

Влияние способа отварочного затирания на состав молодого светлого пива

Инна В. Оселедцева	¹	ivovino@mail.ru	 0000-0002-3093-6577
Мария А. Назаренко	¹	mariyababenkova@mail.ru	 0000-0001-5494-8532
Константин А. Палагин	¹	delfin_09super@mail.ru	 0000-0002-4477-6834
Данил К. Ханин	¹	danilhanin768@gmail.com	 0009-0005-3472-0588
Алла Е. Чусова	²	hycovai@mail.ru	 0000-0003-1237-4870
Артем С. Киселев	²	artemkaksoll21@ya.ru	

¹ Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская 2, г. Краснодар, 350072, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В настоящее время производители пива сталкиваются с проблемой соотношения цена/качество при работе с отечественным солодом и хмелем. Поэтому актуальным становится изучение технологических приемов, влияющих на сырье, с целью регулирования качественных показателей готовой продукции. Произведен сравнительный анализ аминокислотного состава и ароматических профилей молодого светлого пива из ячменного солода, полученного путем сбраживания низовыми и верховыми дрожжами с использованием различных способов отварочного затирания. Объектами исследования являлись следующие образцы: 1 – затирание отварочным способом с дополнительной β -амилазной паузой, сбраживание низовыми дрожжами расы SafLagerW-34/70; 2 – затирание классическим отварочным способом, сбраживание на низовых дрожжах, расы SafLagerW-34/70 (контроль 1); 3 – затирание классическим отварочным способом, сбраживание на верховых дрожжах, расы SafAleT-58 (контроль 2); 4 – затирание отварочным способом с дополнительной β -амилазной паузой, сбраживание верховыми дрожжами расы SafAleT-58. В полученных образцах были определены массовые концентрации аминокислот, сложных эфиров и высших спиртов, оказывающих влияние на формирование ароматического профиля. В образцах, молодого пива, сброженных лагерными дрожжами расы SafLagerW-34/70, наблюдали, что в образце 1 содержание этилацетата составило 20 мг/дм³, что в 2 раза больше, чем в образце 2. В тоже время, при исследовании образцов молодого пива, полученного сбраживанием на элевых дрожжах SafAleT-58, в образце 4 содержание этилацетата составило 49,1 мг/дм³, что в 2 раза выше контрольного образца 3. На основе полученных результатов были сделаны выводы о возможности применения одноотварочного затирания с дополнительной β -амилазной паузой в технологии светлого пива из ячменного солода.

Ключевые слова: затирание, дрожжи, пиво, солод, качественные показатели.

Effect of the cooking method on the composition of young light beer

Inna V. Oseledtseva	¹	ivovino@mail.ru	 0000-0002-3093-6577
Maria A. Nazarenko	¹	mariyababenkova@mail.ru	 0000-0001-5494-8532
Konstantin A. Palagin	¹	delfin_09super@mail.ru	 0000-0002-4477-6834
Danil K. Khanin	¹	danilhanin768@gmail.com	 0009-0005-3472-0588
Alla E. Chusova	²	hycovai@mail.ru	 0000-0003-1237-4870
Artem S. Kiselev	²	artemkaksoll21@ya.ru	

¹ Kuban State Technological University, 2 Moskovskaya St., Krasnodar, 350072, Russia

² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Currently, beer producers are faced with the problem of price/quality ratio when working with domestic malt and hops. Therefore, it becomes relevant to study technological methods that affect raw materials in order to regulate the quality indicators of finished products. A comparative analysis of the amino acid composition and aromatic profiles of young light beer from barley malt, obtained by fermentation with bottom and top yeast using various methods of decoction mashing, was carried out. The objects of the study were the following samples: 1 – mashing by decoction with an additional β -amylase pause, fermentation with grassroots yeast of the SafLagerW 34/70 race; 2 – mashing using the classic decoction method, fermentation with bottom yeast, race SafLagerW 34/70 (control 1); 3 – mashing using the classic decoction method, fermentation with top yeast, race SafAleT 58 (control 2); 4 – mashing by decoction with an additional β -amylase pause, fermentation with top yeast of the SafAleT 58 race. In the resulting samples, the mass concentrations of amino acids, esters and higher alcohols that influence the formation of the aromatic profile were determined. In samples of young beer fermented with lager yeast of the SafLagerW 34/70 race, it was observed that in sample 1 the ethyl acetate content was 20 mg/dm³, which is 2 times more than in sample 2. At the same time, when studying samples of young beer, obtained by fermentation with SafAleT 58 ale yeast, in sample 4 the ethyl acetate content was 49.1 mg/dm³, which is 2 times higher than control sample 3. Based on the results obtained, conclusions were drawn about the possibility of using single-decoction mashing with an additional β -amylase pause in the technology light beer made from barley malt.

Keywords: mashing, yeast, beer, malt, qualitative indicators.

Для цитирования

Оселедцева И.В., Назаренко М.А., Палагин К.А., Ханин Д.К., Чусова А.Е., Киселев А.С. Влияние способа отварочного затирания на состав молодого светлого пива // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 1. С. 144–154. doi:10.20914/2310-1202-2024-1-144-154

For citation

Oseledtseva I.V., Nazarenko M.A., Palagin K.A., Khanin D.K., Chusova A.E., Kiselev A.S. Effect of the cooking method on the composition of young light beer. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 1. pp. 144–154. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-1-144-154

Введение

В настоящее время, в условиях ограниченного импорта сырья для производства пива отрасль стала испытывать определенные трудности. Безусловно, в Российской Федерации, выращивают ячмень и производят солод. Государство уделяет внимание выведению новых сортов ячменя для пивоварения, освоению новых площадей для его выращивания, строительству солодовен и осуществляет субсидирования таких программ. Однако, производители пива, так или иначе, сталкиваются с проблемой соотношения цена/качество при работе с отечественным солодом и хмелем. Поэтому актуальным становится изучение технологических приемов, влияющих на сырье, с целью регулирования качественных показателей готовой продукции.

Затирание при производстве пива является одним из ключевых этапов в технологии. Правильное проведение этого процесса позволяет избежать проблемы с брожением и коллоидной стабильностью напитка, получить продукцию высокого качества [1].

Затирание может проводится настольным и отварочным способами. В настоящее время, инфузионные способы более востребованы, так как программирование процесса при этом является наиболее реализуемым по сравнению с декокционными. В то же время, многие иностранные пивоварни настаивают на установке дополнительного процесса отваривания чтобы иметь возможность решать проблемы с процессом затирания в случаях, когда качество солода не соответствует стандартам. Процесс отваривания по-прежнему используется примерно на 40% всех пивоварен Европы [1].

Классический одноотварочный декокционный процесс отварки пива происходит следующим образом: начинают затирание при температуре 35°C медленно нагревают до 52°C и выдерживают белковую паузу при этой температуре, после этого весь затор нагревают до 63°C и выдерживают мальтозную паузу. Затем отделяют отварку и кипятят её 15–30 мин, после чего добавляют к остатку затора и происходит повышение температуры до 72°C с последующим осахариванием. На следующем этапе затор нагревается до 78°C – «маш аут» (для деактивации ферментов) и перекачивается на фильтрацию [6].

Известен отварочный способ, предложенный Маркусом Херрманном, для пшеничного пива. Его особенность заключается в том, что часть затора нагревается до температуры осахаривания с соблюдением всех пауз, а другая часть затирается с холодной водой и на стадии осахаривания добавляется к основной части, тем самым снижается температура затора до 63°C – мальтозная

пауза (дополнительная β-амилазная пауза). Затем проводят процесс настаивания суслу для осахаривания всего суслу. Согласно исследованиям, проведенным автором, данный метод позволяет добиться более стабильных показателей пенообразования и способен увеличить концентрации сложных эфиров в пшеничном пиве [2].

На наш взгляд, представляет научный и практический интерес исследование влияния дополнительной β-амилазной паузы в процессе отварочного затирания при производстве светлого ячменного пива.

Следует учитывать тот факт, что пшеничное пиво обычно производят при верховом брожении. Известно, что в зависимости от выбора рас верховых или низовых дрожжей в процессе брожения, получают пивоваренную продукцию отличающуюся между собой по физико-химическим и органолептическим свойствам. Поэтому нами, был проведен сравнительный анализ аминокислотного состава и ароматических профилей молодого светлого пива из ячменного солода, полученного путем сбраживания низовыми и верховыми дрожжами с использованием классического одноотварочного и одноотварочного с дополнительной β-амилазной паузой способов затирания.

Материалы и методы

В лабораторных условиях были получены образцы молодого светлого пива из ячменного солода. Затирание проводили следующим образом: часть затора нагревали до 35°C – кислотная пауза, затем до 52°C – белковая пауза, потом до 63°C – мальтозная пауза, затем добавляли часть затора (отварку) температура которой составляет 95°C, благодаря которой температура повышалась до 72°C выдерживали паузу осахаривания, добавляли другую часть затора с холодной водой, тем самым возвращаясь к мальтозной паузе 63°C (дополнительная β-амилазная пауза), нагревали весь затор до 72°C выдерживали при этой температуре, и доводили до 78°C (маш-аут). Контрольные образцы подвергали классическому одноотварочному способу. Фильтрация затора, охмеление и осветление пивоваренного суслу проводилась в одинаковых условиях. Полученные образцы пивоваренного суслу сбраживали на расах дрожжей компании «Fermentis» – «Saflager W34/70» и «SafAle T-58» при температуре брожения 12°C и температуре дображивания 2°C.

Образцы обозначали следующим образом:

Образец 1 – затирание отварочным способом с дополнительной β-амилазной паузой, сбраживание низовыми дрожжами расы SafLagerW-34/70.

Образец 2 – затирание классическим отварочным способом, сбраживание на низовых дрожжах, расы SafLagerW-34/70 (контроль № 1).

Образец 3 – затирание классическим отварочным способом, сбраживание на верховых дрожжах, расы SafAleT-58 (контроль № 2).

Образец 4 – затирание отварочным способом с дополнительной β -амилазной паузой, сбраживание верховыми дрожжами расы SafAleT-58.

Определение аминокислот проводили методом капиллярного электрофореза на анализаторе «Капель 105-М». Ввод пробы происходит при давлении 30 мбар·с. Напряжение электрического поля составляет + 13 кВ. Детектирование осуществляется при длине волны 254 нм.

Определение массовой концентрации высших спиртов и сложных эфиров проводили методом газожидкостной хроматографии на анализаторе «Кристалл 2000М», согласно ГОСТ Р 5793–2017, метод основан на хроматографическом разделении смеси летучих компонентов в продукте и последующем их детектировании пламенно-ионизационном детектором.

Результаты и обсуждения

На первом этапе исследования был проведен сравнительный анализ аминокислотного состава полученных образцов молодого светлого ячменного пива.

Аминокислоты являются основными структурными компонентами белков. Процесс формирования этих веществ начинается с расщепления белков на составные части. Состав аминокислот в пиве зависит от многих факторов, включая вид солода, его способность к высвобождению аминокислот, технологические режимы при затирании, процессы, протекающие при ферментации пивоваренного сусла.

Аминокислоты в процессе брожения используются дрожжами в разной степени. Так, например, к легкоусвояемым аминокислотам относятся: аспарагин, глутамин, серин, треонин, лизин, аргинин, метионин, изолейцин, лейцин; промежуточное усвояемость – валин, гистидин, триптофан, тирозин, фенилаланин, медленная усвояемость – аланин и глицин; практически не усваивается – пролин. От степени использования аминокислот дрожжами в процессе ферментации, зависит их концентрация в готовом пиве [3].

Помимо метаболизма аминокислот, дрожжи способны производить аминокислоты из различных химических веществ-предшественников. Это происходит посредством переаминирования, но обычно, лишь в средах с крайне ограниченными концентрациями аминокислот. Таким путем могут быть получены – валин, изолейцин, фенилаланин, глицин, тирозин, лейцин, гистидин, лизин и аргенин [3].

На рисунке 1 представлен аминокислотный состав образцов молодого пива в зависимости от способа отварочного затирания и расы дрожжей.

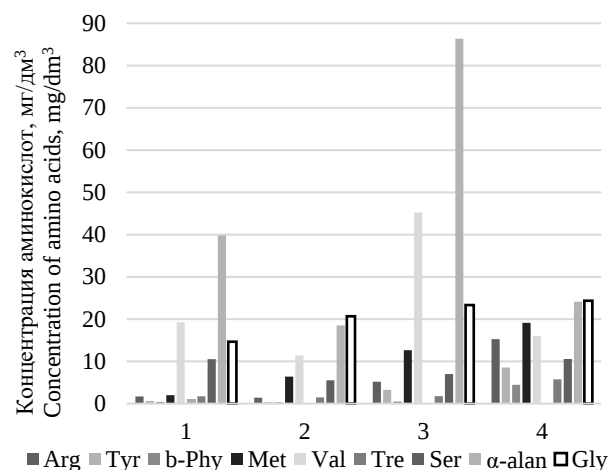


Рисунок 1. Состав аминокислот в молодом светлом пиве, полученном путем сбраживания низовыми и верховыми расами дрожжей, в зависимости от способов затирания

Figure 1. Composition of amino acids in young pale beer obtained by fermentation by lower and higher yeast races, depending on the methods of mashing

Аргинин – алифатическая основная α -аминокислота, является одним из предшественников аминокислоты глутидина, которая отвечает за обогащение пива ароматическими компонентами. Аргинин может служить источником питательных веществ для дрожжей, тем самым влияя на активность их работы.

Эта аминокислота способствует образованию аминов, участвующих в сложении аромата и вкуса пива. В тоже время, аминовые соединения в больших концентрациях в пиве могут быть причиной горечи и неприятного запаха. При концентрации ниже 50 мг/дм³ аргинин не оказывает негативного влияния на органолептические свойства пива [2].

В образцах молодого пива, полученного сбраживанием лагерными дрожжами расы SaflagerW-34/70 в образце 1 содержание аргинина, составило 1,7 мг/дм³, что на 18% ниже, чем в контрольном образце 2.

При сбраживании пивоваренного сусла элевыми дрожжами расы SafAleT-58 в образце 4 концентрация аргинина составила – 15,26 мг/дм³, что в 3 раза выше, чем в контроле 3.

Экспериментальный способ затирания значительно повлиял на рост концентрации аргинина в молодом пиве, сброженном на элевых дрожжах. При этом его содержание в исследуемых образцах не превышало пороговых значений.

Тирозин – это аминокислота, которая обычно присутствует в зерновых культурах, таких как ячмень и пшеница, которые используются при изготовлении пива. Тирозин активно влияет на процесс брожения, являясь одной из аминокислот, необходимых для роста дрожжей.

Низкое содержание тирозина в пивоваренном сусле может привести к дальнейшим проблемам во время ферментации.

Экспериментально установлено (рисунок 1) что, в образце 1 концентрация тирозина составила – 0,63 мг/дм³, что в 2 раза выше контроля 2.

В молодом пиве, полученном путем верхового брожения (образец 4) концентрация тирозина составила 8,6 мг/дм³, что в 2,6 раза выше, чем в контрольном образце 3.

Бета-фенилаланин, как правило, в пиве содержится в достаточно малых количествах и его влияние на качество готовой продукции не существенно [4].

Исследование опытных образцов показало, что при сбраживании лагерными дрожжами SafLagerW-34/70, в экспериментальном образце 1, концентрация бета-фенилаланина составила – 0,43 мг/дм³, что на 19% выше, чем в контрольном образце 2.

В молодом пиве, полученном путем сбраживания верховыми дрожжами расы SafAleT-58, содержание бета-фенилаланина было равно 4,5 мг/дм³, что равно концентрации в контрольном образце 3.

Метионин – аминокислота, влияющая на аромат пива. Так при брожении, она способствует образованию сульфидов, тиолов и альдегидов.

В образце 1, полученном путем сбраживания лагерными дрожжами расы SafLagerW-34/70, концентрация метионина составила – 2 мг/дм³, что в 3 раза меньше чем в контроле 2.

В молодом пиве верхового брожения при экспериментальном способе затирания содержание метионина равнялось 19,1 мг/дм³, что в 3 раза больше, чем в контрольном образце 3.

Можно предположить, что повышение концентрации метионина в экспериментальных образцах, возможно, будет способствовать образованию ароматических веществ и улучшению аромата пива.

Валин – аминокислота, оказывающая влияние на вкус и аромат пива. В небольших концентрациях может придавать пиву аромат фруктов и цветочные ноты, а при повышенном содержании – горечь.

При сбраживании лагерными дрожжами SafLagerW-34/70, в образце 1 концентрация валина составила – 19,3 мг/дм³, что на 41% выше, чем в контрольном образце 2.

При проведении верхового брожения с дрожжами расы SafAleT-58, в экспериментальном образце 4 концентрация валина была в 3 раза выше контроля 3 и составила – 16 мг/дм³.

Пролин – это аминокислота, образующаяся при гидролизе ячменного гордеина. Содержание пролина в пиве оказывает влияние на его вкус. При высоких концентрациях эта аминокислота может придавать пиву более горький и пряный вкус [3].

В образце, полученном при сбраживании лагерными дрожжами SafLagerW-34/70 содержание пролина составило 884 мг/дм³, что на 13% больше чем в контрольном образце 2.

В образце 4, полученном при верховом брожении, концентрация пролина составила 2275 мг/дм³, что на 47% выше, чем в контрольном образце 3.

Достаточно высокие значения этого показателя в молодом пиве можно объяснить тем, что пролин практически не используется дрожжами.

Треонин – влияет на сахаропреобразующую активность дрожжей, являясь прекурсором фермента, который способствует разложению сложных сахаров на простые. Используется дрожжами для синтеза этилового эфира.

Согласно полученным данным в образце 1 концентрация треонина идентифицирована на уровне 1,73 мг/дм³, что на 15% выше концентрации данной аминокислоты в контрольном образце.

При исследовании образцов пива верхового брожения наблюдали более высокие концентрации треонина: в экспериментальном образце 4 концентрация составила 5,8 мг/дм³, что более чем в 3 раза выше концентрации, установленной в контрольном образце 2.

Серин – является незаменимой аминокислотой, которая играет важную роль в организме человека. Серин не оказывает значительного влияния на качество пива. Синтезируется из глюкозы, в процессе брожения.

При исследовании образцов пива, полученного низовым способом, концентрация серина в экспериментальном образце 1 идентифицирована на уровне 10,54 мг/дм³, что в 2 раза превышает уровень, установленный в контрольном образце.

В то же время, в образцах, полученных верховым брожением, концентрация серина в экспериментальном образце 4 составила 10,6 мг/дм³, что на 30% больше, чем в контроле 3.

Известно, что α -аланин – является важным аминокислотным источником для дрожжей во время брожения. Она образуется в процессе разложения белка во время затирания и способствует формированию фруктовых нот и ароматов специй. Аланин играет роль в регулировании pH и цвета пива. Может быть использован для контроля уровня кислотности во время брожения. Является одним из компонентов, улучшающих стабильность и плотность пены [5].

В образцах пива, полученного низовым способом, концентрация α -аланина в экспериментальном образце 1 составила 39,8 мг/дм³, что в 2 раза выше, чем в контрольном образце 2.

В то же время, при исследовании молодого пива, полученного верховым брожением, концентрация α -аланина в опытном образце 4 составила 24,12 мг/дм³, что в 3,3 раза превышает уровень α -аланина в контрольном образце.

Глицин – это аминокислота, которая благоприятно влияет на показатели пива. Глицин обладает сладким вкусом, который может смягчить горечь, делая пиво более приятным для потребления, повышает вязкость и стабильность пены [6].

При исследовании образцов пива, полученного низовым способом, установлено, что концентрация глицина в экспериментальном образце 1 составила 14,6 мг/дм³, что на 30% ниже, по сравнению с контрольным образцом 2.

В образцах, полученных верховым брожением, концентрация глицина в экспериментальном образце 4 составила 24,34 мг/дм³, что сопоставимо с концентрацией, идентифицированной в контрольном образце 3.

Таким образом, согласно полученным экспериментальным данным способ затираания способствует повышению концентрации тирозина, метеонина, валина, треонина, α -аланина в продукции. При чем эта тенденция более характерна для пива верхового брожения. При этом следует отметить тот факт, что полученные результаты согласуются с литературными данными [3]. Из чего следует, что аминокислотный профиль исследуемых образцов является вполне типичным и анализируемый способ затираания не приводит к экстремальному повышению уровня аминокислот.

На следующем этапе исследования был проведен сравнительный анализ ароматических профилей полученных образцов молодого светлого ячменного пива.

Ароматический профиль пива формируется благодаря различным классам химических веществ, таким как высшие спирты, сложные эфиры, жирные кислоты, карбонильные соединения, соединения серы, фурановые соединения, монотерпенолы, C₁₃-ноизопреноиды и летучие фенолы [7].

Ключевыми факторами в технологии пивоварения, влияющими на образование ароматических веществ, являются: выбор сырья – качество хмеля и солода, образование побочных продуктов метаболизма дрожжей, присутствие загрязняющей микрофлоры и трансформации вкуса – ароматических соединений при хранении продукта [8].

При различном качестве солода важным аспектом является правильный выбор технологических режимов затираания. Путем регулирования параметров данного процесса возможно оказывать влияние на физико-химические свойства пива, в том числе на формирование его ароматического профиля.

Согласно исследованиям, проведенным Маркусом Херманном, при производстве пшеничного пива благодаря введению дополнительной β -амилазной паузы происходят следующие процессы: мальтоза, необходимая для реакции, производится первым затором, который осахаривают; фермент мальтаза уже инактивирован в этом заторе, при добавлении части затора с холодным наливом, добавляется и начинает действовать мальтаза, когда затор остывает, происходит мальтазная реакция. Это приводит к сдвигу соотношения сахаров мальтоза: глюкоза в пивоваренном сусле в сторону глюкозы [9].

При этом параллельные исследования процесса брожения искусственных сред показали что, дефицит глюкозы в растворе приводит к экспрессии ацетилалкохолтрансфераз. Увеличение же концентрации глюкозы, отодвигает момент времени возникновения дефицита этого сахара. При такой же или ускоренной пролиферации дрожжевых клеток, основанной на глюкозе, значительная доля дрожжей испытывает эту стрессовую ситуацию, и поэтому может образовываться больше ацетилспирттрансфераз. А клетки дрожжей, образовавшиеся после перехода на мальтозное брожение, не испытывают этой стрессовой ситуации. Поэтому образование сложных эфиров в пиве идет интенсивнее при сдвиге сахаров в пивоваренном сусле в сторону глюкозы [9].

Сложные эфиры являются побочным продуктом алкогольного брожения. Поэтому их качественный и количественный состав во многом зависит от условий проведения процесса брожения и расы дрожжей. Известно, что при использовании рас верховых дрожжей содержание сложных эфиров в пиве выше [9].

В умеренных количествах сложные эфиры способны придать приятный, насыщенный вкус и тонкий аромат готовому продукту. Однако, их избыток может вызывать в пиве чрезмерный фруктовый запах [10].

В основном выделяют две группы эфиров в сброженных напитках. Первая группа представлена ацетатными эфирами (в которых кислотная группа ацетат, а спиртовая группа представляет собой этанол или сложный спирт, полученный в результате метаболизма аминокислот), например этилацетат, изоамилацетат и фенилэтилацетат. Вторая группа – этиловые эфиры (в которых спиртовая группа представляет собой этанол, а кислотная группа представляет собой жирные кислоты), например, этилгексаноат, этилоктанат и этилдеcanoат. Этилацетат обычно присутствует в наибольшей степени, и его концентрация составляет примерно треть всех сложных эфиров в пиве [11].

На рисунке 2 представлено изменение концентрации сложных эфиров в молодом светлом ячменном пиве, обусловленное выбором способа затирания и расы дрожжей.

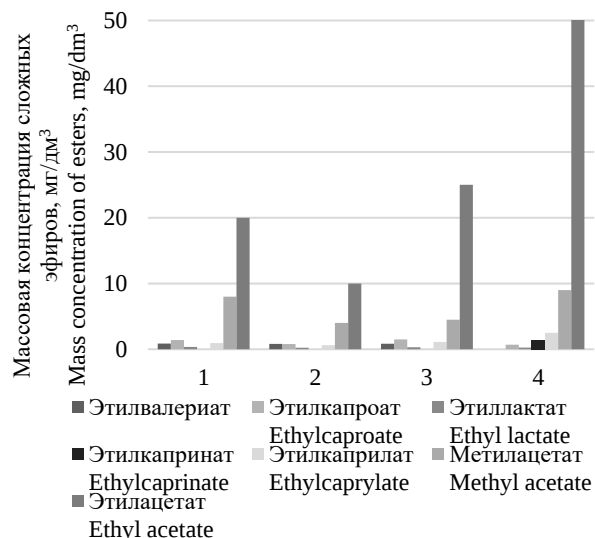


Рисунок 2. Состав сложных эфиров в молодом светлом пиве из ячменного солода в зависимости от расы дрожжей и способов затирания

Figure 2. Composition of esters in young pale barley malt beer depending on yeast race and mashing methods

Экспериментально установлено, что номинальная концентрация эфиров в молодом ячменном пиве, зависит от способа затирания и расы дрожжей.

Этилацетат и метилацетат, идентифицированные в исследуемых образцах, относятся к ацетатным эфирам пива. Концентрации ацетатных эфиров всегда выше в напитках в сравнении с другими летучими эфирами. Образование этих веществ происходит за счет действия ферментов дрожжей и во многом зависит от выбранной расы. Наряду с этим следует учитывать влияние состава сахаров пивоваренного сусла. Так более высокий уровень глюкозы в сусле повышает содержание ацетил-КоА, который является основным субстратом для синтеза ацетатных эфиров [8].

Пороговым значением по аромату для этилацетата в лагерном пиве является 25–30 мг/дм³ [12], в элевом – 50 мг/дм³ [3]. В небольших концентрациях этот сложный эфир придает готовому продукту умеренные фруктовые ноты, легкий аромат леденцов [13]. При содержании этилацетата в пиве выше указанных значений может появиться неприятный запах растворителя, а при многократном превышении – резкий яблочный или уксусный вкус, что считается дефектом качества [14].

В образцах, молодого пива, сброженных лагерными дрожжами расы SafLagerW-34/70, наблюдали, что в экспериментальном образце 1 содержание этилацетата составило 20 мг/дм³, что в 2 раза больше, чем в контрольном образце 2.

В тоже время, при исследовании образцов молодого пива, полученного сбраживанием на элевых дрожжах SafAleT-58, в экспериментальном образце 4 содержание этилацетата составило 49,1 мг/дм³, что в 2 раза выше контрольного образца 3.

Метилацетат в зависимости от концентрации придает пиву фруктовый вкус и аромат. Его пороговая концентрация по аромату составляет 10 мг/дм³ [9].

В молодом пиве низового брожения при экспериментальном способе затирания, в образце 1 содержание метилацетата составило 4 мг/дм³, что в 2 раза больше, чем в контрольном образце 2.

При исследовании образцов пива верхового брожения, в экспериментальном образце 4, концентрация метилацетата составила 9 мг/дм³, что в 2 раза выше, чем в контрольном образце 3.

Увеличение этилацетата и метилацетата в экспериментальных образцах, можно объяснить тем, что вероятнее всего дополнительная β -амилазная пауза, привела к увеличению содержания глюкозы в пивоваренном сусле, что повысило содержание ацетил-КоА и способствовало увеличению их синтеза.

В исследуемых образцах также были идентифицированы сложные эфиры этиловой группы – этилкарпилат, этилкарпринат, этилвалериат, этилкарпроат и этиллактат. Их содержание всегда значительно ниже в сравнении с эфирами ацетатной группы, однако качественный и количественный состав имеет значение для формирования ароматного профиля пива.

Образование сложных эфиров этиловой группы во многом зависит от генома дрожжей, их способности вырабатывать ферменты способствующие синтезу этих веществ. В то же время, с точки зрения качественного состава сложных эфиров, имеют значения реакции этерификации и переэтерификации [12].

К снижению уровня этиловых эфиров в пиве приводит увеличение концентрации жирных кислот в ферментационной среде [12].

При концентрации ниже 5 мг/дм³ этилкарпилат может придать пиву аромат яблок. Так же это вещество способно оказывать влияние на стабильность и сохранность пива [9].

В молодом пиве низового брожения при экспериментальном способе затирания, в образце 1 содержание этилкарпилата составило 1 мг/дм³, что почти в 2 раза выше, чем в контрольном образце 2.

При исследовании образцов пива верхового брожения, в экспериментальном образце 4, концентрация этилкарпилата составила 2,49 мг/дм³, это в 2,5 раза выше, чем в контрольном образце 3.

Этилкапринат – эфир этилового спирта и капроновой кислоты, при содержании в пиве способен придавать ему аромат сливок и привкус сиропа, что является желательным для некоторых стилей пива. Пороговым значением по аромату для этого вещества является $0,5 \text{ мг/дм}^3$ [14].

Этилкапринат был идентифицирован только в экспериментальном образце 4 в количестве – $1,4 \text{ мг/дм}^3$. Так как концентрация этого вещества превышает пороговое значение по аромату почти в 3 раза, можно заключить, что это окажет значительное влияние на органолептику данного образца.

При содержании этилвалериата в пиве до 5 мг/дм^3 , данный эфир способствует появлению фруктовых, цветочных и сладких ароматов, добавляет сложности и глубины вкуса готовой продукции. Также присутствие этого вещества, может увеличить длительность послевкусия, делая пиво более сложным и насыщенным [4].

В образцах молодого пива, сброженных низовыми дрожжами расы SafLagerW-34/70, наблюдали следующее: в образце 1 – концентрация этилвалериата составила $0,8 \text{ мг/дм}^3$, что равняется концентрации в контрольном образце 2.

В то же время, в молодом пиве сброженном верховыми дрожжами расы SafAleT-58, в образце 4 этилвалириат находился на уровне менее $0,1 \text{ мг/дм}^3$, а в контроле 3 его концентрация составила $0,85 \text{ мг/дм}^3$.

Этилкапроат – это эфир капроновой кислоты, образующийся в результате брожения, который имеет аромат анисовых семян, при повышении концентрации проявляются яблочные ноты во вкусе и аромате. Пороговое значение по аромату составляет $0,3 \text{ мг/дм}^3$ [4, 15].

При исследовании образцов, полученных низовым способом с применением дрожжей расы SafLagerW-34/70, концентрация этилкапроата в образце 1 составила $1,4 \text{ мг/дм}^3$, что более чем наполовину выше по сравнению с контролем 2.

В образцах молодого пива, полученных верховым брожением с применением дрожжей расы SafAleT-58, концентрация этилкапроата в образце 4 составила $1,54 \text{ мг/дм}^3$, что так же более, чем на половину выше по сравнению с контрольным образцом 3.

Этиллактат – сложный эфир, который в небольших количествах, может вносить в аромат пива тона сливок и участвовать в сложении вкуса. Пороговое значение по аромату составляет $0,9 \text{ мг/дм}^3$ [14].

В молодом пиве, полученным сбраживанием низовыми дрожжами расы SafLagerW-34/70, концентрация этиллактата составила $0,35 \text{ мг/дм}^3$, что на 50% выше, чем в контроле 2.

В молодом пиве верхового брожения, с применением дрожжей расы SafAleT-58,

в образце 4 содержание этиллактата составило $0,26 \text{ мг/дм}^3$, что соответствует концентрации в контрольном образце 3.

Таким образом, при исследовании качественного и количественного состава этиловой группы сложных эфиров, можно заключить, что в элевых образцах данные компоненты накапливаются в более высоких концентрациях, это согласуется с литературными данными [15]. В то же время при сравнении контрольных и опытных образцов, было выявлено, что на концентрации этиловых сложных эфиров способ затирания оказывал незначительное влияние, за исключением этилкапроата, этилкаприлата и этилкаприната.

Известно, что высшие спирты являются компонентами, оказывающими значительное влияние на ароматический профиль пива. Их образование может происходить двумя путями: катаболическим и анаболическим. Первый путь, также называемый «путь Эрлиха» предусматривает, что пивные дрожжи, поглощают аминокислоты, присутствующие в пивоваренном сусле, отщепляют аминокгруппу для включения ее в собственную структуру, при этом оставшаяся часть молекулы трансаминируется с образованием α -кетокислоты с последующим декарбоксилированием и восстановлением, в результате чего образуется спирт, содержащий на один атом углерода меньше, чем потребленная аминокислота. Таким образом, например, из изолейцина образуется изоамиловый спирт [12]. Анаболический путь связан с биосинтезом аминокислот. При этом предпоследней реакцией является образование соответствующей α -кетокислоты из пирувата и ацетил-КоА. Затем, происходит декарбоксилирование и восстановление этих α -кетокислот с образованием высших спиртов [12, 16].

На содержание в пиве высших спиртов влияет ряд факторов: раса дрожжей; температура брожения, так как при ее повышении ускоряется поглощение аминокислот дрожжевыми клетками и усиливается синтез высших спиртов; содержание свободного аминного азота в сусле.

На рисунке 3 представлено изменение концентрации высших спиртов в молодом светлом ячменном пиве, обусловленное выбором способа затирания и расы дрожжей.

Изоамиловый спирт образуется в результате метаболизма дрожжевых клеток в процессе брожения. Поэтому его содержание в пиве во многом зависит от аминокислотного состава сусла, расы дрожжей, температуры брожения [16]. Он имеет специфический аромат, который может влиять на органолептические свойства пива. Пороговое значение по аромату для данного вещества составляет $50\text{--}60 \text{ мг/дм}^3$. В тоже время в зависимости от стиля пива его содержание

может колебаться в пределах от 25 до 120 мг/дм³, последнее более характерно для элей. При небольших концентрациях изоамиловый спирт придает готовому пиву фруктовые ноты, в частности аромат банана [12, 16, 17]. Однако в количествах значительно превышающих вышеуказанные значения, может придать пиву спиртовой и винный запах [16].

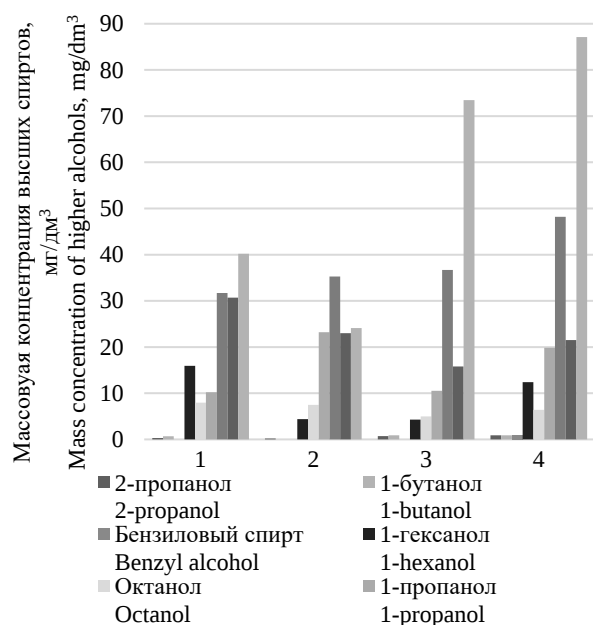


Рисунок 3. Состав высших спиртов в молодом светлом пиве из ячменного солода в зависимости от расы дрожжей и способов затирания

Figure 3. Composition of higher alcohols in young light beer from barley malt depending on yeast race and mashing methods

В образцах молодого пива, полученного низовым способом брожения с применением дрожжей расы SafLager W-34/70, концентрация изоамилового спирта в образце 1 составила 40,2 мг/дм³, существенно выше контрольного образца 2.

В образцах, полученных верховым способом брожения с применением дрожжей расы SafAle T-58, концентрация изоамилового спирта составила 87 мг/дм³, что несколько превышает уровень концентрации образца 3.

Изобутанол производится дрожжами первоначально в цитоплазме по пути Эрлиха или путем анаболического синтеза внутри митохондрий. Этот высший спирт способен придавать пиву запах растворителя. Пороговое значение по аромату изобутанола составляет 100 мг/дм³ [16].

Согласно проведенным исследованиям при низовом брожении концентрация изобутанола в образце 1 составила 30,7 мг/дм³, что на 30% выше, контроля.

При использовании расы дрожжей SafAle T-58 в образце 4 изобутанол содержался в количестве 21,5 мг/дм³, что на 36% больше, чем в образце 3.

Исходя из полученных данных можно заключить, что содержание изоамилового и изобутилового спиртов в экспериментальных образцах повысилось, что вероятнее всего может быть связано с изменением аминокислотного состава сусла при введении дополнительной β -амилазной паузы, в результате которой увеличилось количество аминокислот – прекурсоров.

Известно, что β -фенилэтанол – это ароматический спирт, содержание которого может влиять на качество пива. В небольших количествах β -фенилэтанол придает пиву медовый аромат или лёгкий аромат розы. Однако слишком высокие концентрации данного компонента могут привести к появлению аромата гвоздики, что является нетипичным для лагерного пива, однако может иметь место при производстве верхового пива. Предельно допустимая концентрация, не оказывающая негативного действия на аромат, для лагерей составляет порядка 25 мг/дм³ [5].

В образцах, полученных низовым брожением, с применением дрожжей расы SafLager W-34/70, содержание β -фенилэтанола (в образце 1) составило 31,7 мг/дм³, что несколько превышает уровень концентрации в контрольном образце 2.

В образцах пива, полученного верховым способом брожения (в образце 4) концентрация β -фенилэтанола составила 48,2 мг/дм³, что уже существенно выше, чем в контрольном образце 3.

Опираясь на полученные экспериментальные данные можно предположить, что опытные образцы 1 и 4 имеют потенциал формирования выраженных медовых оттенков в готовом продукте, что приветствуется для элевого пива, но нежелательно для лагерных стилей.

Известно, что 1-пропанол является одним из многочисленных соединений, которые также могут быть образованы в процессе брожения, он является побочным продуктом метаболизма дрожжей. Содержание 1-пропанола в пиве может придать ему слегка сладковатые тона в аромате. В элях 1-пропанол может содержаться в больших количествах, чем в лагерах. Предельно допустимая концентрация, не влияющая отрицательно на вкусовые характеристики пива, составляет до 100 мг/дм³ [18].

В образцах молодого пива, сброженных низовыми дрожжами расы SafLager W-34/70 наблюдали следующее: в образце 1 концентрация 1-пропанола составила – 10,2 мг/дм³, что в 2 раза выше контрольного образца 2. При этом пороговое значение по аромату для низового пива составляет 50 мг/дм³.

В то же время, в молодом пиве сброженном верховыми дрожжами расы SafAle T-58, концентрация 1-пропанола в образце 4 составила 19,8 мг/дм³, что в 2 раза выше контрольного образца 3.

Согласно приведенным данным, можно констатировать, что применение при затирании дополнительной β -амилазной паузы приводит к увеличению концентраций 1-пропанола, что, возможно, связано с трансформацией аминокислотного состава пивоваренного сусла экспериментальных образцов.

Октанол – органическое вещество, относящееся к классу жирных спиртов. В зависимости от концентрации, он может придавать пиву свежий фруктовый аромат, сладковатый, слегка ореховый вкус. Октанол также способен выполнять роль антиоксиданта и консерванта – предотвращать окисление пива и продлять срок его годности [4].

При исследовании образцов, полученных низовым способом с применением дрожжей расы SafLagerW-34/70, концентрация октанола в образце 1 составила 8 мг/дм³, что несколько выше по сравнению с контролем 2.

В то же время, в образцах молодого пива, полученных верховым брожением с применением дрожжей расы SafAleT-58, концентрация октанола в образце 4 составила 6,4 мг/дм³, что более чем на 20% выше по сравнению с контрольным образцом 3.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что экспериментальный способ затирания не оказывает существенного влияния на изменение концентрации октанола в пиве.

Содержание 1-гексанола в пиве в большей степени зависит от качества сырья, в том числе сорта хмеля. Могут оказывать влияния и режимы кипячения сусла с хмелем. При концентрации более 75 мг/дм³ гексанол может оказывать негативное влияние на качественные свойства пива: придавать запах и привкус муки, горечь во вкусе, снижать стабильность пены и сроки хранения продукта [4.16]. При более низких концентрациях 1-гексанол может придавать напитку легкие фруктовые ноты, аромат свежескошенной травы [19].

При исследовании образцов пива, полученного низовым брожением с применением дрожжей расы SafLagerW-34/70, концентрация 1-гексанола в образце 1 составила 15,9 мг/дм³, что в 3,5 раза выше, чем в контрольном образце 2.

В образцах, полученных с помощью верхового брожения и с применением дрожжей расы SafAleT-58, концентрация в образце 4 составила 12,4 мг/дм³, что в 3 раза выше, чем в контрольном образце 3.

Количество 1-гексанола в исследуемых образцах значительно увеличилось, однако не превысило порогового значения (75 мг/дм³),

что может свидетельствовать о его положительном влиянии на ароматический профиль молодого пива.

Бензиловый спирт – простейший ароматический спирт, в пиве имеет сладковатый цветочный аромат, похожий на жасмин. Предельно допустимая концентрация составляет 10 мг/дм³ [18].

Бензиловый спирт был идентифицирован на уровне выше 0,1 мг/дм³ только в экспериментальном образце 4, и его концентрация составила 0,9 мг/дм³.

1-бутанол – высший спирт, в малых количествах придает глубину и сложность аромату пива, но в больших концентрациях, может давать готовому продукту неприятные запахи, напоминающие резину или растворитель [18–20].

В образцах молодого пива, сброженном низовыми дрожжами расы SafLagerW-34/70, в экспериментальном образце 1 концентрация 1-бутанола составила 0,7 мг/дм³, в контрольном образце 1-бутанол не был идентифицирован.

При брожении верховыми дрожжами расы SafAleT-58, концентрация 1-бутанола в образцах 3 и 4 была одинаковой и составила 0,9 мг/дм³.

2-Пропанол (изопропиловый спирт) – побочный продукт ферментации дрожжей, может оказывать влияние на вкус пива, придавая аромат алкоголя, вызывая чувство жжения на языке. Пороговое значение по аромату изопропилового спирта составляет 0,5 мг/дм³ для низовых дрожжей и 1 мг/дм³ для верхового брожения [18].

В молодом пиве, полученном сбраживанием низовыми дрожжами расы SafLagerW-34/70, концентрация 2-пропанола составила 0,3 мг/дм³, что немного выше, чем в контроле 2.

В молодом пиве верхового брожения, с применением дрожжей расы SafAleT-58, в образце 4 содержание 2-пропанола составило 0,9 мг/дм³, что несколько превышает его концентрацию в контрольном образце 3.

Заключение

На основании результатов проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1) Экспериментально, установлено, что применение дополнительной β -амилазной паузы в процессе одноотварочного затирания способствует увеличению содержания ряда аминокислот, являющихся прекурсорами ароматобразующих компонентов, это в свою очередь оказывает влияние на формирование ароматического профиля.

2) Показано, что дополнительная β -амилазная пауза приводит к увеличению концентрации сложных эфиров и высших спиртов

в молодом пиве, полученном путем сбраживания как верховыми так и низовыми дрожжами.

3) Экспериментально доказано, что оптимальное соотношение концентраций сложных эфиров и высших спиртов формируется при реализации в исследуемых условиях варианта верхового брожения.

5) Установлено, что применение отварочного затирания с дополнительной β -амилазной паузой при производстве светлого пива оказывает существенное влияние на состав ароматических компонентов, что в свою очередь позволяет регулировать и корректировать при необходимости ароматический профиль пива.

Литература

- 1 Bettenhausen H.M. et al. Influence of malt source on beer chemistry, flavor, and flavor stability // Food research international. 2018. V. 113. P. 487-504.
- 2 Кобелев К.В., Гернет М.В., Грибкова И.Н., Лазарева И.В. Исследование влияния состава сырья на качество и безопасность готового пива. Часть III. Влияние состава зернового и сахаросодержащего сырья на содержание органических кислот и углеводов в пиве // Пиво и напитки. № 4. 2015. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-sostava-ishodnogo-syrya-na-kachestvo-i-bezopasnost-gotovogo-piva-chast-iii-vliyanie-sostava-zernovogo-i/viewer>
- 3 Koller H., B. Perkins L. Brewing and the Chemical Composition of Amine-Containing Compounds in Beer // Foods 2022. V. 11. № 3. doi: 10.3390/foods11030257
- 4 Меледина Т.В., Дедегкаев А.Т., Афонин Д.В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация. Санкт-Петербург: Профессия, 2011. 220 с.
- 5 Нарцисс Л. Краткий курс пивоварения. СПб.: Профессия, 2007. 640 с.
- 6 Кунце В., Мит Г. Технология солода и пива. СПб.: Профессия, 2001. 912 с.
- 7 Rodrigues F., Caldeira M., Câmara J.S. Development of a dynamic headspace solid-phase microextraction procedure coupled to GC-qMSD for evaluation the chemical profile in alcoholic beverages // Analytica Chimica Acta. 2008. V. 609. № 1. P. 82-104.
- 8 Olaniran A.O., Hiralal L., Mokoena M.P., Pillay B. et al. Flavour-active volatile compounds in beer: production, regulation and control // Journal of the Institute of Brewing. 2017. V. 123. № 1. P. 13-23. doi: 10.1002/jib.389
- 9 Baiano A. Craft beer: An overview // Comprehensive reviews in food science and food safety. 2021. V. 20. № 2. P. 1829-1856. doi: 10.1111/1541-4337.12693
- 10 Rodrigues F., Caldeira M., Camara J.S. Development of a dynamic headspace solid-phase microextraction procedure coupled to GC-qMSD for evaluation the chemical profile in alcoholic beverages // Anal. Chim. Acta. 2008. V. 609. P. 82-104.
- 11 Saerens S.M.G., Delvaux F., Verstrepen K.J., van Dijck P. et al. Parameters affecting ethyl ester production by *Saccharomyces cerevisiae* during fermentation // Appl. Environ. Microbiol. 2008. V. 74. P. 454-461.
- 12 Pires E.J., Teixeira J.A., Brányik T., Vicente A.A. Yeast: The soul of beer's aroma—A review of flavour-active esters and higher alcohols produced by the brewing yeast // Applied microbiology and biotechnology. 2014. V. 98. P. 1937-1949. URL: easchgate.net/publication/259566009
- 13 Betancur M.I., Motoki K., Spence C., Velasco C. Factors influencing the choice of beer: A review // Food Research International. 2020. V. 137. P. 109367.
- 14 Ferreira I.M., Guido L.F. Impact of wort amino acids on beer flavour: A review // Fermentation. 2018. V. 4. № 2. P. 23. doi: 10.3390/fermentation4020023
- 15 Humia B.V., Santos K.S., Barbosa A.M., Sawata M. et al. Beer molecules and its sensory and biological properties: A review // Molecules. 2019. V. 24. № 8. P. 1568. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31009997/>
- 16 Зипаев Д.В., Никитченко Н.В., Кашаев А.Г., Платонов И.А. и др. Исследование показателей качества светлого пива, полученного с использованием солода из тритикале // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 5-6. С. 77-79.
- 17 Харламова Л.Н., Волкова Т.Н., Лазарева И.В., Селина И.В. и др. Исследование содержания летучих компонентов и глицерина в пиве и пивных напитках // Пищевая промышленность. 2020. № 8. С. 48-51.
- 18 Пономарева О.И., Борисова Е.В., Прохорчик И.П. Молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus* в формировании вкусоароматического профиля кислых элей // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48. № 2. С. 100-108. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/molochnokislye-bakterii-roda-lactobacillus-v-formirovanii-vkusoaromaticheskogo-profila-kislyh-eley/viewer>
- 19 Сайфуллина Р.Ф., Матушкина Е.В. Исследование качества светлого пива отечественного и импортного производства // Молодежь и наука. 2015. № 1. С. 21-21.
- 20 Жуков Р.Б. Физико-химические показатели качества пива // Инновационные технологии пищевых производств. 2020. С. 172-175.

References

- 1 Bettenhausen H.M. et al. Influence of malt source on beer chemistry, flavor, and flavor stability. Food research international. 2018. vol. 113. pp. 487-504.
- 2 Kobleev K.V., Gernet M.V., Gribkova I.N., Lazareva I.V. Study of the influence of the composition of raw materials on the quality and safety of finished beer. Part III. Influence of the composition of grain and sugar-containing raw materials on the content of organic acids and carbohydrates in beer. Beer and drinks. 2015. no. 4. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-sostava-ishodnogo-syrya-na-kachestvo-i-bezopasnost-gotovogo-piva-chast-iii-vliyanie-sostava-zernovogo-i/viewer>
- 3 Koller H., B. Perkins L. Brewing and the Chemical Composition of Amine-Containing Compounds in Beer. Foods 2022. vol. 11. no. 3. doi: 10.3390/foods11030257
- 4 Meledina T.V., Dedegkaev A.T., Afonin D.V. Beer quality: stability of taste and aroma, colloidal stability, tasting. St. Petersburg, Profession, 2011. 220 p. (in Russian).
- 5 Narcissus L. A short course in brewing. St. Petersburg, Profession, 2007. 640 p. (in Russian).
- 6 Kuntze V., Mit G. Technology of malt and beer. St. Petersburg, Profession, 2001. 912 p. (in Russian).
- 7 Rodrigues F., Caldeira M., Câmara J.S. Development of a dynamic headspace solid-phase microextraction procedure coupled to GC-qMSD for evaluation the chemical profile in alcoholic beverages. Analytica Chimica Acta. 2008. vol. 609. no. 1. pp. 82-104.

- 8 Olaniran A.O., Hiralal L., Mokoena M.P., Pillay B. et al. Flavour-active volatile compounds in beer: production, regulation and control. *Journal of the Institute of Brewing*. 2017. vol. 123. no. 1. pp. 13-23. doi: 10.1002/jib.389
- 9 Baiano A. Craft beer: An overview. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2021. vol. 20. no. 2. pp. 1829-1856. doi: 10.1111/1541-4337.12693
- 10 Rodrigues F., Caldeira M., Camara J.S. Development of a dynamic headspace solid-phase microextraction procedure coupled to GC-qMSD for evaluation the chemical profile in alcoholic beverages. *Anal. Chim. Acta*. 2008. vol. 609. pp. 82-104.
- 11 Saerens S.M.G., Delvaux F., Verstrepen K.J., van Dijck P. et al. Parameters affecting ethyl ester production by *Saccharomyces cerevisiae* during fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* 2008. vol. 74. pp. 454-461.
- 12 Pires E.J., Teixeira J.A., Brányik T., Vicente A.A. Yeast: The soul of beer's aroma—A review of flavour-active esters and higher alcohols produced by the brewing yeast. *Applied microbiology and biotechnology*. 2014. vol. 98. pp. 1937-1949. Available at: researchgate.net/publication/259566009
- 13 Betancur M.I., Motoki K., Spence C., Velasco C. Factors influencing the choice of beer: A review. *Food Research International*. 2020. vol. 137. pp. 109367.
- 14 Ferreira I.M., Guido L.F. Impact of wort amino acids on beer flavour: A review. *Fermentation*. 2018. vol. 4. no. 2. pp. 23. doi: 10.3390/fermentation4020023
- 15 Humia B.V., Santos K.S., Barbosa A.M., Sawata M. et al. Beer molecules and its sensory and biological properties: A review. *Molecules*. 2019. vol. 24. no. 8. pp. 1568. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31009997/>
- 16 Zipaev D.V., Nikitchenko N.V., Kashaev A.G., Platonov I.A. et al. Study of quality indicators of light beer obtained using malt from triticale. *News of higher educational institutions. Food technology*. 2015. no. 5-6. pp. 77-79. (in Russian).
- 17 Kharlamova L.N., Volkova T.N., Lazareva I.V., Selina I.V. et al. Study of the content of volatile components and glycerol in beer and beer drinks. *Food Industry*. 2020. no. 8. pp. 48-51. (in Russian).
- 18 Ponomareva O.I., Borisova E.V., Prokhorchik I.P. Lactic acid bacteria of the genus *Lactobacillus* in the formation of the flavor and aroma profile of sour ales. *Equipment and technology of food production*. 2018. vol. 48. no. 2. pp. 100-108. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/molochnokislye-bakterii-roda-lactobacillus-v-formirovanii-vkusooaromaticheskogo-profilya-kislyh-eley/viewer> (in Russian).
- 19 Saifullina R.F., Matushkina E.V. Study of the quality of light beer of domestic and imported production. *Youth and Science*. 2015. no. 1. pp. 21-21. (in Russian).
- 20 Zhukov R.B. Physico-chemical indicators of beer quality. *Innovative technologies of food production*. 2020. pp. 172-175. (in Russian).

Сведения об авторах

Инна В. Оселедцева д.т.н., доцент, кафедра технологии виноделия и бродительных производств им. профессора А.А. Мерзжаниана, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская 2, г. Краснодар, 350072, России, ivovino@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3093-6577>

Мария А. Назаренко к.т.н., доцент, кафедра технологии виноделия и бродительных производств имени профессора А.А. Мерзжаниана, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская 2, г. Краснодар, 350072, России, maryababenkova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5494-8532>

Константин А. Палагин аспирант, кафедра технологии виноделия и бродительных производств им. профессора А.А. Мерзжаниана, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская 2, г. Краснодар, 350072, России, delfin_09super@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4477-6834>

Данил К. Ханин магистрант, кафедра технологии виноделия и бродительных производств имени профессора А.А. Мерзжаниана, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская 2, г. Краснодар, 350072, России, daniilhanin768@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-3472-0588>

Алла Е. Чусова к.т.н., доцент, кафедра технологии бродительных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, hycovai@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1237-4870>

Артем С. Киселев магистрант, кафедра технологии бродительных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, artemkaksoll21@ya.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.

Information about authors

Inna V. Oseledtseva Dr. Sci. (Engin.), associate professor, winemaking and fermentation technology named after prof. A.A. Merzhanian department, Kuban State Technological University, 2 Moskovskaya St., Krasnodar, 350072, Russia, ivovino@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3093-6577>

Maria A. Nazarenko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, wine-making and fermentation technology named after prof. A.A. Merzhanian department, Kuban State Technological University, 2 Moskovskaya St., Krasnodar, 350072, Russia, maryababenkova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5494-8532>

Konstantin A. Palagin graduate student, winemaking and fermentation technology named after prof. A.A. Merzhanian department, Kuban State Technological University, 2 Moskovskaya St., Krasnodar, 350072, Russia, delfin_09super@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4477-6834>

Danil K. Khanin master student, winemaking and fermentation technology named after prof. A.A. Merzhanian department, Kuban State Technological University, 2 Moskovskaya St., Krasnodar, 350072, Russia, daniilhanin768@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-3472-0588>

Alla E. Chusova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hycovai@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1237-4870>

Artem S. Kiselev master student, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, artemkaksoll21@ya.ru

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 27/12/2023	После редакции 18/01/2024	Принята в печать 10/02/2024
Received 27/12/2023	Accepted in revised 18/01/2024	Accepted 10/02/2024