

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-2-2444>
<https://elibrary.ru/PWQZDR>

Оригинальная статья
<https://fptt.ru>

Сравнение типичных свойств напитков с различным содержанием этанола



И. П. Лутков^{1,*}, Д. В. Ермолин²

¹ Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства
и виноделия «Магарач» РАН^{ROR}, Ялта, Россия

² Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского^{ROR}, Симферополь, Россия

Поступила в редакцию: 11.08.2022

Принята после рецензирования: 29.09.2022

Принята к публикации: 04.10.2022

*И. П. Лутков: igorlutkov@mail.ru,

<https://orcid.org/0000-0001-9515-4341>

Д. В. Ермолин: <https://orcid.org/0000-0002-3543-2837>

© И. П. Лутков, Д. В. Ермолин, 2023



Аннотация.

Спрос на безалкогольное пиво и вино, содержащие в составе диоксид углерода, растет. Современные технологии деалкоголизации пива и вина позволяют получать более качественные напитки, но в большинстве случаев отмечается изменение аромата и вкуса напитков. Цель исследования заключалась в проведении сравнительного анализа типичных свойств пива и игристого вина с различной спиртуозностью.

Объектами исследования являлись промышленные образцы пива и игристого вина с различной объемной долей этилового спирта. В ходе исследования провели анализ органолептических свойств, кислотности, игристых свойств по скорости десорбции CO₂, содержания CO₂, пенистых свойств, вязкости, фенольных веществ, белков пива и оптических характеристик. В работе применяли стандартные методы исследований.

Алкогольное пиво, по сравнению с безалкогольным, имело более полный вкус и типичный аромат. Ароматический и вкусовой профиль игристых вин различался в зависимости от сортовых особенностей сырья. Коэффициент игристых свойств безалкогольного пива был на 1,2–7,5 % выше алкогольного из-за лучшей растворимости CO₂ в напитках с меньшим содержанием этанола; у алкогольного игристого вина – выше на 19,7 %, чем у безалкогольного, из-за наличия связанных форм CO₂. Пенистые свойства алкогольных напитков были лучше, чем у безалкогольных, из-за большего содержания белков. Установили связь желтизны и оптической плотности напитков при длине волны 350 нм с суммой фенольных веществ, а также значения показателя цвета пива с содержанием меланоидинов.

Проведенные исследования показали, что существующие технологии деалкоголизации позволяют вырабатывать безалкогольную продукцию близкую аналогичным алкогольным напиткам. Необходимо дальнейшее их совершенствование с целью улучшения качества безалкогольной продукции и сохранения в ней связанных форм CO₂, белков, фенольных веществ и аромата.

Ключевые слова. Напитки, безалкогольное пиво, игристое вино, десорбция CO₂, аромат, фенольные вещества, кислотность, дескрипторы

Для цитирования: Лутков И. П., Ермолин Д. В. Сравнение типичных свойств напитков с различным содержанием этанола // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53. № 2. С. 404–414. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-2-2444>

Typical Properties of Beverages with Different Ethanol Content: A Comparative Analysis



Igor P. Lutkov^{1,*}, Dmitry V. Yermolin²

¹ All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” RAS^{ROR}, Yalta, Russia

² V.I. Vernadsky Crimean Federal University^{ROR}, Simferopol, Russia

Received: 11.08.2022
Revised: 29.09.2022
Accepted: 04.10.2022

*Igor P. Lutkov: igorlutkov@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0001-9515-4341>
Dmitry V. Yermolin: <https://orcid.org/0000-0002-3543-2837>

© I.P. Lutkov, D.V. Yermolin, 2023



Abstract.

Non-alcoholic beer and wine are in great demand. Some of them contain carbon dioxide. Dealcoholization makes it possible to obtain high-quality drinks, but changes in flavor and taste are unavoidable. This article introduces a comparative analysis of the typical properties of beer and sparkling wine with different levels of alcohol.

The research featured industrial samples of beer and sparkling wine with different volume fractions of ethyl alcohol. The comparative analysis relied on standard research methods and included sensory evaluation, acidity, sparkling properties in terms of carbon dioxide desorption rate, carbon dioxide content, foamy properties, viscosity, phenolic substances, beer proteins, and optical characteristics.

Alcoholic beer had a better taste and possessed a typical beer flavor. The flavor and taste profile of sparkling wines depended on the raw material. The sparkling coefficient of non-alcoholic beer was 1.2–7.5% higher than that of alcoholic beer because drinks with less ethanol have better carbon dioxide solubility. For alcoholic sparkling wine, the sparkling coefficient was higher by 19.7% than for its non-alcoholic analogue due to bound forms of carbon dioxide. The foaming properties of alcoholic drinks were better than those of the non-alcoholic samples due to the higher protein content. The yellowness and optical density of drinks at a wavelength of 350 nm depended on the amount of phenolic substances. The color index of beer depended on the content of melanoidins.

The modern dealcoholization technologies make it possible to produce non-alcoholic beverages with the same sensory properties as their alcoholic prototypes. However, these technologies can be improved in terms of bound carbon dioxide, proteins, phenolic substances, and flavor.

Keywords. Beverages, non-alcoholic beer, sparkling wine, carbon dioxide desorption, aroma, phenolic substances, acidity, descriptors

For citation: Lutkov IP, Yermolin DV. Typical Properties of Beverages with Different Ethanol Content: A Comparative Analysis. Food Processing: Techniques and Technology. 2023;53(2):404–414. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-2-2444>

Введение

Среди современных трендов на рынке напитков брожения отмечено увеличение спроса на слабоалкогольную и безалкогольную продукцию, в том числе содержащую в составе диоксид углерода. Ассоциацией производителей пива (<https://beerasociation.ru>) за полтора года (с 2020 по 2021 гг.) было проанализировано 2,5 млн онлайн-заказов. В категории безалкогольного пива был отмечен рост на 10 % в 2020 г., в начале 2021 г. – на 15 %. Более 95 % заказов составляло светлое пиво. По данным международного маркетингового агентства Fact.MR (<https://factmr.com>), ожидается рост мировых

продаж безалкогольных вин в среднем на 10,4 %, объем которых к 2031 г. может составить \$4,4 млрд. Объясняется это тем, что многим людям алкоголь противопоказан по состоянию здоровья или религиозным убеждениям, а также здоровым образом жизни, который ведет часть населения [1]. Кроме того, многие автолюбители во время торжественных событий или делового ужина предпочитают не отказывать себе в бокале безалкогольного вина или пива. Специально для таких категорий граждан производители предлагают широкую линейку безалкогольной продукции. Помимо низкого содержания спирта, безалкогольное пиво богато био-

логически активными соединениями, в том числе полифенолами [2–6]. Безалкогольные вина содержат полезные микро- и макроэлементы, а также антиоксиданты, относящиеся к фенольным веществам (галловая кислота, кверцетин, катехин, эпикатехин и др.) [7].

Из-за того, что процесс удаления спирта сопровождается потерей ароматических веществ и снижением растворимости ряда веществ экстракта, вкус напитка изменяется в худшую сторону. Многие потребители отмечают, что органолептические свойства безалкогольного пива и вина уступают своим традиционным аналогам [8]. Использование вакуума вместе с нагреванием, помимо ухудшения органолептических свойств пива или вина, увеличивает содержание экстрактивных веществ, а незначительная часть фенольных веществ разрушается. Также в вине могут проходить нежелательные процессы меланоидинообразования. В СССР был запатентован способ получения безалкогольного вина, насыщенного диоксидом углерода (АС СССР № 1268106), включающий вакуумную дистилляцию вина с возвращением в него ароматической фракции без спирта, разбавление дистиллированной водой, насыщение диоксидом углерода, обеспложивающую фильтрацию и стабилизацию аскорбиновой кислотой и сернистым ангидридом, стерильный изобарический розлив. Также в СССР были разработаны ТУ 18-644-85 на пиво столовое слабоалкогольное.

Технологии постоянно совершенствуются. Ряд производителей уже приблизили вкусовые характеристики своего безалкогольного пива к вкусу привычных образцов. Например, описан способ производства пива «Балтика безалкогольное» (патент № 2195481), при котором удаление спирта проводится до его содержания в пиве не более 0,5 % путем пропускания через мембрану из полых волокон. Такой способ позволил сохранить органолептические характеристики, свойственные традиционному пиву. Деалкоголизация пива и вина с помощью мембран считается одним из наиболее перспективных способов получения качественных напитков [9]. В Бразилии применяют метод прямого осмоса [10]. Также известны способы получения безалкогольного пива с использованием несакхаромецетных дрожжей [11–16].

Производство качественного безалкогольного вина может включать прямой и обратный осмос, диализ и вымораживание, а также мембранную пертракцию, осмотическую дистилляцию и экстракцию органическими растворителями (патент фирмы Peter Eckes №82102463.5) и жидким диоксидом углерода [17, 18]. Хотя современные технологии позволяют получать более качественные напитки, многие авторы отмечают различия в аромате и вкусе соответствующей алкогольной и безалкогольной продукции, а некоторые исследователи

предлагают считать безалкогольное пиво и вино самостоятельными напитками, имеющими свой сегмент на потребительском рынке.

Несмотря на то что происходящие при деалкоголизации напитков изменения состава описаны широко, влияние этих процессов на типичные свойства конечного продукта изучено недостаточно.

Цель исследования – изучение типичных свойств промышленных образцов пива и игристого вина с различной объемной долей этилового спирта.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись приобретенные в торговой сети пиво и игристое вино с различным содержанием этанола (табл. 1).

В полученных образцах определяли игристые свойства согласно разработанной методике СТО 01586301.040-2022 [19]. Ее сутью являлось измерение скорости десорбции CO_2 из пробы при сбросе давления до атмосферного. Пенистые свойства вина (максимальный объем пены и время ее разрушения) устанавливали по разработанной методике СТО 01580301.015-2017. Согласно этой методике в мерный цилиндр (емкостью 1 дм^3) наливали 200 см^3 дегазированной пробы вина. С помощью портативного компрессора и распылителя, опущенного на дно мерного цилиндра, осуществляли барботаж вина воздухом, при этом происходило его вспенивание. Максимальный объем пены определяли визуально с помощью градуировки цилиндра, время разрушения пены – с помощью секундомера. Пенистые свойства пива выявляли согласно ГОСТ 30060-2022 и СТО 01580301.015-2017 (для сравнения).

Общее содержание диоксида углерода в винах определяли по методике СТО 01580301.016-2017, согласно которой выделившийся из напитка под действием ультразвука CO_2 вытеснял затворную жидкость из градуированной емкости. Объем вытесненной затворной жидкости соответствовал объему содержащегося в бутылке с напитком диоксида углерода. Расчет содержания связанных форм диоксида углерода осуществляли по методу А. А. Мержаниана по разности между измеренным содержанием CO_2 и его растворимостью при определенном давлении и концентрации этанола. Содержание CO_2 в пиве устанавливали по ГОСТ 32038-2012 и СТО 01580301.016-2017, поскольку ГОСТ 32038 не позволяет определять содержание связанного CO_2 в пиве.

Общее содержание фенольных веществ, мономерных фенольных веществ и полифенолов определяли колориметрическим методом по реакции Фолина-Чокальтеу. Динамическую вязкость измеряли при помощи вискозиметра (ВПЖ-1). Показатель желтизны и спектр оптической плотности вина и пива на различных длинах волн устанавливали при помощи спектрофотометра в кювете толщиной 10 мм.

Таблица 1. Характеристика образцов пива и игристого вина с различным содержанием этанола

Table 1. Beer and sparkling wine with different ethanol content

Наименование напитка и нормативная документация	Тара	Состав (приведенный на этикетке)
Напиток безалкогольный «Крым безалкогольное», сильногазированный, пастеризованный, ГОСТ 28188-2014	Бутылка стеклянная, объем 0,50 дм ³	Вода питьевая подготовленная, экстракт ячменного солода светлый сброженный, хмелепродукты. Углеводы – 50 г/дм ³ . Алкоголь – 0 ‰.
Пиво светлое фильтрованное пастеризованное «Крым светлое», ГОСТ 31711-2012	Бутылка стеклянная, объем 0,50 дм ³	Вода питьевая подготовленная, солод пивоваренный ячменный светлый, ячмень пивоваренный, хмель. Экстрактивность начального сула – 11,0 %. Углеводы – 46 г/дм ³ . Алкоголь – 4,4 ‰.
Пивной напиток безалкогольный «Хейнекен 0,0» пастеризованный, ГОСТ Р 55292-2012	Бутылка стеклянная, объем 0,47 дм ³	Вода очищенная, солод пивоваренный ячменный светлый, натуральный пищевой ароматизатор, хмелепродукты. Углеводы – 40 г/дм ³ . Алкоголь – 0,3 ‰.
Пиво светлое пастеризованное «Хейнекен», ТУ 11.05.10-001-44336385-2019	Бутылка стеклянная, объем 0,47 дм ³	Вода очищенная, солод пивоваренный ячменный светлый, хмелепродукты. Экстрактивность начального сула – 11,2 %. Углеводы – 30 г/дм ³ . Алкоголь – 4,8 ‰.
Пиво светлое безалкогольное «Балтика безалкогольное» № 0 пастеризованное, ТУ 11.05.10-001-01824944-2019	Бутылка стеклянная, объем 0,45 дм ³	Вода питьевая очищенная, солод ячменный светлый, солодовый экстракт, ячмень пивоваренный, хмелепродукты. Углеводы – 60 г/дм ³ . Алкоголь – 0,5 ‰.
Пиво светлое «Балтика классическое» № 3 пастеризованное, ТУ 11.05.10-001-01824944-2019	Бутылка стеклянная, объем 0,45 дм ³	Вода питьевая очищенная, солод ячменный светлый, хмелепродукты. Экстрактивность начального сула – 11,5 %. Углеводы – 35 г/дм ³ . Алкоголь – 4,8 ‰.
Пиво «Стелла Артуа» безалкогольное светлое, пастеризованное, ТУ 9184-033-704449753-2014	Бутылка стеклянная, объем 0,44 дм ³	Вода питьевая, солод пивоваренный ячменный, глюкозо-фруктозный сироп, хмель, хмелепродукты. Углеводы – 45 г/дм ³ , жиры – 0 г/л, белок – 3 г/дм ³ . Алкоголь – 0,5 ‰.
Пиво «Стелла Артуа» светлое, пастеризованное, ТУ 9184-034-704449753-2014	Бутылка стеклянная, объем 0,44 дм ³	Вода питьевая, солод пивоваренный ячменный, хмель, хмелепродукты. Экстрактивность начального сула – 11,25 %. Углеводы – 45 г/дм ³ , жиры – 0 г/дм ³ , белок – 7 г/дм ³ . Алкоголь – 5,0 ‰.
Напиток безалкогольный сильногазированный Light house sparkling, выработанный по специальной технологии деалкоголизации, сохраняющей все вкусовые качества и богатства букета виноградного вина. Год урожая 2020. Дата розлива: 17.12.2021	Бутылка стеклянная, объем 0,75 дм ³	82 % безалкогольного белого вина из сорта Сильванер, виноградное суло, сахара, диоксид углерода, аскорбиновая кислота, SO ₂ . Углеводы – 68 г/дм ³ , белок – 0 мг/дм ³ . Алкоголь – 0,5 ‰.
Вино игристое белое брют акратофорное. Год урожая 2021. Дата розлива 3.03.2022, ГОСТ 33336-2015	Бутылка стеклянная, объем 0,75 дм ³	Вино из винограда сорта Рислинг рейнский, SO ₂ . Углеводы – 13 г/дм ³ . Алкоголь – 11,8 ‰.

Цвет пива выявляли по ГОСТ 12789-2022. Массовую концентрацию титруемых кислот вин определяли по ГОСТ 32114-2012, кислотность пива – по ГОСТ 12788-87, pH пива – по ГОСТ 31764-2012, pH вина – потенциометрическим методом с помощью pH-метра. Массовую концентрацию белка в вине устанавливали путем его осаждения трихлоруксусной кислотой, растворения осадка щелочью и взаимодействия полученного раствора с реактивом Фолина-Чокальтеу, интенсивность окраски которого пропорциональна концентрации белка, в пиве – путем определения содержания общего азота методом Кьельдаля и умножения на коэффициент пересчета 6,25. Массовую концентрацию меланоидинов

определяли колориметрическим методом в кювете с толщиной 10 мм при длине волны 420 нм по калибровочному графику стандартного раствора меланоидинов, полученного из глицина и глюкозы.

Органолептическую оценку пива проводили в соответствии с ГОСТ 30060 и ГОСТ 31711 по 25-балльной системе (минимально допустимая оценка 12 баллов). При оценке аромата и вкуса пива учитывали вклад отдельных дескрипторов в их сложение [20, 21]. Органолептическую оценку игристых вин проводили по 10-балльной системе (минимально допустимая оценка 8,80 баллов), а также по количественному вкладу отдельных дескрип-

торов в сложение аромата и вкуса вин. Выбор дескрипторов осуществляли в соответствии с ISO 5492, ISO 11035 и [22].

Результаты и их обсуждение

Поскольку технологии производства безалкогольного пива различаются, то на первом этапе работы провели органолептическую оценку безалкогольного пива различных торговых марок в сравнении с алкогольным пивом тех же производителей для определения наиболее близкой по качеству пары с самыми высокими дегустационными баллами. Безалкогольное вино было представлено единственным производителем (табл. 2).

В результате более высокие дегустационные оценки при минимальной разнице (2 балла) получили пиво «Стелла Артуа» безалкогольное светлое и пиво «Стелла Артуа» светлое. В связи с этим данную пару взяли в качестве эталонной для дальнейших исследований.

Затем провели исследование игристых свойств напитков. Результаты представлены на рисунке 1 и в таблице 3.

Сравнение динамики десорбции CO_2 из безалкогольного напитка «Крым» и пива «Крым» (рис. 1а) показало, что напиток быстрее терял диоксид углерода с первой до последней минуты анализа. Об этом свидетельствовали большие скорость и угол наклона кривой десорбции (табл. 3), что может быть связано с технологическими особенностями производства этого продукта. Однако за счет большего содержания CO_2 в пробе коэффициент игристых свойств данного напитка был на 1,5 % лучше, чем у пива «Крым».

Сравнение динамики десорбции CO_2 из безалкогольного и алкогольного пива других производителей (рис. 1б–д) показало одинаковую картину: на начальном этапе выделение диоксида углерода из безалкогольного пива шло интенсивнее, чем из алкогольного, затем процесс замедлялся. В то же время десорбция CO_2 из алкогольного пива протекала более равномерно, хотя скорость и угол наклона

кривой десорбции диоксида углерода в таком пиве были выше, чем в безалкогольном. Равномерному течению десорбции может способствовать большая вязкость и наличие связанных форм диоксида углерода в алкогольном пиве, которые замедляют процесс выделения CO_2 . Однако на конечном этапе процесса десорбции CO_2 более существенную роль начинал играть коэффициент растворимости диоксида углерода в напитках, который снижался с увеличением концентрации спирта.

Подобная картина прослеживается и при сравнении двух игристых вин с разным содержанием этилового спирта (рис. 1е). Безалкогольное игристое вино на 5 минуте процесса десорбции выделяло в 2 раза больше CO_2 , чем алкогольное игристое вино. Затем на 41 минуте количество выделяемого CO_2 сравнялось и уже из алкогольного игристого вина выделялось больше. Несмотря на то что скорость и угол наклона кривой десорбции в алкогольном игристом вине были выше, чем в безалкогольном, значение коэффициента игристых свойств было выше у алкогольного напитка за счет большего количества связанных форм диоксида углерода (табл. 4).

Пенистые свойства у алкогольного пива и вина были лучше, чем у безалкогольных аналогов (табл. 5). Следует отметить, что высота пены и максимальный ее объем двух сравниваемых образцов пива были одинаковыми, отличия отмечены только в пенистости и в процессе разрушения пены. Это имело корреляцию с содержанием белка и полифенолов, которые образуют с белками комплексы и стабилизируют пену [23].

В случае игристых вин в обоих образцах пенистые свойства были невысокими, что было связано с низким содержанием белковых веществ в результате обработок оклеивающими веществами. Даже небольшое содержание белка в игристом вине (4 мг/дм^3) способствовало улучшению пенистых свойств напитка в сравнении с безалкогольным игристым вином, в котором белок присутствовал в количестве $0,5 \text{ мг/дм}^3$.

При сравнении кислотности пива, а также показателя рН установлено, что их значения были очень

Таблица 2. Органолептическая оценка пива и пивных напитков с разным содержанием этанола

Table 2. Beer and beer drinks with different ethanol content: sensory evaluation

Наименование напитка	Дегустационная оценка, балл
Напиток «Крым безалкогольное», сильногазированный	Не оценивался
Пиво фильтрованное «Крым светлое»	23,0
Пивной напиток безалкогольный «Хейнекен 0,0»	20,5
Пиво светлое «Хейнекен»	22,5
Пиво «Стелла Артуа» безалкогольное светлое	21,5
Пиво «Стелла Артуа» светлое	23,5
Пиво светлое «Балтика безалкогольное» № 0	21,0
Пиво светлое «Балтика классическое» № 3	23,5
Напиток безалкогольный сильногазированный Light house sparkling	8,8
Вино игристое белое брют акратофорное	8,9

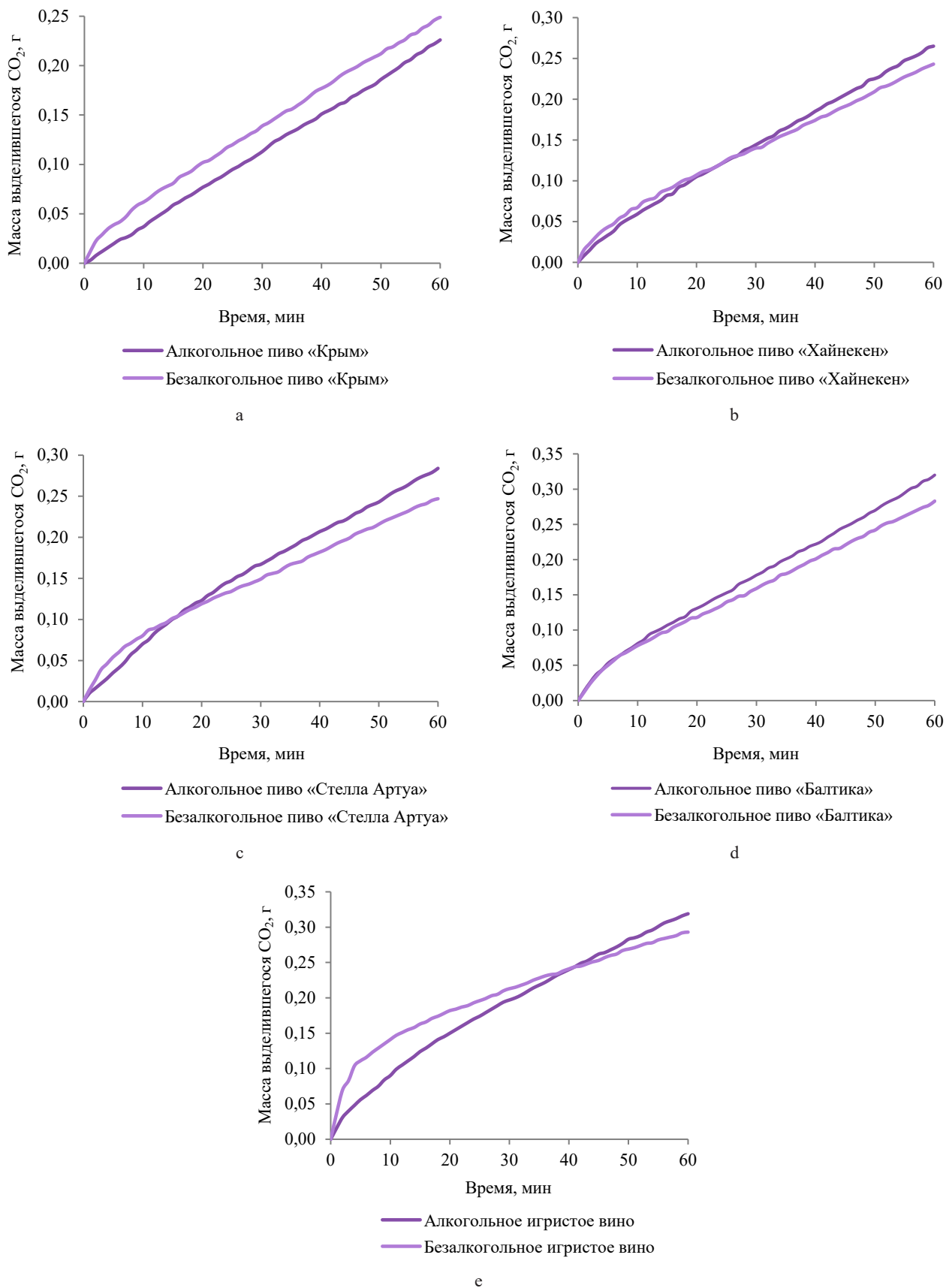


Рисунок 1. Динамика десорбции диоксида углерода из пива и игристых вин с различным содержанием этанола

Figure 1. Carbon dioxide desorption from beer and sparkling wines with different ethanol content

Таблица 3. Показатели игристых свойств напитков

Table 3. Sparkling properties

Наименование напитка	Содержание CO ₂ в пробе, г	Скорость десорбции CO ₂ из пробы на отрезке времени (0–60 мин), мг/мин	Угол наклона кривой десорбции CO ₂ , °	Коэффициент игристых свойств (отношение содержания CO ₂ в пробе к скорости десорбции CO ₂)
Напиток «Крым безалкогольное», сильногазированный	0,343	4,150	0,2378	82,65
Пиво фильтрованное «Крым светлое»	0,307	3,767	0,2158	81,50
Пивной напиток безалкогольный «Хейнекен 0,0»	0,367	4,050	0,2320	90,62
Пиво светлое «Хейнекен»	0,370	4,417	0,2531	83,77
Пиво «Стелла Артуа» безалкогольное светлое	0,331	4,117	0,2359	80,40
Пиво «Стелла Артуа» светлое	0,376	4,733	0,2712	79,43
Пиво светлое «Балтика безалкогольное» № 0	0,356	4,717	0,2702	75,48
Пиво светлое «Балтика классическое» № 3	0,397	5,333	0,3056	74,44
Напиток безалкогольный сильногазированный Light house sparkling	0,348	4,883	0,2798	71,26
Вино игристое белое брют акратофорное	0,472	5,317	0,3046	88,78

Таблица 4. Содержание различных форм диоксида углерода в напитках (в бутылке)

Table 4. Content of various forms of carbon dioxide in beverages, per bottle

Наименование напитка	PCO ₂ , кПа	mCO ₂ общ., г	mCO ₂ раств., г	mCO ₂ газ, г	mCO ₂ связ., г	ωCO ₂ связ., %
Пиво «Стелла Артуа» безалкогольное светлое	230 (270)	2,424	2,274	0,078	0,072	3,0
Пиво «Стелла Артуа» светлое	220 (240)	2,305	2,100	0,076	0,129	5,6
Напиток безалкогольный сильногазированный Light house sparkling	500 (650)	7,501	7,033	0,136	0,331	4,4
Вино игристое белое брют акратофорное	345 (445)	5,160	4,454	0,126	0,579	11,2

Примечание: PCO₂ – равновесное давление CO₂ (в скобках давление после встряхивания); mCO₂ общ. – общее содержание CO₂; mCO₂ раств. – содержание растворенного CO₂; mCO₂ газ – содержание CO₂ в воздушной камере бутылки с напитком; mCO₂ связ. – содержание связанных форм CO₂; ωCO₂ связ. – массовая доля связанных форм CO₂.

Note: PCO₂ is the equilibrium pressure of CO₂; the after-shaking pressure is given in brackets; mCO₂ общ. is the total content of CO₂; mCO₂ раств. is content of dissolved CO₂; mCO₂ газ is the content of CO₂ in the air chamber of the bottle; mCO₂ связ. is the content of bound CO₂; ωCO₂ связ. is the mass fraction of bound CO₂.

близки между собой, что может свидетельствовать о схожести процессов приготовления напитков (основного брожения), во время которого образуются основные кислоты пива (уксусная, молочная, янтарная, лимонная, яблочная и др.). В игристом вине значение показателя pH было ниже, чем в безалкогольном, а массовая концентрация титруемых кислот в пересчете на винную была на 20 % выше. Это связано как с сортовыми особенностями используемого виноматериала, так и с технологией приготовления вина.

Следует отметить, что алкогольное пиво визуально имело более интенсивный светло-янтарный цвет, о чем свидетельствовали показатели цвета и жел-

тизны. У игристых вин более интенсивный светло-золотистый цвет был у безалкогольного вина, в то время как алкогольное игристое имело бледный светло-соломенный цвет. В обоих случаях цвет продукта зависел от состава и общего содержания фенольных веществ. Корреляция между показателем желтизны и суммой фенольных веществ составила $k = 0,905$, а между показателем желтизны и массовой концентрацией полимерных форм фенольных веществ – $k = 0,892$. В пиве также отмечена высокая корреляция между показателем цвет и концентрацией меланоидинов ($k = 0,965$).

На рисунке 2 представлены спектры соответствующих напитков.

Таблица 5. Физико-химические показатели напитков

Table 5. Physical and chemical indicators

Наименование напитка	К	pH	G	Ц, ц.ед	В, мм ² /с	V _{max} , см ³	t раз, с	ВП, см	П, мин	Б, мг/дм ³	М, мг/дм ³	ОФ, мг/дм ³	МФ, мг/дм ³	ПФ, мг/дм ³
Пиво «Стелла Артуа» безалкогольное светлое	1,7	4,340	29,7	0,48	1,0819	> 1200	3529	70	4	2750	147	310	267	43
Пиво «Стелла Артуа» светлое	1,6	4,345	33,3	0,59	1,2484	> 1200	8917	70	6	4375	172	326	220	106
Напиток безалкогольный сильногазированный Light house sparkling	5,6	3,250	11,7	–	1,0837	60	2	–	–	0,5	–	275	270	5
Вино игристое белое брют акратофорное	7,1	3,200	6,2	–	1,3982	100	3	–	–	4	–	190	188	2

Примечание: К – кислотность пива (к.ед.) и массовая концентрация титруемых кислот вина (г/дм³); pH – водородный показатель; G – показатель желтизны; Ц – цвет; В – значение динамической вязкости; V_{max} – максимальный объем пены; t_{раз} – время разрушения пены; ВП – высота пены; П – пенистость; Б – содержание белка; М – содержание меланоидинов; ОФ – общее содержание фенольных веществ; МФ – содержание мономерной фракции фенольных веществ; ПФ – содержание полимерной фракции фенольных веществ.

Note: K is the acidity of beer (c.u.) and mass concentration of titratable acids of wine (g/dm³); pH is the pH value; G is the yellowness index; Ц is the color; В is the dynamic viscosity value; V_{max} is the maximal foam volume; t is the foam destruction time; ВП is the foam thickness, П is the foaming, Б is the protein content, М is the melanoidin content, ОФ is the total content of phenolic substances, МФ is the content of monomeric fraction of phenolic substances, ПФ is the content of polymeric fraction of phenolic substances.

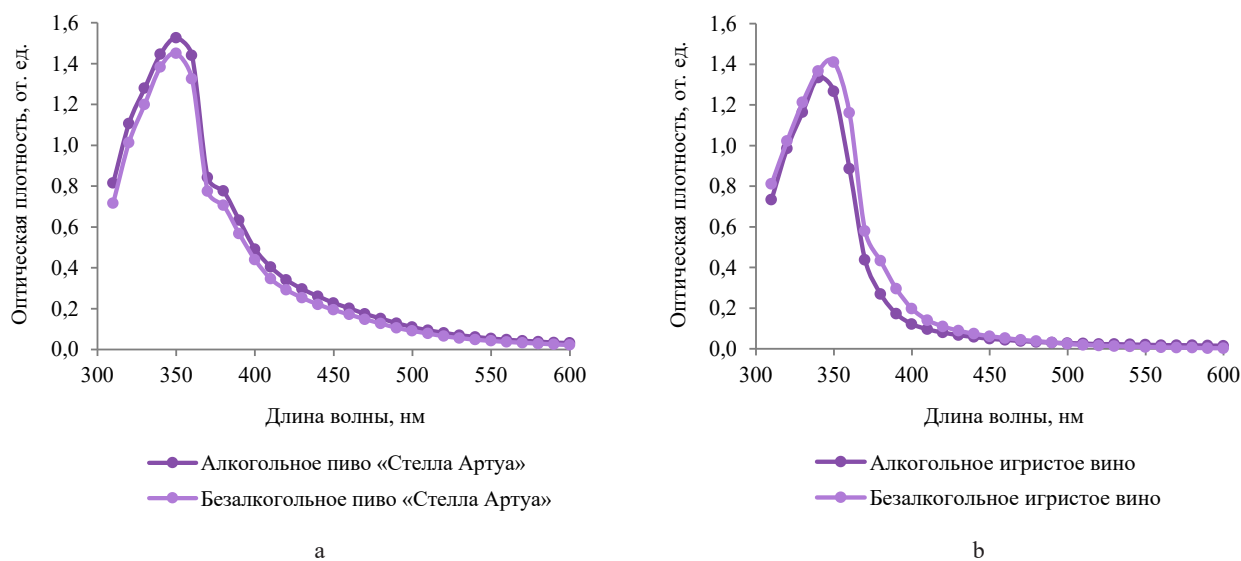


Рисунок 2. Спектр оптической плотности пива и игристых вин с различным содержанием этанола

Figure 2. Beer and sparkling wines with different ethanol content: optical density spectrum

Анализ спектров показал, что алкогольное пиво на всех измеренных длинах волн показывало большее значение оптической плотности, чем безалкогольное (рис. 2а). Для игристых вин (рис. 2б) картина была обратной: безалкогольное вино имело более высокие значения оптической плотности. Максимальное значение оптической плотности наблюдалось при длине волны 350 нм, а небольшое искривление – при длине волны 380 нм. Значение оптической плот-

ности при длине волны 350 нм имело высокую корреляцию с концентрацией суммы фенольных веществ ($\kappa = 0,983$), значение оптической плотности при длине волны 380 нм – высокую корреляцию с концентрацией полимерных форм фенольных веществ ($\kappa = 0,877$).

Провели сравнительный органолептический анализ пива по 6 дескрипторам по суммарной 25-балльной шкале (прозрачность – до 3 баллов, цвет –



Рисунок 3. Органолептический профиль пива

Figure 3. Beer: sensory profile

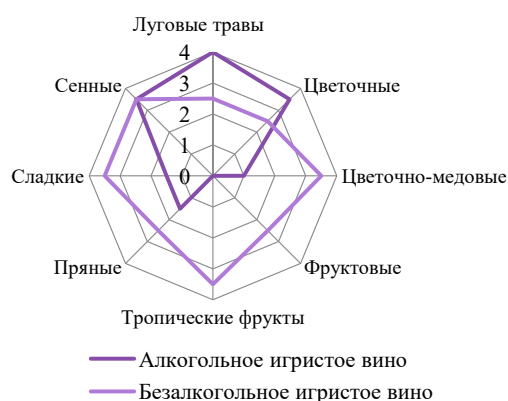


Рисунок 4. Ароматический профиль игристых вин

Figure 4. Sparkling wines: flavor

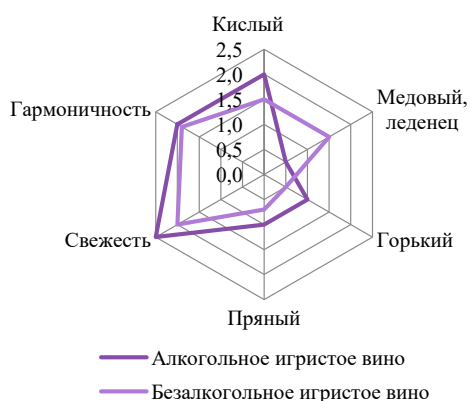


Рисунок 5. Вкусовой профиль игристых вин

Figure 5. Sparkling wines: taste

до 3 баллов, вкус – до 5 баллов, хмелевая горечь – до 5 баллов, аромат – до 4 баллов, пенообразование – до 5 баллов) (рис. 3).

Было установлено, что по прозрачности и хмелевой горечи оба образца были практически одинаковыми. У алкогольного пива был более насыщенный цвет, чуть более полный вкус и лучше (типичнее) аромат и пенность, хотя качество безалкогольного пива было высоким и характерным для данного вида продукции.

Сравнительный органолептический анализ ароматического профиля вина проводили по 8 дескрипторам по 5-балльной шкале для каждого дескриптора (рис. 4) и вкусового профиля вина по 6 дескрипторам по 5-балльной шкале для каждого дескриптора (рис. 5).

Ароматический комплекс сильно отличался у алкогольного и безалкогольного игристого вина, что было связано как с сортовыми особенностями использованных виноматериалов, так и с технологией производства. Алкогольное игристое вино было вы-

работано из виноматериалов сорта Рислинг рейнский, что способствовало появлению цветочных и сенных оттенков, а также оттенков луговых трав с легкой пряной нотой. Безалкогольное игристое вино было выработано из виноматериала сорта Сильванер с добавлением виноградного сула. В связи с этим в вине появились цветочно-медовые, фруктовые оттенки и оттенки тропических фруктов, а также сладкие, пряные и сенные.

Анализ вкусового профиля вин показал, что у алкогольного вина был достаточно гармоничный свежий кислотный вкус с пикантной горчинкой и легкими пряными оттенками. Безалкогольное вино отличалось более мягким, менее свежим и менее кислотным вкусом со сладкими медовыми и леденцовыми оттенками. Тем не менее в таком исполнении безалкогольное вино было гармоничным во вкусе.

Выводы

В результате проведенного анализа типичных свойств напитков с различным содержанием этанола установлено, что коэффициент игристых свойств безалкогольного пива на 1,2–7,5 % выше, чем в алкогольном пиве. Это связано с лучшей растворимостью диоксида углерода в безалкогольном пиве. Коэффициент игристых свойств алкогольного игристого вина был на 19,7 % выше, чем у безалкогольного игристого. Это связано с большим содержанием связанных форм диоксида углерода в алкогольном напитке. На начальном этапе выделение диоксида углерода из безалкогольного пива и вина шло интенсивнее, чем из алкогольных напитков, затем этот процесс замедлился и на последней стадии скорость десорбции CO_2 из алкогольных напитков была выше. Более равномерному течению процесса десорбции CO_2 из алкогольных напитков способствовали присутствие им большие динамическая вязкость и содержание связанных форм диоксида углерода.

Пенистые свойства были лучшими в алкогольных напитках, что имело корреляцию с содержанием белков. По цветовым характеристикам основные различия были связаны с содержанием суммы фенольных веществ и полимерной фракции фенольных веществ, а в пиве еще с содержанием меланоидинов. Установлена высокая корреляция оптической плотности при длине волны 350 нм с массовой концентрацией суммы фенольных веществ ($k = 0,983$) и при длине волны 380 нм с содержанием полифенолов ($k = 0,877$), а также корреляция значения показателя желтизны и суммы фенольных веществ ($k = 0,905$) и показателя желтизны и массовой концентрации полимерных форм фенольных веществ ($k = 0,892$). Кроме того, показатель цвета пива коррелировал с содержанием меланоидинов ($k = 0,965$). Органолептические характеристики алкогольного и безалкогольного пива были близки между собой. У алкогольного пива был более насыщенный цвет, более полный вкус и лучше (типичнее) аромат, выше устойчивость пены. Ароматический и вкусовой профиль игристых вин отличался, что было связано с сортовыми особенностями используемого сырья и его составом.

Полученные данные свидетельствуют о том, что современные технологии производства безалкогольного пива и вина позволяют вырабатывать продукцию по своим типичным свойствам близкую к аналогичным алкогольным напиткам. Необходимо дальнейшее их совершенствование с целью

улучшения качества безалкогольной продукции за счет сохранения в ней связанных форм CO_2 , белков, фенольных веществ и аромата.

Критерии авторства

И. П. Лутков – планирование экспериментов, формулирование цели и проведение исследований, подготовка статьи. Д. В. Ермолин – редактирование статьи и формулирование выводов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Выражаем благодарность Н. А. Шмигельской.

Contribution

I.P. Lutkov designed the experiments, set up the goals, conducted the research, and wrote the manuscript. D.V. Yermolin proofread the manuscript and formulated the conclusions.

Conflict of interest

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

Acknowledgements

The authors express their sincere gratitude to N.A. Shmigelskaya.

References/Список литературы

1. Kharlamova LN, Danilyan AV, Sinelnikova MYu, Matveeva DYu. Non-alcoholic beer: Confirmation of quality. *Production Quality Control*. 2021;(10):44–47. (In Russ.). <https://doi.org/10.35400/2541-9900-2021-10-44-47>
2. Trius-Soler M, Vilas-Franquesa A, Tresserra-Rimbau A, Sasot G, Storniolo CE, Estruch R, *et al.* Effects of the non-alcoholic fraction of beer on abdominal fat, osteoporosis, and body hydration in women. *Molecules*. 2020;25(17). <https://doi.org/10.3390/molecules25173910>
3. Osorio-Paz I, Brunauer R, Alavez S. Beer and its non-alcoholic compounds in health and disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020;60(20):3492–3505. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1696278>
4. Nardini M, Garaguso I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food Chemistry*. 2020;305. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125437>
5. Boronat A, Soldevila-Domenech N, Rodríguez-Morató J, Martínez-Huélamo M, Lamuela-Raventós RM, de la Torre R. Beer phenolic composition of simple phenols, prenylated flavonoids and alkylresorcinols. *Molecules*. 2020;25(11). <https://doi.org/10.3390/molecules25112582>
6. Wannemacher Ju, Gastl M, Becker T. Phenolic substances in beer: Structural diversity, reactive potential and relevance for brewing process and beer quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018;17(4):953–988. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12352>
7. Tomaskova L, Prusova B, Baron M, Kumsta M, Sochor J. The study of polyphenols in dealcoholized wine. *Mitteilungen Klosterneuburg*. 2017;67:139–148.
8. Muller C, Neves LE, Gomes L, Guimaraes M, Ghesti G. Processes for alcohol-free beer production: A review. *Food Science and Technology*. 2020;40(2):273–281. <https://doi.org/10.1590/fst.32318>
9. Mangindaan D, Khoiruddin K, Wenten IG. Beverage dealcoholization processes: Past, present, and future. *Trends in Food Science and Technology*. 2018;71:36–45. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.018>

10. Ambrosi A, Motke MB, Souza-Silva EA, Zini CA, McCutcheon JR, Cardozo NSM, et al. Beer dealcoholization by forward osmosis diafiltration. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2020;63. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102371>
11. Kobelev KV, Volkova TN, Selina IV, Sosinova MS. Methods of alcohol-free and low alcohol beer production. *Beer and Beverages*. 2020;(2):24–30. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2072-9650-2020-10017>
12. Kobelev KV, Volkova TN, Selina IV, Sosinova MS. Non-saccharomyces yeasts in low alcohol beer production. *Beer and Beverages*. 2020;(3):6–12. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2072-9650-2020-10024>
13. De Francesco G, Sannino C, Sileoni V, Marconi O, Filippucci S, Tasselli G, et al. *Mrakia gelida* in brewing process: An innovative production of low alcohol beer using a psychrophilic yeast strain. *Food Microbiology*. 2018;76:354–362. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.06.018>
14. Bellut K, Michel M, Zarnkow M, Hutzler M, Jacob F, De Schutter DP, et al. Application of non-*Saccharomyces* yeasts isolated from kombucha in the production of alcohol-free beer. *Fermentation*. 2018;4(3). <https://doi.org/10.3390/fermentation4030066>
15. Bellut K, Michel M, Hutzler M, Zarnkow M, Jacob F, De Schutter DP, et al. Investigation into the potential of *Lachancea fermentati* strain KBI 12.1 for low alcohol beer brewing. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2019;77(3):157–169. <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1629227>
16. Iorizzo M, Coppola F, Letizia F, Testa B, Sorrentino E. Role of yeasts in the brewing process: Tradition and innovation. *Processes*. 2021;9(5). <https://doi.org/10.3390/pr9050839>
17. Huang J, Ren Y, Wang X, Li H, Wang Y, Zhang J, et al. Dealcoholization of kiwi wine by forward osmosis: Evaluation of membrane fouling propensity and product quality. *Chemical Engineering Research and Design*. 2022;178:189–198. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2021.12.032>
18. Esteras-Saz J, de la Iglesia O, Pena C, Escudero A, Tellez C, Coronas J. Theoretical and practical approach to the dealcoholization of water-ethanol mixtures and red wine by osmotic distillation. *Separation and Purification Technology*. 2021;270. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.118793>
19. Lutkov IP. Evaluation of sparkling properties of beverages. *Magarach. Viticulture and Vinemaking*. 2022;24(1):63–70. (In Russ.). <https://doi.org/10.35547/IM.2022.78.26.010>
20. Patrikeeva AM, Kanarskaya ZA, Kanarskiy AV. Sensory indicators of Baltika light beer. *Fundamental and applied aspects of modern science: a collection of papers based on the materials of the International Competition for Research Papers*; 2020; Ufa. Ufa: SPC Herald of Science; 2020. p. 26–31. (In Russ.). [Патрикеева А. М., Канарская З. А., Канарский А. В. Исследование органолептических показателей светлого пива «Балтика». *Фундаментальные и прикладные аспекты развития современной науки: сборник трудов по материалам Международного конкурса научно-исследовательских работ*. Уфа, 2020. С. 26–31.]. <https://www.elibrary.ru/NIRIEQ>
21. Müller M, Gastl M, Becker T. Key constituents, flavour profiles and specific sensory evaluation of wheat style non-alcoholic beers depending on their production method. *Journal of the Institute of Brewing*. 2021;127(3):262–272. <https://doi.org/10.1002/jib.663>
22. Arroyo BL, Roberts RP. How specific wine tasting descriptors are? *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2015;198:287–299. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.447>
23. Lu Y, Bergenståhl B, Nilsson L. Interfacial properties and interaction between beer wort protein fractions and iso-humulone. *Food Hydrocolloids*. 2020;103. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105648>