ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2423
https://elibrary.ru/HDEAQY

Оригинальная статья
https://fptt.ru

Изучение трансформации компонентного состава плодов яблони в сидр

А. А. Ширшова*, Н. М. Агеева, Е. В. Ульяновская, Е. А. Чернуцкая

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия

Поступила в редакцию: 01.09.2022
Принята после рецензирования: 22.09.2022
Принята к публикации: 04.10.2022

**А. А. Ширшова: anastasiya_1987@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0003-1428-5935*
Н. М. Агеева: https://orcid.org/0000-0002-9165-6763
Е. В. Ульяновская: https://orcid.org/0000-0003-3987-7363
Е. А. Чернуцкая: https://orcid.org/0000-0001-5140-9891

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

Аннотация.
Сидр получают путем брожения сусла специальных (технических) сортов яблок. В Госреестр РФ селекционных достижений включено 476 сортов яблонь, некоторые из которых могут быть перспективными для производства сидра. Для выявления сортов яблок, наиболее подходящих для приготовления сидра, актуальным является изучение и анализ трансформации химических веществ яблочного сусла в процессе приготовления сидра.
Объектами исследования были выбраны 16 образцов яблочного сусла и сидра, полученные из яблок зарубежной и отечественной селекции. Для определения физико-химических, биохимических и органолептических показателей применяли стандартные методики, а также методы высокоэффективного капиллярного электрофореза и газовой хроматографии.
Установлено, что концентрации титруемых кислот, фенольных веществ, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот сусла варьировались в широких диапазонах в зависимости от сорта яблок. По завершении процесса брожения было отмечено снижение аскорбиновой кислоты в среднем на 76 %. Содержание фенолкарбоновых кислот увеличилось в сидре по отношению к суслу в среднем на 51 %. В сидрах обнаружили янтарную, щавелевую, молочную и уксусную кислоты, которых изначально не было в сусле. Было отмечено повышение концентрации аминокислот в среднем в 2 раза. По результатам дегустационной оценки выделили сидр из сорта Вирджиния, в сусле которого концентрация фенольных веществ была максимальной (1121,6 мг/дм^3).
В ходе работы изучили трансформацию химических веществ сусла в процессе приготовления сидра. Лучшими характеристиками, в том числе органолептическими, отличались сидры из сортов яблок со сложным межвидовым происхождением и полученных комплексом методов полиплоидии и отдаленной гибридизации, а также с высокими концентрациями сахаров и фенольных веществ. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение сортов и форм с выделившимися происхождением и физико-химическими показателями с целью их возможной переработки в сидры, плодовые водки и кальвадосы.

Ключевые слова. Яблоки, селекция, сорт, брожение, сидр, сусло, химические вещества

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

Для цитирования: Изучение трансформации компонентного состава плодов яблони в сидр / А. А. Ширшова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53. № 1. С. 159–167. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2423

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2423
https://elibrary.ru/HDEAQY

Original article
Available online at https://fptt.ru/en

Transformation of Apple Composition during Cider Production

Anastasia A. Shirshova*, Natalia M. Ageyeva, Elena V. Ulyanovskaya, Evgenia A. Chernutskaya

North-Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture and Winemaking, Krasnodar, Russia

Received: 01.09.2022
Revised: 22.09.2022
Accepted: 04.10.2022

**Anastasia A. Shirshova: anastasiya_1987@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0003-1428-5935*
Natalia M. Ageyeva: https://orcid.org/0000-0002-9165-6763
Elena V. Ulyanovskaya: https://orcid.org/0000-0003-3987-7363
Evgenia A. Chernutskaya: https://orcid.org/0000-0001-5140-9891

© A.A. Shirshova, N.M. Ageyeva, E.V. Ulyanovskaya, E.A. Chernutskaya, 2023

Abstract.
Cider is obtained by fermenting mashed apples of special cider varieties. The Russian State Register of Selection Achievements includes 476 varieties of apples, some of which can be used in commercial cider production. To identify potential cider cultivars, food scientists study the transformation of chemicals in apple mash during fermentation.
The research involved 16 samples of apple mash and cider obtained from apples of foreign and domestic selection. Their physicochemical, biochemical, and sensory parameters were identified using standard methods, as well as the methods of high-performance capillary electrophoresis and gas chromatography.
The samples revealed a wide range of concentrations of titratable acids, phenolic substances, ascorbic acids, and phenolcarboxylic acids, depending on the cultivar. After fermentation, the content of ascorbic acid decreased by an average of 76%. The content of phenolcarboxylic acids in the cider samples increased by an average of 51% compared with the apple mash samples. The ciders contained succinic, oxalic, lactic, and acetic acids, which were not registered in the apple mash, and the concentration of amino acids doubled. The cider from the Virginia variety had the best sensory profile, and it also had the highest concentration of phenolic substances (1121.6 mg/dm^3).
In this research, the best characteristics belonged to the ciders from apple varieties with a complex interspecific origin, obtained by a complex of polyploidy and distant hybridization methods, and with high concentrations of sugars and phenolic substances in the apple mash. Further research will test varieties of other origins and physicochemical properties for their potential use in cider, vodka, and calvados production.

Keywords. Apples, selection, varieties, fermentation, cider, must, chemical substances

Funding. The research was supported by the Kuban Science Foundation as part of scientific project No. MFI-20.1/100.

For citation: Shirshova AA, Ageyeva NM, Ulyanovskaya EV, Chernutskaya EA. Transformation of Apple Composition during Cider Production. Food Processing: Techniques and Technology. 2023;53(1):159–167. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2423

Введение

Производство яблочного сидра широко распространено во всем мире, т. к. этот слабоалкогольный напиток брожения производят из яблочного сока (сусла), а яблоня является легко адаптируемой к природно-климатическим условиям культурой, и существует большое количество ее сортов [1]. Сидр получают путем брожения яблочного сусла под действием ферментов дрожжей, в результате которого происходит изменение химического состава за счет трансформации одних групп веществ и образования других [2]. Процесс брожения заключается не только в метаболизме углеводов, образовании этанола и углекислого газа, но и других соединений (органических кислот, полифенольных веществ, аминокислот, летучих соединений и т. д.), от которых зависят органолептические характеристики готового напитка [3].

Объемная доля этилового спирта в сидре составляет от 1,2 до 6,0 %, поэтому популярность и объемы производства сидра во всем мире постоянно растут [4]. Наиболее важными регионами потребления сидра в мире являются Западная Европа (55,7 %),

Африка и Северная Америка (по 12 %), Австралия (8 %) и Восточная Европа (6,4 %) [5].

Ежегодно во всем мире на сидр перерабатывают более 1 млн тонн яблок. В Великобритании, Франции, Ирландии и Бельгии выращивают специальные «технические» сорта, предназначенные для производства сидра [6].

Согласно данным Европейской ассоциации сидра и фруктовых вин яблоки для сидра подразделяются на четыре основные категории: кислые, горько-кислые, горько-сладкие и сладкие [7, 8]. Основными критериями классификации яблок являются концентрация сахаров, определяющая объемную долю этилового спирта в готовом напитке, фенольные соединения, придающие горьковатый вкус, и кислотность, усиливающая вяжущий вкус и создающая полноту вкуса [9].

Краснодарский край является одним из ведущих в России регионов развитого плодоводства. Сортимент плодовых культур Краснодарского края за последние десятилетия пополнился за счет новых сортов промышленных культур, в том числе иммунных и высокоустойчивых к парше сортов яблони, площади насаждений которых из года в год увеличиваются [10]. В России включено в Госреестр селекционных достижений 476 сортов яблони, в том числе 153 по Северо-Кавказскому региону. Селекционное обновление существующего сортимента идет ускоренными темпами: в 2020–2021 гг. в Госреестр РФ включено 34 новых сорта яблони.

Согласно Федеральному закону № 171 «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции и об ограничении потребления (распития) алкогольной продукции» деятельность по производству и обороту сидра не подлежит лицензированию в Российской Федерации. В связи с этим сидры занимают значительное место в ассортименте алкогольной продукции [11]. В последние несколько лет среди крестьянско-фермерских хозяйств отмечен повышенный интерес к сортам яблонь, подходящим для производства сидра.

Цель работы – изучить показатели качества яблочного сусла и сидра из него на примере некоторых сортов яблок для выделения наиболее подходящих сортов для переработки на сидр.

Объекты и методы исследования

В работе было исследовано 16 сортов и элитных форм яблок различного эколого-географического происхождения: Ренет Платона, Багрянец Кубани, Прикубанское, Персиковое (Россия, сорта селекции СКФНЦСВВ), Орфей, Марго, Союз, Юнона, элитные формы 12/1-21-29 и 12/1-21-24 (Россия, СКФНЦСВВ и ВНИИСПК), Имрус (Россия, ВНИИСПК), Лигол (Польша), Вирджиния, Интерпрайс, Либерти (США) и Флорина (Франция), а также приготовленные из них сидры. Среди исследуемых образцов сорта летнего срока созревания – Союз и Юнона, осеннего – Персиковое и Вирджиния, формы 12/1-21-29 и 12/1-21-24, остальные – зимнего.

Яблочное сусло было получено на соковыжималке, сброжено в лабораторных условиях расой дрожжей *Fruit* (род *Saccharomyces cerevisiae*, Германия, «Erbslöh Geisenheim») при температуре 17 ± 1 °С. Осветление сидра происходило посредством его отстаивания с последующим отделением осадка и дальнейшей фильтрацией.

В яблочном сусле и сидрах определили физико-химические показатели по действующим на территории РФ стандартным методикам ГОСТ и ГОСТ Р. Массовую концентрацию органических кислот, аскорбиновой и фенолкарбоновых кислот установили методом высокоэффективного капиллярного электрофореза на приборе Капель 105М (Россия) путем прямого ввода пробы, аминокислот – путем предварительной подготовки пробы (кислотного гидролиза и разделении анионных форм N-фенилтиокарбамилпроизводных аминокислот), фенольных веществ – колориметрическим методом с применением реактива Фолина-Чокальтеу, качественный и количественный состав летучих компонентов – с помощью газового хроматографа Кристалл 2000 (Россия) путем прямого ввода пробы. Для газохроматографического анализа были выбраны следующие условия: кварцевая капиллярная колонка длиной 50 м, внутренний диаметр – 0,32 мм; неподвижная жидкая фаза – FFAP; температура инжектора хроматографа – 150 °С; температура подогрева детектора ДИП – 170 °С; входное давление на колонке – 60 кПа; температура термостата колонок – 50 °С, изотерма – 7 мин, программирование температуры со скоростью 5 °С/мин до 140 °С и выдержка до конца анализа; испаритель с делением потока – коэффициент деления потока 1:33; поток газа-носителя через колонку – 1,21 см^3/мин; объем пробы – 1 мм^3; газ-носитель – азот; расход водорода – 25 см^3/мин; расход воздуха – 250 см^3/мин; время анализа – 60 мин.

Органолептические показатели опытных образцов сидра оценивала дегустационная комиссия НЦ «Виноделие» по 100 бальной шкале. Исследования проводили в центре коллективного пользования «Приборно-аналитический» ФГБНУ СКФНЦСВВ. Для количественных расчетов содержания компонентов в пробе применяли метод абсолютной калибровки.

Результаты и их обсуждение

Яблоки различных сортов имеют разное время созревания и отличаются спецификой химического состава [10]. Диапазоны варьирования основных показателей в исследуемых образцах сусла представлены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели, характеризующие яблочное сусло из исследуемых сортов (элитных форм)

Table 1. Indicators of apple mash of elite varieties

№ п/п	Сорт (формы) яблок	Выход сока, %	Длительность брожения, сутки	Массовая концентрация сахаров, г/100 см^3	Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм^3	Массовая концентрация фенольных веществ, мг/дм^3	Массовая концентрация антоцианов, мг/дм^3
1	Ренет Платона	68	7 ± 1	12,4 ± 0,1	8,6 ± 0,1	452,0 ± 11,0	23,0 ± 1,0
2	Орфей	75	13 ± 1	13,6 ± 0,1	9,2 ± 0,1	330,0 ± 9,0	23,0 ± 1,0
3	Марго	86	7 ± 1	15,3 ± 0,2	4,0 ± 0,1	660,0 ± 15,0	17,0 ± 1,0
4	Багрянец Кубани	66	12 ± 1	13,6 ± 0,1	4,6 ± 0,1	402,0 ± 11,0	19,0 ± 1,0
5	Прикубанское	81	15 ± 1	11,9 ± 0,1	4,8 ± 0,1	544,0 ± 14,0	14,0 ± 1,0
6	Союз	68	12 ± 1	11,8 ± 0,1	3,8 ± 0,1	408,0 ± 14,0	21,0 ± 1,0
7	Юнона	75	11 ± 1	11,4 ± 0,1	4,2 ± 0,1	456,0 ± 11,0	11,0 ± 1,0
8	Персиковое	72	13 ± 1	11,6 ± 0,1	4,0 ± 0,1	523,0 ± 15,0	9,0 ± 1,0
9	Лигол	84	15 ± 1	13,1 ± 0,1	4,8 ± 0,1	448,0 ± 11,0	15,0 ± 1,0
10	Вирджиния	72	13 ± 1	15,8 ± 0,2	5,8 ± 0,1	1121,6 ± 28,0	35,0 ± 1,0
11	Интерпрайс	59	12 ± 1	13,4 ± 0,2	5,6 ± 0,1	456,0 ± 11,0	менее 5,0
12	Либерти	85	12 ± 1	13,8 ± 0,2	6,7 ± 0,1	345,0 ± 9,0	менее 5,0
13	Флорина	77	15 ± 1	12,7 ± 0,1	4,7 ± 0,1	198,0 ± 6,0	менее 5,0
14	Имрус	79	11 ± 1	11,9 ± 0,1	6,2 ± 0,1	336,0 ± 9,0	8,0 ± 1,0
15	12/1-21-29	88	13 ± 1	11,6 ± 0,1	8,2 ± 0,1	280,0 ± 8,0	14,0 ± 1,0
16	12/1-21-24	82	12 ± 1	11,4 ± 0,1	6,7 ± 0,1	360,0 ± 9,0	менее 5,0

Как видно из таблицы 1, выход сока, длительность процесса брожения и содержание сахаров, титруемых кислот и фенольных веществ яблочного сусла варьируются в широких диапазонах в зависимости от сорта (формы) яблок. Корреляции между концентрацией сахаров, титруемых кислот и фенольных веществ и временем брожения не установлено.

Максимальный выход сусла получен при переработке яблок сортов (форм) 12/1-21-29, Марго, Либерти, Лигол и 12/1-21-24 (88–82 %). Наибольшая концентрация сахаров отмечена в сортах (формах) Вирджиния, Марго, Либерти, Орфей и Багрянец Кубани (15,8–13,6 г/100 см^3), титруемых кислот – Орфей, Ренет Платона и 12/1-21-29 (9,2–8,2 г/дм^3).

При исследовании состава нелетучих (экстрактивных) компонентов сусла выявили различия в содержании фенольных веществ. Фенольные вещества являются важными компонентами химического состава яблок, предназначенными для производства сидра и оказывающими большое влияние на органолептические характеристики, а именно цвет, полноту вкуса, танинность и коллоидную стабильность готового напитка [12]. Кроме того, некоторые фенольные соединения являются предшественниками ароматических компонентов сидра [13, 14]. Данную информацию подтверждает и наше исследование: сидр с наибольшей дегустационной оценкой (83 балла), приготовленный из яблок сорта Вирджиния, имел концентрацию фенольных веществ 1121,6 мг/дм^3, в то время как в сусле остальных исследуемых сортов (форм) массовая концентрация фенольных веществ была на уровне 198–660 мг/дм^3.

Таблица 2. Массовая концентрация аскорбиновой кислоты в сусле и сидрах из яблок, исследуемых сортов (элитных форм)

Table 2. Mass concentration of ascorbic acid in apple mash and cider samples of elite varieties

№ п/п	Сорт (форма) яблок	Массовая концентрация аскорбиновой кислоты, мг/дм^3		Доля снижения аскорбиновой кислоты, %
		Сусло	Сидр	
1	Ренет Платона	7,6 ± 0,3	1,7 ± 0,1	77,6
2	Орфей	7,5 ± 0,3	2,8 ± 0,1	62,7
3	Марго	8,4 ± 0,3	0,5 ± 0,1	94,0
4	Багрянец Кубани	7,0 ± 0,3	1,8 ± 0,1	74,3
5	Прикубанское	10,7 ± 0,4	0,6 ± 0,1	94,9
6	Союз	8,5 ± 0,3	3,6 ± 0,1	57,6
7	Юнона	29,0 ± 1,2	5,4 ± 0,2	81,4
8	Персиковое	12,6 ± 0,5	0,7 ± 0,1	94,4
9	Лигол	48,0 ± 1,9	3,1 ± 0,1	93,8
10	Вирджиния	14,7 ± 0,6	3,5 ± 0,1	76,2
11	Интерпрайс	9,4 ± 0,4	4,0 ± 0,2	57,6
12	Либерти	21,8 ± 0,9	9,1 ± 0,4	58,3
13	Флорина	7,2 ± 0,3	2,5 ± 0,1	65,3
14	Имрус	7,1 ± 0,3	1,3 ± 0,1	81,7
15	12/1-21-29	10,9 ± 0,4	1,8 ± 0,1	83,5
16	12/1-21-24	30,1 ± 1,2	4,4 ± 0,2	85,3

Хотя сорт яблони оказывает большое влияние на конечное содержание фенольных соединений и аскорбиновой кислоты в сидре, ряд технологических

операций приводит к изменению их концентраций в готовом продукте. В связи с этим в яблочном сусле и сидрах была определена концентрация аскорбиновой кислоты (табл. 2) и фенолкарбоновых соединений (рис. 1 и 2).

Концентрация аскорбиновой кислоты в результате технологических приемов получения сидра снизилась в среднем на 76 %. Максимальные потери аскорбиновой кислоты отмечены в сидрах сортов Прикубанское, Персиковое и Лигол (94,9–93,8 %), минимальные – в сидрах сортов Интерпрайс, Союз и Либерти (57,4–58,3 %). Концентрации фенолкарбоновых кислот – хлорогеновой, никотиновой, оротовой, кофейной и галловой – увеличились в сидре по отношению к суслу. Это связано с ферментативной трансформацией полифенолов в процессе брожения [15]. Увеличение концентрации фенолкарбоновых кислот способствует увеличению антиоксидантной активности сидра и профилактике его дальнейшего окисления.

Вкусовые качества плодов и продуктов их переработки определяются количественным содержа-

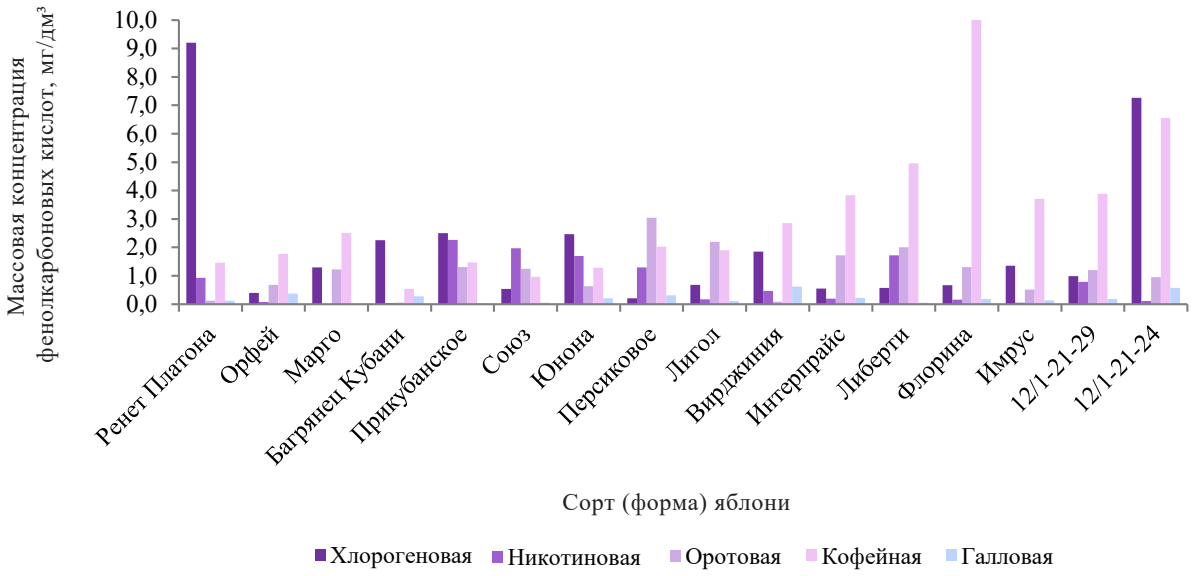

Рисунок 1. Массовая концентрация фенолкарбоновых кислот в сусле

Figure 1. Mass concentration of phenolcarboxylic acids in apple mash

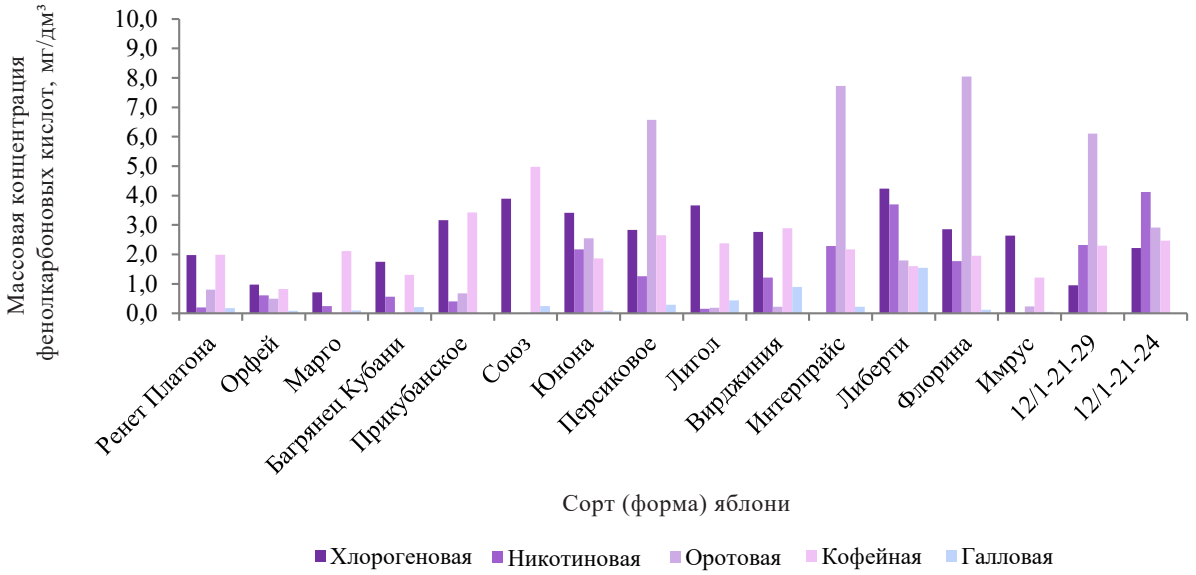

Рисунок 2. Массовая концентрация фенолкарбоновых кислот в сидре после технологических обработок

Figure 2. Mass concentration of phenolcarboxylic acids in cider after processing

нием органических кислот алифатического ряда и их соотношением. Кислоты влияют на различные процессы переработки и способствуют протеканию восстановительных процессов, а их содержанием обуславливаются определенные вкусовые качества плодовой алкогольной продукции и сидра. Основная кислота плодов яблони – яблочная – образуется из гексоз в процессе дыхания растительной клетки. Согласно [16] концентрация яблочной кислоты в плодах яблони зависит как от генетических особенностей сорта и агротехнических условий ее выращивания, так и от наличия высокомолекулярных сахаров – крахмала и клетчатки, при трансформации и распаде которых могут образоваться промежуточные продукты, необходимые для синтеза яблочной кислоты. Органические кислоты сусла всех исследуемых образцов были представлены яблочной кислотой (5,2–14,3 г/дм^3) и в меньших концентрациях лимонной (0–0,2 г/дм^3). По завершении процесса брожения концентрация яблочной кислоты понизилась (4,4–7,1 г/дм^3), а лимонной составила 0,1–0,2 г/дм^3. Образовались янтарная (0,3–0,8 г/дм^3), щавелевая (0,1–0,2 г/дм^3), молочная (0,1–0,3 г/дм^3) и уксусная кислоты (до 0,1 г/дм^3), которых изначально не было в сусле. Их образование можно объяснить биохимическими реакциями, протекающими в цикле Кребса под действием ферментных систем винных дрожжей [17].

Аминокислоты яблочного сусла являются основным источником азота для дрожжей. Считается, что достаточной концентрацией азота для поддержания активного физиологического состояния дрожжей в процессе брожения является 70–150 мг/дм^3 [9]. В сусле из исследуемых сортов (форм) суммарная концентрация аминокислот составила от 7,0 (сорт Ренет Платона) до 70,1 мг/дм^3 (сорт Прикубанское). Несмотря на низкие концентрации аминокислот в сусле, процесс брожения полностью завершился во всех 16 опытных образцах без дополнительного введения азотистых веществ (питания для дрожжей).

В результате изучения аминокислот установлено, что большую часть в яблочном сусле всех изученных образцов составили аргинин, метеонин, валин, треонин, серин и α-аланин. Метеонин является протектором, препятствующим образованию этиловых соединений и сероводорода [18]. Это позволяет говорить о том, что в сидрах из сортов Марго, Союз, Лигол, Вирджиния и Интерпрайс в процессе брожения сероводородные тона не образуются. Пролин обнаружен только в сусле из сортов Вирджиния и Интерпрайс.

По окончании процесса брожения в результате жизнедеятельности, автолиза дрожжевых клеток и высвобождения свободных аминокислот в готовых сидрах увеличилась концентрация (в среднем в 2 раза) аргинина, метеонина, валина и серина. Кроме того, во всех сидрах были обнаружены пролин, гистидин, лизин и глицин, которые не присутствовали в сусле. Выявленная тенденция одинакова для всех сортов (форм) яблок. Это позволяет говорить о том, что на изменение аминокислотного состава в процессе брожении влияют физиологические свойства используемой расы дрожжей, а не сортовые особенности яблок. Суммарная концентрация аминокислот в сидрах из яблок различных сортов (форм) варьировалась от 191,2 до 420,6 мг/дм^3.

Наиболее важными летучими соединениями, идентифицированными в яблочном сусле, были сложные эфиры (2-метилбутиловый эфир уксусной кислоты, бутиловый эфир уксусной кислоты, 2-гексенол, гексаналь и 2-гексаналь), тогда как в сидрах было обнаружено более широкое разнообразие различных химических классов летучих соединений, включая высшие спирты (ацетальдегид, ацетоин и фурфурол) (54–67 %), сложные эфиры (этилацетат, метилацетат и этиллактат) (32–43 %) и жирные кислоты, в меньшей степени – кислоты, альдегиды и кетоны. Это соединения, образующиеся в процессе спиртового брожения в результате жизнедеятельности винных дрожжей, в том числе из аминокислот, которые являются предшественниками летучих соединений, особенно высших спиртов, в качестве вторичных метаболитов, которые вносят вклад в формирование ароматических характеристик сидра, привнося фруктовые, цветочные, травянистые, медовые и другие оттенки, что влияет на органолептическую оценку готовой продукции [12, 17–21]. Некоторые соединения, присутствующие в свежем яблочном сусле, не были обнаружены в сидре. Количественный состав был различен, что говорит о сортовых особенностях исследуемых яблок.

В результате дегустационной оценки все опытные образцы получили высокие баллы, имели чистый яркий аромат и гармоничный вкус. Наибольшие оценки получили сидры, приготовленные из сортов и элитных форм яблок Вирджиния (83 балла), Интерпрайс, Либерти, Марго и 12/1-21-29 (по 82 балла), Прикубанское (81 балл), Лигол и 12/1/21-24 (по 80 баллов) (табл. 3, рис. 3). Все вышеназванные сорта и элиты яблони имеют сложное межвидовое происхождение и получены методом отдаленной гибридизации или комплексом методов полиплоидии и отдаленной гибридизации. Исключением являются сорта Лигол и Прикубанское, имеющие в своей родословной старинные сорта Феймез (синоним Снежное (Fameuse, Snow apple)) и Бельфлер (синоним Бельфлер красный (Belle-fleur, Red Belle-fleur)) и являющиеся их 3–4-м поколением соответственно.

Выводы

В результате проведенного исследования изучена трансформация некоторых химических веществ яблочного сусла в сидр. Концентрация

Таблица 3. Органолептические показатели сидров, получивших высокие оценки дегустационной комиссии

Table 3. Sensory assessment of ciders

№ п/п	Сортовое наименование сидра	Органолептическая характеристика	Средний балл
1	Вирджиния	Цвет желтый. Аромат яркий, плодовый, экзотических фруктов, с оттенками свежего яблока, груши, полевых цветов, сухофруктов, киви и манго. Вкус сложный, полный, с пикантной горчинкой. Рекомендован для вторичного брожения	83
2	Интерпрайс	Цвет желтый. Аромат яркий, цветочный, цитрусовый, с оттенками яблока и дюшеса. Вкус развитый, полный, гармоничный, округлый	82
3	Либерти	Цвет желтый. Аромат яркий, сложный, развитый, с оттенками жаренного ореха, облепихи и сена. Вкус полный, гармоничный, с тонами облепихи в послевкусии	82
4	Марго	Цвет желто-коричневый. Аромат чистый, яблочный, с оттенками цветов плодовых деревьев и сена. Вкус полный, округлый, гармоничный	82
5	12/1-21-29	Цвет светло-соломенный. Аромат плодово-цветочный, с легкими оттенками полевых трав, розы и сена. Вкус свежий, округлый, полный	82
6	Прикубанское	Цвет желто-коричневый. Аромат чистый, сложный, с тонами яблочного пюре, изюма, цветочными оттенками, нотами акации. Вкус полный, округлый, свежий. Рекомендован для вторичного брожения	81
7	Лигол	Цвет светло-коричневый. Аромат яркий, плодовый, с оттенками яблока, груши и сливы. Вкус чистый, полный, легкий, гармоничный. Рекомендован для вторичного брожения	80
8	12/1/21-24	Цвет коричневый. Аромат сложный, с выраженными тонами яблока и груши, легкими цветочными и сухофруктовыми оттенками. Вкус полный, гармоничный, с приятной горчинкой в послевкусие	80

Рисунок 3. Фотографии опытных образцов сидров из сортов яблок Вирджиния, Прикубанское и Марго

Figure 3. Experimental samples of ciders from Virginia, Prikubanskoye, and Margo apple cultivars

аскорбиновой кислоты в результате технологических приемов получения сидра снизилась в среднем на 76 %. Концентрация фенолкарбоновых кислот – хлорогеновой, никотиновой, оротовой, кофейной и галловой – увеличилась в сидре по отношению к суслу. По завершении процесса брожения концентрация яблочной кислоты снизилась, лимонной – осталась на том же уровне, образовались янтарная (0,3–0,8 г/дм^3), щавелевая (0,1–0,2 г/дм^3), молочная (0,1–0,3 г/дм^3) и уксусная кислоты (до 0,10 г/дм^3), которых изначально не было в сусле. В готовых сидрах увеличилась концентрация (в среднем в 2 раза) аргинина, метеонина, валина и серина. Кроме того, были обнаружены пролин, гистидин, лизин и глицин, которые не присутствовали в яблочном сусле. По органолептическим показателям выделились сидры, приготовленные из сортов и элитных форм яблок Вирджиния, Интерпрайс, Либерти, Прикубанское, Орфей, Лигол, 12/1/21-24 и 12/1-21-29. Сусло из яблок сорта Вирджиния, сидр из которого получил максимальную дегустационную оценку (83 балла), имело наибольшую концентрацию фенольных веществ – 1121,6 мг/дм^3. Высокую дегустационную оценку получили образцы сидров, приготовленных из сортов и элит яблони со сложным межвидовым происхождением и полученных методом отдаленной гибридизации или комплексом методов полиплоидии и отдаленной гибридизации, а также имеющих в своей родословной старинные сорта.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение сортов и форм с выделившимися происхождением и физико-химическими показателями,

которые можно было бы рекомендовать для переработки на сидры, а также плодовые водки, дистилляты и кальвадосы.

Критерии авторства

Авторы в равной степени участвовали в подготовке и написании статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность доктору химических наук, доценту, заведующему информационно-аналитическим сектором Центра коллективного пользования «Приборно-аналитический» ФГБНУ СКФНЦСВВ Ю. Ф. Якуба за оказанную помощь при проведении анализов.

Contribution

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

Conflict of interest

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

Acknowledgements

The authors express their gratitude to Yu.F. Yakuba, Dr.Sci.(Chem.), Assistant Professor and Head of Information and Analytical Sector of the Shared Access Center of the North-Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, and Winemaking.

References/Список литературы

1. Oganesyants LA, Panasyuk AL, Kuz'mina EI, Sviridov DA, Ganin MYu, Shilkin AA. Traditional siders and perry identification by isotope mass spectrometry. Food Industry. 2021;(4):55–57. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/0235-2486-2021-4-0036

2. He W, Liu S, Heponiemi P, Heinonen M, Marsol-Vall A, Ma X, *et al.* Effect of *Saccharomyces cerevisiae* and *Schizosaccharomyces pombe* strains on chemical composition and sensory quality of ciders made from Finnish apple cultivars. Food Chemistry. 2021;345. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128833

3. Roberts D, Reyes V, Bonilla F, Dzandu B, Liu C, Chouljenko A, *et al.* Viability of *Lactobacillus plantarum* NCIMB 8826 in fermented apple juice under simulated gastric and intestinal conditions. LWT. 2018;97:144–150. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.036

4. Calugar PC, Coldea TE, Salanță LC, Pop CR, Pasqualone A, Burja-Udrea C, *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). https://doi.org/10.3390/pr9030502

5. Wei J, Zhang Y, Wang Y, Ju H, Niu C, Song Z, *et al.* Assessment of chemical composition and sensorial properties of ciders fermented with different non-*Saccharomyces* yeasts in pure and mixed fermentations. International Journal of Food Microbiology. 2020;318. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108471

6. Guiné RPF, Barroca MJ, Coldea TE, Bartkiene E, Anjos O. Apple fermented products: An overview of technology, properties and health effects. Processes. 2021;9(2). https://doi.org/10.3390/pr9020223

7. Włodarska K, Pawlak-Lemańska K, Górecki T, Sikorska E. Classification of commercial apple juices based on multivariate analysis of their chemical profiles. International Journal of Food Properties. 2017;20(8):1773–1785. https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1219367

8. Alberti A, dos Santos TPM, Ferreira Zielinski AA, dos Santos CME, Braga CM, Demiate IM, *et al.* Impact on chemical profile in apple juice and cider made from unripe, ripe and senescent dessert varieties. LWT – Food Science and Technology. 2016;65:436–443. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.045

9. Laaksonen O, Kuldjärv R, Paalme T, Virkki M, Yang B. Impact of apple cultivar, ripening stage, fermentation type and yeast strain on phenolic composition of apple ciders. Food Chemistry. 2017;233:29–37. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.067

10. Ulyanovskaya E, Stcheglov S, Belenko E, Balapanov I. Mobilization of genetic diversity of the genus *Malus* on the basis of information technologies for the breeding of varieties with complex resistance to fungal pathogens. BIO Web of Conferences. 2021;34(6). https://doi.org/10.1051/bioconf/20213402003

11. Oganesyants LA, Panasyuk AL, Kuzmina EI, Ganin MYu. Isotopes of carbon, oxygen, and hydrogen ethanol in fruit wines. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(4):717–725. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-717-725

12. Shirshova AA, Ageyeva NM, Prakh AV, Shelud'ko ON. Influence of apple variety the concentration of amino acids in fresh and fermented apple juices and the concentration of aromatic forming components of ciders. Fruit Growing and Viticulture of South Russia. 2020;(66):369–381. (In Russ.). https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-6-66-369-381

13. Bortolini DG, Benvenutti L, Demiate IM, Nogueira A, Alberti A, Zielinski AAF. A new approach to the use of apple pomace in cider making for the recovery of phenolic compounds. LWT. 2020;126. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109316

14. Lobo AP, Bedriñana RP, Madrera RR, Valles BS. Aromatic, olfactometric and consumer description of sweet ciders obtained by cryo-extraction. Food Chemistry. 2021;338. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127829

15. Rita R-D, Zanda K, Daina K, Dalija S. Composition of aroma compounds in fermented apple juice: Effect of apple variety, fermentation temperature and inoculated yeast concentration. Procedia Food Science. 2011;1:1709–1716. https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.252

16. Wei J, Zhang Y, Yuan Y, Dai L, Yue T. Characteristic fruit wine production via reciprocal selection of juice and non-*Saccharomyces* species. Food Microbiology. 2019;79:66–74. https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.11.008

17. Rodopulo AK, Egorov IA, Komarova TA, Bezzubov AA. Biochemical methods. Moscow: Nauka; 1980. pp. 165–169. (In Russ.). [Биохимические методы / А. К. Родопуло [и др.]. М.: Наука, 1980. С. 165–169.].

18. Postnaya AN, Yablonko NV. Defining the quality of grape raw materials by the amino acid composition of the final product. Izvestiya Vuzov. Food Technology. 1995;228–229(5–6):12–13. (In Russ.). [Постная А. Н., Яблонко Н. В. Определение качества виноградного сырья по аминокислотному составу конечного продукта // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 1995. Т. 228–229. № 5–6. С. 12–13.].

19. Chen C, Lu Y, Yu H, Chen Z, Tian H. Influence of 4 lactic acid bacteria on the flavor profile of fermented apple juice. Food Bioscience. 2019;27:30–36. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.11.006

20. Ruppert V, Innerhofer G, Voit J, Hiden P, Siegmund B. The Impact of the fermentation strategy on the flavour formation of *Ilzer Rose* (*Malus domestica* Borkh.) apple wine. Foods. 2021;10(10). https://doi.org/10.3390/foods10102348

21. Simonato B, Lorenzini M, Zapparoli G. Effects of post-harvest fungal infection of apples on chemical characteristics of cider. LWT. 2021;138. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110620

22. Qin Z, Petersen MA, Bredie WLP. Flavor profiling of apple ciders from the UK and Scandinavian region. Food Research International. 2018;105:713–723. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.003

23. Pando Bedriñana R, Picinelli Lobo A, Rodríguez Madrera R, Suárez Valles B. Characteristics of ice juices and ciders made by cryo-extraction with different cider apple varieties and yeast strains. Food Chemistry. 2020;310. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125831