

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2026-2-2637>
<https://elibrary.ru/DPVOFG>

Оригинальная статья
<https://fptt.ru>

Влияние растительных полуфабрикатов и добавок на качество напитков



О. В. Голуб^{1,*}, А. М. Захаренко^{1,2}, Н. В. Мотовилова¹,
О. К. Мотовилов¹, К. С. Голохваст¹

¹ Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Красноярск, Россия

² Национальный исследовательский Томский государственный университет , Томск, Россия

Поступила в редакцию: 21.01.2026

Принята после рецензирования: 24.02.2026

Принята к публикации: 10.03.2026

*e-mail: golubov@sfscs.ru

© О. В. Голуб, А. М. Захаренко, Н. В. Мотовилова,
О. К. Мотовилов, К. С. Голохваст, 2026



Аннотация.

Разработка безалкогольных напитков на растительной основе представляет значительный научный и практический интерес в связи с растущим спросом на продукты, сочетающие приятные органолептические свойства и оздоровительный эффект. Цель исследования – комплексно оценить влияние рецептурных факторов (вида растительного сырья, типа подслащающих веществ и обогащения аскорбиновой кислотой) на формирование качества, функциональных свойств и стабильность безалкогольных напитков в процессе хранения.

Объекты исследования – полуфабрикаты из растительного сырья (кофе жареный молотый, листья мяты перечной, трубочки корицы цейлонской и корни дикорастущей родиолы розовой) и напитки на их основе, а также пищевые ингредиенты (сахарный сироп, растворы лимонной кислоты, колер, сукралоза, аскорбиновая кислота). В работе использовали стандартные физико-химические, микробиологические и спектрофотометрические методы анализа. Органолептическую оценку проводили по разработанной 5-балльной шкале. Статистическую обработку данных выполняли с помощью дисперсионного и корреляционного анализов.

Установлено, что разработанные 12 рецептов напитков варьируются по трем факторам. Полуфабрикат из растительного сырья (настои жареного молотого кофе, листьев перечной мяты, трубочек корицы, CO₂-экстракт корней родиолы розовой) определял содержание сухих веществ, полифенольных соединений, флавоноидов, цветовые координаты ($\eta_p^2 = 89,7\text{--}99,6\%$), количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов ($\eta_p^2 = 26,5\%$) и органолептические характеристики ($\eta_p^2 = 50,2\text{--}52,2\%$). Характер подслащающих веществ (сахароза или сукралоза) влиял на содержание сухих веществ ($\eta_p^2 = 100,0\%$), КМАФАнМ ($\eta_p^2 = 42,3\%$), флавоноидов ($\eta_p^2 = 24,0\%$), а также показатели на цвета L^* , a^* , H° ($\eta_p^2 = 41,9\text{--}56,2\%$). Обогащение аскорбиновой кислотой ($\eta_p^2 = 99,9\%$) обеспечивало содержание витамина С в напитках не менее 15 мг/100 см³ продукции, влияло на показатели цвета b^* , C^* и на содержание сухих веществ ($\eta_p^2 = 17,4\text{--}26,5\%$). В течение 7 суток хранения напитки сохраняли приемлемые органолептические характеристики и микробиологическую безопасность, а варианты, обогащенные аскорбиновой кислотой, – функциональные свойства.

Напитки на сукралозе являются «безкалорийными» (≤ 4 ккал/100 см³). Порция 200 см³ напитков, фортифицированных аскорбиновой кислотой, обеспечивает не менее 30 % суточной потребности в витамине С. Результаты работы вносят значительный вклад в разработку современных функциональных продуктов питания.

Ключевые слова. Безалкогольные напитки, растительное сырье, сукралоза, аскорбиновая кислота, функциональные продукты, стабильность

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0533-2024-0005).

Для цитирования: Голуб О. В., Захаренко А. М., Мотовилова Н. В., Мотовилов О. К., Голохваст К. С. Влияние растительных полуфабрикатов и добавок на качество напитков. Техника и технология пищевых производств. 2026. Т. 56. № 2. С. 296–316.
<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2026-2-2637>

Effect of Plant-Based Semi-Finished Products and Additives on the Beverages Quality



Olga V. Golub^{1,*}, Alexander M. Zakharenko^{1,2},
Natalya V. Motovilova¹, Oleg K. Motovilov¹,
Kirill S. Golokhvast¹

¹ Siberian Federal Research Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences,
Krasnoobsk, Russia

² Tomsk State University , Tomsk, Russia

Received: 21.01.2026

Revised: 24.02.2026

Accepted: 10.03.2026

*e-mail: golubov@sfsca.ru

© O.V. Golub, A.M. Zakharenko, N.V. Motovilova, O.K. Motovilov,
K.S. Golokhvast, 2026



Abstract.

The market of plant-based soft drinks responds to the growing demand for functional products that combine pleasant sensory properties with health benefits. This article describes the impact of formulation factors (raw material, sweetener, ascorbic acid) on the quality, functional properties, and stability of plant-based soft drinks during storage.

The study featured plant-based semi-finished products combined into 12 beverage formulations. They were subjected to standard physicochemical, microbiological, and spectrophotometric analytical methods. The sensory assessment involved a five-point scale. The statistical data processing relied on the analyses of variance and correlation.

The beverages varied in three factors. The semi-finished plant material (coffee infusions, cinnamon, *Rhodiola rosea* CO₂-extract) determined the content of solids, phenolic compounds, flavonoids, color coordinates ($\eta_p^2 = 89.7\text{--}99.6\%$), QMAFAnM ($\eta_p^2 = 26.5\%$), and sensory properties ($\eta_p^2 = 50.2\text{--}52.2\%$). The sweetening agent (sucrose/sucralose) affected the content of solids and sucralose ($\eta_p^2 = 100.0\%$), QMAFAnM ($\eta_p^2 = 42.3\%$), flavonoids ($\eta_p^2 = 24.0\%$), and the color indicators L^* , a^* , H° ($\eta_p^2 = 41.9\text{--}56.2\%$). Ascorbic acid ($\eta_p^2 = 99.9\%$) ensured at least 15 mg of vitamin C per 100 cm³ of the finished product. It also affected the b^* , C^* indicators and solids ($\eta_p^2 = 17.4\text{--}26.5\%$). The beverages retained acceptable sensory profile, functional properties, and microbiological safety over 7 days of storage.

The experimental sucralose-based beverages proved to be low-calorie functional drinks able to ensure glycemic control. A 200 cm³ serving, fortified with ascorbic acid, delivered 30% of the recommended daily intake of Vitamin C. These findings contribute to the diversification of the functional food market.

Keywords. Soft drinks, plant-based ingredients, sucralose, ascorbic acid, functional foods, stability

Funding. The research was part of State Assignment from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (No. 0533-2024-0005).

For citation. Golub OV, Zakharenko AM, Motovilova NV, Motovilov OK, Golokhvast KS. Effect of Plant-Based Semi-Finished Products and Additives on the Beverages Quality. Food Processing: Techniques and Technology. 2026;56(2):296–316. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2026-2-2637>

Введение

Напитки – неотъемлемый элемент системы питания человека, обеспечивающий гидратацию организма, поддержание водно-электролитного баланса и поступление необходимых нутриентов. В последние годы наблюдается устойчивый рост интереса к функциональным напиткам, обладающим полезными свойствами. Данная тенденция обусловлена повышением пищевой грамотности населения, ростом распространенности алиментарно-зависимых заболеваний и усилением профилактической направленности в вопросах питания. Перспективным направлением пищевой науки

является разработка функциональных напитков, соответствующих научно обоснованным рекомендациям по питанию и требованиям национальных нормативных документов, в частности Федерального закона от 2 января 2000 г. № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов».

Растительное сырье традиционно используется при изготовлении напитков, т. к. оно содержит вещества (полифенольные соединения, витамины и др.), определяющие их физиологическую ценность и органолептические характеристики готового продукта [1–3]. К числу наиболее перспективных видов сырья для создания

функциональных напитков относят кофе (*Coffea* spp.), мяту (*Mentha* spp.), родиолу розовую (*Rhodiola rosea* L.) и корицу (*Cinnamomum verum*).

Кофейные зерна – сложная многокомпонентная система. Помимо кофеина, кофе – источник полифенольных соединений, прежде всего хлорогеновых кислот, проявляющих антиоксидантную, гепатопротекторную, гипогликемическую и противовоспалительную активность [4, 5]. Органолептические свойства продуктов переработки кофе, как и других растительных сырьевых материалов (например плодов можжевельника), формируются в процессе обжарки в результате реакций Майяра, карамелизации и деградации полифенольных соединений [4, 6, 7]. Степень обжарки зерен кофе коррелирует с антиоксидантной активностью, однако при интенсивной термической обработке возможны деградация части хлорогеновых кислот и образование нежелательных соединений, таких как акриламид [4]. Таким образом, продукты переработки кофе служат источником не только функциональных компонентов, но и органолептической основы для напитков.

Мята, в частности перечная, ценится за высокое содержание эфирного масла, основными компонентами которого служат ментол, ментон, пулегон и лимонен [8, 9]. Ментол обладает местноанестезирующим, спазмолитическим и охлаждающим эффектом [10, 11]. Помимо терпеноидов, мята содержит флавоноиды и фенолкарбоновые кислоты, вносящие вклад в общую антиоксидантную активность [8, 11]. Использование продуктов переработки мяты позволяет придать напитку освежающий вкус и аромат, а также дополнить его биологически активными соединениями с седативным и противовоспалительным потенциалом [3, 11].

Родиола розовая – классический адаптоген. Ее основные биологически активные компоненты – салидрозид и производные коричневого спирта (розавин, розарин, розин) [12, 13]. Указанные соединения повышают устойчивость организма к стрессам, а также обладают нейропротекторным и стимулирующим действием [10, 12]. Вкус продуктов переработки родиолы – горьковатый, вяжущий, что требует контролируемого купажирования с другими компонентами.

Корица широко используется как вкусо-ароматическая добавка. Коричный альдегид – основное биологически активное соединение корицы, которому приписывают антидиабетические свойства [14]. Помимо этого, корица содержит проантоцианидины и фенольные кислоты, определяющие ее высокую антиоксидантную активность [14, 15]. Сладковато-пряный аромат и жгучий вкус, наряду с антидиабетическим [14] и антиоксидантным [15] потенциалом, делают продукты переработки корицы ценными полуфабрикатами для создания функциональных напитков, что соответствует современному подходу к использованию биологически активных пряностей в пищевых технологиях [16].

Интеграция биологически активных соединений в жидкие пищевые матрицы сопряжена с технологи-

ческими сложностями. Выбор метода получения продукта переработки оказывает определяющее влияние на состав целевых компонентов, органолептические свойства и функциональную эффективность готовой продукции [2, 17]. Традиционный метод настаивания характеризуется низкой технологической сложностью, но имеет недостатки: длительное время, деградацию термолабильных соединений, потерю летучих веществ и риск микробиологической порчи [2, 18]. В связи с этим в пищевых технологиях наблюдается активный переход к современным методам, например сверхкритической флюидной экстракции диоксидом углерода [9, 19] и другим технологиям низкотемпературной обработки. Эти подходы способствуют целенаправленному регулированию цвета [20] и сохранению термолабильных биологически активных соединений [21], что существенно для качества функциональных напитков.

Основные преимущества сверхкритической флюидной экстракции диоксидом углерода – селективность, позволяющая направленно экстрагировать целевые группы соединений, отсутствие термической деградации и следов растворителя; высокий выход и сохранность аромата [22, 23]. Данный метод позволяет эффективно извлекать салидрозид и розавин из родиолы розовой [13], а также получать мятное масло с более полным составом летучих веществ [9]. Применение CO₂-экстрактов обеспечивает усиление вкусо-ароматических характеристик и высокую концентрацию биологически активных веществ. Использование экстрактов с минимальным количеством балластных веществ – общепризнанный подход к сохранению качества и повышению стабильности функциональных напитков [2, 24].

Разработка напитков требует, прежде всего, формирования сбалансированного вкуса. В современных условиях основное внимание уделяется поиску альтернатив сахарозе, обеспечивающих снижение энергетической ценности напитков. Интенсивные подсластители, такие как сукралоза, позволяют значительно уменьшить калорийность. Подсластитель технологически стабилен в широком диапазоне pH и при термообработке, что гарантирует неизменность уровня сладости в течение срока годности [25, 26].

Однако полная замена сахарозы сопряжена с проблемами: потерей «тела» напитка и появлением «водянистости» [27]. Кроме того, исследования показывают, что сахароза может положительно влиять на стабильность отдельных биологически активных веществ, например антоцианов, благодаря своим антиоксидантным свойствам или способности модулировать окислительно-восстановительную среду [28, 29]. Поэтому наилучшие результаты часто показывают комбинированные системы подсластителей, которые нивелируют недостатки каждого компонента и помогают добиться органолептических показателей, близких к традиционному продукту [25, 30].

Для обеспечения стабильности функциональных напитков, особенно обогащенных соединениями,

чувствительными к окислению, необходимо применение антиоксидантов. Аскорбиновая кислота отличается универсальностью и высокой эффективностью благодаря многогранному механизму: связыванию кислорода, прерыванию цепных реакций окисления, регенерации других антиоксидантов и ингибированию ферментативного потемнения [19, 31, 32]. Многочисленные исследования подтверждают ее вклад в сохранении витаминного состава, стабилизации цвета и поддержании антиоксидантной активности напитков [33, 34], доказывая эффективность рецептурных ингредиентов в повышении стабильности пищевых систем [35].

Таким образом, современная разработка функциональных безалкогольных напитков представляет собой комплексную задачу. Качество, стабильность и потребительские свойства готового продукта являются интегральным результатом взаимного влияния выбора полуфабриката из растительного сырья, типа используемой системы подслащивания и применения обогащающих добавок. Несмотря на это, степень влияния каждого из этих рецептурных факторов и их комбинаций на органолептические, физико-химические показатели и на сохранность функциональных свойств в течение срока хранения изучена недостаточно и требует целенаправленного системного исследования. В связи с этим цель исследования – комплексно оценить влияние рецептурных факторов (вида растительного сырья, типа подслащивающих веществ и обогащения аскорбиновой кислотой) на формирование качества, функциональных свойств и стабильность безалкогольных напитков в процессе хранения.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования – полуфабрикаты из растительного сырья и напитки на их основе. Технологический процесс производства напитков включал в себя подготовку сырья (получение настоев или экстракта из растительного сырья, сахарного сиропа, растворов лимонной кислоты, колера, сукралозы, аскорбиновой кислоты), изготовление купажного сиропа, дозирование купажного сиропа в ПЭТ-бутылки объемом 0,5 дм³ и заполнение их питьевой водой, герметизацию, смешивание, бракераж и хранение (температура 4 ± 2 °С, относительная влажность воздуха не более 75 %, в течение 8 суток). Отбор проб для испытаний проводили на 0, 7 и 8 сутки хранения.

Для получения настоев сырье измельчали до размера частиц 1–2 мм, заливали питьевой водой температурой 92 ± 2 °С при гидромодуле 1:20 и экстрагировали на водяной бане в течение 17 ± 2 мин, поддерживая температуру смеси 90 ± 2 °С (без кипения), что позволяло интенсифицировать извлечение водорастворимых компонентов и обеспечить воспроизводимость условий. Затем смесь охлаждали до 20 ± 2 °С и настаивали при этой температуре в течение 120 ± 5 мин при периодическом перемешивании (температура выбрана как комнатная для унификации условий для всех видов

сырья и снижения риска термодеструкции или потерь летучих соединений), после чего фильтровали через капроновое сито № 46. Контроль процесса осуществляли по соблюдению размера частиц, соотношения сырье:вода, времени и температуры на каждом этапе, а также по показателям массовой доли растворимых сухих веществ и кислотности полученных настоев.

Для получения CO₂-экстракта корней родиолы розовой сырье измельчали до размера частиц 1–2 мм, загружали в систему сверхкритической флюидной экстракции Thar SFE-500F-2-FMC50 (Thar Technology Inc., США) и экстрагировали при давлении 350 бар и температуре 60 °С. В качестве со-растворителя использовали этанол, количество которого составляло 1 % в жидкой фазе [13]. Полученный CO₂-экстракт переводили в 70 % (об.) водно-спиртовую смесь путем добавления рассчитанного количества этанола 96 % (об.) и воды, после чего использовали при проведении исследований.

Для исследований применяли сырье, включающее компоненты растительного происхождения: жареный молотый кофе «Жокей по-восточному» (ООО «Орими КФ», Россия), листья мяты перечной (*Mentha piperita* L.) (ООО «Натрули», Россия), трубочки корицы цейлонской (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) (ИП Ахметов А. Н., Россия), корни дикорастущей родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) (оз. Байкал, Россия), а также пищевые ингредиенты, используемые в производстве напитков.

Качество и безопасность полуфабрикатов из растительного сырья и напитков оценивали по комплексу физико-химических и микробиологических показателей. В работе использовали методы испытаний в зависимости от состава продукции: для настоев и напитков на водной основе применяли методы контроля продукции безалкогольной промышленности, для CO₂-экстракта корней родиолы розовой, представленного 70 % водно-спиртовой смесью, – методы для водно-спиртовых растворов с приведением результатов к сопоставимым единицам. Массовую долю растворимых сухих веществ в настоях и напитках устанавливали по ГОСТ 6687.2-90 «Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения сухих веществ». Для CO₂-экстракта сухой остаток находили гравиметрически по ОФС.1.4.1.0019.15 «Настойки» (результат выражали в %). Титруемую кислотность в настоях и напитках измеряли по ГОСТ 6687.4-86 «Напитки безалкогольные, квасы и сиропы. Метод определения кислотности». Для водно-спиртового раствора задействовали ГОСТ 32080-2013 «Изделия ликероводочные. Правила приемки и методы анализа» с представлением результатов в единицах см³ NaOH (1 моль/дм³) на 100 см³ продукта.

Витамин С в настоях и напитках определяли согласно ГОСТ 24556-89 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С», в CO₂-экстракте – по ОФС.1.2.3.0017.15 «Методы количественного определения витаминов» (титриметрическим методом) с предварительным удалением этанола

перед титрованием. Сукралозу контролировали согласно ГОСТ EN 16155-2015 «Продукты пищевые. Определение сукралозы методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» в вариантах напитков, где она предусмотрена рецептурой. Кофеин выявляли по ГОСТ 30059-93 «Напитки безалкогольные. Методы определения аспартама, сахарина, кофеина и бензоата натрия». Микробиологические показатели для напитков контролировали по ГОСТ 30712-2001 «Продукты безалкогольной промышленности. Методы микробиологического анализа», бактерии рода *Salmonella* – в соответствии ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002) «Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*».

Содержание этилового спирта в напитках определяли, используя ГОСТ 6687.7-88 «Напитки безалкогольные и квасы. Метод определения спирта», в CO_2 -экстракте – ОФС.1.2.3.0034 «Содержание этанола» (метод 1 – дистилляции с последующим определением плотности дистиллята при $20,0 \pm 0,1$ °C по алкоголеметрическим таблицам). Общие содержания полифенольных соединений и флавоноидов в полуфабрикатах из растительного сырья и напитках из них осуществляли спектрофотометрическим методом с использованием реагентов Фолина-Чокальтеу и хлорида алюминия – измерение поглощения комплексов проводили при длинах волн 760 и 430 нм соответственно. [36].

Параметры цвета полуфабрикатов из растительного сырья и напитков устанавливали, центрифугируя при 8000 об/мин в течение 20 мин. Значения оптической плотности трижды измеряли с использованием фотометра планшетного Spark 10M (Tecan Group Ltd., Швейцария). Результаты выражали в виде цветовых координат L^* , a^* и b^* (система CIE). Координата L^* характеризует яркость цвета (100 и 0 – для белого и черного соответственно); хроматические координаты a^* и b^* представляют собой цветовое пространство между цветами: красным ($+a^*$) и зеленым ($-a^*$), желтым ($+b^*$) и синим ($-b^*$) [4]. Значение цветности (C^*) является мерой насыщенности (интенсивности) цвета продукции: более высокие значения указывают на яркий и интенсивный цвет, более низкие – на пастельные или бледные цвета [6]. Угол цветового тона (H°) характеризует оттенок (доминирующий тон) [1].

Все измерения выполняли на стандартном лабораторном оборудовании.

Органолептическую оценку полуфабрикатов из растительного сырья и напитков проводили согласно разработанной 5-балльной системе (табл. 1). Показатели оценивали последовательно, используя дробные балльные оценки до десятых долей включительно.

Для оценки значимости различий между средними значениями переменных использовали дисперсионный анализ с апостериорным тестом Тьюки. При этом оценивали влияние на формирование характеристик качества: сочетания вида растительного сырья и способа получения – на полуфабрикат (однофакторный анализ);

Таблица 1. Оценка органолептических показателей напитков

Table 1. Sensory properties

Показатель	Внешний вид	Запах, вкус и послевкусие	Общая оценка
Коэффициент весомости	0,4	0,6	–
Уровень качества, балл			
Отлично	4,20–5,00	4,40–5,00	выше 4,30
Хорошо	3,60–4,19	3,70–4,39	3,65–4,29
Удовлетворительно	2,70–3,59	2,70–3,69	2,70–3,64
Неудовлетворительно	ниже 2,70	ниже 2,70	ниже 2,70

трех факторов (наличие и количество полуфабриката из растительного сырья, наличие обогащающей добавки, характер подслащивающих веществ) – на готовые напитки (трехфакторный анализ); срока хранения – на стабильность характеристик качества напитков (однофакторный анализ). Величину эффекта оценивали по показателю η_p^2 (вклад фактора относительно ошибки). Взаимосвязи между исследуемыми показателями определяли с помощью коэффициента корреляции Пирсона. Для всех анализов принимали значимый уровень $p < 0,05$. Обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Statistica 10.0.

Результаты и их обсуждение

Характеристики качества полуфабрикатов из растительного сырья. Для изготовления напитков использовали растительное сырье, содержащее соединения, обуславливающие формирование оригинальных органолептических характеристик продукции и усиление ее функциональной направленности (например антиоксидантной, противовоспалительной, антимикробной и др.): жареный молотый кофе – кофеин, хлорогеновая кислота, тригонеллин и др. [5]; листья мяты перечной (*Mentha piperita* L.) – эфирное масло, флавоноиды, фенилпропаноиды и др. [8]; трубочки корицы (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) – коричный альдегид, коричный спирт, коричная кислота, циннамат и др. [14]; корни родиолы розовой (*Rhodiola rosea* L.) – флавоноиды, кумарины, антрахиноны и др. [12].

По внешнему виду полуфабрикаты из растительного сырья представляли собой прозрачную темную жидкость, однако отличались друг от друга по оттенкам и интенсивности окраски (рис. 1), что отразилось в оценках ($p < 0,05$), представленных на рисунке 2. В порядке убывания баллов за внешний вид образцы расположились следующим образом: CO_2 -экстракт корней родиолы розовой (1,91) > настой жареного молотого кофе (1,89) > настой трубочек корицы (1,86) > настой листьев мяты перечной (1,84). Наибольшие оценки за запах, вкус и послевкусие получили настой жареного молотого кофе (2,85 балла – горький, кофейный, терпкий, насыщенный, длительное послевкусие) и настой трубочек корицы (2,81 балла – сладкий, харак-



Рисунок 1. Внешний вид полуфабрикатов из растительного сырья: а – настой трубочек корицы; б – настой листьев мяты перечной; с – настой жареного молотого кофе; d – CO₂-экстракт корней родиолы розовой

Figure 1. Appearance of plant-based infusions and extracts: a – cinnamon; b – peppermint leaves; c – roasted ground coffee; and d – CO₂ extract of *Rhodiola rosea* roots

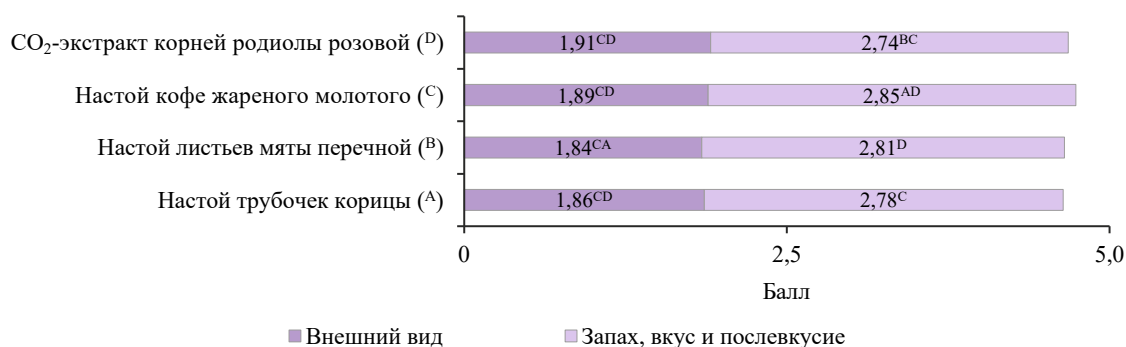


Рисунок 2. Оценка органолептических показателей полуфабрикатов из растительного сырья. Данные представлены в виде среднего значения $\pm$ SD. Прописные буквы в верхнем индексе указывают на то, что средние значения по показателю статистически различаются при $p < 0,05$

Figure 2. Sensory profiles of plant-based semi-finished products. Mean value $\pm$ SD. Capital letters in the superscript indicate that the average values for the indicator are statistically different at $p < 0.05$

Таблица 2. Физико-химические показатели полуфабрикатов из растительного сырья

Table 2. Physicochemical properties of plant-based semi-finished products

Показатель	Настой			CO ₂ -экстракт корней родиолы розовой (D)
	Трубочек корицы (A)	Листьев мяты перечной (B)	Жареного молотого кофе (C)	
Массовая доля сухих веществ, %	1,0 $\pm$ 0,1 ^{CD}	0,9 $\pm$ 0,1 ^{CD}	1,5 $\pm$ 0,1 ^{ABD}	10,6 $\pm$ 0,1 ^{A-C}
Кислотность, см ³ раствора гидроокиси натрия концентрацией 1,0 моль/дм ³ на 100 см ³	0,8 $\pm$ 0,1 ^{B-D}	0,5 $\pm$ 0,1 ^{ACD}	0,2 $\pm$ 0,1 ^{ABD}	1,7 $\pm$ 0,1 ^{A-C}

Примечание: данные представлены в виде среднего значения $\pm$ SD. Прописные буквы в верхнем индексе указывают на то, что средние значения по показателю статистически различаются при $p < 0,05$.

Note: Mean value $\pm$ SD. Capital letters in the superscript indicate that the average values for the indicator are statistically different at $p < 0.05$.

терный для корицы, терпкий, насыщенный, длительный). Им уступали настой листьев мяты перечной (2,78 балла – сладкий, характерный для мяты перечной, терпкий, насыщенный, длительный), CO₂-экстракт корней родиолы розовой (2,74 балла – горький, ассоциируемый с розами, терпкий, насыщенный, длительный послевкусие, с нотами этилового спирта).

Количество сухих веществ в полуфабрикатах из растительного сырья определяется содержащимися в них растворенными соединениями (углеводами, органическими кислотами и др.), которое необходимо учитывать при изготовлении пищевой продукции. Согласно данным таблицы 2, исследуемые полуфабрикаты по содержанию сухих веществ различались ($p < 0,05$): CO₂-

экстракт корней родиолы розовой (10,6 %) > жареного молотого кофе (1,5 %) > настой трубочек корицы (1,0 %) и настой листьев мяты перечной (0,9 %).

Общая кислотность продукции (титруемая), включающая свободные и связанные формы кислот, как и содержание спирта, является критерием ее вкусо-ароматических характеристик и стабильности. Кислотность CO₂-экстракта корней родиолы розовой в 2,1; 3,4 и 8,5 раза выше, чем у настоя трубочек корицы, листьев мяты перечной и жареного молотого кофе соответственно ($p < 0,05$). CO₂-экстракт корней родиолы розовой содержал спирт в количестве 70 %.

Физиологическую ценность полуфабрикатов из растительного сырья определяют содержащиеся в них

биологически активные соединения (табл. 3). Массовая концентрация витамина С в настоях трубочек корицы и листьев мяты перечной находилась на следовом уровне, в настое жареного молотого кофе не выявлялась, тогда как в CO_2 -экстракте корней родиолы розовой статистически значимо выше ($p < 0,05$). CO_2 -экстракт корней родиолы розовой содержал большее количество полифенольных соединений, чем настои трубочек корицы, жареного молотого кофе и листьев мяты перечной – в 1,4; 2,3 и 5,0 раза соответственно ($p < 0,05$), а флавоноидов – в 16,7; 4,4 и 7,5 раза ($p < 0,05$). Кофеин содержался только в настое жареного молотого кофе (18,06 мг/100 см³).

Цвет относится к основным показателям, формирующим потребительское восприятие. Значения координаты L^* (яркости цвета) полуфабрикатов из растительного сырья, представленные в таблице 4, свидетельствовали о том, что CO_2 -экстракт корней родиолы розовой темнее, чем настои жареного молотого кофе, листьев мяты перечной и трубочек корицы. По значениям координаты исследуемые полуфабрикаты при $p < 0,05$ расположились в порядке убывания: настоем трубочек корицы (83,04) > листьев мяты перечной (82,70) > настоем жареного молотого кофе (72,75) > CO_2 -экстракта корней родиолы розовой (67,12).

Положительные значения координаты a^* у настоя жареного молотого кофе (5,47) и CO_2 -экстракта корней родиолы розовой (12,11) указывали на преобладание красных компонент. В то же время значение a^* у настоя трубочек корицы (0,18) близко к нулю, что свидетельствует о нейтральности по красно-зеленой оси, а отрицательное значение у настоя листьев мяты перечной (–0,23) – о наличии зеленого компонента.

По значениям координаты b^* образцы расположились в порядке увеличения вклада желтой составляющей следующим образом: настоем трубочек корицы (14,47), настоем листьев мяты перечной (35,28), настоем жареного молотого кофе (50,15), CO_2 -экстракта корней родиолы розовой (68,64).

По цветовой насыщенности (C^*) полуфабрикаты из растительного сырья различались и убывали в следующем порядке: CO_2 -экстракт родиолы розовой (69,70) > настоем жареного молотого кофе (50,44) > настоем листьев мяты перечной (35,28) > настоем трубочек корицы (14,47).

Анализ угла цветового тона (H°) позволил определить доминирующий оттенок – все образцы показали значения в желто-оранжевой области спектра. Цвет CO_2 -экстракта корней родиолы розовой обладал наиболее выраженным оранжево-желтым оттенком ($H^\circ = 79,99^\circ$),

Таблица 3. Биологически активные соединения полуфабрикатов из растительного сырья, мг/100 см³

Table 3. Bioactive compounds of plant-based semi-finished products, mg/100 cm³

Массовая концентрация	Настой			CO_2 -экстракт корней родиолы розовой (^D)
	Трубочек корицы (^A)	Листьев мяты перечной (^B)	Жареного молотого кофе (^C)	
Витамин С	0,054 ± 0,005 ^D	0,259 ± 0,005 ^D	0 ^D	8,579 ± 0,298 ^{A-C}
Общее количество полифенольных соединений (по галловой кислоте)	1396,24 ± 197,52 ^{BCD}	386,51 ± 12,32 ^{ACD}	831,06 ± 4,90 ^{ABD}	1924,39 ± 66,88 ^{ABC}
Общее количество флавоноидов (по кверцетину)	23,81 ± 3,82 ^{BCD}	52,71 ± 2,48 ^{ACD}	90,84 ± 0,83 ^{ABD}	396,48 ± 5,70 ^{ABC}

Примечание: данные представлены в виде среднего значения ± SD. Прописные буквы в верхнем индексе указывают на то, что средние значения по показателю статистически различаются при $p < 0,05$.

Note: Mean value ± SD. Capital letters in the superscript indicate that the average values for the indicator are statistically different at $p < 0.05$.

Таблица 4. Цветовые компоненты полуфабрикатов из растительного сырья

Table 4. Color components of plant-based semi-finished products

Цветовые компоненты	Настой			CO_2 -экстракт корней родиолы розовой (^D)
	Трубочек корицы (^A)	Листьев мяты перечной (^B)	Жареного молотого кофе (^C)	
L^*	83,04 ± 0,60 ^{CD}	82,70 ± 0,09 ^{CD}	72,75 ± 0,05 ^{ABD}	67,12 ± 0,08 ^{ABC}
a^*	0,18 ± 0,01 ^{CD}	–0,23 ± 0,05 ^{CD}	5,47 ± 0,08 ^{ABD}	12,11 ± 0,36 ^{ABC}
b^*	14,47 ± 0,03 ^{BCD}	35,28 ± 0,33 ^{ACD}	50,15 ± 0,20 ^{ABD}	68,64 ± 0,74 ^{ABC}
C^*	14,47 ± 0,03 ^{BCD}	35,28 ± 0,33 ^{ACD}	50,44 ± 0,20 ^{ABD}	69,70 ± 0,79 ^{ABC}
H°	89,29 ± 0,03 ^{BCD}	90,38 ± 0,09 ^{ACD}	83,78 ± 0,06 ^{ABD}	79,99 ± 0,18 ^{ABC}

Примечание: данные представлены в виде среднего значения ± SD. Прописные буквы в верхнем индексе указывают на то, что средние значения по показателю статистически различаются при $p < 0,05$.

Note: Mean value ± SD. Capital letters in the superscript indicate that the average values for the indicator are statistically different at $p < 0.05$.

тогда как настои жареного молотого кофе ($H^{\circ} = 83,78$), трубочек корицы ($H^{\circ} = 89,29$) и листьев мяты перечной ($H^{\circ} = 90,38$) имели тон, близкий к чистому желтому. Несмотря на отрицательное значение a^* , тон настоя листьев мяты перечной также оказался в желтом секторе из-за высокого вклада желтой координаты (b^*).

Анализ корреляционных связей выявил ряд значимых зависимостей между органолептическими и физико-химическими показателями полуфабрикатов.

Оценка внешнего вида установила сильные положительные корреляции с содержанием сухих веществ ($r = 0,70$), флавоноидов ($r = 0,71$), а также с хроматическими координатами a^* ($r = 0,83$) и насыщенностью окраски C^* ($r = 0,70$). Наблюдалась высокая отрицательная связь с координатой L^* ($r = -0,85$) и с оттенком H° ($r = -0,87$). Связи с содержанием витамина С, полифенольных соединений и этилового спирта ($r = 0,66$) значимые, но меньшей силы.

Оценки за запах, вкус и послевкусие, напротив, имели значимые отрицательные корреляции с содержанием сухих веществ ($r = -0,60$), полифенольных соединений ($r = -0,60$), витамина С ($r = -0,62$), этилового спирта ($r = -0,62$) и кислотностью ($r = -0,72$). Единственной значимой положительной связью для этой группы характеристик было содержание кофеина ($r = 0,62$).

Физико-химические показатели тесно взаимосвязаны. Содержание сухих веществ имело высокие положительные корреляции с содержанием витамина С ($r = 0,99$), флавоноидов ($r = 0,99$) и этилового спирта ($r = 0,99$), а также тесную связь с полифенольными соединениями ($r = 0,78$). Аналогичный характер зависимостей наблюдался между витамином С, флавоноидами и этиловым спиртом ($r = 0,98-0,99$). Кислотность продукции положительно коррелировала с содержанием сухих веществ ($r = 0,90$), витамина С ($r = 0,91$), полифенольных соединений ($r = 0,84$), флавоноидов ($r = 0,85$) и этилового спирта ($r = 0,92$) и отрицательно – с кофеином ($r = -0,61$).

Анализ цветовых характеристик показал, что содержание сухих веществ, витамина С, флавоноидов и этилового спирта имело сильные отрицательные корреляции с яркостью L^* (r от $-0,78$ до $-0,87$) и сильные положительные связи с координатой a^* ($r = 0,88-0,94$). Связь показателей с координатой b^* и насыщенностью C^* также была положительной и сильной ($r = 0,77-0,87$). Содержание полифенольных соединений отрицательно коррелировало с яркостью ($r = -0,58$) и оттенком H° ($r = -0,66$) и положительно – с координатой a^* ($r = 0,69$).

Подтверждены сильные связи между цветовыми параметрами. Координата L^* имела сильные отрицательные корреляции с координатой a^* ($r = -0,98$), координатой b^* ($r = -0,93$), насыщенностью C^* ($r = -0,94$) и сильную положительную связь с оттенком H° ($r = 0,99$). Насыщенность цвета C^* сильно коррелировала с координатами b^* ($r = 0,99$) и a^* ($r = 0,91$). Координаты a^* и b^* также сильно связаны между собой ($r = 0,91$).

Установлено, что фактор изменчивости «сочетание вида растительного сырья и способа получения» оказывал статистически значимое влияние на все исследуемые характеристики качества полуфабрикатов ($\eta_p^2 \geq 54,7\%$, $p < 0,001$).

Полученные результаты исследований характеристик качества полуфабрикатов, в т. ч. содержания биологически активных соединений, параметров цвета, указывают на их зависимость от множества факторов, включая разновидность растительного сырья и способ его переработки. Это позволяет использовать их при изготовлении различных пищевых продуктов, что согласуется с данными других авторов [2, 3, 6, 7, 9, 15, 17, 20–23].

Состав и функциональные свойства напитков.

Состав напитков определен по результатам предварительных испытаний и представлен в таблице 5.

К функциональным отнесены варианты исследуемых напитков 7–12, т. к. они соответствовали установленным требованиям к функциональным напиткам за счет обогащения витамином С до уровня не менее 15 мг/100 см^3 (ГОСТ Р 56543-2015 «Напитки функциональные. Общие технические условия»). Употребление 200 см^3 напитка обеспечивает не менее 30 % от суточной потребности в витамине С (МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»). При этом в соответствии с Приложением Б ГОСТ Р 55577-2013 «Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности» витамин С связан с ожидаемыми благоприятными эффектами при систематическом потреблении.

В вариантах 2, 4, 6, 8, 10 и 12 сахар заменен на сукралозу (коэффициент сладости 600), что обеспечивает получение напитков со сниженным содержанием сахаров (менее $0,5 \text{ г/100 см}^3$) и пониженной энергетической ценностью (от 1,10 до $2,61 \text{ ккал/100 см}^3$), что соответствует категории «безкалорийные» (ГОСТ Р 56543-2015 – не более 4 ккал/100 см^3) и позволяет корректно использовать отличительные признаки для продуктов со сниженным содержанием сахара(ов) согласно приложению А ГОСТ Р 55577-2013. Формулировки ожидаемого эффекта для замены сахара на подсластитель в приложении Б ГОСТ Р 55577-2013 приводятся в сравнительном виде – по отношению к пищевым продуктам, содержащим сахар. Таким образом, функциональные свойства напитков в рамках данной работы обоснованы преимущественно обогащением витамином С, тогда как замена сахара на сукралозу рассматривается как технологический прием, обеспечивающий снижение содержания сахаров и энергетической ценности, и возможность применения допустимых стандартом отличительных признаков.

При этом исследуемые напитки не могут быть классифицированы как тонизирующие (энергетические), т. к. содержание кофеина в них составляет в среднем

Таблица 5. Состав безалкогольных напитков (на 100 дал)

Table 5. Composition of soft drinks (per 100 daL)

Вариант напитка	Сырье								
	Сахар, кг	Сукралоза, кг	Настой жареного молотого кофе, дм ³	Настой листьев мяты перечной, дм ³	CO ₂ -экстракт корней родиолы розовой, дм ³	Настой трубочек корицы, дм ³	Колер, кг	Лимонная кислота, кг	Аскорбиновая кислота, кг
1	77,3	–	136,8	–	–	–	1,15	1,408	–
2	–	0,129	136,8	–	–	–	1,15	1,408	–
3	77,3	–	136,8	143,3	1,8	–	1,15	1,408	–
4	–	0,129	136,8	143,3	1,8	–	1,15	1,408	–
5	77,3	–	136,8	382,2	–	198,18	1,15	1,408	–
6	–	0,129	136,8	382,2	–	198,18	1,15	1,408	–
7	77,3	–	136,8	–	–	–	1,15	1,408	0,172
8	–	0,129	136,8	–	–	–	1,15	1,408	0,172
9	77,3	–	136,8	143,3	1,8	–	1,15	1,408	0,172
10	–	0,129	136,8	143,3	1,8	–	1,15	1,408	0,172
11	77,3	–	136,8	382,2	–	198,18	1,15	1,408	0,172
12	–	0,129	136,8	382,2	–	198,18	1,15	1,408	0,172

2,46 мг/100 см³, что ниже нормы на 15,1–40,0 мг/100 см³, установленной ГОСТ 34975-2023 «Напитки безалкогольные тонизирующие. Общие технические условия» и ТР ТС 021/2011 «Технический регламент Таможенного союза. О безопасности пищевой продукции». Количество CO₂-экстракта корней родиолы розовой (0,18 см³/100 см³) не превышает рекомендованную суточную дозу 0,2–0,6 см³ (10–30 капель) [10]. Также напитки не могут быть определены как холодный кофе, поскольку содержание кофе в них составляет в среднем 0,684 г/100 см³, что менее требуемого ГОСТ 34550-2019 «Кофе холодный. Технические условия» 1,0 г/100 см³.

Характеристики качества напитков, в т. ч. в процессе хранения. Содержание сухих веществ является одним из показателей качества напитков, т. к. характеризует количество растворимых соединений (сахаров, органических кислот и др.) в пищевой матрице. Общая кислотность – еще одна контролируемая составляющая качества, отражающая общее содержание веществ кислого характера (кислот, их кислых солей и др.).

На содержание сухих веществ в напитках при их формировании преобладающее влияние оказывал фактор «характер подслащающих веществ» ($\eta_p^2 = 100\%$, $p < 0,001$), существенный вклад вносили «наличие и количество полуфабриката из растительного сырья» ($\eta_p^2 = 89,7\%$, $p < 0,001$), «обогащающая добавка» ($\eta_p^2 = 26,5\%$, $p < 0,01$), а также взаимодействие факторов «характер подслащающих веществ» и «обогащающая добавка» ($\eta_p^2 = 16,2\%$, $p < 0,05$). Содержание сухих веществ в напитках ($p < 0,05$) зависело от вида подсластителя и сырья: 8,6 % – настой кофе жареного молотого, листьев мяты перечной и трубочек корицы, сахар; 8,2 % – настой кофе жареного молотого, сахар, а также

настояи кофе жареного молотого, листьев мяты перечной, CO₂-экстракт корней родиолы розовой, сахар; 0,9 % – настой кофе жареного молотого, листьев мяты перечной и трубочек корицы, сукралоза; 0,5 % – настой кофе жареного молотого, сахар, а также настояи кофе жареного молотого, листьев мяты перечной, CO₂-экстракт корней родиолы розовой, сукралоза. Тот факт, что напитки, содержащие сахарозу, а не сукралозу, имели более высокое содержание сухих веществ, согласуется с данными исследований М. Al-Dabbas *et al.* [27]. Различия в содержании сухих веществ в зависимости от наличия и количества используемого растительного сырья и обогащающих добавок не противоречат результатам, полученным М. Shaik *et al.* [3] и G. Patel *et al.* [35].

Продолжительность хранения исследуемых напитков при температуре 4 ± 2 °С не оказывала значимого влияния на изменения содержания сухих веществ ($p > 0,05$), а наблюдаемые различия находились в пределах погрешности метода. В ряде работ для напитков иного состава и / или при других режимах хранения отмечены изменения содержания сухих веществ и приведены возможные причины таких изменений, в т. ч. гидролиз полисахаридов до более простых углеводов [3, 37]. В настоящей работе эти причины указаны как возможные, без утверждения их реализации в предложенных условиях хранения. Однако S. Maralanda *et al.* обнаружили, что содержание сухих веществ в процессе хранения напитка из сока сахарного тростника со вкусом ананаса и лайма уменьшается, особенно при отсутствии обогащающей его аскорбиновой кислоты [38].

Исследуемые факторы (наличие и количество полуфабриката из растительного сырья, характер подслащающих веществ, обогащающая добавка) не оказывали значимого влияния на значения общей кислотности

напитков ($p > 0,05$). Содержащаяся в продукции лимонная кислота (Е330) обуславливала значение титруемой кислотности на уровне $2,00 \text{ см}^3$ раствора гидроокиси натрия концентрацией $1,0 \text{ моль/дм}^3$ на 100 см^3 продукции и являлась определяющим фактором кислого вкуса, что согласуется с данными других авторов [16, 39]. При этом ряд исследователей отмечали, что общая кислотность продукции может зависеть также от вида используемого растительного сырья и технологии его изготовления [3], обогащающей добавки [35], но не от применения в составе сукралозы вместо сахарозы [27].

Титруемая кислотность по истечении 7 и 8 суток хранения напитков статистически значимо увеличивалась в среднем на 8,0 и 11,5 % соответственно ($\eta_p^2 = 88,5 \%$, $p < 0,001$). Учитывая режим хранения продукции при $4 \pm 2^\circ \text{C}$, увеличение кислотности может быть обусловлено комплексом медленно протекающих процессов: микробиологической активностью с накоплением органических кислот (что согласуется с увеличением количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в процессе хранения), а также окислительно-восстановительными процессами с участием компонентов растительного сырья и аскорбиновой кислоты и возможными реакциями между компонентами рецептуры. Наблюдаемая направленность изменений соответствует данным других авторов [3, 37, 38], которые для интерпретации подобных изменений используют комплексный подход, включающий оценку состава органических кислот, редуцирующих сахаров, pH и др.

Учитывая, что в вариантах 1–6 витамин С не вносился и определялся на следовом уровне, обсуждение динамики и статистическую обработку данных по данному биологически активному соединению выполняли только для обогащенных напитков (варианты 7–12). Данные о содержании витамина С в этих образцах представлены в таблице 6. Такой подход соответствует исследованиям других авторов, подтверждающим целесообразность использования аскорбиновой кислоты при создании функциональных напитков, в т. ч.

на растительной основе [19]. В результате проведенного дисперсионного анализа показано, что на содержание в напитках витамина С значимое влияние оказывали факторы «характер подслащающих веществ» ($\eta_p^2 = 30,0 \%$, $p < 0,001$) и «продолжительность хранения» ($\eta_p^2 = 52,6 \%$, $p < 0,05$). По истечении 7 и 8 суток сохранность биологически активного соединения в напитках составила в среднем при использовании сахарозы – 98,6 и 96,9 %, сукралозы – 93,1 и 91,6 % соответственно. Результаты исследования деградации витамина С в напитках согласуются с данными других исследований [33, 40], в т. ч. о более значительных потерях при использовании сукралозы, а не сахарозы [29].

Содержание полифенольных соединений в напитках в наибольшей степени определялось наличием и количеством полуфабриката из растительного сырья ($\eta_p^2 = 99,5 \%$, $p < 0,001$). На количество флавоноидов также значимо, хотя и в меньшей степени, влиял характер подслащающих веществ ($\eta_p^2 = 24,0 \%$, $p < 0,05$).

Динамика содержания полифенольных соединений и флавоноидов в процессе хранения обусловлена преимущественно процессами окисления и полимеризации (табл. 7). Фактор «срок хранения» оказывал статистически значимое влияние на изменение содержания только флавоноидов ($\eta_p^2 = 7,0 \%$, $p < 0,05$). По истечении 7 суток хранения напитков наблюдался рост общего содержания полифенольных соединений от первоначального количества в среднем на 1,0 %, с последующим снижением к 8 суткам в среднем на 1,5 %. После 7 и 8 суток хранения напитков наблюдалось снижение количества флавоноидов в среднем на 8,4 и 10,0 % соответственно.

По массовой концентрации полифенольных соединений и флавоноидов при формировании и последующем хранении исследуемые напитки, в зависимости от наличия и количества полуфабриката из растительного сырья в рецептуре распределились следующим образом: наибольшее содержание отмечено для настоев жареного молотого кофе, листьев мяты перечной и трубочек корицы (в среднем $370,74$ и $27,17 \text{ мг/100 см}^3$ соответственно), затем следуют настои жареного

Таблица 6. Содержание витамина С в обогащенных напитках, мг/100 см^3

Table 6. Vitamin C in fortified beverage samples, mg/100 cm^3

Вариант напитка	Срок хранения, сутки		
	0 (a)	7 (b)	8 (c)
7 (e)	$17,112 \pm 0,077^c$	$16,825 \pm 0,173^{\text{HJL}}$	$16,507 \pm 0,156^{\text{HJLa}}$
8 (h)	$17,094 \pm 0,800^{bc}$	$15,905 \pm 0,105^{\text{GIKa}}$	$15,678 \pm 0,139^{\text{GIKa}}$
9 (i)	$17,110 \pm 0,052^c$	$16,881 \pm 0,205^{\text{HJL}}$	$16,583 \pm 0,065^{\text{HJLa}}$
10 (j)	$17,086 \pm 0,013^{bc}$	$15,894 \pm 0,116^{\text{GIKac}}$	$15,659 \pm 0,094^{\text{GIKab}}$
11 (k)	$17,110 \pm 0,058^c$	$16,900 \pm 0,257^{\text{HJL}}$	$16,636 \pm 0,099^{\text{HJLa}}$
12 (l)	$17,111 \pm 0,032^{bc}$	$15,952 \pm 0,019^{\text{GIKac}}$	$15,622 \pm 0,042^{\text{GIKab}}$

Примечание: данные представлены в виде среднего значения $\pm$ SD. Различные буквы в верхнем индексе указывают на статистически значимые различия ($p < 0,05$): прописные – между напитками, строчные – между сроками хранения.

Note: Mean value $\pm$ SD. Different letters in the upper index indicate statistically significant differences ($p < 0.05$): Uppercase – between drinks, lowercase – between shelf life.

Таблица 7. Содержание полифенольных соединений в напитках, мг/100 см³Table 7. Polyphenolic compounds in functional beverages, mg/100 cm³

Вариант напитка	Срок хранения, сутки		
	0 (a)	7 (b)	8 (c)
Массовая концентрация общего количества полифенольных соединений (по галловой кислоте)			
1 (A)	149,14 ± 3,78 ^{C-FI-Lc}	140,56 ± 3,56 ^{C-FI-L}	139,00 ± 3,52 ^{C-FI-La}
2 (B)	146,55 ± 3,34 ^{C-FI-Lc}	139,07 ± 3,17 ^{C-FI-L}	138,20 ± 3,15 ^{C-FI-La}
3 (C)	325,33 ± 6,05 ^{ABE-HKLbc}	306,79 ± 5,70 ^{ABE-IKLa}	303,54 ± 5,64 ^{ABE-IKLa}
4 (D)	321,61 ± 4,98 ^{ABE-HKLbc}	305,21 ± 4,72 ^{ABE-La}	303,37 ± 4,69 ^{ABE-IKLa}
5 (E)	372,31 ± 12,95 ^{A-DG-J}	350,72 ± 12,20 ^{A-DGHJK}	346,92 ± 12,07 ^{A-DGHK}
6 (F)	371,06 ± 13,61 ^{A-DG-J}	352,10 ± 12,91 ^{A-DGHJKL}	349,95 ± 12,83 ^{A-DGHK}
7 (G)	148,78 ± 4,68 ^{C-FI-Lb}	164,41 ± 5,17 ^{C-FI-La}	156,67 ± 4,93 ^{C-FI-L}
8 (H)	147,92 ± 3,69 ^{C-FI-L}	154,24 ± 3,84 ^{C-FI-L}	149,73 ± 3,73 ^{C-FI-L}
9 (I)	323,88 ± 3,98 ^{ABE-HKLbc}	357,86 ± 4,39 ^{A-DGHKac}	341,15 ± 4,19 ^{A-DGHKLab}
10 (J)	320,90 ± 6,43 ^{ABE-HKL}	334,70 ± 6,71 ^{A-DGHKL}	325,27 ± 6,71 ^{ABGHKL}
11 (K)	374,94 ± 12,56 ^{A-DG-Jb}	414,27 ± 13,88 ^{A-JLa}	394,70 ± 13,22 ^{A-J}
12 (L)	367,25 ± 14,55 ^{A-DG-J}	382,75 ± 15,17 ^{A-HJK}	371,88 ± 14,74 ^{A-DG-J}
Массовая концентрация общего количества флавоноидов (по кверцетину)			
1 (A)	19,65 ± 0,20 ^{C-FI-Lbc}	17,94 ± 0,19 ^{C-FI-La}	17,47 ± 0,18 ^{C-FI-La}
2 (B)	19,59 ± 0,19 ^{C-FI-Lbc}	18,01 ± 0,18 ^{C-FI-La}	17,73 ± 0,18 ^{C-FI-La}
3 (C)	22,03 ± 0,29 ^{ABE-HKLbc}	20,11 ± 0,27 ^{ABE-HKLa}	19,58 ± 0,26 ^{ABE-HKLa}
4 (D)	21,89 ± 0,36 ^{ABE-HKLbc}	20,13 ± 0,33 ^{ABE-HKLa}	19,81 ± 0,33 ^{ABE-HKLa}
5 (E)	29,54 ± 0,88 ^{A-DG-Jbc}	26,97 ± 0,81 ^{A-DG-Ja}	26,25 ± 0,79 ^{A-DG-Ja}
6 (F)	28,36 ± 0,48 ^{A-DG-Jbc}	26,07 ± 0,44 ^{A-DG-Ja}	25,66 ± 0,43 ^{A-DG-Ja}
7 (G)	19,74 ± 0,15 ^{C-FI-Lbc}	18,08 ± 0,14 ^{C-FI-Lac}	17,72 ± 0,13 ^{C-FI-Lab}
8 (H)	19,56 ± 0,15 ^{C-FI-Lbc}	17,96 ± 0,14 ^{C-FI-La}	17,76 ± 0,13 ^{C-FI-La}
9 (I)	22,23 ± 0,43 ^{ABE-HKLbc}	20,36 ± 0,40 ^{ABE-HKLa}	19,96 ± 0,39 ^{ABE-HKLa}
10 (J)	21,81 ± 0,38 ^{ABE-HKLbc}	19,96 ± 0,35 ^{ABE-HKLa}	19,81 ± 0,35 ^{ABE-HKLa}
11 (K)	29,27 ± 0,88 ^{A-DG-Jbc}	26,81 ± 0,81 ^{A-DG-Ja}	26,28 ± 0,79 ^{A-DG-Ja}
12 (L)	28,62 ± 0,48 ^{A-DG-Jbc}	26,28 ± 0,44 ^{A-DG-Ja}	25,99 ± 0,44 ^{A-DG-Ja}

Примечание: данные представлены в виде среднего значения ± SD. Различные буквы в верхнем индексе указывают на статистически значимые различия ($p < 0,05$): прописные – между напитками, строчные – между сроками хранения.

Note: Mean value ± SD. Different letters in the upper index indicate statistically significant differences ($p < 0.05$): Uppercase – between drinks, lowercase – between shelf life.

молотого кофе, листьев мяты перечной и CO₂-экстракта корней родиолы розовой (в среднем 322,47 и 20,64 мг/100 см³), а наименьшие – для настоя жареного молотого кофе (в среднем 147,86 и 18,43 мг/100 см³). Полученные данные о стабильности полифенольных соединений в напитках в зависимости от наличия и количества используемого растительного сырья согласуются с исследованиями других авторов [41]

Анализ влияния подсластителя показал, что потери общих полифенольных соединений к 7 и 8 суткам хранения в напитках без обогащающей добавки ниже в образцах с сукралозой (варианты 2, 4, 6, средние потери 5,1 и 5,7 % соответственно), чем в образцах с сахарозой (варианты 1, 3, 5, средние потери 5,8 и 6,7 % соответственно). Введение в рецептуру аскорбиновой кислоты существенно повлияло на динамику полифенольных соединений: к 7 суткам хранения в обогащенных напитках на сахарозе (варианты 7, 9, 11) наблюдалось увеличение их концентрации в среднем на 10,5 % с последующим снижением на 5,2 % к 8 суткам. Аналогичная тенденция отмечена для напитков

с сукралозой (варианты 8, 10, 12): увеличение на 4,3 % к 7 суткам и сохранение прироста на 1,3 % к 8 суткам относительно исходного уровня.

Содержание флавоноидов в процессе хранения также в большей степени снижалось в вариантах с сахарозой (средние потери 8,6 и 10,7 % к 7 и 8 суткам соответственно), чем с сукралозой (8,2 и 9,4 %).

Результаты, свидетельствующие о большей стабильности полифенольных соединений при использовании сукралозы по сравнению с сахарозой, согласуются с данными работы A. Dyab *et al.* [25]. Наблюдаемый протекторный эффект аскорбиновой кислоты в отношении сохранности полифенольных соединений подтверждается результатами других исследований, например J. Oszmiański *et al.* [34].

Для усиления окраски напитков использовали сульфитно-аммиачный сахарный колер (E150d), широко применяемый при изготовлении напитков, в т. ч. содержащих ингредиенты из растительного сырья, с целью стандартизации цвета [42]. В связи с этим провели исследования влияния наличия и количества полу-

фабриката из растительного сырья, характера подслащающих веществ и присутствия обогащающей добавки на цветовые координаты напитков.

Фактор «наличие и количество полуфабриката из растительного сырья» значимо влиял на координату L^* , хроматические координаты (a^* , b^*), интенсивность цвета (C^*) и цветовой тон (H°) напитков ($\eta_p^2 = 98,0\text{--}99,6\%$, $p < 0,001$). Фактор «характер подслащающих веществ» влиял на координату L^* , цветовой тон, а также на присутствие красных и зеленых компонент ($\eta_p^2 = 41,9\text{--}56,2\%$, $p < 0,001$), при этом для координат b^* и C^* его влияние статистически незначимо ($p > 0,05$).

Наличие обогащающей добавки, а также взаимодействие таких факторов, как «характер подслащающих веществ» и «наличие обогащающей добавки» оказывали влияние на присутствие в продукции желтых или синих компонент и интенсивность ее цвета ($\eta_p^2 = 17,4\text{--}20,2\%$, $p < 0,05$).

Согласно данным таблицы 8, значения координаты L^* значимо различались ($p < 0,001$). Наиболее светлыми были напитки, при изготовлении которых использовали только настой жареного молотого кофе, а наиболее темными – настои жареного молотого кофе, листьев мяты перечной и трубочек корицы. Данная

Таблица 8. Цветовые координаты напитков

Table 8. Color coordinates in functional beverages

Вариант напитка	Срок хранения, сутки		
	0 (a)	7 (b)	8 (c)
L^*			
1 (A)	$85,70 \pm 0,25^{C\text{-FI-Lbc}}$	$83,65 \pm 0,24^{B\text{-FI-Lac}}$	$81,34 \pm 0,24^{C\text{-FI-Lab}}$
2 (B)	$85,64 \pm 0,25^{C\text{-FI-Lbc}}$	$82,67 \pm 0,24^{AC\text{-HKLac}}$	$81,31 \pm 0,24^{C\text{-FI-Lab}}$
3 (C)	$83,68 \pm 0,28^{ABE\text{-HKLbc}}$	$81,81 \pm 0,27^{ABD\text{-HKLac}}$	$79,44 \pm 0,27^{ABE\text{-HKLab}}$
4 (D)	$83,17 \pm 0,12^{ABE\text{-HKLbc}}$	$80,22 \pm 0,12^{A\text{-CE-Lac}}$	$78,99 \pm 0,12^{ABE\text{-HKLab}}$
5 (E)	$78,22 \pm 0,36^{A\text{-DG-Jbc}}$	$76,29 \pm 0,35^{A\text{-DF-Jac}}$	$74,15 \pm 0,27^{A\text{-DG-Jab}}$
6 (F)	$77,68 \pm 0,20^{A\text{-DG-Jbc}}$	$74,90 \pm 0,19^{A\text{-EG-Lac}}$	$73,73 \pm 0,19^{A\text{-DG-Jab}}$
7 (G)	$85,81 \pm 0,23^{C\text{-FI-Lbc}}$	$84,30 \pm 0,23^{B\text{-FI-Lac}}$	$81,46 \pm 0,23^{C\text{-FI-Lab}}$
8 (H)	$85,68 \pm 0,30^{C\text{-FI-Lbc}}$	$83,84 \pm 0,25^{B\text{-FI-Lac}}$	$81,36 \pm 0,29^{C\text{-FI-Lab}}$
9 (I)	$83,81 \pm 0,21^{ABE\text{-HKLbc}}$	$82,36 \pm 0,20^{AD\text{-HKLac}}$	$79,59 \pm 0,20^{ABE\text{-HKLab}}$
10 (J)	$83,19 \pm 0,07^{ABE\text{-HKLbc}}$	$81,95 \pm 0,10^{AD\text{-HKLac}}$	$79,01 \pm 0,14^{ABE\text{-HKLab}}$
11 (K)	$78,29 \pm 0,36^{A\text{-DG-Jbc}}$	$76,76 \pm 0,61^{A\text{-DF-Jac}}$	$74,30 \pm 0,34^{A\text{-DG-Jab}}$
12 (L)	$78,10 \pm 0,18^{A\text{-DG-Jbc}}$	$76,47 \pm 0,18^{A\text{-DF-Jac}}$	$73,99 \pm 0,18^{A\text{-DG-Jab}}$
a^*			
1 (A)	$-0,84 \pm 0,06^{D\text{-FJ-Lc}}$	$-0,92 \pm 0,06^{D\text{-FI-L}}$	$-1,02 \pm 0,06^{D\text{-FJ-La}}$
2 (B)	$-0,74 \pm 0,02^{D\text{-FJ-Lbc}}$	$-0,86 \pm 0,02^{D\text{-FJ-Lac}}$	$-0,92 \pm 0,02^{EFJ\text{-Lab}}$
3 (C)	$-0,67 \pm 0,03^{EFKLbc}$	$-0,72 \pm 0,00^{EFHKLac}$	$-0,84 \pm 0,02^{EFGKLab}$
4 (D)	$-0,47 \pm 0,11^{ABE\text{-HKLc}}$	$-0,61 \pm 0,11^{ABE\text{-HKL}}$	$-0,74 \pm 0,01^{AE\text{-HKL a}}$
5 (E)	$-0,24 \pm 0,04^{A\text{-DG-Jbc}}$	$0,11 \pm 0,04^{A\text{-DG-Ja}}$	$0,07 \pm 0,00^{A\text{-DG-Ja}}$
6 (F)	$-0,44 \pm 0,03^{A\text{-DG-Jbc}}$	$0,29 \pm 0,05^{A\text{-DG-Ja}}$	$0,21 \pm 0,05^{A\text{-DG-Ja}}$
7 (G)	$-0,84 \pm 0,19^{D\text{-FJ-L}}$	$-0,91 \pm 0,19^{D\text{-FI-L}}$	$-1,02 \pm 0,18^{C\text{-FI-L}}$
8 (H)	$-0,81 \pm 0,07^{D\text{-FJ-Lc}}$	$-0,95 \pm 0,07^{C\text{-FI-L}}$	$-0,99 \pm 0,07^{D\text{-FJ-La}}$
9 (I)	$-0,64 \pm 0,02^{EFKLc}$	$-0,69 \pm 0,01^{AE\text{-HKLc}}$	$-0,84 \pm 0,02^{E\text{-GKL a}}$
10 (J)	$-0,46 \pm 0,05^{ABE\text{-HKLbc}}$	$-0,59 \pm 0,01^{ABE\text{-HKLac}}$	$-0,73 \pm 0,01^{ABE\text{-HKL a}}$
11 (K)	$0,23 \pm 0,09^{A\text{-DG-J}}$	$0,18 \pm 0,01^{A\text{-DG-JL}}$	$0,13 \pm 0,01^{A\text{-DG-J}}$
12 (L)	$0,38 \pm 0,01^{A\text{-DG-Jbc}}$	$0,29 \pm 0,01^{A\text{-DG-Jac}}$	$0,24 \pm 0,03^{A\text{-DG-J}}$
b^*			
1 (A)	$24,40 \pm 0,26^{C\text{-FI-Lc}}$	$23,81 \pm 0,25^{C\text{-FI-Lc}}$	$23,14 \pm 0,25^{C\text{-FI-Lab}}$
2 (B)	$24,43 \pm 0,47^{C\text{-FI-Lc}}$	$23,57 \pm 0,46^{C\text{-FI-L}}$	$23,17 \pm 0,45^{C\text{-FI-La}}$
3 (C)	$26,32 \pm 0,12^{ABE\text{-HKLbc}}$	$25,71 \pm 0,10^{ABE\text{-HKLac}}$	$24,97 \pm 0,10^{ABE\text{-HKL a}}$
4 (D)	$27,17 \pm 0,26^{ABE\text{-HJ-Lbc}}$	$26,21 \pm 0,25^{ABE\text{-HKL a}}$	$25,82 \pm 0,27^{ABE\text{-HKL a}}$
5 (E)	$33,88 \pm 0,42^{A\text{-DG-J}}$	$33,06 \pm 0,41^{A\text{-DG-J}}$	$32,92 \pm 0,38^{A\text{-DG-J}}$
6 (F)	$34,22 \pm 0,17^{A\text{-DG-Jbc}}$	$33,01 \pm 0,15^{A\text{-DG-Jac}}$	$32,50 \pm 0,15^{A\text{-DG-Jab}}$
7 (G)	$24,34 \pm 0,14^{C\text{-FI-Lbc}}$	$23,90 \pm 0,14^{C\text{-FI-Lac}}$	$23,08 \pm 0,13^{C\text{-FI-Lab}}$
8 (H)	$24,58 \pm 0,38^{C\text{-FI-Lbc}}$	$23,74 \pm 0,03^{B\text{-FI-La}}$	$23,32 \pm 0,36^{C\text{-FI-La}}$
9 (I)	$26,40 \pm 0,07^{ABE\text{-HKLbc}}$	$25,93 \pm 0,06^{ABE\text{-HKLac}}$	$25,06 \pm 0,06^{ABE\text{-HKL a}}$
10 (J)	$26,29 \pm 0,21^{ABD\text{-HKLc}}$	$25,73 \pm 0,22^{ABE\text{-HKL}}$	$25,04 \pm 0,46^{ABE\text{-HKL a}}$
11 (K)	$33,93 \pm 0,44^{A\text{-DG-Jc}}$	$33,11 \pm 0,01^{A\text{-DG-JLc}}$	$32,18 \pm 0,44^{A\text{-DG-Jab}}$
12 (L)	$33,45 \pm 0,51^{A\text{-DG-Jc}}$	$32,33 \pm 0,50^{A\text{-DG-J}}$	$32,16 \pm 0,39^{A\text{-DG-Ja}}$

Продолжение таблицы 8

Вариант напитка	Срок хранения, сутки		
	0 (a)	7 (b)	8 (c)
<i>C*</i>			
1 (A)	24,41 ± 0,26 ^{C-FI-Lc}	23,82 ± 0,25 ^{C-FI-Lc}	23,16 ± 0,25 ^{C-FI-Lab}
2 (B)	24,44 ± 0,47 ^{C-FI-Lc}	23,58 ± 0,45 ^{C-FH-L}	23,19 ± 0,45 ^{C-FI-La}
3 (C)	26,33 ± 0,12 ^{ABE-HKLbc}	25,72 ± 0,10 ^{ABE-HKLac}	24,98 ± 0,10 ^{ABE-HKLab}
4 (D)	27,18 ± 0,26 ^{ABE-HJ-Lbc}	26,22 ± 0,25 ^{ABE-HKLac}	25,83 ± 0,27 ^{ABE-HKLac}
5 (E)	33,88 ± 0,42 ^{A-DG-J}	33,06 ± 0,41 ^{A-DG-J}	32,92 ± 0,38 ^{A-DG-JL}
6 (F)	34,22 ± 0,17 ^{A-DG-Jbc}	33,01 ± 0,15 ^{A-DG-Jac}	32,51 ± 0,15 ^{A-DG-JLab}
7 (G)	24,35 ± 0,13 ^{C-FI-Lbc}	23,92 ± 0,13 ^{C-FI-Lac}	23,10 ± 0,12 ^{C-FI-Lab}
8 (H)	24,59 ± 0,38 ^{C-FI-Lbc}	23,76 ± 0,03 ^{B-FI-La}	23,34 ± 0,36 ^{C-FI-La}
9 (I)	26,41 ± 0,07 ^{ABE-HKLbc}	25,94 ± 0,06 ^{ABE-HKLac}	25,07 ± 0,06 ^{ABE-HKLab}
10 (J)	26,29 ± 0,21 ^{ABD-HKLc}	25,74 ± 0,22 ^{ABE-HKL}	25,05 ± 0,46 ^{ABE-HKLac}
11 (K)	33,93 ± 0,44 ^{A-DG-Jc}	33,11 ± 0,01 ^{A-DG-Jc}	32,18 ± 0,44 ^{A-DG-Jab}
12 (L)	33,45 ± 0,51 ^{A-DG-Jc}	32,33 ± 0,50 ^{A-DG-J}	32,16 ± 0,40 ^{A-DG-Ja}
<i>H°</i>			
1 (A)	91,96 ± 0,04 ^{D-FI-Lc}	92,21 ± 0,04 ^{C-FI-L}	92,52 ± 0,04 ^{C-FI-La}
2 (B)	91,73 ± 0,09 ^{D-FI-Lbc}	92,09 ± 0,09 ^{D-FI-La}	92,27 ± 0,09 ^{D-FI-La}
3 (C)	91,45 ± 0,06 ^{E-GKLbc}	91,60 ± 0,02 ^{AE-HKLac}	91,93 ± 0,04 ^{AE-HKLac}
4 (D)	90,99 ± 0,04 ^{ABE-HKLc}	91,33 ± 0,05 ^{AE-HKL}	91,64 ± 0,04 ^{ABE-HKLac}
5 (E)	89,60 ± 0,07 ^{A-DI-Lbc}	89,80 ± 0,07 ^{A-DG-Ja}	89,88 ± 0,01 ^{A-DG-Ja}
6 (F)	89,26 ± 0,05 ^{A-DG-Jbc}	89,50 ± 0,08 ^{A-DG-Ja}	89,63 ± 0,08 ^{A-DG-Ja}
7 (G)	91,99 ± 0,07 ^{A-DG-J}	92,18 ± 0,07 ^{C-FI-L}	92,54 ± 0,07 ^{C-FI-L}
8 (H)	91,88 ± 0,07 ^{D-FI-Lc}	92,29 ± 0,06 ^{C-FI-L}	92,43 ± 0,08 ^{C-FI-La}
9 (I)	91,39 ± 0,05 ^{AE-GKLbc}	91,53 ± 0,02 ^{ABE-HKLac}	91,91 ± 0,05 ^{AE-HKLac}
10 (J)	91,01 ± 0,09 ^{ABE-HKLbc}	91,30 ± 0,01 ^{AE-HKLac}	91,66 ± 0,04 ^{ABE-HKLac}
11 (K)	89,61 ± 0,05 ^{A-DG-J}	89,70 ± 0,01 ^{A-DG-J}	89,77 ± 0,02 ^{A-DG-J}
12 (L)	89,35 ± 0,03 ^{A-DG-Jbc}	89,49 ± 0,01 ^{A-DG-Jac}	89,57 ± 0,05 ^{A-DG-Jab}

Примечание: данные представлены в виде среднего значения ± SD. Различные буквы в верхнем индексе указывают на статистически значимые различия ($p < 0,05$): прописные – между напитками, строчные – между сроками хранения.

Note: Mean value ± SD. Different letters in the upper index indicate statistically significant differences ($p < 0,05$): Uppercase – between drinks, lowercase – between shelf life.

тенденция наблюдалась вне зависимости от наличия обогащающих добавок. Кроме того, напитки, при изготовлении которых использовали сахар, в среднем на 0,4 % светлее, чем напитки на сукралозе ($p < 0,001$).

По хроматической координате a^* и углу цветового тона H° установлено, что для напитков с настоем трубочек корицы характерна положительная координата a^* (наличие красной составляющей) и меньшие значения H° (89,3–89,6°), что соответствует оранжево-желтому оттенку ($p < 0,001$). Напитки на основе настоев жареного молотого кофе, листьев мяты перечной и CO_2 -экстракта корней родиолы розовой, обладали меньшей выраженностью зеленого компонента (a^* ближе к 0) и оттенком, более близким к чисто-желтому (H° ниже), по сравнению с напитками, содержащими только настой жареного молотого кофе ($p < 0,001$). Влияние характера подслащивающих веществ также значимо: в вариантах 5 и 11 (с сахаром) значение a^* в среднем на 42,7 % ниже, а угол H° примерно на 0,3° выше (оттенок немного ближе к желтому), чем в вариантах 6 и 12 (с сукралозой) ($p < 0,001$). Аналогично в вариантах 1, 3, 7, 9 напитков (с сахаром) зеленый компонент

(по модулю отрицательной a^*) на 20,6 % выше, а угол H° примерно на 0,3° выше (смещение в сторону зелено-желтого тона), чем в вариантах 2, 4, 8, 10 (с сукралозой) ($p < 0,001$).

Анализ хроматической координаты b^* и интенсивности цвета C^* показал, что по преобладанию желтых компонентов и яркости цвета напитки расположились в порядке убывания: напитки с настоями жареного молотого кофе, листьев перечной мяты и трубочек корицы > напитки с настоями жареного молотого кофе, листьев мяты перечной и CO_2 -экстрактом корней родиолы розовой > напитки только с настоем жареного молотого кофе ($p < 0,001$). Кроме того, в продукции, необогащенной аскорбиновой кислотой, доля желтых компонентов и яркость цвета на 0,8 % выше, чем в обогащенной ($p < 0,001$).

Продолжительность хранения оказала статистически значимое влияние на изменение яркости напитков ($\eta_p^2 = 22,3 \%$, $p < 0,001$), но не других цветовых характеристик ($p > 0,05$). Анализ данных показал, что в процессе хранения на 7 и 8 сутки напитки темнели в среднем на 2,4 и 5,1 % соответственно, что

отражало снижение координаты L^* . Значение цветовой координаты C^* имело тенденцию к снижению: по истечении 7 и 8 суток в среднем на 2,7 и 4,7 % соответственно, что свидетельствует об уменьшении интенсивности окраски продукции. Динамика изменения красной или зеленой компоненты (a^*) зависела от рецептуры. У вариантов 1–4 и 7–10 содержание зеленых пигментов увеличивалось в среднем на 14,3 и 29,8 % на 7 и 8 сутки. Напротив, у вариантов 5, 6, 11, 12 содержание красных пигментов снижалось в среднем на 32,6 и 50,0 %. Это также приводило к смещению оттенка (H°): у напитков 1–4 и 7–10 угол H° увеличивался (на 0,3 и 0,6 %), что соответствует сдвигу в сторону более зелено-желтого тона, у вариантов напитка с корицей (5, 6, 11, 12) рост H° (на 0,2 и 0,3 %) означает ослабление красной составляющей и сдвиг оттенка в сторону желтого (а не в сторону оранжевого). По координате b^* (желто-синия) отмечена тенденция к уменьшению преобладания желтых пигментов над синими в среднем на 2,7 и 4,8 % на 7 и 8 сутки.

Результаты исследования согласуются с данными других авторов о том, что растительное сырье является основным фактором, определяющим исходный цвет напитков, благодаря вносимым природным пигментам [28, 31, 32]. Изменения цветовых координат напитков

во время хранения являются прямым следствием процесса окисления полифенольных соединений и других чувствительных компонентов растительного сырья [28, 31, 32]. Сахароза способна оказывать стабилизирующее действие на некоторые пигменты (например антоцианы) при формировании цвета продукции, что приводит к различиям в цветовых координатах по сравнению с сукралозой, которая такого эффекта не имеет [28]. Однако сукралоза как нередуцирующий сахар предпочтительнее для сохранения стабильности цвета напитков при хранении [28]. Основная функция аскорбиновой кислоты проявляется не в формировании исходного цвета напитков, а в ингибировании окислительных и ферментативных процессов, которые приводят к дестабилизации цвета во время хранения [28, 31, 32].

На содержание микроорганизмов в напитках статистически значимое влияние оказывали факторы «характер подслащающих веществ» и «наличие и количество полуфабриката из растительного сырья» ($\eta_p^2 = 42,3$ и $26,5$ % соответственно, $p < 0,05$). При этом исследуемые напитки на момент изготовления значительно не различались между собой по содержанию мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (рис. 3, $p > 0,05$).

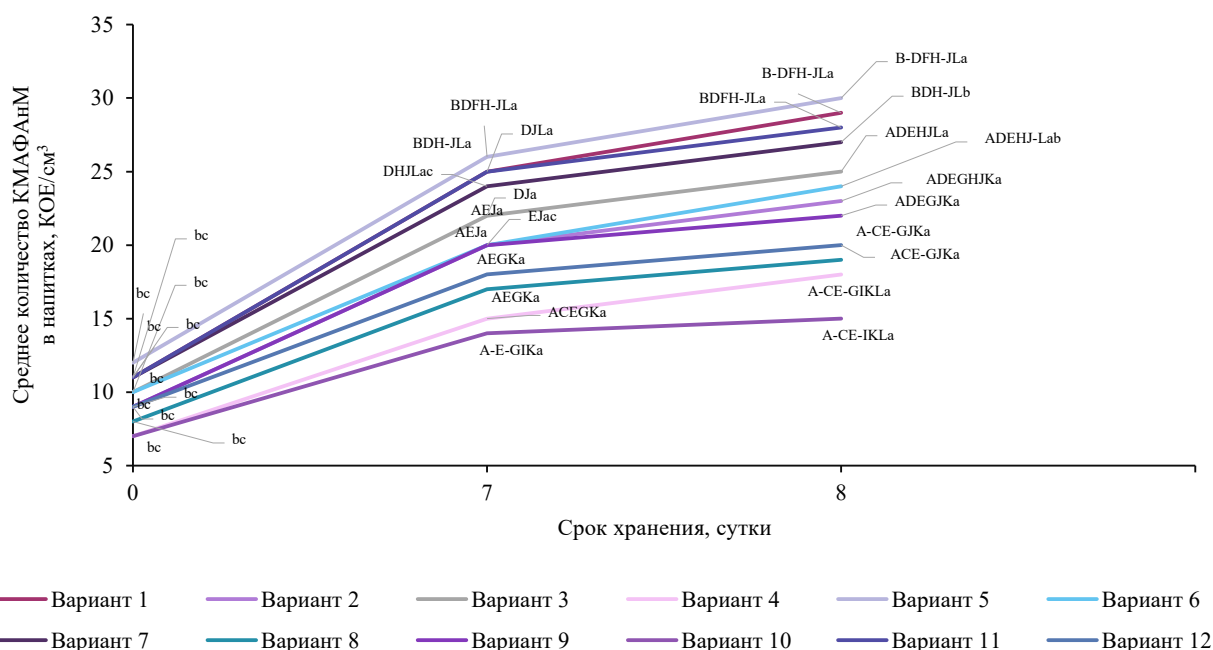


Рисунок 3. Среднее количество колоний мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в напитках (буквы в верхнем индексе указывают на то, что средние значения статистически различаются при $p < 0,05$. Срок хранения: a – 0 суток; b – 7 суток; c – 8 суток. Вариант напитка: A – вариант 1; B – вариант 2; C – вариант 3; D – вариант 4; E – вариант 5; F – вариант 6; G – вариант 7; H – вариант 8; I – вариант 9; J – вариант 10; K – вариант 11; L – вариант 12)

Figure 3. Mesophilic aerobic and optionally anaerobic microorganisms in functional beverages (the letters in the superscript indicate that the average values in the row are statistically different at $p < 0.05$. Shelf life: a – 0 days; b – 7 days; c – 8 days. Drink option: A – option 1; B – option 2; C – option 3; D – option 4; E – option 5; F – option 6; G – option 7; H – option 8; I – option 9; J – option 10; K – option 11; and L – option 12)

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов достоверно увеличивалось в процессе хранения ($\eta_p^2 = 72,4 \%$, $p < 0,001$). После 7 и 8 суток хранения их содержание возросло в среднем 2,2 и 2,4 раза соответственно. Динамика роста микроорганизмов зависела от состава напитка: у продукции, содержащей настой жареного молотого кофе, – в 2,2 и 2,5 раза; у продукции с настоями молотого жареного кофе, листьев мяты перечной и трубочек корицы – в 2,2 и 2,4 раза; у продукции с настоями жареного молотого кофе, листьев мяты перечной и CO_2 -экстрактом корней родиолы розовой – в 2,1 и 2,4 раза. Напитки на сахарозе показали увеличение в 2,2 и 2,5 раза, на сукралозе – в 2,1 и 2,4 раза. В вариантах без обогащающей добавки рост микроорганизмов составил в 2,2 и 2,5 раза, с аскорбиновой кислотой – в 2,1 и 2,4 раза.

По истечении 8 суток хранения содержание исследуемых микроорганизмов составляло 15–30 КОЕ/см³ (включительно) и не превышало норму, установленную ТР ТС 021/2011 (не более 30 КОЕ/см³). Наибольшее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов на 8 сутки отмечено для варианта 5 – 30 КОЕ/см³. Патогенные микро-

организмы, в т. ч. рода *Salmonella*, бактерии группы кишечной палочки, плесневые грибы и дрожжи, в исследуемых образцах напитков отсутствовали как на момент изготовления, так и на протяжении всего периода.

Полученные результаты о содержании мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в напитках, в т. ч. об их изменениях, согласуются с данными других авторов, которые отмечают влияние не только входящего в состав растительного сырья [18, 24, 43], но и ингибирующее действие сукралозы, по сравнению с сахарозой [37], обогащающей продукцию аскорбиновой кислоты [38].

По внешнему виду исследуемые варианты напитков представляли собой прозрачную жидкость коричневого цвета (рис. 4), обладающую ароматом жареного кофе. Варианты 3, 4, 9 и 10 имели ноты мяты перечной и родиолы розовой, варианты 5, 6, 11 и 12 – ноты мяты перечной и корицы. Вкус и послевкусие у всех вариантов были насыщенными кофейными, сладко-кислыми, горькими, терпкими, с длительным послевкусием, причем у вариантов 3, 4, 9 и 10 дополнительно проявлялись ноты мяты перечной и родиолы розовой, а у вариантов 5, 6, 11 и 12 – ноты мяты перечной и корицы.

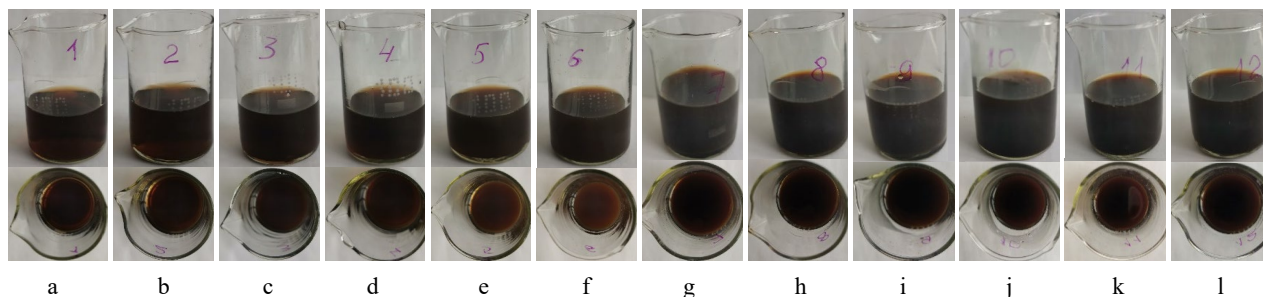


Рисунок 4. Внешний вид напитков: а – настой молотого жареного кофе, с сахаром, без обогащающей добавки; б – настой молотого жареного кофе, с сукралозой, без обогащающей добавки; с – настои жареного молотого кофе и листьев мяты перечной, CO_2 -экстракт корней родиолы розовой, с сахаром, без обогащающей добавки; д – настои жареного молотого кофе и листьев мяты перечной, CO_2 -экстракт корней родиолы розовой, с сукралозой, без обогащающей добавки; е – настои жареного молотого кофе, листьев мяты перечной, трубочек корицы, с сахаром, без обогащающей добавки; ф – настои жареного молотого кофе, листьев мяты перечной, трубочек корицы, с сукралозой, без обогащающей добавки; г – настой жареного молотого кофе, с сахаром и обогащающей добавкой; h – настой жареного молотого кофе, с сукралозой и обогащающей добавкой; i – настои жареного молотого кофе и листьев мяты перечной, CO_2 -экстракт корней родиолы розовой, с сахаром и обогащающей добавкой; j – настои жареного молотого кофе и листьев мяты перечной, CO_2 -экстракт корней родиолы розовой, с сукралозой и обогащающей добавкой; k – настои жареного молотого кофе, листьев мяты перечной и трубочек корицы, с сахаром и обогащающей добавкой; l – настои жареного молотого кофе, листьев мяты перечной и трубочек корицы, с сукралозой и обогащающей добавкой

Figure 4. Appearance of drinks: a – infusion of ground roasted coffee, with sugar, without additives; b – infusion of ground roasted coffee, with sucralose, without additives; c – infusions of roasted ground coffee and peppermint leaves, CO_2 -extract *Rhodiola rosea* root extract, with sugar, without additives; d – infusions roasted ground coffee and peppermint leaves, CO_2 -*Rhodiola rosea* root extract, with sucralose, without additives; e – infusions of roasted ground coffee, peppermint leaves, cinnamon tubes, with sugar, without additives; f – infusions of roasted ground coffee, peppermint leaves, cinnamon tubes, with sucralose, without additive; g – infusion of roasted ground coffee, with sugar and enriching additive; h – infusion of roasted ground coffee, with sucralose and additive; i – infusions of roasted ground coffee and peppermint leaves, CO_2 -extract *Rhodiola rosea* root extract, with sugar and additive; j – infusions of roasted ground coffee and peppermint leaves, CO_2 -extract *Rhodiola rosea* root extract, with sucralose and additive; k – infusions of roasted ground coffee, peppermint leaves and cinnamon tubes, with sugar and additive; and l – infusions of roasted ground coffee, peppermint leaves and cinnamon tubes, with sucralose and additive

На оценки за внешний вид, запах, вкус и послевкусие напитков фактор «наличие и количество полуфабриката из растительного сырья» оказывал значимое влияние ($\eta_p^2 = 52,2$ и $50,2$ % соответственно, $p < 0,001$), тогда как другие факторы («характер подслащающих веществ» и «наличие обогащающей добавки»), а также их взаимодействия, оказывали лишь случайное воздействие ($p > 0,05$).

Основные органолептические характеристики напитков формируются используемыми растительными полуфабрикатами в определенном количестве, что согласуется с С. Tamer *et al.* [19], К. Ghanem *et al.* [29] и F. Salar *et al.* [44]. Отсутствие значимого влияния подсластителя на формирование органолептических характеристик напитков соответствует результатам и исследований L. Acurio Arcos *et al.* [30], определившими, что использование сукралозы способно усилить фруктовый аромат и стимуляцию рецепторов на языке за счет взаимодействия компонентов сырья и гидрофобными группами подсластителя, однако в больших количествах способствует появлению горь-

кого послевкусия и ощущениям кислотности. Что касается аскорбиновой кислоты, то ее отсутствие значимого влияния на органолептические характеристики, по данным F. Oboh *et al.* [16], объясняется тем, что она, как и лимонная кислота, обуславливает только присутствие кислотности во вкусе.

Согласно данным таблицы 9, наибольшие оценки за внешний вид получили напитки на основе настоев жареного молотого кофе, листьев мяты перечной и трубочек корицы (в среднем 1,94 балла), а не только настоя жареного молотого кофе (в среднем 1,89 балла). Наименьшими оценками за запах, вкус и послевкусие отличались напитки только с настоем жареного молотого кофе (в среднем 2,68 балла), наибольшими – напитки на основе настоев жареного молотого кофе и листьев мяты перечной с CO_2 -экстрактом корней родиолы розовой (в среднем 2,74 балла).

Продолжительность хранения напитков оказывала значимое влияние на изменение органолептических оценок: для внешнего вида – $\eta_p^2 = 71,0$ %, $p < 0,001$; для запаха, вкуса и послевкусия – $\eta_p^2 = 98,8$ %, $p < 0,001$.

Таблица 9. Оценки органолептических показателей напитков, балл

Table 9. Sensory profile of functional beverages, points

Вариант напитка	Срок хранения, сутки		
	0 (a)	7 (b)	8 (c)
Внешний вид			
1 (A)	1,89 ± 0,02 ^{EFKLbc}	1,80 ± 0,02 ^{BD-FHJ-Lac}	1,72 ± 0,02 ^{BD-FHJ-Lab}
2 (B)	1,89 ± 0,02 ^{EFKLbc}	1,64 ± 0,01 ^{AC-GI-Lac}	1,57 ± 0,01 ^{AC-GI-Lab}
3 (C)	1,92 ± 0,03 ^{bc}	1,82 ± 0,03 ^{BDFHJLac}	1,75 ± 0,03 ^{BDFHJLab}
4 (D)	1,92 ± 0,02 ^{bc}	1,69 ± 0,02 ^{A-CEGIKLac}	1,59 ± 0,02 ^{A-CEGIKLab}
5 (E)	1,94 ± 0,02 ^{ABGHbc}	1,85 ± 0,02 ^{ABDFGHJLac}	1,77 ± 0,02 ^{ABDFGHJLab}
6 (F)	1,94 ± 0,02 ^{ABGHbc}	1,70 ± 0,02 ^{A-CEG-IKac}	1,63 ± 0,02 ^{A-CEG-IKab}
7 (G)	1,89 ± 0,02 ^{EFKLbc}	1,79 ± 0,01 ^{BD-FHJ-Lac}	1,72 ± 0,01 ^{BD-FHJ-Lab}
8 (H)	1,89 ± 0,02 ^{EFKLbc}	1,66 ± 0,01 ^{AC-GI-Lac}	1,57 ± 0,01 ^{AC-GI-Lab}
9 (I)	1,91 ± 0,03 ^{bc}	1,82 ± 0,03 ^{BDFHJLac}	1,74 ± 0,03 ^{BDFHJLab}
10 (J)	1,91 ± 0,02 ^{bc}	1,69 ± 0,01 ^{A-CEGIKLac}	1,59 ± 0,01 ^{A-CEGIKLab}
11 (K)	1,94 ± 0,02 ^{ABGHbc}	1,84 ± 0,02 ^{ABDFGHJLac}	1,76 ± 0,02 ^{ABDFGHJLab}
12 (L)	1,93 ± 0,02 ^{ABGHbc}	1,70 ± 0,02 ^{A-CEG-IKac}	1,60 ± 0,02 ^{A-CEG-IKab}
Запах, вкус и послевкусие			
1 (A)	2,67 ± 0,03 ^{CDIJbc}	2,23 ± 0,03 ^{CDIJac}	1,99 ± 0,02 ^{CDIJab}
2 (B)	2,67 ± 0,03 ^{CDIJbc}	2,23 ± 0,03 ^{CDIJac}	1,99 ± 0,02 ^{CDIJab}
3 (C)	2,74 ± 0,03 ^{ABGHbc}	2,29 ± 0,02 ^{ABGHac}	2,05 ± 0,02 ^{ABbab}
4 (D)	2,74 ± 0,03 ^{ABGHbc}	2,29 ± 0,02 ^{ABGHac}	2,05 ± 0,02 ^{ABbab}
5 (E)	2,72 ± 0,03 ^{bc}	2,26 ± 0,02 ^{ac}	2,01 ± 0,04 ^{ab}
6 (F)	2,71 ± 0,02 ^{bc}	2,26 ± 0,02 ^{ac}	2,02 ± 0,02 ^{ab}
7 (G)	2,69 ± 0,02 ^{CDIJbc}	2,24 ± 0,02 ^{CDIJac}	2,01 ± 0,02 ^{ab}
8 (H)	2,69 ± 0,02 ^{CDIJbc}	2,24 ± 0,02 ^{CDIJac}	2,01 ± 0,02 ^{ab}
9 (I)	2,74 ± 0,03 ^{ABGHbc}	2,29 ± 0,02 ^{ABGHac}	2,05 ± 0,02 ^{BAab}
10 (J)	2,74 ± 0,03 ^{ABGHbc}	2,29 ± 0,02 ^{ABGHac}	2,04 ± 0,02 ^{ABba}
11 (K)	2,71 ± 0,02 ^{bc}	2,26 ± 0,02 ^{ac}	2,02 ± 0,02 ^{ab}
12 (L)	2,70 ± 0,00 ^{bc}	2,25 ± 0,00 ^{ac}	2,01 ± 0,00 ^{ab}

Примечание: данные представлены в виде среднего значения ± SD. Различные буквы в верхнем индексе указывают на статистически значимые различия ($p < 0,05$): прописные – между напитками, строчные – между сроками хранения.

Note: Mean value ± SD. Different letters in the upper index indicate statistically significant differences ($p < 0.05$): Uppercase – between drinks, lowercase – between shelf life.

Сохранность оценок после 7 и 8 суток хранения продукции для внешнего вида составила в среднем 91,4 и 87,1 % соответственно (из-за снижения ощущений насыщенности окраски), для запаха, вкуса и послевкусия – 83,3 и 74,5 % соответственно (из-за ухудшения восприятий характерных и идентифицируемых особенностей продукции – кофе, мяты, родиолы розовой, корицы, а также снижения терпкости, насыщенности и длительности вкуса и послевкусия).

На сохранность оценок за внешний вид напитков влияли два фактора ($p < 0,001$). По фактору «наличие и количество полуфабриката из растительного сырья» лучшая сохранность отмечена у продукции, включающей настой жареного молотого кофе, листьев мяты перечной и трубочек корицы (после 7 и 8 суток в среднем 91,5 и 87,3 % соответственно), худшая – у продукции только с настоем жареного молотого кофе (в среднем 91,3 и 87,0 % соответственно). По фактору «характер подслащающих веществ» высокая сохранность отмечена у продукции с сахарозой (после 7 и 8 суток в среднем 95,0 и 91,0 % соответственно), низкая – у продукции с сукралозой (в среднем 87,9 и 83,2 % соответственно).

По истечении 7 суток хранения сохранность оценок за запах, вкус и послевкусие напитков не различалась в зависимости от наличия и количества полуфабриката из растительного сырья и составляла в среднем 83,3 %. По завершении 8 суток наихудшая сохранность отмечена для продукции, включающей настой жареного молотого кофе, листьев мяты перечной и трубочек корицы (74,4 %), по сравнению с продукцией только с настоем жареного молотого кофе или с настоями жареного молотого кофе и листьев мяты перечной с CO_2 -экстрактом корней родиолы розовой (в среднем 74,6 %, $p < 0,001$).

Уровень качеств напитков по органолептическим показателям снизился с «отличного» (4,56–4,66 балла непосредственного после изготовления) до «хорошего» (в среднем 4,01 балла) по истечении 7 суток хранения, а затем до «хорошего» (среднем 3,76 балла), и «удовлетворительного» (в среднем 3,61 балла) после 8 суток хранения соответственно для продукции, изготовленной с использованием сахарозы и сукралозы.

Наблюдаемые изменения органолептических характеристик продукции в процессе хранения полностью согласуются с опубликованными научными данными и объясняются комплексом биохимических и микробиологических процессов, характерных для хранения многокомпонентных напитков на растительной основе (окисление полифенольных соединений, разложение аскорбиновой кислоты, рост количества микроорганизмов и др.) [45]. Использование антиоксидантов (например аскорбиновой кислоты [38]) и правильный подбор подсластителей [30] могут замедлить эти процессы.

Входящий в состав напитков настоек жареного молотого кофе жареного обуславливал содержание кофеина

на уровне 2,46 мг/100 см³ продукции. Исследуемые напитки значимо не различались между собой по содержанию кофеина ($p > 0,05$). Содержание сукралозы в вариантах напитка 2, 4, 6, 8, 10 и 12 составляло в среднем 12,9 мг/100 см³. Продолжительность хранения оказывала значимое влияние на содержание кофеина во всех вариантах напитков ($\eta_p^2 = 6,7\%$, $p < 0,05$), тогда как для сукралозы в напитках 2, 4, 6, 8, 10 и 12 влияние срока хранения статистически незначимо (изменения находились в пределах ошибки опыта, $p > 0,05$). Полученные данные о стабильности кофеина и сукралозы в процессе хранения напитков согласуются с результатами исследований, представленными в работах M. Quinlan *et al.* [26], A. С. Гаврилова и др. [46], P. De Sousa *et al.* [47].

Напитки, в состав которых входил CO_2 -экстракт корней родиолы розовой (варианты 3, 4, 9 и 10), значимо не различались между собой по содержанию этилового спирта ($p > 0,05$), которое составило в среднем 0,1 % и не изменялось на протяжении исследуемого периода хранения (8 суток, $p > 0,05$).

Содержание сухих веществ положительно коррелировало с количеством мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов ($r = 0,60$, $p < 0,05$). Отрицательная корреляционная связь с заменой сахарозы на сукралозу отмечена как для содержания сухих веществ ($r = -1,00$, $p < 0,05$), так и для количества микроорганизмов ($r = -0,58$, $p < 0,05$).

Кислотность напитков положительно коррелировала с содержанием мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов ($r = 0,54$, $p < 0,05$) и с оценками за внешний вид ($r = 0,39$, $p < 0,05$).

Содержание полифенольных соединений и флавоноидов в продукции имели сильные положительные корреляции с цветовыми координатами a^* и b^* , а также с насыщенностью цвета и углом цветового тона (r = от 0,66 до 0,98, $p < 0,05$), и отрицательные – с яркостью (r = от –0,85 до –0,98, $p < 0,05$). Связь полифенольных соединений и флавоноидов с углом тона отрицательная (r = от –0,82 до –0,96, $p < 0,05$). Положительные корреляционные связи ($r = 0,82$, $p < 0,05$) установлены между содержанием в напитках общего количества полифенольных соединений и флавоноидов.

Яркость цвета напитков отрицательно коррелировала с другими цветовыми координатами (a^* и b^*) и насыщенностью цвета ($r = -0,99$, $p < 0,05$), а с углом цветового тона – положительно ($r = 0,99$, $p < 0,05$). Между хроматическими координатами a^* и b^* , а также насыщенностью цвета отмечены положительные корреляции ($r = 0,98$ – $1,00$, $p < 0,05$), тогда как связи a^* , b^* , C^* с углом цветового тона (H°) отрицательны (r = от –0,98 до –1,00, $p < 0,05$).

Оценки за внешний вид напитков положительно коррелировали с содержанием общих полифенольных соединений и флавоноидов, а также с координатами

a^* , b^* и насыщенностью цвета ($r = 0,69–0,70$, $p < 0,05$) и отрицательно – с координатой L^* ($r = -0,71$) и углом тона ($r = -0,72$, $p < 0,05$). Оценки за запах и вкус напитков имели положительную связь с количеством мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов ($r = 0,63$, $p < 0,05$) и отрицательную – с сукралозой ($r = -0,93$, $p < 0,05$), а связи с полифенольными соединениями и флавоноидами оказались слабоположительными ($r = 0,28–0,30$). Содержание витамина С не имело выраженных корреляций с цветовыми показателями и обнаружило слабую отрицательную связь с кислотностью ($r = -0,30$, $p < 0,05$). Содержание кофеина в напитках не имело статистически значимых корреляционных связей с исследуемыми характеристиками качества ($p > 0,05$).

Таким образом, к 8 суткам хранения напитков наблюдали комплексное ухудшение их органолептических характеристик (снижение насыщенности окраски, ухудшение восприятия характерных оттенков растительных компонентов, терпкости и др.), подтвержденное статистически значимыми изменениями координаты L^* , увеличением кислотности и потерями витамина С в обогащенной продукции, позиционирующейся как функциональная, несмотря на микробиологическую безопасность. Следовательно, рекомендуемый срок хранения для напитков составляет 7 суток. При этом исследуемые напитки будут отвечать ожиданиям потребителей, поскольку обладают оригинальными вкусо-ароматическими характеристиками. Варианты напитков 7–12, обогащенные аскорбиновой кислотой, к концу рекомендуемого срока хранения (7 суток) содержат не менее 15,9 мг/100 см³ витамина С. Порция напитка объемом 200 см³ будет содержать примерно 31–33 мг витамина С, что покрывает около трети (31–33 %) рекомендуемой суточной нормы потребления для взрослых (100 мг согласно МР 2.3.1.0253-21). Варианты напитков 2, 4, 6, 8, 10 и 12 на сукралозе, относятся к категории «безкалорийные» (≤ 4 ккал/100 см³) согласно ГОСТ Р 56543-2015, т. к. их энергетическая ценность (1,10–2,61 ккал/100 см³) ниже предельного значения.

На основании проведенных исследований разработаны рецептуры напитков и уточнен перечень показателей качества, рекомендуемых для контроля: органолептические характеристики, массовая доля растворимых сухих веществ, титруемая кислотность, показатели функциональной направленности по витамину С (для обогащенных вариантов), содержание этилового спирта (для вариантов с СО₂-экстрактом корней родиолы розовой), а также микробиологические показатели безопасности.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено значимое влияние ($p < 0,001$) фактора «разновидность растительного сырья и способ получения» на качество полуфабрикатов (настоев жареного моло-

того кофе, листьев мяты перечной, трубочек корицы, СО₂-экстракта корней родиолы розовой). СО₂-экстракт корней родиолы розовой показал наилучшие органолептические оценки, максимальное содержание биологически активных веществ и наиболее насыщенный цвет. Настой жареного молотого кофе получил наивысшие оценки за вкусоароматические свойства и был единственным источником кофеина.

На основе полуфабрикатов разработано 12 рецептур напитков, варьируемых по трем факторам: наличие и количество полуфабриката из растительного сырья, подслащивающее вещество (сахароза или сукралоза) и обогащение витамином С. Варианты напитков с сукралозой соответствуют критериям «без сахара» и «безкалорийный» (≤ 4 ккал/100 см³), а обогащенные (200 см³) – обеспечивают более 30 % от суточной нормы витамина С.

Подтверждено статистически значимое ($p < 0,05–0,001$) и неравнозначное влияние рецептурных факторов. Фактор «наличие и количество полуфабриката из растительного сырья» определял содержание полифенольных соединений в напитке, координату L^* , хроматические координаты, интенсивность цвета и цветовой тон, а также органолептические свойства напитков ($\eta_p^2 \geq 50$ %). Фактор «характер подслащивающих веществ» оказывал влияние на количество сухих веществ, сукралозы и микробиологические показатели ($\eta_p^2 \geq 42$ %), а добавка витамина С – на его содержание ($\eta_p^2 \geq 99,9$ %).

При хранении напитков отмечались рост кислотности, микробной обсемененности и ухудшение органолептических свойств, а в обогащенных – снижение содержания витамина С. Наибольшую стабильность показателей в процессе хранения продемонстрировали варианты напитков, содержащих комплексный состав полуфабрикатов из растительного сырья, сукралозы и аскорбиновой кислоты. Установлено, что продукция сохраняет качество и безопасность при соблюдении рекомендуемого срока годности, который составляет 7 суток.

Вариация вида растительных полуфабрикатов, системы подслащивания и использования аскорбиновой кислоты обеспечивает направленное формирование качества и стабильности безалкогольных напитков. Отнесение разработанных напитков к функциональным в исследовании обосновано обогащением витамином С согласно ГОСТ Р 56543-2015. Сукралоза использовалась в качестве подсластителя при замене сахарозы и рассматривалась как фактор, который связан со снижением содержания сахаров и энергетической ценности, а также обусловлен применением отличительных признаков в соответствии с ГОСТ Р 55577-2013, но не как самостоятельный критерий функциональности напитков. Результаты, полученные в рамках работы, вносят значительный вклад в создание современных функциональных продуктов питания.

Критерии авторства

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат.

Contribution

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for information published in this article

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors state that there is no conflict of interest.

Список литературы / References

1. Azima AMS, Noriham A, Manshoor N. Phenolics, antioxidants and color properties of aqueous pigmented plant extracts: *Ardisia colorata* var. *elliptica*, *Clitoria ternatea*, *Garcinia mangostana* and *Syzygium cumini*. Journal of Functional Foods. 2017;38:232–241. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.09.018>
2. Plaskova A, Mlcek J. New insights of the application of water or ethanol-water plant extract rich in active compounds in food. Frontiers in Nutrition. 2023;10:1118761. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1118761>
3. Shaik MI, Hamdi IH, Sarbon NM. A comprehensive review on traditional herbal drinks: Physicochemical, phytochemicals and pharmacology properties. Food Chemistry Advances. 2023;3:100460. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100460>
4. Cwиковá O, Komprda T, Šottníková V, Svoboda Z, Simonová J, et al. Effects of different processing methods of coffee *Arabica* on colour, acrylamide, caffeine, chlorogenic acid, and polyphenol content. Foods. 2022;11(20):3295. <https://doi.org/10.3390/foods11203295>
5. Makiso MU, Tola YB, Oqah O, Endale FL. Bioactive compounds in coffee and their role in lowering the risk of major public health consequences: A review. Food Science & Nutrition. 2024;12(2):734–764. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3848>
6. Kelebek H, Carikcioglu M, Kadiroglu P, Ereli E, Uzlasir T, et al. Phenolic characterization and quality evaluation of herbal coffee from roasted juniper berry fruits (*Juniperus drupacea* L.): Elucidating the impact of roasting. Foods. 2024;13(23):3946. <https://doi.org/10.3390/foods13233946>
7. Poláková K, Bobková A, Demianová A, Bobko M, Lidikova J, et al. Quality attributes and sensory acceptance of different botanical coffee co-products. Foods. 2023;12(14):2675. <https://doi.org/10.3390/foods12142675>
8. Казакова М. А., Куркин В. А., Рыжов В. М., Лямин А. В., Козлов А. В. Сравнительное микробиологическое и фитохимическое исследование извлечений из листьев сортовых форм рода *Mentha* L. Разработка и регистрация лекарственных средств. 2025. Т. 14. № 1. С. 265–273. [Kazakova MA, Kurkin VA, Ryzhov VM, Lyamin AV, Kozlov AV. Comparative microbiological and phytochemical study of extracts from leaves of varietal forms of the genus *Mentha* L. Development and Registration of Medicines. 2025;14(1):265–273. (In Russ.)] <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2025-14-1-1932>
9. Назарова Д. В., Темердашев З. А., Виницкая Е. А., Киселева Н. В., Нагалеvский М. В. Сравнительный анализ химического состава экстрактов из образцов растений рода *Mentha* L. после гидродистилляции и субкритической экстракции методом газовой хромато-масс-спектрометрии. Журнал аналитической химии. 2023. Т. 78. № 9. С. 837–847. [Nazarova DV, Temerdashev ZA, Vinitskaya EA, Kiseleva NV, Nagalevsky M.V. Comparative analysis of chemical compositions of *Mentha* L. plant extracts by gas chromatography–mass spectrometry after hydrodistillation and subcritical extraction. Journal of Analytical Chemistry. 2023;78(9):837–847. (In Russ.)] <https://doi.org/10.31857/S0044450223090098>
10. Машковский М. Д. Лекарственные средства. М.: Новая Волна, 2002. 540 с. [Mashkovsky MD. Medicinal products. Moscow: Novaya Volna; 2002. 540 p. (In Russ.)]
11. Hamatgaleeva GA. Development and research of a functional drink with the addition of peppermint extract. Modern Science and Innovations. 2022;2:83–95. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2022.2.8>
12. Лупанова И. А., Мизина П. Г., Ферубко Е. В., Мясникова С. Б. Изучение фармакологической активности экстрактов из суспензионных культур женьшеня обыкновенного и родиолы розовой. Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2023. Т. 67. № 2. С. 77–85. [Lupanova IA, Mizina PG, Ferubko EV, Myasnikova SB. Pharmacological activity of *Panax ginseng* and *Sedum roseum* cell cultures extracts. Pathological Physiology and Experimental Therapy. 2023;67(2):77–85. (In Russ.)] <https://doi.org/10.25557/0031-2991.2023.02.77-85>
13. Zakharenko AM, Razgonova MP, Pikula KS, Golokhvast KS. Simultaneous determination of 78 compounds of *Rhodiola rosea* extract by supercritical CO₂-extraction and HPLC-ESI-MS/MS spectrometry. Biochemistry Research International. 2021;7:1–16. <https://doi.org/10.1155/2021/9957490>
14. Błaszczyk N, Rosiak A, Kałużna-Czaplińska J. The potential role of cinnamon in human health. Forests. 2021;12(5):648. <https://doi.org/10.3390/f12050648>
15. Зиятдинова Г. К., Нгуен Конг Ф., Будников Г. К. Оценка антиоксидантных свойств мицеллярных экстрактов специй методом гальваностатической кулонометрии с электрогенерированными гексацианоферрат(III)-ионами. Журнал аналитической химии. 2015. Т. 70. № 8. С. 854. [Ziyatdinova GK, Nguyen Kong F, Budnikov G.K Assessment of the antioxidant properties of micellar spice extracts by galvanostatic coulometry with electrogenerated hexacyanoferrate(iii) ions. Journal of Analytical Chemistry. 2015;70(8):854. (In Russ.)] <https://doi.org/10.7868/S0044450215080228>

16. Oboh FO, Imafidon J. Antioxidant and sensory properties of new beverage formulations composed of palm sugar, *Aframomum melegueta*, and citric acid. *Beverages*. 2018;4(3):59. <https://doi.org/10.3390/beverages4030059>
17. Карпова М. О., Макарова Н. В., Игнатова Д. Ф., Будылин Д. В. Разработка технологии производства экстрактов зеленого кофе робуста (*Coffea canephora*): подбор степени измельчения и температуры экстракции. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2021. № 3. С. 49–59. [Karpova MO, Makarova NV, Ignatova DF, Budylin DV. Development of technology for the production of green coffee robusta extracts (*Coffea canephora*): Selection of grinding degree and extraction temperature. *Scientific Journal of the National Research University of ITMO. Series: Processes and Devices of Food Production*. 2021;3:49–59. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2021-14-3-49-59>
18. Shankar V, Mahboob S, Al-Ghanim KA, Ahmed Z, Al-Mulhm N, *et al.* A review on microbial degradation of drinks and infectious diseases: A perspective of human well-being and capabilities. *Journal of King Saud University – Science*. 2021;33(2):101293. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.101293>
19. Ghanem KZ, Ramadan MM, Mohammed AT, Mahmoud AE, Babintsev K, *et al.* Enhancing the antioxidant properties of functional herbal beverages using Ultrasonic-Assisted extraction: Optimized formulation and synergistic combinations of taurine and vit. *Heliyon*. 2024;10(15):e35685. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35685>
20. Kutlu N, Pandiselvam R, Kamiloglu A. Saka I, Sruthi NU, *et al.* Impact of ultrasonication applications on color profile of foods. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2022;89:106109. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106109>
21. Nowacka M, Dadan M, Janowicz M, Wiktor A, Witrowa-Rajhert D, *et al.* Effect of nonthermal treatments on selected natural food pigments and color changes in plant material. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021;20(5):5097–5144. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12824>
22. Агабалаев А. А., Каранкевич Е. Г., Булыга Д. М., Ковальчук И. В., Скаковский Е. Д. и др. Экстракция салидо-розида *Rhodiola rosea* L. Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. 2012. № 4. С. 60–64. [Agabalaev AA, Karankevich EG, Bulyga DM, Kovalchuk IV, Skakovsky ED, *et al.* Extraction of salidroside *Rhodiola rosea* L. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical Sciences*. 2012;4:60–64. (In Russ.)]
23. Oulé KM, Dickman M, Arul J. Properties of orange juice with supercritical carbon dioxide treatment. *International Journal of Food Properties*. 2013;16(8):1693–1710. <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.604893>
24. Tumbariski YD, Petrova N, Ivanov I, Petkova N, Ivanova P, *et al.* Assessment of the bioactivity, preservation potential and sensory acceptance of a propolis extract applied in a functional fruit-herbal beverage. *Food Science and Applied Biotechnology*. 2023;6(2):320–330. <https://doi.org/10.30721/fsab2023.v6.i2.302>
25. Dyab A, Bahloul HM, Ghazal GA, Mahmoud M, Abolila R. Production and evaluation of low-calorie pomegranate juice with sucralose. *Egyptian Journal of Food Science*. 2021;49(2):239–248. <https://doi.org/10.21608/EJFS.2021.64360.1099>
26. Quinlan ME, Jenner MF. Analysis and stability of the sweetener sucralose in beverages. *Journal of Food Science*. 1990;55(1):244–246. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb06061.x>
27. Al-Dabbas MM, Al-Qudsi JM. Effect of partial replacement of sucrose with the artificial sweetener sucralose on the physico-chemical, sensory, microbial characteristics, and final cost saving of orange nectar. *International Food Research Journal*. 2012;19(2):679–683.
28. Kizzie-Hayford N, Seidu-Larry S, Owusu-Ansah S, Quaye B, Ampofo-Asiama J. Influence of sweeteners on the phytochemical and physicochemical quality and consumer acceptability of roselle beverage. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2024;2024(1):6669374. <https://doi.org/10.1155/2024/6669374>
29. Salar FJ, Agulló V, Domínguez-Perles R, García-Viguera C. Influence of sweeteners (sucrose, sucralose, and stevia) on bioactive compounds in a model system study for citrus–maqui beverages. *Foods*. 2022;11(15):2266. <https://doi.org/10.3390/foods11152266>
30. Acurio Arcos LP, Valencia Toapanta MF, Teresa Pacheco M, Teneda-Llerena WF. Effect of low-calorie sweeteners on sensory, physicochemical, and quality attributes of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) juice. *Current Nutrition & Food Science*. 2024;20(1):92–102. <https://doi.org/10.2174/1573401319666230519142822>
31. Mao LC, Xu YQ, Que F. Maintaining the quality of sugarcane juice with blanching and ascorbic acid. *Food Chemistry*. 2007;104(2):740–745. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.055>
32. Ribárszki Á, Székely D, Szabó-Nóti B, Goczan B, Friedrich L, *et al.* Effect of ascorbic acid and acerola juice on some quality properties of aseptic filled apple juice. *Acta Alimentaria*. 2022;51(2):259. <https://doi.org/10.1556/066.2022.00030>
33. Feszterová M, Kowalska M, Mišaková M. Stability of vitamin c content in plant and vegetable juices under different storing conditions. *Applied Sciences*. 2023;13(19):10640. <https://doi.org/10.3390/app131910640>
34. Oszmianański J, Wolniak M, Wojdyło A, Wawer I. Influence of apple purée preparation and storage on polyphenol contents and antioxidant activity. *Food Chemistry*. 2008;107(4):1473–1484. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.003>
35. Patel GD, Patel NV, Bhatt Z, Raghavendra HR, Patel NB, *et al.* Development of technology for preparation of fortified tomato (*Solanum lycopersicum* L.) beverage. *IJCS*. 2020;8(2):2452–2459. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2ak.9117>
36. Polumackanycz M, Kaszuba M, Konopacka A, Marzec-Wróblewska U, Wesolowski M, *et al.* Phenolic composition and biological properties of wild and commercial dog rose fruits and leaves. *Molecules*. 2020;25(22):5272. <https://doi.org/10.3390/molecules25225272>

37. Mittal S, Bajwa U. Effect of heat treatment on the storage stability of low calorie milk drinks. *Journal of Food Science and Technology*. 2014;51:1875–1883. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0714-z>
38. Maralanda A, Gamage KGR, Perumpuli B, Perera M, Karunarathna WKDS. Shelf life of pineapple and lime-flavoured, ascorbic acid-added and ready-to-serve sugarcane juice beverage. *Sugar and Sugar Derivatives: Changing Consumer Preferences*. 2020;273–282.
39. Kregiel D. Health safety of soft drinks: contents, containers, and microorganisms. *BioMed Research International*. 2015;1:128697. <https://doi.org/10.1155/2015/128697>
40. Skapska S, Marszałek K, Woźniak Ł, Szczepańska J, et al. The Development and consumer acceptance of functional fruit-herbal beverages. *Foods*. 2020;9(12):1819. <https://doi.org/10.3390/foods9121819>
41. Fatima K, Tehseen S, Ashfaq F, Bilal A, Khalid MZ, et al. Development and storage stability studies of functional fruit and vegetable-based drinks incorporated with polyphenols extracted from herbs and spices. *International Journal of Food Properties*. 2024;27(1):381–399. <https://doi.org/10.1080/10942912.2024.2317740>
42. Новикова И. В., Гребенщиков А. В., Романюк Т. И., Ковалева Т. С., Тарарыков М. П. и др. Разработка безалкогольных напитков на основе растительного сырья и коллагена и исследование их доклинической безопасности в опытах *in vivo*. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2025. № 1. С. 108–114. [Novikova IV, Grebenshchikov AV, Romanyuk TI, Kovaleva TS, Tararykov MP, et al. Development of soft drinks based on plant raw materials and collagen and investigation of their preclinical safety *in vivo* experiments. *Food Technology*. 2025;1:108–114. (In Russ.)] <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2025.1.15>
43. Минченко Л. А., Гиззатова Г. А. Микробиологическая безопасность и физико-химические показатели домашних напитков в походе. *Наукофера*. 2021. № 9–1. С. 1–5. [Minchenko LA, Gizzatova GA. Microbiological safety and physicochemical parameters of homemade beverages during a camping trip. *Naukosfera*. 2021;(9–1):1–5. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/JBQTTT>
44. Tamer CE, Yekeler FZ, Çopur ÖU, Karaman B, Suna S. A study of fortification of lemonade with herbal extracts. *Food Science and Technology (Campinas)*. 2016;37(1):45–51. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.06016>
45. Al-Otabi FNM, Alqahtani NK, Mohamed HA, Alnemr TM, Ali S. The efficiency of natural plant extracts in improving storage stability, antioxidant activity, sensory evaluation, and physicochemical properties of date juice-based energy drink. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2023;51(2):13107–13107. <https://doi.org/10.15835/nbha51213107>
46. Гаврилов А. С., Болотова А.В., Минниханова Е. Ю., Лесникова Н.А. Разработка рецептур напитков для диетического лечебного и диетического профилактического питания. XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2024. Т. 13. № 4. С. 191–198. [Gavrilov AS, Bolotova AV, Minnikhanova EYu, Lesnikova NA. Development of beverage formulations for dietary therapeutic and dietary preventive nutrition. *XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present Plus*. 2024;13(4):191–198. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/QGGLYG>
47. De Sousa PHM, Maia GA, De Azeredo HMC, Ramos AM, Figueiredo RWD, et al. Storage stability of a tropical fruit (cashew apple, acerola, papaya, guava and passion fruit) mixed nectar added caffeine. *International Journal of Food Science and Technology*. 2010;45(10):2162–2166. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02383.x>

Дополнительная информация об авторах / Additional information about the authors

Голуб Ольга Валентиновна / Olga V. Golub ORCID 0000-0003-2561-9953; eLIBRARY SPIN 7857-0301
Захаренко Александр Михайлович / Alexander M. Zakharenko ORCID 0000-0002-9520-8271; eLIBRARY SPIN 7801-2882
Мотовилова Наталья Владимировна / Natalya V. Motovilova ORCID 0000-0002-2249-7666; eLIBRARY SPIN 4707-3430
Мотовилов Олег Константинович / Oleg K. Motovilov ORCID 0000-0003-2298-3549; eLIBRARY SPIN 1217-7717
Голохваст Кирилл Сергеевич / Kirill S. Golokhvast ORCID 0000-0002-4873-2281; eLIBRARY SPIN 7598-2190