

Экстракция целлюлозы из отходов рисовой шелухи

А.С. Балтабай^{1,2*}, А.Т. Таурбеков^{1,2}, А.А. Имаш^{1,2}, Б.Б. Кайдар^{1,2},
Г.Т. Смагулова^{1,2}, Weon-Вае Ко³, З.А. Мансуров^{1,2}

¹КазНУ им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан

²Институт проблем горения, ул. Богенбай батыра, 172, Алматы, Казахстан

³Sahmyook University, 815 Хваран-ро, Новон-гу, Сеул, Южная Корея

АННОТАЦИЯ

Поиск альтернативных источников целлюлозы обоснован высоким спросом на данный вид сырья. Целлюлоза, полученная из отходов растений, обладает огромным потенциалом в качестве альтернативы синтетическим волокнам и наполнителям. Целью настоящего исследования было проведение опытов по экстракции целлюлозы из рисовой шелухи с использованием химико-термической обработки. Процесс экстракции целлюлозы из рисовой шелухи проводили в растворе NaOH, при котором происходит мацерация волокон. Было исследовано влияние концентраций (2 М, 5 М, 10 М), времени экстракции (60, 120, 180 минут) и температуры 60, 90, 120 °С на выход и структуру целлюлозы. Экстрагированные целлюлозные волокна были охарактеризованы с использованием ЭДРС-анализа, оптической и сканирующей электронной микроскопии, инфракрасного анализа с преобразованием Фурье. Основываясь на свойствах волокон, ожидается, что волокна из рисовой шелухи могут быть пригодны для использования в различных областях применения, подобно широко применяемому в настоящее время целлюлозным волокнам.

Ключевые слова: рисовая шелуха, целлюлоза, волокна, химико-термическая обработка, щелочная варка, экстракция.

1. Введение

В условиях роста загрязнения окружающей среды развитие зеленых и ресурсосберегающих технологий является приоритетным направлением науки и техники. Растительные отходы в виде опавших листьев или рисовой шелухи (РШ), не имеющих коммерческой ценности, являются одними из потенциальных видов сырья, которые могут быть использованы при получении целлюлозных волокон.

Сельскохозяйственные отходы, включая рисовую шелуху, как и другие растительные отходы, имеют неограниченное содержание целлюлозы. Нерациональная утилизация ценных растительных отходов представляет собой важную экологическую задачу, в частности для сельскохозяйственных регионов страны. В настоящее время ценные растительные ресурсы в виде рисовой шелухи не утилизируются, в частности из-за ограниченного изучения процессов их переработки. При

сжигании растительных отходов в атмосферу выделяются токсичные соединения, которые наносят вред окружающей среде.

На сегодняшний день во многих лабораториях мира проводятся исследования по получению целлюлозы из нетрадиционных сырьевых источников. Целлюлозные волокна на растительной основе благодаря своей доступности в больших объемах, низкой стоимости и способности к биологическому разложению являются уникальным продуктом с высоким потенциалом применения в различных сферах деятельности. Таким образом, целлюлозные волокна, а также композиционные материалы на их основе широко применяются при производстве инновационных строительных материалов [1-3], в автомобилестроении [4], а также в производстве биоупаковок [5-7].

Целлюлозные волокна, являясь универсальным природным биополимером, обладают потенциалом замены синтетического волокна. Данное исследование посвящено потенциалу извлечения

и характеристике целлюлозных волокон, полученных из отходов растительного сырья.

Волокна из растительных отходов, такие как: черешки финиковой пальмы [8], кукурузные кисти [9], солома [10], жмых сахарного тростника [11], опавшие листья карагача [12], вяза [13] и бамбука [14], были исследованы в качестве потенциальных прекурсоров для производства целлюлозных волокон. Для производства целлюлозных волокон рекомендуются механические и химические способы, но ключевым способом является механическая обработка: измельчение [15], обработка ультразвуком [16], рафинирование [17], гомогенизация под давлением [18], микрофлюидизация [19] и обработка в шаровой мельнице [20].

При механической обработке происходит расщепление целлюлозных волокон, разрушающее структуру целлюлозных фибрилл под воздействием высоких сил сдвига на архитектуру целлюлозы. Для того, чтобы повысить эффективность экстракции целлюлозных волокон и облегчить удаление нецеллюлозных компонентов можно комбинировать механические и химические способы, позволяющие получить низкоразмерные целлюлозные волокна, которые в свою очередь усиливают прочность конечного продукта.

Необходимо отметить, что данные способы имеют своеобразные недостатки, к примеру, в известных химических методах обработки, таких как ТЕМПО-окисление (TEMPO-oxidation), карбоксилирование [21], сульфирование [22], фосфорилирование [23], этерификация [24] используют опасные реактивы, но при этом они дают положительный результат. В работе [25] описан способ получения нанофибриллированной целлюлозы путем сочетания ферментативной и механической предварительной обработки. Авторы статьи утверждают, что эффективность процесса ограничивают способы обработки.

Таким образом, разработка новых подходов к переработке вторичного целлюлозного сырья имеет высокий потенциал применения. В представленном исследовании целлюлозные волокна были получены химико-термической обработкой рисовой шелухи с применением раствора гидроксида натрия (NaOH).

2. Экспериментальная часть

Процесс экстракции целлюлозной массы из отходов растительного сырья включает в себя несколько основных этапов, таких как предпод-

готовка сырья (промывка, измельчение, гомогенизация), щелочная варка, промывка, ультразвуковая обработка и сушка.

2.1 Характеристика растительного сырья

Определение содержания альфа-целлюлозы в исходном сырье проводилось согласно ГОСТу 6840-78. Определение показателей зольности отобранных видов сырья проводилось согласно ГОСТу 18461-93. Число Каппа образцов было определено в соответствии с ГОСТом 10070-74. Содержание сухого вещества в образцах определяли в соответствии с ГОСТом 16932-93.

2.2 Механическая обработка растительного сырья

Для предварительной очистки исходного материала от мелких механических примесей в виде грязи, пыли и других твердых отходов сырье измельчали на мельнице Stegler LM-250 в течение 30 мин до размерности (0,5–1 мм). Полученный материал массой 10 грамм далее диспергировали в 2 л дистиллированной воды и подвергали гомогенизации с использованием турбулентного смесителя Silverson L5M-A при 6000 оборотах в минуту в течение 15 мин.

2.3 Химико-термическая обработка растительного сырья

После механической обработки 5 г гомогенизированного сырья смешивали с раствором NaOH в концентрациях 2, 5 и 10 М в объеме 100 мл. Соотношение сырья и жидкости составляло 1:20. Смесь тщательно перемешивали. Для оценки воздействия температуры и времени выдержки на степень делигнификации проводили исследования при следующих условиях: температура выдержки – 60, 90 и 120 °С, а также время выдержки – 60, 120 и 180 минут соответственно. В таблице 1 представлены сводные данные о параметрах химико-термической обработки растительного сырья (РШ) и значения массовых потерь. Процесс выдерживания при указанных значениях температуры и времени проводили при постоянном перемешивании на магнитной мешалке IKA RW 16 basic. В ходе химико-термической обработки происходило разрушение целлюлозы, находящейся в сырье.

Завершающим этапом была очистка полученной целлюлозной массы. Целлюлозную массу

Таблица 1. Основные показатели растительного сырья (рисовая шелуха) для оценки применимости в качестве источника целлюлозы

Определяемая характеристика	Рисовая шелуха	Нормативный документ, согласно которому проводилось определение
Содержание сухого вещества, X %	93,98	ГОСТ 16932-93
Влажность образцов, %	6,02	ГОСТ 16932-93
Содержание золы, %	17,81	ГОСТ 18461-93
Массовая доля альфа-целлюлозы	78,20	ГОСТ 6840-78
Число Каппа, X	12,37	ГОСТ 10070-74

промывали в дистиллированной воде до достижения нейтрального pH. В процессе очистки также применялась ультразвуковая обработка с использованием прибора Stegler 3DT в течение 30 минут. Ультразвуковая обработка способствует дополнительному расщеплению целлюлозы, делая волокна более тонкими.

2.4 Химико-морфологический анализ растительного сырья и целлюлозной массы

Исследования проводились методами оптической и сканирующей электронной микроскопии. Образцы предварительно обезвоживали в десикаторе при температуре 80 °C в течение 2-х часов, затем осуществляли фиксацию на поверхности предметного стекла для исследования микроструктуры с помощью оптического микроскопа Digital Q1 Microscope (China). Детальный анализ морфологической структуры полученных образцов проведен с использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) (Quantum 3D 200i Dual System, США) и растрового электронного микроскопа фирмы JEOL JSM-6490LA. Для определения элементного состава полученных волокон применяли метод энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДРС). Для измерения диаметра волокон и получения среднего значения образцы целлюлозной массы диспергировали в дистиллированной воде, затем сушили в лиофильной сушильной камере. Далее образцы исследовали с помощью СЭМ, а полученные изображения анализировали при помощи программы Image J. Для определения среднего диаметра волокон необходимо не менее 100 точек.

Инфракрасный анализ использовали для изучения функциональных групп экстрагированной целлюлозной массы. Исследования проводились на ИК-Фурье-спектрометре PerkinElmer Frontier в диапазоне 400–4000 см⁻¹.

3. Результаты и обсуждение

Пригодность выбранных растительных отходов для применения в качестве исходного сырья для производства целлюлозы основывалась на следующих характеристиках: содержание сухого вещества, влажность, массовая доля альфа-целлюлозы, число Каппа (как оценка содержания лигнина). Определение всех характеристик проводилось согласно ГОСТам, регламентирующим порядок и методики определения соответствующего показателя.

Таким образом, установлено, что рисовая шелуха характеризуется сравнительно высокой зольностью и высоким содержанием альфа-целлюлозы, однако это значение может быть завышено ввиду присутствия диоксида кремния в составе РШ.

На рисунках 1(а) и 1(б) приведены фотографии исходной измельченной рисовой шелухи и целлюлозной массы после химико-термической обработки. Визуально наблюдается изменение цвета сырья от светло-коричневого до темно-коричневого оттенка. Механическая обработка исходного сырья позволяет подготовить поверхность материала для образования межволоконных связей и усиления способности целлюлозных волокон связываться между собой. Данный эффект достигается за счет частичного разрушения и удаления наружных клеточных оболочек, придания волокнам гибкости и пластичности вследствие ослабления и разрушения межфибриллярных связей вторичной клеточной стенки (фибрилляция волокна). Также стоит отметить влияние механической обработки на разрыхление целлюлозных волокон и гемицеллюлозы в межфибриллярных пространствах и на поверхности фибрилл (то есть гидратация волокна при размоле).

На рисунке 2 представлены результаты химического и морфологического анализов исходных



Рис. 1. Фотографии исходной измельченной рисовой шелухи (а) и после химико-термической обработки (б).

образцов растительного сырья: снимки оптической и сканирующей электронной микроскопии, ЭДРС-спектры и элементный состав.

Исследуемый образец рисовой шелухи характеризуется волокнистой структурой и чередующимися кристаллической и аморфной областями. Согласно результатам ЭДРС-анализа, отмечается наличие следующих элементов: О – 48,69, С – 28,28, Si – 22,87, К – 0,11, Al – 0,06 мас. %.

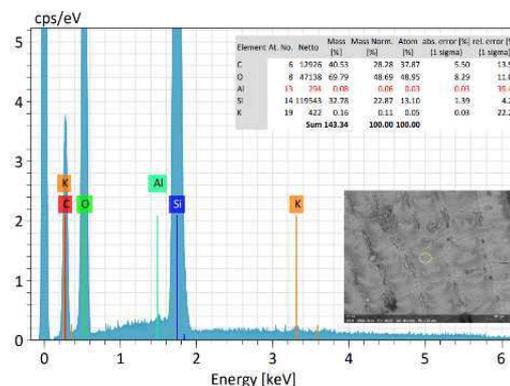
На рисунке 3 представлены снимки оптической

микроскопии целлюлозной массы, выделенной после химико-термической обработки в 5 М растворе NaOH при 120 °С в течение 180 мин.

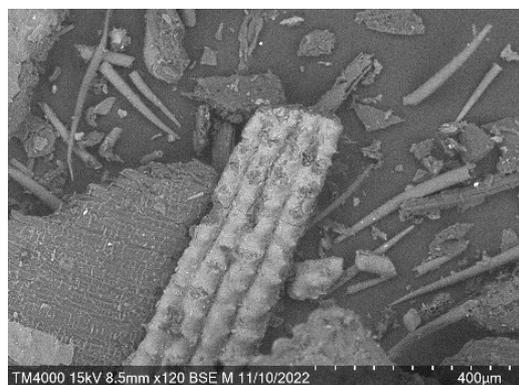
На основании полученных результатов можно сделать вывод, что после химико-термической обработки наблюдается существенное уменьшение диаметра целлюлозных волокон. Диаметр целлюлозных волокон исходной рисовой шелухи составляет 90,54 мкм, при обработке 2 М раствором NaOH при температуре 120 °С в течение



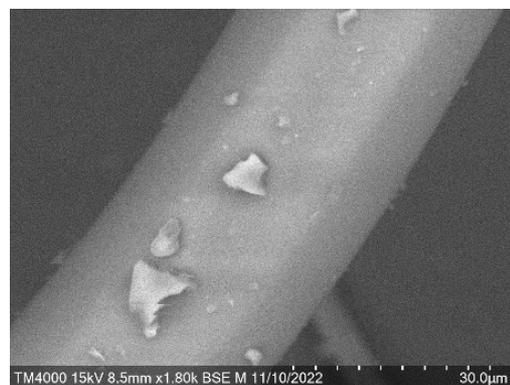
(а)



(б)



(в)



(г)

Рис. 2. Результаты химического и морфологического анализов исходного растительного сырья (рисовая шелуха): (а) – снимок оптической микроскопии; (б) – ЭДРС-спектр и элементный состав; (в, г) – СЭМ-снимки.

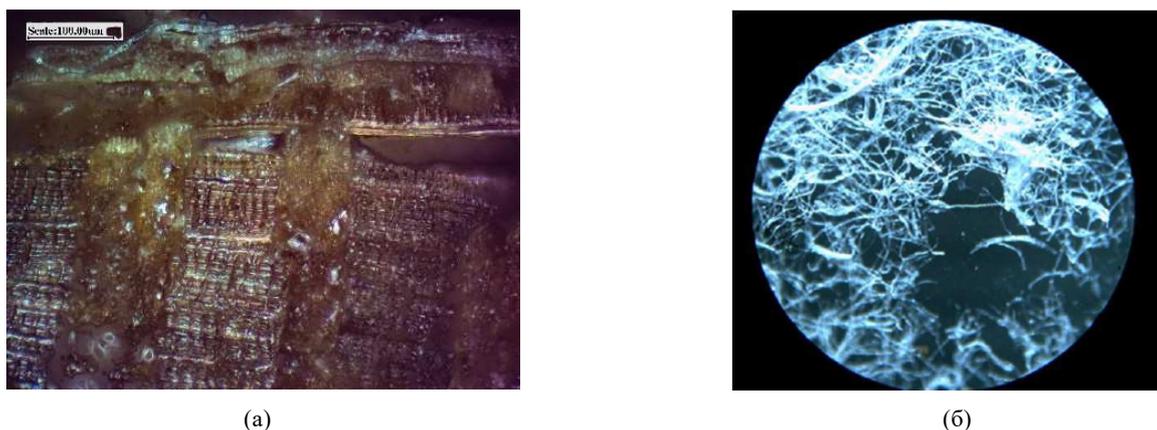


Рис. 3. Результаты морфологического анализа целлюлозного сырья после химико-термической обработки рисовой шелухи в 5 М растворе NaOH при 120 °С в течение 180 мин №

180 мин диаметр уменьшается почти в два раза и составляет 45,32 мкм. Увеличение концентрации раствора NaOH до 5 М приводит к еще большему уменьшению диаметра волокон – до 20,51 мкм. Максимальное снижение диаметра волокон характерно для более высокой концентрации раствора NaOH до 10 М при прочих равных условиях и составляет 4,35 мкм. Таким образом, при условиях – 10 М раствор NaOH, температура 120 °С, время 180 мин – снижение диаметра волокон составляет более 95%.

В таблице 2 представлены показатели массопотери при различных условиях химико-термической обработки РШ. Как видно из таблицы 2, для РШ основным фактором, влияющим на значение массопотери, является время выдержки. Максимальное значение массопотери составляет 75% при условиях – 10 М раствор NaOH, температура 120 °С, время 180 мин. В среднем для большинства образцов значение массопотери составляет ~50%.

Согласно результатам анализа ИК-спектроскопии (рис. 4), отмечаются следующие основные пики при частотах 3391, 2906, 1649, 1443, 1162, 1061, 898 и 609 см^{-1} . Пик при частотах 3440–2900 см^{-1} , наблюдаемый во всех спектрах, соответствует группам СН и ОН. Пик при частоте 1649 см^{-1} во всех спектрах соответствует поглощению воды. Полученные данные указывают на то, что основными процессами, вызвавшими появление наблюдаемых пиков, являются растяжение водородных связей, изгиб гидроксильных ОН-групп и структура целлюлозы после химико-термической обработки рисовой шелухи. Это позволяет предположить, что целлюлоза может считаться основным компонентом в данном образце. Пик при частоте 2358 см^{-1} соответствует наличию ацетильных, сложноэфирных и карбоксильных групп гемицеллюлозы и ферулового и п-кумарового компонентов лигнина в исходной необработанной рисовой шелухе.

Таблица 2. Влияние условий химико-термической обработки рисовой шелухи на массопотерю

t (мин)	Масса целлюлозного остатка после химико-термической обработки рисовой шелухи, г			T (°C)
	2М NaOH	5М NaOH	10М NaOH	
60	3,1493	3,0130	2,8134	60 °C
120	2,4609	2,8931	2,7875	
180	2,7648	2,6151	2,5971	
60	2,8117	2,6992	2,6382	90 °C
120	2,6605	2,5358	2,3428	
180	2,1668	2,2424	1,8903	
60	2,6178	2,3879	2,5911	120 °C
120	2,7367	2,3804	1,5803	
180	2,2318	1,8809	1,2399	

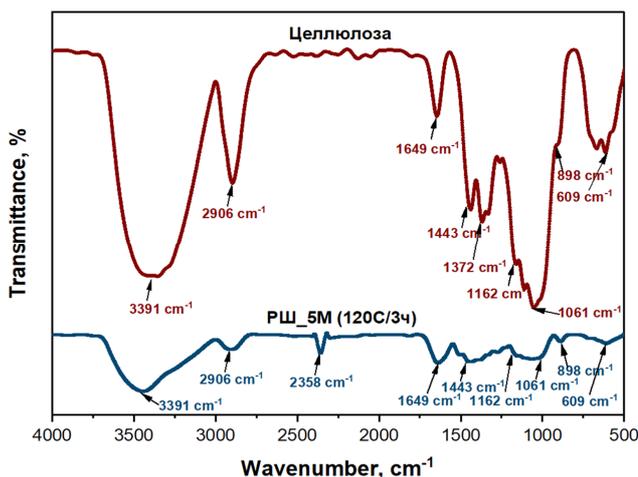


Рис. 4. ИК-спектр коммерческой целлюлозы и целлюлозной массы, полученной химико-термической обработкой рисовой шелухи 5 М раствором NaOH при температуре 120 °С в течение 180 мин.

4. Заключение

В результате исследования были экстрагированы целлюлозные волокна из отходов рисовой шелухи. Полученный целлюлозный материал охарактеризован современными методами анализа, позволяющими исследовать морфологию и химический состав продуктов.

Была установлена корреляция между условиями химико-термической обработки рисовой шелухи и выходом целлюлозы. Оценивалось изменение морфологических и структурных характеристик в зависимости от условий обработки: температура, время и концентрация щелочи. На основании оптических и СЭМ-снимков образцов целлюлозной массы из рисовой шелухи было установлено, что образец имеет волокнистую структуру со средним диаметром волокон в диапазоне от 4,358 до 45,32 мкм в зависимости от условий обработки. В ходе химико-термической обработки сырья наблюдается деструкция исходной структуры рисовой шелухи, средний диаметр которой составлял 90,54 мкм. Согласно результатам ИК-спектроскопии, были установлены основные пики, характеризующие удаление нецеллюлозных материалов из исходной рисовой шелухи после химико-термической обработки. Определены оптимальные условия обработки РШ для получения целлюлозной массы: продолжительность – 180 мин, температура обработки – 120 °С, концентрация раствора NaOH – 5М, максимальный выход конечного продукта составляет 37,61 %.

Acknowledgments

Данное исследование было профинансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP13068375).

Список литературы

- [1]. Hospodarova V., Singovszka E., Stevulova N. Characterization of cellulosic fibers by FTIR spectroscopy for their further implementation to building materials // American journal of analytical chemistry. – 2018. – V. 9. – №. 6. – P. 303-310.
- [2]. Hospodarova V. et al. Investigation of waste paper cellulosic fibers utilization into cement based building materials // Buildings. – 2018. – V. 8. – №. 3. – P. 43.
- [3]. Xie X., Zhou Z., Yan Y. Flexural properties and impact behaviour analysis of bamboo cellulosic fibers filled cement based composites // Construction and Building Materials. – 2019. – V. 220. – P. 403-414.
- [4]. Loureiro N.C., Esteves J.L. Green composites in automotive interior parts: A solution using cellulosic fibers // Green composites for automotive applications. – Woodhead Publishing, 2019. – P. 81-97.
- [5]. Plangovan M. et al. Extraction and characterisation of natural cellulose fibers from *Kigelia africana* // Carbohydrate polymers. – 2020. – V. 236. – P. 115996.
- [6]. Liu Y. et al. A review of cellulose and its derivatives in biopolymer-based for food packaging application // Trends in Food Science & Technology. – 2021. – V. 112. – P. 532-546.
- [7]. Pereira N.R.L. et al. Bio-packaging based on cellulose acetate from banana pseudostem and containing *Butia catarinensis* extracts // International Journal of Biological Macromolecules. – 2022. – V. 194. – P. 32-41.
- [8]. Rajeshkumar G. et al. Cellulose fiber from date palm petioles as potential reinforcement for polymer composites: Physicochemical and structural properties // Polymer Composites. – 2021. – V. 42. – №. 8. – P. 3943-3953.
- [9]. Маера С. Е. et al. Extraction and characterization of natural cellulose fibers from maize tassel // International Journal of Polymer Analysis and Characterization. – 2015. – V. 20. – №. 2. – P. 99-109.
- [10]. Razali N. A. M. et al. Comparative study on extraction of cellulose fiber from rice straw waste from chemo-mechanical and pulping method // Polymers. – 2022. – V. 14. – №. 3. – P. 387.
- [11]. Chanklinhorm P., Rattanawongwiboon T., Ummartyotin S. Development of cellulose from sugarcane bagasse and polyacrylamide-based

- hydrogel composites by gamma irradiation technique: a study of controlled-release behavior of urea // *Journal of Polymers and the Environment*. – 2022. – Т. 30. – №. 6. – С. 2631-2641.
- [12]. Таурбеков А.Т., Кайдар, Б.Б., Черноглазова, Т.В., Мансуров, З.А. Получение целлюлозных волокон из опавших листьев карагача. Горение и Плазмохимия. – 2020.
- [13]. Taurbekov A. T., Mansurov Z. A., Chernoglazova T. V. Obtaining Cellulose Fibers from the Fallen Leaves of the Elm // *Ann. Chem. Sci. Res.* – 2021. – V. 2. – P. 1-5.
- [14]. Lin Q. et al. Preparation of ultra-conductive bamboo cellulose fiber via a facile pretreatment // *Applied Surface Science*. – 2022. – V. 575. – P. 151700.
- [15]. Flores-Velázquez V. et al. Cellulose obtained from banana plant waste for catalytic production of 5-HMF: Effect of grinding on the cellulose properties // *Fuel*. – 2020. – V. 265. – P. 116857.
- [16]. Hemmati F., Jafari S. M., Taheri R. A. Optimization of homogenization-sonication technique for the production of cellulose nanocrystals from cotton linter // *International journal of biological macromolecules*. – 2019. – V. 137. – P. 374-381.
- [17]. Nagl M. et al. Towards a better understanding of synergistic enzyme effects during refining of cellulose fibers // *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*. – 2022. – V. 4. – P. 100223.
- [18]. Serial M. R. et al. High-pressure homogenized citrus fiber cellulose dispersions: Structural characterization and flow behavior // *Food Structure*. – 2021. – V. 30. – P. 100237.
- [19]. Bai L. et al. Oil-in-water Pickering emulsions via microfluidization with cellulose nanocrystals: 1. Formation and stability // *Food Hydrocolloids*. – 2019. – V. 96. – P. 699-708.
- [20]. Jing M. et al. Markedly improved hydrophobicity of cellulose film via a simple one-step aminosilane-assisted ball milling // *Carbohydrate Polymers*. – 2022. – V. 275. – P. 118701.
- [21]. Cao X. et al. Direct carboxylation of cellulose in deep eutectic solvent and its adsorption behavior of methylene blue // *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*. – 2022. – V. 4. – P. 100222.
- [22]. Rashid S., Dutta H. Characterization of nanocellulose extracted from short, medium and long grain rice husks // *Industrial Crops and Products*. – 2020. – V. 154. – P. 112627.
- [23]. Boukind S. et al. Powerful cellulose phosphorylation by fertilizer-grade phosphate enables excellent methylene blue paper sorbent // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2022. – V. 219. – P. 949-963.
- [24]. Alimohammadzadeh R. et al. Direct organocatalytic thioglycolic acid esterification of cellulose nanocrystals: A simple entry to click chemistry on the surface of nanocellulose // *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*. – 2022. – V. 3. – P. 100205.
- [25]. Cebreiros F. et al. Enhancing cellulose nanofibrillation of eucalyptus Kraft pulp by combining enzymatic and mechanical pretreatments // *Cellulose*. – 2021. – V. 28. – P. 189-206.

References

- [1]. Hospodarova V, Singovszka E, Stevulova N (2018) *American journal of analytical chemistry* 9(6):303-310. <https://doi.org/10.4236/ajac.2018.96023>
- [2]. Hospodarova V, Stevulova N, Briancin J, Kostelanska K (2018) *Buildings* 8(3):43. <https://doi.org/10.3390/buildings8030043>
- [3]. Xie X, Zhou Z, Yan Y (2019) *Construction and Building Materials* 220:403-414. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.029>
- [4]. Loureiro NC, Esteves JL (2019) *Woodhead Publishing* 81-97. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102177-4.00004-5>
- [5]. Ilangovan M, Guna V, Prajwal B, Jiang Q, Reddy N (2020) *Carbohydrate polymers* 236:115996. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.115996>
- [6]. Liu Y, Ahmed S, Sameen DE, Wang Y, Lu R, Dai J, Qin W (2021) *Trends in Food Science & Technology* 112:532-546. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.016>
- [7]. Pereira NRL, Lopes B, Fagundes IV, de Moraes FM, Morisso FDP, Parma GOC, Magnago RF (2022) *International Journal of Biological Macromolecules* 194:32-41. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.11.179>
- [8]. Rajeshkumar G, Hariharan V, Devnani GL, Prakash Maran J, Sanjay MR, Siengchin S, Ponmurugan K (2021) *Polymer Composites* 42(8):3943-3953. <https://doi.org/10.1002/pc.26106>
- [9]. Maepa CE, Jayaramudu J, Okonkwo JO, Ray SS, Sadiku ER, Ramontja J (2015) *International Journal of Polymer Analysis and Characterization* 20(2):99-109. <https://doi.org/10.1080/1023666X.2014.961118>
- [10]. Razali NAM, Mohd Sohaimi R, Othman RNI, R, Abdullah N, Demon SZN, Jasmani L, Halim NA (2022) *Polymers* 14(3):387. <https://doi.org/10.3390/polym14030387>
- [11]. Chanklinhorm P, Rattanawongwiboon T, Ummartyotin S (2022) *Journal of Polymers and the Environment* 30(6):2631-2641. <https://doi.org/10.1007/s10924-021-02362-5>
- [12]. Taurbekov AT, Kaidar BB, Chernoglazova TV, Mansurov ZA (2020) *Combustion and Plasma Chemistry* 18(3):141-148. <https://doi.org/10.18321/cpc362>
- [13]. Taurbekov AT, Mansurov ZA, Chernoglazova T V (2021) *Ann. Chem. Sci. Res.* 2:1-5. <https://doi.org/10.31031/ACSR.2021.02.000546>

- [14]. Lin Q, Liu S, Wang X, Huang Y, Yu W (2022) Applied Surface Science 575:151700. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.151700>
- [15]. Flores-Velázquez V, Córdova-Pérez GE, Silahua Pavón AA, Torres-Torres JG, Sierra U, Fernández S, Espinosa-González CG (2020). Fuel 265: 116857. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116857>
- [16]. Hemmati F, Jafari SM, Taheri RA (2019) International journal of biological macromolecules 137:374-381. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.241>
- [17]. Nagl M, Haske-Cornelius O, Bauer W, Csarman F, Ludwig R, Nyanhongo GS, Guebitz GM (2022) Carbohydrate Polymer Technologies and Applications 4:100223. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2022.100223>
- [18]. Serial MR, Velichko E, Nikolaeva T, den Adel R, Terenzi C, Bouwman W G, van Duynhoven JP (2021) Food Structure 30:100237. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2021.100237>
- [19]. Bai L, Lv S, Xiang W, Huan S, McClements DJ, Rojas OJ (2019) Food Hydrocolloids 96:699-708. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.04.038>
- [20]. Jing M, Zhang L, Fan Z, Liu X, Wang Y, Liu C, Shen C (2022) Carbohydrate Polymers 275:118701. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118701>
- [21]. Cao X, Liu M, Bi W, Lin J, Chen DDY (2022) Carbohydrate Polymer Technologies and Applications 4:100222. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2022.100222>
- [22]. Rashid S, Dutta H (2020) Industrial Crops and Products 154:112627. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112627>
- [23]. Boukind S, Bouaouina J, Bouras H, Benhamou AA, Ablouh EH, Kassab Z, Sehaqui H (2022) International Journal of Biological Macromolecules 219:949-963. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.08.009>
- [24]. Alimohammadzadeh R, Rafi AA, Goclik L, Tai C W, Cordova A (2022) Carbohydrate Polymer Technologies and Applications 3:100205. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2022.100205>
- [25]. Cebreiros F, Seiler S, Dalli SS, Lareo C, Saddler J (2021) Cellulose 28:189-206. <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03531-w>

Күріш қауызының қалдықтарынан целлюлозаны экстракциялау

А.С. Балтабай^{1,2*}, А.Т. Таурбеков^{1,2}, Ә.А. Имаш^{1,2},
Б.Б. Қайдар^{1,2}, Г.Т. Смагулова^{1,2}, Вон-Бэ Ко³,
З.А. Мансуров^{1,2}

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан

²Жану проблемалары институты, Бөгенбай батыр көшесі, 172, Алматы, Қазақстан

³Sahmyook University, 815 Хваран-ро, Новон-гу, Сеул, Оңтүстік Корея

АННОТАЦИЯ

Целлюлозаның балама көздерін іздеу шикізаттың осы түріне сұраныстың жоғары болуымен негізделеді. Өсімдік қалдықтарынан бөлініп алынған целлюлоза синтетикалық талшықтар мен толтырғыштарға балама ретінде орасан зор әлеуетке ие. Бұл зерттеудің жұмыстың мақсаты күріш қауызын химия-термиялық өңдеу арқылы целлюлозаны бөліп алу бойынша зерттеу тәжірибелік-эксперимент жұмыстарын жүргізу болып табылады.

Күріш қауызынан целлюлозаны бөліп алу процесі NaOH ерітіндісінде жүргізілді, өңдеу барысында талшықтардың мацерациясы жүреді. Ерітінді концентрациясының (2М, 5М, 10М), экстракция уақытының (60, 120, 180 мин) және 60, 90, 120 °С температурасының целлюлозаның шығымы мен, құрылымына әсері зерттелді. Экстракцияланған целлюлоза талшықтары ЭДРС талдауы, оптикалық және сканерлеуші электронды микроскопия және Фурье түрлендірілуімен инфракызыл спектроскопияталдауы арқылы сипатталды. Талшықтардың қасиеттеріне сүйене отырып, күріш қауызы талшықтары қазіргі уақытта кеңінен қолданылатын целлюлоза талшықтары сияқты әртүрлі қолданбаларда қолдануға пайдалануға жарамды болуы мүмкін деп күтілуде.

Кілт сөздер: күріш қауызы, целлюлоза, талшықтар, химия-термиялық өңдеу, сілтілі өңдеу, экстракция.

Extraction of cellulose from rice husk waste

A.S. Baltabay^{1,2*}, A.T. Taurbekov^{1,2}, A.A. Imash^{1,2},
B.B. Kaidar^{1,2}, G.T. Smagulova^{1,2}, Weon-Bae Ko³,
Z.A. Mansurov^{1,2}

¹Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi ave.,
Almaty, Kazakhstan

²Institute of Combustion Problems, 172 Bogenbai batyr
st., Almaty, Kazakhstan

³Sahmyook University, 815 Hwarang-ro, Nowon-gu,
Seoul, South Korea

ABSTRACT

The search for alternative sources of cellulose is justified by the high demand for this type of raw material. Cellulose obtained from plant wastes has great potential as an alternative to synthetic fibers and

fillers. The aim of the present study was to investigate the extraction of cellulose from rice husk using chemical-thermal treatment. The extraction process of cellulose from rice husk was carried out in NaOH solution in which maceration of fibers takes place. The effects of concentration (2M, 5M, and 10M), extraction time (60, 120, 180 min) and temperature 60, 90, 120 °C on the yield and structure of cellulose were investigated. The extracted cellulose fibers were characterized using EDRS analysis, optical and scanning electron microscopy, and Fourier transform infrared analysis. Based on the fiber properties, it is expected that rice husk fibers may be suitable for use in various applications similar to the currently widely used cellulose fibers.

Keywords: rice husk, cellulose, fibres, chemical-thermal treatment, alkaline cooking, extraction.