

Сухое охмеление пива как способ расширения ассортимента в условиях малых предприятий

Дмитрий А. Казарцев	¹	kda_79@mail.ru	 0000-0001-6597-2327
Андрей И. Ключников	¹	kaivanov@mail.ru	 0000-0002-8161-0040
Дина В. Ключникова	²	dina.key@mail.ru	 0000-0002-5306-0328
Наталья В. Зуева	²	nataspirit30@ya.ru	 0000-0003-2840-398X
Иван Н. Криваносов	²		
Даниил Р. Кулигин	²		

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

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

Аннотация. На сегодняшний день в условиях мини-пивоварен различной производственной мощности актуальной задачей является постоянный поиск и разработка новых нетрадиционных сортов пива, их совершенствование с целью расширения ассортимента напитков с различными изысканными вкусами и ароматическими оттенками. Несомненно, эти условия являются одним из элементов устойчивого роста и успеха в развитии пивоваренной отрасли. Традиционное охмеление в процессе кипячения пивного сусла неизбежно сопровождается потерями части ароматики, усиливается трансформацией ароматических соединений во время брожения. Цель сухого охмеления – насытить пиво дополнительным свежим вкусом и ароматом хмеля. Сухое охмеление это холодная инфузия, которая не только увеличивает интенсивность хмельной ароматики, но также добавляет ноты, которые существенно отличаются от полученных при позднем охмелении во время варки. Необходимой основой получения новых сортов пива с уникальными и неповторимыми вкусовыми и ароматическими характеристиками является использование определенных ароматических сортов хмеля, вносимых в напиток в определенной дозировке в необходимой последовательности, на различных технологических стадиях их производства и в различных сочетаниях. В данной статье рассмотрены способы сухого охмеления пива на стадии главного брожения и после его дображивания, приведены методики и экспериментальное оборудование для приготовления пивного сусла, ферментации и сухого охмеления, указаны сорта используемого хмеля и их дозировка, идентифицированы органолептические свойства образцов пива, приготовленных разными методами сухого охмеления, приведена сравнительная оценка органолептических и физико-химических показателей образцов пива, охмеленных классическим способом (во время кипячения пивного сусла).

Ключевые слова: пиво, сухое охмеление, сорт хмеля, хмелевой экстрактор, вкусо-ароматический профиль.

Dry hopping of beer as a method of expansion range for small enterprises

Dmitry A. Kazartsev	¹	kda_79@mail.ru	 0000-0001-6597-2327
Andrey I. Klyuchnikov	¹	kaivanov@mail.ru	 0000-0002-8161-0040
Dina V. Klyuchnikova	²	dina.key@mail.ru	 0000-0002-5306-0328
Natalya V. Zueva	²	nataspirit30@ya.ru	 0000-0003-2840-398X
Ivan N. Krivanosov	²		
Daniil R. Kuligin	²		

¹ K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management, 73 Zemlyanoy Val street, Moscow, 109004, Russia

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

Abstract. Today, in the conditions of mini-breweries of various production capacities, the urgent task is the constant search and development of new non-traditional varieties of beer, their improvement in order to expand the range of drinks with various exquisite tastes and aromatic shades. Undoubtedly, these conditions are one of the elements of sustainable growth and success in the development of the brewing industry. Traditional hopping during the boiling of beer wort is inevitably accompanied by the loss of some aromatics, enhanced by the transformation of aromatic compounds during fermentation. The purpose of dry hopping is to infuse the beer with additional fresh hop flavor and aroma. Dry hopping is a cold infusion that not only increases the intensity of the hop aromatics, but also adds notes that are significantly different from those produced by late hopping during the boil. A necessary basis for obtaining new varieties of beer with unique and inimitable taste and aromatic characteristics is the use of certain aromatic varieties of hops added to drinks in a certain dosage in the required sequence, at various technological stages of their production and in various combinations. This article discusses methods for dry hopping beer at the stage of main fermentation and after its post-fermentation, provides methods and experimental equipment for preparing beer wort, fermentation and dry hopping, indicates the varieties of hops used and their dosage, identifies the organoleptic properties of beer samples prepared by different dry hopping methods hopping, a comparative assessment of the organoleptic and physico-chemical parameters of beer samples hopped in the classical way (during boiling of beer wort) is given.

Keywords: beer, dry hopping, hop variety, hop extractor, flavor and aroma profile.

Для цитирования

Казарцев Д. А., Ключников А. И., Ключникова Д. В., Зуева Н. В., Криваносов И. Н., Кулигин Д. Р. Сухое охмеление пива как способ расширения ассортимента в условиях малых предприятий // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 2. С. 138–145. doi:10.20914/2310-1202-2024-2-138-145

For citation

Kazartsev D.A., Klyuchnikov A.I., Klyuchnikova D.V., Zueva N.V., Krivanosov I.N., Kuligin D.R. Dry hopping of beer as a method of expansion range for small enterprises. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 2. pp. 138–145. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-2-138-145

Введение

В настоящее время актуальным является вопрос по разработке новых сортов пива с более изысканными и разнообразными оттенками вкуса и аромата ввиду того, что потребитель стал более разборчиво подходить к выбору определенного сорта, соответствующего его запросам. Обилие информации о сортах пива, способах его производства, видах используемого сырья, в т. ч. нетрадиционного, требует от владельцев пивоваренного бизнеса постоянного поиска новых нестандартных решений в рецептурах напитков для привлечения новых клиентов.

Одним из легко доступных способов расширения ассортимента и улучшения вкусо-ароматической составляющей пива является технология сухого охмеления, которая на сегодняшний день остается наиболее доступной и легко реализуемой в условиях пивоваренного производства малой мощности. При этом, технология сухого охмеления пива существенным образом не влияет на горечь конечного продукта и предназначена, главным образом, для формирования хмелевого аромата. Важным остается выбор технологии и техники для сухого охмеления, сортов хмеля и их сочетания, стадий, на которых предполагается внесение хмелепродуктов.

Безусловно, на первом месте остается сенсорный анализ готовой продукции, который на малом предприятии может быть осуществлен при помощи дескрипторно-профильного метода, позволяющего выстроить графическую визуальную модель вкусо-ароматических характеристик пива. Это становится возможным при сравнении вариаций продукта с измененными составами относительно друг друга и последующего выбора варианта, получившего максимальную оценку дегустаторов. Созданные в ходе такого анализа индивидуальные признаки напитка позволяют определить, в каких пределах можно изменять

вкусо-ароматические характеристики продукта в зависимости от их количественной величины.

Цель работы – изучение физико-химических и органолептических свойств пива, полученного различными способами сухого охмеления.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования по сухому охмелению пива проводились в ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» (с 2023 г. по наст. время).

При выполнении настоящей работы использовались общепринятые для пивоваренной отрасли методы анализа: ГОСТ 12786–80 «Пиво. Правила приемки и методы отбора проб», ГОСТ 12787–81 «Пиво. Методы определения спирта, действительного экстракта и расчет сухих веществ в начальном сусле», ГОСТ 12788–87 «Пиво. Методы определения кислотности», ГОСТ 12789–87 «Пиво. Методы определения цвета», ГОСТ 30060–93 «Пиво. Методы определения органолептических показателей и объема продукции», ГОСТ Р 51154–98 «Пиво. Методы определения двуокси углерода и стойкости».

Специальные методики были основаны на подготовке комплекта технологического оборудования (настойной пивоварни, аппарата для брожения и созревания пива, фильтродержателя с колбой-картриджем, сетки-контейнера) к проведению процессов сухого охмеления пива.

Лабораторная пивоварня настольного типа (рисунок 1, а) представляла собой вертикальный цилиндрический корпус, в нижней части которого установлен ТЭН с электронным программируемым контроллером для выбора необходимой температуры, мощности нагревания, продолжительности ферментативных пауз. Внутри вертикального цилиндрического корпуса установлена перфорированная корзина для измельченного солода.



Рисунок 1. Лабораторная пивоварня настольного типа: (а) комплект оборудования для затирания, фильтрации заторной массы, кипячения и охлаждения пивного сусла; (б) аппарат для брожения и созревания

Figure 1. Tabletop laboratory brewery: (a) a set of equipment for mashing, mash filter, boiling and cooling of beer wort; (b) fermentation and maturation apparatus

Устройство снабжалось охладителем змеевикового типа для охлаждения охмеленного пивного сусла до температуры главного брожения 12–14 °С. Для обеспечения равномерного нагревания заторной массы, сусла во время его кипячения с хмелем предназначался циркуляционный насос. С целью предотвращения попадания крупных твердых частиц в циркуляционный насос на выпускной патрубке внутри корпуса устанавливалась фильтр-патрон. Для минимизации контакта заторной массы и пивного сусла с кислородом воздуха и потерь теплоты сверху корпус закрывали стеклянной крышкой.

Лабораторная пивоварня настольного типа работала следующим образом. После предварительной мойки и дезинфекции деталей, входящих в комплект пивоварни, насоса и продуктовых линий обеспечивали набор воды в заданном количестве, обычно составляющим около 8–9 л, которую нагревали до температуры 52–55 °С, используя ТЭН с контроллером и циркуляционный насос. По достижению заданной температуры воды в нее медленно задавали измельченный солод в количестве 2,2–2,8 кг при постоянном перемешивании. Циркуляционный насос в этом случае не использовали, перемешивание заторной массы осуществляли вручную с помощью заторной лопатки. После получения бескомковатой заторной массы последовательно проводили ферментативные паузы (мальтозную и паузу осахаривания) при температурах 62 и 72 °С соответственно.

Окончание осахаривания устанавливали по йодной пробе. Затем заторную массу подогревали до 78 °С и оставляли в покое на 10 мин для оседания взвешенных частиц солода на сетчатое днище корзины. Далее корзину поднимали и ставили на специальные опоры, расположенные на внутренней поверхности цилиндрического

корпуса для стекания первого сусла. После этого осуществляли промывку дробины горячей водой температурой 78–80 °С для извлечения остатков первого сусла. Процесс промывки дробины вели до достижения объема пивного сусла 10–12 л. Затем из корпуса полностью извлекали корзину с промытой дробинкой, содержимое корпуса начинали подогревать до температуры кипения, используя ТЭН с контроллером, пивные магистрали и циркуляционный насос. При температуре 92–94 °С задавали первую порцию хмеля в заданном количестве, вторую порцию хмеля вносили в середине кипячения, а третью порцию – за 10–15 мин. до окончания процесса. Сорт и количество вносимого хмеля определяли в зависимости от ожидаемых вкусо-ароматических особенностей приготавливаемого пива. Циркуляцию пивного сусла обеспечивал циркуляционный насос. По завершению процесса кипячения выдерживали паузу 10 мин. для оседания взвешенных частиц хмеля и коагулированного белка на днище корпуса.

Затем в горячее сусло аккуратно опускали змеевик для охлаждения его до температуры брожения 12–15 °С. Циркуляционный насос перекачивал охлаждаемое сусло «на себя», фильтр-патрон препятствовал попаданию взвешенных частиц хмеля и белка в насос.

Далее осуществляли перелив охлажденного сусла в аппарат для брожения и созревания (рисунок 1, б), вносили расчетное количество сухих дрожжей и гранулированного хмеля. Дополнительное охмеление проводилось расчетным количеством хмеля, вносимым в бродильную емкость в сетке-контейнере перед ее заполнением. Затем аппарат помещали в холодильный шкаф с температурой 12–15 °С для главного брожения в течение 6–8 сут.

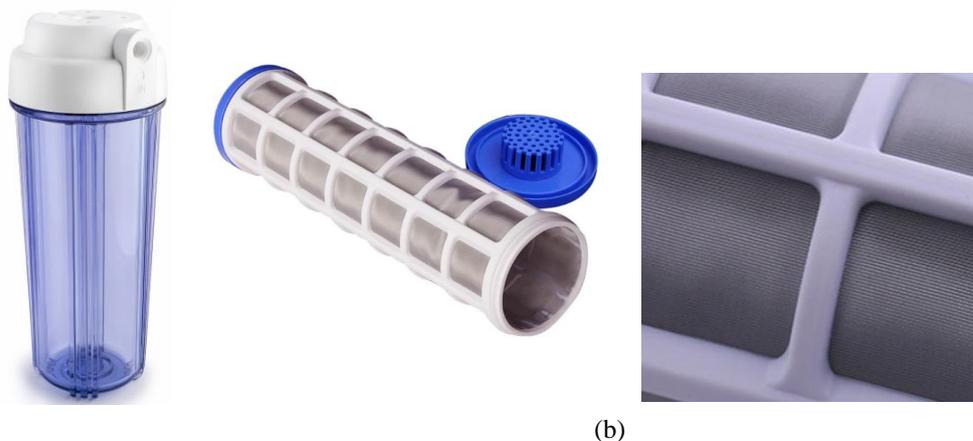


Рисунок 2. Фильтродержатель (а) и колба-картридж; (б) для загрузки гранулированного хмеля
Figure 2. Filter holder (a) and flask cartridge; (b) for loading granulated hops

По окончании процесса главного брожения из нижней части аппарата для брожения аккуратно сбрасывали осевшие дрожжи и производили перелив сброженного суслу в стеклянные бутылки, в которых осуществляли дображивание при 2–4 °С в течение 25–30 сут.

Другой способ охмеления осуществляли в условиях мини-пивоварни, который заключался в подключении фильтродержателя (рисунок 2, а) с гранулированным хмелем к танку с готовым пивом. Сухое охмеление осуществляли в динамическом режиме, за счет пропуска пива через гранулированный хмель в течение определенного времени. Благодаря свободному пространству в колбе-картридже (рисунок 2, б) в процессе охмеления создавалась свободная циркуляция гранулированного хмеля в потоке пива, обеспечивающая его равномерную экстракцию. Также в процессе данного способа охмеления все частицы хмеля оставались внутри колбы-картриджа, что способствовало улучшению прозрачности готового пива.

Результаты и обсуждение

Сухое охмеление на стадии главного брожения. У образца № 1 после сухого охмеления гранулированным хмелем «Citra» в количестве 10 г/л преобладала выраженная хмелевая горечь. После дегустации образец № 1 оставлял на языке вкус приятной ненавязчивой хмелевой горечи, который также постепенно исчезал, не оставляя привкуса. Вкус анализируемого пива также оставался солодовым, чистым,

хорошо выраженным. Посторонние привкусы отсутствовали, приятная текстура сохранялась. В аромате пива преобладали цитрусовые, карамельные, фруктовые, травяные, смоляные тона, вызванные, главным образом, ароматным хмелем «Citra», вносимым в сусло в процессе его главного брожения. Наличие дрожжевого и фенольного ароматов практически не ощущалось из-за преобладающей хмелевой ароматической составляющей. В результате органолептической оценки были выявлены следующие результаты. Контрольный образец (таблица 1), приготовленный без сухого охмеления и образцы с сухим охмелением во время главного брожения, но с разной дозировкой вносимого хмеля полностью соответствовали стилю светлого пива. Все образцы пива имели золотистый цвет, с незначительной опалесценцией, наливались в бокал с небольшой малоустойчивой шапкой пены, поддерживаемой пузырьками поднимающегося углекислого газа. По вкусу и аромату контрольный образец и образец № 1 сбалансированы, в целом, по вкусу, у образца № 1 выдавался цитрусовый оттенок, послевкусие долгое, полнота вкуса (тело) – средняя, текстура гладкая, карбонизация средняя. У образца № 2 после сухого охмеления гранулированным хмелем «Citra» в количестве 20 г/л сильно выдавался хмелевой оттенок с долгим маслянистым послевкусием с присутствием травянистого тона. Вкус, скорее всего, не сбалансирован, полнота вкуса – средняя, текстура маслянистая, карбонизация средняя.

Таблица 1.

Результаты дегустационной оценки образцов пива

Table 1.

Results of tasting evaluation of beer samples

Образец	Показатели качества								Итого, балл Total, score
	Прозрачность Transparency	Цвет Color	Вкус Taste	хмелевая горечь hop bitterness	Аромат Aroma	Пенообразование Foaming	Высота пены, мм Foam height, mm	пеностойкость, мин foaming resistance, min	
Контрольный Control	1	3	4	5	2	4	20	3	22
№ 1	1	2	5	5	4	3	20	3	23
№ 2	1	2	3	2	4	3	20	3	18

Следует отметить, что образец № 1 обладал более приятным цитрусовым ароматом со вкусом светлого солода, сбалансированной горечью, которая не носила главенствующего характера. Слабая опалесценция всех оцениваемых образцов была вызвана отсутствием фильтрования и стабилизации напитка.

Таким образом, внесение хмеля «Citra» на стадии главного брожения в количестве 10 г/12 л позволяет получить напиток с более сбалансированным вкусом и выраженным цитрусовым ароматом, чем пиво, приготовленное по классической технологии без сухого охмеления.

Сухое охмеление динамическим способом.

Для того чтобы произвести подобную оценку также опирались на вкус и аромат исходного образца пива, приготовленного без сухого охмеления.

У пива сорта «Пражское» (12%) преобладала тонкая хмелевая горечь, которая не являлась достаточно выразительной и резкой. После дегустации пиво оставляло на языке вкус приятной хмелевой горечи, который быстро исчезал, не оставляя привкуса. Вкус анализируемого пива – солодовый, чистый, хорошо выраженный, без посторонних привкусов, не свойственных

данному типу напитка. Отмечался умеренный сладковатый привкус, что не являлось недостатком. Отсутствие посторонних привкусов у анализируемого пива говорило о соблюдении технологических режимов на стадиях затирания, брожения и созревания. Приятная текстура у анализируемого пива была вызвана гармоничным содержанием спирта и умеренной насыщенностью диоксидом углерода.

В аромате пива преобладали карамельные и фруктовые тона, вызванные использованным сырьем при производстве: карамельным солодом и ароматным хмелем «Saaz», вносимым в сусло за 10 мин. до окончания кипячения. Причем, чистый аромат у пива свидетельствовал о правильных режимах хранения сырья и грамотной логистикой его закупок в необходимом количестве.

Следует отметить наличие слабо выраженных дрожжевого и диацетилового ароматов. Их наличие вызвано, главным образом, технологией классического брожения и созревания пива, а также отсутствием процессов фильтрации и стабилизации. Указанные недостатки не снижали общую положительную картину восприятия вкуса и аромата анализируемого пива.

У пива сорта «Пражское» (12%) после сухого охмеления гранулированным хмелем «Saaz» (Чехия) в количестве 5 г/л преобладала выраженная хмелевая горечь, которая в соответствии с общепринятой классификацией, продолжала оставаться достаточно выразительной. После дегустации образец пива оставлял на языке вкус приятной ненавязчивой хмелевой горечи, который также постепенно исчезал, не оставляя привкуса. Вкус анализируемого пива также оставался солодовым, чистым, хорошо выраженным, но уже с умеренным преобладанием хмелевой горечи. Наличие умеренного сладковатого привкуса также диагностировалось. Посторонние привкусы у дегустируемого пива, как и в образце, анализируемом ранее, отсутствовали. Приятная текстура у анализируемого пива сохранялась. В аромате пива преобладают карамельные, фруктовые, травяные, смоляные тона, вызванные, главным образом, ароматным хмелем «Saaz», вносимым в пиво в процессе его сухого охмеления в течение 120 мин. Наличие дрожжевого и фенольного ароматов практически не ощущалось из-за преобладающей хмелевой ароматической составляющей.

У пива сорта «Пражское» (12%) после сухого охмеления гранулированным хмелем «Saaz» (Чехия) в количестве 10 г/л преобладала сильно выраженная, грубая хмелевая горечь, которая в соответствии с общепринятой классификацией, была уже достаточно выразительной и резкой. После дегустации образец пива оставлял на языке вкус неприятной навязчивой хмелевой горечи, который долго не исчезал из-за обволакивания языка и неба хмелевыми смолами. Вкус анализируемого пива был с сильным преобладанием хмелевой горечи. Сладковатый привкус уже не ощущался. Посторонние привкусы у дегустируемого пива присутствовали в виде цветочного и смоляного ароматов. Приятная текстура у анализируемого пива уже была не сохранена. В аромате пива сильно преобладали фруктовые, травяные, смоляные тона, вызванные, главным образом, ароматным хмелем «Saaz», вносимым в пиво в процессе его сухого охмеления в течение 120 мин в концентрации 10 г/л. Наличие дрожжевого и фенольного ароматов не ощущалось из-за сильно преобладающей хмелевой ароматической составляющей.

Как следует из рисунка 3, в результате динамического сухого охмеления горечь пива линейно возрастала с течением времени. Так после 110 мин циркуляции пива через хмелевой экстрактор показатели горечи составили 22–23% IBU, что, в принципе, соответствовало общепринятой классификации пива по показателю горечи для светлых лагерных сортов. Таким образом, горечь пива в результате сухого охмеления, возрастала всего на 2–3% IBU.

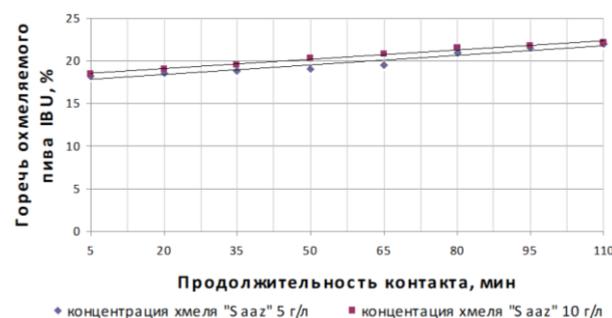


Рисунок 3. Зависимость горечи охмеляемого пива от продолжительности сухого охмеления

Figure 3. Dependence of the bitterness of hopped beer on the duration of dry hopping

Физико-химические показатели пива сорта «Пражское» (12%) после сухого охмеления представлены в таблице 2.

Таблица 2.
Физико-химические показатели пива сорта «Пражское» (12%) после сухого охмеления

Table 2.

Physico-chemical parameters of Prazhskoe beer (12%) after dry hopping

Показатель Index	«Пражское» (12%)		
	1	2	3
Температура, град. Temperature, deg.	17,03	17,5	18,77
Плотность относительная Relative density	1,0114	1,0117	1,0118
Содержание спирта, об. % Alcohol content, vol. %	5,03	5,01	4,99
Экстрактивность начального сусла, % Extractivity of initial wort, %	12,3	12,3	12,3
Действительная степень сбраживания, % Actual degree of digestion, %	61,9	61,5	61,2
Видимая степень сбраживания, % Visible degree of digestion, %	76,5	76,0	75,8
Видимый экстракт, % Visible extract, %	2,88	2,95	2,99
Энергетическая ценность, ккал Energy value, kcal	50,9	51,1	51,1

Примечание: Пиво соответствует ГОСТ 31711–2012 «Пиво. Общие технические условия». Незначительное повышение экстрактивности, вероятно, вызвано процессом сухого охмеления, главным образом, контактом хмеля с пивом

Заключение

В целом, подводя итог по оценке данных образцов пива, можно сказать, что формирование вкуса и аромата при сухом охмелении сильно зависело от сорта хмеля, продолжительности и режимов организации процесса сухого охмеления. Например, некоторые вкусовые качества пива можно регулировать технологическим путем, выбирая соответствующий сорт хмеля или изменяя процесс сухого охмеления, при котором необходимо учитывать возможное воздействие его на остальные вкусовые качества.

Также следует отметить, что для многих потребителей пивной аромат, достигнутый сухим

охмелением предпочтительней, чем в пиве полученным классическим охмелением, т. е. при кипячении пивного сусла. В этом случае, хмелевой аромат характеризуется большей интенсивностью и стабильностью.

На практике для сухого охмеления используют только ароматные сорта хмеля с низким содержанием кислоты. Поскольку этот метод преследует главную цель – передать аромат готовому пиву, то определяющим показателем при выборе хмеля для сухого охмеления, является количество смол, а не уровень содержащихся в нем α - и β -кислот.

Литература

- 1 Гернет М.В., Грибкова И.Н. Современные способы использования хмелепродуктов в пивоварении // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 4. С. 34–42.
- 2 Гернет М.В., Грибкова И.Н., Борисенко О.А., Захаров М.А. и др. Исследование миграции полифенолов хмеля в технологии пива при различных способах охмеления // Техника и технология пищевых производств. 2021. № 3. С. 628–638.
- 3 Грибкова И.Н., Борисенко О.А. Влияние соединений хмеля на формирование органолептических показателей пива при «холодном» способе охмеления // Пиво и напитки. 2021. № 1. С. 30–35.
- 4 Матвеева Н.А., Титов А.А. Выбор сорта хмеля для технологии сухого охмеления // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № 4. С. 120–125.
- 5 Матвеева Н.А., Титов А.А. Применение технологии сухого охмеления в пивоварении // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 1. С. 111–118.
- 6 Новикова И.В., Рукавицын П.В., Муравьев А.С. Оптимизация технологических параметров процесса сухого охмеления с разработкой методики интегральной оценки качества пива // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 3. С. 163–172.
- 7 Тишин В.Б., Кондратьев Д.В. Процесс кипячения и охмеления пивного сусла с газлифтной циркуляцией // Пиво и напитки. 2006. № 6. С. 8–9.
- 8 Федоренко Б.Н. Пивоваренная инженерия: технологическое оборудование отрасли. СПб.: Профессия, 2009. 998 с.
- 9 Федоренко Б.Н., Орлов И.А., Каледин И.М., Скоморохов Н.С. Оценка эффективности современного способа экстракции хмеля в пивоваренной промышленности с применением специализированного оборудования // Health, Food & Biotechnology. 2020. № 3. С. 57–66.
- 10 Христюк А.В., Касьянов Г.И. Хмель в пивоварении // Пиво и напитки. 2007. № 1. С. 10–12.
- 11 Новикова И.В., Рукавицын П.В., Муравьев А.С. Обзор: сухое охмеление в пивоварении // Вестник ВГУИТ. 2018. №2 (76). С. 144 – 149.
- 12 Бородулин Д.М., Сафонова Е.А., Просин М.В., Миленский И.О. Исследование процесса охмеления пивного сусла с применением современного оборудования // Современные материалы, техника и технологии. 2017. №3 (11). С. 16 – 21.
- 13 Хоконова М.Б. Применение хмеля в пивоваренном производстве // Символ науки. 2015. №7-1. С. 54 – 56.

- 14 Хоконова М.Б., Терентьев С.Е. Рациональные способы дозировки хмеля в пивоваренном производстве // Пиво и напитки. 2017. №2. С. 22 – 24.
- 15 Коростелев А.В., Рукавицын П.В., Новикова И.В., Кучменко Т. и др. Исследование ароматобразующих компонентов хмеля с применением сенсоров // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. №3 (34). С. 479–486.
- 16 Donaldson B.A., Bamforth C.W., Heymann H. Sensory Descriptive Analysis and Free-Choice Profiling of Thirteen Hop Varieties as Whole Cones and After Dry Hopping of Beer // *Cerevisia*. 2013. V. 2. №. 38. P. 56. doi: 10.1016/j.cervis.2013.09.023
- 17 Gasiński A., Kawa-Rygielska J., Paszkot J., Pietrzak W. et al. Second life of hops: Analysis of beer hopped with hop pellets previously used to dry-hop a beer // *LWT*. 2022. V. 159. P. 113186.
- 18 Hrabia O., Ditrych M., Ciosek A., Fulara K. et al. Effect of dry hopping on the oxidative stability of beer // *Food Chemistry*. 2022. V. 394. P. 133480.
- 19 Lafontaine S., Varnum S., Roland A., Delpech S. et al. Impact of harvest maturity on the aroma characteristics and chemistry of Cascade hops used for dry-hopping // *Food chemistry*. 2019. V. 278. P. 228-239.
- 20 Oladokun O., James S., Cowley T., Dehrmann F. et al. Perceived bitterness character of beer in relation to hop variety and the impact of hop aroma // *Food Chemistry*. 2017. V. 230. P. 215-224.

References

- 1 Gernet M.V., Gribkova I.N. Modern methods of using hop products in brewing. Storage and processing of agricultural raw materials. 2020. no. 4. pp. 34–42. (in Russian).
- 2 Gernet M.V., Gribkova I.N., Borisenko O.A., Zakharov M.A. et al. Study of the migration of hop polyphenols in beer technology with various methods of hopping. Equipment and technology of food production. 2021. no. 3. pp. 628–638. (in Russian).
- 3 Gribkova I.N., Borisenko O.A. The influence of hop compounds on the formation of organoleptic characteristics of beer during the “cold” hopping method. Beer and drinks. 2021. no. 1. pp. 30–35. (in Russian).
- 4 Matveeva N.A., Titov A.A. Choosing a hop variety for dry hopping technology. Scientific journal of NRU ITMO. Series “Processes and apparatus of food production”. 2014. no. 4. pp. 120–125. (in Russian).
- 5 Matveeva N.A., Titov A.A. Application of dry hopping technology in brewing. Scientific journal of NRU ITMO. Series “Processes and apparatus of food production”. 2015. no. 1. pp. 111–118. (in Russian).
- 6 Novikova I.V., Rukavitsyn P.V., Muravyov A.S. Optimization of technological parameters of the dry hopping process with the development of a methodology for integral assessment of beer quality. Storage and processing of agricultural raw materials. 2021. no. 3. pp. 163–172. (in Russian).
- 7 Tishin V.B., Kondratyev D.V. The process of boiling and hopping beer wort with gas-lift circulation. Beer and drinks. 2006. no. 6. pp. 8–9. (in Russian).
- 8 Fedorenko B.N. Brewing engineering: technological equipment of the industry. St. Petersburg: Profession, 2009. 998 p. (in Russian).
- 9 Fedorenko B.N., Orlov I.A., Kaledin I.M., Skomorokhov N.S. Assessing the effectiveness of a modern method of hop extraction in the brewing industry using specialized equipment. Health, Food & Biotechnology. 2020. no. 3. pp. 57–66. (in Russian).
- 10 Khristyuk A.V., Kasyanov G.I. Hops in brewing. Beer and drinks. 2007. no. 1. pp. 10–12. (in Russian).
- 11 Novikova I.V., Rukavitsyn P.V., Muravyov A.S. Review: dry hopping in brewing. Proceedings of VSUET. 2018. no. 2 (76). pp. 144 – 149. (in Russian).
- 12 Borodulin D.M., Safonova E.A., Prosin M.V., Milenky I.O. Study of the process of hopping beer wort using modern equipment. Modern materials, equipment and technologies. 2017. no. 3 (11). pp. 16 – 21. (in Russian).
- 13 Khokonova M.B. The use of hops in brewing production. Symbol of science. 2015. no. 7-1. pp. 54–56. (in Russian).
- 14 Khokonova M.B., Terentyev S.E. Rational methods of dosing hops in brewing production. Beer and drinks. 2017. no. 2. pp. 22–24. (in Russian).
- 15 Korostelev A.V., Rukavitsyn P.V., Novikova I.V., Kuchmenko T. et al. Study of aroma-forming components of hops using sensors. News of universities. Applied chemistry and biotechnology. 2020. no. 3 (34). pp. 479–486. (in Russian).
- 16 Donaldson B.A., Bamforth C.W., Heymann H. Sensory Descriptive Analysis and Free-Choice Profiling of Thirteen Hop Varieties as Whole Cones and After Dry Hopping of Beer. *Cerevisia*. 2013. vol. 2. no. 38. pp. 56. doi: 10.1016/j.cervis.2013.09.023
- 17 Gasiński A., Kawa-Rygielska J., Paszkot J., Pietrzak W. et al. Second life of hops: Analysis of beer hopped with hop pellets previously used to dry-hop a beer. *LWT*. 2022. vol. 159. pp. 113186.
- 18 Hrabia O., Ditrych M., Ciosek A., Fulara K. et al. Effect of dry hopping on the oxidative stability of beer. *Food Chemistry*. 2022. vol. 394. pp. 133480.
- 19 Lafontaine S., Varnum S., Roland A., Delpech S. et al. Impact of harvest maturity on the aroma characteristics and chemistry of Cascade hops used for dry-hopping. *Food chemistry*. 2019. vol. 278. pp. 228-239.
- 20 Oladokun O., James S., Cowley T., Dehrmann F. et al. Perceived bitterness character of beer in relation to hop variety and the impact of hop aroma. *Food Chemistry*. 2017. vol. 230. pp. 215-224.

Сведения об авторах

Дмитрий А. Казарцев д.т.н., профессор заведующий кафедрой, кафедра технологии виноделия, бродильных производств и химии им. Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, kda_79@mail.ru

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

Андрей И. Ключников д.т.н., профессор, кафедра технологии виноделия, бродильных производств и химии им. Г.Г. Агабальянца, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского, ул. Земляной вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, kaivanov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8161-0040>

Дина В. Ключникова к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, dina.key@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5306-0328>

Наталья В. Зуева к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nataspirt30@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2840-398X>

Иван Н. Криваносов аспирант, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Даниил Р. Кулигин студент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

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

Dmitry A. Kazartsev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kda_79@mail.ru

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

Andrey I. Klyuchnikov Dr. Sci. (Chem.), professor, winemaking technology, fermentation production and chemistry named after G.G. Agabalyantsa department, Moscow State University of Technology and Management. K.G. Razumovsky, st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, kaivanov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8161-0040>

Dina V. Klyuchnikova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of animal products department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, dina.key@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5306-0328>

Natalya V. Zueva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nataspirt30@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2840-398X>

Ivan N. Krivanosov graduate student, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Daniil R. Kuligin student, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

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 19/04/2024	После редакции 13/05/2024	Принята в печать 31/05/2024
Received 19/04/2024	Accepted in revised 13/05/2024	Accepted 31/05/2024