

А.У. Шингисов, Б.М. Хамитова*, С.У. Еркебаева, М.А. Турлыбек
Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова,
160012, Республика Казахстан, г. Шымкент, пр. Тауке хана, 5
* e-mail: barno-007@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ПШЕНИЧНОЙ СОЛОМЫ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Аннотация: В настоящее время значительная часть недревесного растительного сырья, в частности отходов сельскохозяйственных культур, не находит эффективного применения и преимущественно остается на полях либо утилизируется посредством сжигания, что приводит к значительному негативному воздействию на окружающую среду. Особо остро проблема переработки отходов сельского хозяйства стоит для тех территорий (Казахстан, Китай, Индия, страны СНГ), где воспроизводство крупяных и хлебных злаков является основной отраслью, на которой строится их благосостояние. Основным достоинством недревесного сырья является его ежегодная воспроизводимость и невысокая стоимость. В то же время, однолетние растения являются источником ряда ценных продуктов природного происхождения, в том числе и целлюлозы. В статье представлены результаты исследований морфологического строения и химического состава соломы пшеницы. Результаты анализа свидетельствуют о высокой перспективности использования данного вида лигноцеллюлозного сырья для прямого получения целлюлозы без необходимости предварительной экстракции древесного компонента. Также были исследованы минеральный состав соломы пшеницы, результаты анализа минерального состава показали присутствие жизненно важных макро- и микроэлементов, таких как калий, магний, кальций, фосфор, алюминий и кремний. Установленное соотношение этих элементов указывает на перспективность рассматриваемого вида сырья для получения целлюлозы, пригодной к дальнейшим химическим модификациям.

Ключевые слова: пшеничная солома, целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, безазотистые вещества, зернобобовая культура, минеральный состав.

Введение

Зерновые и зернобобовые культуры занимают ключевое положение в мировом земледелии, являясь одной из основных категорий сельскохозяйственной продукции. В процессе ежегодного сбора и переработки урожая в мире образуется порядка 4-5 млрд тонн растительных отходов, представляющих собой ценный источник высокомолекулярных углеводов [1].

Солома злаковых и зернобобовых культур, а также стебли льна и других сельскохозяйственных растений, остающиеся после обмолота, рассматриваются как перспективное лигноцеллюлозное сырьё. Основным структурным компонентом этих отходов является целлюлоза, определяющая упругие и механические свойства растительного материала.

Отходы однолетних сельскохозяйственных культур обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными источниками целлюлозы: они являются многофункциональным, дешёвым, экологически безопасным, быстро возобновляемым и широко доступным ресурсом, особенно на территории Российской Федерации [2].

Одним из приоритетных направлений переработки такого сырья является модификация получаемых материалов с целью повышения их водостойкости и гидрофобности, что критически важно для сохранения эксплуатационных характеристик и увеличения срока службы изделий. В этих целях активно применяются кремнийорганические соединения (КОС), обладающие высокой эффективностью в формировании водоотталкивающих покрытий [2, 5]. Основу химических преобразований КОС составляет высокая реакционная способность связей Si-Hal при одновременной химической стабильности связей Si-C [2, 3].

В Республике ежегодно после сбора урожая образуется в среднем 10,0-10,5 млн тонн отходов, значительную часть которых (около 7 млн тонн) составляет солома зерновых культур

[4]. Из общего объема соломы пшеницы ориентировочно используется лишь 20-25% – в основном для подстилки и кормления животных, утепления ферм, укрытия буртов, а также для производства удобрений и топлива [3, 4]. Это свидетельствует о наличии значительного объема неиспользуемого растительного сырья, создающего потенциал для развития технологий глубокой переработки биополимеров растительной биомассы с целью получения продукции с высокой добавленной стоимостью [5].

Основу растительных клеток составляют целлюлоза, гемицеллюлозы и лигнин. Компонентный состав соломы делает её перспективным сырьём для получения различных ценных продуктов, что в последние десятилетия стало одним из приоритетных направлений научных исследований и технологических разработок [5, 6]. Химический состав соломы неоднороден и изменяется в зависимости от вида культуры (пшеница, рожь, овес, рапс и т.д.), климатической зоны, времени посева (яровая, озимая мятая, озимая-стерновка), способов уборки, обмолота, хранения и других факторов [7, 9].

В настоящее время отходы сельскохозяйственных культур не находят квалифицированного применения, так как большая часть их остается на полях или сжигается. Основным достоинством такого сырья является его ежегодная воспроизводимость и невысокая стоимость. В то же время, однолетние растения являются источником ряда ценных продуктов природного происхождения, в том числе и целлюлозы. Известны исследования по переработке растительных отходов сельского хозяйства в целлюлозу различными методами и дальнейшее применение выделенной целлюлозы в получении полезных продуктов. Проводится делигнификация соломы пшеницы пероксидом водорода [4, 5] и смесью уксусной кислоты [6, 7]. Солому риса подвергают обработке в субкритических условиях и с применением муравьиной кислоты [8, 9]. Исследована возможность получения целлюлозы из соломы и шелухи овса щелочно-окислительно-органосольвентным способом [7]. Предлагается комплексная переработка отходов производства риса и гречихи [8]. Проводятся исследования процесса переработки пшеничной соломы в ароматические альдегиды и левулиновую кислоту [10]. Известен способ получения микрокристаллической целлюлозы из соломы злаковых [2, 8]. Показана перспективность использования соломы пшеницы в качестве химического сырья для получения сорбентов и связующих веществ в производстве древесных плит [11]. Целлюлозу из стеблей рапса и сои исследуют на возможность получения бумаги [10, 11].

Объем исследований по переработке недревесного растительного сырья и применению целлюлозы продолжает расти. Особый интерес представляют экологически безопасные методы, использующие нейтральные реагенты или органические растворители. Солома – один из самых доступных и недорогих видов сырья для крупномасштабного производства энергоносителей, в частности топливного спирта. Это возобновляемый ресурс с запасами в сотни миллионов тонн; ежегодно в России накапливается около 80-100 млн тонн соломы злаковых и крупяных культур [4, 12].

Солома характеризуется неоднородным фракционным составом волокон, высоким содержанием гемицеллюлоз и значительной зольностью [12], что усложняет её химическую переработку и требует специальных технологических решений. Вместе с тем, эти особенности открывают новые перспективы для разработки эффективных методов использования растительного сырья. В связи с этим важно изучить свойства технической целлюлозы, получаемой из пшеничной соломы методом варки в растворах гидроксида калия и натрия [3, 14].

В работах [16] показано, что содержание холоцеллюлозы, лигнина Классона и зольность в листьях, узлах и стеблях пшеничной соломы различны. Содержание лигнина Классона в стеблях достигает 18,9% от АСВ. В узлах и листьях его содержание ниже и составляет 14,8% и 13,5% соответственно. Содержание холоцеллюлозы в стеблях пшеничной соломы достигает 71%, что на 14% выше, чем в листьях. В листьях пшеничной соломы содержится 12 % зольных элементов, что в два раза превышает их содержание в стеблях. Согласно данным исследованиям, наиболее ценным химическим составом с технологической точки зрения обладают стебли злаковых культур.

Солома всех зерновых культур сопротивляется уплотнению и поэтому ее трудно спрессовать для перевозки и хранения [17], а в прессованной соломе могут развиваться различного рода инфекции: дрожжевая, бактериальная. Поэтому следует предусмотреть особые условия, исключая заражение и разрушение соломы в процессе ее хранения.

При переработке зерна остается большое количество отходов: соломы, отрубей. Для разных культур солома составляет от 40 до 70% от общего веса. Переработка соломы позволяет получить не только спирты, но и ряд других продуктов, например, пищевую клетчатку в количестве до 45% первоначальной массы.

Материалы и методы

В настоящей работе исследовалась солома пшеницы, образующаяся в качестве отходов в аграрном секторе Республики Казахстан. В исследовании представлены три образца пшеничная солома (Ленгер Акбастау), пшеничная солома (Тау-Самалы), пшеничная солома (Тулькубас). Образцы пшеничной соломы были собраны в период уборки урожая на территории Южного Казахстана и приобретены у сельскохозяйственного производственного кооператива (СПК) «Агропром Береке».

Предварительно исследуемое растительное сырье измельчалось и сортировалось. Для химических анализов использовалось сырье, фракционированное через сита с размером частиц 2-3 мм. Зольные вещества определяли сжиганием навески сырья с последующим прокаливанием в муфельной печи при температуре 600°C.

Минеральный состав анализировали методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) и рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) в лаборатории «Конструкционные и биохимические материалы» ЮКУ имени М. Ауэзова.

Для каждой пробы определены атомный и весовой состав элементов, а также дифракционные характеристики образцов. Все данные сохраняются в электронном виде для последующего анализа.

Результаты исследований и их обсуждение

Химический состав соломы зерновых культур представляет собой сложную систему, основными компонентами которой являются три группы органических соединений: целлюлоза, гемицеллюлозы и лигнины.

Содержание полисахаридов (целлюлозы и гемицеллюлозы-пентозаны) и лигнина в некоторых образцах соломы (в процентах) приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание полисахаридов и лигнина в некоторых образцах соломы

Вид соломы	Содержание		
	Целлюлоза	Гемицеллюлоза	Лигнин
Пшеничная (Ленгер Акбастау)	37,5	27,9	15,0
Пшеничная Тау-Самалы	35,0	28,2	14,9
Пшеничная Тулькубас	33,1	26,7	9,9

Растительное сырьё характеризуется низким содержанием липидов и белков и высоким содержанием клетчатки и полисахаридов гемицеллюлоз, которые потенциально могут служить заменителями углеводных кормов. Однако из-за присутствия лигноуглеводных связей при скармливании данных растительных материалов в их натуральном виде наблюдается низкая степень усвояемости животными.

Солома представляет собой возобновляемый ресурс, играющий важную роль в углеродном балансе атмосферы: количество углекислого газа, выделяемого при её сжигании, компенсируется объемом поглощенного CO₂ в процессе фотосинтеза при росте последующего урожая. При рассмотрении соломы как энергетического ресурса она приобретает экономическую ценность.

Помимо основных компонентов, солома содержит различные органические соединения, включая белки и восковые вещества, которые выполняют функцию защиты эпидермиса, а также моносахариды, минеральные соли и золу. Биохимический состав пшеничной соломы разных образцов представлен в таблице 2, тогда как характеристика состава гемицеллюлоз пшеничной соломы приведена в таблице 3.

Были изучены состав гемицеллюлозы различных видов соломы (масс. % от массы сухих веществ сырья). Основная часть гемицеллюлоз; высокий уровень арабинозы у всех образцов (10-15% от АХ); степень замещения 0.5-0.7; содержит феулоевую кислоту. Пшеничная солома (Ленгер Акбастау) считается оптимальной для выделения целлюлозы и дальнейшего получения биоупаковки.

Таблица 2 – Биохимический состав пшеничной соломы разных образцов

Вид соломы	Протеин, %	Жир, %	Клетчатка, %	БЭВ, %	Зола, %	В 1 кг содержится	
						Кормовых ед.	Переваримого протеина, г
Пшеничная (Ленгер Акбастау)	3,85	1,49	40,25	36,18	3,40	0,25	7,01
Пшеничная (Тау-Самалы)	4,29	1,47	37,90	36,60	3,78	0,27	10,9
Пшеничная (Тулькубас)	3,71	1,38	34,10	33,60	3,54	0,23	8,47

Таблица 3 – Состав гемицеллюлоз различных видов соломы (масс. % от массы сухих веществ сырья)

Вид соломы	Галактан	Маннан	Арабинан	Ксилан
Пшеничная (Ленгер Акбастау)	0,9	0,3	2,31	16,8
Пшеничная (Тау-Самалы)	1,7	0	2,79	13,9
Пшеничная (Тулькубас)	1,1	0,1	2,43	14,7

Содержание сырого протеина в соломе варьируется в пределах от 3,71 до 4,29% в пересчёте на сухое вещество, что обусловлено такими факторами, как сортовые особенности, характеристики почв, применение удобрений, режимы орошения и сроки уборки сырья [13]. В частности, задержка с уборкой приводит к значительному снижению содержания сырого протеина.

Результаты анализа минерального состава образцов пшеничной соломы представлены на рисунке 1, где отражено содержание макро- и микроэлементов. Обработка хроматографических данных и визуализация спектральных характеристик представлены на рисунке 2.

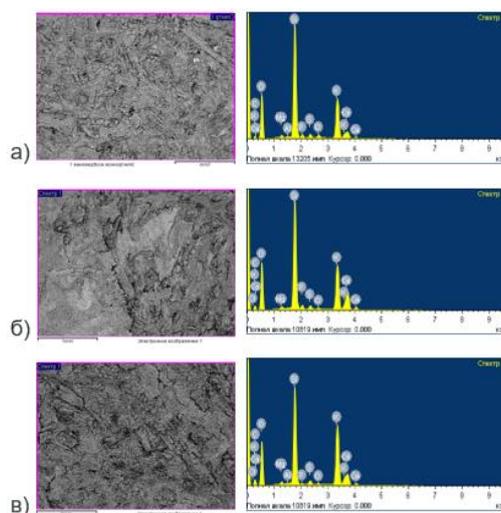


Рисунок 1 – Зольная структура и хроматографические профили образцов пшеничной соломы

а) пшеничная солома (Ленгер Акбастау); б) пшеничная солома (Тау-Самалы); в) пшеничная солома (Тулькубас)

Содержание фосфора в растительных остатках, в отличие от серы, является минимальным и демонстрирует незначительные колебания – от 0,99 до 1,08% от массы. Минимальные значения содержания калия зафиксированы в соломе (Тау-Самалы) – 0,48%, тогда как в соломе (Ленгер Акбастау) его уровень почти в два раза выше – 0,99 % от массы. Хотя кальций и магний не относятся к основным элементам питания растений, полученные данные показали, что их содержание в растительных остатках превышает содержание фосфора. Среди всех биогенных элементов наименьшее потребление растения демонстрируют по магнию. Его концентрация в соломе варьирует от 0,02 до 0,05%, достигая максимума в образцах из района Ленгер Акбастау. В соломе зернобобовых культур содержание углерода в 8-9 раз выше, чем у злаковых, что делает соотношение углерода и калия более благоприятным для питания почвенных микроорганизмов.

Высокое содержание кремния (22,14%) связано с природной структурой клеточных стенок, что может осложнять процессы целлюлозоизвлечения и требовать дополнительной химической обработки.

Наличие магния и других микроэлементов в низких концентрациях свидетельствует о потенциальном влиянии на каталитические реакции при химической модификации целлюлозы. Калий и кальций, являясь основными макроэлементами, могут влиять на кислотно-щелочной баланс в процессе варки и отбеливания.

Сравнительное содержание микроэлементов в соломе пшеницы представлены на рисунке 2.

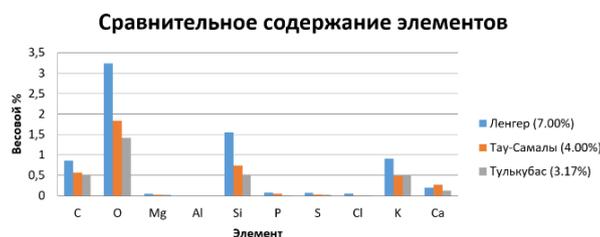


Рисунок 2 – Содержание минеральных элементов (мг/100 г продукта) в образцах пшеничной соломы

В результате исследований было установлено, что содержание микроэлементов в соломе пшеницы из района Ленгер Акбастау отличается от содержания их в соломе (табл. 2). Во всех образцах соломы пшеницы содержит больше углерода, кремния и калия и меньше - марганца, серы и фосфора. Элементы содержащиеся в соломе пшеницы во всех зонах выстраиваются в ряд: $O > C$, $K > Ca > Si > C$, который свидетельствует, что соломы пшеницы Ленгер Акбастау характеризуется повышенной потребностью в фосфоре, хлора и магния в связи с их большой биологической значимостью.

На основании результатов анализа минерального состава установлено, что все исследованные образцы пшеничной соломы содержат макро- и микроэлементы в количествах, достаточных для целесообразного использования данного сырья при получении целлюлозы. Для обеспечения сопоставимости с нормативными требованиями концентрации микроэлементов были нормированы на 100 г продукта и выражены в миллиграммах на 100 г (мг/100 г).

Данные результаты подтверждают, что минеральный состав пшеничной соломы необходимо учитывать при разработке технологических схем получения целлюлозы, что позволит повысить выход продукции и качество конечного материала.

Заключение

Пшеничная солома представляет собой перспективное сырье для получения целлюлозы благодаря содержанию значимых макро- и микроэлементов. Однако высокое содержание кремния требует разработки адаптированных технологий для эффективного извлечения целлюлозы. Учет минерального состава позволит оптимизировать процессы переработки и расширить сферы применения целлюлозы, получаемой из данного вида растительного сырья.

Проведённое сравнительное исследование химического и минерального состава соломы пшеницы, полученной из трёх различных районов, позволило выявить как общие закономерности, так и существенные различия, обусловленные природно-климатическими условиями и особенностями агротехники. Несмотря на сходство базового химического профиля, солома из каждого района характеризуется индивидуальными значениями содержания клетчатки, золы, белка, а также концентрациями углерода, кремния, магния и микроэлементов. Результаты проведённого исследования показали, что солома пшеницы, заготовленная в районах Ленгер и Акбастау, обладает более выраженными предпосылками для использования в качестве сырья при получении целлюлозы по сравнению с образцами из других районов. Это преимущество обусловлено совокупностью факторов: повышенным содержанием целлюлозы и гемицеллюлоз, оптимальным уровнем лигнина, а также более благоприятным минеральным составом, снижающим затраты на предварительную химическую обработку.

Список литературы

1. Стейнифорт А.Р. Солома злаковых культур / А.Р. Стейнифорт. – М.: Колос, 1983. – С. 77-178.
2. Применение соломы зерновых культур на удобрение / В.А. Олифер и др. // Рекомендации / ВАСХНИЛ Сиб. отд-ние. АНИИЗиС. – Новосибирск, 1990. – 20 с.
3. Майсямова Д.Р. Влияние соломы на численность микроорганизмов чернозема обыкновенного при минимальной обработке / Д.Р. Майсямова, А.П. Лазарев // Аграрный вестник Урала. – 2008. – № 6. – С. 33-35.
4. Леонова Т.В. Использование пшеничной соломы в производстве технической целлюлозы / Т.В. Леонова, С.В. Морозов // Журнал химической технологии. – 2017. – № 6. – С. 37-43.
5. Применение соломы зерновых культур на удобрение в Томской области / И.Б. Сорокин и др. // Рекомендации / ГНУ СибНИИТ СО РАСХН. Департамент социально-экономического развития села Томской области. Томск, 2004. – 10 с.
6. Харина М.В. Состав, структура и перспективы энергоресурсосберегающей переработки соломы злаковых культур / М.В. Харина, Л.М. Терехова, В.М. Емельянов // Вестник технологического университета. – 2014. – № 12. – С. 170.
7. Влияние вида щелочи на характеристики целлюлозы из соломы пшеницы / А.В. Вураско и др. // Химия. Экология. Урбанистика. – 2021. – Т.4. – С. 87-91.
8. Новый справочник химика и технолога. В 12 томах. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ: в 2 ч. Ч. II / под ред. В.А. Столяровой. – СПб.: АНОНПО «Профессионал», 2007. – 1142 с.
9. Перспективы использования биотехнологий в аграрной сфере Единого Экономического Пространства / Э.Ф. Мустафина и др. – М.: ООО «Угрешская типография», 2014. – 136 с.
10. Ерёмин Д.И. Влияние уровня минерального питания на скорость разложения соломы яровой пшеницы в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Ерёмин, А.А. Ахтямова // Агропродовольственная политика России. – 2015. – № 2. – С. 68-71.
11. Иванов И.И. Минеральный состав пшеничной соломы и его влияние на технологические процессы / И.И. Иванов, П.П. Петров // Вестник сельскохозяйственной химии. – 2021. – № 3. – С. 45-52.
12. Сидоров А.А. Технология переработки лигноцеллюлозного сырья / А.А. Сидоров. – М.: Наука, 2019. – 280 с.
13. Influence of mineral content on the enzymatic hydrolysis of wheat straw cellulose / Y. Zhang et al // Bioresource Technology. – 2020. – Vol. 295. – P. 122235.
14. Куликова А.Х. Повышение эффективности применения соломы как удобрения при возделывании ячменя / А.Х. Куликова, К.Ч. Хисамова // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 4. – С. 13-17.
15. Юскин А.А. Влияние систем земледелия на химический состав соломы зерновых культур / А.А. Юскин, В.И. Макаров // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 1(18). – С. 76-79.
16. Солома – отход агропромышленного комплекса как перспективное сырье для получения кормовых и белковых препаратов / Р.Т. Валеева и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т.9. – № 6. – С. 137-140.
17. Оболенская А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы / А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович. – М.: Экология, 1991. – 320 с.

References

1. Steinifort A.R. Soloma zlakovykh kul'tur / A.R. Steinifort. – M.: Kolos, 1983. – S. 77-178. (In Russian).
2. Primenenie solomy zernovykh kul'tur na udobrenie / V.A. Olifer i dr. // Rekomendatsii / VASKHNIL Sib. otd-nie. ANIIZIS. – Novosibirsk, 1990. – 20 s. (In Russian).
3. Maisyamova D.R. Vliyanie solomy na chislennost' mikroorganizmov chernozema obyknovennogo pri minimal'noi obrabotke / D.R. Maisyamova, A.P. Lazarev // Agrarnyi vestnik Urala. – 2008. – № 6. – S. 33-35. (In Russian).
4. Leonova T.V. Ispol'zovanie pshenichnoi solomy v proizvodstve tekhnicheskoi tsellyulozy / T.V. Leonova, S.V. Morozov // Zhurnal khimicheskoi tekhnologii. – 2017. – № 6. – S. 37-43. (In Russian).

5. Primenenie solomy zernovykh kul'tur na udobrenie v Tomskoi oblasti / I.B. Sorokin i dr. // Rekomendatsii / GNU SiBNIIT SO RASKHN. Departament sotsial'no-ehkonomicheskogo razvitiya sela Tomskoi oblasti. Tomsk, 2004. – 10 s. (In Russian).
6. Kharina M.V. Sostav, struktura i perspektivy ehnergoresursosberegayushchei pererabotki solomy zlakovykh kul'tur / M.V. Kharina, L.M. Terekhova, V.M. Emel'yanov // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. – № 12. – S. 170. (In Russian).
7. Vliyanie vida shchelochi na kharakteristiki tsellyulozy iz solomy pshenitsy / A.V. Vurasko i dr. // Khimiya. Ehkologiya. Urbanistika. – 2021. – T.4. – S. 87-91. (In Russian).
8. Novyi spravochnik khimika i tekhnologa. V 12 tomakh. Syr'e i produkty promyshlennosti organicheskikh i neorganicheskikh veshchestv: v 2 ch. CH. II / pod red. V.A. Stolyarovoi. – SPb.: ANONPO «Professional», 2007. – 1142 s. (In Russian).
9. Perspektivy ispol'zovaniya biotekhnologii v agrarnoi sfere Edinogo Ehkonomicheskogo Prostranstva / E.H.F. Mustafina i dr. – M.: OOO «Ugreshskaya tipografiYA», 2014. – 136 s. (In Russian).
10. Eremin D.I. Vliyanie urovnya mineral'nogo pitaniya na skorost' razlozheniya solomy yarovoi pshenitsy v lesostepnoi zone Zaural'ya / D.I. Eremin, A.A. Akhtyamova // Agroprodovol'stvennaya politika Rossii. – 2015. – № 2. – S. 68-71. (In Russian).
11. Ivanov I.I. Mineral'nyi sostav pshenichnoi solomy i ego vliyanie na tekhnologicheskie protsessy / I.I. Ivanov, P.P. Petrov // Vestnik sel'skokhozyaistvennoi khimii. – 2021. – № 3. – S. 45-52. (In Russian).
12. Sidorov A.A. Tekhnologiya pererabotki lignotsellyuloznogo syr'ya / A.A. Sidorov. – M.: Nauka, 2019. – 280 s. (In Russian).
13. Influence of mineral content on the enzymatic hydrolysis of wheat straw cellulose / Y. Zhang et al // Bioresource Technology. – 2020. – Vol. 295. – R. 122235. (In English).
14. Kulikova A.KH. Povyshenie ehffektivnosti primeneniya solomy kak udobreniya pri vzdelyvanii yachmenya / A.KH. Kulikova, K.CH. Khisamova // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. – 2015. – № 4. – S. 13-17. (In Russian).
15. Yuskin A.A. Vliyanie sistem zemledeliya na khimicheskii sostav solomy zernovykh kul'tur / A.A. Yuskin, V.I. Makarov // Vestnik Izhevskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. – 2009. – № 1(18). – S. 76-79. (In Russian).
16. Coloma – otkhod agropromyshlennogo kompleksa kak perspektivnoe syr'e dlya polucheniya kormovykh i belkovykh preparatov / R.T. Valeeva i dr. // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2016. – T.9. – № 6. – S. 137-140. (In Russian).
17. Obolenskaya A.V. Laboratornye raboty po khimii drevesiny i tsellyulozy / A.V. Obolenskaya, Z.P. El'nitskaya, A.A. Leonovich. – M.: Ehkologiya, 1991. – 320 s. (In Russian).

Информация о финансировании

Авторы выражают благодарность Комитету науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан за поддержку в рамках грантового финансирования научного проекта на тему «Разработка технологии производства биоразлагаемой пленочной упаковки из пшеничной соломы» (AP26104273).

А.У. Шингисов, Б.М. Хамитова*, С.У. Еркебаева, М.Ә. Тұрлыбек
 М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
 160012, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тауке хан даңғылы, 5
 *e-mail: barno-007@mail.ru

ЦЕЛЛЮЛОЗА АЛУДА БИДАЙ САБАНЫ ШИКІЗАТЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ, МИНЕРАЛДЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

Қазіргі уақытта ағаш емес өсімдік материалдарының айтарлықтай бөлігі, әсіресе ауыл шаруашылығы қалдықтары тиімді пайдаланылмайды және негізінен егістіктерде қалдырылады немесе өртеу арқылы жойылады, нәтижесінде қоршаған ортаға елеулі теріс әсер етеді. Ауылшаруашылық қалдықтарын кәдеге жарату мәселесі әсіресе астық және дәнді дақылдар өндірісі олардың өмір сүруінің негізгі саласы болып табылатын аймақтарда (Қазақстан, Қытай, Үндістан және ТМД елдері) өзекті болып отыр. Ағаш емес шикізаттың негізгі артықшылығы олардың жыл сайын өндірілуі және құнының төмендігі болып табылады. Сонымен қатар, бір жылдық өсімдіктер

бірқатар құнды табиғи өнімдердің, соның ішінде целлюлозаның көзі болып саналады. Бұл мақалада бидай сабанының морфологиялық құрылымы мен химиялық құрамын зерттеу нәтижелері берілген. Талдау лигноцеллюлозды шикізаттың осы түрін ағаш құрамдас бөлігін алдын ала алуды қажет етпей, целлюлозаны тікелей өндіруде қолданылуының жоғары мүмкіндігін көрсетеді. Бидай сабанының минералдық құрамы да зерттеліп, онда калий, магний, кальций, фосфор, алюминий, кремний сияқты өмірлік маңызды макро- және микроэлементтер бар екені анықталды. Бұл элементтердің белгіленген арақатынасы осы шикізаттың одан әрі химиялық модификацияға жарамды целлюлоза алу мүмкіндігін көрсетеді.

Түйін сөздер: бидай сабаны, целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, азотсыз заттар, бұршақ дақылдары, минералдық құрамы.

A.U. Shingisov, B.M. Khamitova*, S.U. Yerkebayeva, M.A. Turlybek

M.Auezov' South-Kazakhstan University,
160012, Republic of Kazakhstan, Shymkent, Tauke Khan Ave.,5

*e-mail: barno-007@mail.ru

STUDY OF THE CHEMICAL AND MINERAL COMPOSITION OF WHEAT STRAW AS A RAW MATERIAL FOR PRODUCING CELLULOSE

Currently, a significant portion of non-wood plant materials, particularly agricultural waste, is not effectively utilized and is primarily left in fields or disposed of through incineration, resulting in significant negative environmental impacts. The problem of agricultural waste recycling is particularly acute in regions (Kazakhstan, China, India, and the CIS countries) where the production of cereals and grains is the primary industry upon which their livelihoods are built. The main advantage of non-wood raw materials is their annual reproducibility and low cost. At the same time, annual plants are a source of a number of valuable natural products, including cellulose. This article presents the results of a study of the morphological structure and chemical composition of wheat straw. The analysis results demonstrate the high potential of this type of lignocellulosic raw material for the direct production of cellulose without the need for preliminary extraction of the wood component. The mineral composition of wheat straw was also studied, revealing the presence of vital macro- and microelements, such as potassium, magnesium, calcium, phosphorus, aluminum, and silicon. The established ratio of these elements indicates the potential of this type of raw material for producing cellulose suitable for further chemical modification.

Key words: wheat straw, cellulose, hemicellulose, lignin, nitrogen-free substances, legumes, mineral composition.

Авторлар туралы мәліметтер

Азрет Утебаевич Шингисов – техника ғылымдарының докторы, «Азық-түлік өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының профессоры, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан Республикасы; e-mail: azret_utebai@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Барна Махаматовна Хамитова* – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік-Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы, Шымкент; e-mail: barno-007@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8377-3938>.

Сапаркуль Умиртаевна Еркебаева – биология ғылымдарының кандидаты, «Азық-түлік өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасы доценті, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан Республикасы; e-mail: erkesapash@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0868-127X>.

Мәдина Әбдінебиқызы Тұрлыбек – «Азық-түлік өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының докторанты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан Республикасы; e-mail: madinaturlibek99@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4069-6308>.

Сведения об авторах

Азрет Утебаевич Шингисов – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология и безопасность продовольственных продуктов», Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: azret_utebai@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Барна Махаматовна Хамитова* – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Республика Казахстан, Шымкент; e-mail: barno-007@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8377-3938>.

Сапаркуль Умиртаевна Еркебаева – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Технология и безопасность продовольственных продуктов», Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: erkesapash@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0868-127X>.

Мадина Абдинабиевна Турлыбек – докторант, кафедрасы «Технология и безопасность продовольственных продуктов», Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Республика Казахстан; e-mail: madinaturlibek99@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4069-6308>.

Information about authors

Azret Shingisov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technology and Food Safety, Higher School of Textile and Food Engineering, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: azret_utebai@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0726-8232>.

Barna Khamitova* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, M. Auezov South-Kazakhstan University, Republic of Kazakhstan, Shymkent; e-mail: barno-007@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8377-3938>.

Saparkul Yerkebayeva – candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Food Safety, Higher School of Textile and Food Engineering, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: erkesapash@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0868-127X>.

Madina Turlybek – doctoral student of the Department of Technology and Food Safety, M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: madinaturlibek99@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4069-6308>.

Поступила в редакцию 15.10.2025

Поступила после доработки 24.11.2025

Принята к публикации 25.11.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4\(20\)-57](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4(20)-57)

FTAXP: 65.59.01



А.М. Спанова¹, А.Н. Нургазезова¹, М.Б. Ребезов², Ж.М. Атамбаева¹, А.К. Зарлыкканова¹

¹Шәкәрім университеті,

071400 Қазақстан Республикасы, Семей қ.,

²К.Г. Разумовский атындағы Мәскеу мемлекеттік технологиялар және басқару университеті,
119991, Ресей Федерациясы, Мәскеу, Земляной Вал көшесі, 73

*e-mail: spanoba_78@mail.ru

СҮТОШАҒАН КҮНЖАРАСЫ МЕН СЫҒЫНДЫСЫН (ЭКСТРАКТ) ТАМАҚ ӨНЕРКӘСІБІНДЕ ҚОЛДАНУ

Аңдатпа: Бұл мақалада төмен калориялы ет өнімдерінің сапалық сипаттамаларын жетілдіру мақсатында сүтошаған күнжарасы мен сүтошаған тұқымының сығындысын қолдану мүмкіндіктері қарастырылған. Сүтошаған (*Silybum marianum*) биологиялық белсенді заттарға, әсіресе гепатопротекторлық қасиетімен белгілі силимарин кешеніне бай өсімдік болып табылады. Зерттеу барысында оның күнжарасы мен тұқым сығындысын қосу арқылы дайын өнімнің химиялық құрамы, тағамдық құндылығы және функционалдық қасиеттеріне ықпалы жан-жақты зерделенді.

Эксперименттік жұмыстар барысында үлгілерге салыстырмалы талдау жүргізіліп, ақуыз, май, көмірсу мөлшері, сондай-ақ энергетикалық құндылығы анықталды. Зерттеу нәтижелері сүтошаған күнжарасы мен сығындысының ақуыз мөлшері шамалас (21,3% және 21,2%) болғанымен, май үлесі мен тұз деңгейінде айырмашылық байқалды: № 2 үлгіде май мөлшері 4,9%, ал № 1 үлгіде 4,2%; натрий хлориді сәйкесінше 2,07% және 1,5% құрады. Бұл энергетикалық құндылықтың да өзгеруіне әсер етіп, № 2 үлгіде 137,52 ккал/100 г, ал № 1 үлгіде 131,56 ккал/100 г болды. Сүтошаған қоспалары енгізілген үлгілерде биологиялық белсенді заттардың концентрациясы жоғарылап, өнімнің функционалдық артықшылықтары артқаны байқалды. Сонымен қатар, органолептикалық көрсеткіштер бойынша да оң нәтижелер тіркелді, бұл тұтынушылық қабылдауға жағымды әсер ететінін көрсетті.

Жүргізілген зерттеулер сүтошаған күнжарасы мен тұқым сығындысының төмен калориялы ет өнімдерінің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыратын тиімді ингредиент екенін дәлелдеді. Мұндай қоспаларды қолдану өнімді функционалдық тағамдар қатарына енгізуге мүмкіндік беріп, оны күнделікті тамақтану рационында қолданудың ғылыми негізділігін қамтамасыз етеді және сүтошаған күнжарасы немесе сүтошаған тұқымының сығындысы арасында таңдау жасауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: Сүтошаған күнжарасы, сүтошаған тұқымы, сүтошаған тұқымының сығындысы, төмен калориялы ет өнімдері, функционалдық тағамдар, тағамдық құндылық, биологиялық белсенді заттар.