

УДК 676.18

БУМАГА И КАРТОН ИЗ СТЕБЛЕЙ КЕНАФА И СОРГО САХАРНОГО

© *В.А. Барбаш**, *И.В. Трембус*, *Н.Н. Оксентюк*

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», проспект Победы, 37, Киев (Украина)
e-mail: v.barbash@kpi.ua*

Изучен химический состав стеблей кенафа и сорго сахарного. Установлено, что стебли исследуемого растительного сырья по сравнению с лиственной древесиной содержат меньше лигнина, больше минеральных и экстрагируемых водой веществ. Исследован щелочно-сульфитно-спиртовой способ получения из стеблей кенафа и сорго сахарного волокнистых полуфабрикатов для производства картонно-бумажной продукции. Показана возможность отбелки органосольвентной целлюлозы из стеблей кенафа и сорго сахарного пероксидом водорода без использования хлорсодержащих соединений. Экспериментально подтверждена возможность использования недревесных органосольвентных волокнистых полуфабрикатов в композиции бумаги для печати, картона для плоских слоев гофрированного картона и бумаги для гофрирования.

Ключевые слова: кенаф, сорго сахарное, органосольвентная делигнификация, волокнистый полуфабрикат, картон, бумага.

Введение

Одним из показателей благосостояния человеческого общества является уровень потребления бумаги и картона на душу населения, который коррелирует с уровнем ВВП и развитием целлюлозно-бумажной промышленности каждой страны [1]. Среднемировое значение этого показателя в 2009 г. составило 54,71 кг на человека, в Африке – 7,51 кг/чел., в Азии – 41 кг/чел., в Южной Америке – 43 кг/чел., в Европе – 178,7 кг/чел., в Северной Америке – 229 кг/чел. [2]. С учетом в долгосрочной перспективе глобального экономического роста 2,9% в год и роста спроса на картонно-бумажную продукцию 2,2% в год объем производства бумаги и картона постоянно будет расти, а их потребление в мире к 2015 г. достигнет, по мнению экспертов, 435 млн. т [3].

С ростом уровня жизни населения возрастают требования к качеству картонно-бумажной продукции, основным сырьем для получения которой в мировой практике целлюлозно-бумажной промышленности является древесина хвойных и лиственных пород. Существующие запасы древесины во многих странах мира не могут обеспечить растущие сырьевые потребности предприятий отрасли, а увеличение объема использования макулатуры не всегда способствует улучшению качества конечной картонно-бумажной продукции. Все это обуславливает необходимость поиска новых источников волокнистого сырья, в качестве которого могут рассматриваться различные представители недревесного растительного сырья (НДРС). Потенциальные мировые ресурсы НДРС составляют более 2,5 млрд т в год [4], из которых получают около 7% от мирового объема

первичных волокнистых полуфабрикатов [5].

Переработка НДРС на волокнистые полуфабрикаты для производства картонно-бумажной продукции связана с особенностями анатомического строения и химического состава растительного сырья, требованиями к качеству получаемого полуфабриката и основными технико-экономическими показателями соответствующего способа делигни-

Барбаш Валерий Анатольевич – заместитель проректора по научной работе, профессор кафедры экологии и технологии растительных полимеров,
e-mail: v.barbash@kpi.ua

Трембус Ирина Витальевна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры экологии и технологии растительных полимеров,
e-mail: lanos0790@yandex.ru

Оксентюк Надежда Николаевна – магистр кафедры экологии и технологии растительных полимеров

* Автор, с которым следует вести переписку.

фикации [6]. В мировой практике целлюлозно-бумажной промышленности наибольшее распространение получили сульфатный и сульфитный способы варки целлюлозы, которые вместе с тем остаются в отрасли главным источником загрязнения окружающей среды [5]. При сульфатном способе получения целлюлозы окружающая среда загрязняется токсичными летучими серосодержащими продуктами – сероводородом, меркаптанами, диметилсульфидом, а при сульфитном способе происходит загрязнение водоемов образующимися лигнинсодержащими продуктами [1]. С экологической точки зрения более привлекательными являются варки целлюлозы из растительного сырья в различных органических средах – так называемые органосольventные способы делигнификации, которые позволяют существенно уменьшить загрязнение окружающей среды [7, 8]. Среди органосольventных способов делигнификации одной из наиболее эффективных считается щелочно-сульфитно-спиртовая варка растительного сырья [9–11]. Поэтому разработка технологии использования органосольventных волокнистых полуфабрикатов из различных представителей НДРС в композиции массовых видов картонно-бумажной продукции является важной научно-технической проблемой для предприятий целлюлозно-бумажной промышленности.

Целью данной работы является изучение возможности расширения сырьевой базы отрасли за счет использования органосольventных волокнистых полуфабрикатов из таких менее изученных представителей НДРС, как кенаф и сорго сахарное. Кенаф (*Hibiscus cannabinus L.*) – однолетнее растение рода мальвовых (*Malvaceae*), имеет стебель круглой формы высотой до 4–5 м и толщиной от 0,8 до 2,5 см с сердцевинной, заполненной паренхимными клетками [12]. В стеблях кенафа содержится 16–20% волокна, в том числе первичного – до 35%, вторичного – 65%. Вторичное волокно более мягкое и эластичное. Стебли кенафа используют для производства упаковочных материалов и мешков, а костра растения – для производства бумаги и картона [13].

Сорго сахарное – (*Sorghum saccharatum L.*) – однолетнее растение семейства злаков, относится к наиболее засухоустойчивым культурам в мире и характеризуется тем, что в соке его стебля содержится более 10–20% сахаров. Растение сахарного сорго представляет собой высокорослый куст (200–350 см) с сочными стеблями (до 60% от общей массы). Урожайность стеблей сорго – 20–30 т/га. Биологические особенности этой культуры позволяют получать хороший урожай зеленой массы даже на очень бедных почвах и солончаках в условиях выпадения около 200 мм осадков в год [14].

Экспериментальная часть

Для исследований использовали стебли кенафа из Херсонской области и сорго сахарного из Киевской области, высушенные на воздухе до относительной влажности $10 \pm 1\%$. В лабораторных условиях стебли НДРС измельчались до размеров 20 ± 5 мм и хранились в эксикаторах для постоянства влажности и химического состава при последующих испытаниях.

Химический состав стеблей кенафа и сорго сахарного определяли по стандартным методикам [15], результаты которых представлены в таблице 1, в сравнении с наиболее распространенными представителями лиственных и хвойных пород древесины.

Содержание холоцеллюлозы определяли по модифицированной методике [16], которая учитывает особенности анатомического строения и химического состава однолетних растений. Суть методики состоит в 30-минутной обработке предварительно проэкстрагированной спирто-бензольной смесью навески НДРС раствором перуксусной кислоты концентрацией 10% при температуре 90 °С. Затем содержимое колбы разбавляли горячей водой (50–70 °С) в 3–5 раз для уменьшения концентрации кислоты в растворе и приостановления протекающих реакций, фильтровали смесь через два уравновешенных фильтра. Холоцеллюлозу сначала промывали горячей водой до нейтральной реакции промывных вод на наличие пероксида водорода, а затем обрабатывали 30 мл смеси спирта и ацетона в соотношении 1 : 1 при комнатной температуре. Фильтры сушили до постоянного веса при температуре 105 °С. Содержание холоцеллюлозы в растительном сырье определяли весовым методом относительно навески воздушно-сухого растительного сырья.

Таблица 1. Химический состав растительного сырья, %

Сырье	Целлюлоза	Растворимость в		Лигнин	СЖВ	Пентозаны	Холоцеллюлоза	Зольность
		H ₂ O	NaOH					
Кенаф	51,8	7,8	24,8	15,9	2,2	22,3	60,0	3,3
Сорго сахарное	49,3	11,3	32,2	16,2	1,8	22,8	61,4	4,1
Береза	41,0	2,2	11,2	21,0	1,8	10,7	64,7	0,5
Сосна	47,0	6,7	19,4	27,5	3,4	10,4	63,2	0,2

Критерием окончания процессов гидролитической деструкции лигнина и делигнификации растительного сырья может служить стабильное содержание остаточного лигнина при длительной его обработке раствором перуксусной кислоты. После проведения серии исследований с различными представителями НДРС авторами [16] установлено, что содержание остаточного лигнина в недревесной растительном сырье от продолжительности его обработки раствором перуксусной кислоты резко падает в течение первых 30 мин их обработки, а при продолжении обработки содержание остаточного лигнина существенно не уменьшается, но уменьшается содержание холоцеллюлозы. Уменьшение содержания холоцеллюлозы после 30 мин обработки НДРС растворами перуксусной кислоты связано с частичным продолжением удаления лигнина из растительного сырья и преобладающим процессом гидролиза полисахаридов под действием перуксусной кислоты. Критерием, подтверждающим достаточность обработки растительного сырья раствором перуксусной кислоты в течение 30 мин, является также изменение цвета холоцеллюлозы. Начиная с 30 мин обработки цвет холоцеллюлозы меняется с желтого на белый, что подтверждает практическое отсутствие в холоцеллюлозе лигнина, а точнее отсутствие в продукте обработки растительного сырья хромофорных групп (карбонильных и карбоксильных групп, ароматических колец), которые входят в состав лигнина.

Из данных таблицы 1 видно, что кенаф и сорго сахарное содержат в своем составе больше целлюлозы и пентозанов, но меньше лигнина, чем представители лиственных и хвойных пород древесины. При этом при примерно одинаковом содержании смол, жиров, восков (СЖВ) и холоцеллюлозы по сравнению с древесиной исследуемые растения содержат больше минеральных веществ (зольность), растворимых в воде, и NaOH компонентов (крахмала, пектинов, неорганических солей, циклических спиртов, красителей, танидов, гемицеллюлоз и низкомолекулярных фракций целлюлозы). Такой химический состав априори свидетельствует о возможности проведения процесса делигнификации стеблей кенафа и сорго сахарного при более мягких условиях и их применимости для получения волокнистых полуфабрикатов для производства картонно-бумажной продукции.

Для получения волокнистых полуфабрикатов из стеблей кенафа и сорго сахарного в работе была проведена серия варок щелочно-сульфитно-спиртовым способом при следующих значениях технологических параметров, которые были определены в качестве оптимальных [11]: расход сульфита натрия и едкого натрия соответственно 20 и 5% от массы абсолютно-сухого сырья (а.с.с.), соотношение этилового спирта к воде 35 : 65 об. %, расход антрахинона 0,1% от массы а.с.с., гидромодуль 5 : 1. Температура процесса делигнификации составляла 150 и 160 °С, продолжительность 150 и 90 мин соответственно для варки стеблей кенафа и сорго сахарного.

Сравнительную эффективность процесса делигнификации стеблей кенафа и сорго сахарного, а также других представителей недревесного растительного сырья щелочно-сульфитно-спиртовым способом делигнификации оценивали диаграммой зависимости содержания выхода волокнистого полуфабриката от содержания в нем остаточного лигнина. Методология построения предлагаемой лигнин-углеводной диаграммы состоит в следующем. На оси ординат откладывается выход получаемых волокнистых полуфабрикатов от 40% (для наглядности на несколько процентов ниже содержания целлюлозы в растительном сырье) до 100%. По оси ординат также откладывается точка, которая отвечает содержанию в растительном сырье холоцеллюлозы (сумма целлюлозы, пентозанов и гексозанов). По оси абсцисс слева направо откладывается содержание лигнина (в процентах) в волокнистых полуфабрикатах от нуля до максимального значения содержания лигнина в растительном сырье. Пересечение горизонтальной линии 100% выхода волокнистого полуфабриката и вертикальной линии содержания лигнина в растительном сырье дает точку, которая отвечает начальному содержанию всех компонентов растительного сырья (целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, смол, жиров, восков, минеральных и экстрактивных веществ). Линия, которая соединяет эту точку с содержанием холоцеллюлозы в растительном сырье, может рассматриваться как линия «идеальной» делигнификации. Она характеризует максимальное содержание полисахаридов растительного сырья для определенного содержания остаточного лигнина в ВПФ. Поэтому, чем ближе линия конкретного процесса варки к линии «идеальной» делигнификации для определенного интервала значений остаточного лигнина, тем больше выход полисахаридов содержится в полученном волокнистом полуфабрикате и, значит, более эффективным является такой процесс делигнификации растительного сырья [17].

К видам картонно-бумажной продукции, которые имеют наибольшие объемы производства, относятся картон для плоских слоев гофрированного картона, бумага для гофрирования и бумага для печати. Поэтому в работе изучалась возможность использования щелочно-сульфитно-спиртовых волокнистых полуфабрика-

тов из кенафа и сорго сахарного в композиции этих видов продукции. Для изучения влияния содержания полученных органосольвентных волокнистых полуфабрикатов на физико-механические показатели картона для плоских слоев гофрированного картона и бумаги для гофрирования были изготовлены лабораторные образцы картона массой 175 г/м^2 и бумаги для гофрирования массой 125 г/м^2 разного композиционного состава из небеленых недревесных волокнистых полуфабрикатов и макулатуры марки МС-5Б [18]. Степень помола небеленых органосольвентных волокнистых полуфабрикатов и макулатуры составила 35 ± 2 ШР. При изготовлении лабораторных образцов использовали канифольный клей с расходом 2,5% для картона для плоских слоев гофрированного картона и 1,5% для бумаги для гофрирования, глинозем в количестве 2,5% от массы а. с. волокна. Физико-механические показатели полученных лабораторных образцов картонно-бумажной продукции определяли по принятым методикам и сравнивали со стандартами [19, 20].

Отбелку органосольвентных волокнистых полуфабрикатов из кенафа и сорго сахарного проводили без использования хлорсодержащих веществ по следующей схеме: хелатирование – отбелка пероксидом водорода в две ступени – кислотка. Хелатирование органосольвентной целлюлозы проводили трилоном Б с расходом 0,2% от массы а.с.с., продолжительностью 60 мин при температуре $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Отбелку пероксидом водорода проводили с расходом H_2O_2 6% от массы а.с.с., при температуре $90 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 120 мин, pH 10–11. Кисловку проводили сернистой кислотой с расходом 0,5% от массы а.с. целлюлозы при комнатной температуре в течение 60 мин.

Лабораторные образцы бумаги для печати изготавливались на листоотливном аппарате ЛА-1 массой 80 г/м^2 из белой недревесной органосольвентной целлюлозы и сульфатной хвойной белой целлюлозы различного композиционного состава. Степень помола волокнистой массы составила 35 ± 2 ШР. Для придания бумаге необходимых физико-механических показателей в волокнистую массу вводили 2,0% каолиновой суспензии, 3% белого канифольного клея и 4,5% сернокислого алюминия от массы а.с. волокна.

Обсуждение результатов

Диаграмма зависимости выхода щелочно-сульфитно-спиртовых волокнистых полуфабрикатов из стеблей изученных растений от содержания в них остаточного лигнина приведена на рисунке. Из полученной диаграммы можно сделать вывод о том, что по приближению к линии «идеальной делигнификации» стебли кенафа и сорго сахарного располагаются в середине следующего ряда рассмотренных представителей НДРС: щавнат – сида многолетняя – сорго сахарное – кенаф – кукуруза – пшеничная солома. Это свидетельствует о целесообразности применения стеблей кенафа и сорго сахарного для получения волокнистых полуфабрикатов.

В таблице 2 приведены физико-механические показатели органосольвентных волокнистых полуфабрикатов из стеблей кенафа и сорго сахарного, полученных по оптимальным значениям технологических параметров [11].

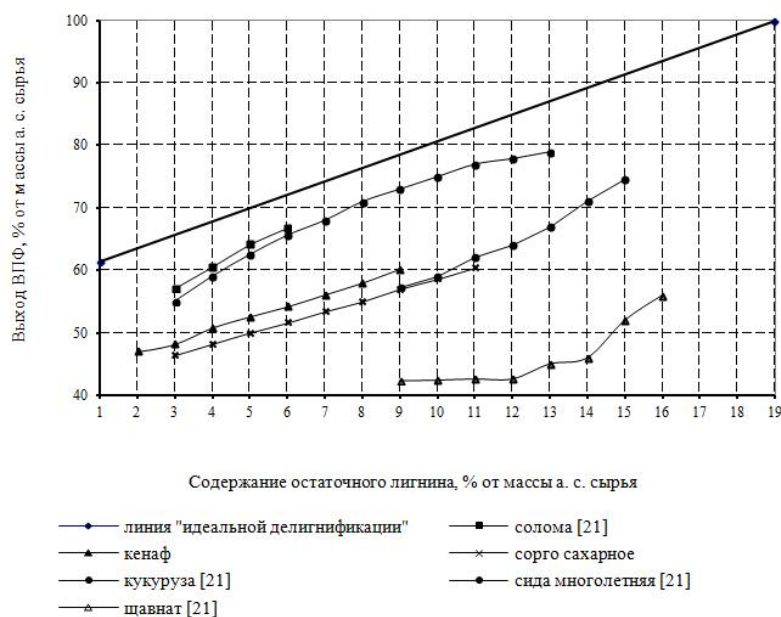


Диаграмма зависимости выхода ВПФ, полученных щелочно-сульфитно-спиртовым способом делигнификации, от содержания в них остаточного лигнина

Таблица 2. Показатели качества щелочно-сульфитно-спиртовых волокнистых полуфабрикатов

Растительное сырье	Выход, процент от массы а.с.с.	Остаточный лигнин, процент от массы а.с.с.	Разрывная длина, м	Сопротивление раздиранию, мН	Сопротивление продавливанию, кПа
Кенаф	57,3	6,6	10900	517	427
Сорго сахарное	54,7	6,7	8500	393	294

Как видно из данных таблицы 2, полученные органосольventные волокнистые полуфабрикаты имеют высокие физико-механические показатели, не уступающие показателям качества сульфитной и сульфатной целлюлозы из древесины [5].

Для изучения влияния содержания органосольventных волокнистых полуфабрикатов на физико-механические показатели картона для плоских слоев гофрированного картона были изготовлены лабораторные образцы картона, показатели качества которых представлены в таблице 3.

Из приведенных в таблице 3 данных видно, что физико-механические показатели лабораторных образцов картона для плоских слоев гофрированного картона, изготовленных из органосольventных волокнистых полуфабрикатов из стеблей кенафа, соответствуют требованиям стандарта [19] для картона для плоских слоев гофрированного картона марки К-2, а полученные образцы картона с использованием в его композиции 30% органосольventных волокнистых полуфабрикатов из стеблей кенафа – марке К-3. Образцы картона для плоских слоев гофрированного картона из органосольventных волокнистых полуфабрикатов из сахарного сорго приближаются к требованиям стандарта к марке К-3 по абсолютному сопротивлению продавливанию и превышают требования показателя «Разрушающее усилие при сжатии кольца в поперечном направлении».

Для изучения влияния содержания органосольventных волокнистых полуфабрикатов на физико-механические показатели бумаги для гофрирования были изготовлены лабораторные образцы бумаги разного композиционного состава с использованием органосольventных ВПФ из стеблей кенафа (сорго сахарного) и макулатуры марки МС-5Б [18], физико-механические показатели которых представлены в таблице 4. Как видно из приведенных в таблице 4 данных, с ростом в композиции бумаги для гофрирования, содержания органосольventных волокнистых полуфабрикатов из стеблей недревесного растительного сырья увеличиваются все физико-механические показатели бумаги. В качестве оптимального состава по волокну для получения бумаги для гофрирования марки Б-1 можно рекомендовать композицию из 30% органосольventного волокнистого полуфабриката из стеблей кенафа и 70% макулатуры или 70% органосольventного волокнистого полуфабриката из стеблей сахарного сорго и 30% макулатуры.

С целью изучения возможности использования волокнистых полуфабрикатов из стеблей кенафа и сорго сахарного в композиции бумаги для печати щелочно-сульфитно-спиртовым способом делигнификации получены целлюлозы, которые имели следующие показатели качества: выход 48,2 и 44,5%, содержание остаточного лигнина 1,1 и 1,6% от массы а.с.с., соответственно для кенафа и сорго сахарного.

Таблица 3. Влияние содержания органосольventных волокнистых полуфабрикатов из стеблей кенафа и сорго сахарного в композиции волокнистой массы на физико-механические показатели картона для плоских слоев гофрированного картона

Композиция ОСЦ*/М**, %	Масса 1 м ² , г	Толщина, мм	Абсолютное сопротивление продавливанию, кПа	Разрушающее усилие при сжатии кольца, Н	Впитываемость, Кобб ₆₀ , г/м ²	Влажность, %
Волокнистый полуфабрикат из стеблей кенафа						
100/0	175	0,26	490	400	35	7,0
70/30	177	0,25	460	380	34	7,0
50/50	176	0,28	450	370	33	7,0
30/70	175	0,25	440	350	32	7,0
Волокнистый полуфабрикат из стеблей сорго сахарного						
100/0	175	0,26	410	385	35	7,0
70/30	177	0,25	402	374	31	7,0
50/50	176	0,28	394	360	33	7,0
30/70	175	0,25	385	348	35	7,0
0/100	175	0,27	380	330	29	7,0
Требования стандарта к марке К-3 [19]	175 ± 12	0,38 ± 0,03	Не менее		Не больше 35	8,0 ± 2,0
			440	170		

*ОСЦ – органосольventные волокнистые полуфабрикаты из стеблей кенафа и сорго сахарного;

**М – макулатура марки МС-5Б [18].

В результате проведения отбелки полученных органосольвентных целлюлоз получена беленая целлюлоза с выходом 93,8 и 94,1% от массы а.с. небеленой целлюлозы и белизной 83 и 70% соответственно для целлюлозы из кенафа и сорго сахарного. Небольшие потери выхода целлюлозы свидетельствуют о том, что при пероксидной отбелке происходит минимальная деструкция углеводных компонентов растительного сырья. Лабораторные образцы бумаги для печати изготавливались массой 80 г/м² из белой недревесной органосольвентной целлюлозы и сульфатной хвойной белой целлюлозы разного композиционного состава. Основные физико-механические характеристики лабораторных образцов бумаги для печати приведены в таблице 5.

Из приведенных в таблице 5 данных видно, что физико-механические показатели лабораторных образцов бумаги для печати, полученных с использованием в ее композиции белой органосольвентной целлюлозы из стеблей кенафа и сорго сахарного, соответствуют требованиям стандарта [22].

Следует отметить, что бумага, полученная из 100% органосольвентной белой целлюлозы из кенафа без использования хвойной целлюлозы, или 50% щелочно-сульфитно-спиртовой белой целлюлозы из сахарного сорго и 50% сульфатной хвойной белой целлюлозы, по своим показателям качества соответствуют требованиям стандарта для бумаги для печати марки А №2 [22]. Применение белой органосольвентной целлюлозы из кенафа и сорго сахарного позволяет исключить из композиции массовых видов картоно-бумажной продукции более дорогую целлюлозу и тем самым способствует значительному снижению себестоимости готовой продукции.

Таблица 4. Влияние содержания органосольвентных волокнистых полуфабрикатов из стеблей кенафа и сахарного сорго в композиции волокнистой массы на физико-механические показатели бумаги для гофрирования

Композиция ОСЦ* / М**	Масса 1 м ² , г	Впитываемость, Кобб ₃₀ , г/м ²	Удельное сопротивление разрыву, кН/м	Сопротивление продавливанию, кПа	Сопротивление плоскостному сжатию, Н	Сопротивление торцевому сжатию, кН/м
Волокнистый полуфабрикат из стеблей кенафа						
100/0	125	65	10,3	616	607	1,28
70/30	128	60	9,8	487	374	1,20
50/50	124	54	9,4	409	298	1,18
30/70	122	42	8,9	396	290	1,17
0/100	125	38	6,8	343	284	1,15
Волокнистый полуфабрикат из стеблей сорго сахарного						
100/0	125	68	9,3	528	416	1,29
70/30	126	65	8,3	494	324	1,25
50/50	124	56	7,5	416	304	1,21
30/70	127	46	7,1	397	261	1,19
0/100	125	38	6,8	343	284	1,15
Требования стандарта к марке Б-1[20]	125 ± 6	30–70	8,0	320	280	1,15

*ОСЦ – органосольвентные волокнистые полуфабрикаты из стеблей кенафа и сорго сахарного;

**М – макулатура марки МС– 5Б [18].

Таблица 5. Физико-механические показатели бумаги для печати разного композиционного состава с использованием органосольвентной целлюлозы из стеблей кенафа и сахарного сорго

Композиция Са*/ОСЦ*	Масса 1 м ² , г	Разрывная длина, м	Степень проклейки, мм	Белизна, %	Влажность, %	Зольность %
Беленая целлюлоза из кенафа						
100/0	82,0	3600	1,5	78,0	6	8,0
70/30	80,0	4500	1,5	77,4	6	8,3
50/50	81,5	5000	1,5	76,7	6	9,4
30/70	81,6	5600	1,5	76,5	6	10,1
0/100	81,0	6600	1,0	76,7	6	10,9
Беленая целлюлоза из сорго сахарного						
70/30	81,0	4500	1,5	75,0	6	8,8
50/50	81,0	4900	1,5	74,0	6	9,2
30/70	81,0	5100	1,2	71,0	6	11,0
0/100	81,0	6200	1,2	67,5	6	11,3
Требования стандарта [22]	80 ± 2	2200	0,8–1,2	74–77	6,0 ± 1	8–12

Са* – сульфатная хвойная беленая целлюлоза [23]; ОСЦ* – органосольвентная беленая целлюлоза из стеблей кенафа и сорго сахарного.

Выводы

Рекомендована модифицированная методика определения содержания холоцеллюлозы в недревесном растительном сырье, которая позволяет уменьшить гидролитическую деструкцию лигнина и делигнификацию растительного сырья.

Приведена методология построения лигнин-углеводной диаграммы зависимости содержания выхода волокнистого полуфабриката от содержания в нем остаточного лигнина, позволяющая сравнивать эффективность процесса делигнификации растительного сырья.

Показана возможность использования органосольвентных волокнистых полуфабрикатов из стеблей кенафа и сорго сахарного в композиции массовых видов картонно-бумажной продукции (тарного картона, бумаги для гофрирования, бумаги для печати).

Список литературы

1. Smook G.A. Handbook for Pulp and Paper Technologists. TAPPI. Atlanta, 1994. 392 p.
2. 2009 Per Capita Paper and Paperboard Consumption // RISI. Annual Historical Data – World Pulp. 2010.
3. Pihlajamäki P., Hytonen H. Mixed tropical hardwood – a minor and declining source of fiber for paper // *Twogether*. 2004. N17. Pp. 2–6.
4. Hunter Robert (Bob) W. Non-wood Fiber – 2010 and beyond. Prospects for non-wood paper production in Asia Pacific // *APPITA*. 2010. Pp. 56.
5. Харазов В.Г. и др. Технология целлюлозно-бумажного производства : в 3 т. (Сырье и производство полуфабрикатов). Ч. 2: Производство полуфабрикатов. СПб., 2003. 633 с.
6. Rousu P., Anttila J. Sustainable pulp production from agricultural waste // *Resources, Conservation and Recycling*. 2002. N5. Pp. 85–103.
7. Ruiz H.A., Ruzene D.S., Silva D.P., Vicente A.A., Teixeira J.A. Development and Characterization of an Environmentally Friendly Process Sequence (Autohydrolysis and Organosolv) for Wheat Straw Delignification // *Appl Biochem Biotechnol*. 2011. Pp. 629–641.
8. Sridach W. The environmentally benign pulping process of non-wood fibers // *Suranaree J. Sci. Technol*. 2002. Vol. 17. N2. Pp. 105–123.
9. Puthson P., Odermatt J., Zimmermann M., Patt R. ASAM pulping of eucalyptus camald // *Holzforshlung*. 1997. Vol. 3. N5. Pp. 257–262.
10. Shatalov A.A., Pereira H. Arundo donax L. reed: new perspectives for pulping and bleaching – organosolv delignification // *TAPPI Peer-reviewed paper. Solution for people, processes and paper*. 2001. Vol. 84(11). Pp. 1–11.
11. Barbash V.A., Trembus I.V., Okcentyk N.N. Solvolysis delignification of kenaf and sorghum sugar stalks // *Research bulletin of National Technical University of Ukraine «KPI»*. 2012. N3. Pp. 93–97.
12. Nanko Hirko, Button Allan, Hillman Dave. The World of Market Pulp // *Appleton, WI, USA: WOMP, LLC*. 2005. Pp. 258.
13. Farsheh A.T., Firouzabadi M.D., Mahdavi S. Properties of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) bast fiber reinforced bagasse soda pulp in comparison to long fiber // *World Appl. Sci. J*. 2011. N14(6). Pp. 906–909.
14. Демиденко Б.Г. Сорго. М., 1957. 158 с.
15. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М., 1991. 320 с.
16. Барбаш В.А., Трембус І.В. Обґрунтування методики визначення вмісту холоцелюлози в недревній рослинній сировині // *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2012. №1. С. 132–136.
17. Барбаш В.А. Методология сравнения эффективности процессов делигнификации растительного сырья // *Материалы V Всероссийской конференции с междунар. участием. 24–26 апр. 2012.* / под. ред. Н.Г. Базарновой, В.И. Маркина. Барнаул, 2012. С. 67–69.
18. ГОСТ 10700-97. Макулатура бумажная и картонная. Технические условия. М., 1997. 10 с.
19. ГОСТ Р 53207-2008. Картон для плоских слоев гофрированного картона. Технические условия. М., 2009. 12 с.
20. ГОСТ Р 53206-2008. Бумага для гофрирования. Технические условия. М., 2009. 8 с.
21. Барбаш В.А., Трембус І.В., Алексеєва М.С. Отримання волокнистих напівфабрикатів із нових рослин // *Вісник НТУУ «КПІ» Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2010. Т. 5. №1. С. 79–83.
22. ГОСТ 9095-89. Бумага для печати типографская. Технические условия. М., 1990. 12 с.
23. ГОСТ 9571–60. Целлюлоза сульфатная беленная из хвойной древесины. Технические условия. М., 1987. 4 с.

Поступило в редакцию 10 декабря 2013 г.

После переработки 17 февраля 2014 г.

*Barbash V.A.**, Trembus I.V., Okcentyk N.N. PAPER AND CARDBOARD FROM THE STALKS OF KENAF AND SORGHUM SUGAR

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Victory Avenue, 37, Kiev (Ukraine),
e-mail: v.barbash@kpi.ua

Chemical composition of kenaf and sugar sorghum was studied. It was established that the stems of the investigated plant raw materials in comparison with hardwood timber contain less lignin, more mineral and water soluble substances. Alkali-sulfite-alcohol method of obtaining pulp from kenaf and sugar sorghum stems for producing paper and paperboard. The possibility of bleaching organosolvent pulp from the kenaf and sugar sorghum stems by hydrogen peroxide without the use of chlorine-containing compounds was shown. The possibility of using non-wood organosolvent pulp in the composition of printing paper, cardboard for flat layers of corrugated cardboard and paper for corrugating was experimentally confirmed.

Keywords: kenaf, sugar sorghum, organosolvent delignification, pulp, cardboard, paper.

References

1. Smook G.A. Handbook for Pulp and Paper Technologists. Atlanta, 1994, 392 p.
2. RISI. Annual Historical Data – World Pulp. 2010.
3. Pihlajamäki P., Hytonen H. Twogether, 2004, no. 17, pp. 2–6.
4. Hunter Robert (Bob) W. APPITA, 2010, pp. 56.
5. Harazov V.G. i dr. Tehnologija celljulozno-bumazhnogo proizvodstva: v 3 t. (Syr'e i proizvodstvo polufabrikatov). Ch. 2: Proizvodstvo polufabrikatov. [Technology pulp and paper production: in 3 volumes (Raw materials and production-polufab-finished products). Part 2: Production of semi-finished products.]. St. Petersburg, 2003, 633 p. (in Russ.)
6. Rousu P., Anttila J. Resources, Conservation and Recycling, 2002, no. 5, pp. 85–103.
7. Ruiz H.A., Ruzene D.S., Silva D.P., Vicente A.A., Teixeira J.A. Appl Biochem Biotechnol., 2011, pp. 629–641.
8. Sridach W. Suranaree J. Sci. Technol., 2002, vol. 17, no. 2, pp. 105–123.
9. Puthson P., Odermatt J., Zimmermann M., Patt R. Holzforshlung, 1997, vol. 3, no. 5, pp. 257–262.
10. Shatalov A.A., Pereira H. TAPPI Peer-reviewed paper. Solution for people, processes and paper, 2001, vol. 84(11), pp. 1–11.
11. Barbash V.A., Trembus I.V., Okcentyk N.N. Research bulletin of National Technical University of Ukraine "KPI", 2012, no. 3, pp. 93–97.
12. Nanko Hirko, Button Allan, Hillman Dave. Appleton, WI, USA: WOMP, LLC, 2005, pp. 258.
13. Farsheh A.T., Firouzabadi M.D., Mahdavi S. World Appl. Sci. J., 2011, no. 14(6), pp. 906–909.
14. Demidenko B.G. Sorgho. [Sorghum]. Moscow, 1957, 158 p. (in Russ.)
15. Obolenskaja A.V., El'nickaja Z.P., Leonovich A.A. Laboratornye raboty po himii drevesiny i celljulozy. [Laboratory work on the chemistry of wood and cellulose]. Moscow, 1991, 320 p. (in Russ.)
16. Barbash V.A., Trembus I.V. Naukovi visti NTUU «KPI», 2012, no. 1, pp. 132–136. (in Ukr.)
17. Barbash V.A. Materialy V Vserossijskoj konferencii s mezhdunar. uchastiem. 24–26 apr. 2012. [Proceedings of the V All-Russian Conference with int. participation. 24–26 April 2012.]. Barnaul, 2012, pp. 67–69. (in Russ.)
18. GOST 10700-97. Makulatura bumazhnaja i kartonnaja. Tehniceskie uslovija. [State Standard 10700-97 18. Paper and cardboard waste paper. Technical conditions]. Moscow, 1997, 10 p. (in Russ.)
19. GOST R 53207-2008. Karton dlja ploskih sloev gofrirovannogo kartona. Tehniceskie uslovija. [State Standard 53207-2008. Cardboard for flat layers of corrugated cardboard. Technical conditions]. Moscow, 2009, 12 p. (in Russ.)
20. GOST R 53206-2008. Bumaga dlja gofrirovaniija. Tehniceskie uslovija. [State Standard 53206-2008. Fluting. Technical conditions]. Moscow, 2009, 8 p. (in Russ.)
21. Barbash V.A., Trembus I.V., Alekseeva M.S. Visnik NTUU «KPI» Himichna inzhenerija, ekologija ta resursozbezrezhennja, 2010, vol. 5, no. 1, pp. 79–83. (in Ukr.)
22. GOST 9095-89. Bumaga dlja pečhati tipografskaja. Tehniceskie uslovija. [State Standard 9095-89. Printing typographical paper. Technical conditions]. Moscow, 1990, 12 p. (in Russ.)
23. GOST 9571-60. Celljuloza sul'fatnaja belennaja iz hvojnoj drevesiny. Tehniceskie uslovija. [State Standard 9571-60. Pulp bleached kraft softwood. Technical conditions]. Moscow, 1987, 4 p. (in Russ.)

Received December 10, 2013

Revised February 17, 2014

* Corresponding author.