

## ПОДБОР ДРОЖЖЕЙ ДЛЯ СБРАЖИВАНИЯ НИЗКОПЛОТНОГО СУСЛА

Л. ГРИВНА , А.А. КЕРИМБАЕВА\* 

(Университет Менделя в Брно, Чешская Республика, 61300, г.Брно, Земедельская 1)

Электронная почта автора корреспондента: a.kerimbayeva@gmail.com\*

*Пивоваренная отрасль – одна из самых прогрессивных и динамично развивающихся областей пищевой отрасли в мире. На сегодняшний день пивоварение является наиболее развитым сегментом рынка производства напитков в Казахстане. В последние годы увеличиваются производственные мощности, расширяется ассортимент выпускаемой продукции, развивается крафтовое пивоварение. Все большее распространение получает безалкогольное пиво. Технология производства осуществляется двумя способами - это деалкоголизация готового напитка, либо изменение технологических процессов производства. В представленной статье исследована возможность сбраживания низкоплотного сусла, приготовленного с добавлением зерна сорго, различных штаммов дрожжей для приготовления безалкогольного пива по второму способу. Изучены технологические характеристики трех видов дрожжей, применяемых для производства слабоалкогольных напитков, их бродильная активность и поглощение сухих веществ при брожении. Установлено, что дрожжи штамма Saf Brew TM LA-01 обладают наименьшей степенью сбраживания и максимально подходят для сбраживания низкоплотного сусла при производстве безалкогольного пива. Подобран режим брожения и дображивания пива, в результате которого содержание этилового спирта не превышает 0,5 об.% и содержит побочные продукты брожения в количествах, соответствующих установленным нормам.*

**Ключевые слова:** пивоварение, безалкогольное пиво, низкоплотное сусло, экстрактивность, дрожжи, брожение.

## ТӨМЕН ТЫҒЫЗДЫҚТАҒЫ СУСЛОНЫ АШЫТУ ҮШІН АШЫТҚЫНЫ ТАҢДАУ

Л. ГРИВНА, А.А. КЕРИМБАЕВА\*

(Брно қаласындағы Мендель университеті, Чех республикасы, 61300, Брно қ., Земедельская көш. 1)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: a.kerimbayeva@gmail.com\*

*Сыра қайнату саласы-әлемдегі тағам саласының ең прогрессивті және серпінді дамып келе жатқан салаларының бірі. Бүгінгі таңда сыра қайнату саласы Қазақстандағы сусындар өндірісі нарығының ең дамыған сегменті болып табылады. Соңғы жылдары өндірістік қуаттылық артып, өнім түрлері кеңейіп, крафты сыра өндіру дамып келеді. Алкогольсіз сыра кеңінен таралуда. Өндіріс технологиясы екі жолмен жүзеге асырылады - бұл дайын сусынды спирттен ажырату немесе өндірістің технологиялық процестерін өзгерту. Ұсынылған мақалада екінші әдіспен алкогольсіз сыра жасау үшін қонақ жүгері дәнінің найдалана отырып төмен тығыздықтағы суслоны ашытқының әртүрлі штамдарымен ашыту мүмкіндігі зерттелген. Алкогольсіз сыраны өндіру үшін қолданылатын ашытқының үш түрінің технологиялық сипаттамалары, ашыту кезінде ашу белсенділігі және қатты заттардың сіңуі зерттелді. SafBrew TM LA-01 штаммының ашытқысы ашудың ең аз деңгейіне ие және алкогольсіз сыра өндірісінде төмен тығыздықтағы суслоны ашыту үшін ең қолайлы екендігі анықталды. Сыраны ашыту және жетілдіру режимі таңдалды, нәтижесінде этил спиртінің мөлшері 0,5 көл. % аспайды және құрамында ашытудың жанама өнімдері белгіленген нормаларға сәйкес келетіні анықталды.*

**Негізгі сөздер:** сыра қайнату, алкогольсіз сыра, тығыздығы төмен сусло, экстрактивтілік, ашытқы, ашыту

## SELECTION OF YEAST FOR LOW-DENSITY WORT FERMENTATION

L. HRIVNA, A. KERIMBAYEVA\*

(Mendel University in Brno, Check Republic, 61300, Zemedelska str., 1)

Corresponding author e-mail: a.kerimbayeva@gmail.com\*

*Brewing industry is one of the most progressive and dynamically developing areas of the food and beverage industry in the world. In Kazakhstan brewing is currently the most developed segment of the beverage market. In recent*

*years, production capacities have been increasing, the range of products has been expanding, and craft brewing has been developing. Non-alcoholic beer is becoming more and more popular. The production technology is carried out in two ways - it is the dealcoholization of the finished drink, or a change in the technological processes of production. In the presented article, the possibility of preparing a low-gravity wort and fermenting it with various strains of yeast for the preparation of non-alcoholic beer is investigated. The technological characteristics of three types of yeast used for the production of low-alcohol drinks, fermentation activity and absorption of solids during fermentation were studied. It has been established that the yeast strain Saf Brew TM LA-01 has the lowest degree of fermentation and is most suitable for the fermentation of low-gravity wort in the production of non-alcoholic beer. The mode of fermentation and post-fermentation of beer has been selected, as a result of which the content of ethyl alcohol does not exceed 0.5 vol.% and contains fermentation by-products in quantities corresponding to established standards.*

**Keywords:** brewing, non-alcoholic beer, low-density wort, extractivity, yeast, fermentation.

### **Введение**

Сегодня пивоваренное производство – значительная часть внутренней экономики многих государств. Для Казахстана отрасль является инновационной, модернизированной и современной промышленностью. В последние годы увеличиваются производственные мощности, расширяется ассортимент выпускаемой продукции, развивается крафтовое пивоварение [1].

С учетом высокой конкуренции и условий, в которых находится пивоварение, предприятиям необходимо постоянно заниматься разработкой новых продуктов, отвечающих потребительским, санитарным требованиям, обладающих высоким качеством и повышенной пищевой ценностью. А также переориентировать структуру потребления алкоголя в сторону менее крепких напитков, что является общемировой прогрессивной практикой. В связи с этим актуальным направлением является производство безалкогольного пива.

Безалкогольное пиво – самый активно растущий сегмент пивного рынка. Рост рынка безалкогольного пива (NAB) значительно увеличился в последние годы из-за жесткой политики в отношении алкоголя, а также то, что потребители стали вести более здоровый образ жизни [2]. Аналитики считают, что выпуск безалкогольного пива, в первую очередь, нужен компаниям для увеличения общего объема производства и практических исследований предпочтений потребителей. Не исключено, что безалкогольное пиво — это небольшая постоянная ниша со своими потребителями.

Для производства безалкогольного пива необходимо получить пивоваренное сусло с низкой степенью сбраживания, так как в последующем процессе брожения дрожжи будут меньше поглощать экстрактивные вещества и тем самым меньше выделять этиловый спирт, но при этом вторичные продукты брожения будут влиять на органолептические характеристики молодого пива. Поэтому, важно на ста-

дии процесса затираания получить пивоваренное сусло с низким содержанием сбраживаемых сахаров и определенным углеводным составом, а также изучить динамику процесса брожения на подготовленном сусле с подбором дрожжей, максимально подходящих по характеристикам для производства безалкогольного пива.

Целью представленного исследования являлось изучение динамики брожения дрожжей для производства безалкогольного пива и подбора наиболее оптимального вида для сбраживания низкоплотного сусла. Для этого определены следующие задачи: исследование бродильной активности дрожжей на пивоваренном сусле, приготовленном по классической технологии, подбор наиболее подходящего штамма для дальнейшего брожения низкоплотного сусла, изучение физико-химических характеристик молодого пива и образование вторичных продуктов брожения.

### **Материалы и методы исследований**

Производство низкоплотного пивоваренного сусла и безалкогольного пива на его основе производилось в учебно-научном центре «Технология производства продуктов брожения» Алматинского технологического университета.

Объектами исследования являлись три штамма дрожжей низового брожения для сбраживания низкоплотного сусла: Saf Brew TM LA-01, WSL-17, Safale S-33.

Saf Brew TM LA-01 (*Saccharomyces cerevisiae* var. *Chevalieri*) – штамм для производства слабоалкогольных и безалкогольных напитков (<0.5ABV). Не усваивает мальтозу и мальтотриозу, однако, потребляет простые сахара (глюкозу, фруктозу) и характеризуется тонким ароматическим профилем.

Штамм WSL-17 способен сбраживать только глюкозу, фруктозу и сахарозу. Мальтоза и мальтотриоза не сбраживаются. Дрожжи WSL-17 сбраживают около 15 % экстракта при норме в 78-82 %.

Safale S-33 – поливалентные устойчивые дрожжи с нейтральным ароматическим профилем. Низкая сбраживающая способность позволяет получить пиво с более длительным вкусовым букетом. Данные дрожжи имеют превосходную седиментационную способность.

Перед применением дрожжи разводили в подготовленном охмеленном пивоваренном сусле, объем которого задавали в 10 раз больше массы дрожжей. Разбраживание проводили при температуре 25-28 °С.

Для приготовления суслу с низким содержанием сбраживаемых сахаров применяли светлый пивоваренный солод «Pilsen», светлый карамельный солод 150, в качестве несоложенного сырья использовали зерновое сорго сорта Казахстанский 16, хмель гранулированный горький сорта El Dorado ( $\alpha$ -кислота 13,2 %) и ароматный сорта Cascade ( $\alpha$ -кислота 4,8 %).

Определение наличия экстрактивных веществ, плотности начального суслу, содержание спирта в пиве в соответствии с методикой выполнения измерений проводили на анализаторе спиртосодержащих напитков Колос-2. При производстве суслу применяли заторный аппарат R12 на 12 стаканов. Контрольные варки безалкогольного пива производили на мини-пивоваренном заводе NANO BREWERY TYPE 50 L, установленном в учебно-научном центре Алматинского технологического университета.

#### **Обзор литературы**

В последние годы слабоалкогольное и безалкогольное пиво пользуется большим спросом во многих странах. В некоторых странах оно является разрешенным, традиционным и широко распространенным напитком. Производству безалкогольного пива в настоящее время уделяется особое значение в соответствии с законодательными требованиями и влиянием на здоровье человека [3-5].

Мировой рынок безалкогольного пива демонстрирует высокий рост на фоне всего производства. В данной отрасли не существует единого требования или единых пределов по содержанию спирта. В различных странах классификация описана в нормативных документах [6]. В таких странах Европы, как Германия, Швеция, Австралия, Португалия – термин «безалкогольное» используется при содержании спирта 0,5 % об. В Дании и Нидерландах термин «alcohol-free» применяют в производстве пива с содержанием спирта ниже 0,1 % об., в Великобритании безалкогольным пиво считается при содержании

этанолa менее 0,05 % об. Такие страны, как Испания и Франция – менее толерантны, для них установлены лимиты в 1,0 и 1,2 % об. [7].

В настоящее время пивоваренная отрасль Казахстана является одной из лидирующих в производстве напитков. Расширение ассортимента, повышение функциональных свойств напитка является одним из условий конкурентоспособности на рынке Казахстана и за его пределами [8]. В последние годы постепенно завоевывает ведущие позиции безалкогольное пиво. По содержанию спирта в республике установленная норма для темного и светлого безалкогольного пива, составляет не более 0,5 % об.

Технология производства безалкогольного пива подразумевает снижение содержания спирта до нормируемой концентрации в исходном продукте. В данное время существует два основных способа производства: применение физических и технологических методов. К физическим методам относят обратный осмос и диализ. При их применении производят деалкоголизацию готового классического пива. Данные методы позволяют регулировать содержание спирта и сохранять повышенные органолептические характеристики [9]. Основным недостатком данного способа является дорогостоящее оборудование и высокие энергетические затраты. Производство безалкогольного пива по этой технологии могут себе позволить лишь производства с большой мощностью. Для малых и средних пивоваренных заводов, а также в крафтовом пивоварении данные технологии являются очень дорогими [10].

К технологическим методам относят снижение содержания этанола на определенных стадиях производства. Во-первых, на этапе затирания необходимо подобрать сырье и режим, в результате которых получится сусло с низким содержанием сбраживаемых сахаров. Во-вторых, подобрать определенный вид дрожжей и разработать ход процесса сбраживания суслу для получения безалкогольного пива. Данные методы являются экономически выгодными и могут применяться на заводах любой мощности, так как не требуют затрат на дорогостоящее оборудование.

При использовании технологических способов производства изменить только процесс затирания недостаточно, необходимо провести подбор штамма дрожжей, характеризующихся наименьшей бродительной активностью, в результате чего снижается доля

углеводов, идущих на образование спирта. При этом необходимо учитывать роль генетических свойств пивоваренных дрожжей в формировании сенсорного профиля пива [11].

Штаммы дрожжей, применяемые в пивоваренном производстве, отличаются по образованию вторичных продуктов брожения, которые отвечают за профиль пива [12]. К ним относят высшие спирты, органические кислоты, эфиры, диацетил и др., которые в различных соотношениях проявляют разнообразные органолептические характеристики. При разных концентрациях могут придавать пиву несоответствующий вкус и неспецифичный аромат. Также, нужно учитывать, что безалкогольное пиво – это напиток, имеющий характерный сенсорный профиль, который определяется как технологией, так и особенностями дрожжей, используемых для его производства [13]. В связи с вышесказанным, при разработке технологии безалкогольного пива с применением технологических методов, прежде всего, необходимо получить низкоплотное сусло и подобрать штамм дрожжей для его сбраживания, чтобы органолептические свойства полученного безалкогольного пива соответствовали требованиям стандартов, а также учитывали желания потребителя.

#### **Результаты и их обсуждение**

На начальных этапах исследования проведен подбор сырья и режима затирания для производства низкоплотного сусла. Сусло с низким содержанием экстрактивных веществ позволит провести неполный процесс брожения, тем самым выделившееся количество этилового спирта предположительно будет достигать не более 0,5 % об.

Согласно ранее проведенным исследованиям в качестве нетрадиционного несоложенного сырья для производства низкоплотного сусла рекомендовано использовать отечественный сорт зернового сорго сорта Казахстанский 16. Так как установлено, что сорго имеет высокое содержание крахмала (70-72%), не уступающее традиционным видам несоложенного сырья, при высокой температуре клейстеризации (78-85°C), выше чем для остальных зерновых культур (в среднем составляет 60-72 °C). Данный фактор являлся решающим в подборе несоложенного сырья для производства низкоплотного сусла.

Для приготовления сусла применяли засыпь солод: сорго в соотношении 60:40, т.е. на 100 кг зернопродуктов 60 кг солода, из них 15 % составлял карамельный и 40 кг зерновой

сорго сорта Казахстанский 16. В связи с высокой температурой клейстеризации был подобран скачкообразный способ затирания, где миновали мальтозную паузу. Выдержку затора проводили при температуре 50-52°C в течение 15 минут, далее резко повышали температуру до 70-72°C также 15 минут, затем нагревали до температуры 78°C и выдерживали еще в течении 30 минут. Готовый затор отфильтровывали, кипятили с заданным хмелем, проводили осветление и охлаждение готового сусла по классической технологии. Полученное сусло имело экстрактивность 6,62%, количество сбраживаемых углеводов 25,89% от общего числа, отношение сбраживаемых сахаров к несбраживаемым веществам сусла составляло 1:1,79, следовательно, 79% сусла состояло из несбраживаемых сахаров. Приготовленное по данной технологии сусло имело низкую плотность, что и характеризовало его как основной полупродукт для производства безалкогольного пива.

На следующем этапе исследования изучены основные характеристики подготовленных дрожжей для сбраживания низкоплотного сусла. Для установления их технологических характеристик наблюдали изменение бродильной активности дрожжей и содержания сухих веществ сусла в процессе брожения исследуемых рас дрожжей. Указанные показатели позволяют определить, с какой скоростью и как глубоко будет сброжено сусло, тем самым оценить время брожения при использовании определенного штамма дрожжей. Для сбраживания использовано 11,0 % охмеленное сусло, процесс брожения проводили по классической технологии с продолжительностью 5 суток, так как данного времени достаточно для основного брожения сусла при производстве безалкогольного пива. Дрожжи вносили в количестве 20 млн/см<sup>3</sup> сусла.

Динамика изменения бродильной активности и убыли сухих веществ представлена на рисунках 1, 2.

Из рисунков 1, 2 видно, что высокой бродильной активностью обладают дрожжи рас WSL-17, Safale S-33. У данных штаммов уже на 2 сутки наблюдается активное брожение, что подтверждается выделением углекислого газа. Медленное, но умеренное накопление CO<sub>2</sub> демонстрирует штамм дрожжей Saf Brew TM LA-01.

Динамика убыли сухих веществ в процессе брожения показывает, что наиболее активное потребление питательных веществ

также наблюдается у штаммов WSL-17, Safale S-33, менее активное у Saf Brew TM LA-01. Из проведенных опытов следует, что штамм дрожжей Saf Brew TM LA-01 менее активен в процессе брожения, поглощая меньшее количество сахаров, следовательно, выделение этилового спирта будет идти медленнее, что и является главным условием при производстве безалкогольного пива.

Далее для проведения экспериментальных работ по сбраживанию низкоплотного суслу и получения безалкогольного пива, был использован штамм дрожжей Saf Brew TM LA-01, как наиболее подходящий по технологическим характеристикам.

Снижение содержания спирта в готовом пиве добивались за счет использования низкоплотного суслу и подбора графика процесса брожения с пониженными температурами. При низкой концентрации сухих веществ в начальном сусле можно добиться снижения степени сбраживания суслу, поэтому был подобран вариант суслу с содержанием экстрактивности 6,62%.

Известно, что при снижении температуры среды также замедляется скорость сбраживания углеводов. Подобран график брожения с применением дрожжей *S. cerevisiae* штамма Saf Brew TM LA-01, при котором концентрация СВ снижается с очень низкой скоростью, особенно в первые трое суток.

На рисунке 3 приведены параметры режима брожения и созревания пива, приготовленного технологическим способом.

Для получения безалкогольного пива технологическим способом брожение проводили до достижения концентрации этилового спирта не превышающей 0,5% об. На рисунке 3 показано, что основное брожение длилось 3 суток при температуре 6-7°C, при этом выделившегося содержания этилового спирта было достаточно (0,4-0,45% об.) для того, чтобы остановить процесс и сделать сьем дрожжей. После, на 4 сутки, передали молодое пиво на дображивание. При дображивании температуру постепенно снижали с 3°C до 1°C и выдерживали в течении 5 суток для гармонизации вкуса.

Разработанная технология режима затирания и брожения соргового суслу, а также использование штамма дрожжей Saf Brew TM LA-01 позволили получить пиво, физико-химические параметры которого представлены в таблице 1.

Результаты исследования, представленные в таблице 1, свидетельствуют, о том, что разработанное безалкогольное пиво, полученное технологическим способом, удовлетворяет

требованиям ГОСТ 31495-2021. Физико-химические показатели пива соответствуют установленным нормам.

Наряду с данными показателями, одна из важнейших характеристик пивоваренных дрожжей, напрямую влияющих на сенсорный профиль пива – это синтез побочных продуктов брожения [15, 16]. На рисунке 4 приведены данные по накоплению данных продуктов при сбраживании низкоплотного суслу.

В свою очередь, диацетил играет огромную роль в формировании органолептических характеристик пива при его производстве. При повышенном его содержании появляется запах масла и жженого сахара. На накопление диацетила в процессе брожения огромную роль играют генетические особенности дрожжей, температура и продолжительность брожения. Как видно из экспериментальных данных, при сбраживании разработанного суслу штаммом дрожжей SafBrew TM LA-01, количество диацетила не превышает нормы (0,05 мг/дм<sup>3</sup>). Это также показывает, что 3 суток основного брожения достаточно, наряду с необходимым количеством этилового спирта, при котором диацетил соответствует норме.

Синтез ацетальдегида не превышает нормы в 2 раза (максимально допустимое значение 15 мг/дм<sup>3</sup>), это следствие незавершенного процесса брожения. Высшие спирты в предельных концентрациях придают готовому пиву приятный алкогольный аромат. Для классического пива низового брожения порог чувствительности составляет 60-90 мг/дм<sup>3</sup>, в исследованиях, приведенных на рисунке 4, их содержание составляет 25 мг/дм<sup>3</sup>, что связано с низкой бродильной активностью подобранных дрожжей и данного количества достаточно при производстве безалкогольного пива. В результате процесса брожения излишнее накопление эфиров отрицательно влияет на органолептические характеристики пива. При сбраживании суслу дрожжами SafBrew TM LA-01 количество накопленных эфиров составило 5 мг/дм<sup>3</sup>, это является низким показателем при производстве пива, что также связано с неглубоким синтезом продуктов брожения.

Таким образом, сбраживание разработанного низкоплотного суслу дрожжами штамма SafBrew TM LA-01, позволяет получить безалкогольное пиво с заданными характеристиками. Также, применение данного вида дрожжей, по сравнению со штаммами, имеющими высокую бродильную активность, легче контролировать процесс брожения до необходимой концентрации (0,5 об. %).

Рисунки и таблицы

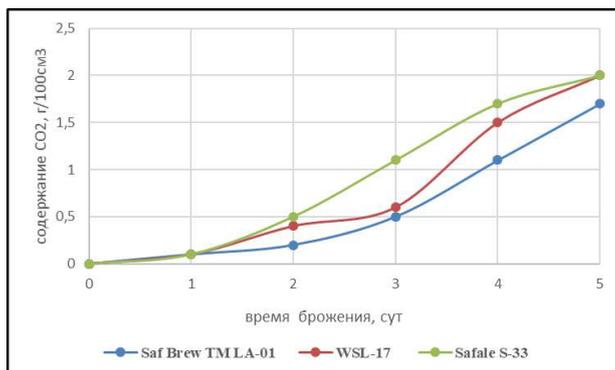


Рисунок – 1 Динамика изменения бродительной активности дрожжей

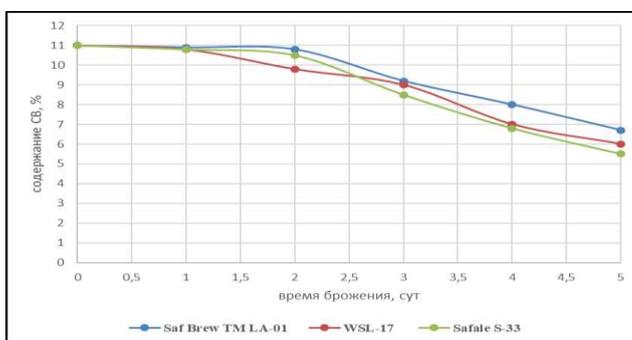


Рисунок – 2 Динамика изменения сухих веществ в процессе брожения

Таблица 1 – Физико-химические показатели качества пива

Показатели	Единица измерения	Опытный образец (штамм SafBrew TM LA-01)	Норма по ГОСТ 31495-2021
Начальная экстрактивность	%	6,62	-
Содержание спирта	%. об.	0,48	0,5
Кислотность	к.ед.	2,1	1,9-3,0
Цвет	ц.ед.	1,6	0,2-2,5
Пеностойкость	мин	2'30"	2'00"
Высота пены	мм	20	20

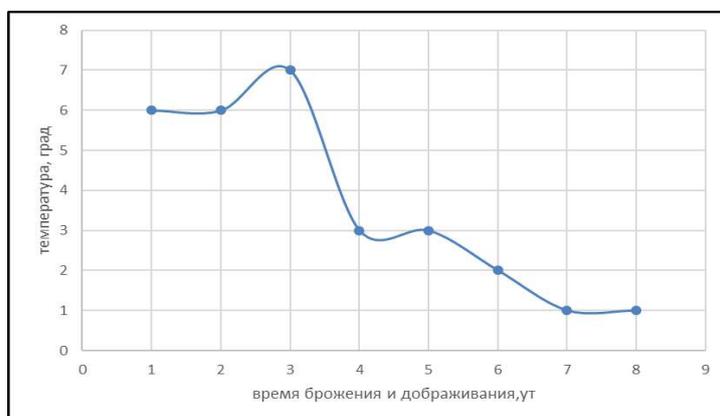


Рисунок – 3 Параметры брожения и созревания безалкогольного пива

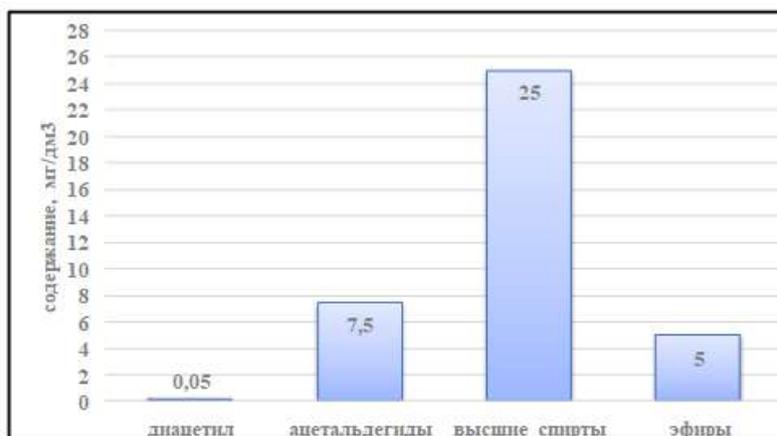


Рисунок – 4 Накопление побочных продуктов брожения в безалкогольном пиве

### **Заключение, выводы**

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Для подбора штамма дрожжей с низкой степенью сбраживания разработана и приведена технология производства низкоплотного суслу с применением несоложенного зернового сорго отечественной селекции сорта Казахстанский – 16.

2. Исследованы технологические характеристики трех видов дрожжей, применяемых для производства слабоалкогольных напитков, их бродильная активность и поглощение СВ при сбраживании. Установлено, что дрожжи штамма Saf Brew TM LA-01 обладают наименьшей степенью сбраживания и максимально подходят для сбраживания низкоплотного суслу при производстве безалкогольного пива.

3. Подобран график основного брожения (3 дня при температуре 6°C) и дображивания (5 дней при температуре 3-1°C) низкоплотного суслу, в результате которого накопление этилового спирта не превышает 0,5 об. %, накопление побочных продуктов также соответствуют норме.

### **Благодарность, конфликт интересов (финансирование)**

Приносим благодарность АО «ИП Эфес Казахстан» за спонсорскую поддержку в приобретении мини пивоваренного завода NANO BREWERY TYPE 50 L4 и создания учебно-научного центра продуктов брожения на базе Алматинского технологического университета. Данный вклад позволяет проводить научные эксперименты в крафтовом пивоварении.

Авторы декларируют об отсутствии конфликта интересов относительно данного исследования, в том числе финансового, лич-

ностного характера, авторства или иного характера, который мог бы повлиять на исследования и его результаты, представленные в данной статье.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Kerimbayeva A., Iztayev A., Baigazyeva G. The impact of grain sorghum on the carbohydrate composition of wort for non-alcoholic beer // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.- 2022, №5/11 (119).-PP. 75–82.
2. Durga Prasad C G, Vidyalakshmi R, Baskaran N, Tito Anand M. Influence of Pichia myanmarensis in fermentation to produce quinoa based non-alcoholic beer with enhanced antioxidant activity//Journal of Cereal Science.- 2022, Vol. 103.- PP. 112-117.
3. Krebs G., Müller M. Characterization of the macromolecular and sensory profile of non-alcoholic beers produced with various methods // Food Research International.- 2019, Vol. 116.- PP. 508-517.
4. Славская И.Л., Макаров С.Ю. Обзор рынка безалкогольного пива // Пиво и напитки. – 2010. – №2. – С.4-6.
5. Косминский Г.И., Моргунова Е.М. Оптимальная норма задачи дрожжей при приготовлении безалкогольного пива // Пиво и напитки. - 2005.- №5.- С.15-20.
6. Prasad C G, Vidyalakshmi R, Baskaran N. Influence of Pichia myanmarensis in fermentation to produce quinoa based non-alcoholic beer with enhanced antioxidant activity//Journal of Cereal Science.- 2022, Vol. 103.- PP. 655-667.
7. Волкова Т.Н., Кобелев К.В. Несахаромицетные дрожжи в производстве слабоалкогольного пива // Пиво и напитки.- 2020, №3.- С.21-27.
8. Байгазиева Г.И., Жаксыгулова А.А., Кекибаева А.К. Исследование качества плотного суслу для производства пива специального назначения // Вестник АТУ.- 2022, №1.- С. 35-40.
9. Hajipour M., Soltanieh M. Investigation of membrane fouling in cross flow microfiltration of non-

alcoholic beer and modeling of tubular membrane flow//Desalination.- 2010, Vol. 251.- PP.20-27.

10. Кобелев К. В., Волкова Т.Н. Методы получения безалкогольного и слабоалкогольного пива // Пиво и напитки. – 2020, №2.- С.17-24.

11. Adamenko K., Kawa-Rygielska J. Characteristics of Cornelian cherry sour non-alcoholic beers brewed with the special yeast *Saccharomyces ludwigii*//Food Chemistry.- 2020, Vol. 312.- P.745-747.

12. Черкасова Е., Каменская Е. П. Подбор штамма дрожжей для приготовления безалкогольного пива // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств. – 2020, №2–С.177-181.

13. Меледина Т.В., Оганисян В. Г., Петрова Н. А. Выбор штамма дрожжей для безалкогольного пива //Пиво и напитки. – 2008, №. 4. – С.28-31.

14. Данина М., Иванченко О.Б. Использование дрожжей *P. Brettanomyces* в технологии пива //Вестник Международной академии холода. – 2015. – №. 4. – С.17-32.

15. Руденко Ю.Е. Современные тенденции переработки основных побочных продуктов пивоварения // Пиво и напитки. – 2007, №. 2. – С.66-69.

#### REFERENCES

1. Kerimbayeva A., Iztayev A., Baigazyeva G. The impact of grain sorghum on the carbohydrate composition of wort for non-alcoholic beer // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.- 2022, №5/11 (119).-P. 75–82.

2. Durga Prasad C G, Vidyalakshmi R, Baskaran N, Tito Anand M. Influence of *Pichia myanmarensis* in fermentation to produce quinoa based non-alcoholic beer with enhanced antioxidant activity//Journal of Cereal Science.- 2022, Vol. 103.- P. 112-117.

3. Krebs G., Müller M. Characterization of the macromolecular and sensory profile of non-alcoholic beers produced with various methods // Food Research International. - 2019, Vol. 116.- R. 508-517.

4. Slavskaya I. L., Makarov S. Yu. Obzor rynka bezalkogol'nogo piva [Non-alcoholic beer market review] // Beer and drinks. - 2010. - No.2. - P.4-6. (in Russian).

5. Kosminsky G.I., Morgunova E.M. Optimal'naya norma zadachi drozhzhej pri prigotovlenii bezalkogol'nogo piva [The optimal rate of the task of yeast in the preparation of non-alcoholic beer] // Beer and drinks. - 2005.- No. 5.- P.15-20. (in Russian)

6. Prasad C G, Vidyalakshmi R, Baskaran N. Influence of *Pichia myanmarensis* in fermentation to produce quinoa based non-alcoholic beer with enhanced antioxidant activity//Journal of Cereal Science. - 2022, Vol. 103.- R. 655-667.

7. Volkova T.N., Kobelev K.V. Nesaharomi-cetnye drozhzhi v proizvodstve slaboalkogol'nogo piva [Non-saccharomycete yeasts in the production of low-alcohol beer] // Beer and drinks. - 2020, No. 3. - P.21-27. (in Russian)

8. Baigazieva G.I., Zhaksygulova A.A., Kekibaeva A.K. Issledovanie kachestva plotnogo susla dlya proizvodstva piva special'nogo naznacheniya [Study of the quality of dense wort for the production of special purpose beer] // Bulletin of ATU. - 2022, No. 1. - P. 35-40. (in Russian)

9. Hajipour M., Soltanieh M. Investigation of membrane fouling in cross flow microfiltration of non-alcoholic beer and modeling of tubular membrane flow//Desalination. - 2010, Vol. 251.-P.20-27.

10. Kobelev K.V., Volkova T.N. Metody polucheniya bezalkogol'nogo i slaboalkogol'nogo piva [Methods for obtaining non-alcoholic and low-alcohol beer] // Beer and drinks. - 2020, No. 2.- P.17-24. (in Russian)

11. Adamenko K., Kawa-Rygielska J. Characteristics of Cornelian cherry sour non-alcoholic beers brewed with the special yeast *Saccharomyces ludwigii*//Food Chemistry. - 2020, Vol. 312.-R.745-747.

12. Cherkasova E., Kamenskaya E. P. Podbor shtamma drozhzhej dlya prigotovleniya bezalkogol'nogo piva [Selection of a yeast strain for the preparation of non-alcoholic beer] // Modern problems of technology and food production technology. - 2020, No. 2 - P. 177-181. (in Russian)

13. Meledina T.V., Oganisyan V.G., Petrova N.A. Vybor shtamma drozhzhej dlya bezalkogol'nogo piva [The choice of a yeast strain for non-alcoholic beer] // Beer and drinks. – 2008, no. 4. - P.28-31.

14. Danina M., Ivanchenko O. B. Ispol'zovanie drozhzhej *P. Brettanomyces* v tehnologii piva [The use of *P. Brettanomyces* yeast in beer technology] // Bulletin of the International Academy of Cold. – 2015. – no. 4. - P.17-32. (in Russian)

15. Rudenko Yu.E. Sovremennyye tendencii pererabotki osnovnyh pobochnykh produktov pivovareniya [Modern trends in the processing of the main by-products of brewing] // Beer and drinks. – 2007, no. 2. - P.66-69. (in Russian).