

Научная статья/Research article

УДК 663.86:664.292:544.525.7

DOI: 10.36718/1819-4036-2026-3-202-217

Зурет Нурбиевна Хатко^{✉1}, Татьяна Анатольевна Кучменко², Татьяна Борисовна Колотий³,
Татьяна Анатольевна Белявцева⁴, Саида Каплановна Кудайнетова⁵

^{1,3,4,5}Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Республика Адыгея, Россия

²Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

²Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия

¹znkhatko@mail.ru

²tak1907@mail.ru

³tatyana.kolotij@yandex.ru

⁴belyavceva.tanya@yandex.ru

⁵saidakudainetova@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ НА АРОМАТ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Цель исследования – определение влияния пектиновых веществ на аромат безалкогольных напитков функционального назначения. Объекты исследования – образцы безалкогольных пектиносодержащих напитков (проба 1 «Ягодка» (на основе черники, ежевики, чая), проба 2 «Лесной» (на основе яблони, кизила, сливы колючей, чая), проба 3 «Бодрость» (на основе боярышника, калины, шиповника, чая), проба 4 «Иммунетик» (на основе шиповника, граната, малины, мяты, имбиря), проба 5 «Иммунетик» с пектиновым экстрактом (на основе пектинового экстракта, шиповника, граната, малины, мяты, имбиря). Исследование проводилось по общепринятым стандартным методам в лаборатории современных методов анализа ФГБОУ ВО «ВГУИТ» и ООО «СНТ» (Воронеж). Инструментальная оценка запаха представленных образцов проведена на лабораторном анализаторе газов «МАГ-8» с методологией «электронный нос» (производство Россия) на основе 8 сенсоров. В работе использовался массив из 8 сенсоров, модифицированный тонкими пленками сорбентов с различной полярностью и перекрестной чувствительностью к определяемым соединениям. Отклики сенсоров обрабатываются с применением математического алгоритма с последовательным опросом сенсоров при формировании «визуального отпечатка» аромата. Общий анализ показывает, что пектиновые вещества оказывают положительное влияние на аромат разрабатываемых безалкогольных напитков. Установлено, что у напитка «Иммунетик» аромат выражен сильнее (8,37 %), а с добавлением пектинового экстракта аромат усиливается у напитка «Иммунетик» с пектиновым экстрактом (12,44 %). Напиток «Иммунетик» с пектиновым экстрактом имеет максимальное значение по альдегидам (21,33 %) и аминам (8,44 %), которые придают напитку фруктовые нотки. Оценено влияние состава и технологии производства на качественный и количественный состав легколетучей фракции аромата безалкогольных пектиносодержащих напитков. Анализ напитков показывает, что напиток «Ягодка» содержит больше кислот (22,44 %). Напиток «Бодрость» содержит больше кетонов (19,58 %). Напиток «Иммунетик» близок к напитку «Бодрость» по альдегидам (20,20 %), но уступает по кетонам (18,23 %).

Ключевые слова: пектиновые вещества, аромат, безалкогольные напитки, функциональное назначение, электронный нос, сенсоры, визуальные отпечатки аромата

Для цитирования: Хатко З.Н., Кучменко Т.А., Колотий Т.Б., и др. Влияние пектиновых веществ на аромат безалкогольных напитков функционального назначения // Вестник КрасГАУ. 2026. № 3. С. 202–217. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-3-202-217.

Финансирование: исследование выполнялось за счет средств государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 1023122100005-9-2.9.1 «Высокоэффективные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, обеспечивающие экспортный потенциал: новые конкурентоспособные пищевые продукты, новые медицинские и косметические средства, инновационные технологии, пролонгирование сроков хранения продуктов»).

Zuret Nurbieva Khatko¹✉, Tatiana Anatolyevna Kuchmenko², Tatiana Borisovna Kolotiy³,
Tatiana Anatolyevna Belyavtseva⁴, Saida Kaplanovna Kudainetova⁵

^{1,3,4,5}Maykop State Technological University, Maykop, Republic of Adygea, Russia

²Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

²V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS, Moscow, Russia

¹znkhatko@mail.ru

²tak1907@mail.ru

³tatyana.kolotij@yandex.ru

⁴belyavceva.tanya@yandex.ru

⁵saidakudainetova@yandex.ru

PECTIN SUBSTANCES EFFECT ON NON-ALCOHOLIC FUNCTIONAL BEVERAGES AROMA

The aim of the study is to determine the influence of pectin substances on the aroma of functional soft drinks. The objects of the study were samples of non-alcoholic pectin-containing drinks (sample 1 Yagodka (based on blueberry, blackberry, tea), sample 2 Lesnoj (based on apple, dogwood, prunus, tea), sample 3 Bodrost' (based on hawthorn, viburnum, rose hips, tea), sample 4 Immunetik (based on rose hips, pomegranate, raspberry, mint, ginger), sample 5 Immunetik with pectin extract (based on pectin extract, rose hips, pomegranate, raspberry, mint, ginger). The studies were carried out according to generally accepted standard methods in the laboratory of modern methods of analysis of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State University of Engineering Technologies and OOO SNT (Voronezh). Instrumental assessment of the odor of the presented samples was carried out on a laboratory gas analyzer MAG-8 with the "electronic nose" (manufactured in Russia) based on eight sensors. The study utilized an array of eight sensors modified with thin films of sorbents with varying polarity and cross-sensitivity to the compounds being determined. Sensor responses are processed using a mathematical algorithm with sequential sensor interrogation to form a "visual fingerprint" of the aroma. A comprehensive analysis shows that pectin substances have a positive effect on the aroma of the soft drinks being developed. The aroma of the Immunetik drink was found to be more pronounced (8.37 %), while with the addition of pectin extract, the aroma is enhanced for the Immunetik drink with pectin extract (12.44 %). The Immunetik drink with pectin extract has the highest levels of aldehydes (21.33 %) and amines (8.44 %), which impart fruity notes to the drink. The influence of composition and production technology on the qualitative and quantitative composition of the volatile aroma fraction of soft drinks containing pectin was assessed. Analysis of the drinks shows that the Yagodka drink contains more acids (22.44 %). The drink Bodrost' contains more ketones (19.58 %). The drink Immunetik is similar to Bodrost' in aldehydes (20.20 %), but inferior in ketones (18.23 %).

Keywords: pectin substances, aroma, soft drinks, functional purpose, electronic nose, sensors, visual aroma fingerprints

For citation: Khatko ZN, Kuchmenko TA, Kolotiy TB, et al. Pectin substances effect on non-alcoholic functional beverages aroma. *Bulletin of KSAU*. 2026;(3):202-217. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-3-202-217.

Funding: the study was supported by a state assignment from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Topic № 1023122100005-9-2.9.1 "Highly efficient technologies for storing and processing agricultural products that provide export potential: new competitive food products, new medical and cosmetic products, innovative technologies, prolongation of shelf life of products").

Введение. Безалкогольные напитки занимают значительную долю рынка, конкурируя между собой не только качеством ингредиентов, но и восприятием вкуса и аромата, поэтому сенсорная оценка становится неотъемлемой частью разработки новых напитков и контроля качества существующих, а также служит для улучшения качества, ассортимента безалкогольной продукции, повышения потребительской привлекательности и конкурентоспособности напитков [1].

Безалкогольные напитки являются важной составляющей современной пищевой индустрии, поскольку востребованы широким кругом потребителей благодаря своему разнообразию вкусов, ароматических композиций и полезных свойств. Одним из ключевых аспектов, обеспечивающих успех продукта на рынке, является восприятие его потребителем, которое зависит от целого ряда органолептических характеристик, таких как вкус, аромат, цвет и структура [2].

Безалкогольные напитки обладают широкой популярностью среди потребителей благодаря своим уникальным вкусовым и ароматическим характеристикам, зависящим от сложного сочетания органических соединений [3]. Важнейшую роль в обеспечении сохранения потребительских свойств продукта играет контроль качества, включающий тщательное изучение химического состава и выявление возможных отклонений. Современный сенсорный анализ, особенно применение технологий типа «электронный нос», позволяет значительно повысить эффективность исследований и сделать процесс анализа быстрым и надежным. Добавление пектина в напитки способствует улучшению вкусовых ощущений и сохранению аромата, что расширяет возможности производителей в создании привлекательных для потребителей продуктов.

Ароматические и вкусовые характеристики каждого напитка уникальны и состоят из множества полувolatile и летучих соединений, включая альдегиды, кетоны, кислоты, спирты, терпены, сложные эфиры, а также различные соединения в следовых количествах. Производители напитков должны контролировать содержание этих соединений, чтобы обеспечить стабильное качество продукции. Анализ также может потребоваться в случае жалоб на неприятный вкус или запах.

A. Sonmezdag et al. определили ароматический состав безалкогольного ферментированного напитка на основе калины обыкновенной, одного из представителей семейства жимолостных. Уста-

новлено, что среди всех ароматических соединений наиболее распространенным в ферментированном соке является изовалериановая кислота, на долю которой приходится 30 % от общей концентрации ароматических соединений. Бутановая кислота, 4-метилкатехол и пропановая кислота также были обнаружены в более высоких концентрациях (18 %, 11 и 6 % соответственно) [4].

N. Shengyang et al. определили применимость «Электронного носа» для анализа ароматов фруктов на основе электронного обоняния. «Электронный нос», также известный как детектор отпечатков запаха, представляет собой электронную систему, которая использует газовые датчики для построения кривых отклика и быстрой идентификации состава запаха на основе летучих компонентов киви, бананов, груш, персика и других фруктов, а также для определения типов аромата одного и того же сорта на разных стадиях развития. «Электронный нос» обеспечил хорошую классификацию и дифференциацию образцов ягод винограда, смог идентифицировать и успешно классифицировать образцы, которые были обработаны перед варкой. Система «Электронного носа» играет важную роль в оценке и выявлении фруктов с особыми ароматическими веществами, что помогает прояснить различия в аромате напитков [5].

H.J. Ko et al. исследовали возможность применения биоэлектронного носа для визуализации запахов человека с помощью биоэлектронного носа. Биоэлектронный нос может стать альтернативным решением для преодоления существующих ограничений, поскольку это устройство максимально точно имитирует обонятельную систему человека и может распознавать запахи, выполняя функции и обладая характеристиками, присущими человеческому носу. Ожидается, что разработка инструментов для визуализации запахов, таких как биоэлектронный нос, поможет пациентам с нарушениями обоняния, а также внесет вклад в развитие различных отраслей, связанных с продуктами питания, напитками и вкусовыми добавками, предоставляя объективную информацию о запахах [6].

Сенсорный анализ представляет собой важный инструмент оценки качества продуктов питания и напитков, включая безалкогольные пектиносодержащие напитки, позволяет объективно оценить органолептические характеристики продукта – вкус, аромат, внешний вид, консис-

тенцию и прочие показатели, важные для восприятия потребителем [7].

В последнее время активно развивается направление по разработке измерительных систем с искусственным интеллектом типа «Электронный нос». Методология этой системы – интегральная оценка состава анализируемых образцов без предварительного разделения смесей с применением массива сенсоров с перекрестной избирательностью к отдельным веществам или группам компонентов. С применением таких устройств определение органолептических показателей существенно объективизируется, возможна количественная оценка интенсивности аромата, значительно снижаются временные затраты на проведение анализа. При этом многочисленными исследованиями пищевых продуктов различного происхождения (в т. ч. напитков) установлена устойчивая корреляция результатов дегустационного анализа с результатами инструментальной оценки при использовании систем «Электронный нос». «Электронный нос» отличается коротким временем отклика, высокой скоростью обнаружения, хорошей воспроизводимостью, простотой в использовании, высокой чувствительностью, объективностью и точностью.

Одним из актуальных подходов к анализу, выходящим за рамки традиционных методов, является формирование целостного «образа» объекта. Существует несколько подходов к решению задачи получения максимально возможной информации об образце по определенной части его свойств или состава. Первый подход заключается в формировании визуального образа (диаграммы) нескольких различных свойств анализируемого образца, например содержания определенных кислот, летучих компонентов и некоторых других показателей качества напитка. Сводное изображение образца позволяет отличить образцы идентичные или схожие по выбранным свойствам от кардинально отличающихся, даже в случае допустимого изменения каждого показателя. Кроме того, с помощью сводного изображения можно оценить направление смещения изображения определенного образца по сравнению с набором стандартных образцов. Анализ геометрии изображения образца по различным показателям позволяет предположить причины этого отклонения, а также выявить фальсификацию или даже решить более сложную задачу: определить область роста сырья. Второй подход близок к первому с точки зрения

методологии, но он оцифровывает свойства с помощью детекторов и представляет их в виде изображения («визуального отпечатка» реакции) сигналов этих детекторов на некоторые компоненты образца (наличие, содержание). Особенностью этого подхода является использование системы детекторов, которая неселективна и перекрестно чувствительна к определенным компонентам образца. Эти изображения образцов создаются с помощью системы «Электронного носа». «Визуальные отпечатки» сигналов массива разнородных датчиков несут в себе качественную и количественную информацию об участке исследуемого образца, поглощенном датчиками. Хотя эти данные во многом неопределенны, пьезоэлектрические «электронные носы» повсеместно применяются для анализа образцов со сложным и изменяющимся составом [8].

Li Wan Qing et al. исследовали влияние пектинов на выделение аромата в напитках. Пектин демонстрирует избирательное влияние на высвобождение летучих соединений, так как он ингибирует выход сложных эфиров и альдегидов, но при этом усиливает высвобождение спиртов. Данный селективный эффект обусловлен способностью D-галактуроновой кислоты, основного структурного компонента пектина, формировать прочные химические связи с молекулами эфиров и альдегидов, удерживая их в матриксе. Показано, что добавление пектина маскирует посторонние привкусы и усиливает цветочные нотки, а также продлевает послевкусие напитка [9].

A.S. Bertelsen et al. оценили влияние пектина на вкус и аромат напитка. Эти результаты показывают, что пектин можно использовать для улучшения вкусовых ощущений в напитках с пониженным содержанием сахара без ущерба для восприятия вкуса или аромата [10].

В связи с этим исследование влияния пектиновых веществ на сохранение аромата в безалкогольных напитках является актуальным с научной и практической точек зрения.

Цель исследования – изучение влияния пектиновых веществ на аромат безалкогольных напитков функционального назначения.

Задачи: определение относительного содержания групп летучих органических соединений в равновесной газовой фазе (РГФ) над пробами по значимым сигналам сенсоров; сравнение количественного и качественного фракционного состава летучих соединений в пробах; определение кинетических и максимальных «визуальных отпечатков» сигналов сенсоров образцов

напитков; обоснование влияния пектиновых веществ на сохранение аромата безалкогольных напитков.

Объекты и методы. Объектами исследования являются образцы безалкогольных пектиносодержащих напитков (проба 1 «Ягодка»,

проба 2 «Лесной», проба 3 «Бодрость», проба 4 «Иммунетик», проба 5 «Иммунетик» с пектиновым экстрактом (табл. 1). Проводили анализ свежеприготовленных проб напитков, без дополнительной их подготовки.

Таблица 1

Состав и функциональное назначение безалкогольных пектиносодержащих напитков
Composition and functional purpose of non-alcoholic pectin-containing beverages

Проба, нормативный документ	Состав	Функциональное назначение [1, 2]	Массовая доля пектиновых веществ, %
«Ягодка» ТУ 11.07.19-038-32351356-2025 «Напитки пектиносодержащие чайные»	Черника, ежевика, чай	Улучшает обмен веществ и состав крови, зрение; оказывает адаптогенное, иммуностимулирующее, спазмолитическое, ранозаживляющее, кровоостанавливающее действие	0,8
«Бодрость» ТУ 11.07.19-038-32351356-2025 «Напитки пектиносодержащие чайные»	Боярышник, калина, шиповник, чай	Тонизирует, улучшает работу сердца, применяют при функциональных расстройствах сердечной деятельности, неврозе, сосудистых спазмах, простудных и инфекционных заболеваниях, при лечении гипо- и авитаминозов, оказывает общеукрепляющее действие	0,7
«Лесной» ТУ 11.07.19-038-32351356-2025 «Напитки пектиносодержащие чайные»	Яблоня, кизил, слива колючая, чай	Применяют при лечении желудочно-кишечных заболеваний, болезней почек и мочевого пузыря, адсорбирует кишечные токсины, приносит пользу при гипертонии, атеросклерозе, анемии, оказывает противовоспалительное, антисептическое действие, повышает работоспособность и сопротивляемость инфекциям	1,0
«Иммунетик»	Шиповник, гранат, малина, мята, имбирь	Состав композиции способствует повышению иммуностимулирующей активности, противовирусных и противовоспалительных свойств	1,0
«Иммунетик» с пектиновым экстрактом ТУ 11.07.19-031-32351356-2024 «Напитки безалкогольные профилактические» Патент РФ на изобретение № 2832700 «Безалкогольный профилактический напиток»	Пектиновый экстракт, шиповник, гранат, малина, мята, имбирь	Состав композиции способствует повышению антиоксидантной и противовоспалительной активности, иммуностимулирующей активности противовирусных и противовоспалительных свойств	2,5

Исследования проводились по общепринятым стандартным методам в лаборатории современных методов анализа ФГБОУ ВО «ВГУИТ» и ООО «СНТ» (г. Воронеж).

Анализ запаха образцов осуществлялся на российском лабораторном газоанализаторе «МАГ-8», функционирующем по принципу электронного носа и оснащенном восемью сенсорами.

В основе исследования лежала многоканальная пьезокварцевая сенсорная система, где в качестве детектирующих элементов использовались резонаторы ОАВ-типа (10,0–14,0 МГц). Электроды резонаторов были модифицированы набором пленочных и наноструктурированных сорбционных материалов. Такой дизайн сенсорной матрицы, специально подобранный для анализа летучих органических соединений (ЛОС) в пищевых продуктах, обеспечивает гибкий аналитический подход. Универсальные сорбенты регистрируют общую массу легколетучей фракции («брутто-взвешивание»), в то время как селективные слои целенаправленно улавливают целевые группы молекул, такие как кислоты или спирты. Несмотря на потенциал высокоселективных покрытий для детектирования индивидуальных веществ (аммиак, ацетон), их применение ограничивается проблемами долговременной стабильности и обратимости. Синергетическое использование сенсоров разного типа в одной системе позволяет комплексно решать разнообразные задачи мониторинга качества и безопасности.

Порядок расположения сенсоров варьируется в диапазоне от сенсоров с высокой полярностью до сенсоров с низкой полярностью, и это влияет исключительно на форму получаемых комплексных многомерных аналитических сигналов, а не на конечные результаты эксперимента.

Сенсор 1 (S1) – Поливинилпирролидон (ПВП).

Сенсор 2 (S2) – Прополис, пчелиный клей (ПЧК).

Сенсор 3 (S3) – Дициклогексан-18-Краун-6 (ДЦГ18К6).

Сенсор 4 (S4) – Гидроксиапатит (ГА).

Сенсор 5 (S5) – Полиэтиленгликоль ПЭГ-2000 (ПЭГ-2000).

Сенсор 6 (S6) – Полиэтиленгликоль себацат (ПЭГС6).

Сенсор 7 (S7) – Полиэтиленгликоль сукцинат (ПЭГС).

Сенсор 8 (S8) – Тритон X-100 (ТХ100).

Пробы выдерживали при комнатной температуре (22 ± 1) °С не менее 30 мин. Объем равновесной газовой фазы $V_{\text{рф}}$ (РГФ) – 3 см³.

Ключевым этапом анализа является минутный цикл взвешивания, в течение которого регистрируется отклик сенсорного массива на введение пробы равновесной газовой фазы (РГФ). Данная временная выдержка гарантирует установление сорбционного равновесия между модифицированной поверхностью резонаторов и анализируемой паровой средой. В соответствии с принципом работы пьезокварцевого сенсора, наблюдаемые сдвиги резонансной частоты каждого сенсора прямо пропорциональны массе молекул летучих веществ, адсорбированных из окружающего газа и перешедших в состав РГФ от исследуемого образца.

Результаты и их обсуждение. При анализе состава равновесных газовых фаз над различными фруктовыми напитками учитывается степень сходства и отличия их компонентного состава (т. е. смесь летучих соединений в парогазовой фазе). В этом процессе особое внимание уделяется основным характеристикам химических соединений, составляющих эти смеси. Это позволяет выявить ключевые особенности их химического состава и понять природу различий между продуктами, присутствующих в максимальной концентрации и фиксируемых используемым набором датчиков за период диффузии продолжительностью 1 мин после начала испарения пробы. Полученные результаты позволяют также выявить возможное воздействие изменений рецептурного состава напитка на формирование аромата.

Для определения концентраций низкомолекулярных летучих соединений в газовом пространстве над напитками, содержащими пектиновые вещества, применялся газовый анализатор типа «МАГ-8».

Первичными исходными данными служат значения максимального сигнала, зафиксированного каждым отдельным датчиком за одну минуту воздействия паров, а также общая интегральная площадь под совокупностью выходных кривых всего набора сенсоров этот показатель пропорционален количеству летучих соединений, адсорбированных поверхностями покрытий сенсоров за указанный временной интервал. Эти данные позволяют определить не только качественный состав летучих компонентов, но и их количество над образцом. В таблице 2 приведены индивидуальные реакции сенсоров на каждую анализируемую пробу.

**Отклики сенсоров в парах РГФ над пробами (Гц) и площади «визуального отпечатка»
максимальных сигналов сенсоров, $V_{rgf} = 3 \text{ см}^3$ за 1 мин нагрузки**
**Sensor responses in pairs of RGF over samples (Hz) and the area of the "visual fingerprint"
of the maximum sensor signals, $V_{rgf} = 3 \text{ cm}^3$ per 1 min load**

Номер пробы	Проба	ПВП	ПчКл	18К6	ГА	ПЭГ-2000	ПЭГСб	ПЭГС	ТХ-100	S_{Σ} , Гц.с
1	«Ягодка»	41	49	57	17	42	14	11	23	2978
2	«Лесной»	43	47	54	17	42	16	12	18	2844
3	«Бодрость»	41	49	41	18	47	16	12	16	2614
4	«Иммунетик»	34	41	28	17	37	15	14	17	1848
5	«Иммунетик» с пектиновым экстрактом	39	48	32	19	29	15	15	28	2382

Для представленных проб установлены различные сигналы сенсоров в соответствии с разной рецептурой образцов. Можно условно выделить 2 группы напитков по близости аромата и состава ЛС: 1-я группа образцов – пробы 1–3, 2-я группа – пробы 4, 5. В связи с тем что сравнивать группы друг с другом некорректно, приведено сравнение внутри каждой группы. Если остается необходимость сравнения, то группа образцов 2 существенно отличается от группы образцов 1, что однозначно влияет на органолептические свойства, фиксируемые при потребительской оценке.

Для группы образцов 1 максимальный аромат имеет проба «Ягодка», минимальный – «Бодрость». Различия между ними составляют 10–13 %. Проба «Лесной» по составу РГФ близка к пробе «Ягодка». В группе образцов 2 установлены значительные различия в интенсивности аромата проб 4 «Иммунетик» и 5 «Иммунетик» с пектиновым экстрактом. Отличия составляют около 30 %. Проба 5 «Иммунетик» с пектиновым экстрактом существенно обогащается пектиновыми веществами при введении экстракта пектина.

Проведен сравнительный анализ количественных и качественных характеристик фракций летучих веществ в исследуемых пробах. Изменения концентрации воздушных компонентов определялись относительно содержания доминирующих классов летучих соединений, выявленных сенсорным массивом посредством метода нормализации. Идентификация химической природы ключевых компонентов, оказы-

вающих наибольшее влияние на состав смеси летучих соединений над образцами, осуществлялась путем расчета доли сигнала каждого сенсора массива с различными поверхностными покрытиями в общем аналитическом сигнале методом нормализации (табл. 3).

Как показывают данные таблицы 3, образцы напитков отличаются по сочетанию в РГФ разных классов ЛС, что подчеркивает натуральность, различие компонентов сырья и разный состав рецептуры. По составу проба 3 отличается от пробы 1 на 75 %, а от пробы 2 – на 35 %. Проба 5 отличается от пробы 4 на 35 %. Это не столь значимое изменение состава РГФ, однако в пробе 5 явно присутствуют иные ЛС, вызванные добавками и сорбирующиеся на покрытии 8-го сенсора, в то же время уменьшается доля кетонов и спиртов, увеличивается доля альдегидов. Эти отличия объясняются и связаны с появлением, исчезновением, изменением соотношения в РГФ соединений разных классов и вызваны изменением рецептуры напитков.

Интегральные многомерные сигналы всего массива сенсоров, представляющие собой «визуальные отпечатки» максимальных и кинетических откликов за 1 мин нагрузки парами проб, отражают количество летучих соединений в РГФ над образцами, их схожесть по составу и особенности сорбции аналитов на сенсорных пленках. Такой «визуальный отпечаток» дает представление о качественном составе аромата, который частично совпадает с сенсорными диаграммами, создаваемыми дегустаторами.

Относительное содержание групп ЛОС в РГФ над пробами по значимым сигналам сенсоров,
 $\omega (\pm 0,03-3,0) \% \text{ масс}$

The relative content of VOC groups in the RGF above the samples according to significant sensor signals, $\omega (\pm 0.03-3.0) \% \text{ by weight}$

Проба	Сенсор							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
	Класс веществ с преимущественной реакцией сенсоров							
	Вода, все полярные соединения	Спирты, альдегиды, амины	Органич. полярные соединения, кислоты	Все полярные, амины	Кетоны, спирты	Амины, другие N-содержащие соединения	Средне-полярные, S-, N-содержащие соединения	Альдегиды, другие, ароматич.
Группа 1								
«Ягодка»	16,14	19,29	22,44	6,69	16,54	5,51	4,33	9,06
«Лесной»	17,27	18,88	21,69	6,83	16,87	6,43	4,82	7,23
«Бодрость»	17,08	20,42	17,08	7,50	19,58	6,67	5,00	6,67
Группа 2								
«Иммунетик»	16,75	20,20	13,79	8,37	18,23	7,39	6,90	8,37
«Иммунетик» с пектиновым экстрактом	17,33	21,33	14,22	8,44	12,89	6,67	6,67	12,44

Примечание: для проб 1–3 отмечены показатели, отличающиеся от пробы 1; для пробы 5 отмечены показатели, выделяющиеся значимо относительно пробы 4.

Геометрия «визуального отпечатка» – это форма и площадь фигуры, являющаяся прямым отражением качественного и количественного состава летучих соединений, высвобождаемых образцом. На рисунке 1 представлены индивидуальные сенсорные профили, полученные для каждой пробы напитков. Для сравнительного анализа использованы нормированные круговые диаграммы, визуализирующие пиковые отклики сенсорной матрицы. Данный подход позволяет в едином взгляде оценить комплексный состав смеси: уникальность его «химического

паспорта» (через конфигурацию паттерна) и интенсивность эмиссии (через площадь диаграммы).

Сравнение кинетических и максимальных «визуальных отпечатков» (ВО) анализируемых проб представлены на рисунке 1.

Чем больше относительная разность площадей, тем менее похожи по составу ароматы сравниваемых проб. Кинетические и максимальные ВО с указанием абсолютной и относительной разности площадей в сравнении с контролем представлены на рисунке 2.

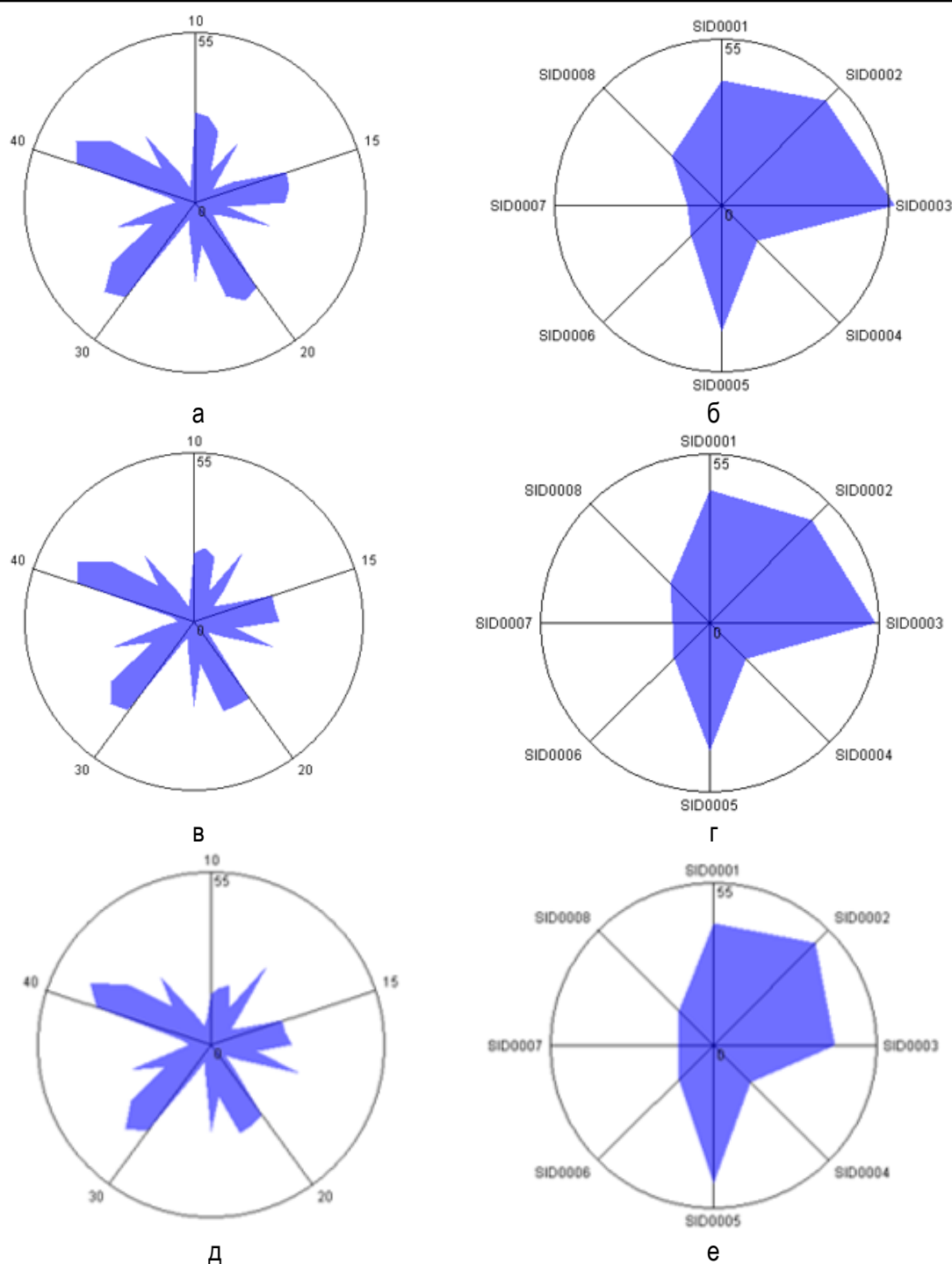
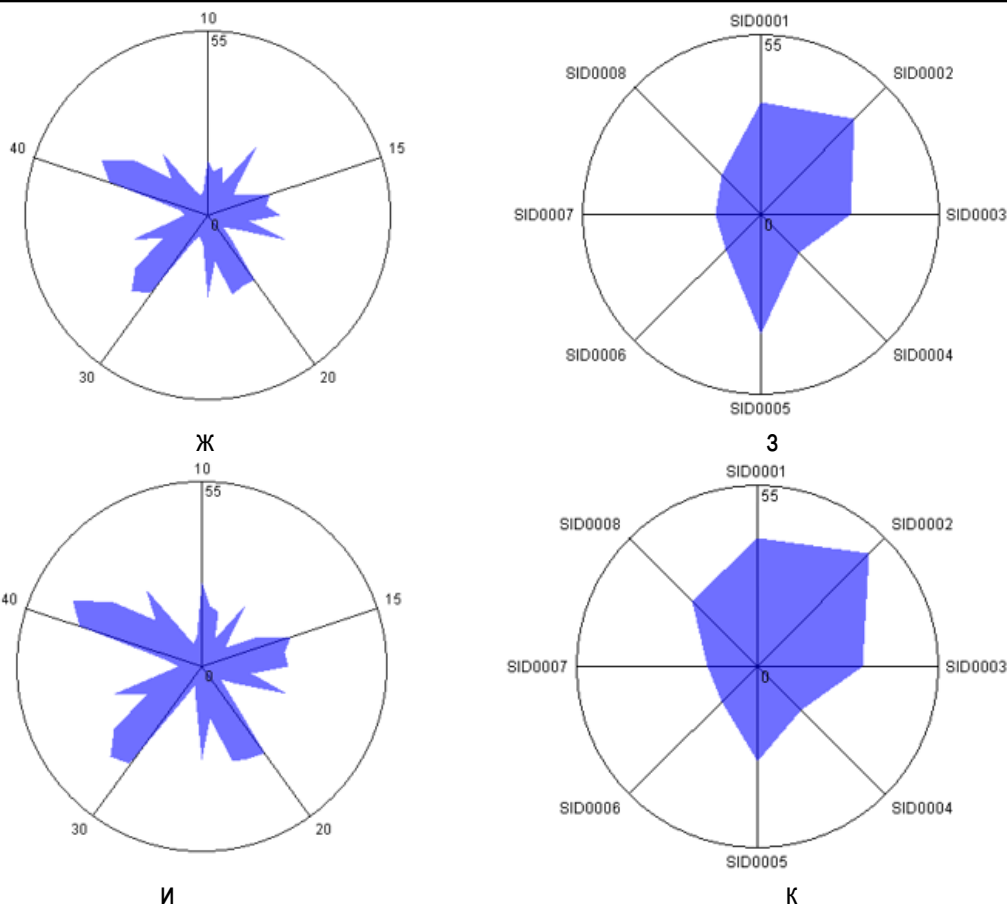


Рис. 1. Сравнение кинетических и максимальных ВО анализируемых проб: а – кинетический, б – максимальный ВО пробы «Ягодка»; в – кинетический, г – максимальный ВО пробы «Лесной»; д – кинетический, е – максимальный ВО пробы «Бодрость»; ж – кинетический, з – максимальный ВО пробы «Иммунетик»; и – кинетический, к – максимальный ВО пробы «Иммунетик с пектиновым экстрактом»
 Comparison of kinetic and maximum values of the analyzed samples: а – kinetic, б – maximum values of the "Berry" sample; в – kinetic, г – maximum values of the "Forest" sample; д – kinetic, е – maximum values of the "Vigor" sample; ж – kinetic, з – maximum values of the "Immune" sample; и – kinetic, к – maximum IN the "Immune with pectin extract" sample



Окончание рис. 1.

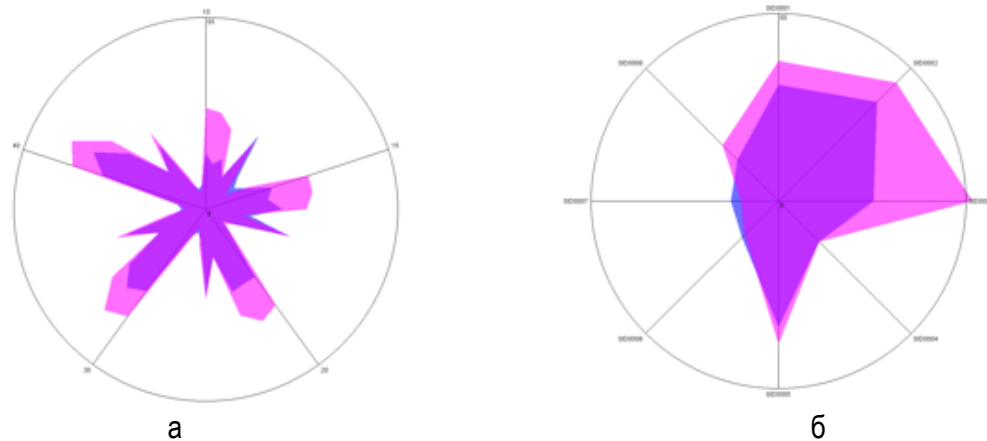
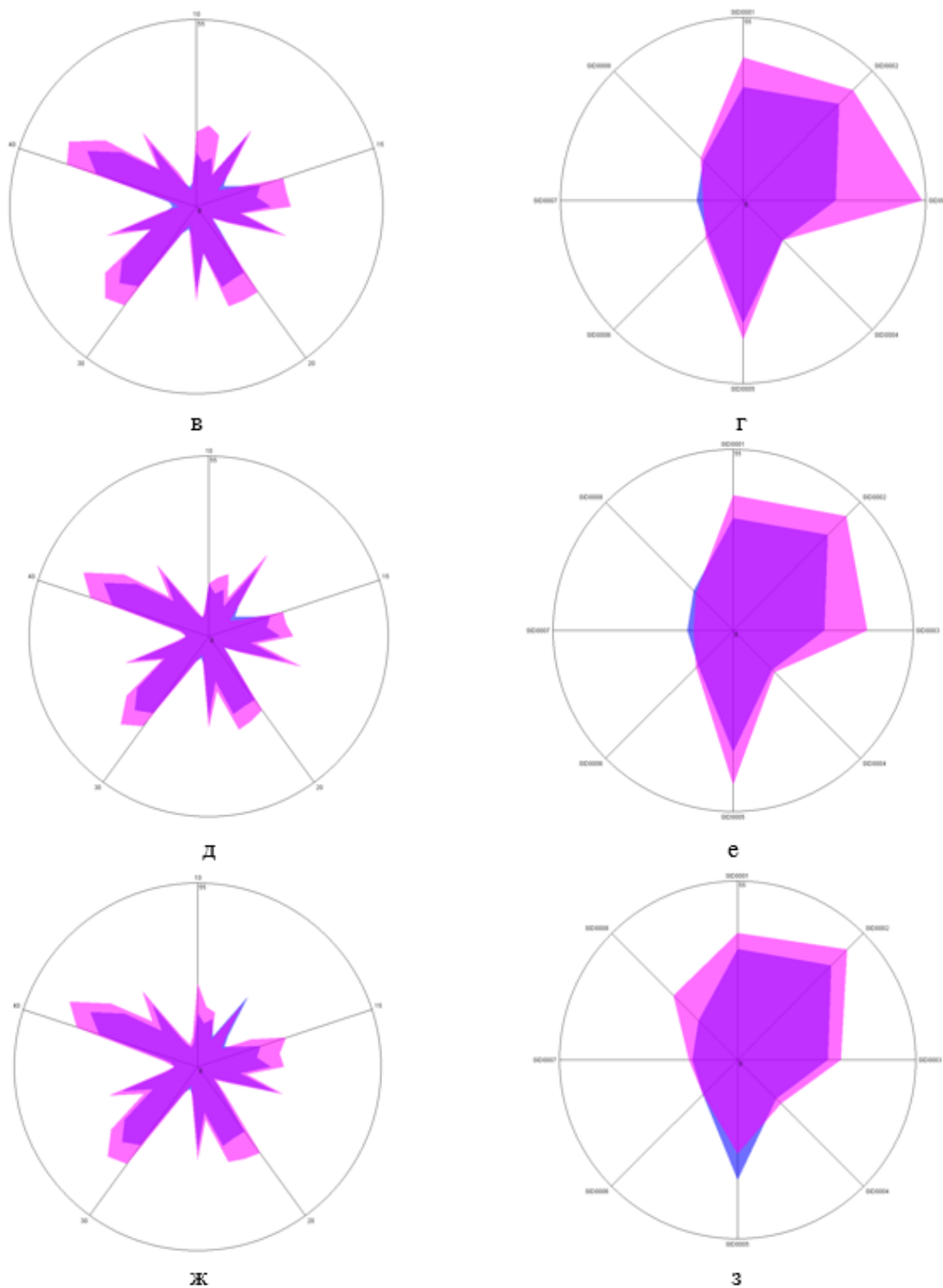


Рис. 2. Круговые диаграммы сигналов сенсоров электронного носа в парах РФФ над пробами и их сравнение: а – кинетический, б – максимальный ВО пробы 4 (синий) и 1 (фиолетовый); в – кинетический, г – максимальный ВО пробы 4 (синий) и 2 (фиолетовый); д – кинетический, е – максимальный ВО пробы 4 (синий) и 3 (фиолетовый); ж – кинетический, з – максимальный ВО пробы 4 (синий) и 5 (фиолетовый)

Pie charts of the signals of the "electronic nose" sensors in pairs of RGF over samples and their comparison: а – kinetic, б – maximum VO of samples 4 (blue) and 1 (purple); в – kinetic, г – maximum VO of samples 4 (blue) and 2 (purple); д – kinetic, е – maximum IN samples 4 (blue) and 3 (purple); ж – kinetic, з – maximum IN samples 4 (blue) and 5 (purple)



Окончание рис. 2

Установлено, что по составу (качественному и количественному) летучей фракции проб наиболее похожи пробы 4 и 5, но они различаются значимо. От пробы 4 максимально отличается проба 1.

В таблице 4 представлены значимые различия относительных разностей площади «визуальных отпечатков» в сравнении с контролем.

Значимые различия относительных разностей площади «визуальных отпечатков» в сравнении с контролем
Significant differences in the relative area differences of "visual prints" in comparison with the control

Проба	Визуальный отпечаток			
	Кинетический		Максимальный	
	Разность площадей			
	Абсолютная	Относительная, %	Абсолютная	Относительная, %
«Ягодка» : «Лесной»	527,97	54,00	1129,60	61,11
«Ягодка» : «Бодрость»	411,03	42,04	995,96	53,88
«Ягодка» : «Иммунетик»	353,23	36,13	765,80	41,43
«Ягодка» : «Иммунетик» с пектиновым экстрактом	431,37	44,12	534,22	28,90

Как показывают данные таблицы 4, чем больше относительная разность площадей, тем менее похожи по количественному составу (интенсивности) ароматы сравниваемых проб.

На рисунке 3 наглядно отражены различия в составе аромата, нормированные по сигналу 7-го сенсора (проявляет минимальную чувствительность к парам проб. По кругу отложены нормированные по сигналу 7-го сенсора отклики сенсоров

в массиве с 1-го по 8-й (в диаграмме он отмечен 7) (исключен № 7); номер ряда соответствует номеру проб в таблице 1. Этот подход является способом внутренней нормировки детектора и устраняет все различия в отборе пробы. Если состав и природа полярных органических соединений одинаковая в РГФ, то нормированные «отпечатки» не будут различаться.

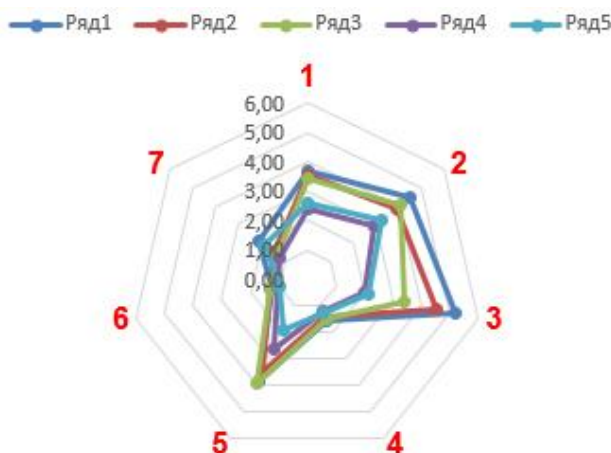


Рис. 3. Нормированные «визуальные отпечатки» максимумов
Normalized "visual fingerprints" of the maxima

Данные рисунка 3 показывают, что все пробы по составу РГФ отличаются между собой. Максимально идентичны пробы 4 и 5, а также 1 и 2. Пробы 4 и 5 более корректны по составу, содержат меньше спиртов, альдегидов, кислот, чем другие, что однозначно связано с рецептурными компонентами.

При совпадении или незначительном расхождении параметров A_{ij} , характеризующих устойчивость композиции запаха между двумя тесто-

выми образцами, можно утверждать, что соотношение концентраций соответствующих групп летучих соединений в обоих образцах аналогично. Увеличение числа отличающихся параметров A_{ij} свидетельствует о большем разрыве в химическом составе равновесной газовой фазы (РГФ), воспринимаемой потребителями и экспертами-дегустаторами. Значительные отклонения свыше 40 % параметров указывают на существенные качественные трансформации аромата – возник-

новение новых или исчезновение существующих групп летучих веществ. Из имеющихся 28 возможных показателей для рассматриваемого ряда образцов было выделено 13 параметров (около 46 %), демонстрирующих стабильность либо отличие в пределах выборки (табл. 5). Подобные выраженные различия исключают использование

синтетических ароматизаторов или иных ароматообразователей, однако подтверждают вариации естественного происхождения ингредиентов или рецептурных особенностей. Однородность значений параметров коррелирует с близким составом РГФ или ее определенных составляющих.

Таблица 5

Надежные параметры $A_{ij} (\pm 0,10)$ для проб РГФ
Reliable parameters $A_{ij} (\pm 0.10)$ for RGF samples

Проба	Номер параметра												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	$A(i/j)$												
	$\Delta F_7/\Delta F_1$	$\Delta F_8/\Delta F_1$	$\Delta F_5/\Delta F_2$	$\Delta F_8/\Delta F_2$	$\Delta F_4/\Delta F_8$	$\Delta F_7/\Delta F_5$	$\Delta F_6/\Delta F_7$	$\Delta F_7/\Delta F_8$	$\Delta F_1/\Delta F_3$	$\Delta F_1/\Delta F_5$	$\Delta F_6/\Delta F_1$	$\Delta F_2/\Delta F_3$	$\Delta F_5/\Delta F_8$
«Ягодка»	0,27	0,56	0,86	0,47	0,74	0,26	1,27	0,48	0,72	0,98	0,34	0,86	0,55
«Лесной»	0,28	0,42	0,89	0,38	0,94	0,29	1,33	0,67	0,80	1,02	0,37	0,87	0,43
«Бодрость»	0,29	0,39	0,96	0,33	1,13	0,26	1,33	0,75	1,00	0,87	0,39	1,20	0,34
«Иммунетик»	0,41	0,50	0,90	0,41	1,00	0,38	1,07	0,82	1,21	0,92	0,44	1,46	0,46
«Иммунетик» с пектиновым экстрактом	0,38	0,72	0,60	0,58	0,68	0,52	1,00	0,54	1,22	1,34	0,38	1,50	0,97

Примечание: Жирным выделены параметры для проб, значимо отличающих аромат проб во всей выборке.

Набор выделенных параметров наиболее точно отображает степень схожести качественного состава ароматов подобно характеристикам спектрального анализа. Чтобы наглядно представить выводы о различиях или сходстве качественного состава запахов исследованных образцов, представим диаграммы, отражающие

максимальное варьирование отобранных качественных параметров, перечисленных в таблице 5 и обозначенных номерами (рис. 4). Массовые спектры пьезокварцевого микровзвешивания: по оси X отложены выделенные параметры из таблицы 4.

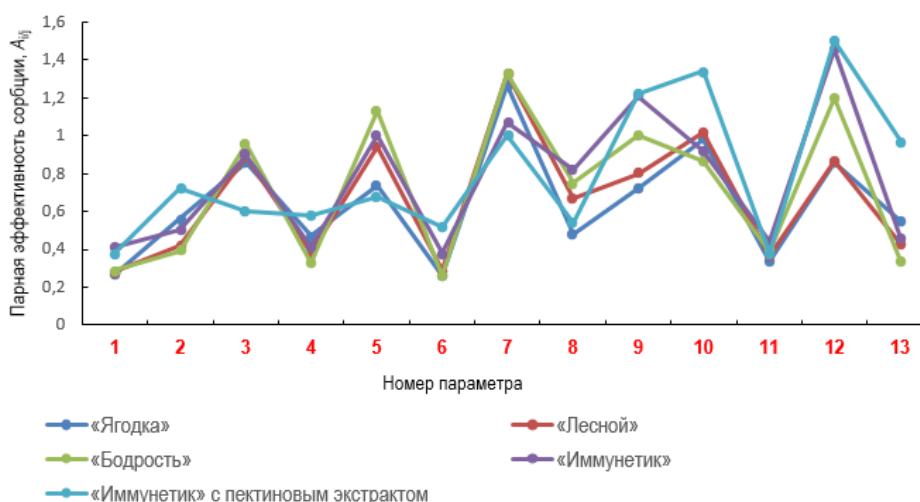


Рис. 4. Наборы идентификационных параметров A_{ij} для летучих соединений РГФ над пробами
Sets of identification parameters A_{ij} for volatile compounds of RGF above samples

Как показывают данные рисунка 4, существенно отличается от всех образцов проба 5 (38 %). Пробы «Бодрость», «Лесной», «Ягодка» – ближе к друг другу. Но 30 % показателей подтверждают разную природу добавок.

Для полного понимания цифровых следов аромата рекомендуется провести сравнение балльности дескрипторов и потребительской оценки для анализируемых проб или сравнить рецептуру.

Заключение. При помощи «электронного носа» на сенсорах оценили влияние рецептуры и технологии производства на качественный и количественный состав легколетучей фракции аромата безалкогольных пектиносодержащих напитков. Установлены существенные различия химического состава исследуемых напитков («Ягодка», «Лесной», «Бодрость», «Иммунетик», «Иммунетик» с пектиновым экстрактом), обусловленные особенностями рецептуры и технологии производства каждого образца. Каждый безалкогольный пектиносодержащий напиток обладает индивидуальным химическим профилем, определяющим его свойства и потенциальное воздействие на организм. Эти различия могут быть связаны с исходным сырьем, технологическими процессами изготовления и добавлением специальных ингредиентов (например пектинового экстракта).

Определено относительное содержание групп летучих органических соединений в равновесной газовой фазе (РГФ) над пробами по значимым сигналам сенсоров. Наибольшее разнообразие органических соединений выявлено в напитках «Ягодка», «Лесной», характеризующихся высоким содержанием воды, полярных соединений, кислот и альдегидов. Напиток «Бодрость» характеризуется повышенной концентрацией кетонов и спиртов, в отличие от других образцов напитков. Напиток «Иммунетик» с пектиновым экстрактом отличается специфическим составом, демонстрируя высокое содержание аминов и сред-

неполярных соединений, однако существенно снижено количество кетонов, спиртов и органических кислот. Низкая концентрация органических кислот выявлена в напитке «Иммунетик» с пектиновым экстрактом, что, возможно, связано с действием пектина, способствующего стабилизации продукта и снижению уровня кислот. Напиток «Бодрость» выделяется высокой концентрацией кетонов и спиртов одновременно при умеренной доле остальных классов веществ.

Определены кинетические и максимальные «визуальные отпечатки» сигналов сенсоров образцов напитков. Содержание смесей летучих соединений в предоставленных образцах отличается в зависимости от рецептуры и технологии изготовления напитков.

Обосновано влияние пектиновых веществ на сохранение аромата безалкогольных напитков. Напитки первой группы (пробы 1–3) обладают меньшей интенсивностью аромата по сравнению с напитками второй группы (пробы 4, 5). Для образцов группы 1 максимальный аромат имеет напиток «Ягодка» (9,06 %). Для образцов группы 2 у напитка «Иммунетик» интенсивность аромата составляет 8,37 %, а с добавлением пектинового экстракта усиливается аромат у напитка «Иммунетик» с пектиновым экстрактом (12,44 %). Напиток «Иммунетик» с пектиновым экстрактом имеет максимальное значение по альдегидам (21,33 %) и аминам (8,44 %), которые придают напитку фруктовые нотки. Происходит сохранение и высвобождение аромата: пектин, особенно в высоких концентрациях, может сохранять ароматические соединения в напитках, уменьшая высвобождение летучих эфиров и альдегидов, а иногда способствуя высвобождению спиртов. Это происходит из-за химических взаимодействий между пектином (в частности D-галактуроновой кислотой) и ароматическими молекулами, которые могут маскировать неприятные привкусы и усиливать определенные ноты, например цветочные ароматы.

Список источников

1. Khatko Z.N., Kolotiy T.B. Biologically active substances from wild fruits and berries at the piedmont of the Republic of Adygea. In: Handbook of Environmental Chemistry, 2020. P. 653–665. DOI: 10.1007/698_2020_570.
2. Куижева С.К., Хатко З.Н., Блягоз А.И., и др. Инновационная кулинарная продукция функционального назначения, обогащенная биологически активными веществами дикорастущих растений. Майкоп: ИП Магарин О.Г., 2022. 175 с.

3. Хатко З.Н., Белявцева Т.А., Бегеретова Д.М., и др. Исследование влияния видов пектиновых веществ и их комбинаций на антиоксидантную активность и комплексообразующую способность для применения в пищевых системах // Ползуновский вестник. 2025. № 1. С. 168–177. DOI: 10/25712/ASTU/2072-8921/2025/01/021. EDN: EBELOP.
4. Sonmezdag A., Sevindi O., Kelebek H., et al. Aroma compounds of non-alcoholic fermented beverage: Gilaburu juice // *The EuroBiotech Journal*. 2017. Vol. 1. P. 226–229. DOI: 10.24190/ISSN2564-615X/2017/03.05.
5. Shengyang N., Xuewei L., Meiling L., et al. Aroma Analysis of Table Grape Berries Based on Electronic Nose Detection // *Agronomy*. 2025. Vol. 15. Art. 104. DOI: 10.3390/agronomy15010104.
6. Ko H.J., Park T.H. Bioelectronic nose and its application to smell visualization // *Journal of Biological Engineering*. 2016. Vol. 10. DOI: 10.1186/s13036-016-0041-4.
7. Кучменко Т.А. Имитационные обонятельные системы на основе пьезокварцевых высокочастотных нановесов. // *Лаборатория и производство*. 2019. № 6. С. 86–92. DOI: 10.32757/2619-0923.2019.6.10.86.96. EDN: NHIOFU.
8. Kuchmenko T.A. Electronic nose based on nanoweights: expectation and reality // *Pure and Applied Chemistry*. 2017. Vol. 89, N 10. P. 1587–1590. DOI: 10.1515/pac-2016-1108. EDN: XNMITO.
9. Wan Q.L., Hui L., Yu R.G., et al. Investigating the matrix effect of high/low methoxyl pectins on typical aroma of apple juice using HS-SPME-GC-MS and NMR analysis // *Food Chemistry*. 2025. Vol. 463, Part 3. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.141372.
10. Bertelsen A.S., Mielby L.A., Byrne D.V., et al. Ternary Cross-Modal Interactions between Sweetness, Aroma, and Viscosity in Different Beverage Matrices // *Foods*. 2020. Vol. 9, N 4. Art. 395. DOI: 10.3390/foods9040395.

References

1. Khatko ZN, Kolotiy TB. Biologically active substances from wild fruits and berries at the piedmont of the Republic of Adygea. In: *Handbook of Environmental Chemistry*. 2020. P. 653–665. DOI: 10.1007/698_2020_570.
2. Kuizheva SK, Khatko ZN, Blyagoz AI, et al. *Innovative culinary products for functional purposes, enriched with biologically active substances of wild plants*. Majkop: IP Magarin O.G.; 2022. 175 p.
3. Khatko ZN, Belyavtseva TA, Begeretova DM, et al. Investigation of the effect of types of pectinsubstances and their combinations on antioxidantactivity and complexing ability for use in food systems. *Polzunovskij vestnik*. 2025;1:168-177. DOI: 10/25712/ASTU/2072-8921/2025/01/021. EDN: EBELOP.
4. Sonmezdag A, Sevindi O, Kelebek H, et al. Aroma compounds of non-alcoholic fermented beverage: Gilaburu juice. *The EuroBiotech Journal*. 2017;1226-229. DOI: 10.24190/ISSN2564-615X/2017/03.05.
5. Shengyang N, Xuewei L, Meiling L, et al. Aroma Analysis of Table Grape Berries Based on Electronic Nose Detection. *Agronomy*. 2025;15:104. DOI: 10.3390/agronomy15010104.
6. Ko HJ, Park TH. Bioelectronic nose and its application to smell visualization. *Journal of Biological Engineering*. 2016;10. DOI: 10.1186/s13036-016-0041-4.
7. Kuchmenko TA. Simulations olfactory system based on piezoelectric quartz high-frequency nanobalance. *Laboratory and Production*. 2019;6:86-92. DOI: 10.32757/2619-0923.2019.6.10.86.96. EDN: NHIOFU.
8. Kuchmenko TA. Electronic nose based on nanoweights: expectation and reality. *Pure and Applied Chemistry*. 2017;89(10):1587-1590. DOI: 10.1515/pac-2016-1108. EDN: XNMITO.
9. Wan QL, Hui L, Yu RG, et al. Investigating the matrix effect of high/low methoxyl pectins on typical aroma of apple juice using HS-SPME-GC-MS and NMR analysis. *Food Chemistry*. 2025;463(3). DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.141372.
10. Bertelsen AS, Mielby LA, Byrne DV, et al. Cross-Modal Interactions between Sweetness, Aroma, and Viscosity in Different Beverage Matrices. *Foods*. 2020;9(4):395. DOI: 10.3390/foods9040395.

Статья принята к публикации 19.01.2026 / The article accepted for publication 19.01.2026.

Информация об авторах:

Зурет Нурбиевна Хатко, заведующая кафедрой технологии пищевых продуктов и организации питания, доктор технических наук, доцент

Татьяна Анатольевна Кучменко, заведующая кафедрой физической и аналитической химии, доктор химических наук, профессор

Татьяна Борисовна Колотий, доцент кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания, кандидат технических наук, доцент

Татьяна Анатольевна Белявцева, старший преподаватель кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания

Саида Каплановна Кудайнетова, младший научный сотрудник кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания, аспирант

Information about the authors:

Zuret Nurbievna Khatko, Head of the Department of Food Technology and Catering, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Tatiana Anatolyevna Kuchmenko, Head of the Department of Physical and Analytical Chemistry, Doctor of Chemical Sciences, Professor

Tatiana Borisovna Kolotiy, Associate Professor at the Department of Food Technology and Catering, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Tatiana Anatolyevna Belyavtseva, Senior Lecturer at the Department of Food Technology and Catering

Saida Kaplanovna Kudainetova, Junior Researcher at the Department of Food Technology and Catering, Postgraduate Student

