

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ/FOOD SYSTEMS

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.57.11>

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СОЛОДА ИЗ РИСА С ОКРАШЕННЫМ ПЕРИКАРПОМ

Научная статья

Омельчук А.С.^{1,*}, Баланов П.Е.², Смотраева И.В.³

² ORCID : 0000-0002-0610-9248;

³ ORCID : 0000-0003-1255-832X;

^{1,2,3} Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (kirpee4[at]mail.ru)

Аннотация

Было изучено производство солода из риса с окрашенным перикарпом, который можно использовать в качестве ингредиента в продуктах питания с высокой биологической ценностью, особенно для производства напитков брожения, таких как квас. Был выбран сорт риса с темно окрашенным перикарпом «Южная ночь» и из него получен солод с использованием различных технологических режимов. Варьировались условия замачивания и аэрации, а также время и температура проращивания. Условия процесса соложения и сушки были проверены и оптимизированы для получения рисового солода с желаемыми свойствами. В полученных образцах измерены основные физико-химические показатели, а также определена концентрация биологически активных веществ — фенольных соединений и антоцианов.

В результате проведенных исследований обоснован выбор наиболее рациональной технологии для получения продукции с предпочтительными характеристиками.

Ключевые слова: рис с окрашенным перикарпом, солод из риса, фенольные соединения, антоцианы.

SPECIFICS OF TECHNOLOGY OF MALT FROM RICE WITH COLOURED PERICARP

Research article

Omelchuk A.S.^{1,*}, Balanov P.Y.², Smotraeva I.V.³

² ORCID : 0000-0002-0610-9248;

³ ORCID : 0000-0003-1255-832X;

^{1,2,3} ITMO National Research University, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (kirpee4[at]mail.ru)

Abstract

The production of malt from rice with coloured pericarp, which can be used as an ingredient in foods with high biological value, especially for the production of fermented beverages such as kvass, was studied. A variety of rice with dark-coloured pericarp 'Yuzhnaya Noch' was selected and malt was obtained from it using different processing regimes. Soaking and aeration conditions, as well as germination time and temperature, were varied. The conditions of the germination and drying process were tested and optimised to obtain rice malt with desired properties. In the obtained samples, the main physicochemical parameters were measured and the concentration of biologically active substances — phenolic compounds and anthocyanins — was determined.

As a result of the conducted research, the choice of the most rational technology for obtaining products with preferable characteristics was substantiated.

Keywords: rice with coloured pericarp, rice malt, phenolic compounds, anthocyanins.

Введение

Рис (*Oryza sativa L.*) — одна из важнейших зерновых культур в мире, которая является основным продуктом питания для более чем половины населения Земли. Одна из важнейших особенностей риса то, что это безглютеновый злак. Рис является основным злаком для жителей восточных стран и там традиционно производят ферментированные рисовые напитки. Для России рисовый солод и продукты, приготовленные из него, в частности квас, будут инновационными. Например, квас, полученный из рисового солода, смогут употреблять люди страдающие целиакией.

В последние годы потребление продуктов, богатых нутрицевтиками и биоактивными соединениями, приобрело важное значение, что повышает интерес к исследованиям с использованием пигментированных цельных злаков. Очищенный от шелухи рис содержит перикарп, богатый антоцианами, характерными для риса с чёрным окрашиванием, или проантоцианидинами, характерными для риса с красным окрашиванием [1]. По данным Альвесы и др. [2], генотипы чёрного и красного риса обладают антиоксидантной и противовоспалительной активностью.

Рис с окрашенным перикарпом или чёрный рис — хороший источник витаминов, аминокислот и биологически активных соединений, таких как флавоноиды, фенольные соединения, минералы, α-токоферол, γ-токоферол, γ-оризанол и т. д. Он получил своё название «чёрный рис» из-за наличия антоциановых пигментов (цианидин-3-глюкозида и пеонидин-3-глюкозида) в отрубях, что делает чёрный рис хорошим источником антиоксидантов. Чёрный рис также является безглютеновой пищей и хорошим источником клетчатки. Таким образом, чёрный рис обладает множеством полезных свойств [3].

Производство солода — это трёхэтапный процесс, включающий замачивание (для запуска роста зародыша), проращивание (для ферментативной модификации эндосперма) и сушку (для прекращения модификации и

высушивания полученного солода). Изменение времени обработки, температуры и времени пребывания на воздухе позволяет получать солод с различными физическими, химическими и биохимическими свойствами.

С целью совершенствования технологического процесса производства солода используются разнообразные приемы: физические способы воздействия на зерновую массу, применение разнообразных органических стимуляторов роста [4], [5], а также биологически активных соединений, в том числе ферментных препаратов [6], [7], [8].

В качестве нетрадиционных солодов, используемых для производства кваса, можно отметить пшеницу, овес, тритикале, сою, рис. Ввиду того, что это сырье по своему химическому составу имеет определенные особенности, нужны и специальные подходы к совершенствованию процесса солодоращения [9], [10], [11].

До сих пор было предпринято лишь несколько попыток проращивания неочищенного риса, например, в работе Cerri E. L. M. и Brenna O. V. [12] приведены экспериментальные исследования по получению рисового солода из восьми традиционных итальянских сортов риса. Возможность получения безглютенового солода из неочищенного риса была продемонстрирована как в лабораторных условиях, так и на экспериментальном заводе. Авторами было установлено, что наилучшими условиями для проращивания являются 7 дней при температуре 20 °С.

В работе D. Sessaropía с соавторами [13] было проведено экспериментальное исследование по получению двух разных видов специального рисового солода: карамельного и темного. Были определены качественные характеристики полученного солода. Произведено и проанализировано пиво верхового брожения из светлого рисового солода и специальных рисовых солодов для оценки органолептических свойств. Полученное пиво имело солодовый профиль и янтарный цвет. Использование специального рисового солода улучшило вкус и цвет, а также стабильность и питательную ценность пива благодаря высокому содержанию полифенолов и хорошей антиоксидантной способности.

Heidi Mayer с соавторами [14] разработал программу производства рисового солода для пивоварения с апробацией 10 сортов риса. Из-за прочной оболочки риса-сырца для достижения влажности не менее 42% после замачивания потребовалось пять этапов замачивания, а также была разработана программа длительного обжига с особым этапом сушки при температуре 45 °С в течение 12 часов, чтобы предотвратить разрушение клеточных стенок. Ещё 12 часов при 50 °С и 13,5 часов при 55 °С высушили солод настолько, что он защитил ферменты от последующего нагревания (6 часов при 70 °С).

Рисовый солод содержит достаточно большое количество фруктозы для хорошего брожения, обладает достаточной эндогенной ферментативной активностью для самоосахаривания. Кроме того, наличие оболочки защищает эндосперм от окисления, продлевает срок хранения сырья и облегчает фильтрацию [15]. Более того, недавние исследования показали, что рисовый солод может обладать новыми свойствами для пивоварения [16], [17], а также не содержит глютен.

Нгун В.Х. и Разумовская Р.Г. [18] изучали влияние на процесс солодоращения риса и ферментную активность рисового солода электрохимически активированных растворов (ЭХА-Р) — анолита (рН 2,5–3,5) и католита (рН 8,5–10,5). Определяли влияние температуры и продолжительности замачивания на скорость поглощения воды зерном риса. В работе показано, что на протяжении всего периода солодоращения образцы, обработанные ЭХА-Р, имеют более высокую ферментную активность по сравнению с контролем, в частности значение амилолитической активности превышает показатели контрольных образцов в 1,4 раза.

В работе U. Usansa с соавторами [19] приводится оптимизация условий проращивания двух сортов черного риса — воскового (клейкого) и невоскового. Условия соложения были оптимизированы с помощью метода планирования эксперимента. Тремя параметрами процесса были замачивание, время прорастания и температура. Каждый параметр тестировался на трёх уровнях: степень замачивания составляла 38, 41 и 44%, время прорастания — 6, 7 и 8 дней, а температура — 20, 25 и 30 °С. В конце процесса прорастания все образцы высушивались при температуре 50 °С в течение 24 часов, а затем удалялись ростки и корешки перед проведением детальной оценки качества.

Таким образом, применение инновационных решений, связанных с разработкой и внедрением новых технологий, позволяет решить задачи повышения конкурентоспособности продукции российской пищевой промышленности и создания условий для импортозамещения [20], [21], [22].

Целью данного исследования является разработка наиболее рациональной технологии получения солода из риса с темноокрашенным перикарпом отечественного сорта «Южная ночь». Выбор именно этого сырья обусловлен высокими технологическими свойствами этой культуры, установленными в предыдущих исследованиях научной группы [23].

Методы и принципы исследования

2.1. Влажность зерна

Использовался метод доведения до постоянной массы навески зерна с фиксацией исходной массы и массы после высушивания при температуре 130°С. Вычисленная масса влаги выражается в процентах по отношению к исходному образцу.

2.2. Способность прорастания

Использовался метод основанный на подсчете и соотношении проросших и непроросших зерен, прошедших предварительное дезинфекцию, замачивание и проращивание в пробе массой 50 грамм. Пророщенным считается зерно, в котором явно прослеживается наличие морфологических признаков роста (ростки, корешки).

2.3. Экстрактивность

Использовался метод определения массовой доли сухих веществ в растворе, который получен путем настаивания в воде размолотой навески солода при температуре 45°С 30 минут, при 70°С 60 минут, с последующим отфильтровыванием суслу. Интересующий показатель измеряют с помощью пикнометра, с учётом влажности материала.

2.4. Концентрация белка

Массовая доля белка определялась по методу Кьельдаля. Навеска зерна минерализовалась серной кислотой, в результате чего образовывался сульфат аммония, который, в свою очередь, разрушался щелочью с выделением аммиака. Аммиак отгонялся в раствор борной кислоты с последующим титрованием. Через установленный титр, вычисляется содержание азота в пробе, это позволяет рассчитать количество сырого протеина через коэффициент 6,0 (характерен для риса).

2.5. Определение суммы фенольных соединений

Для определения общего содержания фенольных соединений использовали спектрофотометрический метод, где в качестве аналитического сигнала измерялось светопоглощение комплексов фенольных соединений с реактивом Фолина-Чокальтеу. Измерения оптической плотности проводили на спектрофотометре Shimadzu UV-1800 (Япония) при длине волны 765 нм (максимум абсорбции). В качестве раствора стандартного образца для определения фенольных соединений использовали галловую кислоту. Для построения калибровочной кривой приготовили серию из 6 растворов различных концентраций.

2.6. Определение суммы антоцианов

Использовался метод основанный на применении рН-дифференциальной спектрофотометрии. Массовую концентрацию суммы антоцианов в пересчете на цианидин-3-глюкозид определяли на основе изменения поглощения света с длиной волны 510 нм на спектрофотометре Shimadzu UV-1800 при изменении кислотности растворов продукции от 1 до 4,4 ед. рН.

2.7. Технологические циклы получения солода

Для установления роли технологических факторов при солодоращении риса с окрашенным перикарпом сорта «Южная ночь» было проведено несколько циклов получения солода со следующими вариациями:

1. Классический способ, использующийся при производстве ячменного солода. 7 суток проращивания при начальной влажности зерна 42%.
2. Модернизированный способ. 6 суток проращивания с начальной влажностью зерна 47%. Относительно технологии «классического» ячменного солода это радикальное переувлажнение.
3. Модернизированный способ с начальной влажностью 50% и повышенной температурой ращения (для ячменного солода эта влажность была бы технологически неприемлемой). Длительность проращивания 6 суток.
4. Ускоренный способ солодоращения. Длительность процесса трое суток, против стандартных шести-семи суток, повышенная до 25°C температура солодоращения для интенсификации процесса.

Сушка всех образцов осуществлялась единообразно. Подвяливание — 12 часов при 50°C, отсушка — 12 часов при 85°C. Итоговая влажность свежевысушенного солода составляла 4±0,5%

Детально с параметрами получения солода можно ознакомиться в таблице 1.

Таблица 1 - Технологические параметры солодоращения

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.57.11.1>

Параметры солодоращения риса «Южная ночь» классическим способом				
Сутки ращения	Температура, °C	Расход воздуха (суммарный), м ³ /ч на 1 кг зерна	Количество ворошений в сутки	Влажность зерна, %
1	14	0,70	1	42
2	14	0,70	2	42
3	15	0,70	2	42
4	15	0,90	3	42
5	15	0,90	3	41
6	16	0,80	2	41
7	16	0,80	2	41
Параметры солодоращения риса «Южная ночь» модернизированным способом				
1	16	0,83	2	47
2	17	0,83	2	47
3	17	0,83	2	47
4	18	0,83	2	47
5	19	0,83	2	46
6	19	0,83	2	46
Параметры солодоращения риса «Южная ночь» модернизированным способом				
1	18	0,83	2	50
2	18	0,83	2	50
3	19	0,83	2	50
4	20	0,83	2	50
5	20	0,83	2	50

Параметры солодоращения риса «Южная ночь» классическим способом				
6	21	0,83	2	49
Параметры солодоращения риса «Южная ночь» ускоренным способом				
1	24	0,9	2	50
2	25	0,9	3	50
3	25	0,9	3	50

Экспериментальные данные получены с использованием стандартизованных физико-химических методов исследования, трех-пятикратной повторяемостью опытов, а также использованием методов математической статистики для обработки и анализа полученной информации при доверительной вероятности 95%.

Основные результаты

Принципиальное значение для понимания эффективности процесса проращивания имеет способность прорастания зерна. Этот показатель характеризует насколько эффективны выбранные технологические режимы. Результаты измерения всхожести показаны в таблице 2, из которой видно, что наилучший результат оказался у солода с исходной влажностью 50%. Для традиционной солодовенной культуры — ячменя, такой показатель был бы неприемлемым, так настолько большая влажность может привести к торможению биотехнологических процессов. В нашем случае, напротив, повышенная влажность стимулировала процессы роста. Авторы связывают это с природной устойчивостью этой злаковой культуры к повышенному содержанию влаги при его возделывании. Важно учитывать этот фактор при выработке солода из риса с окрашенным перикарпом.

Важнейшим технологическим показателем качества солода является экстрактивность. Именно этот показатель отвечает за потенциал солода для ферментации различных напитков и, в конечном счете, за финансовую сторону вопроса в промышленности. Чем этот показатель больше, тем экономически выгоднее будет использование этого сырья. При этом важно, чтобы экстрактивность входила в нормативы регулирующие этот вид продукции. Для солода это ГОСТ Р 59844-2021 [24].

Экстрактивность полученного по представленным технологиям солода представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели всхожести, экстрактивности, содержания белка в солоде из риса сорта «Южная ночь» при использовании различных технологий

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.57.11.2>

	Рис «Южная ночь» несоложенный	Классическое солодоращение	Модернизированное солодоращение	Модернизированное солодоращение	Короткое солодоращение
Влажность зерна, %	-	42	47	50	50
Способность прорастания, %	-	89	93	95	77
Экстрактивность, %	86,7	77,6	81	82,7	76,5
Концентрация белка, %	8,8	7,5	8,0	8,3	7,5

Из представленных данных видно, что наибольшей экстрактивностью обладает образец, где использовалась модернизированная технология с начальной влажностью замоченного зерна 50%. При этом, если использовалась аналогичная влажность, но применялся ускоренный способ солодоращения, экстрактивность составила 76,5%, что существенно ниже и не укладывается в нормативные показатели [24].

Образцы с начальной влажностью 42% и 47% также показали результаты выше, чем у образца полученного по ускоренному способу, но ниже, чем у модернизированного способа с начальной влажностью 50%.

Для успешного брожения напитков на основе солода немаловажное значение имеет содержание белковых соединений в сырье. Продукты его гидролиза являются питательной базой для дрожжей, белок играет существенную роль в формировании пены и вкусового профиля напитков. Кроме того, его концентрация входит в нормативные показатели качества [24]. Превышение регламентированных показателей ведет к снижению экстрактивности продукта, потенциальным проблемам с фильтруемостью и стабильностью.

В сырье и полученных образцах солода из риса «Южная ночь» было измерено содержание сырого белка. Результаты измерений представлены в таблице 2.

В результате этих измерений было установлено, что все образцы удовлетворяют требованиям нормативов [24], однако наибольшее содержание белка отмечено в образце полученном по модернизированной технологии с начальной

влажностью 50%. Мы рассматриваем этот фактор, как положительный, так как это говорит о хорошем потенциале образцов для последующей ферментации при производстве напитков.

Ключевой интерес при производстве солода из риса с окрашенным перикарпом, представляет содержание в нём фенольных соединений и антоцианов. Именно они по утверждению многих авторов [2], [3], [25], [26] и замыслу этих исследований, должны обеспечить высокую биологическую ценность получаемых из него продуктов. Кроме того они будут придавать получаемой продукции уникальные органолептические свойства.

Результат измерения концентрации этих веществ в образцах полученных по исследуемым технологиям представлен в таблице 3

Таблица 3 - Концентрация фенольных соединений и антоцианов в солоде из риса сорта «Южная ночь» при использовании различных технологий

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.57.11.3>

Наименование показателя	Классическое солодоращение	Модернизированное солодоращение	Модернизированное солодоращение	Короткое солодоращение
Влажность зерна, %	42	47	50	50
Фенольные соединения, мг/г	8,1	8,4	8,4	8,3
Антоцианы, мг/г	3,6	3,9	3,9	3,8

Из представленных данных видно, что концентрация фенольных соединений и антоцианов находится на относительно стабильном уровне и можно считать, что технология получения солода критично на этот показатель не влияет. При этом важно отметить, что полученные численные значения очень высокие 3,6-3,9 мг/г, относительно иного злакового пищевого сырья. Например, в пшенице концентрация антоцианов достигает 0,2 мг/г; в ячмене 0,7 мг/г; в сорго 0,7 мг/г [25], [26].

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что все использованные технологии могут использоваться для получения солода, однако наиболее рациональной технологией представляется вариант с влажностью проращиваемого зерна 50% и длительностью проращивания 6 суток. Так как базовые для солодоращения показатели (способность прорастания, экстрактивность, концентрация белка) находятся, в этом случае, на оптимальном уровне.

Солод из риса с окрашенным перикарпом, полученный по предложенной технологии, обладает физико-химическими свойствами, которые позволяют его считать подходящим сырьем для пищевой промышленности. В нём содержатся фенольные соединения и антоцианы в очень большом количестве, что позволяет рассматривать его в качестве ингредиента для функционального обогащения пищевой продукции.

Полученные результаты могут стать основой для будущих исследований по использованию пигментированных сортов риса для производства крафтового кваса и других напитков с уникальными физико-химическими и питательными свойствами.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

- dos Santos J.P. From brown, red, and black rice to beer: Changes in phenolics, γ -aminobutyric acid, and physicochemical attributes. / J.P. dos Santos, T. dos Santos Acunha, D.N. Prestes et al. // *Cereal Chemistry*. — 2020. — Vol. 97. — № 6. — P. 1148–1157. — URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cche.10335?casa_token=fGVYz2F1js4AAAAA%3A-K6lRXp77ymHta4pf8Rb5-wgGKoLG2uChkDT8fGByR8Grjz7A7NO31_I46gFitWlLbAoUsVfMpu (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1002/cche.10335
- Alves G.H. The revisited levels of free and bound phenolics in rice: Effects of the extraction procedure. / G.H. Alves, C.D. Ferreira, P.G. Vivian et al. // *Food Chemistry*. — 2016. — 208. — P. 116–123. — URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27132831/> (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.03.107
- Das M. Black rice: A comprehensive review on its bioactive compounds, potential health benefits and food applications. / M. Das, U. Dash, S.S. Mahanand et al. // *Food Chemistry Advances*. — 2023. — № 3. — P. 100462. — URL: https://www.researchgate.net/publication/376118600_Black_rice_A_comprehensive_review_on_its_bioactive_compounds_potential_health_benefits_and_food_applications (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1016/j.focha.2023.100462

4. Кисилева Т.Ф. Исследование возможности использования органического стимулятора в производстве пшеничного солода. / Т.Ф. Кисилева, Ю.Ю. Миллер, А.Л. Верещагин и др. // Современная наука и инновации. — 2019. — № 1. — С. 161–167. — URL: <https://pf.ncfu.ru/nauka/nauchnyy-zhurnal-vak/arkhiv/nauchnyy-zhurnal-sovremennaya-nauka-i-innovatsii-vypuski-2019-goda/nauchnyy-zhurnal-sovremennaya-nauka-i-innovatsii-2019-1-25-soderzhanie-vypuska/> (дата обращения: 22.04.25). — DOI: 10.33236/2307-910X-2019-25-1-160-166
5. Кисилева Т.Ф. Исследование возможности применения органического стимулятора в производстве нетрадиционных солодов. / Т.Ф. Кисилева, Ю.Ю. Миллер, А.Л. Верещагин и др. // Пищевая промышленность. — 2019. — № 10. — С. 32–36. — URL: <https://foodprom.ru/journals/pischevaya-promyshlennost/1445-pishchevaya-promyshlennost-10-2019> (дата обращения: 22.04.25). — DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10153
6. Киселева Т.Ф. Совершенствование технологии ржаного солода с применением ферментных препаратов. / Т.Ф. Киселева, В.А. Помозова, А.Н. Кроль // Пиво и напитки. — 2006. — № 2. — С. 22–24. — URL: <https://elibrary.ru/ornamn?ysclid=m9sncv1u75424789297> (дата обращения: 22.04.25).
7. Миллер Ю.Ю. Формирование качественных характеристик соевого солода посредством использования активатора роста органической природы / Ю.Ю. Миллер, Т.Ф. Киселева, Ю.В. Арьшева // Техника и технология пищевых производств. — 2021. — Т. 51. — № 2. — С. 248–259. — URL: <https://vestnik-pses.kemsu.ru/ru/nauka/article/44423/view> (дата обращения: 22.04.25). — DOI: 10.21603/2074-9414-2021-2-248-259
8. Джиенбаева А.А. Методы интенсификации процесса солодоращения. / А.А. Джиенбаева. // Кузбасс: образование, наука, инновации. Молодежный вклад в развитие научно-образовательного центра «Кузбасс»; под ред. Соболева О.А., Ушаков А.Г., Шевченко Р.А. — Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. — С. 132. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49215793&pf=1>. (дата обращения: 22.04.25).
9. Джиенбаева А.А. Совершенствование технологии солода / А.А. Джиенбаева, И.К. Мокшина // Пищевые инновации и биотехнологии; под ред. Просекова А.Ю. — Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. — С. 24–25. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49306256&ysclid=m9sp5wjhc820990408> (дата обращения: 22.04.25).
10. Гребенникова Ю.В. Исследование возможности улучшения качественных характеристик сои посредством ее проращивания с применением органического стимулятора роста / Ю.В. Гребенникова, К.В. Коксина // Пищевые инновации в биотехнологии; под ред. Просекова А.Ю. — Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2018. — С. 34–36. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35043512&pf=1> (дата обращения: 22.04.25).
11. Миллер Ю.Ю. Использование овсяного солода в производстве кваса / Ю.Ю. Миллер // Пищевые инновации и биотехнологии; под ред. Просекова А.Ю. — Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2020. — С. 48–49. — URL: <https://elibrary.ru/emrisq?ysclid=m9sph9o81s547416732> (дата обращения: 22.04.25).
12. Ceppi E.L.M. Experimental studies to obtain rice malt. / E.L.M. Ceppi, O.V. Brenna // Journal of agricultural and food chemistry. — 2010. — Vol. 58. — № 13. — P. 7701–7707. — URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf904534q> (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1021/jf904534q
13. Ceccaroni D. Specialty rice malt optimization and improvement of rice malt beer aspect and aroma. / D. Ceccaroni, V. Sileoni, O. Marconi et al. // Lwt. — 2019. — Vol. 99. — P. 299–305. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643818307928?via%3Dihub> (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1016/j.lwt.2018.09.060
14. Mayer H. Production of a saccharifying rice malt for brewing using different rice varieties and malting parameters. / H. Mayer, O. Marconi, G.F. Regnicoli et al. // Journal of agricultural and food chemistry. — 2014. — Vol. 62. — № 23. — P. 5369–5377. — URL: https://www.researchgate.net/publication/262422499_Production_of_a_Saccharifying_Rice_Malt_for_Brewing_Using_Different_Rice_Varieties_and_Malting_Parameters (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1021/jf501462a
15. Guimaraes B.P. Evaluating the costs of alternative malting grains for market adaptation: a case study on rice malt production in the US. / B.P. Guimaraes, L.L. Nalley, S.R. Lafontaine // npj Sustainable Agriculture. — 2025. — Vol. 3. — № 1. — P. 19. — URL: <https://www.nature.com/articles/s44264-025-00060-6> (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1038/s44264-025-00060-6
16. Moirangthem K. Indian black rice: A brewing raw material with novel functionality. / K. Moirangthem, D. Jenkins, P. Ramakrishna et al. // Journal of the Institute of Brewing. — 2020. — Vol. 126. — № 1. — P. 35–45. — URL: https://www.researchgate.net/publication/337009941_Indian_black_rice_A_brewing_raw_material_with_novel_functionality (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1002/jib.584
17. Mayer H. Development of an all rice malt beer: A gluten free alternative. / H. Mayer, D. Ceccaroni, O. Marconi et al. // LWT-Food Science and Technology. — 2016. — Vol. 67. — P. 67–73. — URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815303297?casa_token=VNheEcGfB4AAAAA:1iSedUUmVczZQ5e47dTw-R4ftaQsephzOUxy6BFAiwh9yJc9-ModPCdYCCgLR7BSuTcqyk (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1016/j.lwt.2015.11.037
18. Нгуен В.Х. Технология получения солода из риса-зерна с применением ЭХА-растворов / В.Х. Нгуен, Р.Г. Разумовская // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2011. — Т. 319. — № 1. — С. 53–55. — URL: <https://ivpt.ru/tocs/319/20/> (дата обращения: 22.04.25).
19. Usansa U. Optimization of malting conditions for two black rice varieties, black non-waxy rice and black waxy rice (*Oryza sativa* L. Indica). / U. Usansa, F. Burberg, E. Geiger et al. // Journal of the Institute of Brewing. — 2011. — Vol. 117. — № 1. — P. 39–46. — URL: https://www.researchgate.net/publication/264473671_Optimization_of_Malting_Conditions_for_Two_Black_Rice_Varieties_Black_Non-Waxy_Rice_and_Black_Waxy_Rice_Oryza_sativa_L_Indica (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1002/j.2050-0416.2011.tb00441.x

20. Кретьова Ю.И. Оптимизация условий получения солода из пивоваренных сортов ячменя с использованием инновационных технологий. / Ю.И. Кретьова // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). — 2015. — № 4 (13). — С. 113–114.
21. Кретьова Ю.И. Разработка инновационных технологических приемов для решения задачи повышения качества солода. / Ю.И. Кретьова // Товаровед продовольственных товаров. — 2015. — № 3. — С. 34–39. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24080493> (дата обращения: 24.04.25).
22. Пинахин И.Д. Инновационные технологии производства светлого солода / И.Д. Пинахин // «Пищевые инновации и биотехнологии» Сборник тезисов VIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых; под ред. Просекова А.Ю. — Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2020. — С. 98–100. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46598023> (дата обращения: 24.04.25).
23. Omelchuk A. Exploring the potential of black rice for malt production. / A. Omelchuk, P. Balanov, I. Smotraeva // E3S Web of Conferences. — 2023. — № 392. — URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2023/29/e3sconf_rse-ii-2023_01030/e3sconf_rse-ii-2023_01030.html (accessed: 24.04.25). — DOI: 10.1051/e3sconf/202339201030
24. ГОСТ 29294-2021 Солод пивоваренный. Технические условия. — Введ. 2022-01-01. — Москва: Российский институт стандартизации, 2021. — 32 с. — URL: <https://clck.ru/3M9wty> (дата обращения: 24.04.25).
25. Zhu F. Anthocyanins in cereals: Composition and health effects. / F. Zhu // Food Research International. — 2018. — № 109. — P. 232–249. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996918302850> (accessed: 24.04.25). — DOI: 10.1016/j.foodres.2018.04.015
26. El-Sayed M.A.-A. Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains. / M.A.-A. El-Sayed, J.Ch. Young, I. Rabalski // Journal of Agricultural and Food Chemistry. — 2006. — № 54 (13). — P. 4696–4704. — URL: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf0606609> (accessed: 24.04.25). — DOI: 10.1021/jf0606609

Список литературы на английском языке / References in English

1. dos Santos J.P. From brown, red, and black rice to beer: Changes in phenolics, γ -aminobutyric acid, and physicochemical attributes. / J.P. dos Santos, T. dos Santos Acunha, D.N. Prestes et al. // Cereal Chemistry. — 2020. — Vol. 97. — № 6. — P. 1148–1157. — URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cche.10335?casa_token=fGVYz2F1js4AAAAA%3A-K6lRXp77ymHta4pf8Rb5-wgGKoLG2uCKDT8fGByR8Grjz7A7NO31__I46gFitWlBaoUsVfMPU (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1002/cche.10335
2. Alves G.H. The revisited levels of free and bound phenolics in rice: Effects of the extraction procedure. / G.H. Alves, C.D. Ferreira, P.G. Vivian et al. // Food Chemistry. — 2016. — 208. — P. 116–123. — URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27132831/> (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.03.107
3. Das M. Black rice: A comprehensive review on its bioactive compounds, potential health benefits and food applications. / M. Das, U. Dash, S.S. Mahanand et al. // Food Chemistry Advances. — 2023. — № 3. — P. 100462. — URL: https://www.researchgate.net/publication/376118600_Black_rice_A_comprehensive_review_on_its_bioactive_compounds_potential_health_benefits_and_food_applications (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1016/j.focha.2023.100462
4. Kisileva T.F. Issledovanie vozmozhnosti ispol'zovaniya organicheskogo stimulyatora v proizvodstve pshenichnogo soloda [Study of the possibility of using an organic stimulant in the production of wheat malt]. / T.F. Kisileva, Yu.Yu. Miller, A.L. Vereshhagin et al. // Modern Science and Innovation. — 2019. — № 1. — P. 161–167. — URL: <https://pf.ncfu.ru/nauka/nauchnyy-zhurnal-vak/arkhiv/nauchnyy-zhurnal-sovremennaya-nauka-i-innovatsii-vypuski-2019-goda/nauchnyy-zhurnal-sovremennaya-nauka-i-innovatsii-2019-1-25-soderzhanie-vypuska/> (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.33236/2307-910X-2019-25-1-160-166 [in Russian]
5. Kisileva T.F. Issledovanie vozmozhnosti primeneniya organicheskogo stimulyatora v proizvodstve netraditsionny'x solodov [Study of the possibility of using an organic stimulant in the production of non-traditional malts]. / T.F. Kisileva, Yu.Yu. Miller, A.L. Vereshhagin et al. // Food industry. — 2019. — № 10. — P. 32–36. — URL: <https://foodprom.ru/journals/pischevaya-promyshlennost/1445-pishchevaya-promyshlennost-10-2019> (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10153 [in Russian]
6. Kiseleva T.F. Sovershenstvovanie tekhnologii rzhanogo soloda s primeneniem fermentny'x preparatov [Improving the technology of rye malt using enzyme preparations]. / T.F. Kiseleva, V.A. Pomozova, A.N. Krol' // Beer and drinks. — 2006. — № 2. — P. 22–24. — URL: <https://elibrary.ru/ornamn?ysclid=m9sncv1u75424789297> (accessed: 22.04.25). [in Russian]
7. Miller Yu.Yu. Formirovaniye kachestvennykh kharakteristik soevogo soloda posredstvom ispol'zovaniya aktivatora rosta organicheskoi prirodi [Formation of quality characteristics of soy malt by using an organic growth activator] / Yu.Yu. Miller, T.F. Kiseleva, Yu.V. Arisheva // Tekhnika i tekhnologiya pishchevikh proizvodstv [Food Processing: Techniques and Technology]. — 2021. — Vol. 51. — № 2. — P. 248–259. — URL: <https://vestnik-pses.kemsu.ru/ru/nauka/article/44423/view> (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.21603/2074-9414-2021-2-248-259 [in Russian]
8. Dzhienbaeva A.A. Metody' intensivatsii processa solodorashheniya [Methods of intensifying the malting process]. / A.A. Dzhienbaeva. // Kuzbass: education, science, innovation. Youth contribution to the development of the scientific and educational center "Kuzbass"; edited by Soboleva O.A., Ushakov A.G., Shevchenko R.A. — Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. — P. 132. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49215793&pff=1>. (accessed: 22.04.25). [in Russian]
9. Dzhienbaeva A.A. Sovershenstvovanie tekhnologii soloda [Improving malt technology] / A.A. Dzhienbaeva, I.K. Mokshina // Food Innovations and Biotechnology; edited by Prosekova A. Yu. — Кемерово: Кемерово State University, 2022. — P. 24–25. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49306256&ysclid=m9sp5wjhc820990408> (accessed: 22.04.25). [in Russian]
10. Grebennikova Yu.V. Issledovanie vozmozhnosti uluchsheniya kachestvennykh kharakteristik soi posredstvom yee prorashchivaniya s primeneniem organicheskogo stimulyatora rosta [Study of the possibility of improving the quality

- characteristics of soybeans by means of their germination using an organic growth stimulator] / Yu.V. Grebennikova, K.V. Koksina // *Food Innovations in Biotechnology*; edited by Prosekova A.Yu. — Kemerovo: Kemerovo State University, 2018. — P. 34–36. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35043512&pff=1> (accessed: 22.04.25). [in Russian]
11. Miller Yu.Yu. Ispolzovanie ovyanogo soloda v proizvodstve kvasa [Using oat malt in kvass production] / Yu.Yu. Miller // *Food Innovations and Biotechnology*; edited by Prosekova A.Yu. — Kemerovo: Kemerovo State University, 2020. — P. 48–49. — URL: <https://elibrary.ru/emrisq?ysclid=m9sph9o81s547416732> (accessed: 22.04.25). [in Russian]
12. Ceppi E.L.M. Experimental studies to obtain rice malt. / E.L.M. Ceppi, O.V. Brenna // *Journal of agricultural and food chemistry*. — 2010. — Vol. 58. — № 13. — P. 7701–7707. — URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf904534q> (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1021/jf904534q
13. Ceccaroni D. Specialty rice malt optimization and improvement of rice malt beer aspect and aroma. / D. Ceccaroni, V. Sileoni, O. Marconi et al. // *Lwt*. — 2019. — Vol. 99. — P. 299–305. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643818307928?via%3Dihub> (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1016/j.lwt.2018.09.060
14. Mayer H. Production of a saccharifying rice malt for brewing using different rice varieties and malting parameters. / H. Mayer, O. Marconi, G.F. Regnicoli et al. // *Journal of agricultural and food chemistry*. — 2014. — Vol. 62. — № 23. — P. 5369–5377. — URL: https://www.researchgate.net/publication/262422499_Production_of_a_Saccharifying_Rice_Malt_for_Brewing_Using_Different_Rice_Varieties_and_Malting_Parameters (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1021/jf501462a
15. Guimaraes B.P. Evaluating the costs of alternative malting grains for market adaptation: a case study on rice malt production in the US. / B.P. Guimaraes, L.L. Nalley, S.R. Lafontaine // *npj Sustainable Agriculture*. — 2025. — Vol. 3. — № 1. — P. 19. — URL: <https://www.nature.com/articles/s44264-025-00060-6> (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1038/s44264-025-00060-6
16. Moirangthem K. Indian black rice: A brewing raw material with novel functionality. / K. Moirangthem, D. Jenkins, P. Ramakrishna et al. // *Journal of the Institute of Brewing*. — 2020. — Vol. 126. — № 1. — P. 35–45. — URL: https://www.researchgate.net/publication/337009941_Indian_black_rice_A_brewing_raw_material_with_novel_functionality (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1002/jib.584
17. Mayer H. Development of an all rice malt beer: A gluten free alternative. / H. Mayer, D. Ceccaroni, O. Marconi et al. // *LWT-Food Science and Technology*. — 2016. — Vol. 67. — P. 67–73. — URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815303297?casa_token=VNheEcGfaB4AAAAA:1iSedUUmVczZQ5e47dTw-R4ftaQsephzOUxy6BFAiwh9yJc9-ModPCdYCCgLR7BSuTcyk (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1016/j.lwt.2015.11.037
18. Nguen V.Kh. Tekhnologiya polucheniya soloda iz risa-zerna s primeneniem EKha-rastvorov [Technology of obtaining malt from rice grain using ECA solutions] / V.Kh. Nguen, R.G. Razumovskaya // *Izvestiya visshikh uchebnikh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Food technology]. — 2011. — Vol. 319. — № 1. — P. 53–55. — URL: <https://ivpt.ru/tocs/319/20/> (accessed: 22.04.25). [in Russian]
19. Usansa U. Optimization of malting conditions for two black rice varieties, black non-waxy rice and black waxy rice (*Oryza sativa* L. *Indica*). / U. Usansa, F. Burberg, E. Geiger et al. // *Journal of the Institute of Brewing*. — 2011. — Vol. 117. — № 1. — P. 39–46. — URL: https://www.researchgate.net/publication/264473671_Optimization_of_Malting_Conditions_for_Two_Black_Rice_Varieties_Black_Non-Waxy_Rice_and_Black_Waxy_Rice_Oryza_sativa_L_Indica (accessed: 22.04.25). — DOI: 10.1002/j.2050-0416.2011.tb00441.x
20. Kretova Yu.I. Optimizatsiya uslovij polucheniya soloda iz pivovarenyx sortov yachmenya s ispol'zovaniem innovatsionnyx texnologij [Optimization of conditions for obtaining malt from brewing barley varieties using innovative technologies]. / Yu.I. Kretova // *Eurasian Union of Scientists (EUS)*. — 2015. — № 4 (13). — P. 113–114. [in Russian]
21. Kretova Yu.I. Razrabotka innovatsionnyx texnologicheskix priemov dlya resheniya zadachi povysheniya kachestva soloda [Development of innovative technological methods to solve the problem of improving the quality of malt]. / Yu.I. Kretova // *Food commodity specialist*. — 2015. — № 3. — P. 34–39. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24080493> (accessed: 24.04.25). [in Russian]
22. Pinakhin I.D. Innovatsionnie tekhnologii proizvodstva svetlogo soloda [Innovative technologies for the production of light malt] / I.D. Pinakhin // "Food Innovations and Biotechnology" Collection of Abstracts of the VIII International Scientific Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists; edited by Prosekova A.Yu. — Kemerovo: Kemerovo State University, 2020. — P. 98–100. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46598023> (accessed: 24.04.25). [in Russian]
23. Omelchuk A. Exploring the potential of black rice for malt production. / A. Omelchuk, P. Balanov, I. Smotraeva // *E3S Web of Conferences*. — 2023. — № 392. — URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2023/29/e3sconf_rse-ii-2023_01030/e3sconf_rse-ii-2023_01030.html (accessed: 24.04.25). — DOI: 10.1051/e3sconf/202339201030
24. GOST 29294-2021 Solod pivovarennii. Tekhnicheskie usloviya. [GOST 29294-2021 Brewing malt. General specifications] — Introduced 2022-01-01. — Moscow: Rossiiskii institut standartizatsii, 2021. — 32 p. — URL: <https://clck.ru/3M9wty> (accessed: 24.04.25). [in Russian]
25. Zhu F. Anthocyanins in cereals: Composition and health effects. / F. Zhu // *Food Research International*. — 2018. — № 109. — P. 232–249. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996918302850> (accessed: 24.04.25). — DOI: 10.1016/j.foodres.2018.04.015
26. El-Sayed M.A.-A. Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains. / M.A.-A. El-Sayed, J.Ch. Young, I. Rabalski // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. — 2006. — № 54 (13). — P. 4696–4704. — URL: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf0606609> (accessed: 24.04.25). — DOI: 10.1021/jf0606609