

Научная статья

УДК 663.32:634.11

DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2023-13-2-235-244>

EDN: IKXAWX



Особенности биохимического состава сидров из различного сырья

А.А. Ширшова✉, Н.М. Агеева, О.Н. Шелудько, А.А. Храпов, Е.В. Ульяновская,
Е.А. Чернуцкая

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», г. Краснодар, Российская Федерация

Аннотация. Среди площадей насаждений плодовых культур преобладающее положение занимает яблоня. Плоды яблони являются основным сырьем для производства сидра. В отраслях сидра и плодовой алкогольной продукции, несмотря на то, что большая часть регионов России богата сырьем для производства высококачественной продукции, существует ряд проблем, мешающих интенсивному развитию. В результате на внутреннем рынке все еще присутствует продукция низкого качества и фальсифицированная продукция. Целью работы стало изучение органолептических показателей и показателей биохимического состава (летучих компонентов, катионов металлов, фенолкарбоновых кислот и органических кислот) сброженного яблочного диффузионного сока и сидров, приготовленных из свежего яблочного сусла и восстановленного яблочного сока. Биохимический состав и органолептические показатели определяли общепринятыми методами: органические кислоты – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, фенолкарбоновые кислоты – методом капиллярного электрофореза, летучие компоненты – методом газовой хроматографии. Концентрации большинства исследованных показателей и органолептическая оценка были выше у сидров из свежего сусла. Однако в сброженном диффузионном соке значения концентраций хлорогеновой ($9,5 \text{ г/дм}^3$), оротовой ($1,9 \text{ г/дм}^3$) и галловой ($4,7 \text{ мг/дм}^3$) кислот, а также фурфурола ($11,84 \text{ мг/дм}^3$) превосходили аналогичные показатели в остальных исследуемых образцах. В связи с этим необходимо рассмотреть возможность вторичного использования яблочной выжимки, например, в технологии фруктовых (плодовых) спиртов. Вовлечение такого сырья в переработку позволит рационально использовать вторичные сырьевые ресурсы.

Ключевые слова: сидры, яблоки, сок яблочный восстановленный, диффузионный сок, биохимические показатели

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/100.

Для цитирования: Ширшова А.А., Агеева Н.М., Шелудько О.Н., Храпов А.А., Ульяновская Е.В., Чернуцкая Е.А. Особенности биохимического состава сидров из различного сырья // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2023. Т. 13. N 2. С. 235–244. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2023-13-2-235-244>. EDN: IKXAWX.

PHYSICOCHEMICAL BIOLOGY

Original article

Biochemical composition of ciders from various raw materials

Anastasia A. Shirshova✉, Natalia M. Ageyeva, Olga N. Sheludko,
Anton A. Khrapov, Elena V. Ulyanovskaya, Evgenia A. Chernutskaya

Federal State Scientific Budget Institution «North-Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making», Krasnodar, Russian Federation

Abstract. Apple tree is the most common among other fruit crops. Apple fruit is the primary raw material used in cider making. Although the majority of Russian regions are rich in raw materials for the production of high-quality cider, the development of this industry is hampered by a number of issues. As a result, the domestic market sometimes offers low-quality and adulterated products. In this work, we study the organoleptic and biochemical indicators (volatile components, metal cations, phenolcarboxylic acids and organic acids) of fermented diffused apple juice and ciders prepared from both freshly squeezed and reconstituted apple juice. The biochemical composition and organoleptic characteristics of samples were determined by conventional methods, such as high-performance liquid chromatography (organic acids), capillary electrophoresis (phenolcarboxylic acids) and gas chromatography (volatile components). The concentrations of most of the studied parameters and organoleptic indicators were

© Ширшова А.А., Агеева Н.М., Шелудько О.Н., Храпов А.А., Ульяновская Е.В., Чернуцкая Е.А., 2023

higher in ciders from fresh apple juice. However, in the fermented diffused juice, the concentrations of chlorogenic (9.5 g/dm^3), orotic (1.9 g/dm^3) and gallic (4.7 mg/dm^3) acids, as well as furfural (11.84 mg/dm^3), exceeded those in other studied samples. Future research should investigate the possibility of secondary use of apple pomace, e.g., for the production of fruit spirits. Involvement of such raw materials ensures the rational use of secondary raw materials.

Keywords: ciders, apple, reconstituted apple juice, diffusion juice, biochemical indicators

Funding. The research is carried out with the financial support of the Kuban Science Foundation in the framework of the scientific project no. MFI-20.1/100.

For citation: Shirshova A.A., Ageyeva N.M., Sheludko O.N., Khrapov A.A., Ulyanovskaya E.V., Chernutskaya E.A. Biochemical composition of ciders from various raw materials. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2023;13(2):235-244. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2023-13-2-235-244>. EDN: IKXAWX.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы у производителей алкогольной продукции в связи с нехваткой сырья (винограда) для производства вин вырос спрос на плодое сырье [1]. Ввиду того, что среди площадей насаждений плодовых культур преобладающее положение занимает яблоня, она является основным сырьем не только для производства сидра, но и плодовой алкогольной продукции [2].

Согласно требованиям российского законодательства, в качестве основного сырья для производства сидров и плодовой алкогольной продукции разрешается использовать как свежее сусло, так и восстановленный сок. По данным Центра отраслевой экспертизы, количество производителей, использующих для приготовления сидров свежие плоды яблони, с каждым годом увеличивается.

В производстве плодовой алкогольной продукции (фруктовых вин) наблюдается обратная тенденция: недобросовестные производители прибегают не только к использованию восстановленных, но и диффузионных соков, получаемых путем извлечения питьевой водой экстрактивных веществ из выжимки (вторичного продукта переработки плодов и ягод), в качестве основного сырья.

В последние несколько лет вопросу фальсификации винодельческой продукции (где основным сырьем является свежий виноград) уделено достаточно много внимания: проводятся исследования по установлению критериев и обоснованию методологических подходов, разрабатываются методики для оценки подлинности виноматериалов, вин, крепленых вин, игристых вин, а также виноградо-содержащих напитков, коньячных дистиллятов и коньяков [3–5]. Однако в отраслях сидра и плодовой алкогольной продукции, несмотря на то, что большая часть регионов России богата сырьем для производства высококачественных напитков, существует ряд проблем, мешающих интенсивному развитию данной отрасли [6], в результате чего на рынке все чаще появляется плодовая алкогольная продукция низкого качества, в том числе фальсифицированная.

В связи с этим необходимо уделить должное внимание вопросам изучения дополнительных биохимических показателей с установлением их числовых диапазонов, которые позволили бы судить об использовании в технологии сидров и плодовой алкогольной продукции восстановленного или диффузионного сока.

Цель работы – изучить органолептические и биохимические показатели сброженного яблочного диффузионного сока и сравнить их значения с показателями сидров, приготовленных из свежего яблочного сусла и восстановленного яблочного сока.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе были исследованы сброженный диффузионный сок, 2 сидра из восстановленного сока и 16 сортовых сидров из свежего яблочного сока прямого отжима (сусла). Сброженный диффузионный сок готовили в лабораторных условиях следующим образом: яблочную выжимку смешивали с питьевой водой в соотношении 1:1, затем вносили сахар белый с расчетом получения «продукта – фальсификата» с объемом долей этилового спирта $5,0 \pm 0,5\%$. Сидры из восстановленного сока были приобретены в розничной торговой сети г. Краснодара. Сидры сортовые готовили из сока плодов яблони (яблок) помологических сортов отечественной и зарубежной селекции, произрастающих на территории исследовательско-селекционной коллекции генетических ресурсов садовых культур, расположенной в АО ОПХ «Центральное», г. Краснодар (Ренет Платона, Багрянец Кубани, Прикубанское, Персиковое, Орфей, Марго, Союз, Юнона, Имрус, Лигол, Вирджиния, Интерпрайс, Либерти, Флорина и др.). Плоды яблони измельчали, отжимали сусло от мезги при помощи лабораторного пресса. Процесс брожения проводили при температуре $17 \pm 1^\circ\text{C}$ расой дрожжей *Fruit* (под *Saccharomyces cerevisiae*, «Ербсле Гайзенхайм», Германия). Осветление сидра осуществляли посредством его отстаивания с последующим отделением осадка и дальнейшей фильтрацией через фильтр-картон.

Исследования проводили в Центре коллективного пользования технологическим оборудованием Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (СКФНЦ-СВВ). В опытных образцах сидров определяли физико-химические показатели, которые соответствовали требованиям ГОСТ 31820-2015 «Сидры. Общие технические условия». Объемная доля этилового спирта в образцах составляла $5,0 \pm 0,5\%$. Органолептические показатели опытных образцов оценивала дегустационная комиссия НЦ «Виноделие» по 100-балльной шкале. Массовую концентрацию органических кислот определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Agilent 1220 Infinity II LC (Agilent Technologies, Германия) по

ГОСТ 33410-2015; аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот – методом высокоэффективного капиллярного электрофореза по СТО 00668034-040-2013; катионов щелочных и щелочноземельных металлов – по методике выполнения измерений массовой концентрации ионов аммония, калия, натрия, магния и кальция в винодельческой продукции методом капиллярного электрофореза (свидетельство об аттестации № 61-10 от 01.01.2010 г.) («Капель 105М», Россия), качественный и количественный состав легколетучих веществ – методом газовой хроматографии («Кристалл 5000», Россия) по СТО 00668034-103-2018. Методики разработаны в НЦ «Виноделие» и Центре коллективного пользования технологическим оборудованием СКФНЦСВВ. Для количественных расчетов содержания компонентов в пробе применяли метод абсолютной калибровки.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сидры, приготовленные путем брожения свежего сусла, по органолептическим показателям значительно превосходили остальные исследуемые образцы. Они характеризовались ярким, сложным ароматом с различными оттенками и гармоничным, полным вкусом (табл. 1). Их органолептическая оценка составила 79–83 балла. Сидры из восстановленного сока уступали сидрам из свежего сусла по показателям «аромат» и «вкус» (75 баллов). Данные результаты можно объяснить тем, что восстановленный сок гото-

вят разбавлением концентрированного сока водой, который, в свою очередь, получают путем удаления части воды из сока прямого отжима. Во время процесса концентрирования происходит коагуляция белков, гидролиз сложных органических соединений, а также реакции меланоидинообразования, карамелизации и ряд других, в результате которых изменяются основные показатели и свойства свежего сока, а также теряются ароматические вещества [7].

Сброженный диффузионный сок был желтого цвета, имел простой аромат с тонами зеленого яблока, во вкусе значительно уступал другим исследуемым образцам. Его органолептическая оценка составила 72 балла.

Так как аромат является одним из важнейших показателей для оценки качества яблок, соков и сидров [8], большой интерес представляет исследование легколетучих веществ (ароматобразующих компонентов) сидров, формирующихся преимущественно в процессе спиртового брожения. Источником ароматических альдегидов в напитках брожения являются соответствующие высшие спирты. Их общее количество в сидрах варьировало в широком диапазоне (166,84–459,55 мг/дм³) (табл. 2). Стоит отметить, что в сброженном диффузионном соке концентрация фурфурола превышала данный показатель в сидре из свежего сусла почти в 2 раза, а в сидре из восстановленного сока – почти в 4 раза. Вероятно, это связано с тем, что фурфурол образуется в результа-

Таблица 1. Результаты органолептического анализа сидров и сброженного диффузионного сока

Table 1. Organoleptic analysis of ciders and fermented diffusion juice

Наименование образца	Органолептические характеристики	Средний балл
Сидр «Вирджиния»*	Цвет желтый. Аромат яркий, плодовой, экзотических фруктов с оттенками свежего яблока, груши, полевых цветов, сухофруктов, киви и манго. Вкус сложный, полный с пикантной горчинкой.	83
Сидр «Марго»*	Цвет желто-коричневый. Аромат чистый, яблочный с оттенками цветов плодовых деревьев и сена. Вкус полный, округлый, гармоничный.	82
Сидр «Прикубанское»*	Цвет желто-коричневый. Аромат чистый, сложный с тонами яблочного пюре, изюма, цветочными оттенками и нотами акации. Вкус полный, округлый, свежий.	81
Сидр «Орфей»*	Цвет лимонный. Аромат плодовой, развитый с цветочными, сухофруктовыми и сливовыми оттенками. Вкус чистый с умеренной кислотностью и горчинкой.	81
Сидр «Имрус»*	Цвет соломенный с зеленоватым оттенком. Аромат элегантный, цветочно-медовый с растительными оттенками. Вкус легкий, чистый.	80
Сидр «Союз»*	Цвет светло-янтарный, опалесцирующий. Аромат яркий, фруктово-цветочный с оттенками персика и облепихи. Вкус чистый с умеренной кислотностью и горчинкой.	79
Сидр «Мистер лис» (из восстановленного сока)	Цвет золотистый. Аромат плодовой с яблочными оттенками, легкими карамельными оттенками. Вкус свежий с тонами брожения.	75
Сидр «Strongbow» (из восстановленного сока)	Цвет соломенный с зеленоватым оттенком. Аромат плодовой с легкими оттенками груши. Вкус чистый с тонами брожения.	75
Сброженный диффузионный сок	Цвет желтый. Аромат чистый, зеленого яблока с выраженными тонами брожения. Вкус простой, водянистый.	72

Примечание. * – сортовой сидр, изготовленный на 100% из яблок одного помологического сорта.

те гидролиза полисахаридов и пектиновых веществ в кислой среде, находящихся в большей степени в кожуре и мезге плодов яблони, из которых и был приготовлен диффузионный сок. При производстве концентрированных соков применяется термическое воздействие, при котором происходит повышенное образование фурфурола из пентоз.

Известно, что представитель кетонов ацетоин и производные ацетона могут привносить в напитки неприятные и посторонние тона [9]. В исследуемых образцах ацетоин обнаружен в незначительных концентрациях, в основном в сидрах из восстановленного сока (см. табл. 2).

Сложные эфиры вносят значительный вклад в ароматический профиль напитков. Эти ароматические компоненты образуются в процессе брожения сусла и при автолизе дрожжей [10]. Во всех опытных образцах сидров был обнаружен этилацетат, который считается наиболее важным эфиром, обуславливающим фруктовые оттенки (яблоко, айва, персик, сухофрукты и т.п.) в аромате и вкусе сидра [11]. Его концентрация преобладала среди других эфиров (см. табл. 2). В сидрах из свежего яблочного сусла выявлена наибольшая концентрация этилацетата, варьирующая в широком диапазоне в зависимости от помологического сорта яблони, из плодов которой они были

Таблица 2. Результаты исследования летучих веществ сидров и сброженного диффузионного сока

Table 2. Volatile substances of siders and fermented diffusion juice

Наименование компонента	Массовая концентрация ароматических компонентов, мг/дм ³		
	Сидры из свежего сусла	Сидры из восстановленного сока	Сброженный диффузионный сок
Альдегиды			
ацетальдегид	11,03–57,37	16,49–32,83	19,81
фурфурол	0,73–7,68	2,64–4,20	11,84
2,3-бутиленгликоль р	105,74–275,68	150,12–194,74	167,20
2,3-бутиленгликоль м	49,34–118,82	64,43–99,02	76,129
Итого	166,84–459,55	203,68–331,79	274,98
Кетоны			
ацетоин	менее 0,50*–6,02	3,74–11,20	менее 0,50*
Сложные эфиры			
метилацетат	менее 0,50*–13,25	5,45–10,21	менее 0,50*
этилацетат	12,08–56,41	9,30–19,28	7,53
этилкапроат	0,30–3,36	2,33–7,65	3,87
этиллактат	0,47–19,44	4,49–4,83	3,89
этилкапринат	1,40–8,71	1,72–1,74	5,77
Итого	23,91–73,43	23,29–43,71	21,06
Спирты			
метанол	1,79–98,62	14,60–36,22	16,05
Высшие спирты			
2-пропанол	0,50–1,25	0,24	менее 0,50*
1-пропанол	8,43–33,90	10,90–16,44	13,18
изобутанол	18,10–37,37	6,87–29,46	19,45
1-бутанол	менее 0,5*–50,90	2,01–6,49	5,74
изоамиловый	131,19–229,12	32,79–158,31	93,18
1-гексанол	0,31–6,06	1,17–4,06	2,67
Итого	158,53–285,50	56,88–208,86	134,22
Летучие кислоты			
уксусная	86,30–242,80	129,66–153,07	92,71
пропионовая	менее 0,50*–11,01	менее 0,50*–1,50	менее 0,50*
изомасляная	0,53–3,19	1,63–5,17	2,55
масляная	менее 0,50*–16,36	2,85	менее 0,50*
изовалериановая	менее 0,50*–28,53	4,83–4,95	менее 0,50*
Итого	86,83–243,62	138,97–165,92	95,26
1,2-пропиленгликоль	2,60–43,86	22,98–26,31	17,34
фенилэтанол	7,03–48,71	27,24–27,49	21,66

Примечание. * – нижняя граница диапазона определения.

приготовлены. В сброженном диффузионном соке определена наименьшая суммарная концентрация сложных эфиров (см. табл. 2).

В большинстве проанализированных сидров высших спиртов было идентифицировано больше, чем сложных эфиров. Это, вероятно, связано с тем, что основное количество высших спиртов образуется во время брожения из аминокислот в результате метаболизма дрожжей, как и ароматические альдегиды [10]. Считается, что высшие спирты положительно влияют на органолептические характеристики яблочного сидра [12]. В исследуемых образцах были идентифицированы 1-пропанол, 2-пропанол, изобутанол, 1-бутанол, изоамиловый, 1-гексанол, которые приносят в сидры тона зеленого яблока и легкие травянистые оттенки [13, 14].

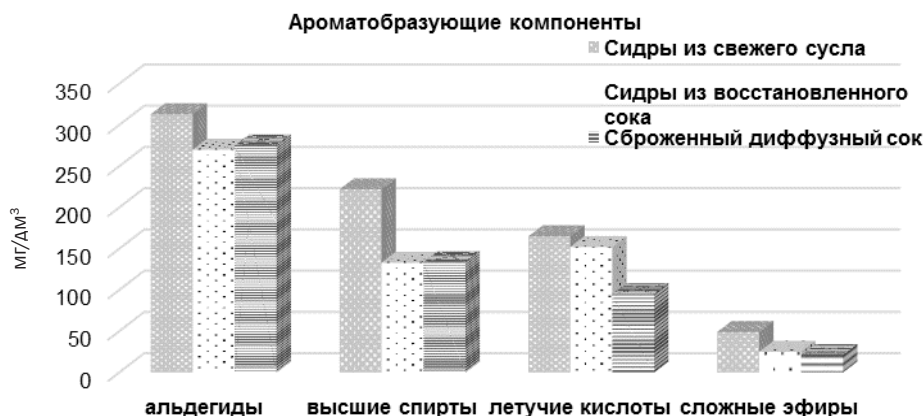
В результате изучения легколетучих компонентов установлено, что основными химическими группами из данных соединений в сидрах были ароматические альдегиды (в среднем 46,9% от общего состава легколетучих веществ), высшие спирты (26,0%), летучие кислоты (22,0%) и сложные эфиры (4,9%) (рисунок). Концентрации летучих компонентов в изученных сидрах и в сброженном диффузионном соке различались в зависимости от сырья, которое было использовано для их приготовления (свежее сусло, восстановленный сок, диффузионный сок). Наибольшие концентрации легколетучих веществ были определены в сидрах из свежего сусла по всем исследуемым группам ароматических компонентов. Стоит отметить, что результаты исследования легколетучих веществ коррелируют с результатами органолептического анализа.

Концентрации ароматических компонентов сортов сидров из свежего сусла варьировали в широких диапазонах, что обусловлено сортовыми особенностями яблок, из которых они были изготовлены.

Катионы щелочных и щелочноземельных металлов, относящиеся к макроэлементам, являются важными компонентами химического состава яблок и сидров [15], т.к. принимают участие в окислительно-восстановительных биохимических процессах, а также в различных химических реакциях. Так, избыток калия и кальция может привести к образованию кристаллических помутнений [16], а в некоторых случаях минеральный состав плодов яблони может облегчить идентификацию продуктов переработки и подтвердить их натуральность [17, 18].

В исследуемых образцах сидров была определена массовая концентрация калия, натрия, магния, кальция, а также иона аммония, по концентрации которого можно судить о доле свободных аминокислот (табл. 3).

В результате изучения щелочных и щелочноземельных катионов металлов установлено, что в сброженном диффузионном соке значение показателя калия было на 71% ниже среднего значения данного показателя в сидрах из свежего сусла, но на 39% больше, чем в сидре из сока восстановленного, что может быть связано с выпадением солей калия в осадок во время процессов, происходящих при концентрировании сока. Известно, что максимальная концентрация калия сосредоточена в кожуре яблок, этим объясняется его значительное содержание в сброженном диффузионном соке [19]. Значимое



Ароматобразующие компоненты (средние значения) сидров и диффузионного сока

Aroma-forming components (average values) of ciders and fermented diffusion juice

Таблица 3. Результаты исследования щелочных и щелочноземельных катионов металлов в сидрах и сброженном диффузионном соке

Table 3. Alkaline and alkaline earth metal cations in ciders and fermented diffusion juice

Наименование образца	Аммоний, мг/дм³	Массовая концентрация катионов металлов, мг/дм³			
		калий	натрий	магний	кальций
Сидры из свежего сусла	менее 1,0*–43	699–2150	7,1–43,4	12,8–43,1	4,54–43,90
Сидры из восстановленного сока	менее 1,0*–4,8	181–320	15,8–38,0	9,06–32,90	23,7–80,5
Сброженный диффузионный сок	1,0±0,2	411±41	11,6±1,30	17,4±1,9	22,4±2,2

Примечание. * – нижняя граница диапазона определения.

содержание кальция в сидре из восстановленного сока, вероятно, связано с его разбавлением водой. Концентрации натрия и магния в опытных образцах различались незначительно.

Фенольные вещества являются важными компонентами химического состава яблок, предназначенных для производства сидра, оказывающих большое влияние на органолептические характеристики, а именно цвет, полноту, танинность и коллоидную стабильность готового напитка. Кроме того, некоторые фенольные соединения являются предшественниками ароматических компонентов сидра [20]. В исследуемых образцах определяли массовые концентрации фенолкарбоновых (хлорогеновую, никотиновую, оротовую, кофейную и галловую) и аскорбиновой кислот (табл. 4).

В сброженном диффузионном соке концентрация аскорбиновой кислоты была наименьшей, т.к. выжимка является вторичным продуктом переработки яблок, а значительная часть этого витамина перешла в свежее сусло, оставшаяся часть разрушилась при окислительно-восстановительных процессах во время брожения. Аналогичные данные получены при исследовании сидров из восстановленного сока. Интересно отметить, что в сброженном диффузионном соке концентрации хлорогеновой (9,5 мг/дм³) и галловой (1,9 мг/дм³) кислот преобладали над соответствующими показателями сидров из свежего сусла и восстановленного сока. Также отмечена массовая концентрация оротовой кислоты (4,7 мг/дм³). Полученные данные можно объяснить тем, что во время технологического процесса приготовления сидров из свежего сусла происходит неполное извлечение экстрактивных веществ из кожицы плодов яблони, т.е. яблочная выжимка содержит биологически активные вещества,

которые не полностью извлекаются из кожицы плода яблони при производстве сидра. Поэтому для рационального использования вторичных сырьевых ресурсов представляет интерес рассмотреть возможность вторичного использования яблочной выжимки, например, при производстве фруктовых (плодовых) спиртов для крепких напитков [21], получаемых путем дистилляции сброженных диффузионных соков.

Органические кислоты, содержащиеся в сидрах, имеют различное происхождение: некоторые (яблочная, лимонная) переходят из мякоти плода яблони в сусло, другие образуются в процессе брожения и выдержки [22, 23]. Янтарная, уксусная, молочная кислоты являются продуктами цикла трикарбоновых кислот (Кребса), синтез которых в основном происходит при спиртовом брожении [24, 25]. В исследуемых образцах был изучен состав органических кислот (табл. 5).

В сброженном диффузионном соке концентрация молочной кислоты была выше, чем яблочной, это подтверждает то, что кроме спиртового брожения в данном образце прошла яблочно-молочная ферментация. Янтарной кислоты в сброженном диффузионном соке не идентифицировано. Возможно, это связано с тем, что она образуется из лимонной кислоты, которая не была, в свою очередь, обнаружена в выжимке, а ее незначительное присутствие в сброженном диффузионном соке говорит о том, что она образовалась в процессе брожения. По концентрации лимонной кислоты в образцах сидров из восстановленного сока можно судить об использовании производителями лимонной кислоты для корректировки органолептического показателя «вкус». В сидрах из свежего сусла основной органической кислотой была яблочная, также обнаружены в меньших концентрациях янтарная, лимонная, уксусная и молочная кислоты.

Таблица 4. Массовая концентрация аскорбиновой кислоты и фенолкарбоновых кислот в сидрах и сброженном диффузионном соке

Table 4. Mass concentration of ascorbic acid and phenolic carboxylic acids in ciders and fermented diffusion juice

Наименование образца	Аскорбиновая кислота, мг/дм ³	Фенолкарбоновые кислоты, мг/дм ³				
		хлорогеновая	никотиновая	оротовая	кофейная	галловая
Сидры из свежего сусла	7,1–48,0	1,1–8,2	менее 1,0*–4,1	менее 1,0*–8,1	менее 1,0*–5,0	менее 1,0*–1,6
Сидры из восстановленного сока	3,8–4,3	5,1–5,3	менее 1,0*–2,8	1,2–1,8	менее 1,0*–1,1	менее 1,0*–1,2
Сброженный диффузионный сок	2,3±0,5	9,5±2,3	менее 1,0*	4,7±1,1	1,7±0,4	1,9±0,5

Примечание. * – нижняя граница диапазона определения.

Таблица 5. Органические кислоты в сидрах и сброженном диффузионном соке

Table 5. Organic acids in ciders and fermented diffusion juice

Наименование образца	Массовая концентрация органических кислот, г/дм ³			
	яблочная	янтарная	лимонная	молочная
Сидры из свежего сусла	3,12–7,09	0,26–0,86	0,02–1,66	0,06–0,31
Сидры из восстановленного сока	1,17–1,73	0,19–0,36	2,69–4,53	0,08–0,19
Сброженный диффузионный сок	0,78±0,10	менее 0,05*	0,19±0,06	1,95±0,27

Примечание. * – нижняя граница диапазона определения.

ВЫВОДЫ

Основными химическими группами ароматизирующих компонентов исследуемых сидров были ароматические альдегиды (в среднем 46,9% от общего состава летучих веществ), высшие спирты (26,0%), летучие кислоты (22,0%) и сложные эфиры (4,9%). Концентрации всех групп ароматического комплекса были ниже в сброженном диффузионном соке, за исключением фурфурола, образовавшегося из полисахаридов и пектиновых веществ яблочной выжимки (кожицы и мезги). Концентрации щелочных и щелочноземельных катионов металлов, органических кислот, аскорбиновой кислоты и фенолкарбоновых кислот в сброженном диффузионном соке и сидрах из восстановленного сока были значительно ниже, чем в сидрах из свежего сусла. Полученные результаты

исследования биохимического состава сидров коррелируют с органолептическими показателями. У сидров из свежего сусла аромат был ярким, сложным, развитым, а вкус более сбалансированным, гармоничным, полным с «живой» кислотностью. Однако сброженный диффузионный сок имел преобладающие концентрации хлорогеновой, галловой и оротовой кислот из-за неполного их извлечения из кожицы и мезги яблок. В связи с этим необходимо рассмотреть возможность вторичного использования яблочной выжимки, например, в технологии фруктовых (плодовых) спиртов для крепких алкогольных напитков, получаемых перегонкой сброженной плодовой мезги и (или) сброженных плодовых выжимок. Вовлечение вторичного сырья в переработку позволит рационально использовать вторичные сырьевые ресурсы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Onofri L. A note on the economics of fruit wines: state of the arts and research gaps // *Horticulturae*. 2022. Vol. 8, no. 2. P. 163. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020163>.
2. Calugar P.C., Coldea T.E., Salantă Pop C.R., Pasqualone A., Burja-Udrea C., Zhao H., et al. An overview of the factors influencing apple cider sensory and microbial quality from raw materials to emerging processing technologies // *Processes*. 2021. Vol. 9, no. 3. P. 502. <https://doi.org/10.3390/pr9030502>.
3. Basalekou M., Kyraleou M., Kallithraka S. Authentication of wine and other alcohol-based beverages – future global scenario. In: *Future foods. Global trends, opportunities, and sustainability challenges*. Academic Press, 2022. Vol. 38. P. 669–695. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91001-9.00028-1>.
4. Ranaweera K.R., Gonzaga L.S., Capone D.L., Bastian S.E.P., Jeffery D.W. Authenticity and traceability in the wine industry: from analytical chemistry to consumer perceptions. In: *Comprehensive foodomics*. Elsevier, 2021. P. 452–480. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22876-X>.
5. Панасюк А.Л., Кузьмина Е.И., Свиридов Д.А., Харламова Л.Н., Шилкин А.А. Способы выявления фальсификата винных напитков // *Актуальные вопросы индустрии напитков*. 2019. N 3. С. 169–173. <https://doi.org/10.21323/978-5-6043128-4-1-2019-3-169-173>.
6. Sandhu D., Morya S. A review on the comparative study of nutraceutically activated fruits and herbs based wines // *Applied and Natural Science Foundation*. 2022. Vol. 14, no. 2. <https://doi.org/10.31018/jans.v14i2.3429>.
7. Wang H., Zhang Y., Ren S., Pei J., Li Z. Athermal concentration of apple juice by forward osmosis: process performance and membrane fouling propensity // *Chemical Engineering Research and Design*. 2022. Vol. 177. P. 569–577. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2021.11.023>.
8. Medina S., Perestrelo R., Pereira R., Câmara J.S. Evaluation of volatilomic fingerprint from apple fruits to ciders: a useful tool to find putative biomarkers for each apple variety // *Foods*. 2020. Vol. 9, no. 12. P. 1830. <https://doi.org/10.3390/foods9121830>.
9. Magalhães F., Krogerus K., Vidgren V., Sandell M., Gibson B. Improved cider fermentation performance and quality with newly generated *Saccharomyces cerevisiae* × *Saccharomyces eubayanus* hybrids // *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 2017. Vol. 44, no. 8. P. 1203–1213. <https://doi.org/10.1007/s10295-017-1947-7>.
10. Lachenmeier D.W., Haupt S., Schulz K. Defining maximum levels of higher alcohols in alcoholic beverages and surrogate alcohol products // *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2008. Vol. 50, no. 3. P. 313–321. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2007.12.008>.
11. Antón M.J., Valles B.S., Hevia A.G., Lobo A.P. Aromatic profile of ciders by chemical quantitative, gas chromatography-olfactometry, and sensory analysis // *Journal of Food Science*. 2013. Vol. 79, no. 1. P. S92–S99. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12323>.
12. Rosend J., Kuldjārva R., Rosenväld S., Paalme T. The effects of apple variety, ripening stage, and yeast strain on the volatile composition of apple cider // *Heliyon*. 2019. Vol. 5, no. 6. P. 01953. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01953>.
13. Guichard H., Poupard P., Legoahec L., Millet M., Bauduin R., Michel J., et al. *Brettanomyces anomalus*, a double drawback for cider aroma // *LWT*. 2019. Vol. 102. P. 214–222. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.033>.
14. Sousa A., Vareda J., Pereira R., Silva C., Câmara J.S., Perestrelo R. Geographical differentiation of apple ciders based on volatile fingerprint // *Food Research International*. 2020. Vol. 137. P. 109550. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109550>.
15. Vidot K., Rivard C., Vooren G.V., Sire R., Lahaie M. Metallic ions distribution in texture and phenolic content contrasted cider apples // *Postharvest Biology and Technology*. 2020. Vol. 160. P. 111046. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111046>.
16. Гниломедова Н.В., Червяк С.Н., Весютова А.В. Физические способы стабилизации вин против кристаллических помутнений // *Магарац. Виноградарство и виноделие*. 2020. Т. 22. N 3. С. 277–282. <https://doi.org/10.35547/IM.2020.22.3.018>.
17. Kosseva M.R., Joshi V.K., Panesar P.S. *Science and technology of fruit wine production*. Academic Press, 2017. 727 p. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-13641-0>.
18. Squadrone S., Brizio P., Stella C., Mantia M., Pedrivera S., Giordanengo G., et al. Distribution and bioaccu-

mulation of trace elements and lanthanides in apples from Northwestern Italy // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2020. Vol. 62. P. 126646. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126646>.

19. Ширшова А.А., Агеева Н.М., Прах А.В., Шелудько О.Н. Влияние сорта яблок на концентрацию аминокислот в свежих и сброженных яблочных соках и концентрацию ароматобразующих компонентов сидров // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2020. N 66. С. 369–381. <http://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-6-66-369-381>.

20. Bortolini D.G., Benvenuti L., Demiate I.M., Nogueira A., Alberti A., Zielinski A.A.F. A new approach to the use of apple pomace in cider making for the recovery of phenolic compounds // *LWT*. 2020. Vol. 126. P. 109316. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109316>.

21. Шелудько О.Н., Ширшова А.А., Прах А.В., Редька В.М., Бахметов Р.Н. Влияние технологии производства спиртов на органолептические показатели напитков из виноградного сырья // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2022. N 5.

C. 24–27. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2022.5.5>.

22. Zhang Z., Lan Q., Yu Y., Zhou J., Lu H. Comparative metabolome and transcriptome analyses of the properties of *Kluyveromyces marxianus* and *Saccharomyces yeasts* in apple cider fermentation // *Food Chemistry: Molecular Sciences*. 2022. Vol. 4. P. 100095. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2022.100095>.

23. Moreno J., Peinado R. *Enological chemistry*. Academic Press, 2012. 429 p. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-69661-9>.

24. Robles A., Fabjanowicz M., Chmiel T., Płotka-Wasyłka J. Determination and identification of organic acids in wine samples. Problems and challenges // *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2019. Vol. 120. P. 115630. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.115630>.

25. Han Y., Du J. A comparative study of the effect of bacteria and yeasts communities on inoculated and spontaneously fermented apple cider // *Food Microbiology*. 2023. Vol. 111. P. 104195. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104195>.

REFERENCES

1. Onofri L. A note on the economics of fruit wines: state of the arts and research gaps. *Horticulturae*. 2022;8(2):163. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020163>.

2. Calugar P.C., Coldea T.E., Salantă Pop C.R., Pasqualone A., Burja-Udrea C., Zhao H., et al. An overview of the factors influencing apple cider sensory and microbial quality from raw materials to emerging processing technologies. *Processes*. 2021;9(3):502. <https://doi.org/10.3390/pr9030502>.

3. Basalekou M., Kyraleou M., Kallithraka S. Authentication of wine and other alcohol-based beverages – future global scenario. In: *Future foods. Global trends, opportunities, and sustainability challenges*. Academic Press; 2022, vol. 38, p. 669-695. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91001-9.00028-1>.

4. Ranaweera K.R., Gonzaga L.S., Capone D.L., Bastian S.E.P., Jeffery D.W. Authenticity and traceability in the wine industry: from analytical chemistry to consumer perceptions. In: *Comprehensive foodomics*. Elsevier; 2021, p. 452-480. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22876-X>.

5. Panasyuk A.L., Kuzmina E.I., Sviridov D.A., Kharlamova L.N., Shilkin A.A. Identifying methods of wine drinks counterfeit. *Aktual'nye voprosy industrii napitkov*. 2019;(3):169-173. (In Russian). <https://doi.org/10.21323/978-5-6043128-4-1-2019-3-169-173>.

6. Sandhu D., Morya S. A review on the comparative study of nutraceutically activated fruits and herbs based wines. *Applied and Natural Science Foundation*. 2022;14(2). <https://doi.org/10.31018/jans.v14i2.3429>.

7. Wang H., Zhang Y., Ren S., Pei J., Li Z. Athermal concentration of apple juice by forward osmosis: process performance and membrane fouling propensity. *Chemical Engineering Research and Design*. 2022;177:569-577. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2021.11.023>.

8. Medina S., Perestrelo R., Pereira R., Câmara J.S. Evaluation of volatilomic fingerprint from apple fruits to ciders: a useful tool to find putative biomarkers for each apple variety. *Foods*. 2020;9(12):1830. <https://doi.org/10.3390/foods9121830>.

9. Magalhães F., Krogerus K., Vidgren V., Sandell M., Gibson B. Improved cider fermentation performance and quality with newly generated *Saccharomyces cerevisiae* × *Saccharomyces eubayanus* hybrids. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 2017;44(8):1203-1213. <https://doi.org/10.1007/s10295-017-1947-7>.

10. Lachenmeier D.W., Haupt S., Schulz K. Defining maximum levels of higher alcohols in alcoholic beverages and surrogate alcohol products. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2008;50(3):313-321. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2007.12.008>.

11. Antón M.J., Valles B.S., Hevia A.G., Lobo A.P. Aromatic profile of ciders by chemical quantitative, gas chromatography-olfactometry, and sensory analysis. *Journal of Food Science*. 2013;79(1):S92-S99. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12323>.

12. Rosend J., Kuldjārva R., Rosenvald S., Paalme T. The effects of apple variety, ripening stage, and yeast strain on the volatile composition of apple cider. *Heliyon*. 2019;5(6):01953. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01953>.

13. Guichard H., Poupard P., Legoahec L., Millet M., Bauduin R., Michel J., et al. *Brettanomyces anomalus*, a double drawback for cider aroma. *LWT*. 2019;102:214-222. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.033>.

14. Sousa A., Vareda J., Pereira R., Silva C., Câmara J.S., Perestrelo R. Geographical differentiation of apple ciders based on volatile fingerprint. *Food Research International*. 2020;137:109550. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109550>.

15. Vidot K., Rivard C., Vooren G.V., Sire R., Lahaie M. Metallic ions distribution in texture and phenolic content contrasted cider apples. *Postharvest Biology and Technology*. 2020;160:111046. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111046>.

16. Gnilomedova N.V., Cherviakov S.N., Vesytova A.V. Physical methods for wine stabilization against crystalline haze. *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie = Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2020;22(3):277-282. (In

Russian). <https://doi.org/10.35547/IM.2020.22.3.018>.

17. Kosseva M.R., Joshi V.K., Panesar P.S. *Science and technology of fruit wine production*. Academic Press; 2017. 727 p. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-13641-0>.

18. Squadrone S., Brizio P., Stella C., Mantia M., Ped-
eriva S., Giordanengo G., et al. Distribution and bioaccu-
mulation of trace elements and lanthanides in apples
from Northwestern Italy. *Journal of Trace Elements in
Medicine and Biology*. 2020;62:126646. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126646>.

19. Shirshova A.A., Ageyeva N.M., Prakh A.V.,
Shelud'ko O.N. Influence of apple variety the con-
centration of amino acids in fresh and fermented ap-
ple juices and the concentration of aromatic forming
components of ciders. *Plodovodstvo i vinogradarstvo
Yuga Rossii = Fruit growing and viticulture of South
Russia*. 2020;(66):369-381. (In Russian). <http://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-6-66-369-381>.

20. Bortolini D.G., Benvenuti L., Demiate I.M.,
Nogueira A., Alberti A., Zielinski A.A.F. A new approach to
the use of apple pomace in cider making for the recov-
ery of phenolic compounds. *LWT*. 2020;126:109316.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109316>.

21. Sheludko O.N., Shirshova A.A., Prakh A.V., Red-
ka V.M., Bakhmetov R.N. Influence of alcohol produc-

tion technology on the organoleptic characteristics of
beverages from grape raw materials. *Izvestiya vysshikh
uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya = Iz-
vestiya Vuzov. Food Technology*. 2022;(5):24-27. (In Rus-
sian). <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2022.5.5>.

22. Zhang Z., Lan Q., Yu Y., Zhou J., Lu H. Compar-
ative metabolome and transcriptome analyses of the
properties of *Kluyveromyces marxianus* and *Saccharo-
myces* yeasts in apple cider fermentation. *Food Chem-
istry: Molecular Sciences*. 2022;4:100095. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2022.100095>.

23. Moreno J., Peinado R. *Enological chemistry*. Ac-
ademic Press; 2012. 429 p. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-69661-9>.

24. Robles A., Fabjanowicz M., Chmiel T., Plot-
ka-Wasyłka J. Determination and identification of or-
ganic acids in wine samples. Problems and challenges.
TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2019;120:115630.
<https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.115630>.

25. Han Y., Du J. A comparative study of the effect
of bacteria and yeasts communities on inoculated and
spontaneously fermented apple cider. *Food Microbi-
ology*. 2023;111:104195. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104195>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ширшова Анастасия Александровна,
к.т.н., старший научный сотрудник
НЦ «Виноделие»,
Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства,
виноделия»,
350072, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39,
Российская Федерация,
anastasiya_1987@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1428-5935>

Наталья Михайловна Агеева,
д.т.н., профессор,
главный научный сотрудник НЦ «Виноделие»,
Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства,
виноделия»,
350072, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39,
Российская Федерация,
ageyeva@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9165-6763>

Шелудько Ольга Николаевна,
д.т.н., к.х.н., доцент,
заведующая НЦ «Виноделие»,
Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства,
виноделия»,
350072, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39,
Российская Федерация,
scheludcko.olga@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1325-9762>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anastasia A. Shirshova,
Cand. Sci. (Engineering),
Senior Researcher,
Scientific Center "Wine-making",
North-Caucasian Federal Scientific Center
of Horticulture, Viticulture, Wine-making,
39, 40-letiya Pobedy St., Krasnodar, 350072,
Russian Federation,
anastasiya_1987@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1428-5935>

Natalia M. Ageyeva,
Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Chief Researcher,
Scientific Center "Wine-making",
North-Caucasian Federal Scientific Center
of Horticulture, Viticulture, Wine-making,
39, 40-letiya Pobedy St., Krasnodar, 350072,
Russian Federation,
ageyeva@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9165-6763>

Olga N. Sheludko,
Dr. Sci. (Engineering), Cand. Sci. (Chemistry),
Associate Professor,
Head of Scientific Center "Wine-making",
Federal State Scientific Budget Institution
North-Caucasian Federal Scientific Center
of Horticulture, Viticulture, Wine-making,
39, 40-letiya Pobedy St., Krasnodar, 350072,
Russian Federation,
scheludcko.olga@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1325-9762>

Храпов Антон Александрович,
младший научный сотрудник
селекционно-биотехнологической лаборатории,
Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства,
виноделия»,
350072, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39,
Российская Федерация,
hrapov-anton@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6436-1970>

Ульяновская Елена Владимировна,
д.с.-х.н., заведующая лабораторией сортоизучения
и селекции садовых культур,
Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства,
виноделия»,
350072, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39,
Российская Федерация,
ulyanovskaya_e@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3987-7363>

Чернуцкая Евгения Анатольевна,
аспирант, младший научный сотрудник лаборатории
сортоизучения и селекции садовых культур,
Федеральное государственное бюджетное научное
учреждение «Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства,
виноделия»,
350072, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39,
Российская Федерация,
ev.belenko95@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5140-9891>

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный
вариант рукописи.*

Информация о статье

Поступила в редакцию 21.02.2023.
Одобрена после рецензирования 27.04.2023.
Принята к публикации 30.05.2023.

Anton A. Khrapov,
Junior Researcher,
Selection and Biotechnological Laboratory,
North-Caucasian Federal Scientific Center
of Horticulture, Viticulture, Wine-making,
39, 40-letiya Pobedy St., Krasnodar, 350072,
Russian Federation,
hrapov-anton@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6436-1970>

Elena V. Ulyanovskaya,
Dr. Sci. (Agriculture),
Head of Laboratory of Variety Study and Breeding
of Garden Crops,
North-Caucasian Federal Scientific Center
of Horticulture, Viticulture, Wine-making,
39, 40-letiya Pobedy St., Krasnodar, 350072,
Russian Federation,
ulyanovskaya_e@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3987-7363>

Evgenia A. Chernutskaya,
Junior Researcher,
Laboratory of Variety Study and Breeding
of Garden Crops,
North-Caucasian Federal Scientific Center
of Horticulture, Viticulture, Wine-making,
39, 40-letiya Pobedy St., Krasnodar, 350072,
Russian Federation,
ev.belenko95@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5140-9891>

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict interests

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

*The final manuscript has been read and approved by all
the co-authors.*

Information about the article

The article was submitted 21.02.2023.
Approved after reviewing 27.04.2023.
Accepted for publication 30.05.2023.