
40	Этилбутират (бутановой кислоты этиловый эфир)	33,4	Фруктовый	Фруктовый, яблочный, эфирный, сладкий, бодрящий
41	(3Z)-3-Гексен-1-ил ацетат (гексен-1-ол, ацетат, цис-3-гексенил ацетат)	2,7	Сладко-фруктовый, с нюансами яблока, груши и дыни	Яблока и груши, со свежими тропическими нюансами
42	3,7-Диметил-1,6-октадиен-3-ол (линалоол, линалиловый спирт, $\beta$ -линалоол)	10,9	Цитрусовый, цветочный, розовый, восковой	Апельсиновый, лимонный, цветочный, восковой, терпкий, древесный
43	Метил-2-аминобензоат (бензойной кислоты, 2-амино-метиловый эфир)	50,5	Фруктовый, виноградный, затхлый, с цветочно-пудровым нюансом	Сладкий, фруктовый, виноградный, с затхлым ягодным оттенком
Коньяк (Elix)				
44	Этил-(2S)-2-гидроксипропаноат (пропановой кислоты, 2-гидрокси-этиловый эфир, (S), (S)-2-гидрокси-пропановой кислоты этиловый эфир, (S)-этил-2-гидроксипропаноат)	0,8	Фруктовый, кисловатый, эфирный, с коричневым нюансом	Сладкий, фруктовый, сливочный, ананасовый, с карамельно-коричневым оттенком
45	2-Гидроксипропил ацетат (1,2-пропандиол, 1-ацетат)	1,5	Слабо выраженный спиртовой	Мягкий маслянистый
46	Бензальдегид (фенилметаналь, бензойный альдегид)	1,0	Миндальный, фруктовый, пудровый, ореховый	Сладкий, маслянистый, миндальный, вишневый, ореховый, древесный
47	4-Метил-2-фенил-1,3-диоксолан (бензальдегид пропиленгликольацеталь)	1,4	Горького нарцисса, нафталиновый, древесный	Фруктовый, мараскиновой вишни, постенницы
48	4-Гидрокси-3-метоксибензальдегид (ванилин)	78,5	Сладкий, ванилиновый, сливочный, фенольный	Ванилина, сладкий, сливочный, пряный, фенольно-молочный
49	5-Гексилдигидро-2(3H)-фуранон ( $\gamma$ -декалактон)	0,3	Сливочный, лактоничный, восковой, с цитрусово-фруктовым нюансом	Фруктовый, сладкий, сливочный и жирный, с цитрусовым нюансом
50	6-Пентилтетрагидро-2H-пиран-2-он ( $\delta$ -декалактон)	0,8	Маслянистый, фруктовый, молочный	Маслянистый, кокосовый, молочный
51	Этиллаурат (этиловый эфир додекановой кислоты)	4,2	Восковой, мыльный, ромовый, со сливочно-цветочным нюансом	Восковой, мыльный, цветочный, со сливочно-молочным и фруктовым нюансом
52	5-(4-Метил-1,3-диоксолан-2-ил)-1,3-бензодиоксол (гелиотропин PG ацеталь, пиперональ пропиленгликольацеталь)	0,6	Вишневый, ванилиновый, черешневой косточки, сливочный, с коричневыми нюансами	Вишневый, ванилиновый, пряный
53	2-Метокси-4-(4-метил-1,3-диоксолан-2-ил) фенол (ванилин пропиленгликольацеталь)	3,0	Ванилиновый, пудровый, с оттенками какао	Сладкой ванили, со сливочными и слегка фенольными нюансами
54	Этилмиристалат (тетрадекановой кислоты этиловый эфир, миристиновой кислоты этиловый эфир)	2,3	Восковой	Сладкий, восковой, сливочный

Продолжение таблицы 4

№	Химическое название (IUPAC) идентифицированного компонента (синонимы)	$S_i^N$ , %	Органолептические свойства	
			Аромат	Вкус
55	Этилпальмитат (гексадекановой кислоты этиловый эфир, пальмитиновой кислоты этиловый эфир, этилгексадеканат)	1,4	Восковой, фруктовый, сливочный, молочный	Восковой, сливочный, молочный, маслянистый, ванилиновый
Чача (Etol)				
56	4-Метил-2-фенил-1,3-диоксолан (бензальдегид пропиленгликоляацеталь)	1,4	Горького нарцисса, нафталевый, древесный	Фруктовый, мараскиновой вишни, постенницы
57	3-Метил-1-бутанол (изопентиловый спирт, изоамиловый спирт, изоамилол)	6,0	Сивушный, фруктовый, банановый, эфирно-коньячный	Алкогольный, коньячный, острый, фруктовый, бананово-патоковый
58	Этилбутират (бутановой кислоты этиловый эфир)	32,9	Фруктовый	Фруктовый, яблочный, эфирный, сладкий, бодрящий
59	(3Z)-3-Гексен-1-ол (3-гексен-1-ол, (Z)-, цис-гекс-3-ен-1-ол, спирт листьев)	1,8	Травянистый, похожий на кожуру дыни, с острой свежестью	Фруктовый, свежий, сырой, с острой глубиной
60	1-Гексанол (1-гексиловый спирт, гексан-1-ол)	1,6	Эфирный, сивушно-масляный, фруктово-алкогольный	Фруктовый, с оттенком яблочной кожуры, маслянистый
61	(3Z)-3-Гексен-1-ил ацетат (гексен-1-ол, ацетат, цис-3-гексенил ацетат)	3,5	Сладко-фруктовый, с нюансами яблока, груши и дыни	Яблока и груши, со свежими тропическими нюансами
62	3,7-Диметил-1,6-октадиен-3-ол (линалоол, линалиловый спирт, $\beta$ -линалоол)	10,8	Цитрусовый, цветочный, розовый, восковой	Апельсиновый, лимонный, цветочный, восковой, терпкий, древесный
63	Метил-2-аминобензоат (бензойной кислоты, 2-амино-метиловый эфир, метилантранилат)	41,9	Фруктовый, виноградный, затхлый, с цветочно-пудровым нюансом	Сладкий, фруктовый, виноградный, с затхлым ягодным оттенком
Молочный ликер (Etol)				
64	Этилбутират (бутановой кислоты этиловый эфир)	0,8	Фруктовый	Фруктовый, яблочный, эфирный, сладкий, бодрящий
65	Этил-4-оксопентаноат (этиллевулат, этил-4-кетовалерат, этил-4-оксовалерат, этил ацетилпропаноат, этилкетовалерат)	1,9	Сладкий, напоминающий гваякол, сливочный, кислый и слегка ванилиновый	Кисло-сладкий, сливочный
66	Диэтилмалонат (пропандиовой кислоты, диэтиловый эфир)	5,3	Яблочно-фруктовый	Сладкий, фруктовый, с нюансами яблока и ананаса
67	Этилгептаноат (гептановой кислоты этиловый эфир)	2,0	Фруктовый, ананасовый, банановый, ягодный, коньячный, эфирный	Фруктовый, ананасовый, бананово-клубничный, с пряным, маслянистым оттенком
68	Этил 3-(2,4-диметил-1,3-диоксолан-2-ил)пропаноат (1,3-диоксолан-2-пропановой кислоты 2,4-диметил-, этиловый эфир)	2,8	Фруктовый, ананасовый, банановый, ягодный, коньячный	Фруктовый, ананасовый, бананово-клубничный, с пряным, маслянистым нюансом
69	Эфир бутановой кислоты с бутиллактатом (бутановой кислоты 2-бутокси-1-метил-2-оксоэтиловый эфир)	0,1	Молочный, сырный, маслянистый, с фруктовым оттенком	Кислый, сырный, молочный, сливочный, с фруктовым оттенком
70	4-Гидрокси-3-метоксибензальдегид (ванилин)	54,3	Сладкий, ванилиновый, сливочный, фенольный	Ванилина, сладкий, сливочный, пряный, фенольно-молочный
71	2-Метокси-4-(4-метил-1,3-диоксолан-2-ил)фенол (ванилин пропиленгликоль ацеталь)	11,6	Ванилиновый, пудровый, с оттенками какао	Сладкой ванили, со сливочными и слегка фенольными нюансами
72	6-Пентилтетрагидро-2Н-пиран-2-он ( $\delta$ -декалактон)	8,9	Маслянистый, фруктовый, молочный	Маслянистый, кокосовый, молочный
Классический коньяк (Etol)				
73	Пропилацетат (уксусной кислоты н-пропиловый эфир, н-пропилацетат)	0,4	Сивушный, амилового спирта	Эфирный, фруктовый, банановый, медовый

Продолжение таблицы 4

№	Химическое название (IUPAC) идентифицированного компонента (синонимы)	$S_i^N$ , %	Органолептические свойства	
			Аромат	Вкус
74	3-Метил-1-бутанол (изопентилловый спирт, изоамиловый спирт, изоамилол)	1,3	Сивушный, фруктовый, банановый, эфирно-коньячный	Алкогольный, коньячный, острый, фруктовый, бананово-патоковый
75	Бутилацетат (уксусной кислоты бутиловый эфир)	0,6	Тропический, банановый, конфетный	Острый, фруктовый, банановый
76	1-Гидроксиацетон (1-гидрокси-2-пропанон)	3,6	Карамельный, эфирный	Сладкий, подгоревший
77	1,2-пропандиол диацетат (1,2-пропандиол, 1,2-диацетат, 1,2-пропиленгликоль диацетат)	1,1	Фруктовый, уксусный	Горько-сладкий
78	2-Фенилэтил 3-метилбутаноат (бутановой кислоты, 3-метил-, 2-фенилэтиловый эфир)	0,6	Фруктовый, похожий на спелый ананас, с оттенками яблока и черники	Сладкий, фруктовый, ананасовый, с оттенками меда, ягод и персика
79	1,3-бензодиоксол-5-карбальдегид (пиперональ, гелиотропин)	1,3	Вишневый, ванилиновый, черешневой косточки	Вишневый, ванилиновый, с пряностями
80	4-Гидрокси-3-метоксибензальдегид (ванилин)	74,0	Сладкий, ванилиновый, сливочный, фенольный	Ванилина, сладкий, сливочный, пряный, фенольно-молочный
81	3-Фенилпроп-2-енилацетат (циннамилацетат)	0,4	Цветочный, коричный, пряный, эфирный и пудровый, с розовым оттенком	Сладкий, пряный, цветочный, корицы и меда
82	5-Гексилдигидро-2(3H)-фуранон ( $\gamma$ -декалактон)	3,5	Сливочный, лактоничный, восковой, с цитрусово-фруктовым нюансом	Фруктовый, сладкий, сливочный и жирный, с цитрусовым нюансом
83	6-Пентилтетрагидро-2H-пиран-2-он ( $\delta$ -декалактон)	1,1	Маслянистый, фруктовый, молочный	Маслянистый, кокосовый, молочный
84	2-Метокси-4-(4-метил-1,3-диоксолан-2-ил)фенол (ванилин пропиленгликоляацеталь)	2,8	Ванилиновый, пудровый, с оттенками какао	Сладкой ванили, со сливочными и слегка фенольными нюансами
Джин-тоник (Etol)				
85	2-Метил-1,3-диоксан (1,3-диоксан, 2-метил-, 2-метил-1,3-диоксациклогексан)	0,9	Карамельный	Маслянистой карамели
86	2,2,4-триметил-1,3-диоксолан (2,2,4-триметил-1,3-диоксациклопентан)	1,1	Земляной, затхлый, сырой, картофельно-томатный	Землистый, растительно-затхлый, с томатно-картофельными нюансами
87	Диэтилкарбонат (угольной кислоты диэтиловый эфир)	0,3	–	–
88	Бензальдегид (фенилметаналь, бензойный альдегид)	1,0	Миндальный, фруктовый, пудровый, ореховый	Сладкий, маслянистый, миндальный, вишневый, ореховый, древесный
89	Фенилметанол (бензиловый спирт)	54,6	Цветочный, фруктовый, с химическими нюансами	Химический, фруктовый, с бальзамическими нюансами
90	2-[(2S,5S)-5-Метил-5-винилтетрагидро-2-фуранил]-2-пропанол (оксид транс-линалоола)	0,6	Древесный, цветочный, терпкий	Древесный, ферментированный, травяной, фруктово-ягодный
91	3,7-Диметил-1,6-октадиен-3-ол (линалоол, линалиловый спирт, $\beta$ -линалоол)	11,5	Цитрусовый, цветочный, розовый, восковой	Апельсиновый, лимонный, цветочный, восковой, терпкий, древесный
92	Триметилбисцикло[2.2.1]гептан-2-ол (бисцикло[2.2.1]гептан-2-ол, 1,3,3-триметил-, (1R-эндо)-, (+)-фенхол, 1,3,3-триметил-2-норборнанола)	0,6	Древесный, камфорно-борнеоловой сосны, лимонный	Камфорный, охлаждающий, мятно-земляного перегноя
93	4-Изопропил-1-метил-3-циклогексан-1-ол (Циклогексанола, 1-метил-4-(1-метилэтил)-)	1,2	Древесный, затхлый	–

№	Химическое название (IUPAC) идентифицированного компонента (синонимы)	$S_i^N$ , %	Органолептические свойства	
			Аромат	Вкус
94	(1R)-1-Изопропил-4-метил-3-циклогексен-1-ол (3-циклогексен-1-ол, 4-метил-1-(1-метилэтил)-, (R)-, p-мент-1-ен-4-ол, (R)-(-)-, (-)-1-изопропил-4-метил-3-циклогексен-1-ол	8,7	Травяной, землистый	–
95	2-(4-Метил-3-циклогексен-1-ил)-2-пропанол (3-циклогексен-1-метанол, $\alpha$ -терпинеол)	8,7	Цитрусово-древесный, с оттенками лимона и лайма	Сосновый, древесный, смолистый, лимонный, лаймовый, с легким мыльным привкусом
96	(5S)-5-Изопропенил-2-метил-2-циклогексен-1-он (2-циклогексен-1-он, 2-метил-5-(1-метилэтил)-, (S)-, (+)-(S)-карвон)	1,6	Мяты и лакрицы	–
97	4-Метил-2-фенил-1,3-диоксолан (бензальдегид пропиленгликольацеталь)	1,6	Горького нарцисса, нафталевого, древесный	Фруктовый, мараскиновой вишни, постенницы лекарственной
98	Метил-3-фенил-2-пропеноат (2-пропеновая кислота, 3-фенил-, метиловый эфир)	1,4	Клубнично-вишневый, с корицей	Бальзамический, пряный фруктовый, манго, папайи, вишни
99	5-Гексилдигидро-2(3H)-фуранон ( $\gamma$ -декалактон)	1,4	Сливочный, лактоничный, восковой, с цитрусово-фруктовым нюансом	Фруктовый, сладкий, сливочный и жирный, с цитрусовым нюансом
100	(2E)-7-Этоксиди-3,7-диметил-2-октен-1-ол (2-октен-1-ол, 7-этоксиди-3,7-диметил-, (E)-)	0,7	Цветочный, розовый, фруктовый, похожий на цитронеллу, с цитрусовым оттенком	Цветочный, розовый, восковой, с фруктово-персиковым оттенком
101	Этиллаурат (этиловый эфир додекановой кислоты)	0,6	Восковой, мыльный, ромовый, со сливочно-цветочным нюансом	Восковой, мыльный, цветочный, со сливочно-молочным и фруктовым нюансом
102	{[(3,7-Диметил-1,6-октадиен-3-ил)окси]метил}бензол, [(3R)-3,7-диметил-окт-6-ен-окси]метилбензол	0,8	Цитрусовый, апельсиновый, цветочный, розовый, восковой	Цитрусовый, апельсиновый, лимонный, цветочный, восковой, древесный
103	3,7,7-Триметилбисцикло[4.1.0]гепт-3-ен (3-карен)	0,4	Цитрусовый, травяной, древесный, сосновый, смолистый кипарисовый	Цитрусовый, сосновый, травяной, смолистый перечный, можжевеловый
Черри бренди (Магия вкуса)				
104	2-Метил-1,3-диоксан (1,3-диоксан, 2-метил-, 2-метил-1,3-диоксоциклогексан)	0,8	Ванилиновый, пудровый, с оттенками какао	Сладкой ванили, со сливочными и слегка фенольными нюансами
105	Этиллактат (этил-2-гидроксипропаноат, 2-гидроксипропановой кислоты этиловый эфир)	1,7	Сладкий, фруктовый, кисловатый, эфирный	Сладкий, фруктовый, сливочный, ананасовый, с карамельно-коричным оттенком
106	3-Метил-1-бутанол (изопентиловый спирт, изоамиловый спирт, изоамил-ол)	1,3	Сивушный, фруктовый, банановый, эфирно-коньячный	Алкогольный, коньячный, острый, фруктовый, бананово-патоковый
107	Изобутилацетат (уксусной кислоты 2-метилпропиловый эфир)	1,1	Фруктовый, с яблочно-банановым оттенком	Сладкий, фруктовый, с ноткой банана
108	2-Фуральдегид (фурфураль)	0,8	Древесный, карамельный, с легким фенольным оттенком	Сладкий, древесный, ореховый, карамельный, с оттенком жженой терпкости
109	Этил-2-метилбутаноат (бутановой кислоты, 2-метил-, этиловый эфир)	1,3	Фруктовый, эфирный, со свежими тропическими оттенками	Фруктовый, ноты манго и вишни, ягодный
110	(3Z)-3-Гексен-1-ол (3-гексен-1-ол, (Z)-, цис-гекс-3-ен-1-ол, спирт листьев)	1,0	Травянистый, похожий на кожуру дыни, с острой свежестью	Фруктовый, свежий, сырой, с острой глубиной
111	1-Гексанол (1-гексиловый спирт, гексан-1-ол)	0,3	Эфирный, сивушно-масляный, фруктово-алкогольный	Фруктовый, с оттенком яблочной кожуры, маслянистый

№	Химическое название (IUPAC) идентифицированного компонента (синонимы)	$S_i^N$ , %	Органолептические свойства	
			Аромат	Вкус
112	3-Метилбутил ацетат (1-бутанол, 3-метил-, ацетат)	0,5	Фруктовый, с оттенком спелой вишни, банановый	Сладкий фруктовый, напоминающий банан, с оттенком спелой зелени
113	2-Бутил-4-метил-1,3-диоксолан (1,3-диоксолан, 2-бутил-4-метил-)	0,8	Ореховый	–
114	Бензальдегид (фенилметаналь, бензойный альдегид)	39,7	Миндальный, фруктовый, пудровый, ореховый	Сладкий, маслянистый, миндальный, вишневый, ореховый, древесный
115	3,7-Диметил-1,6-октадиен-3-ол (линалоол, линалиловый спирт, $\beta$ -линалоол)	2,0	Цитрусовый, цветочный, розовый, восковой	Апельсиновый, лимонный, цветочный, восковой, терпкий, древесный
116	1-Изопропил-1,2-циклопропандикарбоновая кислота ((+)-1-изопропилциклопропан-транс-1, транс-2-дикарбоновая кислота)	2,0	Опилек из красного дерева, пропитанных сыростью	–
117	Этилоктаноат (октановой кислоты этиловый эфир)	1,2	Восковой, затхлый, ананасовый и фруктовый, со сливочно-молочным нюансом	Сладкий, восковой, фруктово-ананасовый, со сливочными, жирными, грибными и коньячными нотками
118	4-Метоксибензальдегид (бензальдегид, 4-метокси-)	3,3	Пудровый, ванилиновый, анисовый, древесный, сливочный, с пряным оттенком	Сливочный, пудровый, ванилиновый, пряный, с типичным вкусом зефира
119	3-фенилакриловый альдегид (2-пропеналь, 3-фенил-, коричный альдегид)	4,8	Пряный, альдегидно-медовый, коричне-смолистый	Пряный, с корицей и коричной корой
120	1,3-Бензодиоксол-5-карбальдегид (пиперональ, гелиотропин)	1,2	Ноты вишни, ванили, черешневой косточки и сливочный вкус, с коричневыми нюансами	Бензальдегид, вишня, ваниль и пряности
121	4-аллил-2-метоксифенол (эвгенол)	1,6	Пряный, похожий на гвоздику, древесный, с фенольными пикантными нотами ветчины и бекона, нюансами корицы и душистого перца	Сладкий, пряной гвоздики, с фенольными и древесными оттенками
122	Гексил гексаноат (гексановой кислоты гексиловый эфир)	2,0	Восковой, фруктовый, с тропическими и ягодными нотами	Сладкий, фруктовый, с тропическими нотами
123	Этилдеcanoат (декановой кислоты этиловый эфир, каприловой кислоты этиловый эфир)	1,8	Восковой, фруктовый, яблочный	Восковой, фруктовый, сладкого яблока
124	4-Гидрокси-3-метоксибензальдегид (ванилин)	10,6	Сладкий, ванилиновый, сливочный, фенольный	Ванилина, сладкий, сливочный, пряный, фенольно-молочный
125	Метил-2-(метиламино)бензоат (бензойной кислоты, 2-(метиламино)-метиловый эфир, диметилантранилат)	0,5	Сладкий, фруктовый, похожий на антранилат, с чистым, свежим цветочным нюансом	Фруктовой виноградной кожицы, антранилатоподобный, с древесно-цветочным нюансом
126	5-Метил-2-фенил-2-гексеналь (5-метил-2-фенил-2-гексеналь)	3,9	Альдегидный, фруктово-масляный, какао-ореха	Горького какао, кофе, ореха, меда
127	3-Фенил-2,6-пиперидиндион (2,6-пиперидиндион, 3-фенил-)	1,1	Альдегидный, цветочный, дынный	Зелени, дыни, цитрусовых фруктов
128	5-Гексилдигидро-2(3Н)-фуранон ( $\gamma$ -декалактон)	1,3	Сливочный, лактоничный, восковой, с цитрусово-фруктовым нюансом	Фруктовый, сладкий, сливочный и жирный, с цитрусовым нюансом
129	Этиллаурат (этиловый эфир додекановой кислоты)	5,9	Восковой, мыльный, ромовый, со сливочно-цветочным нюансом	Восковой, мыльный, цветочный, со сливочно-молочным и фруктовым нюансом

№	Химическое название (IUPAC) идентифицированного компонента (синонимы)	$S_i^N$ , %	Органолептические свойства	
			Аромат	Вкус
130	5-(4-Метил-1,3-диоксолан-2-ил)-1,3-бензодиоксол (гелиотропин PG ацеталь, пиперональ пропиленгликольацеталь)	0,6	Вишневый, ванилиновый, черешневой косточки, сливочный, с коричневыми нюансами	Вишневый, ванилиновый, пряный
131	Этилмирицилат (тетрадекановой кислоты этиловый эфир, миристиновой кислоты этиловый эфир)	1,7	Восковой	Сладкий, восковой, сливочный

Примечание: Органолептические свойства индивидуальных компонентов сформулированы на основе данных сайтов TGSC Information System ([www.thegoodscentscompany.com](http://www.thegoodscentscompany.com)), Food safety and quality: JECFA ([www.fao.org](http://www.fao.org)).

Note: Sensory profiles of individual components were based on the TGSC Information System ([www.thegoodscentscompany.com](http://www.thegoodscentscompany.com)), Food safety and quality: JECFA ([www.fao.org](http://www.fao.org)) websites.

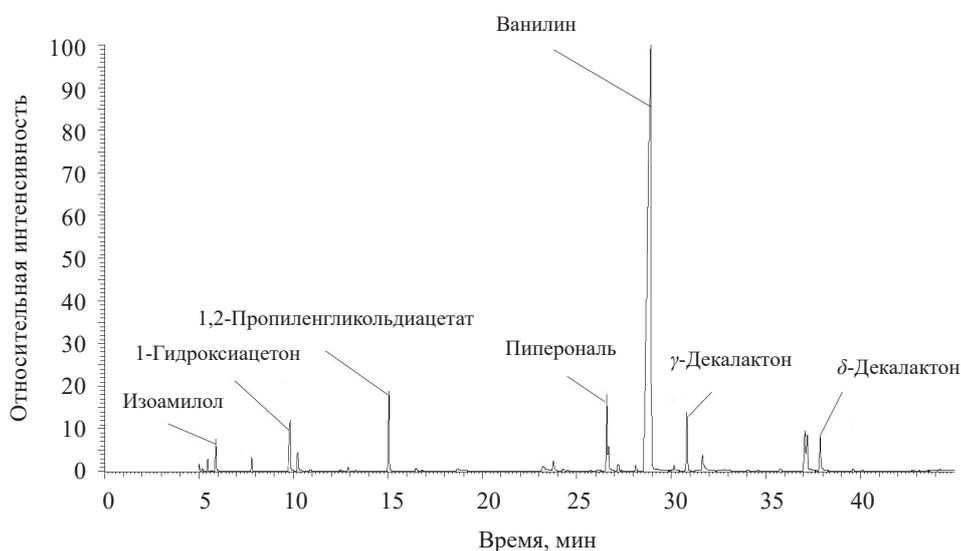


Рисунок 7. Хроматограмма по полному ионному току хлороформного экстракта ароматизатора Коньяк классический (Etol)

Figure 7. Total ion current for chloroform extract of cognac flavoring (Etol)

этиллаурат и ванилин (73,7 %); Джин-тоник (Etol) – фенолметанол, 3,7-диметил-1,6-октадиен-3-ол, (1R)-1-изопропил-4-метил-3-циклогексен-1-ол и 2-(4-метил-3-циклогексен-1-ил)-2-пропанол (83,5 %). Следует отметить, что доминирование одного или ограниченного числа вкусоароматических веществ у натуральных алкогольных напитков встречается крайне редко. Как правило, это смеси из десятков или сотен различных веществ [37].

### Выводы

В результате проведенного исследования получены данные о составе носителей / растворителей и ароматообразующих веществ ряда ароматизаторов, которые используют в домашних условиях для приготовления алкогольных напитков (коньяк, бренди,

текила, чача, джин-тоник, ликер), имитирующих известные бренды.

В качестве носителей / растворителей в ароматизаторах выступают пропиленгликоль, глицерин и триацетин в разных количествах. Предложен алгоритм первичного диагностического исследования образцов ароматизаторов с неизвестным растворителем путем математической обработки ИК-НПВО-спектров.

Методом ГХ-МС идентифицированы соединения, входящие в состав ароматообразующих веществ исследуемых образцов. Перечень и содержание ключевых ароматообразующих веществ ни в одном из исследуемых ароматизаторов не совпадают с сенсорными профилями их натуральных аналогов. Установлены вещества, определяющие органолептический профиль ароматизаторов.

Полученные наработки по проведению ИК-НПВО-и ГХ-МС-процедур, равно как и массив данных по компонентному составу ароматизаторов, могут представлять интерес для виноделов, сотрудников экспертных подразделений и потенциальных потребителей продукции.

#### Критерии авторства

Все авторы внесли равный вклад в исследование и несут равную ответственность за информацию, опубликованную в данной статье.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Contribution

All authors contributed equally to the study and are equally responsible for the information published in this article.

#### Conflict of interest

The authors declared no conflict of interests regarding the publication of this article.

#### Список литературы / References

1. de Castilhos MBM, de Queiroga APG, Sabino LL, dos Santos JR, Santiago UA, *et al.* Flavor biochemistry of fermented alcoholic beverages. In: Gopi S, Sukumaran NP, Jacob J, Thomas S, editors. *Natural Flavours, Fragrances, and Perfumes: Chemistry, Production, and Sensory Approach*. Berlin: Wiley-VCH GmbH; 2023, pp. 91–114. <https://doi.org/10.1002/9783527824816.ch6>
2. Wu J, Liu Y, Zhao H, Huang M, Sun Y, *et al.* Recent advances in the understanding of off-flavors in alcoholic beverages: Generation, regulation, and challenges. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021;103:104117. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104117>
3. Yan Q, Zhang K, Zou W, Hou Y. Three main flavour types of Chinese Baijiu: Characteristics, research, and perspectives. *Journal of the Institute of Brewing*. 2021;127(4):317–326. <https://doi.org/10.1002/jib.669>
4. Daute M, Jack F, Baxter I, Harrison B, Grigor J, *et al.* Comparison of three approaches to assess the flavour characteristics of scotch whisky spirit. *Applied Sciences*. 2021;11(4):1410. <https://doi.org/10.3390/app11041410>
5. Matthews AC. Beverage flavourings and their applications. In: Ashurst PR, editors. *Food Flavourings*. Boston: Springer; 1991, pp. 158–184. [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0499-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0499-9_6)
6. der Heijden KV. *International food safety handbook: Science, international regulation, and control*. NY: Routledge; 2019. 832 p. <https://doi.org/10.1201/9780203750346>
7. Kamiloglu S. Authenticity and traceability in beverages. *Food Chemistry*. 2019;277:12–24. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.091>
8. Оберенко А. В., Селезнев В. М. Ароматизаторы в составе коньяков, изымаемых из незаконного оборота на территории Красноярского края. *Вестник КрасГАУ*. 2024. Т. 143. № 2. С. 144–149. [Oberenko AV, Seleznev VM. The flavors in the composition of cognacs, withdrawn from illegal circulation on the territory of Krasnoyarsk region. *The Bulletin of KrasGAU*. 2019;143(2):144–149. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/VWNIEO>
9. Valand R, Tanna S, Lawson G, Bengtström L. A review of fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy used in food adulteration and authenticity investigations. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2020;37(1):19–38. <https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1675909>
10. Guillen MD, Manzanos MJ, Zabala L. Study of a commercial liquid smoke flavouring by means of gas chromatography/Mass spectrometry and fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1995;43(2):463–468. <https://doi.org/10.1021/jf00050a039>
11. Peng J, Yang Y, Zhou Y, Hocart CH, Zhao H, *et al.* Headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry with selected ion monitoring for the determination of four food flavouring compounds and its application in identifying artificially scented rice. *Food Chemistry*. 2020;313:126136. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126136>
12. Rusli NS, Embong Z, Muhammad N, Wahab AA, Jafery KM, *et al.* Attenuated total reflectance – Fourier transform infrared (ATR-FTIR) spectroscopy analysis for O-H, C-H and C-O functional group in major carrier solvents of raw e-cigarette liquids (PG and VG). *AIP Conference Proceedings*. 2022;2454(1):030013. <https://doi.org/10.1063/5.0078540>
13. Gemma G, Cucinotta L, Rotondo A, Donato P, Mondello L, *et al.* Expanding the knowledge related to flavors and fragrances by means of three-dimensional preparative gas chromatography and molecular spectroscopy. *Separations*. 2022;9(8):202. <https://doi.org/10.3390/separations9080202>
14. Hong JM, Kim TW, Lee SJ. Sensory and volatile profiles of Korean commercially distilled soju using descriptive analysis and HS-SPME-GC-MS. *Foods*. 2020;9(9):1330. <https://doi.org/10.3390/foods9091330>
15. Kang H-R, Hwang H-J, Lee JE, Kim HR. Quantitative analysis of volatile flavor components in Korean alcoholic beverage and Japanese sake using SPME-GC-MS. *Food science and biotechnology*. 2016;25:979–985. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0159-7>

16. Ma L, Gao W, Chen F, Meng Q. HS-SPME and SDE combined with GC–MS and GC–O for characterization of flavor compounds in Zhizhonghe Wujiapi medicinal liquor. *Food Research International*. 2020;137:109590. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109590>
17. Muñoz-Redondo JM, Valcárcel-Muñoz MJ, Solana RR, Puertas B, Cantos-Villar E, et al. 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*. 2022;108:104458. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104458>
18. Tarhan İ, Bakır MR, Kalkan O, Yöntem M, Kara H. Rapid determination of adulteration of clove essential oil with benzyl alcohol and ethyl acetate: Towards quality control analysis by FTIR with chemometrics. *Vibrational Spectroscopy*. 2022;118:103339. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2022.103339>
19. Xia Y, Liu Y, Wang J, Shuang Q. Assessment of key aroma compounds in fresh jujube brandy by GC-O-MS and odor activity value. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020;44(7):e14494. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14494>
20. Gao Y, Li X-Y, Wang Q-L, Li Z-H, Chi S-X, et al. Quantification of crucial odorants dominating the characteristic flavor of beer by FTIR combined with machine learning approaches. SSRN. 2023. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4463417>
21. Deconinck E, Bothy JL, Barhdadi S, Courselle P. Discriminating nicotine and non-nicotine containing e-liquids using infrared spectroscopy. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2016;120:333–341. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2015.12.054>
22. Wang F, Shao C, Chen Q, Meng T, Li C. Application on sensory prediction of Chinese Moutai-flavour liquor based on ATR-FTIR. *E3S Web of Conferences*. 2019;79:03001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20197903001>
23. Akhtar Z, Barhdadi S, de Braekeleer K, Delporte C, Adams E, et al. Spectroscopy and chemometrics for conformity analysis of e-liquids: Illegal additive detection and nicotine characterization. *Chemosensors*. 2024;12(1):9. <https://doi.org/10.3390/chemosensors12010009>
24. Belchior V, Botelho BG, Oliveira LS, Franca AS. Attenuated total reflectance fourier transform spectroscopy (ATR-FTIR) and chemometrics for discrimination of espresso coffees with different sensory characteristics. *Food Chemistry*. 2019;273:178–185. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.026>
25. Mondragón-Cortez PM, Herrera-López EJ, Arriola-Guevara E, Guatemala-Morales GM. Application of fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) in combination with attenuated total reflection (ATR) for rapid analysis of the tequila production process. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 2022;21(3):1–11. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Alim2806>
26. Rebiai A, Hemmami H, Zeghoud S, Seghir BB, Kouadri I, et al. Current application of chemometrics analysis in authentication of natural products: A review. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*. 2022;25(6):945–972. <https://doi.org/10.2174/1386207324666210309102239>
27. Randriamihamison N, Vialaneix N, Neuviat P. Applicability and interpretability of Ward's hierarchical agglomerative clustering with or without contiguity constraints. *Journal of Classification*. 2021;38:363–389. <https://doi.org/10.1007/s00357-020-09377-y>
28. Li Y, Li Q, Zhang B, Shen C, Xu Y, et al. Identification, quantitation and sensorial contribution of lactones in brandies between China and France. *Food Chemistry*. 2021;357:129761. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129761>
29. Thibaud F, Courregelongue M, Darriet P. Contribution of volatile odorous terpenoid compounds to aged cognac spirits aroma in a context of multicomponent odor mixtures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2020;68(47):13310–13318. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06656>
30. Nie X, Liu K, Zhang Y, Wang Z, Meng C, et al. Effects of oak chips on quality and flavor of persimmon brandy: A comprehensive analysis of volatile and non-volatile compounds. *LWT*. 2023;183:114915. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114915>
31. Crowell EA, Guymon JF. Studies of caprylic, capric, lauric, and other free fatty acids in brandies by gas chromatography. *American Journal of Enology and Viticulture*. 1969;20(3):155–163. <https://doi.org/10.5344/ajev.1969.20.3.155>
32. Eliseev MN, Gribkova IN, Kosareva OA, Alexeyeva OM. Effect of organic compounds on cognac sensory profile. *Foods and Raw Materials*. 2021;9(2):244–253. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-2-244-253>
33. Ma Y, Li Y, Zhang B, Shen C, Yu L, et al. Chemosensory characteristics of brandies from Chinese core production area and first insights into their differences from cognac. *Foods*. 2023;13(1):27. <https://doi.org/10.3390/foods13010027>
34. Li S, Yang H, Tian H, Zou J, Li J. Correlation analysis of the age of brandy and volatiles in brandy by gas chromatography-mass spectrometry and gas chromatography-ion mobility spectrometry. *Microchemical Journal*. 2020;157:104948. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.104948>
35. Kelly TJ, O'Connor C, Kilcawley KN. Sources of volatile aromatic congeners in whiskey. *Beverages*. 2023;9(3):64. <https://doi.org/10.3390/beverages9030064>
36. Warren-Vega WM, Rocio FA, González-Gutiérrez LV, Carrasco-Marin F, Zarate-Guzmán AI, et al. Chemical characterization of tequila maturation process and their connection with the physicochemical properties of the cask. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021;98:103804. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103804>
37. Wang L, Chen S, Xu Y. Distilled beverage aging: A review on aroma characteristics, maturation mechanisms, and artificial aging techniques. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2023;22(1):502–534. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13080>