

### III. Теоретические основы и инновационные модели переработки продукции сельского хозяйства и производства экологически чистых продуктов в регионе

Для цитирования: Горшков В.В. Влияние снижения стрессов пивоваренных дрожжей на продолжительность сбраживания экстракта // Grand Altai Research & Education — Выпуск 2 (22)'2024 (DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2024.02) — EDN: <https://elibrary.ru/LQVRWI>

УДК 663.43

AuthorID 301993

ORCID 0000-0003-3407-0552

#### ВЛИЯНИЕ СНИЖЕНИЯ СТРЕССОВ ПИВОВАРЕННЫХ ДРОЖЖЕЙ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СБРАЖИВАНИЯ ЭКСТРАКТА

*В.В. Горшков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия  
E-mail: [vita-gorshkov@yandex.ru](mailto:vita-gorshkov@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования основных стрессовых факторов, воздействующих на дрожжевые культуры, и разработаны рекомендации по их снижению для повышения продолжительности и эффективности сбраживания экстракта. Высокая экстрактивность начального сусла, высокая концентрация этанола, содержание микроэлементов, наличие кислорода в смеси, низкие температуры и повышенное давление приводят к различным нарушениям в обмене веществ дрожжей. Для избежания стресса к сохраненным семенным дрожжам следует добавлять сусло в соотношении 1:5 с последующим перемешиванием образующейся суспензии. При использовании технологии снижения стрессовых факторов продолжительность главного брожения сокращается на одни сутки, что позволяет при сохранении хорошего качества молодого пива (дека после разрыва не смыкается, зеркало пива чёрное, при визуальной оценке пиво прозрачное) повысить объем производства на 7% и уровень рентабельности производства — на 5,2%. При этом сокращение периода главного брожения не влияет на качество молодого пива.

**Ключевые слова:** пиво, сусло, солод, дека, стресс, дрожжи, брожение

*For citation:* Gorshkov V.V. Effect of reducing brewing yeast stress on the duration of extract fermentation // Grand Altai Research & Education — Issue 2 (22)'2024 (DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2024.02) — EDN: <https://elibrary.ru/LQVRWI>

UDK 663.43

AuthorID 301993

ORCID 0000-0003-3407-0552

## EFFECT OF REDUCING BREWING YEAST STRESS ON THE DURATION OF EXTRACT FERMENTATION

*V.V. Gorshkov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Altai State Agrarian University, Barnaul, Russia  
E-mail: [vita-gorshkov@yandex.ru](mailto:vita-gorshkov@yandex.ru)

**Abstract.** The article studies the main stress factors affecting yeast cultures and develops recommendations for their reduction in order to increase the duration and efficiency of extract fermentation. High extractivity of the initial wort, high ethanol concentration, trace element content, presence of oxygen in the mixture, low temperatures and high pressure lead to various disturbances in yeast metabolism. To avoid stress, wort should be added to the stored seed yeast in a ratio of 1:5, followed by mixing the resulting suspension. When using the technology to reduce stress factors, the duration of the main fermentation is reduced by one day, which allows, while maintaining good quality of young beer (the deck does not close after rupture, the beer mirror is black, when visually assessed, the beer is transparent), to increase the production volume by 7% and the level of profitability of production by 5.2%. At the same time, reducing the period of the main fermentation does not affect the quality of young beer.

**Keywords:** beer, wort, malt, deca, stress, yeast, fermentation

### Введение

Пиво — это спиртосодержащий пенный напиток, получаемый в результате сбраживания пивного сусла специальными группами дрожжей [1]. В настоящее время в Российской Федерации производят большой ассортимент пива, которые можно условно разделить на две группы — темное и светлое [2;3]. При этом каждый сорт характеризуется своим специфическим вкусом, цветом, ароматом, массовой долей сухих веществ и содержанием спирта. И все эти показатели зависят от технологии и эффективности сбраживания первичного сырья, используемого для приготовления сусла [4].

Сырьём для производства пивного сусла издавна являлся дроблёный ячмень, и позднее стали использовать пшеницу, кукурузу и другие зерновые. Пиво с небольшим содержанием алкоголя имеет плотность (экстрактивность начального сусла) до 5%, со средней величиной показателя — до 12% и крепкое пиво — свыше 14% [5].

Ключевыми задачами, стоящими перед пивоваренной промышленностью, являются: совершенствование технологии — и в части улучшения оборудования, и в части переработки сырья, — благодаря чему снижается себестоимость готового продукта и повышается его качество, делая его более конкурентоспособным [6;7].

Важнейшим этапом пивоварения является сбраживание дрожжевыми культурами сахаров, содержащихся в сусле, в этанол и углекислоту. В этом процессе указанные метаболиты дрожжей снова распадаются и, наряду с составными компонентами хмеля, в итоге определяют вкусо-ароматические характеристики пива [8;9].

При этом дрожжи — это живые структуры, которые подвергаются воздействию в процессе брожения. Стрессогенными факторами для дрожжевых клеток являются: температура, pH, концентрация отдельных веществ (сначала — сахаров, затем — продуктов метаболизма: например, рост парциального давления CO<sub>2</sub>, низкомолекулярные азотистые вещества, влияющие на пеностойкость, протеолитические ферменты, жирные кислоты, обуславливающие вкус и др.) [10;11].

Перед тем как дрожжевая клетка вступает в тесный контакт с новой средой, она расщепляет и использует хранящиеся в ней запасные вещества, которые дают ей первую энергию. Затем дрожжевые клетки начинают интенсивно потреблять сахар и кислород из среды, что активизирует процесс деления дрожжей одновременно с увеличением брожения [12].

Окончание брожения характеризуется, с одной стороны, нарастанием критической биомассы дрожжевых клеток, с другой, — увеличением концентрации спирта и CO<sub>2</sub>, что угнетает дальнейший рост и размножение дрожжей [13].

Таким образом, от состояния, активности роста и автолиза дрожжей зависит эффективность и качество готового напитка [14]. Поэтому изучение факторов стрессового воздействия на дрожжевые культуры и поиск путей их снижения для повышения продолжительности и эффективности сбраживания экстракта является актуальной и важной для промышленного пивоварения задачей.

## Методы исследований

Цель работы заключалась в оценке возможности снижения влияния стрессовых явлений в процессе сбраживания дрожжей на продолжительность сбраживания экстракта и качество готового продукта.

Для достижения указанной цели были обозначены задачи:

— оценить основные факторы стресса для пивоваренных дрожжей и определить мероприятия по их снижению в период снятия и хранения дрожжей;

— с учётом оценки указанных мероприятий по снижению воздействия стрессов на дрожжи провести контрольное сбраживание и оценить динамику снижения экстракта при начальной концентрации экстрактивных веществ 11%;

— оценить качество готово пива.

Исследования проводились на базе ОАО «Барнаульский пивоваренный завод» (г.Барнаул) и ФГБОУ ВО «Алтайский ГАУ». Объектом исследования послужило пиво сорта «Жигулёвское».

В условиях Барнаульского пивоваренного завода было проведено сбраживание двух образцов пива с начальным экстрактивным суслom 11%. В первом образце (первая группа) съёмку дрожжей с бродильного чана производили после главного брожения предыдущей варки без учёта воздействия на них стрессовых факторов, как это принято на предприятии. Во второй группе (вторая варка) проводили учёт стрессовых факторов.

Эксперимент проводили следующим образом: из суслoварочного котла в стерилизатор набирали горячее охмеленное суслo; после кипячения в течение одного часа и последующего охлаждения до 8-12°C сжатым стерильным воздухом в равных объёмах подавали в цилиндры, куда через отдельный специальный кран вводили предварительно подготовленные дрожжи; затем проводили сбраживание при 8-10°C.

В опытные образцы общим объёмом по 20л суслa вносили дрожжи в количестве 0,6-0,8л густых дрожжей на гектолитр (гл) суслa в пересчете на объём рабочих образцов.

В процессе брожения раз в сутки отбирали пробы на активную кислотность, определение видимого экстракта и сахарометрическую пробу, а по окончании сбраживания проводили визуальную оценку готовности суслa к дображиванию и созреванию по поведению деки.

Поведение деки оценивали при раздувании: на не удалённую остаточную деку она не должна смыкаться и зеркало пива должно оставаться черным. В случае, когда продолжается интенсивное сбраживание экстракта, открытое при раздувании место вновь затягивается пеной и зеркало пива выглядит не чёрным, а «глинистым».

Качество молодого пива оценивали пробой на осветление. Пробу молодого пива помещали в небольшой стеклянный цилиндр и наблюдали прозрачность пива и интенсивность остаточного оседания дрожжей.

Экстрактивность суслa полученного пива определяли сахарометром при температуре в пределах 20°C.

## **Результаты и их обсуждение**

По результатам исследований при брожении и созревании, хранении до последующего использования, нами выявлены следующие стрессовые факторы, воздействующие на дрожжевые клетки и тормозящие или даже угнетающие их метаболическую активность.

а) Высокая экстрактивность суслa — при сбраживании суслa с этим стресс-фактором зачастую наблюдается угнетение брожения вследствие того, что концентрация сахара достаточно высокая, а содержание требуемых аминокислот недостаточно. В этом случае замедление процесса брожения

можно устранить только внесением дополнительного количества дрожжей, либо добавлением сброживаемого сусла с дрожжами в логарифмической фазе роста (пиво на стадии «высоких завитков»).

б) Высокая концентрация этилового спирта — в процессе производства «нормального» пива низового брожения дрожжевые клетки без каких-либо затруднений набирают 4,7-5% об. спирта. При этом большая часть дрожжевых культур выдерживают сбраживание до уровня содержания спирта 6-7% об. Однако при повышении указанного уровня наблюдаются большие трудности в сбраживании вследствие угнетения метаболизма дрожжевых клеток, которое выражается в ограничении увеличения размеров дрожжевых клеток, замедлении брожения и как итог — гибели дрожжей. Кроме того, при повышении этилового содержания изменяется концентрация отдельных жирных кислот в фосфолипидной мембране клеточных стенок дрожжей, которые затем выходят в раствор и это отрицательно сказывается на качестве пива. В отдельных случаях, когда готовят пиво с высоким уровнем спирта (например, французский сорт *Belzebuth* («Вельзевул»)) это достигается применением особых культур дрожжей и специальных технологических приёмов по отбору избытка этилового спирта

в) Уровень микроэлементов — в отдельных случаях в сусле накапливается повышенное содержание цинка, нижним уровнем содержания которого является 0,12 мг/л сусла, что также ограничивает брожение. Ввиду того, что основная часть цинка остаётся в пивной дробине, необходимо изыскивать способы его изъятия при повышенном уровне данного минерального элемента.

г) Уровень кислорода — требуется проводить аэрацию сусла, что необходимо для нормального развития дрожжей и протекания окислительно-восстановительных процессов, при которых образуются незаменимые для жизни дрожжевых клеток липиды и ненасыщенные жирные кислоты, являющиеся строительным материалом для стенок дрожжевых клеток.

При отсутствии достаточного уровня кислорода дрожжевые клетки испытывают нехватку указанных веществ, раньше времени завершается стадия размножения дрожжевых клеток, возникает нарушение процесса брожения или удлиняется его срок, и как следствие, — значительно возрастает количество умерших колоний дрожжей. Ключевым элементом для устранения этого стресс-фактора является контроль наличия достаточного уровня кислорода в начале брожения с определением нижней границы в 8-10 мг  $O_2$ /л бродильного сусла, что обеспечивает на выходе высокие вкусовые характеристики готового пива.

д) Низкие температуры — температуры при низовом брожении значительно ниже требований оптимальных показателей для ферментативных процессов дрожжевых клеток. Поэтому при разведении чистых культур используют ступенчатое понижение температур, приближающееся к будущим температурам брожения. В случае внесения дрожжевых клеток в холодное сусло или при сильном охлаждении, они испытывают стресс в виде теплового шока (выражается в скачкообразных колебаниях температуры), начиная

выделять в окружающую среду аминокислоты и нуклеотиды, которые значительно портят вкус пива. Кроме того, следствием температурного стресса является замедление или прекращение размножения дрожжевых клеток.

е) Повышенное давление — в танках при брожении под давлением с помощью шпунт-аппаратов поддерживается избыточное давление в пределах от 0,2 до 1,8 бар, благодаря чему в пиве повышается концентрация углекислого газа. Таким образом, этот стресс-фактор сочетается с повышением уровня CO<sub>2</sub>, возрастающая концентрация которого замедляет восстановительные свойства дрожжевых клеток, сдерживает восстановление и расщепление собственных питательных веществ дрожжевых клеток.

Современная технология пивоварения не способна устранить полностью стресс-факторы, так как это требует значительного вмешательства в технологию, что приводит к её усложнению и удорожанию. Разработанная нами методика мониторинга и предупреждения стрессов позволяет ослабить действие разных стресс-факторов на стадии выпуска их из ЦКТ<sup>1</sup> и промежуточного хранения перед внесением в сусло.

Именно в этот период воздействия на дрожжи факторов внешней среды организация переходного этапа, позволяющего облегчить этот этап с учётом физиологии дрожжевых клеток, заключается в ограничении внезапных изменений параметров во время брожения и при отборе дрожжей препятствующих ослаблению клеток и подавляющих стресс-реакцию, повышая пороговую величину чувствительности дрожжей к стрессам.

Ключевым стрессовым воздействием, как уже указывалось, является гидростатическое стрессовое воздействие во время сбрасывания, обусловленное повышением давления более 0,2 Мпа. При этом находящиеся в танке дрожжи компенсируют действующее на них при брожении и созревании давление собственным противодействием, выравнивая состояние среды.

Так, при наличии столба пива высотой 10м в дрожжевой клетке поддерживается избыточное давление в 1 бар. Если дрожжевые клетки поместить в емкость под атмосферным давлением, то наблюдается резкий сброс давления углекислого газа внутри клетки.

Для нивелирования этого фактора дрожжи следует выпускать в несколько этапов для снижения избыточного давления и плавного его выравнивания при постепенном образовании углекислого газа дрожжевой массой, избыток которого при недостатке кислорода угнетает метаболизм дрожжевых клеток.

ж) Содержание углекислого газа — является стресс-фактором, сопряженным с избыточным давлением. Для снижения избытка углекислого газа применяют декарбонизацию.

В первую очередь для вытеснения дрожжевой массы из ЦКТ используют воду с предварительно удалёнными газами. При этом происходит

---

<sup>1</sup> цилиндр-конический танк для пивоварения

дифференциация чистых дрожжевых клеток от загрязнённых, и первые, проходя через пластинчатый охладитель, поступают на закрытое вибросито.

Дрожжи особенно первых генераций имеют сильное пенообразование, что значительно снижает производительность сита. Поэтому проводят охлаждение суслу до 2°C, при котором снижается физиологическая активность дрожжей и поддерживаются благоприятные условия для выделения смол, переходящих из хмеля в сусло. Из-за гидравлических потерь в пластинчатом теплообменнике, охлаждение дрожжевой массы проходит при снижении давления и выделении углекислоты вследствие снижения растворимости.

Наиболее значительная декарбонизация дрожжевой массы наступает на закрытом вибросите под действием механических колебаний. Выделяющийся из дрожжевых клеток углекислый газ формирует как бы защитную атмосферу для дрожжевых клеток, препятствуя их окислению кислородом воздуха. Используемые сита с ячейкой 0,5x0,5мм способствуют также механической очистке от грубых загрязнений мертвыми клетками.

Также вибросита способны функционировать в системе туманообразования, когда образующуюся смесь углекислого газа и тумана из капель дегазованной влаги используют для снижения пенообразования на сите, что особенно актуально для молодых колоний дрожжей.

Для заключительной декарбонизации дрожжевую суспензию перемешивают прямо в охлаждаемом сборном танке, куда дрожжевая масса поступает после закрытого вибросита. На основе отобранных образцов суспензии производится корректировка дозировки дрожжей, после которой их остаток отводится в сборник отходов для утилизации вместе с верхними и нижними загрязненными дрожжами. Отобранные дрожжи перекачиваются в танк для ассимиляции.

В этот период наиболее актуальным является стресс, вызванный недостатком питательных веществ, для чего в группу сохраненных семенных дрожжей добавляют сусло в соотношении 1:5 с последующим перемешиванием суслу. Этот процесс, называемый ассимиляцией, проводится перед внесением дрожжей в ЦКТ и продолжается в течение 2-4 часов. При этом обеспечиваются условия, провоцирующие такое же сбраживание, как в ЦКТ, что позволяет улучшить равномерность брожения и степень сбраживания суслу в ЦКТ.

За полтора-два часа до внесения семенных дрожжей в ЦКТ рекомендуется продувать их воздухом — аэрировать, что способствует их гомогенизации и ускоряет размножение дрожжевых клеток. А для уменьшения пенообразования при аэрации его проводят с перерывами при небольшом избыточном давлении в циклах.

Разработанная нами технология предупреждения и снижения стрессов дрожжей показала, что по итогам контрольного сбраживания уменьшилось воздействие стресс-факторов на дрожжевые клетки, оцениваемое по графику снижения концентрации экстракта на основании показаний сахаромера (рис.1) и определяемое раз в сутки на протяжении всего периода брожения.

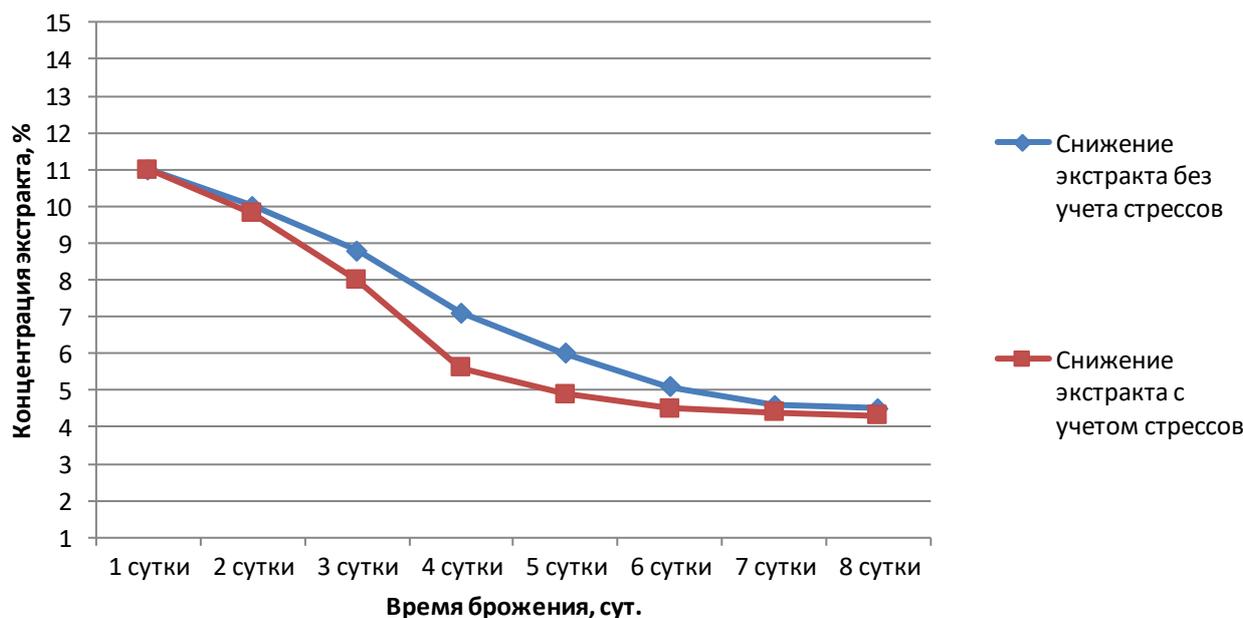


Рисунок 1. Снижение экстрактивности пивного сусла при брожении  
Figure 1. Reduction of beer wort extractivity during fermentation

При сравнении кривых экстрактивности сусла видно, что с учётом стрессовости факторов и снижении их воздействия на пивные дрожжи, степень сбраживаемости сусла осталась на прежнем уровне. Это связано с тем, что брожение при экстрактивности сусла 4,5% останавливалось, будучи обусловлено технологическими требованиями для пива сорта «Жигулёвское» [15].

Позитивная реакция ассимиляции сказывается во влиянии на ускорение брожения в первые дни внесения дрожжей. При сравнении показателей анализов видимого экстракта на четвёртый день брожения отмечается наиболее сильный скачок снижения, в сравнении с технологией без учёта влияния стресса.

Особенно эффект при снижении стрессовости процесса проявляется на пятый день брожения, достигая величины 4,9% экстракта. Основное брожение оканчивается к шестому дню с уровнем видимости экстракта 4,7%. При дальнейшем брожении снижение экстрактивности достигает максимально величины 0,5% (табл.1).

Для определённого сорта пива характерны свои показатели сахаромера, при которых главное брожение считается законченным. В нашем эксперименте для пива «Жигулёвское» показатель сахаромера при окончании главного брожения составляет 4,5% концентрации экстракта, что соответствует степени сбраживания на уровне 60%. Важнейшим показателем является последующее снижение экстрактивности в течение 24 часов, которое не должно превышать величину в 0,2-0,3%.

**Таблица 1. Показатели содержания экстракта и величина рН в процессе главного брожения пива****Table 1. Extract content and pH values during the main fermentation of beer**

Время брожения, сут.	Экстракт по сахарометру, %		Действительный экстракт, %		Степень сбраживания, %				рН	
	контроль	опыт	контроль	опыт	Видимая		Действительная		контроль	опыт
					контроль	опыт	контроль	опыт		
1-е	11,0	11,0	11,07	11,07	-	-	-	-	5,2	5,2
2-е	10,0	9,8	10,45	10,25	9,09	11	7,4	8,9	5,0	4,9
3-и	8,8	8,0	9,41	8,61	20	27,3	16,2	22,2	4,75	4,69
4-е	7,1	5,6	7,85	6,35	35,5	49,1	28,8	39,8	4,62	4,52
5-е	5,6	4,9	6,65	5,95	49,1	55,5	39,8	45	4,53	4,49
6-е	4,9	4,7	6,08	5,68	55,5	57,3	45	46,5	4,48	4,45
7-е	4,6	4,5	5,83	5,63	58,2	59,9	47,2	48,6	4,45	4,45
8-е	4,5	-	5,75	5,55	59,9	-	48,6	-	4,45	-

Примечания:

контроль — без учёта факторов стресса

опыт — с учётом стрессовых факторов

Таким образом, в нашем эксперименте при условии учёта и снижения стрессовых факторов дрожжи переработали сахара на сутки раньше, по сравнению с контрольной варкой. При этом показатель рН на протяжении опытной варки соответствовал нормам по данному виду пива, что свидетельствует о соответствующем качестве сусла в обоих случаях.

По окончании главного брожения нами была проведена визуальная оценка молодого пива (табл.2).

**Таблица 2. Визуальная оценка молодого пива****Table 2. Visual assessment of young beer**

Показатель	Характеристика
Поведение деки	Дека после разрыва не смыкается, зеркало пива чёрное
Проба на осветление пива	Пиво при визуальной оценке прозрачное

Благодаря снижению воздействия стрессовых факторов на пивоваренные дрожжи в период сбраживания экстракта, период главного брожения сократился на сутки, что не повлияло на качество молодого пива.

## Выводы

Основными стрессовыми факторами, оказывающими влияние на пивоваренный дрожжи в процессе брожения являются: высокая экстрактивность начального сусла; высокая концентрация этанола; содержание микроэлементов; наличие кислорода в смеси; низкие температуры; повышенное давление. Нами были разработаны мероприятия, направленные на частичное снижение влияния стрессов во время съёма дрожжей, их обработки и хранения.

На стадии выпуска дрожжевых клеток из ЦКТ и промежуточного хранения перед внесением в сусло на них действует наибольшее количество стрессов и основная задача в этот период — как можно мягче для дрожжевых клеток организовать данный переходный период с учетом их физиологии. Для купирования стресса из-за недостатка питательных веществ к сохранным

семенным дрожжам следует добавлять сусло в соотношении 1:5 с последующим перемешиванием образующейся суспензии.

Результаты контрольного сбраживания показали, что при использовании технологии снижения стрессовых факторов за счёт внесения, съёма и хранения дрожжевой массы воздействие стрессов снижается, продолжительность главного брожения сокращается с 7-8 до 6-7 суток, что позволяет повысить объем производства на 7% и уровень рентабельности — на 5,2%. При этом, сокращение периода главного брожения не влияет на качество молодого пива, дека после разрыва не смыкается, зеркало пива чёрное и при визуальной оценке пиво сохраняет прозрачность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Григорьев М.А. Производство пива и слабоалкогольных напитков // Пиво и напитки. 2005. №5. С. 16-17. — Текст: непосредственный.
- [2] Громова Р. Потребление пива в России // Пиво и напитки. 2003. №2. С. 6-10. — Текст: непосредственный.
- [3] Аверина О.В. Особенности российского рынка пива / О.В. Аверина, Н.С. Тульская // Пиво и напитки. 2003. №2. С. 4-5. — Текст: непосредственный.
- [4] Григорьев М.А. Производство пива и слабоалкогольных напитков // Пиво и напитки. 2005. №5. С. 16-17. — Текст: непосредственный.
- [5] Лопаева Н.Л. Основы пивоваренного производства // Аграрное образование и наука. 2022. №2. С. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-pivovarennogo-proizvodstva> (дата обращения: 07.10.2024). — Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. — Текст: электронный.
- [6] Агафонов В.П. Стратегии потребления пива / В.П. Агафонов, Н.В. Оболенский // Вестник НГИЭИ. 2015. №3 (46). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategii-potrebleniya-piva> (дата обращения: 07.10.2024). — Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. — Текст: электронный.
- [7] Гурнович Т.Г. Модель конкурентоспособности пива / Т.Г. Гурнович, С.Ю. Толочко // Российское предпринимательство. 2007. №3. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-konkurentosposobnosti-piva> (дата обращения: 07.10.2024). — Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. — Текст: электронный.
- [8] Гернет М.В. Современные способы использования хмелепродуктов в пивоварении / М.В. Гернет, И.Н. Грибкова // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. №4. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sposoby-ispolzovaniya-hmeleproduktov-v-pivovarenii> (дата обращения: 07.10.2024). — Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. — Текст: электронный. — <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.328>.
- [9] Васильева А.А. Совершенствование технологии пивного сусла с повышенной дозировкой несоложенного сырья / А.А. Васильева, Т.А. Парамонов, Т.М. Панова // Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология. 2020. №1. С. 18-26. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologii-pivnogo-susla-s-povyshennoy-dozirovkoj-nesolozhenogo-syrya> (дата обращения: 07.10.2024). — Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. — Текст: электронный. — DOI: 10.15593/2224-9400/2020.1.02.
- [10] Андриевская Д.В. Исследование влияния сахаросодержащего сырья на процесс отдыха (выдержки) купажей спиртных напитков / Д.В. Андриевская, М.А. Захаров, Е.В. Ульянова, В.А. Трофимченко // Пиво и напитки. 2021. №1. С. 16-20. — Текст: непосредственный.
- [11] Хоконова М.Б. Оптимизация параметров и режимов брожения при осахаривании зерновых заторов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного

- университета им. В. М. Кокова. 2022. №1 (35). С. 137-142. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-parametrov-i-rezhimov-brozheniya-pri-osaharivanii-zernovyh-zatorov> (дата обращения: 07.10.2024). — DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-137-143.
- [12] Меледина Т. В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении / Т. В. Меледина. — СПб.: Профессия, 2003. — 304 с.: ил.
- [13] Третьяк Л.Н. Новый взгляд на проблемы пивоварения / Л.Н. Третьяк, Е.М. Герасимов // Вестник ОГУ. 2003. №2. С. 147-156. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-vzglyad-na-problemy-pivovareniya> (дата обращения: 07.10.2024). — Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. — Текст: электронный.
- [14] Гарбуз С.А. Технология производства пива // Гарбуз Семён Александрович Технология производства пива // Наука, техника и образование. 2014. №6 (6). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-proizvodstva-piva> (дата обращения: 07.10.2024). — Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. — Текст: электронный.
- [15] Косминский Г.И. Приготовление лёгкого пива / Г.И. Косминский, Н. Г. Царева; Е. Ч. Марковская // Пиво и напитки. 2009. №4. С. 16-18. — Текст: непосредственный.

## References

- [1] Grigor'ev M.A. Proizvodstvo piva i slaboalkogol'nyh napitkov // Pivo i napitki. 2005. №5. S. 16-17. — Текст: непосредственный.
- [2] Gromova R. Potreblenie piva v Rossii // Pivo i napitki. 2003. №2. S. 6-10. — Текст: непосредственный.
- [3] Averina O.V. Osobennosti rossijskogo rynka piva / O.V. Averina, N.S. Tul'skaya // Pivo i napitki. 2003. №2. S. 4-5. — Текст: непосредственный.
- [4] Grigor'ev M.A. Proizvodstvo piva i slaboalkogol'nyh napitkov // Pivo i napitki. 2005. №5. S. 16-17. — Текст: непосредственный.
- [5] Lopaeva N.L. Osnovy pivovarenного производства // Agrarnoe obrazovanie i nauka. 2022. №2. S. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-pivovarenного-proizvodstva> (дата обращения: 07.10.2024). — Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. — Текст: электронный.
- [6] Agafonov V.P. Strategii potrebleniya piva / V.P. Agafonov, N.V. Obolenskij // Vestnik NGIEI. 2015. №3 (46). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategii-potrebleniya-piva> (дата обращения: 07.10.2024). — Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. — Текст: электронный.
- [7] Gurnovich T.G. Model' konkurentosposobnosti piva / T.G. Gurnovich, S.YU. Tolochko // Rossijskoe predprinimatel'stvo. 2007. №3. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-konkurentosposobnosti-piva> (дата обращения: 07.10.2024). — Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. — Текст: электронный.
- [8] Gernet M.V. Sovremennye sposoby ispol'zovaniya hmeleproduktov v pivovarenii / M.V. Gernet, I.N. Gribkova // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. 2020. №4. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sposoby-ispolzovaniya-hmeleproduktov-v-pivovarenii> (дата обращения: 07.10.2024). — Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. — Текст: электронный. — <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.328>.
- [9] Vasil'eva A.A. Sovershenstvovanie tekhnologii pivnogo susla s povyshennoj dozirovkoj nesolozhenogo syr'ya / A.A. Vasil'eva, T.A. Paramonov, T.M. Panova // Vestnik PNIPIU. Himicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya. 2020. №1. S. 18-26. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologii-pivnogo-susla-s-povyshennoj-dozirovkoj-nesolozhenogo-syr'ya> (дата обращения: 07.10.2024). — Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. — Текст: электронный. — DOI: 10.15593/2224-9400/2020.1.02.

- [10] Andrievskaya D.V. Issledovanie vliyaniya saharosoderzhashchego syr'ya na process otdyha (vyderzhki) kupazhej spiritnyh napitkov / D.V. Andrievskaya, M.A. Zaharov, E.V. Ul'yanova, V.A. Trofimchenko // Pivo i napitki. 2021. №1. S. 16-20. — Tekst: neposredstvennyj.
- [11] Hokonova M.B. Optimizaciya parametrov i rezhimov brozheniya pri osaharivanii zernovyh zatorov // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V. M. Kokova. 2022. №1 (35). S. 137-142. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-parametrov-i-rezhimov-brozheniya-pri-osaharivanii-zernovyh-zatorov> (data obrashcheniya: 07.10.2024). — DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-137-143.
- [12] Meledina T. V. Syr'e i vspomogatel'nye materialy v pivovarenii / T. V. Meledina. — SPb.: Professiya, 2003. — 304 s.: il.
- [13] Tret'yak L.N. Novyj vzglyad na problemy pivovareniya / L.N. Tret'yak, E.M. Gerasimov // Vestnik OGU. 2003. №2. S. 147-156. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-vzglyad-na-problemy-pivovareniya> (data obrashcheniya: 07.10.2024). — Rezhim dostupa: dlya zaregistrirovannykh pol'zovatelej. — Tekst: elektronnyj.
- [14] Garbuz S.A. Tekhnologiya proizvodstva piva // Garbuz Semyon Aleksandrovich Tekhnologiya proizvodstva piva // Nauka, tekhnika i obrazovanie. 2014. №6 (6). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-proizvodstva-piva> (data obrashcheniya: 07.10.2024). — Rezhim dostupa: dlya zaregistrirovannykh pol'zovatelej. — Tekst: elektronnyj.
- [15] Kosminskij G.I. Prigotovlenie lyogkogo piva / G.I. Kosminskij, N. G. Careva; E. CH. Markovskaya // Pivo i napitki. 2009. №4. S. 16-18. — Tekst: neposredstvennyj.