

B. Sh. Kedelbaev¹, K. M. Lakhanova², S. I. Adikhanov¹¹South Kazakhstan state university of M. Auezov, city of Shymkent, Kazakhstan,²Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan.

E-mail: kedelbaev@yandex.ru

THE PROSPECTS OF USE OF STRAW OF WHEAT FOR RECEIVING INDUSTRIAL AND IMPORTANT PRODUCTS

Abstract. Objective of this research is to define suitability of wheat straw for carrying out process of a depolymerization of natural polysaccharides and synthesis on this basis of sugars. For the solution of this task we have defined modern resources of wheat straw in the Republic of Kazakhstan. It is shown that the chemical composition of straw of wheat is in approximate compliances with earlier published data of other foreign and domestic researchers. Based on the received results of a research of the chemical composition, taking into account the volume of annual elaboration of waste, we have received that straw of wheat can be used as initial raw materials for carrying out a depolymerization of polysaccharides. Further preprocessing of wheat straw is made by sulphurous acid. Optimum temperature and duration of hydrolysis wheat straw sulphurous acid have made respectively 160–170 °C and 30–80 minutes. With increase in concentration of sulphurous acid increase in rate of decay of sugars is observed. Concentration of sulphurous acid of 1,77% of masses is optimum. Preprocessing wheat straw at a variation of the hydromodule from 1:3 to 1:5 was carried out in conditions – 1,6% of masses. sulphurous acid and at a temperature of 150 °C. The greatest exit of RV is reached at the hydromodule 1:3,5, 1:5 and 1:5,8 and has made 26,8%, 27,0% and 29,2% respectively. The Monosakharidny structure of hydrolyzates has been presented mainly by glucose and a xyrod which concentration reached in hydrolyzates 25 g/l and 22 g/l respectively. In all hydrolyzates glucose and a xyrod which content varied from 21,4 to 55,3 mol of % and of 13,27do 28,44 mol of % of the sum of monosaccharides respectively prevailed.

Researches of processes of enzymatic hydrolysis of straw of wheat are conducted.

The optimum modes of enzymatic hydrolysis wheat straw (a dosage of fermental medicine 0,05 yoy of a substratum, temperature 50 °C, pH 5,0, the hydromodule 1:30) and a beer pellet (a dosage of fermental medicine 0,07 yoy of a substratum, temperature 55 °C, pH 4,75, the hydromodule 1:30), the glucose of a xyrod of 48,33% and 63,97% of content in raw materials allowing to receive an exit respectively are set.

Key words: wheat straw, depolymerization, polysaccharides, geksozana, pentozana reducing substances, prehydrolysis, enzymes, enzymatic hydrolysis, sulphurous acid.

УДК 541.128

Б. Ш. Кедельбаев¹, К. М. Лаханова², С. И. Адиханов¹¹Южно-Казахстанский государственный университет, Шымкент, Казахстан,²Международный казахско-турецкий университет им. Х. А. Ясауи, Туркестан, Казахстан

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННО-ВАЖНЫХ ПРОДУКТОВ

Аннотация. Целью данного исследования является определить пригодность пшеничной соломы для проведения процесса деполимеризации природных полисахаридов и синтеза на этой основе сахаров. Для решения данной задачи нами были определены современные ресурсы пшеничной соломы в Республики Казахстан. Показано, что химический состав соломы пшеницы находится в примерных соответствиях с ранее опубликованными данными других зарубежных и отечественных исследователей. Основываясь на получен-

ных результатах исследования химического состава, с учетом объема ежегодной выработки отходов, нами получено, что солома пшеницы может быть использована в качестве исходного сырья для проведения деполимеризации полисахаридов. Далее произведена предобработка пшеничной соломы сернистой кислотой. Оптимальная температура и продолжительность гидролиза солома пшеницы сернистой кислотой составили соответственно 160–170 °С и 30–80 минут. С повышением концентрации сернистой кислоты наблюдается увеличение скорости распада сахаров. Оптимальной является концентрация сернистой кислоты 1,77 % масс. Предобработку солома пшеницы при варьировании гидромодуля от 1:3 до 1:5 проводили в условиях – 1,6 % масс. сернистой кислотой и при температуре 150 °С. Наибольший выход РВ достигнут при гидромодуле 1:3,5, 1:5 и 1:5,8 и составил 26,8 %, 27,0 % и 29,2 % соответственно. Моносахаридный состав гидролизатов был представлен преимущественно глюкозой и ксилозой, концентрация которых достигала в гидролизатах 25 г/л и 22 г/л соответственно. Во всех гидролизатах преобладали глюкоза и ксилоза, содержание которых варьировало от 21,4 до 55,3 моль % и от 13,27 до 28,44 моль % от суммы моносахаридов соответственно.

Проведены исследования процессов ферментативного гидролиза соломы пшеницы.

Установлены оптимальные режимы ферментативного гидролиза солома пшеницы (дозировка ферментного препарата 0,05 г/г субстрата, температура 50 °С, рН 5,0, гидромодуль 1:30) и пивной дробины (дозировка ферментного препарата 0,07 г/г субстрата, температура 55 °С, рН 4,75, гидромодуль 1:30), позволяющие получить выход глюкозы ксилозы 48,33 и 63,97 % от содержания в сырье соответственно.

Ключевые слова: солома пшеницы, деполимеризация, полисахариды, гексозаны, пентозаны, редуцирующие вещества, предгидролиз, ферменты, ферментативный гидролиз, сернистая кислота.

Введение. Альтернативой нефтеперерабатывающей промышленности является возрождение крупнотоннажной микробиологической промышленности в Республике Казахстан, непосредственно связанной с освоением сырьевой базы на основе возобновляемого растительного сырья. Переработка возобновляемого углеводсодержащего растительного сырья в промышленно важные продукты представляет большой практический интерес [1-3]. В связи с чем растущий интерес к использованию углеводсодержащих сельскохозяйственных растительных отходов, богатых полисахаридами, обуславливает поиск оптимальных методов её переработки [4]. Основным критерием при переработке данных отходов является их стоимость, объем, доступность и локализация, а также химический состав и технологические свойства. Однако их эффективное превращение в биологически усвояемые сахара – сложная задача, над которой работают научные коллективы во всем мире. При этом исследуются возможности использования непосредственно микроорганизмов, комплексов ферментов, химических гидролизующих агентов для эффективного превращения непищевого сырья в усвояемые сахара [5, 6]. Основным фактором, сдерживающим переработку полисахаридов соломы пшеницы, является невысокая рентабельность этих производств, обусловленная недостатками подготовки сырья, высокими энергозатратами и низким выходом целевого продукта. Эта проблема может быть преодолена при решении задачи максимального использования исходного сырья.

Технико-экономический анализ крупнотоннажных производств, ориентированных на выпуск продукции на основе углеводсодержащего растительного сырья и мировая биотехнологическая практика показывают, что повышение рентабельности этих производств возможно только при переходе на комплексный вариант переработки сырья, в том числе вторичного. А также эффективной переработки отходов с выпуском продуктов фармацевтического, пищевого и кормового назначения.

В настоящее время в Республике Казахстан нет подобных производств, что затрудняет решение вопросов определения перспективы внедрения в производство получаемых научных результатов. Поэтому разработка приемлемой технологии для осуществления процессов деполимеризации углеводсодержащего растительного сырья является чрезвычайно актуальной задачей.

По статическим данным министерства сельского хозяйства Республики Казахстан среди сельскохозяйственных культур по урожайности лидирует пшеница. Несмотря на то, что к настоящему времени разработан и осуществлен ряд мер по переработке и утилизации соломы пшеницы, большая их часть является невостребованной. В большинстве случаев она используется на скормливание скоту и в качестве подстилки животным, остальная её часть запахивается в землю или сжигается на полях. Таким образом, данный отход является крупнотоннажным, доступным и перспективным вторичным ресурсам сельскохозяйственного производства в Республике Казахстан.

Разработка комплексной переработки путем осуществления процессов деполимеризации полисахаридов соломы пшеницы позволит не только улучшить экологическую ситуацию, но и получить сырье и дополнительные продукты для промышленности.

Целью данного исследования является определить пригодность соломы пшеницы для проведения процесса деполимеризации природных полисахаридов и синтеза на этой основе глюкозы и сорбита.

Материалы и методы. В настоящей работе исследовалась солома пшеницы, образующаяся в качестве отходов в аграрном секторе Республики Казахстан.

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; содержание легко- и трудногидролизующих полисахаридов определяли по методу Кизеля и Семигановского, лигнин – по методу Кенига в модификации Комарова с использованием 72%-ной серной кислоты, пентозаны – по содержанию пентоз в гидролизатах легко- и трудно гидролизующих полисахаридов;

Анализ редуцирующих сахаров проводили методом Макэна-Шоорля, а многоатомных спиртов бумажной хроматографии.

Результаты и обсуждение. Для определения объема вырабатываемой пшеничной соломы были проанализированы статистические данные по посеву пшеницы в Республике Казахстан (таблица 1).

Таблица 1 – Валовый сбор посевов пшеницы в Республике Казахстан, тысяч центнеров

Год	Объем посевов пшеницы
2012	98 411,3
2013	139 408,1
2014	129 968,6

Из таблицы 1 видно, что в Республике Казахстан производится достаточное количество пшеницы, отходы переработки которой создают необходимую базу для осуществления процесса деполимеризации полисахаридов. В дальнейшем нами было протестировано выбранное растительного сырья с целью определения пригодности, так как химический состав его зависит от культуры, сорта, почвенно-климатических условий, агротехники, срока и условий хранения и других факторов (таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав пшеничной соломы, в масс.

Наименование компонентов	Содержание, %
Зольные вещества	2,3
Легкогидролизующие полисахариды	25,7
Трудногидролизующие полисахариды	41,3
Гекозаны	35,3
Пентозаны (без уроновых кислот)	24,5

Как следует из таблицы 2, химический состав соломы пшеницы находится в примерных соответствиях с ранее опубликованными данными других зарубежных и отечественных исследователей. Основываясь на полученных результатах исследования химического состава, с учетом объема ежегодной выработки отходов, нами получено, что солома пшеницы может быть использована в качестве исходного сырья для проведения деполимеризации полисахаридов.

Обработку соломы пшеницы проводили в диапазоне температур 190-250°C при варьировании концентрации сернистой кислоты от 0,6 до 2,5 % масс. Оптимальная температура и продолжи-

тельность гидролиза солома пшеницы сернистой кислотой составили соответственно 160–170°C и 30–80 минут. С повышением концентрации сернистой кислоты наблюдается увеличение скорости распада сахаров. Предобработку солома пшеницы проводили в диапазоне температур 190–250 °С при варьировании концентрации сернистой кислоты от 0,6 до 2,5 % масс. Повышение температуры в большей степени, по сравнению с повышением концентрации кислоты, способствовало сокращению продолжительности обработки, необходимой для достижения максимального выхода редуцирующих веществ (РВ). больше, чем реакции разложения моносахаридов. Выход моносахаридов, следовательно, увеличивается вместе с температурой реакции. что влияние концентрации сернистой кислоты при температурах ниже 150°C заметно проявляется, но при повышении температуры до 160 °С оно исчезает.

Оптимальная температура и продолжительность гидролиза солома пшеницы сернистой кислотой составили соответственно 160–170 °С и 30-80 минут. С повышением концентрации сернистой кислоты наблюдается увеличение скорости распада сахаров. Оптимальной является концентрация сернистой кислоты 1,77 % масс. Предобработку солома пшеницы при варьирование гидромодуля от 1:3 до 1:5 проводили в условиях - 1,6 % масс. сернистой кислотой и при температуре 150 °С. Наибольший выход РВ достигнут при гидромодуле 1:3,5, 1:5 и 1:5,8 и составил 26,8 %, 27,0 % и 29,2 % соответственно. Моносахаридный состав гидролизатов был представлен преимущественно глюкозой и ксилозой, концентрация которых достигала в гидролизатах 25 и 22 г/л соответственно. Во всех гидролизатах преобладали глюкоза и ксилоза, содержание которых варьировало от 21,4 до 55,3 моль % и от 13,27 до 28,44 моль % от суммы моносахаридов соответственно.

Таким образом, обработка солома пшеницы 1,35 % масс. сернистой кислотой при температуре 150°C, гидромодуле 1:3 в течение 60 мин позволяет получать гидролизаты с концентрацией редуцирующих веществ до 7,6 %, что будет способствовать их дальнейшему использованию в микробиологической промышленности. При применении гидромодуля 1:4,5 максимальная концентрация редуцирующих веществ в гидролизате достигнута при температуре 160°C, концентрации сернистой кислоты 1,6 % масс. Выход редуцирующих веществ составил 25,57% от абсолютно сухого вещества солома пшеницы. Во всех экспериментах гидролиза солома пшеницы наилучшие результаты достигнуты при концентрации сернистой кислоты 1,6 % масс и температуре опыта 150–160 °С.

Проведены исследования процессов ферментативного гидролиза солома пшеницы в присутствии мицелиальных грибов *Aspergillus niger* и микроорганизмов *Trichoderma*

Эксперименты для изучения ферментативной кинетики осуществляли, используя в качестве сырья солому пшеницы. В экспериментальных процессах ферментализации использовалась предварительно размолотая, просеянная и просушенная до постоянной величины в сушильном шкафу при температуре 120°C в течение 2 часов, солома пшеницы предварительно запаривалась в автоклаве при избыточном давлении 0,05–0,1 МПа в течение 0,5–1 часа.

Процессы ферментализации проводили в соответствии с характеристикой применяемых ферментных препаратов при поддержании активной кислотности в диапазоне 4,9–5,0 ед. рН и температуре 49°C.

Таблица 3 – Результаты ферментализации соломы пшеницы в ферментере

Номер процесса	Количество фермента, ед. активности	Максимальная концентрация РВ,%	Выход РВ, %
1	62-75,8	0,43	4,3
2	62-75,8	0,46	4,6
3	6,2-17,6	0,46	4,6
4	31-37,9	0,48	4,8
5	62-75,8	0,32	3,2
6	1,6-1,9	0,26	2,6
7	3,0-3,8	0,26	2,6
8	4,6-5,7	0,22	2,2

Длительность процессов ферментализации составляла 7–10 часов.

Результаты эксперимента приведены в таблице 3.

Рекомендации. Подведение итогов. Таким образом, проведено систематическое исследование ежегодно возобновляемых ресурсов углеводсодержащих сельскохозяйственных отходов в Республике Казахстан. Цель данного исследования – определения уровня достаточности объема образующихся отходов солома пшеницы для осуществления процессов деполимеризации находящихся в них полисахаридов. Нами определено, что ресурс интересующих нас отходов вполне достаточен для дальнейшей реализации поставленной задачи. Результаты химического анализа образующихся отходов и их оценка их количества позволило нам остановиться на соломе пшеницы. Впервые обоснована и экспериментально подтверждена эффективность применения сернистой кислоты для деполимеризации полисахаридов пшеничной соломы с получением гидролизатов, содержащих 8,5 % масс редуцирующих веществ. Установлены оптимальные режимы кислотного гидролиза солома пшеницы в присутствии сернистой кислотой (гидромодуль 1:30, температура 50 °С). Установлены оптимальные режимы ферментативного гидролиза солома пшеницы (дозировка ферментного препарата 0,05 г/г субстрата, температура 50 °С, рН 5,0, гидромодуль 1:30) и пивной дробины (дозировка ферментного препарата 0,07 г/г субстрата, температура 55 °С, рН 4,75, гидромодуль 1:30), позволяющие получить выход глюкозы ксилозы 48,33 и 63,97 % от содержания в сырье соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Recent progress in bioconversion of lignocellulosics / T. Scheper; G. T. Tsao [et al.]. – Berlin: Springer, 1999. – 280 p.
- [2] Нуртдинов Р.М. Высокотемпературный гидролиз растительного сырья / Р. М. Нуртдинов, С. Г. Мухачев, Р. Т. Валеева, В. М. Емельянов // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 10. – С. 204-208.
- [3] Галеева А.А. Исследование процесса гидролиза соломы ферментным комплексом NS22074 / А. А. Галеева, А. И. Галиева, М. В. Харина, Р. Т. Валеева // Аннотации сообщений «Научной сессии КНИТУ». – Казань, 2013. – С. 85.
- [4] Харина М.В. Повышение эффективности производства кормовых дрожжей / М. В. Харина, С. Г. Мухачев, Р. Т. Валеева, И. В. Логинова, Р. М. Нуртдинов // Материалы VI Московского международного конгресса, «Биотехнология: состояние и перспективы развития». – Ч. 1 (Москва, 21-25 марта 2011г.). – М., 2011. – С. 332-333.
- [5] Сушкова В.И. Безотходная конверсия растительного сырья в биологически активные вещества / В. И. Сушкова, Г. И. Воробьева. – Киров: ДеЛи принт, 2007. – 204 с.
- [6] Carpita N., McCann M. (2000) The cell wall. In: Buchanan B, Gruissem W, Jones R (eds) Biochemistry and molecular biology of plants. – American Society of Plant Biologists, Rockville, p. 52-108.

REFERENCES

- [1] Recent progress in bioconversion of lignocellulosics / T. Scheper; G. T. Tsao [et al.]. Berlin: Springer, 1999. 280 p.
- [2] Nurtdinov P.M. Vysokotemperaturnyj gidroliz rastitel'nogo syr'ja / R. M. Nurtdinov, S. G. Muhachev, R. T. Valeeva, V. M. Emel'janov // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. 2011. N 10. P. 204-208.
- [3] Galeeva A.A. Issledovanie processa gidroliza solomy fermentnym kompleksom NS22074 / A. A. Galeeva, A. I. Galieva, M. V. Harina, R. T. Valeeva // Annotacii soobshhenij «Nauchnoj sessii KNITU». Kazan', 2013. P. 85.
- [4] Harina M.V. Povyshenie jeffektivnosti proizvodstva kormovyh drozhzhej / M. V. Harina, S. G. Muhachev, R. T. Valeeva, I. V. Loginova, R. M. Nurtdinov // Materialy VI Moskovskogo mezhdunarodnogo kongressa, «Biotehnologija: sostojanie i perspektivy razvitija», chast' 1 (Moskva, 21-25 marta 2011g.). M., 2011. P. 332-333.
- [5] Sushkova V.I. Bezothodnaja konversija rastitel'nogo syr'ja v biologicheski aktivnye veshhestva / V. I. Sushkova, G. I. Vorob'jova. Kirov: DeLi print, 2007. 204 p.
- [6] Carpita N, McCann M (2000) The cell wall. In: Buchanan B, Gruissem W, Jones R (eds) Biochemistry and molecular biology of plants. American Society of Plant Biologists, Rockville, p. 52-108.

Б. Ш. Кедельбаев¹, К. М. Лаханова², С. И. Адиханов¹

¹М. Өуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан,

²Х. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан

ӨНЕРКӘСІПТІК МАҢЫЗДЫ ӨНІМДЕРДІ АЛУ ҮШІН САБАН БИДАЙДЫ ПАЙДАЛАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Аннотация. Аталған зерттеу жұмысының мақсаты табиғи полисахаридтердің деполимеризация процесін және қантқа негізделген синтездерді жүргізу үшін бидай сабанының қажеттілігін анықтау болып табылады. Осы міндетті шешу үшін Қазақстан Республикасындағы бидай сабанының замануи ресурстары анықталды. Бидай сабанының химиялық құрамы шетелдік және отандық зерттеушілердің жарыққа шыққан жұмыстарындағы көрсеткіштермен сәйкес келетіндігі көрсетілді. Жыл сайынғы өндіріс шығындарының мөлшерін есепке алып химиялық құрамына жасалған зерттеулерді негізге алғанда, бидай сабанын полисахаридтерді деполимеризациялау процесін жүргізу үшін негізгі шикізат көзі ретінде қолдануға болатындығы анықталды. Әрі қарай бидай сабанын күкіртті қышқылмен бастапқы өңдеу жасалды. Тиімді температура мен бидай сабанының күкірт қышқылындағы гидролиз процесінің ұзақтығы 160–170 °С және 30-80 минутқа сәйкес болды. Күкірт қышқылының концентрациясының жоғарылауымен қанттың ыдырау жылдамдығы анықталады. Күкірт қышқылының тиімді концентрациясы 1,77 % масс. болып табылады. Бидай сабанын бастапқы өңдеу кезеңінде гидромодульді түрлендіру 1:3-тен 1:5 аралығында, 1,6 % масс. күкірт қышқылы және 150 °С температура жағдайында жүргізілді. Өнімнің көпшілігі 1:3,5, 1:5,8 шамасында гидромодуль кезінде шықты және сәйкесінше 26,8%, 27,0 % және 29,2 % құрады. Гидролизаттың моносахаридті құрамы көбінесе гидролизат процесіндегі концентрациясы 25 және 22 г/л жеткен глюкоза мен ксилозада көрінді. Барлық гидролизатта түрлендіру құрамы 21,4-тен 55,3 моль % және 13,27-ден 28,44 моль % моносахаридтерге сәйкес мөлшерден глюкоза мен ксилоза басым болды.

Сабан бидай үшін ферментативті гидролиз процесіне зерттеулер жүргізілді.

Сабан бидайды ферментативті гидролиздеудің оңтайлы режимдері белгіленген (ферментті препараттың мөлшері 0,05 г/г субстрат, температура 50 °С, рН 5,0 , гидромодуль 1:30) және сыра жарма (ферментті препараттың мөлшері 0,07 г/г субстрат, температура 55 °С, рН 4,75 , гидромодуль 1:30), глюкоза ксилоза алуға мүмкіндік беретін 48,33% және 63,97 % көлемінде шикізат қажет.

Түйін сөздер: бидай сабаны, деполимеризация, полисахаридтер, гексозандар, пентозандар, редуцируші заттар, предгидролиз, ферменттер, ферменттік гидролиз, күкірт қышқылы.