

УДК 677.014.233

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ЛЬНОПРОДУКЦИИ  
МЕТОДОМ БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

**ESTIMATION CONTENT OF CELLULOSE IN THE LINEN PRODUCTION  
BY THE METHOD OF NEAR-IR SPECTROSCOPY**

*С.Л. БЕЛОПУХОВ, И.И. ДМИТРИЕВСКАЯ, Е.А. ГРИШИНА, Ю.В. КУЛЕМКИН, С.В. БУКИНА*  
*S.L. BELOPUKHOV, I.I. DMITRIEVSKAYA, E.A. GRISHINA, YU.V. KULEMKIN, S.V. BUKINA*

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,  
Всесоюзный научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова,  
ОАО "ЦНИИМашдеталь",  
Костромской государственный университет)  
(Russian State Agrarian University – MTAА named after K.A. Timiryazev,  
All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D. N. Pryanishnikov,  
JSC "Tsnimashdetal",  
Kostroma State University)

E-mail: belopuhov@mail.ru; ekategrishina@gmail.com; gush7@mail.ru; info@kstu.edu.ru

*Проведен сравнительный анализ определения целлюлозы в волокне и костре льна-долгунца методом ближней инфракрасной спектроскопии и химическим методом анализа. Установлено расхождение в данных анализа 0,01...0,1%. Метод ближней инфракрасной спектроскопии может быть альтернативой классическим методам химического определения целлюлозы в льноволокне и костре.*

*A comparative analysis of the definition of cellulose fiber and the fire of flax by the method of near-infrared spectroscopy and chemical analysis method. Set the divergence in the data analysis of 0.01-0.1%. Method near-infrared spectroscopy can be an alternative to classic methods of chemical determination of cellulose flax fiber and fire.*

**Ключевые слова:** лен-долгунец, целлюлоза, волокно, костра, ближняя инфракрасная спектроскопия.

**Keywords:** flax, cellulose, fiber, fire, near-infrared spectroscopy.

Волокно получено из растений льна-долгунца сортов: Антей, ГОСТ 5, Восход (Россия), Мерелин (Нидерланды). Выращивание льна проводили в Центральной Нечерноземной Зоне России, на территории Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г.Москва, в 2010-

2013 гг. Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, старопахотная. Агротехнология выращивания льна заключалась в весеннем бороновании, внесении перед посевом комплексного удобрения "Кемира полевое-10", опрыскивание растений в раннюю фазу вегетации гербицидом "Кортес".

Анализ содержания целлюлозы в волокне и костре льна-долгунца проведен методом ближней инфракрасной спектроскопией (БИК) и химическим методом путем обработки исследуемого образца 17,5%-ным раствором гидроксида натрия, далее промывкой 9,5%-ным раствором гидроксида натрия и дистиллированной водой. Затем образцы подвергали высушиванию до постоянной массы и взвешиванию. Данное определение целлюлозы относится к классическому весовому методу анализа достаточно длительному во времени [1...5].

Пробоподготовка включала сушку и измельчение анализируемого образца. Процесс инфракрасного анализа сводится к заполнению кюветы исследуемым материалом в виде порошка, установки ее в измерительную камеру прибора и получению результата в окончательном цифровом виде в требуемых единицах измерения. При этом одновременно может быть установлен целый ряд компонентов или свойств исследуемого образца, на определение которых предварительно отградуирован прибор (Archibald et al., 2000).

Процесс измерения занимает до 2-х мин, при этом спектрометр многократно снимает спектры анализируемого образца и встроенного образца-эталоны в области от 750 до 2500 нм. Компьютер усредняет полученные сигналы, проводит различные их преобразования и рассчитывает результаты количественного определения нескольких показателей одновременно.

В значительной степени изучена более длинноволновая часть инфракрасного диапазона, где лежат фундаментальные части колебания молекул. Однако для практического применения в аналитических целях ближняя инфракрасная спектроскопия имеет ряд преимуществ перед дальней: большая проникающая способность излучения; в отличие от фундаментальной области здесь практически

прозрачен кварц и даже стекло, что облегчает проблему изготовления кювет, окон спектрофотометра и других деталей оптики; легкая и быстрая пробоподготовка (необходимо только измельчить исследуемый образец), получение данных за короткий промежуток времени, до 2-х мин; при ближней инфракрасной спектроскопии возможно применение волоконной оптики, измерение при значительной толщине просвечиваемого объекта; в классической инфракрасной спектроскопии большие трудности создают анализируемые образцы, содержащие значительное количество воды, что не столь существенно в ближней инфракрасной области [6...8].

В работе использован прибор "NIRSystems 4500", однолучевой спектрофотометр с монохроматором на основе голографической дифракционной решетки. Во время съемки спектра происходит вращение кюветы с образцом для обеспечения большей представительности результатов. Спектрофотометр позволяет получить спектры в диапазоне 1300...2400 нм, проводя измерения по точкам через каждые 2 нм. Полуширина выделяемой монохроматором спектральной полосы составляет не более 10 нм, что вполне достаточно при анализе объектов биологического происхождения, спектры которых содержат широкие полосы поглощения. Точность установки длин волн не хуже 0,5 нм при воспроизводимости 0,015 нм, диапазон оптической плотности, изменяемой прибором, – 0...3,5, отклонение от линейности не более 1%, рассеянное излучение не более 1%, скорость сканирования 2 спектра в секунду.

Льноволокно высокого качества должно содержать 70...80% целлюлозы. Сравнительный анализ определения целлюлозы в волокне методом ближней инфракрасной спектроскопии и химическим методом представлен в табл. 1.

Таблица 1

Сорт льна-долгунца	Метод определения	
	химический	БИК-анализ
Антей	76,56 ± 3,44	76,61 ± 2,93
ГОСТ 5	81,71 ± 3,29	81,70 ± 3,11
Мерелин	84,60 ± 3,34	84,65 ± 3,30
Восход	74,34 ± 2,81	74,30 ± 2,80

Сравнительный анализ определения целлюлозы химическим методом и методом БИК-анализа показал, что расхождение между методами определения составляет  $\pm 3\%$ . Следовательно, ближняя инфракрасная спектроскопия может быть хорошей альтернативой трудоемким классическим аналитическим методам анализа. В исследованиях использовано волокно 4-х сортов льна-долгунца. Данные анализа свидетельствуют о высоком содержании целлюлозы в волокне – 74...85%, и исследованное волокно можно отнести к высококачественному.

Особый интерес представляет применение (в разных отраслях промышленности)

отхода при трепании и чесании льна костры. Костру используют при изготовлении большого разнообразия строительных утеплителей, обоев, подстилки для животных и др. Костра состоит на 50...70% из целлюлозы и 30% приходится на лигнин, пектин, азотистые и воскообразные вещества, зольные элементы. От состава костры зависит дальнейшее ее использование. В табл. 2 представлены результаты определения целлюлозы в костре льна-долгунца.

В костре льна содержатся целлюлозы по результатам анализа 55...60%, расхождение в данных двух методов определения составляет 0,1...0,14%.

Таблица 2

Сорт льна-долгунца	Метод определения	
	химический	БИК-анализ
Антей	60,00 $\pm$ 1,9	60,10 $\pm$ 1,9
ГОСТ 5	59,00 $\pm$ 1,8	59,12 $\pm$ 1,8
Мерелин	60,56 $\pm$ 1,9	60,70 $\pm$ 2,0
Восход	55,80 $\pm$ 1,7	55,75 $\pm$ 1,7

## ВЫВОДЫ

Определено содержание целлюлозы в волокне льна-долгунца 4-х сортов, которое составило 74...85%. Данное волокно относится к высококачественному.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белоухов С.Л., Дмитриевская И.И., Кочаров С.А. Влияние биостимуляторов на химический состав продукции льноводства // Известия ТСХА. – 2010, вып. 1. С. 128...131.
2. Белоухов С.Л., Гришина Е.А. Исследование химического состава и ростостимулирующего действия экстрактов из гумифицированной льняной костры // Изв. вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2012. Т. 2, № 1. С. 97...103.
3. Белоухов С.Л., Гришина Е.А., Дмитриевская И.И., Лукомец В.М., Уцаповский И.В. Влияние гуминово-фульватного комплекса на урожайность льна-долгунца и качество семян // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2015, №4. С. 71...81.
4. Гришина Е.А., Белоухов С.Л. Исследование волокна льна-долгунца, выращенного с применением экстрактов из гумифицированной льняной костры // Бутлеровские сообщения. – 2013. Т. 34, № 4. С.157...162.

5. Белоухов С.Л., Жевнеров А.В., Калабашикина Е.В., Дмитриевская И.И. Определение микроэлементного состава продукции льноводства // Бутлеровские сообщения. – 2012. Т.32, №10, С. 72...75.

6. Ефремов А.С., Катков А.А. Определение свойств льнотресты по инфракрасным спектрам // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2009, №21. С.48...50.

7. Ефремов А.С., Катков А.А. Определение свойств льнотресты по инфракрасным спектрам // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2009, №2. С.14.

8. Дроздов В.Г., Мозохин А.Е., Колесникова И.А. Сравнительный анализ химического и спектрального составов льняной тресты разной степени вылежки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4. С.26...30.

## REFERENCES

1. Belopuhov S.L., Dmitrievskaja I.I., Kocharov S.A. Vlijanie biostimuljatorov na himicheskij sostav produkcii l'novodstva // Izvestija TSHA. – 2010, vyp. 1. S. 128...131.
2. Belopuhov S.L., Grishina E.A. Issledovanie himicheskogo sostava i rostostimulirujushhego dejstvija jekstraktov iz gumificirovannoj l'njanoj kostry // Izv. vuzov. Prikladnaja himija i biotehnologija. – 2012. T. 2, № 1. S. 97...103.

3. Belopuhov S.L., Grishina E.A., Dmitrievskaja I.I., Lukomec V.M., Ushhapovskij I.V. Vlijanie guminovo-ful'vatnogo kompleksa na urozhajnost' l'na-dolgunca i kachestvo semjan // Izvestija Timirjazevskoj sel'skohozjajstvennoj akademii. – 2015, №4. S 71...81.

4. Grishina E.A., Belopuhov S.L. Issledovanie volokna l'na-dolgunca, vyrashhennogo s primeneniem jekstraktov iz gumificirovannoj l'njanoj kostry // Butlerovskie soobshhenija. – 2013. T. 34, № 4. S.157...162.

5. Belopuhov S.L., Zhevnerov A.V., Kalabashkina E.V., Dmitrievskaja I.I. Opredelenie mikrojelementnogo sostava produkcii l'novodstva // Butlerovskie soobshhenija. – 2012. T.32, №10, S.72...75.

6. Efremov A.S., Katkov A.A. Opredelenie svojstv l'notresty po infrakrasnym spektram // Vestnik

Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2009, №21. S.48...50.

7. Efremov A.S., Katkov A.A. Opredelenie svojstv l'notresty po infrakrasnym spektram // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2009, №2. S.14.

8. Drozdov V.G., Mozohin A.E., Kolesnikova I.A. Sravnitel'nyj analiz himicheskogo i spektral'nogo sostavov l'njanoj tresty raznoj stepeni vylezhki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №4. S.26...30.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин КГУ. Поступила 31.05.17.