

ПЕРЕРАБОТКА ЛЬНА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В.С. Болтовский, В.Л. Флейшер, М.В. Андрюхова

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Республика Беларусь

Рассмотрено состояние и перспективы новых направлений переработки льна в Республике Беларусь с учетом его компонентного состава для получения инновационных видов продукции. Приведены результаты исследований по определению состава семян льна белорусской селекции, основных компонентов волокон льна-долгунца и после различных стадий его обработки. Разработан способ получения альфа-целлюлозы из котонизированного волокна льна для последующего использования ее в технологии высокоэнергетических материалов. Показано, что волокна льна-долгунца могут быть использованы для получения альфа-целлюлозы наряду с хлопком. Из семян льна белорусской селекции перспективно не только извлечение масла, но и камеди как альтернативы импортным гуаровой и ксантановой камедям, а также других биологически активных компонентов.

Ключевые слова: лен-долгунец, масличный лен, волокно льна, альфа-целлюлоза, семена льна, льняное масло, камедь

Введение. В настоящее время в мире возрастает интерес к промышленной переработке постоянно возобновляемых ресурсов растительного сырья, в т. ч. льна. По мнению Организации Объединенных Наций, лен является ценным материалом XXI века, что определяет его значимость и перспективность использования [7]. Лен (преимущественно масличный и долгунец) традиционно возделывается и перерабатывается во многих странах мира, в т. ч. Республике Беларусь, и является одним из приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса и перерабатывающих отраслей промышленности. Наиболее крупными его производителями являются Франция, Бельгия, Беларусь, Россия, Китай, Украина, Египет и др. [6].

Республика Беларусь занимает одно из лидирующих мест в мире по объемам производства и переработки льна-долгунца. В Беларуси в настоящее время работают более 20 льнозаводов, одним из наиболее крупных является РУПТП «Оршанский льнокомбинат». Посевная площадь льна-долгунца по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь в 2023 г. составила 45,7 тыс. га. На 2021–2025 гг. запланировано 49,6 тыс. га, что достаточно для производства 180 тыс. т льнотресты в год. Однако основной областью промышленной переработки льняных волокон является производство текстильных материалов. В то же время благодаря достаточно высокому содержанию целлюлозы перспективно использование волокон льна в качестве источника сырья для получения целлюлозы и альфа-целлюлозы.

Наряду с переработкой волокон льна актуально получение новых видов функциональных продуктов из семян льна. Традиционно переработка семян льна заключается в получении льняного масла, в то время как в некоторых странах из них выделяют растительные белки, лигнаны, водорастворимые полисахариды и другие биологически активные вещества.

По данным [4, 2] стоимость извлекаемых из 1 т льна биологически активных веществ может составлять 80 тыс. долларов США. Поэтому исследования, направленные на создание технологии комплексной и глубокой переработки волокон и семян льна являются актуальными. В данной статье на основе литературных данных и собственных исследований предложены наиболее перспективные направления переработки волокон и семян льна в Республике Беларусь.

Методы и методики исследований. В волокнах льна-долгунца, предоставленных РУП «Институт льна» НАН Беларуси и РУПТП «Оршанский льнокомбинат», определяли содержание альфа-целлюлозы, лигнина и зольных элементов. В различных сортах семян льна масличного

(Дар, Альянс, Славянин) и долгунца (Гранд, Эверест, Лада, Дукат, Акцент, Мара, Фалер) белорусской селекции, предоставленных РУП «Институт льна» НАН Беларуси, определяли содержание легкогидролизуемых полисахаридов (ЛГПС), протеина и жира. Все показатели определяли по ГОСТ и принятым в химии растительного сырья методам [3]. Жирнокислотный состав масла определяли методом ГЖХ (на хроматографе Agilent 7820A GC (Agilent Technologies, США), оснащённом пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой HP-Innowax 0,25мм×30м×0,25мкм (полиэтиленгликоль). Анализ проводили при скорости потока гелия 20 см³/с; температуре колонки 220°C, инжектора и детектора – 250°C).

Для получения альфа-целлюлозы *волокна льна* подвергали обработке в две стадии: 1 – кислотами (уксусной, серной, азотной) или щелочью в присутствии пероксида водорода и 2 – облагораживание химическими реагентами с использованием или без пероксида водорода. Важно отметить необходимость использования дистиллированной воды в процессе обработки. Продолжительность обработки 0,5–2,0 ч, температура 25–100 °С.

Результаты исследований и их обсуждение. Перспективность использования целлюлозы льна вместо хлопковой целлюлозы для изготовления высокоэнергетических материалов обусловлена повышенными на 5–10% энергетическими характеристиками изготавливаемых порохов, а также большей их стабильностью [1, 5].

Результаты определения основных компонентов в длинном *волокне*, предоставленном РУП «Институт льна» НАН Беларуси, и *волокнах* льна после различных стадий обработки на РУПТП «Оршанский льнокомбинат» (табл.) позволили выбрать волокно для дальнейшей переработки с целью получения альфа-целлюлозы.

Как видно из таблицы, все образцы волокна имеют сопоставимые значения по содержанию альфа-целлюлозы, лигнина и золы, но существенно уступают хлопковому, в котором содержание лигнина составляет 0,42%, альфа-целлюлозы и золы, соответственно 97,24 и 0,12% от массы абсолютно сухого сырья (а. с. с.). Таким образом, в качестве перспективного сырья для получения альфа-целлюлозы из волокон льна можно использовать котонизированное отбеленное волокно льна, однако для получения альфа-целлюлозы, или так называемой целлюлозы для химической переработки, с последующим использованием ее в технологии высокоэнергетических материалов (нитратов целлюлозы) необходимо дополнительно уменьшить содержание лигнина и зольных элементов, что будет способствовать улучшению качества целевых продуктов.

Таблица 1.

Содержание ЛГПС*, лигнина, альфа-целлюлозы и золы в волокне льна

Волокно	Содержание, % от массы а.с.с.			
	ЛГПС*	Лигнин (по методу Комарова)	Альфа- целлюлоза, ГОСТ 6840–78	Зольность, ГОСТ 18461-93
Отбеленное волокно	6,85	2,00	87,35	0,79
Отваренное волокно	4,99	2,80	89,23	1,36
Котонизированное волокно	7,86	3,46	83,37	0,98
Котолён исходный	7,29	4,70	80,32	1,17
Очес	8,18	4,70	81,89	1,31
Длинное волокно	8,77	5,70	80,04	1,78

* ЛГПС – легкогидролизуемые полисахариды в пересчете на пентозаны.

Важно отметить, что в основе принципов снижения содержания лигнина и повышения содержания альфа-целлюлозы в волокне льна лежат способы их обработки, отличающиеся от применяемых для древесной целлюлозы. Кроме этого, необходимо не только достижение требуемых физико-химических свойств получаемой целлюлозы, но и структуры волокон. Разработанный нами способ обработки волокон льна гидроксидом натрия в присутствии пероксида водорода при стандартной температуре с последующим кипячением в воде позволяет значительно увеличить содержание альфа-целлюлозы (до 94% и более), снизить содержание лигнина и улучшить морфологические свойства волокон льна (рис. 1).

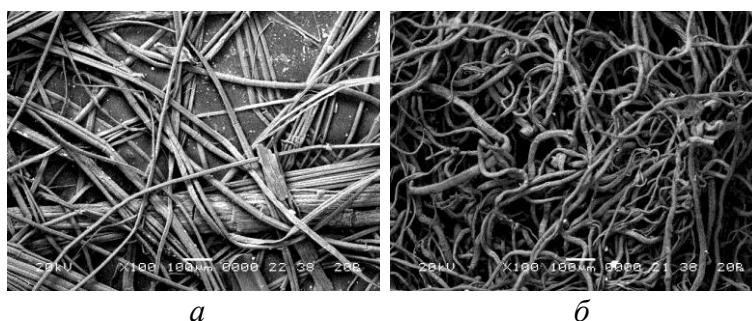


Рисунок 1. Микрофотографии волокон котольна до (а) и после обработки (б)

В настоящее время в Беларуси в рамках Государственных программ выполняются работы, в задачи которых входит определение сорта льна, условий его возделывания и переработки для получения льноволокна с максимальным содержанием альфа-целлюлозы и минимальным содержанием примесей (БГТУ, РУП «Институт льна» НАН Беларуси), разработка технологии получения альфа-целлюлозы и высокоэнергетических материалов (нитратов целлюлозы и образцов порохов) на основе целлюлозы из растительного сырья, произрастающего в Республике Беларусь, в том числе льна, и изучение возможности организации производства сульфитной целлюлозы и ее использования для получения пороха в смеси с целлюлозой хлопка или льна.

Результаты определения компонентного состава *семян* показали, что семена масличного льна наиболее перспективных сортов белорусской селекции содержат 40,64–42,89% жира, 18,80–20,60% сырого протеина и 11,36–13,70% ЛГПС. Семена льна долгунца содержат 29,73–34,92% жира, что незначительно меньше, чем в масличных семенах при сопоставимых значениях сырого протеина (22,71–25,75%) и ЛГПС (13,19–14,86%) в пересчете на пентозаны. В выделенном из семян льняном масле определено содержание жирных кислот, в котором преобладает α -линоленовая кислота и составляет в зависимости от вида и сорта 48,81–55,46%.

Состав и содержание основных компонентов семян льна свидетельствует о возможности и целесообразности получения в качестве товарных продуктов не только масла, но и камеди, пищевого белка и клетчатки.

Таким образом, разнообразие компонентного состава волокон и биохимического состава семян льна свидетельствует о целесообразности осуществления их глубокой переработки с получением востребованной продукции с высокой добавленной стоимостью.

Библиографический список

1. Лен в пороховой промышленности: научное издание / под ред. С.И. Григорова. – М.: ФГУП «ЦНИИМ», 2012. 248 с.
2. Миневич И.Э. Функциональная значимость семян льна и практика их использования в пищевых технологиях // *Heatch, Food & Biotechnology*. 1 (2). Р. 97–119.
3. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М.: Экология, 1991. 320 с.
4. Одинцов А.А., Шумаев В.А. Развитие комплексной переработки льна // *Дизайн и технология*. 2017. № 60(102). С. 92–100.
5. Сакович Г.В., Будаева* В.В., Корчагина А.А., Гисматулина Ю.А. Перспективы нитратов целлюлозы из нетрадиционного сырья для взрывчатых составов // *Химия растительного сырья*. 2019. № 1. с. 259–268.
6. Тавгень Е., Вразалица А. Мировой рынок льняной продукции: обзор // *Наука и инновации*. 2021. № 8 (222). С. 61–67.
7. Шаршунов В.А., Алексеенко А.С., Цайц М.В. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019. № 2. С. 267–271.