

Статья поступила в редакцию: 13.09.2026

Статья принята к публикации: 20.09.2026

Статья опубликована: 28.09.2026

УДК 664.1+615.32

Оптимизация состава функционального напитка целевого назначения на основе морковного сока и настоев из лекарственного растительного сырья

Ҳабибуллаев Назаржон Акрамович

докторант

Бухарский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Бухара

E-mail: nazarjon192@mail.ru

Амонова Зубайда Мукимовна

канд. техн. наук, доц.

Бухарский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Бухара

E-mail: amonovazubayda@bk.ru

Optimization of composition of functional beverage based on carrot juice and medicinal plant infusions

Habibullayev Nazarjon Akramovich

PhD student

Bukhara State Technical University

Uzbekistan, Bukhara

Amonova Zubayda Mukimovna

candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Bukhara State Technical University

Uzbekistan, Bukhara

Аннотация

В статье представлена оптимизация состава функционального напитка целевого назначения на основе морковного сока и водных настоев лекарственного растительного сырья — ромашки аптечной, чабреца и девясила высокого. Цель исследования заключалась в установлении рационального соотношения компонентов с учётом органолептических характеристик, содержания биологически активных веществ и антиоксидантной активности напитка. В качестве основного сырья использовали морковный сок сорта «Nantes», а растительные настои предварительно смешивали в соотношении 1:1:1. Исследовали пять вариантов рецептуры, различавшихся соотношением морковного сока, смеси растительных настоев и воды. Органолептическую оценку проводили с участием семи дегустаторов по пятибалльной шкале. Для оценки влияния рецептурных факторов использовали методы

Библиографическое описание: Ҳабибуллаев Н.А., Амонова З.М. Оптимизация состава функционального напитка целевого назначения на основе морковного сока и настоев из лекарственного растительного сырья // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 9(150). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23446>

планирования эксперимента, квадратичные регрессионные модели и функцию желательности Харрингтона. В качестве основных откликов рассматривали органолептическую оценку, содержание β -каротина и антиоксидантную активность. По результатам сравнительной оценки наиболее высокие органолептические показатели установлены для образца, содержащего 72,0 % морковного сока и по 4,0 % настоя ромашки аптечной, чабреца и девясила высокого. Проведено сравнительное исследование вкуса, аромата, цвета и консистенции исходного морковного сока и разработанного напитка. Представлены данные о химическом составе продукта и изменении содержания витамина С и β -каротина в процессе холодильного хранения. Полученные результаты могут быть использованы для научного обоснования рецептуры и последующей технологической проработки напитка целевого назначения.

Abstract

The article presents the optimization of the formulation of a functional beverage intended for a specific purpose, based on carrot juice and aqueous infusions of medicinal plant materials—German chamomile, thyme, and elecampane. The aim of the study was to determine an appropriate ratio of components, taking into account the beverage's sensory characteristics, bioactive compound content, and antioxidant activity. Juice from carrots of the 'Nantes' cultivar was used as the primary raw material, while the herbal infusions were premixed at a ratio of 1:1:1. Five formulations differing in the proportions of carrot juice, the herbal infusion blend, and water were investigated. Sensory evaluation was conducted by seven panelists using a five-point scale. Experimental design methods, quadratic regression models, and Harrington's desirability function were used to assess the effects of formulation factors. The main response variables were the sensory score, β -carotene content, and antioxidant activity. Comparative evaluation showed that the sample containing 72.0 % carrot juice and 4.0 % each of German chamomile, thyme, and elecampane infusions achieved the highest sensory scores. A comparative assessment of the taste, aroma, color, and consistency of the original carrot juice and the developed beverage was conducted. Data on the chemical composition of the product and changes in vitamin C and β -carotene contents during refrigerated storage are presented. The findings may be used to provide a scientific basis for the formulation and subsequent technological development of the beverage intended for a specific purpose.

Ключевые слова: функциональный напиток, морковный сок, водный настой ромашки, чабреца и девясила, оптимизация состава, функция желательности.

Keywords: Functional drink, carrot juice, water infusion of chamomile, thyme and elecampane, composition optimization, desirability function.

Введение

Современные дети, особенно школьного возраста, подвержены значительным психоэмоциональным нагрузкам, обусловленным целым комплексом различных факторов: интенсификация учебного процесса, повсеместное использование цифровых технологий (смартфоны, социальные сети), ростом диагностируемых случаев синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ). Данный синдром является одним из наиболее распространённых нейроповеденческих расстройств детского возраста, затрагивающим, по

различным оценкам, от 5,0 до 10,0 % детей школьного возраста [10, с. 59-62]. По данным Всемирной организации здравоохранения, СДВГ является третьим по распространённости психическим расстройством после депрессии, тревожных расстройств и неврозов [15, с. 4-22]. Исследования подтверждают, что более 60,0 % учащихся средних и старших классов имеют признаки повышенной нервной возбудимости, нарушения сна и снижения когнитивных функций, что негативно сказывается на их успеваемости и социальной адаптации [9, с. 49–62]. Существующие фармакологические методы коррекции данного состояния (психостимуляторы, анксиолитики) часто имеют побочные эффекты (сонливость, привыкание) и не всегда приемлемы для длительного применения в педиатрической практике [19, с. 9-16]. В связи с этим актуальным направлением является разработка немедикаментозных, относительно безопасных и доступных средств на основе натурального сырья, в частности функциональные напитки из фруктово-овощных соков, обогащенных натуральными фитодобавками с седативным и адаптогенным действием. Такие продукты позволяют сочетать гидратацию организма с поступлением биологически активных веществ (флавоноидов, эфирных масел, полифенолов и др.), мягко регулирующих нервную систему [16, с. 118–127; 25, с. 301-319].

Следовательно, разработка научно обоснованной технологии натуральных функциональных напитков для коррекции психоэмоционального состояния детей школьного возраста является актуальной задачей пищевой биотехнологии и нутрициологии. Её решение позволит создать относительно безопасный и эффективный продукт для массового использования в образовательных учреждениях и домашних условиях, способствующий снижению тревожности и возбудимости, улучшению концентрации внимания и нормализации сна у детей.

В технологии производства функциональных напитков морковный сок выступает не только как органолептическая основа, но и как богатый источник биологически активных веществ (БАВ), особенно β -каротина – провитамина А, необходимого для нормального функционирования нервной системы [11, с. 76–83]. Исследования показывают, что регулярное употребление продуктов, богатых каротиноидами, положительно влияет на когнитивные функции и концентрацию внимания [22, с. 1161-1165; 14, с. 290-301]. Физико-химические показатели сока ($\text{pH } 6,2 \pm 0,2$) позволяют создавать стабильные коллоидные системы при смешивании с водными настоями лекарственных трав, обеспечивающие синергизм БАВ. Весьма перспективными являются такие лекарственные растения, как ромашка аптечная (*Matricaria chamomilla*), чабрец (*Thymus serpyllum*) и девясил (*Inula helenium*), обладающие выраженными седативными, антиоксидантными и нейропротекторными свойствами [13, с. 412-470; 12, с. 45-53]. Флавоноиды ромашки, в частности апигенин, связываются с бензодиазепиновыми рецепторами головного мозга, оказывая мягкое седативное действие [26, с. 895-901]. Чабрец содержит фенольные соединения (тимол, карвакрол), которые действуют как корректоры вкуса и природные консерванты, обладая при этом умеренным ноотропным потенциалом, нивелирующим избыточную седацию [19, с. 9-16]. Включение экстракта корней девясила обусловлено высоким содержанием инулина (до 44,0 %). С точки зрения пищевой технологии, инулин выступает как пребиотик и технологический модификатор вязкости, нормализуя микробиоценоз кишечника (ось «кишечник-мозг») [16, с. 118-127]. Целью настоящего

исследования являлась оптимизация состава функционального напитка на основе морковного сока и настоев лекарственного растительного сырья для коррекции психоэмоционального состояния детей школьного возраста.

Методы и объекты исследования

Объектами исследования служили морковный сок из корнеплодов моркови столовой сорта «Nantes» (ГОСТ 33540-2015); цветки ромашки аптечной (ГОСТ 2237 – 93); трава чабреца (ФС.2.5.0049.15); корневища и корни девясила высокого (ГФ XIV, ФС.2.5.0012.15).

Настои готовили в соответствии с ГФ XIV: 10 г измельчённого сырья заливали 200 мл воды при температуре 90°C, настаивали на водяной бане 15 минут, охлаждали 45 минут, процеживали и доводили объём до 200 мл [8, с. 45–48]. Соотношение водных настоев ромашки, чабреца и девясила было принято равным 1:1:1 как оптимальное для: синергического действия компонентов без взаимного ослабления эффектов, минимизации риска гиперседации (баланс между успокаивающим действием ромашки и легким тонизирующим эффектом чабреца) и обеспечения стабильности органолептических показателей (равномерный вкусо-ароматический профиль).

Готовили 5 вариантов напитков при различных соотношения морковного сока, настоя из исследуемого лекарственного растительного сырья и воды в следующих пропорциях: образец 1 – 60:15:25, 2 – 65:12:23, 3 – 70:10:20, 4 – 72:12:16, 5 – 75:8:17. Органолептические показатели сока и напитков определяли по 5-балльной шкале. Массовую долю растворимых сухих веществ (%) – рефрактометрическим методом по ГОСТ 28562–90 [2]; моно- и дисахаридов (глюкозы, фруктозы, сахарозы) – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) по ГОСТ 32162–2013 [3]; фруктанов (в том числе инулина) – энзиматически-спектрофотометрическим методом по АОАС 997.08 [18]; пектиновых веществ – титриметрическим методом по ГОСТ 29059-91 [4]; β -каротина – методом ВЭЖХ с УФ/ДАД-детектированием при длине волны $\lambda \approx 450$ нм по ГОСТ 32713–2014 [5]; витамина С – титриметрическим методом по ГОСТ 24556–89 [6]; витаминов В₁, В₂ и В₆ – методом ВЭЖХ по ГОСТ 34133.1–2017 [7]; магния (Mg) – методом атомно-абсорбционной спектроскопии [24, с. 437–480]. Антиоксидантную активность (АОА) определяли спектрофотометрическим методом с использованием радикала DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил); результаты выражали в мкмоль тролокс-эквивалента на мл (мкмоль ТЭ/мл) [20, с. 25–30].

Результаты и обсуждения

Органолептическая оценка образцов напитка проводилась группой дегустаторов в составе 7 человек. Результаты представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Органолептическая оценка образцов функциональных напитков

Комплексный анализ органолептических характеристик пяти образцов композитной смеси, различающихся по составу (рис.1), показал, что образец 1 имеет наименьшие значения по всем критериям, средняя общая оценка составила 3,8–4,2 балла, что соответствует среднему уровню органолептической привлекательности. Наблюдаемые отклонения указывают на недостаточную сбалансированность компонентов, приводящую к неоднородности вкусового профиля и слабой выраженности аромата.

Образец 2 характеризуется улучшением всех показателей: средняя оценка повысилась до 4,1–4,3 балла. Отмечается более выраженная гармония вкуса и аромата, а также повышение воспринимаемой чистоты вкуса, что свидетельствует о более оптимальном соотношении ингредиентов.

Наиболее значимый рост органолептических показателей зафиксирован в образце 3, где средняя оценка достигла 4,4–4,6 баллов. Данный состав обеспечивает выраженный, но сбалансированный вкус, устойчивый аромат и стабильную цветовую гамму, что указывает на приближение к рецептурному оптимуму. Наилучшие результаты продемонстрировал образец 4, средняя оценка которого составила 4,7–5,0 баллов. Все органолептические параметры находятся на высоком уровне, отмечается полная гармония вкусовых и ароматических нот, отсутствие посторонних привкусов, а также оптимальная консистенция и цвет. Полученные данные позволяют считать данный состав оптимальным по совокупности потребительских характеристик. Образец 5, несмотря на сохранение высоких показателей (4,3–4,5 балла), демонстрирует тенденцию к снижению сбалансированности: усиление специфического привкуса и ослабление ароматической сложности. Это свидетельствует о выходе за пределы оптимального диапазона состава.

Для оптимизации рецептуры использовали методологию математического планирования эксперимента на основе центрального композиционного ротатбельного плана второго порядка (ЦКРП), обеспечивающего получение квадратичных регрессионных моделей с равномерной точностью предсказания во всём факторном пространстве [1, с. 137–180].

Факторами оптимизации являлись: X_1 — содержание морковного сока (60,0–80,0 %); X_2 — суммарное содержание настоев лекарственного растительного сырья (5,0–20,0 %). Указанные интервалы $X_1 = 60,0\text{--}80,0\%$ и $X_2 = 5,0\text{--}20,0\%$ соответствуют уровням факторной части плана. В ЦКРП дополнительно использовали звёздные точки при $\alpha = \sqrt{2}$; с учётом

центра плана $X_1 = 70,0 \%$, $X_2 = 12,5 \%$ и интервалов варьирования $\Delta X_1 = 10,0 \%$, $\Delta X_2 = 7,5 \%$ расчётные звёздные уровни составляли $X_1 = 55,86$ и $84,14 \%$, $X_2 = 1,89$ и $23,11 \%$, которые в матрице планирования округлены соответственно до 56 и 84% , $2,0$ и $23,0 \%$ [1].

Функциями отклика служили: Y_1 — органолептическая оценка (балльная шкала 1–5); Y_2 — содержание β -каротина (мг/100 мл); Y_3 — антиоксидантная активность (АОА) (мкмоль ТЭ/мл).

Таблица 1.

Матрица планирования эксперимента и результаты исследований

№ опыта	X_1 (сок, %)	X_2 (настой, %)	Y_1 (балл)	Y_2 (β -каротин)	Y_3 (АОА)	D
1	60	5,0	3,2	5,4	4,8	0,52
2	80	5,0	3,8	7,2	5,2	0,61
3	60	20,0	3,5	5,2	8,4	0,64
4	80	20,0	4,1	7,0	8,1	0,72
5	56	12,5	3,4	5,0	6,5	0,58
6	84	12,5	4,0	7,5	6,7	0,68
7	70	2,0	3,0	6,3	4,2	0,48
8	70	23,0	3,9	6,1	8,9	0,70
9	70	12,5	4,5	6,4	7,2	0,76
10	70	12,5	4,4	6,3	7,1	0,75
11	70	12,5	4,5	6,5	7,3	0,77
12	72	12,0	4,7	6,8	7,4	0,79

Примечание: Y_1 — балл; Y_2 — мг/100 мл; Y_3 — мкмоль ТЭ/мл

На основании экспериментальных данных (табл. 1) были получены регрессионные уравнения второго порядка (ЦКРП) для всех показателей качества $Y_1 - Y_3$ в натуральных переменных X_1, X_2 .

Общий вид модели:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2$$

В результате обработки экспериментальных данных методом наименьших квадратов получены регрессионные уравнения второго порядка, адекватно описывающие влияние содержания морковного сока и настоев лекарственного растительного сырья на показатели качества напитка.

Получены регрессионные уравнения

Органолептическая оценка

$$Y_1 = 2,31 + 0,045X_1 + 0,082X_2 - 0,00031X_1^2 - 0,0012X_2^2 + 0,00021X_1X_2$$

β -каротин

$$Y_2 = 1,85 + 0,072X_1 + 0,015X_2 - 0,0004X_1^2 - 0,0003X_2^2$$

Антиоксидантная активность

$$Y_3 = 2,15 + 0,035X_1 + 0,145X_2 - 0,0003X_1^2 - 0,0018X_2^2$$

Анализ коэффициентов уравнений показал, что содержание β -каротина в большей степени определяется долей морковного сока, тогда как содержание флавоноидов и антиоксидантная активность — долей растительных настоев. Органолептическая оценка зависит от сбалансированного влияния обоих факторов. Это подтверждает *синергетический эффект компонентов*.

Частные отклики Y_1 – Y_3 имеют различную размерность и направленность оптимизации. Для их интеграции применена функция желательности Харрингтона [21, с. 494-498]. Преобразование проводилось в два этапа:

1. Нормализация показателей: $d_i = f(Y_i)$
2. Агрегирование: $D = (d_1 \times d_2 \times d_3)^{1/3}$
3. где D — обобщённая функция желательности;
4. d_1, d_2, d_3 — частные функции желательности для трёх показателей качества.

Коэффициенты в уравнении D получены не напрямую, а через последовательность: эксперимент $\rightarrow$ частные функции желательности $\rightarrow$ интегральная функция $D \rightarrow$ регрессионное моделирование.

Регрессионная модель для обобщённой функции желательности имеет вид: $D = 0,45 + 0,008X_1 + 0,025X_2 - 0,00006X_1^2 - 0,0008X_2^2 + 0,0001X_1X_2$

Для расчёта коэффициента детерминации R^2 использовали формулу:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y_i - Y_{\text{расч}})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}$$

Адекватность полученной регрессионной модели оценивали по критерию Фишера. Расчётное значение критерия составило $F_{\text{расч}} = 0,92$, что значительно ниже табличного значения $F_{\text{табл}} = 19,3$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Это свидетельствует об адекватности модели и возможности её использования для описания процесса и оптимизации рецептуры напитка. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,94$ подтверждает высокую степень соответствия модели экспериментальным данным.

Значения коэффициентов показывают, что фактор X_2 (растительные настои) оказывает более выраженное влияние на обобщённый показатель качества по сравнению с X_1 , что обусловлено вкладом флавоноидов и антиоксидантной активности.

Анализ поверхности отклика функции желательности (рис. 2) позволил определить наличие выраженного экстремума, соответствующего оптимальной области значений факторов: $X_1 = 72$ – 73 %; $X_2 = 12$ – 14 %

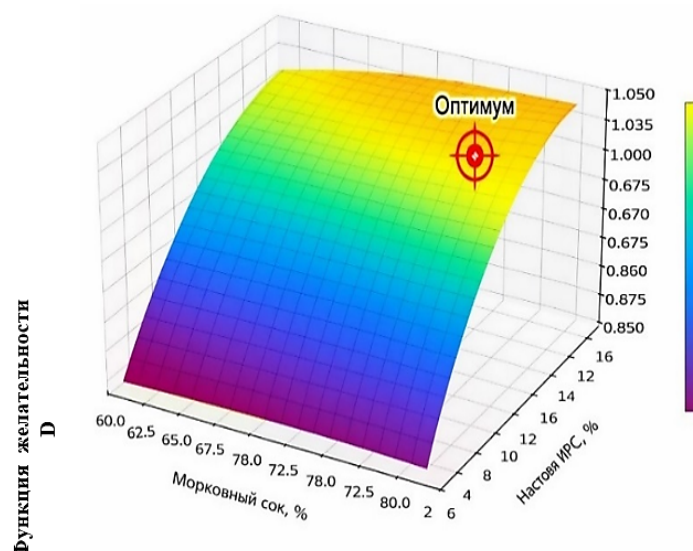


Рисунок 2. Поверхность отклика: зависимость функции желательности от содержания морковного сока и настоев ЛРС

Комплексный анализ графических зависимостей (рис. 2) позволил определить рациональные параметры рецептуры: $X_{1\text{опт}} = 72,8 \%$, $X_{2\text{опт}} = 12,6 \%$ при максимальном значении функции желательности $D_{\text{max}} \approx 0,80$.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что установленный состав обеспечивает высокий уровень органолептических показателей, повышенное содержание биологически активных веществ и выраженную антиоксидантную активность. Значение обобщённого показателя качества ($D_{\text{max}} \approx 0,80$) соответствует категории «высокое качество».

Состав оптимизированного напитка представлен на рисунке 3.

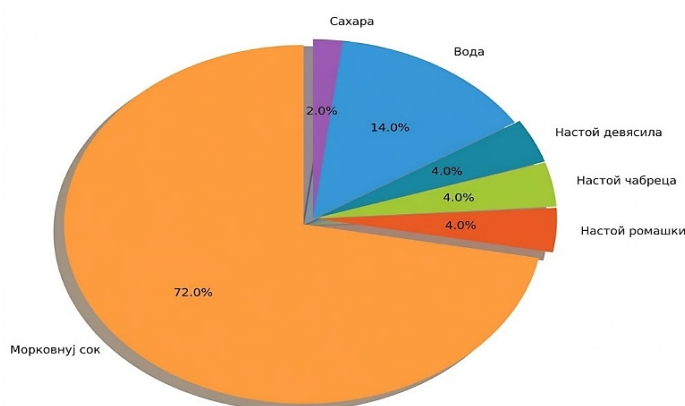


Рисунок 3. Компонентный состав оптимизированного функционального напитка

Профильная оценка напитков позволяет обосновать потребительскую привлекательность инновационного продукта (табл.2).

Таблица 2.

Сравнительная характеристика профилей

Дескриптор	Морковный сок (контроль)	Функциональный напиток (опыт)	Технологический комментарий
Сладость	Интенсивная, приторная	Умеренная, мягкая	Снижение за счёт разбавления сока и маскировки горечью

Дескриптор	Морковный сок (контроль)	Функциональный напиток (опыт)	Технологический комментарий
Аромат	Специфический «землистый»	Сложный, пряно-травяной	Эфирные масла чабреца и ромашки перекрывают овощной тон
Текстура	Жидкая, склонная к расслоению	Густая, однородная	Инулин девясила создает эффект «smoothie-like»
Терпкость	Отсутствует	Легкая, освежающая	Обусловлена дубильными веществами чабреца
Цвет	Ярко-оранжевый	Насыщенный темно-оранжевый	Экстракты углубляют цвет без потери прозрачности фаз

Установлено (табл.2), что в опытном образце сладость становится более мягкой за счёт разбавления и частичной маскировки, тогда как аромат трансформируется из «землистого» в сложный пряно-травяной благодаря эфирным маслам растительного сырья. Консистенция улучшается: вместо жидкой, склонной к расслоению системы формируется густая и однородная структура, обусловленная присутствием инулина. В функциональном напитке появляется лёгкая освежающая терпкость, связанная с дубильными веществами, а цвет становится более насыщенным тёмно-оранжевым за счёт растительных экстрактов.

Таблица 3.

Органолептическая (сенсорная) оценка качества морковного сока и функционального напитка

Показатель качества	Весовой коэффициент	Морковный сок (Контроль)	Функциональный напиток (Опыт)
Внешний вид	0,15	4,2	4,9
Запах (аромат)	0,25	3,8	4,7
Вкус	0,40	4,0	4,8
Консистенция	0,20	3,5	4,9
Итоговый балл	1,00	3,88	4,82

Прирост баллов в опытном образце практически на 24,2 % относительно чистого сока достигнут за счёт стабильности консистенции (отсутствие быстрого осадка) и гармонизации вкуса (табл.3).

Таблица 4 отражает изменения химического состава морковного сока и разработанного функционального напитка. Установлено, что в опытном образце наблюдается снижение моно- и дисахаридов, что указывает на уменьшение гликемической нагрузки продукта. Существенным отличием является присутствие инулина (2,0 г) в функциональном напитке, обеспечивающего пребиотические свойства и структурную стабилизацию. Также возрастает содержание клетчатки (пектинов), что способствует улучшению функций желудочно-кишечного тракта. Несмотря на некоторое снижение уровня β -каротина, напиток сохраняет антиоксидантную активность, при этом содержание витамина С и витаминов группы В увеличивается за счёт растительных экстрактов, что усиливает их биологическую ценность. Дополнительно отмечается рост содержания магния, оказывающего положительное влияние на нервно-мышечную регуляцию.

Таблица 4.

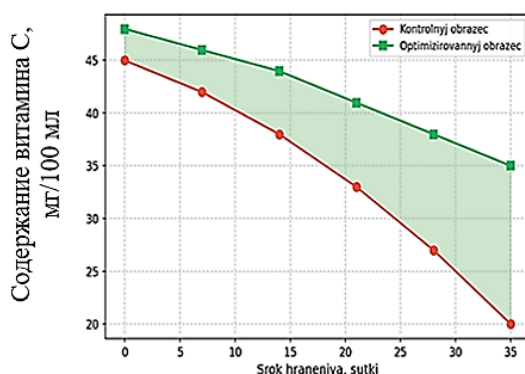
Химический состав морковного сока и функционального напитка

Группа веществ	Морковный сок (контроль)	Функциональный напиток (опыт)	Технологическая и биологическая роль
Сухие вещества (общие), %	$11,0 \pm 0,5$	$10,0 \pm 0,5$	Увеличение плотности за счет экстрактивных веществ
Моно- и дисахариды, г	$6,7 \pm 0,3$	$4,8 \pm 0,2$	Снижение гликемической нагрузки
Инулин, г	0	$2,0 \pm 0,2$	Пребиотик, стабилизатор структуры, нейрпротектор
Клетчатка (пектины), г	$0,8 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,1$	Улучшение моторики ЖКТ, сорбция токсинов
Бета-каротин, мг	$9,0 \pm 1,0$	$6,5 \pm 0,5$	Антиоксидант, регенерация тканей
Витамин С, мг	$5,0 \pm 0,3$	$6,2 \pm 0,2$	Повышается за счёт экстракта чабреца
Витамины группы В, мг	$0,05 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,01$	Укрепление миелиновых оболочек нервов
Магний (Mg), мг	$12,0 \pm 0,8$	$19,0 \pm 1,0$	Снижение нейромышечной возбудимости.

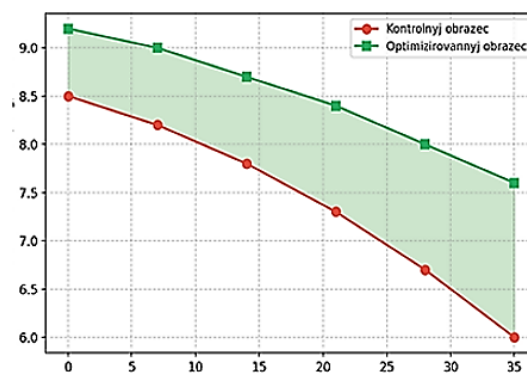
Особо следует отметить, что в разработанном напитке содержатся специфические БАВ (минорные компоненты), которые полностью отсутствуют в морковном соке, но определяют функциональность смеси для нормализации психоэмоционального состояния детей школьного возраста: флавоноидный комплекс (ромашка, чабрец), фенольные кислоты (чабрец), сесквитерпеновые лактоны (девясил).

В целом, функциональный напиток характеризуется более сбалансированным составом и повышенной биологической ценностью по сравнению с контрольным образцом.

Изучение сохранности биологически активных веществ в процессе хранения (рис. 4) показало, что оптимизированный напиток сохраняет более 70,0 % β -каротина и витамина С в течение 35 суток хранения при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$, что превышает аналогичные показатели контрольного образца на 20,0–25,0 %.



Срок хранения, сут. (а)



Срок хранения, сут. (б)

Рисунок 4. Динамика содержания витамина С (а) и β -каротина (б) при хранении напитка

Полученный напиток характеризуется гармоничным сочетанием сладковато-морковного вкуса с лёгкими травяными нотами. Оранжево-жёлтый цвет и приятный аромат обусловлены высоким содержанием каротиноидов и эфирных масел лекарственных растений. Наличие флавоноидов ромашки (апигенин), тимола и карвакрола чабреца, а также алантолактона девясила обеспечивает комплексное седативное и нейропротекторное действие.

С учётом целевой аудитории дополнительно оценивали расчётную экспозицию эфиромасличных компонентов чабреца. Для расчёта принята разовая порция напитка 200 мл. При содержании настоя чабреца 4,0 % такая порция включает 8 мл настоя; при способе приготовления 10 г сырья на 200 мл воды это соответствует 0,40 г исходной травы чабреца. По опубликованным данным для *Thymus serpyllum* L. выход эфирного масла составляет 0,4–1,4 %, содержание тимола в нём — 5,11–58,25 %, карвакрола — 1,22–55,85 % [23]. Исходя из крайних значений этих диапазонов, расчётный сырьевой эквивалент на порцию 200 мл составляет ориентировочно 0,08–3,26 мг тимола и 0,02–3,13 мг карвакрола. Эти величины не являются аналитически измеренной концентрацией в готовом напитке, поскольку степень перехода летучих компонентов в водный настой не определялась; для подтверждения фактической дозы требуется количественное определение тимола и карвакрола методом ГХ-МС или ВЭЖХ. В зарегистрированной инструкции по медицинскому применению травы чабреца пероральное применение противопоказано детям до 12 лет; для детей старше 12 лет предусмотрена разовая доза 15 мл настоя, приготовленного из 4 г сырья на 100 мл воды, что соответствует примерно 0,60 г сырьевого эквивалента [17]. Таким образом, сырьевой эквивалент чабреца в одной порции разработанного напитка (0,40 г) примерно на 33 % ниже указанной разовой лекарственной дозы для возраста старше 12 лет. Это сопоставление является ориентировочным и не заменяет специальный норматив безопасности для пищевого продукта; применение напитка у детей младше 12 лет требует отдельного токсиколого-гигиенического обоснования и прямого количественного контроля тимола и карвакрола.

Заключение

Разработанная рецептура функционального напитка оптимизирована с использованием методов математического моделирования и планирования эксперимента. Установлено, что зависимость показателей качества от рецептурных факторов носит нелинейный характер и адекватно описывается квадратичными регрессионными моделями.

Применение функции желательности Харрингтона позволило интегрировать разнородные показатели качества в единый критерий оптимизации. Максимальное значение функции желательности ($D \approx 0,80$) достигнуто при содержании морковного сока 72,8 % и растительных настоев 12,6 %.

Полученный продукт характеризуется улучшенными органолептическими свойствами, повышенным содержанием биологически активных веществ и высокой антиоксидантной активностью. Установлена статистическая значимость моделей ($p < 0,05$) и высокая степень их адекватности ($R^2 = 0,94$).

Список литературы

1. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
2. ГОСТ 28562–90. Соки плодовые и овощные. Методы определения массовой доли растворимых сухих веществ. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 8 с.
3. ГОСТ 32167–2013. Продукты пищевые. Метод определения сахаров методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – М.: Стандартиформ, 2014. – 16 с.
4. ГОСТ 29059–91. Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 10 с.
5. ГОСТ 32713–2014. Продукция соковая. Определение каротиноидов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). – М.: Стандартиформ, 2015. – 14 с.
6. ГОСТ 24556–89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 11 с.
7. ГОСТ 32924–2014. Продукты пищевые. Определение витамина В₁ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – М.: Стандартиформ, 2015. – 12 с.
8. Государственная фармакопея Российской Федерации / Министерство здравоохранения Российской Федерации. – 14-е изд. – М.: ФЭМБ, 2018. – Т. 2. – С. 45–48.
9. Громова, О.А. Витамины, макро- и микроэлементы при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью / О.А. Громова, И.Ю. Торшин, Н.Л. Стаховская // Лечащий врач. – 2019. – № 7.
10. Заваденко, Н.Н. Гиперактивность с дефицитом внимания у детей: современные подходы к фармакотерапии / Н.Н. Заваденко, Н.Ю. Суворинова, Н.В. Григорьева // Психиатрия и психофармакотерапия. – 2000. – № 2.
11. Исаева, Н.В. Каротиноиды в питании и их значение для здоровья / Н.В. Исаева // Вопросы питания. – 2021. – Т. 90, № 4.
12. Кузнецова, А.А. Представители семейства Lamiaceae Lindl. Как источники лекарственного растительного сырья для получения нейротропных средств (обзор) / А.А. Кузнецова, М.В. Мартынова // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2021. – Т. 10, № 3.
13. Куркин, В.А. Фармакогнозия: учебник для студентов фармацевтических вузов / В.А. Куркин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Самара: Офорт, 2016. – 1279 с.
14. Кучма, В.Р. Особенности психоэмоционального состояния школьников в условиях цифровизации их жизнедеятельности / В.Р. Кучма, А.С. Седова, С.Ю. Надеждин // Санитарный врач. – 2022. – № 4.
15. Тутельян, В.А. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флавонолы и флавоны: распространённость, пищевые источники, потребление / В.А. Тутельян, Н.В. Лашнева // Вопросы питания. – 2013. – Т. 82, № 1.

16. Хотимченко, С.А. Растительное сырье в производстве специализированной пищевой продукции: аспект безопасности / С.А. Хотимченко, В.В. Бессонов // Вопросы питания. – 2021. – Т. 90, № 4.
17. Чабреца трава: инструкция по медицинскому применению лекарственного препарата, регистрационное удостоверение Р N001718/02. – Ст.-Медифарм, Россия. – Ст.-Медифарм: Ст.-Медифарм.
18. AOAC Official Method 997.08. Fructans in food products. – Gaithersburg: AOAC International, 2005. – 4 P.
19. Biederman, J. Attention-deficit/hyperactivity disorder: a life-span perspective / J. Biederman, T. Spencer // The Journal of Clinical Psychiatry. – 1999. – Т. 60, № 22.
20. Brand-Williams, W. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity / W. Brand-Williams, M.E. Cuvelier, C. Berset // LWT. – 1995. – Т. 28, № 1.
21. Harrington, E.C. The desirability function / E.C. Harrington // Industrial Quality Control. – 1965. – Т. 21, № 10.
22. Johnson, E.J. A possible role for lutein and zeaxanthin in cognitive function in the elderly / E.J. Johnson // The American Journal of Clinical Nutrition. – 2012. – Т. 96, № 5. – DOI: 10.3945/ajcn.112.034611.
23. Kirillov, V. Composition of the Essential Oil of *Thymus serpyllum* L. from Northern Kazakhstan / V. Kirillov, T. Stikhareva, B. Mukanov [et al.] // Journal of Essential Oil Bearing Plants. – 2016. – Т. 19, № 1. – DOI: 10.1080/0972060X.2015.1010600.
24. Montgomery, D.C. Design and Analysis of Experiments / D.C. Montgomery. – 8th ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2013. – 730 P.
25. Sarris, J. Plant-based medicines for anxiety disorders, part 2: a review of clinical studies with supporting preclinical evidence / J. Sarris, D.E. McIntyre, D.A. Camfield [et al.] // CNS Drugs. – 2013. – Т. 27, № 4.
26. Srivastava, J.K. Chamomile: a herbal medicine of the past with a bright future / J.K. Srivastava, E. Shankar, S. Gupta // Molecular Medicine Reports. – 2010. – Т. 3, № 6.

References

1. Adler Yu.P. [Experimental Design in Searching for Optimal Conditions] / Yu.P. Adler, E.V. Markova, Yu.V. Granovskiy. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Nauka, 1976. – 280 P. (In Russ.)
2. GOST 28562–90. [Fruit and Vegetable Juices. Methods for Determining the Mass Fraction of Soluble Dry Matter]. – M.: Izdatel'stvo standartov, 1990. – Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1990. – 8 P. (In Russ.)
3. GOST 32167–2013. [Food Products. Method for Determining Sugars by High-Performance Liquid Chromatography]. – M.: Standartinform, 2014. – M.: Standartinform, 2014. – 16 P. (In Russ.)

4. GOST 29059–91. [Processed Fruit and Vegetable Products. Titrimetric Method for Determining Pectin Substances]. – М.: Izdatel'stvo standartov, 1992. – М.: Izdatel'stvo standartov, 1992. – 10 P. (In Russ.)
5. GOST 32713–2014. [Juice Products. Determination of Carotenoids by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)]. – М.: Standartinform, 2015. – М.: Standartinform, 2015. – 14 P. (In Russ.)
6. GOST 24556–89. [Processed Fruit and Vegetable Products. Methods for Determining Vitamin C]. – М.: Izdatel'stvo standartov, 1989. – М.: Izdatel'stvo standartov, 1989. – 11 P. (In Russ.)
7. GOST 32924–2014. [Food Products. Determination of Vitamin B₁ by High-Performance Liquid Chromatography]. – М.: Standartinform, 2015. – М.: Standartinform, 2015. – 12 P. (In Russ.)
8. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation] / Ministry of Health of the Russian Federation. – 14-e izd. – М.: FEMB, 2018. – Т. 2. – P. 45–48 (In Russ.)
9. Gromova O.A., Torshin I.Yu., Stakhovskaya N.L. [Vitamins, Macro- and Microelements in Attention Deficit Hyperactivity Disorder] // Lechashchiy vrach. – 2019. – No. 7. (In Russ.)
10. Zavadenko N.N., Suvorinova N.Yu., Grigor'eva N.V. [Attention Deficit Hyperactivity Disorder in Children: Modern Approaches to Pharmacotherapy] // Psikhatriya i psikhofarmakoterapiya. – 2000. – No. 2. (In Russ.)
11. Isaeva N.V. [Carotenoids in Nutrition and Their Significance for Health] // Voprosy pitaniya. – 2021. – Vol. 90, No. 4. (In Russ.)
12. Kuznetsova A.A., Martynova M.V. [Representatives of the Family Lamiaceae Lindl. As Sources of Medicinal Plant Raw Material for Obtaining Neurotropic Agents (Review)] // Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv. – 2021. – Vol. 10, No. 3. (In Russ.)
13. Kurkin V.A. [Pharmacognosy: Textbook for Students of Pharmaceutical Universities]. – 3-e izd., pererab. i dop. – Samara: Ofort, 2016. – 1279 P. (In Russ.)
14. Kuchma V.R., Sedova A.S., Nadezhdin S.Yu. [Characteristics of Psychoemotional State of Schoolchildren under Conditions of Digitalization of Their Life Activities] // Sanitarnyy vrach. – 2022. – No. 4. (In Russ.)
15. Tutel'yan V.A., Lashneva N.V. [Biologically Active Substances of Plant Origin. Flavonols and Flavones: Prevalence, Food Sources, Consumption] // Voprosy pitaniya. – 2013. – Vol. 82, No. 1. (In Russ.)
16. Khotimchenko S.A., Bessonov V.V. [Plant Raw Material in the Production of Specialized Food Products: Safety Aspect] // Voprosy pitaniya. – 2021. – Vol. 90, No. 4. (In Russ.)
17. [Thyme Herb: Instructions for Medical Use of the Medicinal Product], Registration Certificate R N001718/02. – St.-Medifarm, Russia. – St.-Petersburg: Medifarm. (In Russ.)
18. AOAC Official Method 997.08. Fructans in food products. – Gaithersburg: AOAC International, 2005. – 4 P.
19. Biederman, J. Attention-deficit/hyperactivity disorder: a life-span perspective / J. Biederman, T. Spencer // The Journal of Clinical Psychiatry. – 1999. – Vol. 60, No. 22.
20. Brand-Williams, W. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity / W. Brand-Williams M.E. Cuvelier, C. Berset // LWT. – 1995. – Vol. 28, No. 1.

-
21. Harrington E.C. The desirability function // *Industrial Quality Control*. – 1965. – Vol. 21, No. 10.
 22. Johnson E.J. A possible role for lutein and zeaxanthin in cognitive function in the elderly // *The American Journal of Clinical Nutrition*. – 2012. – Vol. 96, No. 5. – DOI: 10.3945/ajcn.112.034611.
 23. Kirillov V., Stikhareva T., Mukanov B., Chebotko N., Ryazantsev O., Atazhanova G., Adekenov S. Composition of the Essential Oil of *Thymus serpyllum* L. from Northern Kazakhstan // *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. – 2016. – Vol. 19, No. 1. – DOI: 10.1080/0972060X.2015.1010600.
 24. Montgomery D.C. *Design and Analysis of Experiments*. – 8th ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2013. – 730 P.
 25. Sarris, J. Plant-based medicines for anxiety disorders, part 2: a review of clinical studies with supporting preclinical evidence / J. Sarris, D.E. McIntyre, D.A. Camfield [et al.] // *CNS Drugs*. – 2013. – Vol. 27, No. 4.
 26. Srivastava J.K. Chamomile: a herbal medicine of the past with a bright future / J.K. Srivastava, E. Shankar, S. Gupta // *Molecular Medicine Reports*. – 2010. – Vol. 3, No. 6.