

Разработка напитков с высокой антиоксидантной способностью

Юрна Д.А., Фролов Д.И.

Аннотация. В статье представлены варианты разработанных и исследованных сенсорно-привлекательных напитков, содержащие высокий уровень общих фенолов и имеющие потенциально высокий антиоксидантный эффект. Концентрированные фруктовые соки и травы (чай и сушеные плоды бузины) были выбраны в качестве сырья. Исследование было реализовано в три этапа: разработка сенсорно-принятых травяных экстрактов и фруктовых напитков - охарактеризованных как источники фенолов, разработка фруктово-травяных напитков на основе формул образцов выбранных фруктовых продуктов, определение общих фенолов, антиоксидантной способности и сенсорных свойств вновь разработанных свежих композиций. Было установлено, что общие фенольные соединения фруктово-чайных напитков значительно превышают таковые у их фруктовых аналогов за исключением красного виноградного сока. Фруктово-чайные напитки и красный виноградный сок были признаны среди всех протестированных продуктов как демонстрирующие сопоставимые и самые высокие антиоксидантные способности. Антиоксидантная способность анализируемых фруктовых и фруктово-травяных напитков коррелировала с их общим содержанием фенольных соединений, что можно было принять в качестве основной характеристики антиоксидантных свойств продуктов, заявленных как функциональные. Фруктовые и смешанные напитки были классифицированы в соответствии с обеими этими характеристиками. Общие фенольные соединения, антиоксидантные и сенсорные свойства разработанных фруктово-травяных напитков при хранении не претерпели существенных изменений в течение шести месяцев.

Ключевые слова: сок, напиток, фрукт, сенсорная приемлемость, фруктово-травяные напитки, общее содержание фенолов, антиоксидантная активность.

Для цитирования: Юрна Д.А., Фролов Д.И. Разработка напитков с высокой антиоксидантной способностью // Инновационная техника и технология. 2024. Т. 11. № 3. С. 52–60.

Development of beverages with high antioxidant capacity

Yurna D.A., Frolov D.I.

Abstract. The article presents developed and investigated variants of sensory-appealing beverages containing high level of total phenols and having potentially high antioxidant effect. Concentrated fruit juices and herbs (tea and dried elderberries) were selected as raw materials. The study was implemented in three stages: development of sensory-accepted herbal extracts and fruit beverages - characterized as sources of phenols, development of fruit-herbal beverages based on formulas of samples of selected fruit products, determination of total phenols, antioxidant capacity and sensory properties of newly developed fresh compositions. It was found that total phenolic compounds of fruit-tea beverages significantly exceed those of their fruit analogues with the exception of red grape juice. Fruit-tea beverages and red grape juice were recognized among all tested products as demonstrating comparable and the highest antioxidant capacity. The antioxidant capacity of the analyzed fruit and fruit-herbal drinks correlated with their total phenolic content, which could be taken as the main characteristic of the antioxidant properties of products declared as functional. Fruit and mixed drinks were classified according to both these characteristics. Total phenolic compounds, antioxidant and sensory properties of the developed fruit-herbal drinks did not change significantly during storage for six months.

Keywords: juice, beverage, fruit, sensory acceptability, fruit-herbal beverages, total phenolic content, antioxidant activity.

For citation: Yurna D.A., Frolov D.I. Development of beverages with high antioxidant capacity. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2024. Vol. 11. No. 3. pp. 52–60. (In Russ.).

Введение

В настоящее время фенолы воспринимаются как факторы, выполняющие регуляторную и защитную функцию в организме человека. Было обнаружено, что потребление флавоноидов с пищей, в основном из чая, значительно снижает смертность от ишемической болезни сердца.

Природные фенольные соединения, включая токоферолы, флавоноиды и фенольные кислоты, способны выполнять функции репарации и адаптации в организме человека за счет антиоксидантной активности. Это свойство фенолов позволяет нейтрализовать активные формы кислорода, предотвращая их появление в организме путем ингибирования фаз инициации или распространения окислительной реакции, что в конечном итоге приводит к окислительным изменениям липидов, белков и нуклеиновых кислот [6].

Повышенный интерес к природным антиоксидантам в настоящее время обусловлен тем, что использование синтетических антиоксидантов со структурой бутилированного фенола, таких как бутилированный гидроксианизол и бутилированный гидрокситолуол, в технологических целях ограничено законом из-за выявленной канцерогенности этих соединений [5].

Фрукты и овощи, богатые флавоноидами и фенольными кислотами, являются основным источником пищевых фенолов. Основные подгруппы флавоноидов фруктов: антоцианы (цианидин и другие красители кожицы, например, дельфинидин красного винограда, пеонидин, мальвидин, пеларгонидин, петунидин); флаванолы (проантоцианидины и катехины); флавонолы (производные рутина, кверцетина, мирицетина и кемпферола) [2]. Фенольные кислоты во фруктах представлены гидроксированными производными бензойной кислоты (фенилкарбоновые кислоты), а также коричные кислоты (фенилпропеновые кислоты) и хлорогеновая кислота. Хлорогеновая кислота, п-кумарилхиновая кислота и флоридзин с ксилосахарозидом флоретина были признаны основными идентифицируемыми антиоксидантами яблочного сока. Содержание фенолов и антиоксидантные свойства варьируются в зависимости от вида фрукта и вида растения. Как правило, небольшие интенсивно окрашенные ягоды, богаты антоцианами, которые оказывают сильное влияние на общую антиоксидантную способность плодов.

Чай также является богатым источником фенолов, которые составляют более 35 процентов сухого веса листового чая. Чайные листья, как и стебли и цветы, содержат флавоноиды и другие фенольные соединения, такие как стильбены, танины, лигнаны, лигнин и другие [4]. В среднем зеленый чай имеет большое содержание флаванола, включая в основном эпигаллокатехингаллат; с меньшим количеством эпикатехингаллата, эпигаллокатехина и эпикатехина. Только зеленый чай включает флаван-

диолы [3]. Черный чай, полученный путем ферментации зеленого чая, содержит значительно меньше флаванолов, чем зеленый чай. Однако оба этих продукта имеют сопоставимое содержание общих флавонолов: кемпферол, кверцетин и мирицетин [7, 8, 9]. Только черный чай, имеющий более высокое содержание галловой кислоты и теогаллиндепсида, чем зеленый чай, включает теафлавины и теарубигены, которые образуются в процессе ферментации листьев в результате окисления и ферментативной полимеризации катехинов [1].

Предметом исследования было создание сенсорно-привлекательных напитков с высоким содержанием фенолов и потенциально высокой антиоксидантной способностью с использованием концентрированных соков таких фруктов, как черная смородина, клюква и малина, а также настоев зеленого и черного чая и отвара бузины. Исследование также было направлено на классификацию напитков по их антиоксидантным свойствам, а также на контроль уровня сохранения фенолов и антиоксидантной способности продуктов при хранении.

Объекты и методы исследования

Экстракты чая готовили из цельных или измельченных листьев зеленого чая и цельных листьев черного чая, используя две пропорции чая к кипящей воде: 1,0 г/100 мл или 1,3 г/100 мл. Условия заваривания использовались динамические (перемешивание мешалкой) или статические (без перемешивания) в течение 15 мин. Различные комбинации условий, применяемых для экстракции чая, описаны в таблице 1.

Отвар сушеных плодов бузины готовили путем добавления 1,0 г целых плодов в 100 мл холодной воды, нагревания до кипения и кипятили в течение 15 мин. Отвар и настои анализировали сразу после приготовления.

Фруктовые соки и напитки для сравнительных целей. Серия сенсорно-приемлемых фруктовых напитков была разработана на основе концентрированных соков фруктов: черной смородины, клюквы, малины, красного винограда и яблока.

Соки и напитки были составлены в соответствии с технологической практикой. Готовые продукты такие, как кислые пищевые продукты, были пастеризованы в лабораторных условиях в стеклянных банках объемом 200 мл при температуре 94 °С в течение 25 минут для обеспечения микробиологической стабилизации и безопасности продуктов при хранении. Напитки контролировались после пастеризации. Серии продуктов (таблица 1) были приняты в качестве сравнительных или референтных материалов относительно уровней (самого низкого и самого высокого в напитках, потребляемых в настоящее время) содержания фенолов. Яблочные соки использовались в качестве параллельных образцов полученного яблочного сока.

Фруктовые напитки, содержащие экстракты

Таблица 1 - Приготовление экспериментальных напитков

Основные материалы	Метод экстракции или приготовления	Напиток
Травяные экстракты		
Условия экстракции: статическое или динамическое заваривание или томление - степень измельчения сырья - соотношение сырья и воды.		
Зеленый листовый чай	Статика - цельные листья - 1,0 г/100 мл	H1
	Динамичный - цельные листья - 1,0 г/100 мл	H2
	Динамичный - цельные листья - 1,3 г/100 мл	H3
	Статика - молотые листья - 1,3 г/100 мл	H4
Черный листовый чай	Динамичный - цельные листья - 1,0 г/100 мл	H5
Сушеные плоды бузины	Статическое томление - цельные плоды - 1,0 г/100 мл	H6
Напитки из клюквы		
Концентрированный клюквенный сок	Добавление сахара и разбавление водой до 11,5% с.в.	H7
Концентрированный клюквенный сок	Добавление сахара и разбавление водой до 10,0% с.в.	H8
1. Концентрированный клюквенный сок 2. Настой зеленого чая	Фруктово-травяной напиток - (VII) разбавленный настоем чая (I)	H9
Напитки из черной смородины и черной смородины/клюквы		
Концентрированный сок черной смородины	Добавление сахара и разбавление водой до 10,2% с.в.	H10
1. Концентрированный сок черной смородины 2. Концентрированный клюквенный сок	Добавление сахара в смешанный концентрированный сок черной смородины и клюквы (2:1) и разбавление водой до 11,5% с.в.	H11
1. Концентрированный сок черной смородины 2. Концентрированный клюквенный сок 3. Отвар бузины	Фруктово-травяной напиток (H11) - разбавленный отваром бузины (H6)	H12
1. Концентрированный сок черной смородины 2. Концентрированный клюквенный сок 3. Настой зеленого чая	Фруктово-травяной напиток (H11) - разбавление настоем зеленого чая (H2)	H13
Напитки из малины		
Концентрированный малиновый сок	Добавление сахара и разбавление водой до 10,4% с.в.	H14
1. Концентрированный малиновый сок 2. Настой зеленого чая	Фруктово-травяной напиток (H14) - разбавление настоем зеленого чая (H1)	H15
1. Концентрированный малиновый сок 2. Настой черного чая	Фруктово-травяной напиток (H14) - разбавление настоем черного чая (H5)	H16
Фруктовые соки		
Концентрированный яблочный сок	Разбавление водой до 10,4% с.в.	H17
Концентрированный красный виноградный сок	Добавление лимонной кислоты и разбавление водой до 11,5% с.в.	H18
Яблочные соки		
Яблочный сок 1	Используется как таковой	H19
Яблочный сок 2	Используется как таковой	H20

растительных материалов, были приготовлены (таблица 1) на основе продуктов, выбранных для сравнительных целей, путем смешивания соответствующих фруктовых соков с сенсорно-приемлемыми чайными настоями или отваром бузины вместо водного ингредиента. Эти фруктово-травяные композиции были пастеризованы и проконтролированы, как указано выше.

Общее содержание фенолов в напитках и водных экстрактах растений определялось в соответ-

ствии с процедурой Синглтона с использованием реагента Фолина-Чокальтеу (разбавленного 1:10), фотометрически. Содержание фенолов в продуктах выражалось в эквивалентах галловой кислоты в мг/л, тогда как в качестве стандарта использовался моногидрат галловой кислоты (диапазон концентраций 5-50 мг/100 мл).

Антиоксидантная способность напитков определялась как способность продукта ингибировать процесс окисления хромогена кроцина гидрок-

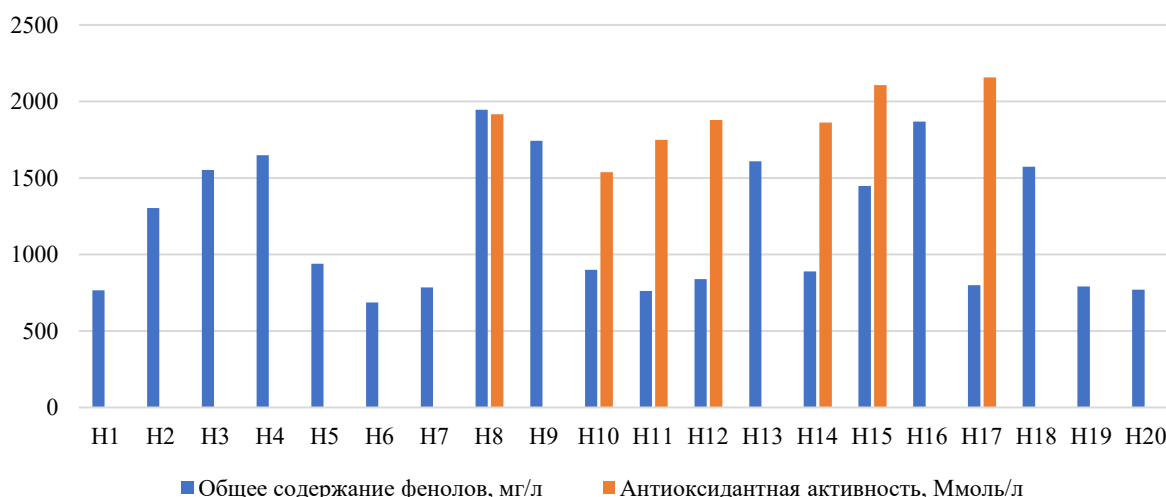


Рис. 1. Общее содержание фенолов и антиоксидантная активность свежеприготовленных напитков N1-N20 (условные обозначения напитков в табл. 1)

сильным радикалом, донором которого был H_2O_2 в присутствии Cu^{2+} и Fe^{3+} . Эффект этого явления количественно определялся с использованием спектрофотометрического метода для измерения сохранения цвета реакционных смесей по сравнению со смесями стандартных концентраций синтетического антиоксиданта 6-гидрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбоновой кислоты. Антиоксидантную активность исследуемых напитков выражали в эквивалентах Тролокса (ТЕ), где 1 ТЕ соответствует активности 1 ммоль Тролокса.

Сенсорный анализ продуктов проводился группой с контролируемыми порогами чувствительности и после обучения оценщиков распознаванию новых атрибутов продукта. Сначала анализы проводились путем идентификации и выбора сенсорных дескрипторов для разрабатываемых продуктов и установления стандартов неприемлемости (примеров продуктов, сенсорный профиль которых воспринимался как неприемлемый). Затем для оценки внешнего вида, запаха и вкуса разработанных

напитков применялась гедонистическая оценка, рекомендованная в исследовании по оптимизации свойств пищевых продуктов, и для этой цели использовался метод неструктурированных графических шкал с конечными точками. Затем результаты оценки были адекватно количественно выражены в баллах от 1 до 10.

Свойства трех партий каждого продукта были проанализированы по крайней мере в трех повторениях. Средние значения и стандартные отклонения, а также уравнения регрессии и значения корреляции были оценены с использованием Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Серии растительных экстрактов, приготовленных по-разному, представлены в таблице 1 (N1–N6) в общем виде, что касается подробностей условий их экстракции.

Общее содержание фенолов в свежеприготовленных чайных настоях и отваре бузины, представленное в виде столбцов (N1–N6) на рисунке 1, существенно отличалось друг от друга. Общее содержание фенолов в чае (N4) свидетельствовало о сильной зависимости концентрации фенолов от условий процесса экстракции.

При сравнении общего содержания фенолов в экстрактах зеленого чая с экстрактами черного чая, полученными динамически из цельных листьев в пропорции к воде 1 г/100 мл (N2 и N5), было обнаружено, что зеленый чай показал более высокое содержание фенолов в настое (1314 мг/л), чем черный чай (939 мг/л).

Заявленное содержание фенолов в настоях цельнолистового зеленого чая N1 и N2, приготовленных для сравнения эффектов статических условий экстракции с динамическими, составило: 783 мг/л (N1) и 1314 мг/л (N2) соответственно. Принимая во внимание пропорцию, чай/вода для экстракции, обеспечивающей оба настоя, значения

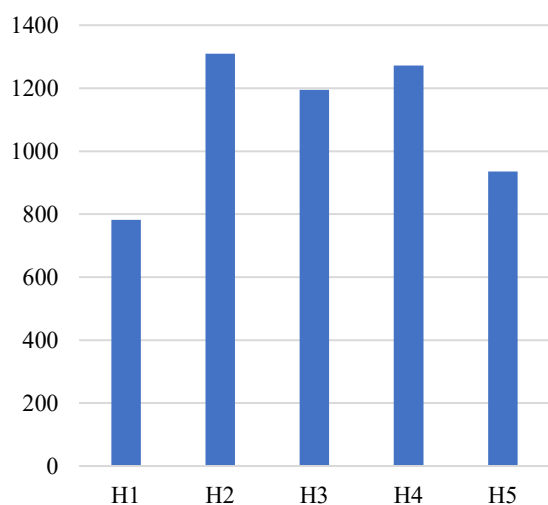


Рис. 2. Сравнение выходов общих фенолов из чайного сырья в зависимости от условий экстракции (N1-N5 - условные обозначения препаратов в табл. 1)

Таблица 2 - Описательная оценка основных свойств сенсорного профиля растительного экстракта

Напиток	Внешний вид	Вкус: горечь
Н1	Прозрачный	Середина
Н2	Опаловый	Середина
Н3	Мутный; осадок	Очень сильный
Н4	Непрозрачный	Очень сильный
Н5	Прозрачный	Никто
Н6	Опаловый	Никто

783 мг/10 г (Н1) и 1314 мг/10 г (Н2) соответственно представляют выходы фенолов из чайного материала в условиях статической и динамической экстракции (рисунок 2). В условиях динамической экстракции две пропорции цельнолистового зеленого чая к воде (1,0 г/100 мл и 1,3 г/100 мл) дали следующую концентрацию фенолов в настоях: 1314 мг/л (Н2) и 1559 мг/л (Н3), в зависимости от используемой пропорции. Выходы фенолов из чайного сырья в этих случаях составило 1314 мг/10 г (Н2) и 1199 мг/10 г (Н3). Для определения влияния дезинтеграции листьев на концентрацию фенолов в чайных экстрактах контролировались условия статической экстракции измельченных листьев зеленого чая в соотношении чай/вода 1,3 г/100 мл (Н4). Общее содержание фенолов в полученном настое было заявлено как 1651 мг/л, но выход фенолов из дезинтегрированных чайных листьев составил 1270 мг/10 г (рисунок 2).

Как было показано, постепенное увеличение общего содержания фенолов в настоях зеленого чая Н1-Н4 (рисунок 1), последовавшее за изменением условий их производства (таблица 1), не отразилось в той же степени на последующем повышении выхода фенолов из чайного сырья (Н1-Н4 рисунок 2). Этот факт позволил сделать вывод, что только условия экстракции, приводящие к получению настоя Н2 (динамическая экстракция цельных листьев при более низком соотношении чай/вода), могут быть признаны экономически эффективным методом интенсификации экстракции чая по сравнению со статической экстракцией, обеспечивающей настой Н1 (таблица 1). Учитывая ингибированное соотношение экстракции фенолов из чая при использовании более высокого соотношения, чай/вода (Н3, Н4), можно предположить приближающееся истощение чайного сырья.

Сенсорный профиль свежеприготовленных настоев и отваров (Н1-Н6) оценивался с использованием метода дескрипторов. Мутность как атрибут внешнего вида и отчетливые ноты горечи или

терпкости экстрактов были особенно востребованы как имеющие потенциально наиболее глубокое негативное влияние на желательность планируемых фруктово-травяных продуктов. Дескрипторы атрибутов, рассматриваемых для настоев и отваров, были согласованы в ходе обсуждения оценщиков и установлены в качестве вердикта комиссии (таблица 2).

Из данных, представленных в Таблице 2, следует, что экстракты зеленого чая Н1-Н2 (содержание фенолов до 1314 мг/л, как показано на Рисунке 1) могут быть сенсорно приемлемыми. Восприятие серии настоев Н3-Н4, описанное как слишком мутное и сильно горькое, было сочтено следствием их слишком высокого общего содержания фенолов (1559 и 1651 мг/л соответственно), что потенциально нарушает предел концентрации фенолов, разделяющий сенсорную приемлемость и неприемлемость чая. Таким образом, после исключения настоев, не соответствующих сенсорным ожиданиям, для дальнейших анализов в конечном итоге были выбраны только экстракты зеленого чая Н1 и Н2, а также параметры процесса экстракции, обеспечивающие эти настои.

Фруктовые напитки, разработанные для сравнительных целей (таблица 1), принятые в качестве образцов рецептов для запланированных фруктово-травяных напитков (Н7, Н10, Н11, Н14) или эталонных продуктов (Н17-Н20), все отвечающие стандартным и сенсорным требованиям, различались по общему содержанию фенолов (рисунок 1). Эти различия варьировались от 757 мг/л (черносмородиново-клюквенный напиток Н11) до 892 мг/л (малиновый напиток Н14). Общее содержание фенолов в яблочных соках (Н17, Н19-Н20) варьировалось от 778 до 804 мг/л, а в эталонном красном виноградном соке (Н17) оно было установлено на уровне 1587 мг/л. Представленные результаты позволили нам определить диапазон концентраций фенолов в обычно потребляемых фруктовых напитках. Этот диапазон ограничен предельными значениями, представляющими общее содержание фенолов в яблочном соке, с одной стороны, и средней концентрацией фенолов в красном виноградном соке, с другой стороны.

Поскольку влияние условий приготовления на свойства фруктовых напитков весьма сложно, обсуждение общих фенолов разработанных фруктовых напитков следует заменить следующими пояснениями. В промышленных масштабах соки со свойствами, определенными в стандартах, регенерируются путем соответствующего добавления воды к полуфабрикатам, например, концентрированным фруктовым сокам, выбранным в качестве компонента планируемых новых напитков. Регенерация соков из концентрированных соков фруктов, богатых или бедных общим количеством кислот (смородина, виноград) требует сенсорных модификаций в виде добавления сахара или любой из кислот, допустимых при приготовлении пищи.

Эти добавки допускаются в пределах стандартизации. Клюквенный сок Н8, регенерированный здесь специально для демонстрационных целей из высококислотного клюквенного концентрата (общая кислотность, как лимонная кислота, 65,25 %), несмотря на разрешенное добавление сахара, не мог быть оценен как питьевой напиток, поскольку он был слишком кислым. Приготовление сенсорно приемлемого клюквенного напитка (Н7) потребовало использования дополнительной воды, помимо добавления большего количества сахара.

Независимо от первой цели исследования, определенной как разработка напитков, являющихся хорошим источником природных антиоксидантов, сенсорная приемлемость была принята в качестве первого критерия для оценки полезности фруктовых напитков для анализов. Поэтому версии фруктовых соков или напитков, разработанные, но не полностью гармонизированные органолептически, были отклонены от анализа независимо от их общего содержания фенолов. Примером может служить клюквенный сок Н8, который не был сбалансирован в нотах сладости и кислотности, являясь в то же время лучшим источником общих фенолов (1964 мг/л) - лучше, чем его приятный аналог Н7 (799 мг/л). Сенсорные оценки двух клюквенных напитков должны объяснить роль всех сенсорных оценок в ходе проектирования или оптимизации пищевых продуктов.

Антиоксидантная активность сравнительных напитков, установленная на уровне 49,8 ммоль/л (ТЭ) для сока черной смородины-клюквы (Н11) и 69,0 ммоль/л (ТЭ) для сока красного винограда (Н18), была принята в исследовании в качестве пределов шкалы, охватывающей средний антиоксидантный потенциал свежеприготовленных обычных фруктовых напитков (рисунок 1).

Таблица 3 - Сенсорные характеристики напитков

Символ	Оценка	Внешний вид	Запах	Вкус
Н9	С	7,6 ± 1,01	6,9 ± 0,88	7,9 ± 1,00
	Х	4,9 ± 0,91	6,5 ± 0,71	5,5 ± 0,93
Н11	С	8,8 ± 1,04	8,3 ± 1,04	9,0 ± 0,74
	Х	7,7 ± 1,75	8,3 ± 0,82	7,3 ± 1,08
Н12	С	8,2 ± 1,02	7,8 ± 0,73	8,8 ± 0,55
	Х	6,8 ± 0,96	7,8 ± 1,01	7,8 ± 0,76
Н13	С	7,6 ± 0,66	6,3 ± 0,78	7,8 ± 0,89
	Х	6,3 ± 0,54	6,7 ± 0,68	6,8 ± 0,71
Н15	С	8,6 ± 0,85	7,4 ± 0,76	8,5 ± 0,65
	Х	6,0 ± 0,45	7,5 ± 0,44	7,3 ± 0,51
Н16	С	6,5 ± 0,74	7,8 ± 1,05	7,2 ± 0,91
	Х	4,5 ± 0,72	9,0 ± 0,59	8,8 ± 1,12
Н18	С	8,0 ± 1,00	7,9 ± 0,95	8,5 ± 0,95
	Х	6,1 ± 0,85	9,5 ± 0,91	9,1 ± 1,02

С - свежеприготовленный; Х - после шести месяцев хранения

Критерии сенсорного принятия разработанных фруктово-травяных продуктов включали максимально возможную прозрачность напитков, хорошо воспринимаемый запах и вкус, не отмеченный отчетливыми нотками горечи. Фруктово-травяные напитки, выбранные в качестве сенсорно принятых из версий, полученных на основе рецептурных образцов фруктовых продуктов (Н7, Н10, Н11, Н14) с использованием экстрактов зеленого чая (Н1, Н2), черного чая (Н5) и отвара бузины (Н6), были ограничены пятью напитками (Н9, Н12- Н13, Н15-Н16). Результаты количественной гедонистической оценки внешнего вида и вкусовых качеств свежеприготовленных, выбранных фруктово-травяных напитков представлены в таблице 3.

Разработанные фруктово-травяные напитки и два сравнительных фруктовых напитка (Н11, Н18) хранились в течение 6 месяцев в темном хранилище при температуре 18-20°C. Их значение pH, общее содержание фенолов, антиоксидантная способность и сенсорные свойства контролировались в начале и в самом конце периода хранения. Все исследованные напитки представляли собой высококислотные пастеризованные пищевые продукты с начальным pH в диапазоне от 2,84 до 3,46. Окончательный тест pH показал, что напитки сохраняли почти начальное значение pH в течение шести месяцев. Достаточно стабильный уровень pH напитков доказал их микробную стабильность при хранении.

Представленные продукты, имеющие антиоксидантный потенциал, требуют доказательства свойств, определяющих их функциональность. Для этого сначала было измерено общее содержание фенолов в свежеприготовленных фруктово-травяных напитках. Значения, представленные на рисунке 1, подтвердили значительное увеличение содержания фенолов в разработанных фруктово-чайных напитках по сравнению с их фруктовыми аналогами. Наблюдаемые увеличения составили: 551 мг/л (малиновые напитки Н14 и Н15), 855 мг/л (черносмородиново-клюквенные напитки Н11 и Н13), 949 мг/л (клюквенные напитки Н7 и Н9) и 965 мг/л (малиновые напитки Н14 и Н16). Никакого увеличения общего содержания фенолов не наблюдалось в случае фруктово-травяного напитка (Н12), приготовленного на основе черносмородиново-клюквенного образца (Н11) с использованием отвара бузины (Н6) вместо воды. Для изучения антиоксидантного потенциала таких ценных фруктовых композиций, как напиток Н12, содержащий смешанные ягодные ингредиенты, потребуются дальнейшие исследования с использованием эффективных методов.

Ряд полученных результатов позволил нам классифицировать разработанные фруктовые и фруктово-травяные напитки по общему содержанию фенолов. Эти напитки можно разделить на две группы: (1) фруктовые соки и напитки (Н7, Н10-Н11, Н14, Н17) и фруктово-травяной напиток с отваром бузины (Н12), содержащие общие фенолы ниже 1000 мг/л, (2) фруктово-чайные продукты

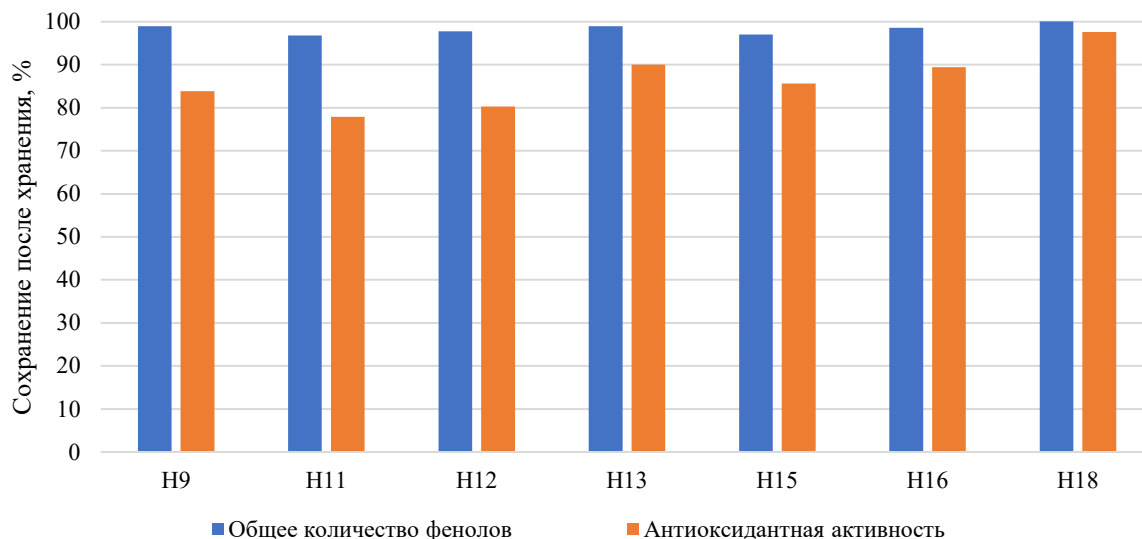


Рис. 3. Процент сохранения общей фенольной и антиоксидантной способности фруктово-травяных и сравнительных фруктовых напитков после шести месяцев хранения

(N9, N13, N15- N16) и красный виноградный сок, содержащий фенолы более 1000 мг/л (1443-1857 мг/л).

Начальная антиоксидантная емкость фруктово-травяных напитков, представленная на рисунке 1, варьировалась от самого низкого значения 55,8 ммоль/л (ТЕ) для продукта из черной смородины и клюквы с отваром бузины (N12) до 67,5 ммоль/л (ТЕ) для напитка из малины с черным чаем (N16). Эти значения принадлежали диапазону 49,8-69,0 ммоль/л (ТЕ), который был ограничен антиоксидантной емкостью фруктовых продуктов для сравнительных целей - напитка из черной смородины и клюквы (N11) и сока из красного винограда (N18) соответственно. Антиоксидантный потенциал свежеприготовленных напитков коррелировал с их адекватным общим содержанием фенолов ($r = 0,85$; $p < 0,02$). Рассчитанное уравнение регрессии, в котором антиоксидантная емкость (ммоль/л-ТЕ) использовалась в качестве зависимой переменной (Y), а общее содержание фенолов использовалось в качестве независимой переменной (X), было следующим:

$$Y = 0,013X + 42,5$$

X = общее содержание фенолов (мг/л); $n=5$.

Из рисунка 1 видно, что родственные пары результатов, связанных с антиоксидантными свойствами двух продуктов, основанных исключительно на фруктовых материалах (N11-N12), включая сырье из черной смородины, известной как один из лучших источников витамина С, оказали самое сильное отрицательное влияние на изученную корреляцию. Это можно объяснить тем, что потенциальная аскорбиновая кислота, а не фенолы, участвует в антиоксидантной способности этих фруктовых напитков, которые изучали вклад витамина С в общую антиоксидантную способность яблочных напитков, обогащенных аскорбиновой кислотой.

При производстве продуктов питания особое

внимание следует уделять срокам годности продукта и сохранению качества продуктами, особенно функциональными, при хранении. Результаты сравнения начальных и конечных антиоксидантных свойств разработанных напитков по проценту сохранения общего содержания фенолов и антиоксидантной емкости представлены на рисунке 3. Фруктово-травяные (N9, N12- N13, N15-N16) и сравнительные (N11, N17) напитки после шестимесячного хранения сохранили около 75-98% своей начальной антиоксидантной емкости и 96-100% общих фенолов. Было отмечено, что антиоксидантный потенциал красного виноградного сока (N18) снижался при хранении медленнее всего (сохранение 97,5% в конце хранения). Более сильное снижение антиоксидантной активности (75,3-77,8%) было отмечено в случае двух напитков, не содержащих чай (N11-N12) и изначально обнаруживающих, как упоминалось выше, антиоксидантный потенциал, не пропорционально высокий их общему содержанию фенолов. Гипотеза о вкладе витамина С в начальную антиоксидантную способность этих напитков может помочь объяснить ее снижение при хранении из-за возможного распада аскорбиновой кислоты после шести месяцев хранения продуктов при температуре 18-20°C. Разработанные фруктово-чайные напитки показали лучшее сохранение своей начальной антиоксидантной способности (81,6-88,9%) при хранении; наилучшие значения сохранения, 88,0% и 88,9%, были отмечены для продукта N16, представляющего собой композицию малинового сока с настоем черного чая (N5), и для продукта N13, содержащего ингредиенты черной смородины, клюквы и зеленого чая (N2). Можно предположить, что витамин С продукта XIII, составленного по той же схеме фруктовой формулы (XI), что и продукт N12, был лучше защищен от разрушения фенолами зеленого чая, чем в продукте N12 фенолами бузины. В самом конце хранения

продукта рассчитанное уравнение регрессии для антиоксидантной способности (ТЕ - ммоль/л) (Y) и общего содержания фенолов (X) было следующим:

$$Y = 0,018X + 26,98$$

X = общее содержание фенолов (мг/л);

$$r=0,80; p<0,02; n=5.$$

Результаты исследования показали, что новые напитки были разработаны на основе сырья, антиоксидантные свойства которого были умеренно мощными и стабильными. Общие фенолы напитков, хранящихся при 18-20°C, были стабильными, а их антиоксидантная способность снизилась через шесть месяцев до 77,8-88,9%. В целом антиоксидантные свойства концентрированных фруктовых соков и трав, выбранных для анализа, могли быть хорошо стабилизированы после получения полуфабриката и вероятного увеличения их антиоксидантного потенциала во время первых примененных термических процессов.

Напитки, находящиеся под контролем из-за повышенного уровня общих фенолов, заслуживали особого внимания с точки зрения их сенсорного качества. После шести месяцев наблюдений за разработанными продуктами обнаружено, что все они сохраняли приемлемые сенсорные свойства при хранении. Количественные результаты гедонистической оценки основных сенсорных свойств напитков свежеприготовленных и после шести месяцев хранения представлены в таблице 3. Внешний вид свежих напитков, преимущественно характеризующийся красным цветом и прозрачностью или легкой опалесценцией, оценивался в диапазоне от 6,5 баллов (Н16 - концентрированный сок малины, разбавленный настоем черного чая) до 8,8 баллов (Н11 - смешанный сок черной смородины и клюквы, разбавленный отваром бузины). После шести месяцев хранения внешний вид напитков изменился, и самые низкие ноты 4,5 и 4,9 были присвоены продуктам (Н16) и (Н9) соответственно, оба показывая самую высокую концентрацию фенолов. Запах всех напитков одинаково хорошо воспринимался и

оценивался в обе даты испытаний (6,3-9,5 баллов). Вкус напитков представлял собой наиболее ценное свойство продуктов - с момента приготовления до конца эксперимента по хранению.

Выводы

Разработанные сенсорно-привлекательные фруктово-травяные напитки показали высокие, стабильные в течение шести месяцев хранения уровни общего содержания фенолов и/или антиоксидантной активности, превышающие показатели их фруктовых аналогов и растительных компонентов, а также сопоставимые с показателями эталонного красного виноградного сока. Факторами, в значительной степени определяющими наивысшее содержание фенолов и антиоксидантные свойства новых фруктово-травяных напитков, помимо общего уровня фенолов в полуфабрикатах, были: внешний вид и вкусовые качества растительных экстрактов и их композиций с концентрированными фруктовыми соками. Рейтинг напитков, полученных из растительных экстрактов и/или концентрированных фруктовых соков, приготовленных с учетом содержания в них фенолов, позволяет нам сделать предположения относительно категоризации напитков, включая фруктовые напитки на рынке, как источников фенолов (до 1000 мг/л) и хороших источников фенолов (1000-1600 мг/л). Разработанные фруктово-чайные напитки можно классифицировать как хорошие источники общих фенолов. Антиоксидантная активность напитков, содержащих концентрированные фруктовые соки: красный виноградный сок (69,0 ммоль/л) и разработанные фруктово-чайные напитки (60,0-67,5 ммоль/л). Установленная корреляция между значением антиоксидантной способности и общим содержанием фенолов в анализируемых напитках позволяет применять простые измерения, такие как общее содержание фенолов, для подтверждения фактических антиоксидантных свойств этих продуктов.

Литература

- [1] Валиулина Д. Ф., Макарова Н. В., Будылин Д. В. Сравнительный анализ химического состава и антиоксидантных свойств разных видов чая как исходного сырья для производства чайных экстрактов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – Т. 80. – №. 2 (76). – С. 249-255.
- [2] Волощенко Л. В., Федосова А. Н. Потенциал генофонда редких ягодных культур в связи с селекцией на повышенное содержание антоцианов // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. – 2019. – №. 2. – С. 9-21.

References

- [1] Valiulina D. F., Makarova N. V., Budylin D. V. Comparative analysis of the chemical composition and antioxidant properties of different types of tea as raw materials for the production of tea extracts // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. - 2018. - Vol. 80. - No. 2 (76). - P. 249-255.
- [2] Voloschenko L. V., Fedosova A. N. Potential of the gene pool of rare berry crops in connection with selection for increased anthocyanin content // Current issues in agricultural biology. - 2019. - No. 2. - P. 9-21.

- [3] Исупова А. А., Раскатова Е. А. СОДЕРЖАНИЕ ТАНИНА В ЗЕЛЕНОМ ЧАЕ РАЗЛИЧНЫХ ТОРГОВЫХ МАРОК //Экологическая безопасность в техносферном пространстве. – 2020. – С. 49-52.
- [4] Лукин А. А. Перспективные направления использования зеленого чая в качестве биологически активного вещества в технологии продуктов питания //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2015. – Т. 3. – №. 2. – С. 5-9.
- [5] Салиева К. Т., Салиева З. Т., Боркочев Б. М. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВ ЯДЕР ОРЕХА (JUGLANS REGIA) ПРИ ХРАНЕНИИ //Успехи современного естествознания. – 2020. – №. 12. – С. 55-61.
- [6] Сорокина И. В. и др. Роль фенольных антиоксидантов в повышении устойчивости органических систем к свободно-радикальному окислению //Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. – 1997. – №. 46. – С. 3-58.
- [7] Häkkinen S. H. et al. Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempferol in 25 edible berries //Journal of agricultural and food chemistry. – 1999. – Т. 47. – №. 6. – С. 2274-2279.
- [8] Micean K. H., Mohamed S. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants //Journal of agricultural and food chemistry. – 2001. – Т. 49. – №. 6. – С. 3106-3112.
- [9] Olszowy-Tomczyk M., Wianowska D. Antioxidant properties of selected flavonoids in binary mixtures—Considerations on myricetin, kaempferol and quercetin //International Journal of Molecular Sciences. – 2023. – Т. 24. – №. 12. – С. 10070.
- [3] Isupova A. A., Raskatova E. A. TANIN CONTENT IN GREEN TEA OF VARIOUS TRADE BRANDS // Environmental Safety in the Technosphere Space. - 2020. - P. 49-52.
- [4] Lukin A. A. Promising Directions for the Use of Green Tea as a Biologically Active Substance in Food Technology // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. - 2015. - Vol. 3. - No. 2. - P. 5-9.
- [5] Salieva K. T., Salieva Z. T., Borkochev B. M. PROMISING METHODS OF PRESERVING THE QUALITIES OF WALNUT KERNELS (JUGLANS REGIA) DURING STORAGE // Advances in Modern Natural Science. – 2020. – No. 12. – P. 55-61.
- [6] Sorokina I. V. et al. The role of phenolic antioxidants in increasing the stability of organic systems to free radical oxidation // Ecology. Series of analytical reviews of world literature. – 1997. – No. 46. – P. 3-58.
- [7] Häkkinen S. H. et al. Content of the flavonols quercetin, myricetin, and kaempferol in 25 edible berries // Journal of agricultural and food chemistry. – 1999. – Vol. 47. – No. 6. – P. 2274-2279.
- [8] Micean K. H., Mohamed S. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants // Journal of agricultural and food chemistry. – 2001. – Т. 49. – No. 6. – pp. 3106-3112.
- [9] Olszowy-Tomczyk M., Wianowska D. Antioxidant properties of selected flavonoids in binary mixtures— Considerations on myricetin, kaempferol and quercetin //International Journal of Molecular Sciences. – 2023. – Т. 24. – No. 12. – P. 10070.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Юрна Диана Андреевна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Yurna Diana Andreevna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p>Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>	<p>Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru</p>