

Повышение коллоидной стойкости безалкогольного пива за счет применения ферментного препарата «BREWERS CLAREX»

Д. В. Карпенко, И. М. Каледин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств», Москва, Российская Федерация, Москва, Россия

Корреспонденция:

Карпенко Дмитрий Валерьевич,

ФГБОУВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11
e-mail: KarpenkoDV@mgupp.ru

Конфликт интересов:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов

Поступила: 09.06.2022

Принята: 29.06.2022

Опубликована: 30.06.2022

Copyright: © 2022 Авторы

АННОТАЦИЯ

Введение. Коллоидная стойкость пива является одной из важных характеристик, обеспечивающих высокую конкурентоспособность напитка и интерес к нему потребителей. Однако готовое пиво является сложной системой, равновесие которой может быть нарушено под действием неоптимальных условий транспортировки и хранения, что приводит к потере исходной прозрачности. Это делает необходимым использование в производственном процессе таких режимов и технологических приемов, которые обеспечивают высокую коллоидную стойкость готового пива, в том числе, безалкогольного. Одним из таких приемов является применение ферментных препаратов протеолитического типа действия, снижающих в процессе производства пива концентрацию соединений белковой природы, способных участвовать в образовании коллоидных помутнений.

Цель. Целью нашего исследования являлось определение результатов применения ферментного препарата «BREWERS CLAREX», вносимого в сусло перед началом главного брожения.

Материалы и методы. Результаты применения ферментного препарата «BREWERS CLAREX», вносимого в сусло перед началом главного брожения, оценивали по содержанию «чувствительных» белков, пределу осаждения сульфатом аммония и мутности готового безалкогольного пива.

Результаты. Установлена рациональная дозировка ферментного препарата, равная 2 см³/Гл сусла. Показано, что использование этого ферментного препарата позволяет существенно снизить содержание веществ белковой природы, способных инициировать формирование помутнений, а также повышает значение предела осаждения сульфатом аммония готового безалкогольного пива, однако прямой корреляции между применением ферментного препарата и мутностью готового безалкогольного пива, полученного из разных партий солода, не установлено.

Выводы. Исследованием показано, что использование ферментного препарата «BREWERS CLAREX» в рациональной дозировке обеспечило срок годности готового безалкогольного пива не менее 180 сут.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

коллоидная стойкость, ферментный препарат «BREWERS CLAREX», рациональная дозировка, содержание «чувствительных» белков, предел осаждения сульфатом аммония, мутность готового пива



To cite: Карпенко, Д. В., & Каледин, И. М. (2022). Повышение коллоидной стойкости безалкогольного пива за счет применения ферментного препарата «BREWERS CLAREX». *Health, Food & Biotechnology*, 4(2), 68–77. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i2.s142>

<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i2.s142>

Increasing the Colloidal Stability of Non-alcoholic Beer Using "BREWERS CLAREX" Enzyme Preparation

Dmitry V. Karpenko, Ivan M. Kaledin

Moscow State University of Food
Production, Moscow, Russia

Correspondence:

Dmitry V. Karpenko,

Moscow State University of Food
Production,
11 Volokolamskoe highway, Moscow,
125080, Russia.
e-mail: KarpenkoDV@mgupp.ru

Declaration of competing interest:

none declared.

Received: 09.06.2022

Accepted: 29.06.2022

Published: 30.06.2022

Copyright: © 2022 The Authors

ABSTRACT

Introduction. The colloidal stability of beer is one of the important characteristics that ensure the high competitiveness of the drink and the interest of consumers in it. However, the finished beer is a complex system, the equilibrium of which can be disturbed under the influence of non-optimal conditions of transportation and storage, which leads to the loss of the original transparency. This makes it necessary to use in the production process such modes and technological methods that provide high colloidal stability of the finished beer, including non-alcoholic beer. One of these methods is the use of enzyme preparations of the proteolytic type of action, which reduce the concentration of protein compounds that can participate in the formation of colloidal opacities during the production of beer.

Purpose. The purpose of our study was to determine the results of the application of the enzyme preparation "BREWERS CLAREX" added to the wort before the start of the main fermentation.

Materials and Methods. The results of the application of the enzyme preparation "BREWERS CLAREX" added to the wort before the start of the main fermentation were evaluated by the content of "sensitive" proteins in the finished non-alcoholic beer, its precipitation limit with ammonium sulfate and turbidity.

Results. A rational dosage of the enzyme preparation was established, equal to 2 cm³/Gl of wort. It was found that the use of this enzyme preparation can significantly reduce the content of protein substances that can initiate the formation of turbidity, and also increases the precipitation limit of finished non-alcoholic beer with ammonium sulfate. However, a direct correlation between the use of the enzyme preparation and the turbidity of the finished non-alcoholic beer obtained from different batches of malt, was not determined.

Conclusions. It was found that the use of the "BREWERS CLAREX" enzyme preparation in a rational dosage ensured a shelf life of the finished non-alcoholic beer of at least 180 days.

KEYWORDS

colloidal stability of non-alcoholic beer, enzyme preparation "BREWERS CLAREX", rational dosage, content of "sensitive" proteins, precipitation limit by ammonium sulfate, turbidity of finished beer



Для цитирования: Karpenko, D. V., & Kaledin, I. M. (2022). Increasing the Colloidal Stability of Non-alcoholic Beer Using "BREWERS CLAREX" Enzyme Preparation. *Health, Food & Biotechnology*, 4(2), 68–77. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i2.s142>

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время к пиву, в том числе, низового брожения, предъявляется широкий спектр требований со стороны потребителей, его показатели качества установлены в нормативной документации. Одним из них является способность сохранять исходную прозрачность на протяжении всего срока хранения (Habschied, 2018). Следовательно, технолог-пивовар должен решить, помимо прочих, задачу обеспечения необходимой коллоидной стойкости готового пива (Habschied, 2018).

Готовое пиво как до, так и после розлива в потребительскую тару является сложной системой (Gribkova, 2022), на коллоидное состояние которой влияет целый ряд факторов (Dabija, 2019): химический состав сырья (Buiatti, 2018; Cai, 2016; Kristina, 2018; Lingzhen, 2015; Perretti, 2011) и произведенного из него напитка, в первую очередь, концентрации полипептидов и полифенолов (Devolli, 2018), технология соложения и режимы ключевых производственных стадий (Carvalho, 2022; Castro, 2022; Steiner, 2011), качество фильтрации, применение стабилизаторов (Dostálek, 2011; Siebert, 2007) режимы пастеризации до или после розлива, условия хранения на «промежуточных» этапах и транспортировки готовой продукции (Zheng, 2020), включая используемый тип тары (Kwon, 2018), и, наконец, продолжительность хранения продукции в торговой сети.

Следует отметить, что на протяжении многотысячелетней истории пивоварения готовый напиток не предназначался для сколь-нибудь длительного хранения; более того, требования к его прозрачности просто не предъявлялись. Однако, после выделения в отдельную группу пива низового брожения, прозрачность которого была заявлена как выигрышная отличительная черта, ситуация изменилась радикально. Особую важность коллоидная стойкость приобрела в связи с глобализацией мирового рынка, следствием чего стала необходимость доставлять пиво на значительные расстояния при сохранении его потребительских свойств, в том числе, прозрачности. Все это привело к тому, что, начиная примерно с середины 70-х годов, производители пива низового брожения начали разрабатывать технологические приемы, позволяющие обеспечить длительную коллоидную стойкость напитка. К сегодняшнему дню эти усилия обеспечили впечатляющие результаты — качественно произведенное пиво, разлитое в надлежащую потребительскую тару способно сохранять прозрачность вплоть до нескольких лет, при этом его органолептические характеристики с высокой вероятностью ухудшаются. Тем не менее, не все проблемы решены окончательно, особенно в случае производства безалкогольного пива.

На сегодняшний день безалкогольное пиво может быть получено на основе нескольких принципиально отли-

чающихся подходов (Alves, 2019; Bellut, 2019; Catarino, 2011; Nehra, 2022; Salan, 2020; Sohrabvandi, 2010), однако в большинстве случаев его технология предполагает менее интенсивное ферментативное и термическое воздействие на сырье и полупродукты, что может приводить в более высокому содержанию в готовом продукте так называемых «чувствительных белков» (ЧБ) (Batchvarov, 2002; Leiper, 2005), то есть, полипептидов, способных самостоятельно или после взаимодействия с другими компонентами пива (в первую очередь, полифенольной природы) (Lopez, 2005; Lu, 2020; Wannenmacher, 2018) терять при определенных условиях (Chen, 2020) растворимость и нарушать коллоидную стойкость напитка.

Основной целью наших исследований являлось повышение коллоидной стойкости именно безалкогольного пива, в том числе, предназначенного для экспорта в страны с жарким климатом. Технология производства безалкогольного пива подразумевала сохранение прозрачности в течение длительного периода при хранении-транспортировке-реализации в неоптимальных условиях. Было установлено, что для достижения поставленной цели необходим целый комплекс технологических мероприятий, одним из которых было целенаправленное снижение концентрации «чувствительных белков» еще до стадии фильтрования готового пива. Наиболее целесообразным способом решения такой задачи, по нашему мнению, являлось использование ферментного препарата, специфичного к гидролизу белковых соединений упомянутой группы.

В качестве ферментного препарата, предназначенного для достижения поставленной цели, решено было использовать «BREWERS CLAREX» (в соответствии с свидетельством о государственной регистрации (единая форма ТС), здесь и далее) или DSM Brewers Clarex® в соответствии с наименованием компании-производителя. Этот препарат рекомендован для использования в пивоваренной отрасли (Aldred, 2021; Cimini, 2020; Dostálek, 2011) с целью обеспечения коллоидной стойкости алкогольсодержащего пива. Преимущество данного препарата заключается в том, что его целевым ферментом является пролин-специфичная эндопептидаза, гидролизующая преимущественно полипептиды, способные формировать коллоидные помутнения, и незначительно разрушающая полипептиды, отвечающие за пенообразование и менее богатые остатками пролина.

Задачей этапа исследований, результаты которого представлены в данной статье, являлось выявление рациональной дозировки ферментного препарата «BREWERS CLAREX», обеспечивающей требуемое повышение коллоидной стойкости безалкогольного пива, а именно, сохранение прозрачности напитка на протяжении не менее, чем 180 суток хранения. Гипотеза исследования заключалась в том, что установленная

дозировка ферментного препарата при переработке солода непостоянного химического состава позволит обеспечить получение пива с концентрацией «чувствительных» белков, не превышающей допустимых значений — $5 \div 7$ ед. ЕВС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы

Готовое бутилированное безалкогольное пиво, предназначенное для реализации в Российской Федерации или за рубежом, произведенное по ГОСТ 31711-2012.

Ферментный препарат «BREWERS CLAREX» — уникальный запатентованный фермент, который упрощает стабилизацию, предотвращая образование помутнения и, таким образом, позволяя не проводить глубокое охлаждение пива, сокращая время стабилизации с нескольких дней до минут и снижая потребление воды и энергии. Поскольку «BREWERS CLAREX» вводится в технологический процесс в виде жидкости, нет необходимости в применении порошкообразных вспомогательных веществах для фильтрации (ПВПП или силикагеля), что снижает риск введения кислорода в пиво. Помимо этого, данный ферментный препарат легко применить в любой технологии пивоварения, он не требует больших вложений и не оказывает отрицательного влияния на качество пива (вкус или пену) (Clarex Brewers, 2022).

Методы

Метод определения предела осаждения белка сульфатом аммония

Определяли по объему насыщенного раствора сульфата аммония (см^3), которое требовалось добавить к 100 см^3 исследуемого безалкогольного пива, чтобы вызвать его помутнение (Меледина, 2011).

Метод определения «чувствительных» белков

Показатель «чувствительные» белки определяли как содержание высокомолекулярных белков, способных взаимодействовать с танином — высокомолекулярным фенольным соединением. Мутность суслу измеряли при добавлении 10 мг танина на 1 дм^3 суслу (Дедегкаев, 2007).

Определение мутности готового пива

Проводили с применением прибора фирмы «Haffmans B.V.», модель «Vos Rota 90/25» при углах рассеивания, равных 25° и 90° . Диапазон определения: $0-100$ ед. ЕВС.

Процедура исследования

На первом этапе была установлена зависимость содержания «чувствительных» белков в готовом пиве от дозировки ферментного препарата «BREWERS CLAREX», которая варьировалась в пределах диапазона, рекомендованного производителем. Затем оценивалась коллоидная стойкость образцов безалкогольного пива, полученного с применением (предназначено для поставок на экспорт) и без применения ферментного препарата (предназначено для реализации в Российской Федерации), вносимого в сусло перед началом главного брожения в дозировке, признанной рациональной, определяющая содержание «чувствительных» белков, предел осаждения сульфатом аммония и мутность пива.

Анализ данных

Обработку экспериментальных данных проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica, позволяющего проводить адекватный статистический анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

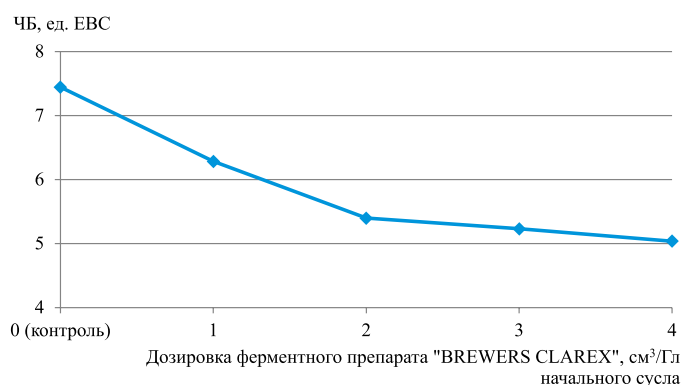
Зависимость содержания

«чувствительных» белков от дозировки ферментного препарата «BREWERS CLAREX»

Ферментный препарат «BREWERS CLAREX» вносили перед засевом дрожжами в дозировках из диапазона $1-4 \text{ см}^3/\text{Гл}$ суслу. Содержание «чувствительных» белков определяли в готовом безалкогольном пиве, разлитом в потребительскую тару, после пастеризации. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

Рисунок 1

Влияние дозировки ферментного препарата «BREWERS CLAREX» на содержание чувствительных белков в безалкогольном пиве



Содержание «чувствительных» белков в образцах готового безалкогольного пива, полученного с использованием ферментного препарата «BREWERS CLAREX» и без его применения

В образцах нескольких партий готового безалкогольного пива, предназначенного для реализации на внутреннем рынке (получено без применения ферментного препарата «BREWERS CLAREX») и за рубежом (получено без ис-

Рисунок 2

Содержание «чувствительных» белков в готовом пиве, полученном с применением и без применения ферментного препарата «BREWERS CLAREX»

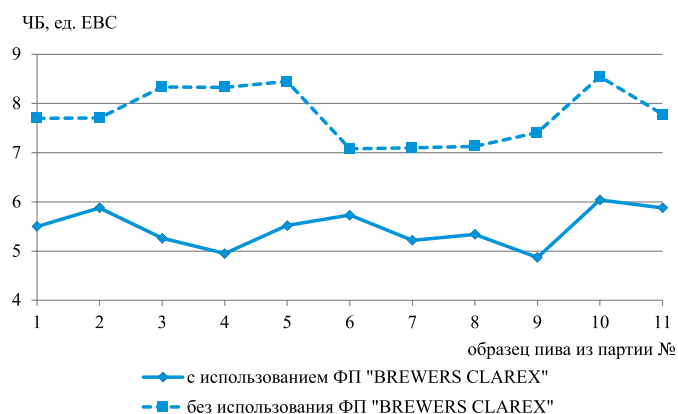


Рисунок 3

Предел осаждения сульфатом аммония образцов готового пива, полученного с применением и без применения ферментного препарата «BREWERS CLAREX»

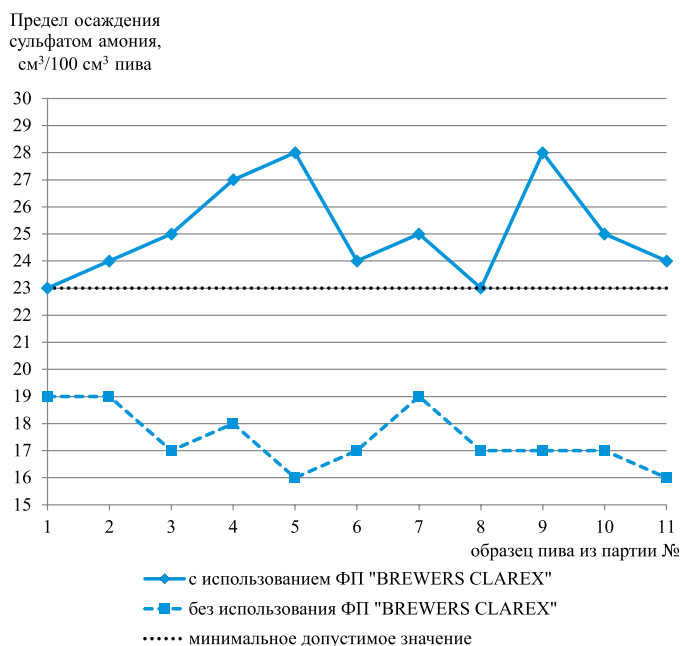
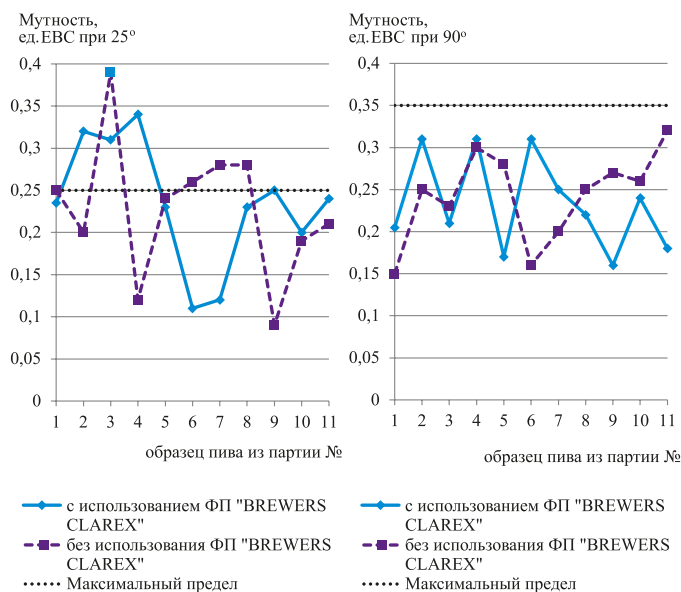


Рисунок 4

Мутность образцов готового пива, полученного с применением и без применения ферментного препарата «BREWERS CLAREX»



пользования данного ферментного препарата) определяли содержание «чувствительных» белков. Полученные результаты представлены на рисунке 2.

Предел осаждения сульфатом аммония образцов готового безалкогольного пива, полученного с использованием ферментного препарата «BREWERS CLAREX» и без его применения

В образцах пива тех же партий, в которых определяли «чувствительные» белки, были определены значения предела осаждения сульфатом аммония; результаты измерений представлены на рисунке 3.

Мутность образцов готового безалкогольного пива, полученного с использованием ферментного препарата «BREWERS CLAREX» и без его применения

В образцах пива этих же партий были измерены значения мутности при двух углах рассеивания, как указано в разделе «Материалы и методы» (рисунок 4).

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

При изучении результатов применения ферментного препарата (ФП) «BREWERS CLAREX» выявлена зависимость (рисунок 1) между его дозировкой и содержанием в готовом безалкогольном пиве «чувствительных»

белков (ЧБ): увеличение дозировки обеспечило снижение концентрации образующих помутнения полимеров белковой природы. При этом дозировки, равной 1 см³/Гл начального сусла, оказалось недостаточно до снижения концентрации ЧБ до рекомендуемых значений (примерно 5 ед. ЕВС), хотя и она позволила уменьшить ее на 15 % по сравнению с контролем — пивом, полученным без ферментного препарата. Увеличение дозировки ФП до 2–4 см³/Гл сусла обеспечило достижение концентрации ЧБ практически до рекомендуемых значений — 5,4–5,0 ед. ЕВС, что на 27,5–32,3 % по сравнению с контролем. По экономическим причинам было принято решение использовать на следующем этапе работы дозировку ферментного препарата, равную 2 см³/Гл.

С учетом результатов предыдущего этапа исследований из светлого ячменного пивоваренного солода различных партий были произведены несколько партий безалкогольного пива, подвергнутого тоннельной пастеризации и розливу в потребительскую тару. Некоторые из них были предназначены для реализации на внутреннем рынке, то есть продолжительность их хранения была меньше (120 сут), а температуры хранения — умеренными. При получении данных партий пива ферментный препарат «BREWERS CLAREX» решено было не применять, и использовать их в качестве вариантов сравнения. Другие партии безалкогольного пива были предназначены для реализации за рубежом, в странах с жарким климатом. В этом случае для обеспечения конкурентоспособности необходимо было достижение длительной коллоидной стойкости пива, для чего применяли ферментный препарат. В образцах, отобранных от этих партий, определяли показатели, косвенно характеризующие коллоидную стойкость напитка: содержание «чувствительных» белков (рисунок 2), предел осаждения сульфатом аммония (рисунок 3) и мутность (рисунок 4).

Из рисунка 2 видно, что применение ФП «BREWERS CLAREX» в промышленном масштабе позволило существенно снизить содержание ЧБ — на 19–40 % по отношению к образцам сравнения. Однако не во всех случаях контролируемый показатель с помощью ФП удалось снизить до «целевого» значения — 5 ед. ЕВС. По нашему мнению, это в значительной степени обусловлено химическим, прежде всего, белковым составом перерабатываемого ячменного солода, что подтверждается данными, опубликованными ранее (Kaledin, 2022).

Аналогичные выводы позволил сделать анализ результатов определения предела осаждения сульфатом аммония (рисунок 3). Применение ферментного препарата позволило существенно повысить значения контролируемого показателя во всех вариантах готового напитка, в результате чего все опытные образцы могут быть отнесены к пиву высокого качества с точки зрения его коллоидной стойкости в соответствии с разработанной

классификацией (Дедегкаев, 2007; Меледина, 2011). Однако, в зависимости от характеристик перерабатываемого сырья эффективность применения ферментного препарата «BREWERS CLAREX» заметно изменялась — разница между наибольшими (партии 5, 9) и наименьшими (партии 1, 8) значениями предела осаждения составила почти 22 %. Это, как сказано выше, обусловлено рядом факторов, в значительной степени — химическим составом перерабатываемого ячменного солода. Здесь же следует отметить, что и пиво партий, произведенных без ФП, в соответствии с упомянутой выше классификацией следует отнести к продукции выше среднего или высокого качества.

Еще более сложный характер зависимости выявлен при определении мутности образцов готового пива (рисунок 4), произведенного с применением и без применения ФП «BREWERS CLAREX». Так, значения показателя всех вариантов, определявшиеся при 90°, были ниже максимально допустимого предела, но влияние применения ферментного препарата установлено не было — колебания в пределах 100 % зафиксированы для образцов обеих групп. Аналогичная картина наблюдалась и при определении мутности готового пива при 25°, однако при этом для образцов четырех партий, полученных без ФП, и трех — с его применением измеренные значения превышали максимально допустимый предел. Кроме того, разброс между минимальными и максимальными значениями был еще больше, чем в предыдущем случае. Это, по нашему мнению, еще раз подтверждает, что коллоидная стойкость пива, в том числе, безалкогольного, зависит от многих факторов, включая технологические характеристики используемого сырья, а также показатели готового пива (значение pH, содержание этилового спирта (Siebert, 2010), химический состав, включая концентрации соединений различной природы, способных участвовать в образовании коллоидных помутнений).

На завершающем этапе обсуждаемого этапа исследований для пива тех же партий были определены фактическая коллоидная стойкость и проведены ускоренные тесты (результаты не приведены). Установлено, что все образцы имели требуемую стойкость к помутнениям, при этом за счет использования ферментного препарата «BREWERS CLAREX» ее удалось повысить не менее, чем на 20 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена оценка эффективности применения ферментного препарата «BREWERS CLAREX» с целью повышения коллоидной стойкости безалкогольного пива, необходимого для расширения экспортного потенциала продукции отечественной пивоваренной отрасли.

Установлена рациональная дозировка ферментного препарата, равная 2 см³/Гл начального сусла. Анализ представленных экспериментальных данных позволил заключить, что использование данного ферментного препарата является одним из ключевых элементов технологии производства безалкогольного пива с высокой стойкостью к коллоидным помутнениям. В то же время, на достижение поставленной цели влияет широкий спектр различных факторов, таких, как характеристики перерабатываемого ячменного солода, параметры проведения основных стадий производственного процесса, которые в дальнейшем должны быть детально изучены и подобраны их оптимальные значения и режимы.

ЛИТЕРАТУРА

- Дедегкаев, А. Т., Афонин, Д. В. & Меледина, Т. В. (2007). Комплексный подход к повышению коллоидной стойкости пива. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология, 1(296), 54–56.
- Меледина, Т. В., Дедегкаев, А. Т. & Афонин, Д. В. (2011). Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость. Издательский дом «Профессия».
- Aldred, P., Kanauchi, M., & Bamforth, C. W. (2021). An investigation into proteolysis in mashing. *Journal of the Institute of Brewing*, 127(1), 21–26. <https://doi.org/10.1002/jib.635>
- Alves, K., Silva, B. & Scheer, A. (2019). Beer aroma recovery and dealcoholisation by a two-step pervaporation process. *Journal of the Institute of Brewing*, 126(1). <https://doi.org/10.1002/jib.587>
- Batchvarov, V., & Kellner, V. (2002). Determination of sensitive proteins in beer by nephelometry — Submitted on behalf of the Analysis Committee of the European Brewery Convention. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 55(11-12), 235–236.
- Bellut, K. & Arendt, E. K. (2019). Chance and challenge: Non-saccharomyces yeasts in nonalcoholic and low alcohol beer brewing — A review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 77(2), 77–91. <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1569452>
- Buiatti, S., Bertoli, S. & Passaghe, P. (2018). Influence of gluten-free adjuncts on beer colloidal stability. *European Food Research and Technology*, 244(5), 903–912. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-3010-3>
- Cai, G., Li, X., Zhang, C., Zhang, M. & Lu, J. (2016). Dextrin as the main turbidity components in wort produced from major malting barley cultivars of Jiangsu province in China. *Journal of the Institute of Brewing*, 122(3), 543–546. <https://doi.org/10.1002/jib.356>
- Catarino, M. & Mendes, A. (2011). Non-alcoholic beer — a new industrial process. *Separation and Purification Technology*, 79(3), 342–351. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2011.03.020>
- Carvalho, D. O. & Guido, L. F. (2022). A review on the fate of phenolic compounds during malting and brewing: Technological strategies and beer styles. *Food Chemistry*, 372, 131093. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131093>
- Castro, R., Díaz, A. B., Durán-Guerrero, E. & Lasanta, C. (2022). Influence of different fermentation conditions on the analytical and sensory properties of craft beers: Hop-ping, fermentation temperature and yeast strain. *Journal of Food Composition and Analysis*, 106, 104278. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104278>
- Chen, Z. (2020). Effect of thermodynamic factors on colloid stability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1676, 012071. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1676/1/012071>
- Cimini, A. & Moresi, M. (2020). Innovative rough beer conditioning process free from diatomaceous earth and polyvinylpyrrolidone. *Foods*, 9(9), 1228. <https://doi.org/10.3390/foods9091228>
- Clarex Brewers Brewing enzyme stabilization [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://www.dsm.com/food-specialties/en_US/products/beverage/brewers-clarex.html
- Dabija, A. (2019). Researches concerning colloidal stability's improvement of the beer using adsorption methods. *Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering*, 11(1–2), 71–76.
- Devolli, A., Dara, F., Stafasani, M., Shahinasi, E. & Kodra, M. (2018). The influence of protein content on beer quality and colloidal stability. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 2(4), 391–407. <https://doi.org/10.29329/ijiaar.2018.174.12>

- Dostálek, P., Kotlikova, B., Fiala, J., Jelínek, L., Cerný, Z., Casensky, B. & Mikulka, J. (2011). Stabilizers for increased colloidal stability of beer. *Kvasny Prumysl*, 57(7–8), 290–295. <https://doi.org/10.18832/kp2011034>
- Gribkova, I. N., Eliseev, M. N., Belkin Yu. D., Zakharov, M. A. & Kosareva, O. A. (2022). The influence of biomolecule composition on colloidal beer structure. *Biomolecules*, 12(1), 24. <https://doi.org/10.3390/biom12010024>
- Habschied, K., Krstanović, V., Lukinac, J., Jukić, M., Vulin, Z. & Mastanjević, K. (2018). Beer — the importance of colloidal stability (non-biological haze). *Fermentation*, 4(4), 91. <https://doi.org/10.3390/fermentation4040091>
- Kaledin, I. M., & Karpenko D. V. (2022). Improving the storage stability of non-alcoholic beer. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1052, 012106. <https://doi.org/doi:10.1088/1755-1315/1052/1/012106>
- Kristina, M., Vinko, K., Krešimir, M. & Bojan, Š. (2018). Malting and brewing industries encounter *Fusarium* spp. related problems. *Fermentation*, 4(1), 3. <https://doi.org/10.3390/fermentation4010003>
- Kwon, S., Orsuwan, A., Bumbudsanpharoke, N., Yoon, C., Choi, J. & Ko, S. (2018). A short review of light barrier materials for food and beverage packaging. *Korean Journal of Packaging Science and Technology*, 24(3), 141–148. <https://doi.org/10.20909/kopast.2018.24.3.141>
- Leiper, K., Stewart, G., Mckeown, I., Nock, T. & Thompson, M. (2005). Optimising Beer Stabilisation by the Selective Removal of Tannoids and Sensitive Proteins. *Journal of the Institute of Brewing*, 111(2), 118–127. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2005.tb00657.x>
- Lingzhen, Y., Yuqing, H., Fei, D., Huajiang, N., Chengdao, L., Meixue, Z. & Guoping, Z. (2015). Identification of two key genes controlling chill haze stability of beer in barley (*Hordeum vulgare* L). *BMC Genomics*, 16(1), 449. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1683-1>
- Lopez, M. & Edens, L. (2005). Effective prevention of chill-haze in beer using an acid proline-specific endoprotease from *Aspergillus niger*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 7944–7949. <https://doi.org/10.1021/jf0506535>
- Lu, Y., Bergenstahl, B. & Nilsson, L. (2020). Interfacial properties and interaction between beer wort protein fractions and iso-humulone. *Food Hydrocolloids*, 103, 105648. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105648>
- Nehra, M., Grover, N. & Gahlawat, S. (2022). Non alcoholic beers: review and methods. *Madridge Journal of Food Technology*, 7(1), 1000130.
- Perretti, G., Floridi, S., Turchetti, B., Marconi, O., & Fantozzi, P. (2011) Quality control of malt: turbidity problems of standard worts given by the presence of microbial cells. *Journal of the Institute of Brewing*, 117(2), 212– 216. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00463.x>
- Salanță, L. C., Coldea, T. E., Ignat, M. V., Pop, C. R., Tofană, M., Mudura, E., Borșa, A., Pasqualone, A. & Zhao, H. (2020). Non-Alcoholic and Craft Beer Production and Challenges. *Processes*, 8(11), 1382. <https://doi.org/10.3390/pr8111382>
- Siebert, K. (2010). The effect of beer pH on colloidal stability and stabilization — A review and recent findings. *Technical Quarterly*, 47(2), 1–5. <https://doi.org/doi:10.1094/TQ-47-2-0607-01>
- Siebert, K. J., & Lynn, P. Y. (2007). The effect of beer pH on colloidal stabilization with adsorbents. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 65(1), 52–58. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2007-0115-01>
- Sohrabvandi, S., Mousavi, S. M., Razavi, S. H., Mortazavian, A. M. & Rezaei, K. (2010). Alcohol-free beer: Methods of production, sensorial defects, and healthful effects. *Food Reviews International*, 26(4), 335–352. <https://doi.org/10.1080/87559129.2010.496022>
- Steiner, E., Gastl, M. & Becker, T. (2011). Protein changes during malting and brewing with focus on haze and foam formation: a review. *European Food Research and Technology*, 232(2), 191– 204. <https://doi.org/10.1007/s00217-010-1412-6>
- Wannenmacher, J., Gastl, M. & Becker, T. (2018). Phenolic substances in beer: Structural diversity, reactive potential and relevance for brewing process and beer quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(4), 953–988. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12352>
- Zheng, Y., Du, J. & Li, M. (2020). Haze-active protein and turbidity in commercial barley and wheat beers at different storage temperatures. *International Food Research Journal*, 27(2), 295–307.

REFERENCES

- Dedegkaev, A. T., Afonin, D. V. & Meledina, T. V. (2007). An integrated approach to improving the colloidal stability of beer. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Food Technology], 1(296), 54–56.
- Meledina, T. V., Dedegkaev, A. T. & Afonin, D. V. (2011). *Kachestvo piva: stabil'nost' vkusa i aromata, kolloidnaya stojkost'* [Beer quality: stability of taste and aroma, colloidal stability]. Publishing house «Professiya».
- Aldred, P., Kanauchi, M., & Bamforth, C. W. (2021). An investigation into proteolysis in mashing. *Journal of the Institute of Brewing*, 127(1), 21–26. <https://doi.org/10.1002/jib.635>
- Alves, K., Silva, B. & Scheer, A. (2019). Beer aroma recovery and dealcoholisation by a two-step pervaporation process. *Journal of the Institute of Brewing*, 126(1). <https://doi.org/10.1002/jib.587>
- Batchvarov, V., & Kellner, V. (2002). Determination of sensitive proteins in beer by nephelometry — Submitted on behalf of the Analysis Committee of the European Brewery Convention. *Monatsschrift für Brauwissenschaft*, 55(11–12), 235–236.
- Bellut, K. & Arendt, E. K. (2019). Chance and challenge: Non-saccharomyces yeasts in nonalcoholic and low alcohol beer brewing — A review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 77(2), 77–91. <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1569452>
- Buiatti, S., Bertoli, S. & Passaghe, P. (2018). Influence of gluten-free adjuncts on beer colloidal stability. *European Food Research and Technology*, 244(5), 903–912. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-3010-3>
- Cai, G., Li, X., Zhang, C., Zhang, M. & Lu, J. (2016). Dextrin as the main turbidity components in wort produced from major malting barley cultivars of Jiangsu province in China. *Journal of the Institute of Brewing*, 122(3), 543–546. <https://doi.org/10.1002/jib.356>
- Catarino, M. & Mendes, A. (2011). Non-alcoholic beer — a new industrial process. *Separation and Purification Technology*, 79(3), 342–351. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2011.03.020>
- Carvalho, D. O. & Guido, L. F. (2022). A review on the fate of phenolic compounds during malting and brewing: Technological strategies and beer styles. *Food Chemistry*, 372, 131093. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131093>
- Castro, R., Díaz, A. B., Durán-Guerrero, E. & Lasanta, C. (2022). Influence of different fermentation conditions on the analytical and sensory properties of craft beers: Hopping, fermentation temperature and yeast strain. *Journal of Food Composition and Analysis*, 106, 104278. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104278>
- Chen, Z. (2020). Effect of thermodynamic factors on colloid stability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1676, 012071. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1676/1/012071>
- Cimini, A. & Moresi, M. (2020). Innovative rough beer conditioning process free from diatomaceous earth and polyvinylpyrrolidone. *Foods*, 9(9), 1228. <https://doi.org/10.3390/foods9091228>
- Clarex Brewers Brewing enzyme stabilization [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://www.dsm.com/food-specialties/en_US/products/beverage/brewers-clarex.html
- Dabija, A. (2019). Researches concerning colloidal stability's improvement of the beer using adsorption methods. *Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering*, 11(1–2), 71–76.
- Devolli, A., Dara, F., Stafasani, M., Shahinasi, E. & Kodra, M. (2018). The influence of protein content on beer quality and colloidal stability. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 2(4), 391–407. <https://doi.org/10.29329/ijiaar.2018.174.12>
- Dostálek, P., Kotlikova, B., Fiala, J., Jelínek, L., Cerný, Z., Casensky, B. & Mikulka, J. (2011). Stabilizers for increased colloidal stability of beer. *Kvasny Prumysl*, 57(7–8), 290–295. <https://doi.org/10.18832/kp2011034>
- Gribkova, I. N., Eliseev, M. N., Belkin Yu. D., Zakharov, M. A. & Kosareva, O. A. (2022). The influence of biomolecule composition on colloidal beer structure. *Biomolecules*, 12(1), 24. <https://doi.org/10.3390/biom12010024>
- Habschied, K., Krstanović, V., Lukinac, J., Jukić, M., Vulin, Z. & Mastanjević, K. (2018). Beer — the importance of colloidal stability (non-biological haze). *Fermentation*, 4(4), 91. <https://doi.org/10.3390/fermentation4040091>
- Kaledin, I. M. & Karpenko D. V. (2022). Improving the storage stability of non-alcoholic beer. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1052, 012106. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1052/1/012106>
- Kristina, M., Vinko, K., Krešimir, M. & Bojan, Š. (2018). Malting and brewing industries encounter *Fusarium* spp. related problems. *Fermentation*, 4(1), 3. <https://doi.org/10.3390/fermentation4010003>
- Kwon, S., Orsuwan, A., Bumbudsanpharoke, N., Yoon, C., Choi, J. & Ko, S. (2018). A short review of light barrier materials for food and beverage packaging. *Korean Journal of Packaging Science and Technology*, 24(3), 141–148. <https://doi.org/10.20909/kopast.2018.24.3.141>
- Leiper, K., Stewart, G., Mckeown, I., Nock, T. & Thompson, M. (2005). Optimising Beer Stabilisation by the Selective Removal of Tannoids and Sensitive Proteins. *Journal of the Institute of Brewing*, 111(2), 118–127. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2005.tb00657.x>

- Lingzhen, Y., Yuqing, H., Fei, D., Huajiang, N., Chengdao, L., Meixue, Z. & Guoping, Z. (2015). Identification of two key genes controlling chill haze stability of beer in barley (*Hordeum vulgare* L). *BMC Genomics*, 16(1), 449. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1683-1>
- Lopez, M. & Edens, L. (2005). Effective prevention of chill-haze in beer using an acid proline-specific endoprotease from *Aspergillus niger*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 7944–7949. <https://doi.org/10.1021/jf0506535>
- Lu, Y., Bergenståhl, B. & Nilsson, L. (2020). Interfacial properties and interaction between beer wort protein fractions and iso-humulone. *Food Hydrocolloids*, 103, 105648. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105648>
- Nehra, M., Grover, N. & Gahlawat, S. (2022). Non alcoholic beers: review and methods. *Madridge Journal of Food Technology*, 7(1), 1000130.
- Perretti, G., Floridi, S., Turchetti, B., Marconi, O., & Fantozzi, P. (2011) Quality control of malt: turbidity problems of standard worts given by the presence of microbial cells. *Journal of the Institute of Brewing*, 117(2), 212– 216. <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00463.x>
- Salanță, L. C., Coldea, T. E., Ignat, M. V., Pop, C. R., Tofană, M., Mudura, E., Borșa, A., Pasqualone, A. & Zhao, H. (2020). Non-Alcoholic and Craft Beer Production and Challenges. *Processes*, 8(11), 1382. <https://doi.org/10.3390/pr8111382>
- Siebert, K. (2010). The effect of beer pH on colloidal stability and stabilization — A review and recent findings. *Technical Quarterly*, 47(2), 1-5. <https://doi.org/doi:10.1094/TQ-47-2-0607-01>
- Siebert, K. J., & Lynn, P. Y. (2007). The effect of beer pH on colloidal stabilization with adsorbents. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 65(1), 52–58. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2007-0115-01>
- Sohrabvandi, S., Mousavi, S. M., Razavi, S. H., Mortazavian, A. M. & Rezaei, K. (2010). Alcohol-free beer: Methods of production, sensorial defects, and healthful effects. *Food Reviews International*, 26(4), 335–352. <https://doi.org/10.1080/87559129.2010.496022>
- Steiner, E., Gastl, M. & Becker, T. (2011). Protein changes during malting and brewing with focus on haze and foam formation: a review. *European Food Research and Technology*, 232(2), 191–204. <https://doi.org/10.1007/s00217-010-1412-6>
- Wannenmacher, J., Gastl, M. & Becker, T. (2018). Phenolic substances in beer: Structural diversity, reactive potential and relevance for brewing process and beer quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(4), 953–988. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12352>
- Zheng, Y., Du, J. & Li, M. (2020). Haze-active protein and turbidity in commercial barley and wheat beers at different storage temperatures. *International Food Research Journal*, 27(2), 295–307.