

Исследование динамики химического состава сброженных яблочных соков в процессе уксуснокислой ферментации

Светлана В. Жуковская	¹	zhu2165@yandex.ru	 0000-0002-2324-6340
Мария В. Бабаева	¹	m-babaeva@mail.ru	 0000-0003-2258-3828
Дмитрий А. Казарцев	¹	kda_79@mail.ru	 0000-0001-6597-2327
Владимир М. Жиров	²	zhirov.vladimir@rosspirtprom.ru	 0000-0002-8519-1082
Дмитрий А. Воробьев	¹	dmitwor@mail.ru	

¹ Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, д. 73, г. Москва, 109004, Россия

² АО «РОСПИРТПРОМ» Кутузовский проспект, д.34, стр. 21, г. Москва, 121170, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты исследования, направленного на глубокое и всестороннее изучение факторов, определяющих эффективность процесса биохимического окисления, изучение динамики химического состава яблочного сырья в процессе уксуснокислого брожения. На первом этапе исследования было проведено изучение химического состава яблочных соков. В исследуемых образцах сока определяли pH, содержание сухих веществ, титруемых кислот, летучих кислот, экстракта, сахаров, азотистых веществ, фенольных веществ и углеводов. На втором этапе было проведено исследование химического состава яблочного сырья во время ферментации. Сбраживание яблочного сока проводили на чистой культуре дрожжей Яблочная-7. Брожение проводилось при температуре 20-22 °С. Готовый ферментированный сок спиртовали до 9% по объему и хранили перед употреблением. Далее была проведена уксуснокислая ферментация глубинным способом. Основные технологические и биохимические показатели были определены в свежем яблочном соке, сброженно-спиртованном соке и уксусе. В результате определения фракционного состава азотистых, фенольных веществ и углеводов яблочных соков было установлено, что химический состав яблочных соков зависит от способа обработки яблок и их сортовых особенностей. В процессе уксуснокислого брожения яблочного сырья наблюдается изменение азотистых и фенольных веществ. При этом углеводный состав практически не меняется. При окислении яблочного сырья уксуснокислыми бактериями процессы образования альдегида и эфираобразования значительно усиливаются. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о разнообразии химического состава яблочных материалов и получаемого из них уксуса. В целом химический состав яблочного сырья и уксуса зависит от качества обработанного сырья и технологических условий производства

Ключевые слова: яблочный сок, яблочный уксус, уксуснокислая ферментация, химический состав, биохимическое окисление.

Investigation of the dynamics of the chemical composition of fermented apple juices in the process of acetic acid fermentation

Svetlana V. Zhukovskaya	¹	zhu2165@yandex.ru	 0000-0002-2324-6340
Maria V. Babaeva	¹	m-babaeva@mail.ru	 0000-0003-2258-3828
Dmitry A. Kazartsev	¹	kda_79@mail.ru	 0000-0001-6597-2327
Vladimir M. Zhirov	²	zhirov.vladimir@rosspirtprom.ru	 0000-0002-8519-1082
Dmitry A. Vorobjov	¹	dmitwor@mail.ru	

¹ K. G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (The First Cossack University) 73 Zemlyanoy Val street, Moscow, 109004, Russia

² АО "РОСПИРТПРОМ" Kutuzovsky Prospekt, 34, p. 21, Moscow, 121170, Russia

Abstract. The article presents the results of a study aimed at a deep and comprehensive study of the factors that determine the effectiveness of the biochemical oxidation process, the study of the dynamics of the chemical composition of apple materials in the process of acetic acid fermentation. At the first stage of the study, a study of the chemical composition of apple juices was conducted. The pH, the content of solids, titrated acids, volatile acids, extract, sugars, nitrogenous substances, phenolic substances and carbohydrates were determined in the studied juice samples. At the second stage, a study of the chemical composition of apple materials was carried out during fermentation. Fermentation of apple juice was carried out on a pure culture of yeast Apple-7. Fermentation was carried out at a temperature of 20-22°C. The finished fermented juice was alcoholized to 9% by volume and stored before use. Further, acetic acid fermentation was carried out in a deep way. The main technological and biochemical parameters were determined in fresh apple juice, fermented alcoholic juice and vinegar. As a result of determining the fractional composition of nitrogenous, phenolic substances and carbohydrates of apple juices, it was found that the chemical composition of apple juices depends on the method of processing apples and their varietal characteristics. In the process of acetic acid fermentation of apple materials, a change in nitrogenous and phenolic substances is observed. At the same time, the carbohydrate composition practically does not change. When apple materials are oxidized by acetic acid bacteria, the processes of aldehyde formation and ether formation are significantly intensified. Thus, the data obtained indicate a variety of chemical composition of apple materials and vinegar obtained from them. In general, the chemical composition of apple materials and vinegar depends on the quality of processed raw materials and technological conditions of production.

Keywords: apple juice, apple cider vinegar, acetic fermentation, chemical composition, biochemical oxidation.

Для цитирования

Жуковская С.В., Бабаева М.В., Казарцев Д.А., Жиров В.М., Воробьев Д.А. Исследование динамики химического состава сброженных яблочных соков в процессе уксуснокислой ферментации // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 4. С. 24–31. doi:10.20914/2310-1202-2022-4-24-31

For citation

Zhukovskaya S.V., Babaeva M.V., Kazartsev D.A., Zhirov V.M., Vorobjov D.A. Investigation of the dynamics of the chemical composition of fermented apple juices in the process of acetic acid fermentation. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 4. pp. 24–31. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-4-24-31

Введение

Производство продуктов питания является одной из самых необходимых и востребованных отраслей промышленности. В соответствии с Государственной программой «Здоровое питание-здоровье нации», приоритетным направлением рассматриваемой области считается расширение ассортимента низкокалорийных натуральных продуктов для потребителей, следящих за своим здоровьем. Разработка этой группы продуктов диктуется насущной потребностью современного рынка, необходимостью оптимизации питания и здоровья, имеет важное значение ввиду резко возросших под влиянием современных причин, больших нагрузок на адаптационные способности организма человека [1]. Потребность в продуктах питания, в том числе, в высококачественном плодовом уксусе, постоянно растет, расширяется ассортимент, улучшается качество, ужесточаются требования не только к качеству, но и длительности хранения готового продукта.

До 80-х годов 20-го века получали спиртовой уксус биохимическим путем, он широко использовался в питании людей, был незаменимым компонентом в рыбной, консервной промышленности, как вкусовая приправа в общественном питании и в быту. Выпускалось еще небольшое количество так называемого «винного уксуса».

В последние 20 лет в мире особое внимание уделяется разработке «плодового» уксуса, особенно яблочного, в двух вариантах – 6 и 9% [2].

Отличительной особенностью яблочного уксуса является то, в том, что в нем, помимо уксусной кислоты, в результате спиртового, а затем уксуснокислого брожения в реакционной среде накапливается много метаболитов дрожжей и уксуснокислых бактерий (УКБ), создающих приятный аромат и вкусовые ощущения, а также насыщающих продукт различными биологически-активными веществами [3].

Яблочный уксус является одним из наиболее ценных продуктов, вырабатываемых из яблочного сока. Яблочный уксус содержит в себе комплекс биологически активных веществ, полезных для здоровья человека [4].

Качество яблочного уксуса в большой степени зависит от внешних факторов: от сорта яблок, степени их зрелости, глубины сбраживания яблочных материалов, расы дрожжей, способов обработки сброженных масс, особенностей уксуснокислых бактерий и т. д. Многие факторы, из перечисленных, еще до конца не решены

и требуют дальнейших исследований и проработки. Известно, что кроме уксусной кислоты и остаточного спирта яблочный уксус содержит различные соединения, которые частично переходят из сырья, а также образуются в процессе уксуснокислой ферментации. Многие из этих соединений влияют на вкус и аромат готового уксуса [5,6].

В задачи настоящего исследования входило исследование химического состава яблочных материалов и его изменение в процессе уксуснокислой ферментации.

Материалы и методы

В качестве сырья были использованы промышленные образцы соков яблок Центрального региона России.

В ходе исследований физико-химические показатели определяли в соответствии с общепринятыми в энохимии методами. Органолептические показатели (вкус и аромат) соков определяли по пятибалльной шкале.

Результаты и обсуждение

Химический состав яблочных соков весьма разнообразен. Известно, что химический состав яблочных соков колеблется в довольно широких пределах в зависимости от гомологического сорта, технологии переработки и хранения [1]. На первом этапе исследовали химический состав яблочных соков.

На первом этапе исследования было проведено исследование химического состава яблочных соков, полученных из яблок садов средней полосы.

В исследуемых образцах соков определены рН, содержание сухих веществ, титруемых кислот, летучих кислот, экстракта, сахаров, азотистых веществ, фенольных веществ и углеводов.

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1. Как видно из полученных данных, химический состав образцов яблочных соков идентичен. Некоторое отличие наблюдалось только в первом образце, в котором содержание углеводов, и соответственно сухих веществ, ниже (9,2% по сравнению с 12,0%). Титруемая и летучая кислотность в исследуемых образцах находились приблизительно на одном уровне и изменялись от 4,1 до 4,9 г/дм³ и от 0,36 до 0,48 г./дм³ соответственно. Значения рН также колебались незначительно и находились на уровне 3,45–3,65.

Биохимический состав яблочных соков представлен в таблице 2.

Таблица 1.

Физико-химические показатели яблочных соков

Table 1.

Physico-chemical parameters of apple juices

Образец (Сорт) Sample	Показатели состава Indicator						органолептические показатели Organoleptic values
	Сухие вещества, % Dry matter, %	Экстракт, г/дм ³ Extract, g/dm ³	Общий сахар, г/100 см ³ Total sugar, g/100 cm ³	Титруемая кислотность, г/дм ³ Titratable acidity, g/dm ³	Летучая кислотность, г/дм ³ Volatile acidity, g/dm ³	pH	
Образец 1 (Лобо) Sample 1 (Lobo)	9,2	9,62	10,4	4,9	0,48	3,45	4
Образец 2 (Мартовское) Sample 2 (March)	12,0	12,65	12,7	4,2	0,42	3,45	4
Образец 3 (Пепин шафранный) Sample 3 (Saffron Pepin)	12,0	12,62	12,7	4,2	0,42	3,45	4
Образец 4 (Коричное новое) Sample 4 (Cinnamon new)	12,0	12,52	12,6	4,1	0,36	3,40	4
Образец 5 (Мантет) Sample 5 (Mantet)	12,0	12,51	12,6	5,7	0,46	3,65	4
Образец 6 (Мелба) Sample 6 (Melba)	10,9	11,34	11,5	4,6	0,40	3,40	5
Образец 7 (Уэлси) Sample 7 (Welsey)	10,8	11,28	11,5	4,6	0,38	3,40	5

Таблица 2.

Биохимический состав яблочных соков

Table 2.

Biochemical composition of apple juices

Образец Sample	Показатели состава Indicator								
	мг/100 см ³ mg/dm ³					Углеводы, г/100 см ³ Carbohydrates, g/dm ³			
	Общий азот Total nitrogen	Аминный азот Amine nitrogen	Белковый азот Protein nitrogen	Общие фенольные вещества Total phenolic substances	Мономерные фенольные вещества Monomeric phenolic substances	Арабиноза	Фруктоза	Глюкоза	Полисахариды
№ 1	61,2	40,7	4,32	945,0	99,5	0,42	5,8	3,8	0,2
№ 2	63,2	43,1	3,89	1282,5	137,5	0,62	6,0	3,4	2,5
№ 3	89,0	53,6	5,04	1215,0	167,5	0,62	6,3	4,2	1,88
№ 4	69,2	38,7	7,20	756,0	69,7	0,83	5,4	2,4	3,97
№ 5	72,0	49,4	6,32	688,5	180,0	0,20	5,6	2,0	4,8
№ 6	67,2	32,0	4,59	930,0	97,3	0,30	5,2	3,2	2,8
№ 7	71,1	45,0	5,28	1020,0	152,7	0,50	5,8	3,8	1,4

Таблица 3.

Динамика физико-химического состава яблочных материалов
в процессе уксуснокислой ферментации

Table 3.

Dynamics of the physico-chemical composition of apple materials in the process of acetic acid fermentation

Показатель Indicator	Яблочный сок Sample	Яблочный сброженно- спиртованный сок Sample	Яблочный уксус Sample
Общее содержание сахаров, г/100 см ³ Total sugars content, g/100 cm ³	11,5	0,34	0,3
Спиртуозность, % об Alcohol content, % vol	–	6,6	0,5
Титруемая кислотность, г / 100 дм ³ Titratable acidity, g/100 dm ³	4,6	3,8	78,0
Летучая кислотность, г/дм ³ Volatile acidity, g/dm ³	0,4	0,8	75,0
Общий азот, мг/дм ³ Total nitrogen, mg/dm ³	67,2	66,5	67,3
Общие фенольные вещества, мг/дм ³ Total phenolic substances, mg/dm ³	930,0	365,2	342,0
Аминный азот, мг/дм ³ Amine nitrogen, mg/dm ³	32,0	26,4	51,2
Фосфор, мг/дм ³ Phosphorous, mg/dm ³	–	0,14	0,1
Степень окисления, мг/дм ³ Oxidation degree, mg/dm ³	230	440	356
Альдегиды, мг/дм ³ Aldehydes, mg/dm ³	–	60	178
pH	3,4	3,4	3,0

Таблица 4.

Сравнительный состав ароматообразующих компонентов яблочного уксуса

Table 4.

Comparative composition of aroma-forming components apple cider vinegar

Летучие компоненты(мг/л) Volatile components(mg/l)	Яблочный уксус Sample I	Яблочный уксус Sample II	Яблочный уксус Sample III
Ацетальдегид Acetaldehyde	2,02	-	0,62
Этилацетат Ethyl acetate	32,97	10,1	2,7
Пропанол Propanol	0,09	1,0	0,25
Этилбутират Ethylbutyrate	2,92	-	0,3
Изобутанол Isobutanol	9,00	10,8	0,35
Изоамилацетат Isoamyl acetate	0,18	0,4	0,42
Бутанол Butanol	2,7	3,0	0,2
Изоамилол Isoamylol	5,62	1,9	6,6
Этилкапронат Ethylcapronate	-	0,03	0,02
Гексанол + этиллактат Hexanol + ethyl lactate	53,64	13,1	5,0
2-гептанол 2 heptanol	5,76	1,8	1,22
Этилкаприлат Ethylcaprilate	0,9	0,9	0,12
Гексилвалерианат Hexylvalerianate	4,05	-	0,22
Октилкапринат Octylcaprinat	0,63	-	Следы
Этилкапринат Ethylcaprinat	1,44	-	0,05
Этиллаурат Ethylaurate	-	0,3	0,17
β -фенилэтанол β -phenylethanol	96, 45	1,3	-

Содержание фенольных веществ в исследуемых образцах колебалось от 688,5 мг/дм³ до 1282,5 мг/дм³, что, очевидно, обусловлено сортовыми особенностями перерабатываемых плодов и способом приготовления сока.

Исследование содержания мономерных форм фенольных веществ яблочных соков показало, что они изменяются от 69,7 мг/дм³ (образец 4) до 180 мг/дм³ (образец 5). Максимальное количество общего азота (89,0 мг/дм³) было обнаружено в образце 3. Наименьшее содержание (61,2 мг/дм³) – в образце 1. Образцы соков имели практически равный уровень содержания общего азота (6–67,2 мг/дм³, 7–71,1 мг/дм³). Содержание аминного азота колебалось в различных образцах от 32,0 мг/дм³ до 53,6 мг/дм³. Наибольшее количество аминокислот обнаружено в образце 3 (53,6 мг/дм³), содержание же белковых веществ в нем составило 5,04 мг/дм³. Наименьшее содержание аминного азота было зафиксировано в образце 6 (32,0 мг/дм³, содержание белкового азота – 4,59 мг/дм³, т. е. на уровне предыдущего образца. Наибольшее количество белкового азота обнаружено в образце 4 (7,2 мг/дм³). Следует отметить, что наличие белкового азота в соках является нежелательным, так как большое их содержание в исходном сырье приводит к микробиальным и коллоидным помутнениям.

Содержание углеводов в представленных образцах находилось приблизительно на одном уровне. Содержание мономерных форм углеводов в представленных образцах колебалось от 77,2% (образец 5) до 99,3% (образец 1), на долю полимерных форм приходится от 2,2% (образец 3) до 0,7% (образец 1). Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют, что

большая часть углеводного состава приходится на долю фруктозы (5,2–6,3 г / 100 см³). В нескольких меньших количествах присутствует глюкоза 3,2–4,2 г / 100 см³. Содержание арабинозы колеблется от 0,2 г / 100 см³ до 0,83 г./100 см³. Анализ углеводного состава яблочных соков свидетельствует об их высоких диетических свойствах, ввиду повышенного содержания фруктозы.

Проведенные исследования показывают, что наибольшее содержание азотистых, фенольных веществ и углеводов обнаруживается в образце 3. Очевидно, в данном случае повышенное содержание экстрактивных веществ обусловлено не только качественным составом яблок, но лучшим протеканием ОВ-процессов, экстракции и гидролиза биополимеров. В дальнейших исследованиях использовали соки сортов Мелба и Уэлси, т. к. они имели лучшую органолептику.

Яблочный уксус – продукт двойной ферментации – получают путем сбраживания углеводов яблок в этиловый спирт, а затем осуществляют биохимическое окисление этилового спирта до уксусной кислоты. При этом происходят значительные изменения химического состава яблочных соков и образуется продукт с совершенно новыми свойствами и составом [6,7].

На втором этапе было проведено исследование химического состава материалов в процессе ферментации. Сбраживание яблочного сока проводили на чистой культуре дрожжей Яблочная-7. Брожение осуществляли при температуре 20–22⁰С. Готовый сброженный сок спиртовали до 9% об и хранили до использования. Далее проводили уксуснокислое брожение глубинным способом.

С этой целью устанавливали стартовую концентрацию в культуральной смеси по уксусной кислоте 6,5–7,0% и по спирту 1,5–2% об. Контроль за ходом окисления осуществляли ежедневно. Динамика накопления уксусной кислоты представлена на рисунке 1. Как видно из рисунка 3.1, через трое суток содержание остаточного спирта в культуральной среде достигла 0,5% об, а содержание уксусной кислоты составило 7,5%.

В свежем яблочном соке, сброженно-спиртованном соке и уксусе определяли основные технологические и биохимические показатели.

Данные исследований представлены в таблице 3. Как видно из полученных данных, в процессе уксуснокислой ферментации снижалась спиртуозность, содержание фенольных веществ, фосфора, степень окисления, pH. Снижение содержания фенольных веществ обусловлено, очевидно, процессами полимеризации и поликонденсации, а также в результате образования и выпадения в осадок белково-танатного комплекса. Одновременно интенсивно протекали процессы кислото-, альдегидо- и эфиروобразования, а также повышалось содержание аминного азота.

Сахаристость материалов в процессе окисления изменялась незначительно. Так содержание сахаров в сброженно-спиртованном яблочном соке составило 0,34 г./100 см³, а в уксусе – 0,3 г / 100 см³. Содержание общего азота в уксусе и сброженном материале практически находилось на одном уровне и составило соответственно 66,5 и 67,5 мг/дм³. В то же время замечено, что в процессе уксуснокислого брожения наблюдалось накопление аминного азота с 26,4 мг/дм³ до 51,2 мг/дм³. Накопление аминокислот обычно связано с автолизом уксуснокислых бактерий, а не с их метаболизмом. Возможно, за счет этого происходит и незначительное увеличение общего азота. Вероятно, процессы автолиза происходят интенсивнее, чем образование белково-танатного комплекса. Величина pH снизилась с 3,4 до 3,0.

Содержание альдегидов в уксусе увеличилось почти в три раза по сравнению с яблочным материалом и составило 178 мг/дм³.

Исследовали состав ароматообразующих веществ различных образцов уксуса. Данные исследований представлены в таблице 4. Анализ полученных данных свидетельствует, что исследуемые образцы уксуса отличаются по составу и содержанию летучих компонентов. В первом образце яблочного уксуса содержится значительное количество легколетучих компонентов, таких как ацетальдегид и этилацетат. В яблочном уксусе синтезируются такие ароматообразующие вещества, как β-фенилэтанол, а также эфиры этилкаприлат, этилкапронат, этилкапринат и др.,

входящие в состав «энантового эфира» и придающие уксусу приятный фруктовый аромат. Как видно из полученных данных, в процессе уксуснокислой ферментации снижалась спиртуозность, содержание фенольных веществ, фосфора, степень окисления, pH. Снижение содержания фенольных веществ обусловлено, очевидно, процессами полимеризации и поликонденсации, а также в результате образования и выпадения в осадок белково-танатного комплекса. Одновременно интенсивно протекали процессы кислото-, альдегидо- и эфируобразования, а также повышалось содержание аминного азота.

Сахаристость материалов в процессе окисления изменялась незначительно. Так содержание сахаров в сброженно-спиртованном яблочном соке составило 0,34 г./100 см³, а в уксусе – 0,3 г / 100 см³. Содержание общего азота в уксусе и сброженном материале практически находилось на одном уровне и составило соответственно 66,5 и 67,5 мг/дм³. В то же время замечено, что в процессе уксуснокислого брожения наблюдалось накопление аминного азота с 26,4 мг/дм³ до 51,2 мг/дм³. Согласно Петри [73] накопление аминокислот обычно связано с автолизом уксуснокислых бактерий, а не с их метаболизмом. Возможно, за счет этого происходит и незначительное увеличение общего азота. Вероятно, процессы автолиза происходят интенсивнее, чем образование белково-танатного комплекса. Величина pH снизилась с 3,4 до 3,0.

Содержание альдегидов в уксусе увеличилось почти в три раза по сравнению с яблочным материалом и составило 178 мг/дм³.

Исследовали состав ароматообразующих веществ различных образцов уксуса. Данные исследований представлены в таблице 4. Анализ полученных данных свидетельствует, что исследуемые образцы уксуса отличаются по составу и содержанию летучих компонентов. В первом образце яблочного уксуса содержится значительное количество легколетучих компонентов, таких как ацетальдегид и этилацетат. В яблочном уксусе синтезируются такие ароматообразующие вещества, как β-фенилэтанол, а также эфиры этилкаприлат, этилкапронат, этилкапринат и др., входящие в состав «энантового эфира» и придающие уксусу приятный фруктовый аромат.

Заключение

В результате определения фракционного состава азотистых, фенольных веществ и углеводов яблочных соков установлено, что химический состав яблочных соков зависит от способа переработки яблок и их сортовых особенностей.

В процессе уксуснокислой ферментации яблочных материалов наблюдается изменение азотистых и фенольных веществ. При этом углеводный состав практически не изменяется.

При окислении яблочных материалов уксуснокислыми бактериями значительно интенсифицируются процессы альдегидообразования и эфиروобразования.

Анализ ароматических компонентов различных партий яблочного уксуса показал наличие в них таких веществ, как этилкапронат, β - фенилэтанол, этилкаприлат, которые входят в состав «энантовых эфиров».

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о разнообразии химического состава яблочных материалов и получаемого

из них уксуса. В целом химический состав яблочных материалов зависит от качества перерабатываемого сырья и технологических условий производства.

Мы считаем, что дальнейшие исследования, направленные на глубокое и всестороннее изучение факторов, обуславливающих эффективность процесса биохимического окисления, исследование динамики химического состава яблочных материалов в процессе уксуснокислой ферментации представляют несомненный интерес.

Литература

- 1 Жуковская С.В., Бабаева М.В., Казарцев Д.А., Жиров В.М. Исследование динамики химического состава сброженных яблочных соков в процессе уксуснокислой ферментации // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 1. С. 1–6. doi:10.20914/2310-1202-2021-1-6
- 2 Оганесянц Л.А., Панасюк А.Л., Рейтблат Б.Б. Теория и практика плодового виноделия. М.: Промышленно-консалтинговая группа «Развитие» по заказу ГНУ ВНИИ пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности, 2011.
- 3 Кандыбина А.В., Звягинцева М.Г., Комаров А.В., Россихин В.В. Яблочный уксус: приготовление и биологически активные вещества // News of Science and Education. 2017. Т. 3. № 9. С. 026–028.
- 4 Гончаровская И. В., Левон В. Ф. Содержание некоторых биологически активных веществ в яблочном уксусе с разных плодов *Malus Domestica* Borkh // От растения до лекарственного препарата. 2020. С. 217-222.
- 5 Еременко А.С., Синилова Ю.К., Голуб О.В. Оценка качественных характеристик яблочного уксуса // Оценка качества и безопасность потребительских товаров. 2020. С. 49-53.
- 6 Шумская Н.Н., Ломакина С.А., Сердюк В.А., Мальцева Т.А., Куц А.А. Органолептический и сравнительный анализ яблочного и яблочно-грушевого уксусов // Инновационные технологии в науке и образовании (конференция «ИТНО 2020»). 2020. С. 504-507.
- 7 Панасюк А.Л., Кузьмина Е.И., Борисова А.Л. Новое направление в производстве пищевого уксуса // Пищевая промышленность. 2017. № 7. С. 58–60.
- 8 Carballo D., Fernández-Franzón M., Ferrer E., Pallarés N. et al. Dietary Exposure to Mycotoxins through Alcoholic and Non-Alcoholic Beverages in Valencia, Spain // Toxins. 2021. V. 13. №. 7. P. 438. doi: 10.3390/toxins13070438
- 9 Rodríguez-Ramos R., Socas-Rodríguez B., Santana-Mayor Á., Rodríguez-Delgado M.Á. A simple, fast and easy methodology for the monitoring of plastic migrants in alcoholic and non-alcoholic beverages using the QuEChERS method prior to gas chromatography tandem mass spectrometry // Analytical and bioanalytical chemistry. 2020. V. 412. №. 7. P. 1551-1561. doi:10.1007/s00216-019-02382-0
- 10 Rascón A.J., Azzouz A., Ballesteros E. Use of semi-automated continuous solid-phase extraction and gas chromatography–mass spectrometry for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in alcoholic and non-alcoholic drinks from Andalucía (Spain) // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2019. V. 99. №. 3. V. 1117-1125. doi: 10.1002/jsfa.9279
- 11 Jia M., Joyce J.D., Bertke A.S. SARS-CoV-2 survival in common non-alcoholic and alcoholic beverages // Foods. 2022. V. 11. №. 6. P. 802. doi: 10.3390/foods11060802
- 12 Yabaci Karaoglan S., Jung R., Gauthier M., Kinčl T. et al. Maltose-Negative Yeast in Non-Alcoholic and Low-Alcoholic Beer Production // Fermentation. 2022. V. 8. №. 6. P. 273. doi: 10.3390/fermentation8060273
- 13 Salanță L.C., Coldea T.E., Ignat M.V., Pop C.R. et al. Non-alcoholic and craft beer production and challenges // Processes. 2020. V. 8. №. 11. P. 1382. doi: 10.3390/pr8111382
- 14 Rezaei H., Moazzen M., Shariatifar N., Khaniki G.J. et al. Measurement of phthalate acid esters in non-alcoholic malt beverages by MSPE-GC/MS method in Tehran city: chemometrics // Environmental Science and Pollution Research. 2021. V. 28. №. 37. P. 51897-51907. doi: 10.1007/s11356-021-14290-x
- 15 Baschali A., Tsakalidou E., Kyriacou A., Karavasiloglou N. et al. Traditional low-alcoholic and non-alcoholic fermented beverages consumed in European countries: A neglected food group // Nutrition Research Reviews. 2017. V. 30. №. 1. P. 1-24.
- 16 Castro-Muñoz R. Membrane technologies for the production of nonalcoholic drinks // Trends in non-alcoholic beverages. 2020. P. 141-165. doi: 10.1016/B978-0-12-816938-4.00005-7
- 17 Lavefve L., Marasini D., Carbonero F. Microbial ecology of fermented vegetables and non-alcoholic drinks and current knowledge on their impact on human health // Advances in food and nutrition research. 2019. V. 87. P. 147-185. doi:10.1016/bs.afnr.2018.09.001
- 18 Díaz-Ufano M.L.L. Consumption estimation of non alcoholic beverages, sodium, food supplements and oil // Nutrición Hospitalaria. 2015. V. 31. №. 3. P. 70-75.
- 19 Suter R., Miller C., Gill T., Coveney J. The bitter and the sweet: a cultural comparison of non-alcoholic beverage consumption in Japan and Australia // Food, Culture & Society. 2020. V. 23. №. 3. P. 334-346. doi: 10.1080/15528014.2019.1679548
- 20 Bellut K., Michel M., Zarnkow M., Hutzler M. et al. Screening and application of Cyberlindnera yeasts to produce a fruity, non-alcoholic beer // Fermentation. 2019. V. 5. №. 4. P. 103. doi: 10.3390/fermentation5040103

References

- 1 Zhukovskaya S.V., Babaeva M.V., Kazartsev D.A., Zhirov V.M. Study of the dynamics of the chemical composition of fermented apple juices in the process of acetic acid fermentation. *Proceedings of VSUET*. 2021. vol. 83. no. 1. pp. 1–6. doi:10.20914/2310-1202-2021-1-6 (in Russian).
- 2 Oganesyants L.A., Panasyuk A.L., Reitblat B.B. Theory and practice of fruit winemaking. Moscow, Industrial consulting group "Razvitie" commissioned by the State Scientific Institution All-Russian Research Institute of the brewing, non-alcoholic and wine industry, 2011. (in Russian).
- 3 Kandybina A.V., Zvyagintseva M.G., Komarov A.V., Rossikhin V.V. Apple cider vinegar: preparation and biologically active substances. *News of Science and Education*. 2017. vol. 3. no. 9. pp. 026–028. (in Russian).
- 4 Goncharovskaya I. V., Levon V. F. The content of some biologically active substances in apple cider vinegar from different fruits of *Malus Domestica* Borkh. From a plant to a drug. 2020. pp. 217-222. (in Russian).
- 5 Eremenko A.S., Sinilova Yu.K., Golub O.V. Evaluation of the qualitative characteristics of apple cider vinegar. Quality assessment and safety of consumer goods. 2020. pp. 49-53. (in Russian).
- 6 Shumskaya N.N., Lomakina S.A., Serdyuk V.A., Maltseva T.A., Kuts A.A. Organoleptic and comparative analysis of apple and apple-pear vinegar. *Innovative technologies in science and education (conference "ITNO 2020")*. 2020. pp. 504-507. (in Russian).
- 7 Panasyuk A.L., Kuzmina E.I., Borisova A.L. A new direction in the production of food vinegar. *Food Industry*. 2017. no. 7. pp. 58–60. (in Russian).
- 8 Carballo D., Fernández-Franzón M., Ferrer E., Pallarés N. et al. Dietary Exposure to Mycotoxins through Alcoholic and Non-Alcoholic Beverages in Valencia, Spain. *Toxins*. 2021. vol. 13. no. 7. pp. 438. doi: 10.3390/toxins13070438
- 9 Rodríguez-Ramos R., Socas-Rodríguez B., Santana-Mayor Á., Rodríguez-Delgado M.Á. A simple, fast and easy methodology for the monitoring of plastic migrants in alcoholic and non-alcoholic beverages using the QuEChERS method prior to gas chromatography tandem mass spectrometry. *Analytical and bioanalytical chemistry*. 2020. vol. 412. no. 7. pp. 1551-1561. doi:10.1007/s00216-019-02382-0
- 10 Rascón A.J., Azzouz A., Ballesteros E. Use of semi-automated continuous solid-phase extraction and gas chromatography–mass spectrometry for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in alcoholic and non-alcoholic drinks from Andalucía (Spain). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019. vol. 99. no. 3. pp. 1117-1125. doi: 10.1002/jsfa.9279
- 11 Jia M., Joyce J.D., Bertke A.S. SARS-CoV-2 survival in common non-alcoholic and alcoholic beverages. *Foods*. 2022. vol. 11. no. 6. pp. 802. doi: 10.3390/foods11060802
- 12 Yabaci Karaoglan S., Jung R., Gauthier M., Kinčl T. et al. Maltose-Negative Yeast in Non-Alcoholic and Low-Alcoholic Beer Production. *Fermentation*. 2022. vol. 8. no. 6. pp. 273. doi: 10.3390/fermentation8060273
- 13 Salanță L.C., Coldea T.E., Ignat M.V., Pop C.R. et al. Non-alcoholic and craft beer production and challenges. *Processes*. 2020. vol. 8. no. 11. pp. 1382. doi: 10.3390/pr8111382
- 14 Rezaei H., Moazzen M., Shariatifar N., Khaniki G.J. et al. Measurement of phthalate acid esters in non-alcoholic malt beverages by MSPE-GC/MS method in Tehran city: chemometrics. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. vol. 28. no. 37. pp. 51897-51907. doi: 10.1007/s11356-021-14290-x
- 15 Baschali A., Tsakalidou E., Kyriacou A., Karavasiloglou N. et al. Traditional low-alcoholic and non-alcoholic fermented beverages consumed in European countries: A neglected food group. *Nutrition Research Reviews*. 2017. vol. 30. no. 1. pp. 1-24.
- 16 Castro-Muñoz R. Membrane technologies for the production of nonalcoholic drinks. *Trends in non-alcoholic beverages*. 2020. pp. 141-165. doi: 10.1016/B978-0-12-816938-4.00005-7
- 17 Lavefve L., Marasini D., Carbonero F. Microbial ecology of fermented vegetables and non-alcoholic drinks and current knowledge on their impact on human health. *Advances in food and nutrition research*. 2019. vol. 87. pp. 147-185. doi:10.1016/bs.afnr.2018.09.001
- 18 Díaz-Ufano M.L.L. Consumption estimation of non alcoholic beverages, sodium, food supplements and oil. *Nutrición Hospitalaria*. 2015. vol. 31. no. 3. pp. 70-75.
- 19 Suter R., Miller C., Gill T., Coveney J. The bitter and the sweet: a cultural comparison of non-alcoholic beverage consumption in Japan and Australia. *Food, Culture & Society*. 2020. vol. 23. no. 3. pp. 334-346. doi: 10.1080/15528014.2019.1679548
- 20 Bellut K., Michel M., Zarnkow M., Hutzler M. et al. Screening and application of *Cyberlindnera* yeasts to produce a fruity, non-alcoholic beer. *Fermentation*. 2019. vol. 5. no. 4. pp. 103. doi: 10.3390/fermentation5040103

Сведения об авторах

Светлана В. Жуковская к.х.н., доцент, кафедра технологии виноделия, броидильных производств и химии имени Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, zhu2165@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2324-6340>

Мария В. Бабаева к.т.н., доцент, кафедра технологии виноделия, броидильных производств и химии имени Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, m-babaeva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2258-3828>

Information about authors

Svetlana V. Zhukovskaya Cand. Sci. (Chem.), associate professor, technology of winemaking, fermentation industries and chemistry named after G.G. Agabalyants, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management, Zemlyanoy Val street 73, Moscow, 109004, Russia, zhu2165@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2324-6340>

Maria V. Babaeva Cand. Sci. (Chem.), associate professor, technology of winemaking, fermentation industries and chemistry named after G.G. Agabalyants, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management, Zemlyanoy Val street 73, Moscow, 109004, Russia, m-babaeva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2258-3828>

Дмитрий А. Казарцев к.т.н., доцент, кафедра технологии виноделия, броидильных производств и химии имени Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, kda_79@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6597-2327>

Владимир М. Жиров к.т.н., доцент, нач. отдела стандартизации, АО «РОССПИРТПРОМ», Кутузовский проспект, д. 34, стр. 21, г. Москва, 121170, Россия, zhirov.vladimir@rosspirtprom.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8519-1082>

Дмитрий А. Воробьев магистрант, кафедра технологии виноделия, броидильных производств и химии имени Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, dmitwor@mail.ru

Dmitry A. Kazartsev Cand. Sci. (Engin.), technology of winemaking, fermentation industries and chemistry named after G.G. Agabalyants, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Managemen, Zemlyanoy Val street 73, Moscow, 109004, Russia, kda_79@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6597-2327>

Vladimir M. Zhirov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, beginning. department, JSC ROSSPIRTPROM, Kutuzovsky prospect, 34, building 21, Moscow, 121170, Russia, zhirov.vladimir@rosspirtprom.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8519-1082>

Dmitry A. Vorobjov master student, technology of winemaking, fermentation industries and chemistry named after G.G. Agabalyants, K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Managemen, Zemlyanoy Val street 73, Moscow, 109004, Russia, dmitwor@mail.ru

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 11/10/2022	После редакции 02/11/2022	Принята в печать 25/11/2022
Received 11/10/2022	Accepted in revised 02/11/2022	Accepted 25/11/2022