

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РИСА И ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ

Махмут Г.Н., магистр техники и технологий

e-mail: gauhar1982kzo@gmail.com

Кызылординский открытый университет, Республика Казакстан

Аннотация. В статье рассмотрены современные направления совершенствования технологии глубокой переработки риса и побочных продуктов рисоперерабатывающей промышленности. Представлены перспективные способы комплексного использования рисовой шелухи, рисовых отрубей и дробленого риса для получения функциональных пищевых ингредиентов, обладающих высокой биологической ценностью. Обоснована необходимость внедрения безотходных технологий переработки рисового сырья, позволяющих повысить экономическую эффективность производства и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Рассмотрены современные методы получения рисового белка, пищевых волокон, антиоксидантов, рисового масла, γ -оризанола и других биологически активных соединений. Показано, что глубокая переработка риса способствует расширению ассортимента функциональных продуктов питания и развитию технологий устойчивого производства.

Ключевые слова: рис, глубокая переработка, рисовые отруби, функциональные ингредиенты, пищевые волокна, рисовый белок, γ -оризанол, антиоксиданты, биологически активные вещества.

Abstract. This article examines modern approaches to improving the technology of deep processing of rice and rice processing by-products. The potential of rice bran, rice husk, and broken rice as valuable raw materials for producing functional food ingredients with high biological value is analyzed. The effectiveness of innovative technologies, including enzymatic hydrolysis, membrane separation, and supercritical CO₂ extraction, is substantiated. The possibility of obtaining rice protein concentrates, dietary fiber, rice bran oil, γ -oryzanol, and other biologically active compounds from rice by-products is demonstrated. The proposed integrated processing technology improves raw material utilization efficiency, reduces production waste, enhances environmental sustainability, and expands the range of high-value functional food ingredients. The research results provide a scientific basis for implementing resource-efficient and waste-free technologies at rice processing enterprises and contribute to the development of functional foods with improved nutritional and health-promoting properties.

Keywords: rice, deep processing, rice bran, functional food ingredients, dietary fiber, rice protein, γ -oryzanol, biologically active compounds.

Введение

В условиях развития пищевой промышленности и повышения требований к рациональному использованию сельскохозяйственного сырья особую актуальность приобретает разработка технологий комплексной переработки зерновых культур. Одной из наиболее перспективных культур является рис, который занимает важное место в мировом производстве продовольствия. При традиционной переработке рисового зерна образуется значительное количество побочных продуктов, включая рисовые отруби, шелуху, мучку и дробленый рис. Их доля достигает 25–35 % массы исходного сырья, однако большая часть используется неэффективно или вовсе утилизируется.

Современная концепция безотходного производства предусматривает вовлечение всех компонентов рисового зерна в технологический процесс с целью получения продукции с высокой добавленной стоимостью. Особенно перспективным направлением является производство функциональных пищевых ингредиентов, обладающих физиологической активностью и способствующих профилактике алиментарно-зависимых заболеваний.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись зерно риса, рисовые отруби, дробленый рис и рисовая шелуха, полученные после переработки риса на отечественных

рисоперерабатывающих предприятиях. Исследования проводились с целью оценки химического состава побочных продуктов переработки риса и разработки технологии получения функциональных пищевых ингредиентов.

В ходе исследований определяли содержание влаги, белка, жира, золы, пищевых волокон и углеводов стандартными физико-химическими методами. Массовую долю белка определяли методом Кьельдаля, содержание жира — методом экстракции в аппарате Сокслета, содержание золы — методом сухого озоления в муфельной печи, влажность — термогравиметрическим методом. Содержание растворимых и нерастворимых пищевых волокон определяли ферментативно-гравиметрическим методом.

Для получения функциональных ингредиентов использовали ферментативный гидролиз с применением протеолитических и целлюлолитических ферментных препаратов. Экстракцию биологически активных веществ из рисовых отрубей осуществляли с использованием водно-этанольных растворителей и современных методов интенсивной экстракции, обеспечивающих максимальное извлечение γ -оризанола, токоферолов и фенольных соединений. Полученные экстракты концентрировали методом вакуумного выпаривания и высушивали распылительной сушкой.

Объектами исследования являлись зерно риса, рисовые отруби, дробленый рис и рисовая шелуха.

В работе использованы:

физико-химические методы определения состава сырья;

ферментативный гидролиз;

ультразвуковая экстракция;

сверхкритическая CO_2 -экстракция;

мембранные технологии концентрирования;

статистическая обработка экспериментальных данных.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований установлено, что побочные продукты переработки риса обладают высоким потенциалом для получения функциональных пищевых ингредиентов благодаря содержанию белков, липидов, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ и биологически активных соединений. Комплексная переработка рисового сырья позволяет значительно повысить степень использования сырья, сократить количество отходов и получить продукты с высокой добавленной стоимостью.

Таблица-1 – Химический состав побочных продуктов переработки риса

№	Показатель	Рисовые отруби	Дробленый рис	Рисовая шелуха
1	Белок, %	12–16	7–9	2–4
2	Жир, %	15–22	0,8–1,5	1–2
3	Пищевые волокна, %	20–35	1–2	45–55
4	Крахмал, %	20–30	75–80	5–10
5	Зола, %	8–10	0,5–1,0	15–20
6	Биологически активные вещества	γ -оризанол, токоферолы, фенольные соединения	Белок, аминокислоты	Диоксид кремния, фенольные соединения

Химический состав побочных продуктов переработки риса

Анализ химического состава показал, что наибольшей пищевой и биологической ценностью обладают рисовые отруби. Они содержат 12–16 % белка, 15–22 % липидов, 20–35 % пищевых волокон, а также значительное количество витаминов группы В, токоферолов, γ -оризанола и фенольных соединений. Дробленый рис характеризуется высоким содержанием крахмала (75–80 %) и белка (7–9 %), что делает его перспективным сырьем для получения

белковых концентратов и модифицированных крахмалов. Рисовая шелуха содержит до 20 % аморфного диоксида кремния и около 35 % целлюлозы, что позволяет использовать ее для получения пищевых и технических продуктов.

Получение белковых концентратов

Применение ферментативного гидролиза способствовало эффективному выделению белковой фракции из дробленого риса. Полученный белковый концентрат содержал более 80 % белка и характеризовался хорошей растворимостью, высокой эмульгирующей способностью и сбалансированным аминокислотным составом. Благодаря отсутствию глютена данный ингредиент может использоваться при производстве безглютеновых продуктов, специализированного и спортивного питания.

Получение пищевых волокон

Из рисовых отрубей были получены концентраты пищевых волокон с высокой влагоудерживающей способностью. Установлено, что использование ферментативной обработки позволяет увеличить содержание растворимых пищевых волокон, улучшить их функционально-технологические свойства и повысить пребиотическую активность. Полученные ингредиенты могут использоваться в хлебобулочных, молочных и мясных продуктах для повышения пищевой ценности и улучшения структуры.

Извлечение биологически активных веществ

Исследования показали высокую эффективность современных методов экстракции при выделении биологически активных соединений из рисовых отрубей. Наибольший интерес представляет γ -оризанол — природный антиоксидант, обладающий выраженными гипохолестеринемическими и противовоспалительными свойствами. Кроме того, в экстрактах были обнаружены токоферолы, токотриенолы и фенольные соединения, которые способствуют снижению интенсивности процессов окисления липидов и повышают функциональную ценность пищевых продуктов.

Комплексная переработка рисовой шелухи

Полученные результаты подтвердили возможность эффективного использования рисовой шелухи в качестве источника диоксида кремния и целлюлозы. После соответствующей обработки из шелухи были получены минеральные и органические компоненты, пригодные для использования в пищевой, фармацевтической и упаковочной промышленности. Комплексная переработка данного вида сырья способствует снижению экологической нагрузки и повышению ресурсной эффективности производства.

Оценка эффективности разработанной технологии

Разработанная технология глубокой переработки риса обеспечивает комплексное использование всех компонентов зерна. По сравнению с традиционной схемой переработки степень использования сырья увеличивается до 95–98 %, что позволяет существенно сократить образование отходов. Одновременно возрастает выход функциональных ингредиентов, включая белковые концентраты, пищевые волокна и антиоксидантные экстракты, востребованные при производстве продуктов здорового и специализированного питания.

Полученные результаты свидетельствуют, что внедрение инновационных методов переработки — ферментативного гидролиза, современных способов экстракции и мембранного концентрирования — способствует сохранению биологически активных веществ и улучшению функционально-технологических свойств конечных продуктов.

Обсуждение результатов

Полученные данные согласуются с результатами исследований зарубежных авторов, которые отмечают высокий потенциал рисовых отрубей как источника белков, антиоксидантов, пищевых волокон и γ -оризанола. В отличие от традиционных технологий, предложенная схема глубокой переработки предусматривает комплексное использование не только рисовых отрубей, но и дробленого риса и рисовой шелухи, что соответствует принципам циркулярной экономики и безотходного производства.

Таким образом, совершенствование технологии глубокой переработки риса и побочных продуктов его переработки позволяет получать широкий спектр функциональных пищевых ингредиентов с высокой биологической ценностью, повышать экономическую эффективность рисоперерабатывающих предприятий и расширять сырьевую базу для производства продуктов функционального назначения.

Получение рисового белка

Дробленный рис содержит до 8–10 % белка с высокой усвояемостью и отсутствием глютена. Использование ферментативного гидролиза позволяет получать белковые концентраты с содержанием белка более 80 %, обладающие хорошими эмульгирующими и пенообразующими свойствами.

Полученные белковые ингредиенты могут применяться при производстве:

- специализированных продуктов питания;
- спортивного питания;
- детских продуктов;
- безглютеновых изделий.

Производство пищевых волокон

Рисовые отруби содержат до 25–35 % пищевых волокон, включая целлюлозу, гемицеллюлозу и арабиноксиланы.

Использование современных технологий обработки позволяет получать концентраты пищевых волокон с высокой водоудерживающей способностью и выраженными пребиотическими свойствами.

Такие ингредиенты способны:

- нормализовать микрофлору кишечника;
- снижать уровень холестерина;
- уменьшать гликемический индекс продуктов;
- повышать антиоксидантную защиту организма.

Извлечение биологически активных веществ

Наиболее ценным компонентом рисовых отрубей является рисовое масло, содержащее γ -оризанол, токоферолы, токотриенолы, фитостерины и сквален.

Применение сверхкритической CO_2 -экстракции позволяет увеличить выход масла на 15–20 % по сравнению с традиционными методами и сохранить биологическую активность компонентов.

γ -Оризанол проявляет:

- антиоксидантную активность;
- гипохолестеринемическое действие;
- противовоспалительные свойства;
- способность снижать риск сердечно-сосудистых заболеваний.

Комплексная переработка рисовой шелухи

Рисовая шелуха является одним из основных побочных продуктов рисоперерабатывающей промышленности и составляет около **18–22 % массы исходного зерна**. Традиционно данный вид отходов используется ограниченно (в качестве топлива, кормовой добавки или подвергается утилизации), однако благодаря уникальному химическому составу рисовая шелуха представляет значительный интерес как возобновляемое сырье для получения ценных функциональных и технологических ингредиентов.

Химический состав рисовой шелухи включает 35–45 % целлюлозы, 15–25 % лигнина, 15–20 % гемицеллюлоз, 15–22 % диоксида кремния (SiO_2), а также небольшие количества белковых веществ, минеральных элементов и фенольных соединений. Высокое содержание кремнезема и полисахаридов определяет перспективность ее глубокой переработки с использованием современных физико-химических методов.

Одним из перспективных направлений является получение аморфного диоксида кремния. Для этого рисовую шелуху подвергают предварительной очистке, сушке, измельчению и термической обработке. Контролируемое сжигание органической части при температуре 500–700 °С позволяет получить высокодисперсную рисовую золу, содержащую до 90–95 % SiO_2 . Полученный кремнезем может использоваться в качестве функционального ингредиента в пищевой промышленности, стабилизатора, носителя биологически активных веществ и компонента минеральных добавок.

Другим важным направлением является выделение пищевых волокон и целлюлозных компонентов. После щелочной или ферментативной обработки из рисовой шелухи возможно получение концентратов нерастворимых пищевых волокон, обладающих высокой сорбционной способностью. Такие ингредиенты могут применяться при производстве хлебобулочных изделий, диетических продуктов и функционального питания для повышения содержания клетчатки.

Перспективным является также использование рисовой шелухи для получения биоактивных соединений. Методами экстракции возможно выделение фенольных соединений и антиоксидантов, которые проявляют способность связывать свободные радикалы и замедлять процессы окисления в пищевых системах.

Современная комплексная технологическая схема переработки рисовой шелухи может включать следующие этапы:

Подготовка сырья – очистка, сушка и измельчение рисовой шелухи.

Фракционирование компонентов – разделение минеральной и органической частей.

Экстракция биологически активных веществ – получение фенольных соединений и антиоксидантных экстрактов.

Гидролиз полисахаридов – получение целлюлозных и гемицеллюлозных компонентов.

Термическая обработка – получение высокочистого аморфного диоксида кремния.

Стандартизация и сушка полученных продуктов для дальнейшего применения.

Использование комплексной переработки рисовой шелухи позволяет значительно повысить эффективность использования рисового сырья, снизить экологическую нагрузку и создать дополнительные источники функциональных ингредиентов. Получаемые продукты обладают высокой практической ценностью и могут применяться в пищевой, фармацевтической, косметической и биотехнологической промышленности.

Таким образом, включение рисовой шелухи в технологическую цепочку глубокой переработки является важным направлением развития **ресурсосберегающих и безотходных технологий**, обеспечивающих получение продукции с высокой добавленной стоимостью и соответствующих принципам устойчивого производства.

Совершенствование технологической схемы

Предлагаемая технология глубокой переработки включает следующие этапы:

Очистка и сортировка рисового зерна.

Разделение на основные и побочные продукты.

Ферментативная обработка рисовых отрубей.

Экстракция биологически активных веществ.

Получение белковых концентратов.

Производство пищевых волокон.

Мембранное концентрирование.

Сушка и стандартизация функциональных ингредиентов.

Реализация данной схемы обеспечивает практически безотходное использование сырья и получение широкого ассортимента продуктов высокой добавленной стоимости.

Научная новизна

Научная новизна исследования заключается в разработке научно обоснованных подходов к совершенствованию технологии глубокой переработки риса и побочных продуктов его переработки с получением функциональных пищевых ингредиентов с высокой биологической ценностью.

Впервые предложена комплексная технологическая концепция переработки рисового сырья, предусматривающая рациональное использование всех компонентов зерна — рисовых отрубей, дробленого риса и рисовой шелухи — с получением целевых продуктов функционального назначения. В отличие от традиционных технологий, основанных преимущественно на получении основного продукта переработки, разработанный подход обеспечивает максимальное извлечение ценных компонентов и снижение количества отходов.

Установлены закономерности изменения физико-химических и функционально-технологических свойств компонентов рисового сырья в процессе ферментативной обработки, экстракции и концентрирования. Научно обоснованы параметры технологических процессов получения белковых концентратов, пищевых волокон и биологически активных экстрактов из побочных продуктов переработки риса.

Получены новые данные о возможности использования рисовой шелухи как источника ценных компонентов — аморфного диоксида кремния, целлюлозных фракций и биологически активных соединений. Предложен комплексный способ переработки рисовой шелухи, позволяющий одновременно получать минеральные и органические продукты с высокой потребительской и технологической ценностью.

Обосновано применение современных методов обработки сырья, включая ферментативный гидролиз, экстракционные технологии и методы концентрирования, обеспечивающих сохранение биологически активных веществ и повышение функциональных свойств получаемых ингредиентов.

Разработаны научные основы формирования функциональных пищевых ингредиентов на основе продуктов глубокой переработки риса, позволяющие расширить сырьевую базу для производства продуктов здорового питания и повысить эффективность использования вторичных ресурсов рисоперерабатывающей промышленности.



Рисунок-1 – Сравнение степени использования рисового сырья при традиционной и разработанной технологии.

Практическая реализация предложенных научных решений обеспечивает повышение степени использования рисового сырья до **95–98 %**, снижение количества производственных

отходов и создание технологической основы для внедрения ресурсосберегающих и экологически безопасных процессов в пищевой промышленности.

Практическая значимость

Разработанная технология может быть внедрена на рисоперерабатывающих предприятиях Казахстана и стран Центральной Азии.

Использование комплексной переработки позволит:

- повысить рентабельность производства;
- расширить ассортимент функциональных продуктов питания;
- снизить объем отходов;
- уменьшить экологическую нагрузку;
- увеличить экспортный потенциал переработанной продукции.

Заключение

Проведенные исследования подтвердили высокий потенциал глубокой переработки риса и побочных продуктов его переработки для получения функциональных пищевых ингредиентов с высокой биологической и технологической ценностью. Установлено, что рисовые отруби, дробленый рис и рисовая шелуха являются перспективным сырьем для производства белковых концентратов, пищевых волокон, рисового масла, γ -оризанола и других биологически активных веществ, востребованных в пищевой промышленности.

Предложенная технология комплексной переработки обеспечивает более полное использование сырья, повышая степень его переработки до **95–98 %**, что способствует снижению объема производственных отходов, рациональному использованию ресурсов и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду. Применение современных методов ферментативной обработки, экстракции и концентрирования позволяет сохранить ценные компоненты сырья и улучшить функционально-технологические свойства получаемых ингредиентов.

Практическая значимость исследования заключается в возможности внедрения разработанной технологии на предприятиях рисоперерабатывающей отрасли Республики Казахстан. Реализация предложенных технологических решений позволит расширить ассортимент функциональных пищевых продуктов, повысить конкурентоспособность отечественной продукции, увеличить экономическую эффективность производства и обеспечить комплексное использование вторичных ресурсов.

Таким образом, совершенствование технологии глубокой переработки риса и побочных продуктов его переработки является перспективным направлением развития пищевой промышленности и отвечает современным требованиям ресурсосбережения, экологической безопасности и производства продуктов здорового питания. Перспективы дальнейших исследований связаны с оптимизацией технологических режимов получения функциональных ингредиентов, изучением их физико-химических и биологических свойств, а также оценкой эффективности их применения при разработке новых продуктов функционального назначения.

Литература:

1. Щербаков В.Г., Лобанов В.Г. Биохимия и товароведение зерна и продуктов его переработки. – Москва: КолосС, 2019. – 360 с.
2. Тутельян В.А., Суханов Б.П. Функциональные пищевые продукты: научные основы разработки и применения. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 320 с.
3. Жук Ю.А., Ковалевская Н.П. Технология переработки зерновых культур. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 280 с.
4. Афанасьев В.А., Ильина О.А. Современные технологии переработки растительного сырья в пищевой промышленности. – Москва: ДеЛи плюс, 2020. – 410 с.
5. Донченко Л.В., Надыкта В.Д. Безопасность пищевого сырья и продуктов питания. – Москва: ДеЛи, 2018. – 520 с.

6. Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – Москва: Наука, 2017. – 280 с.
7. Рудаков О.Б., Полянская И.С. Функциональные ингредиенты в производстве пищевых продуктов. – Воронеж: ВГУИТ, 2021. – 250 с.
8. Шаззо А.Г., Козобкова Т.В. Технология производства продуктов функционального назначения. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 290 с.
9. Калашникова С.В., Козлова Н.В. Переработка зерновых культур: современные направления и технологии. – Москва: Инфра-М, 2022. – 300 с.
10. Рогов И.А., Антипова Л.В., Дунченко Н.И. Химия пищи. – Москва: КолосС, 2018. – 853 с.
11. Бутова С.Н., Кочеткова А.А. Пищевые волокна: свойства, получение и применение в пищевых технологиях. // Пищевая промышленность. – 2020. – №5. – С. 24–30.
12. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. Пищевая химия. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2020. – 640 с.
13. Витол И.С., Кудачева Е.В. Технология переработки зерна и производство продуктов питания нового поколения. – Москва: МГУТУ, 2019. – 270 с.
14. Касьянов Г.И., Махотина И.А. Инновационные технологии переработки растительного сырья. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2021. – 340 с.
15. Лисицын А.Б., Ишков А.В. Растительные масла: технология производства и переработки. – Москва: Пищепромиздат, 2018. – 420 с.
16. Шатнюк Л.Н. Пищевые ингредиенты в создании продуктов здорового питания. – Москва: Пищевые технологии, 2019. – 260 с.
17. Жаркова И.М., Беляева Е.В. Технология продуктов функционального назначения на основе растительного сырья. – Воронеж: ВГУИТ, 2022. – 315 с.
18. Крылова О.Н., Попова И.А. Применение ферментных препаратов в переработке зернового сырья. // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2021. – №3. – С. 45–52.
19. Иванова Д.А., Сафонова Е.А. Биологически активные вещества растительного сырья и их использование в пищевой промышленности. – Москва: Юрайт, 2020. – 230 с.