Аграрный научный журнал. 2023. № 6. С. 151–155
Agrarian Scientific Journal. 2023;(6):151–155

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Научная статья
УДК 677.19
doi: 10.28983/asj.y2023i6pp151-155

Получение целлюлозного волокна из лузги подсолнечника

Денис Владимирович Тунцев[1], Андрей Владимирович Куликов[2], Дмитрий Богданович Просвирников[1], Румия Рустамовна Ахмедзянова[1]
[1] ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань, Россия
[2] АО «НЭФИС КОСМЕТИКС», г. Казань, Россия
e-mail: tuntsevdv@kstu.ru

Аннотация. В статье рассматриваются результаты исследований получения целлюлозного волокна из лузги подсолнечника. Представлена полная технологическая схема переработки растительного сырья. Проведенные исследования доказали возможность получение целлюлозного волокна из лузги подсолнечника. Средневзвешенная длина волокна составила 0,495 мм, ширина 30,8 мкм. Выявлено, масса средневолокнистых и длинноволокнистых фракций, применяемых в целлюлозно-бумажной промышленности, составляет 59,1 %.

Ключевые слова: лузга подсолнечника; целлюлозное волокно; бумажное производство; переработка растительных отходов.

Для цитирования: Тунцев Д. В., Куликов А. В., Просвирников Д. Б., Ахмедзянова Р. Р. Получение целлюлозного волокна из лузги подсолнечника // Аграрный научный журнал. 2023. № 6. С. 151–155. http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i6pp151-155.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Producing cellulose fiber from husks sunflower

Denis V. Tuntsev[1], Andrey V. Kulikov[2], Dmitriy B. Prosvirnikov[1], Rumiya R. Akhmedzyanova[1]
[1] Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
[2] JSC “NEFIS COSMETICS”, Kazan, Russia
e-mail: tuntsevdv@kstu.ru

Abstract. The article discusses the results of research on obtaining cellulose fiber from sunflower husks. A complete technological scheme of plant raw materials processing is presented. The studies have proved the possibility of obtaining cellulose fiber from sunflower husk. The average weighted length of the fiber was 0.495 mm, width 30.8 microns. It has been revealed that 59,1 % of the total weight of the obtained fiber can be attributed to the conditioned fiber having bougoyage-forming properties.

Keywords: sunflower husk; cellulose fiber; paper production; vegetable waste recycling.

For citation: Tuntsev D. V., Kulikov A. V., Prosvirnikov D. B., Akhmedzyanova R. R. Results of studies on the sealing of crop residues of leguminous crops with ploughshares. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(6):151–155. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i6pp151-155.

Введение. На сегодняшний день подсолнечник занимает четвертое место в мире среди источников растительного масла. Исторически, промышленное (экстракционное) извлечение масло из зерен растения подсолнечника началось в Российской империи около 1830 г., позднее советские ученые селективными методами увеличили размеры семян, урожайность, повысили содержание масла с 29 до 46 %, а также сократили время созревания семян и повысили сопротивляемость подсолнечника болезням. И до сих пор основное производство подсолнечного масла располагается на территории бывшего Советского Союза. Более того, поэтому урожай подсолнечника в России значительно влияет на мировой рынок масла и жиров [7].

По предварительным итогам посевной кампании, площади под подсолнечником в Российской Федерации в 2021 году достигли 9 643,5 тыс. га, что на 12,9% превышает значения годичной давности. Это рекордное значение, за весь период, начиная с 1990 года. При этом больше всего площади возросли в Центральном ФО (в основном за счет Воронежской области), где отмечается наибольшая урожайность данной культуры [3].

© Тунцев Д. В., Куликов А. В., Просвирников Д. Б., Ахмедзянова Р. Р., 2023

При допущении, что урожайность будет находиться на среднегодовых за прошедшие 5 лет отметках, а также принимая во внимание структурные изменения посевных площадей по регионам, можно оценить объем сборов на уровне 16 100 тыс. т в первоначально оприходованной массе (15 130 тыс. т в массе после доработки). Это на 14,8 % больше, чем в 2020 г.

Плодовая оболочка семян подсолнечника (подсолнечная лузга) относится к ценному вторичному растительному сырью. Оболочка представляет собой одеревеневшую растительную ткань, однородную по физической структуре, с большим постоянством химического состава и физико-механических свойств. Лузга отделяется от семян подсолнечника в процессе облущивания семян при подготовке к извлечению масла. В этом случае, лузга является отходом масложировых предприятий, составляющим 15–20 % от массы плодов, что в пересчете в натуральном выражении может составлять более 2,5 млн т в год растительных отходов, образующихся на территории России. На рис. 1 представлены плоды подсолнечника и лузга.

а

б

Рис. 1. Плоды «а» и лузга подсолнечника «б»

При рассмотрении направлений переработки лузги подсолнечника можно выделить основные – это термические (сжигание для получения энергии), механические (размол до мелкозернистого состояния для различного применения в композиционных материалах), микробиологические (получение кормовых дрожжей и фурфурола), химические (углеродистые продукты). Однако представленные направления переработки не обеспечивают полной утилизации растительного сырья большая часть которого вывозится в отвалы и тем самым ухудшают экологическую обстановку и повышают пожарную опасность [5, 6].

Цель исследования – разработать технологию получения целлюлозного волокна с высокими качественными характеристиками из шелухи подсолнечника.

Методика исследований. Выбор и последовательность процессов переработки лузги подсолнечника в целлюлозное волокно определяется свойствами промышленной лузги: содержание примесей (загрязненность), химический и гранулометрический состав.

Учитывая наличие в промышленной лузге «органических» примесей (жиры, сырой протеин и др.) и неизбежность «засорения» загрязнениями различного происхождения при аккумулировании и хранении лузги, предусматривается предварительная очистка растительного сырья. Она выполняется последовательно в двух вариантах – сухая механическая и мокрая.

Сухая очистка направлена на максимально возможное удаление мелких частиц разрушенной лузги, пыли и иных включений для повышения однородности сырья, снижения расхода дорогих химикатов, применяемых в технологическом процессе. Сухая очистка выполняется просеиванием лузги на сите с подобранными эффективными ячейками. Выход сырья после сухой очистки составляет 99 % от первоначальной массы.

Мокрая очистка направлена на механическое вымывание частиц примесей с поверхности и толщи лузги подсолнечника, удаление части водорастворимых веществ, а также снижение расхода химикатов, применяемых в технологическом процессе. Промывка выполняется водой.

Дальнейшим технологическим процессом переработки лузги является обезвоживание сырья. Обезвоживание направлено на удаление избытка влаги из сырья. Имея высокую гидрофильность и гигроскопичность, лузга в процессе промывки впитывает значительный объем воды. Избыточная вода, содержащаяся в растительном сырье, при последующей химической обработке резко снижает концентрацию химикатов и скорость пропитки сырья. Избыточная вода очищается и возвращается на стадию промывки. Выход сырья после сухой очистки составляет 92–95 % от первоначальной массы.

©Тунцев Д. В., Куликов А. В., Просвирников Д. Б., Ахмедзянова Р. Р., 2023

Стадия химической обработки (бланширования) направлена на «размягчение» оболочек лузги (умеренная химическая деструкция межклеточных связей) и освобождение оболочек от легкогидролизуемых и водорастворимых веществ [1, 2]. Стадия химической обработки выполняется в химическом реакторе водным раствором щелочи (расход 4–6 %) в сочетании с температурой (95±3°С) и временной выдержкой (90–120 мин). Растворенные вещества переходят в раствор, который называется щелоком (отработанным щелоком). Масса растворенных веществ является отходами, подлежащими выделению из щелока и утилизации. Выход сырья после стадии химической обработки составляет 60–65 % от первоначальной массы.

После стадии химической обработки проводится размол целлюлозного остатка оболочек. Данная стадия направлена на разделение оболочек в волокнистую массу заданных свойств. Наиболее приемлемым режимом является фибриллирующий размол [4, 8].

Стадия очистки волокна от костры направлена на удаление не фибриллируемой части оболочек, преимущественно панцирного устойчивого к действию химикатов фитомеланинового слоя. Он сохраняется в виде механически измельченных костричных и разнодисперсных частиц. Выход сырья после стадий размола и очистки составляет 57–62 % от первоначальной массы

Стадия обезвоживание и сушка волокна направлены на получение сырой (сухость 35–40 %) или сухой (сухость 88–90 %) массы. В обезвоженном виде сырье пригодно для транспортирования, в качестве товарного продукта. Потери на стадии обезвоживания составляют около 2 % волокна – это отходы в оборотной воде, которая должна очищаться и возвращаться в кругооборот, а отходы волокна подлежат утилизации.

Лабораторное исследование проводилось по разработанной методике. Лузга массой 50 г в сухом состоянии помещалась в химический реактор (фарфоровый стакан). Химическим реагентом является гидроксид натрия (NaOH), который задавался в натуральных единицах в количествах 4–6 % к массе сырья, расход составлял 2–3 г. Концентрация щелочи была определена условием полного погружения лузги в жидкость с возможностью перемешивания реакционной смеси. Для этого понадобилось 300 мл раствора щелочи. При расходе щелочи 2–3 г, концентрация щелочи в реакционной смеси 0,6–0,9 %. Раствор щелочи смешивался с лузгой и нагревался до температуры 95±3°С. При перемешивании реакционной смеси и заданных условиях, осуществлялась выдержка 90 и 120 мин.

Исследование способности остатка лузги фибриллированию осуществлялось на ножевых размалывающих аппаратах: лабораторный ролл, лабораторный размалывающий комплект, лабораторная дисковая мельница. Каждый из аппаратов отличается размалывающей гарнитурой, создающей гидродинамический режим различной интенсивности, и различное режущее воздействие на сырье.

Результаты исследований. Результаты лабораторного исследования получения волокнистой массы из лузги подсолнечника представлены в табл. 1. Критерием результата являлось получение волокна, пригодного для получения образцов бумаги.

Таблица 1

Результаты лабораторного исследования получения целлюлозной массы из лузги подсолнечника

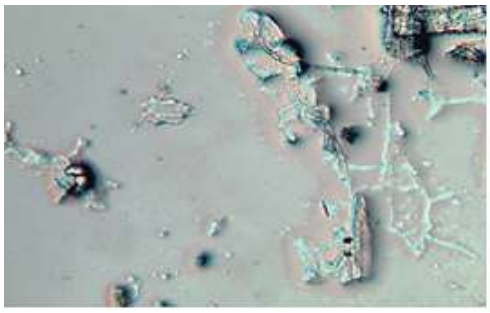
№ опыта	Операции бланширования	Режим	Результат
1	Расход щелочи, % к массе, а.с.с Концентрация щелочи, % Температура, °С Продолжительность, мин Выход кондиционного волокна, % от массы а.с. сырья	4 0,6 95±3 90 50	Волокно получено
2	Расход щелочи, % от массы, а.с.с Концентрация щелочи, % Температура, °С Продолжительность, мин Выход кондиционного волокна, % от массы а.с. сырья	6 0,9 95±3 120 60	Волокно получено

Результат подтвердился внешним видом водно-волокнистой суспензии, микроскопическими исследованиями волокна и исследованиями дисперсионно-фракционного состава волокнистой массы. На серии фотографий (рис. 2) представлены размерно-структурные параметры микроскопических снимков волокна.

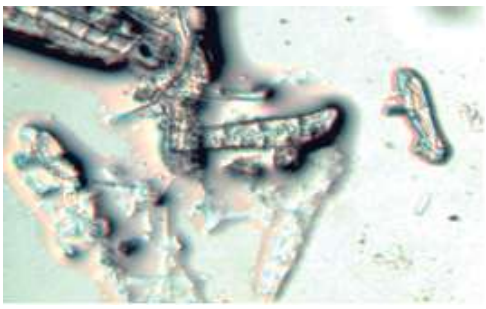
Фотографии «а», «б», «в» и «г» относятся к опыту № 1, а остальные – к опыту № 2.

Как видно на фотографиях 1-го исследования – «а», «б», «в», «г», – волокно отличается широким интервалом полидисперсности, наблюдаются короткие и длинные волокна. Темный цвет и видимая

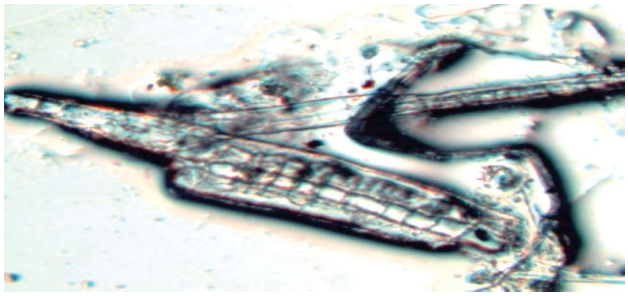
© Тунцев Д. В., Куликов А. В., Просвирников Д. Б., Ахмедзянова Р. Р., 2023



а

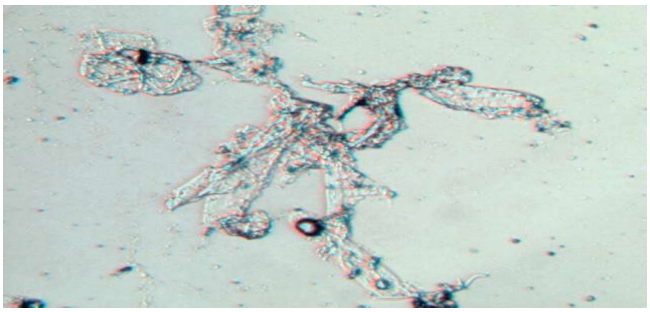


б



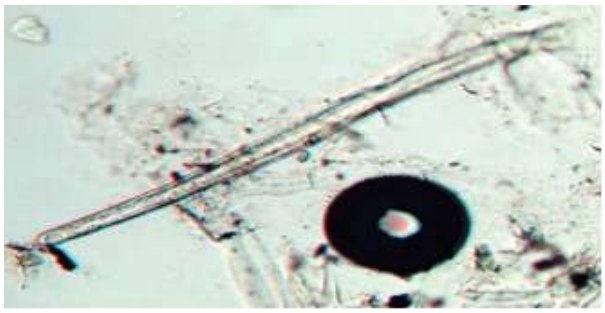
в

г



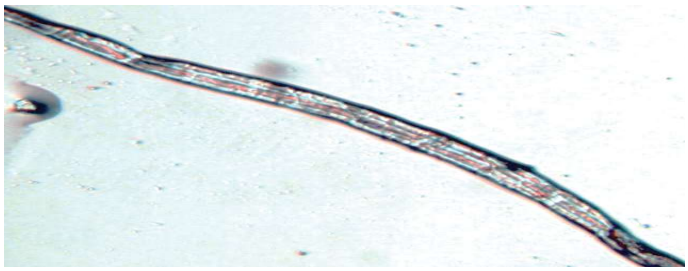
д

е



ж

з



к

Рис. 2. Микрофотографии волокнистой массы из лузги подсолнечника

внешняя структура, указывают на малую степень «провара» оболочки. Вследствие недостаточности провара, оболочка оказалась слабо разволокненной – преимущественно до пучков волокна.

Во 2-м исследовании волокно получено также с большим интервалом полидисперсности. Однако, им присущи прозрачность, лентообразность, фибриллированность поверхности. Отчетливо видна поверхностная пористость. На фотографиях «е», «ж», «з», наблюдается сочетание мелкого волокна («мелочь») и длинного волокна, которое ожидаемо должно формировать качественные листы бумаги. На фотографии «к» можно видеть практически «идеальное» целлюлозное волокно.

Анализ данных исследования фракционного состава волокна подтверждает широкий спектр длин волокна. Так, выделены 9 фракций с пределами длины волокна (табл. 2).

©Тунцев Д. В., Куликов А. В., Просвирников Д. Б., Ахмедзянова Р. Р., 2023

Таблица 2

Фракционный состав волокнистой массы из лузги

Пределы длины фракций, мм/масса фракции, %									
0,20 –	0,29 –	0,38 –	0,47 –	0,56 –	0,64 –	0,73 –	0,82 –	0,91 –	1,0
0,29	0,38	0,47	0,56	0,64	0,73	0,82	0,91	1,0	
/21,7	/19,2	/18,0	/12,7	/8,2	/5,6	/3,5	/2,5	/1,9	/6,7
Средневзвешенная длина волокна 0,495 мм, ширина 30,8 мкм									

Анализ данных фракционного состава массы из лузги подсолнечника, позволяет объективно оценить следующие факты:

а) масса мелковолокнистых фракций, к которым относят малопригодное волокно (0,20–0,38 мм), составляет 40,9% от массы всего волокна;

б) масса средневолокнистых и длинноволокнистых фракций, применяемых в целлюлозно-бумажной промышленности, составляет 59,1%.

Исследования по получению целлюлозного волокна из лузги подсолнечника проведены при поддержке ГК «НЭФИС», г. Казань.

Заключение. Проведенные исследования доказали возможность получение целлюлозного волокна из лузги подсолнечника. Разработана методика переработки лузги подсолнечника. Выявлено, что масса средневолокнистых и длинноволокнистых фракций, применяемых в целлюлозно-бумажной промышленности, составляет 59,1%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Получение микрокристаллической целлюлозы из рисовой шелухи / Н.Х. Нгиа [и др.] //Деревообрабатывающая промышленность. 2019. №. 2. С. 89–98.

2. Изучение процесса одновременного извлечения ксилозы, наноцеллюлозы, лигнина, кремнезема из рисовой шелухи / Н.Х. Нгиа [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2019. №. 3. С. 122–128.

3. Неуймин Д.С., Малютина С.А., Трунов А.И. Функционирование и развитие рынка семян подсолнечника и продуктов его переработки // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового питания. 2017. №. 6 (20). С. 88–96.

4. Сафин Р.Г., Просвирников Д.Б., Тимербаев Н.Ф. Разработка технологии получения химических волокон из растительного целлюлозосодержащего сырья // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. №. 3. С. 68–74.

5. Тунцев Д.В., Харьков В.В., Кузнецов М.Г. Переработка лузги подсолнечника в угольные брикеты высокой прочности // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. №. 4-2. С. 86–90.

6. Схема промышленной установки для переработки отходов лесного комплекса / Д.В. Тунцев [и др.] // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. №. 3-2. С. 445–448.

7. Харьков В.В., Тунцев Д.В., Кузнецов М.Г. Термохимическая переработка лузги подсолнечника // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. №. 4. С. 130–134.

8. Safin R.G., Prosvirnikov D.B, Tuntsev D.V. New chemical fibers obtained from wood, activated by steam explosion treatment // Solid State Phenomena. Trans Tech Publications Ltd, 2020. Т. 299. С. 1017–1023.

REFERENCES

1. Obtaining microcrystalline cellulose from rice husks / N.Kh. Ngia et al. *Woodworking industry.* 2019; 2: 89–98.

2. Study of the process of simultaneous extraction of xylose, nanocellulose, lignin, silica from rice husks / N.Kh. Ngia et al. *Systems. Methods. Technologies.* 2019; 3: 122–128.

3. Neuimin D.S., Malyutina S.A., Trunov A.I. Functioning and development of the market for sunflower seeds and products of its processing. *Technologies of the food and processing industry Agroindustrial complex – healthy food products.* 2017; 6 (20): 88–96.

4. Safin R.G., Prosvirnikov D.B., Timerbaev N.F. Development of technology for obtaining chemical fibers from vegetable cellulose-containing raw materials. *Izvestia of higher educational institutions. Technology of the textile industry*. 2018; 3: 68–74.

5. Tuncev D.V., Kharkov V.V., Kuznetsov M.G. Processing of sunflower husks into high-strength coal briquettes. *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*. 2019; 14; 4-2: 86–90.

6. Scheme of an industrial plant for processing waste from the forest complex / D.V. Tuntsev et al. // *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*. 2014; 2; 3-2: 445–448.

7. Kharkov V.V., Tuntsev D.V., Kuznetsov M.G. Thermochemical processing of sunflower husks. *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*. 2018; 13; 4: 130–134.

8. Safin R.G., Prosvirnikov D.B., Tuntsev D.V. New chemical fibers obtained from wood, activated by steam explosion treatment. *Solid State Phenomena. Trans Tech Publications Ltd*. 2020; 299: 1017–1023.

Статья поступила в редакцию 30.01.2023; одобрена после рецензирования 21.02.2023; принята к публикации 1.03.2023.
The article was submitted 30.01.2023; approved after reviewing 21.02.2023; accepted for publication 1.03.2023.

© Тунцев Д. В., Куликов А. В., Просвирников Д. Б., Ахмедзянова Р. Р., 2023