

ЭКОТЕХНОЛОГИЯ КРАШЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ВОЛОКОН ПРИРОДНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ В ПРИСУТСТВИИ БИОПРОТРАВ

ECOTECHNOLOGY OF DYEING PROTEIN FIBERS WITH NATURAL DYES IN THE PRESENCE OF BIOMORTANS

А.В. Горохова, Н.В. Скобова

A.V. Gorohova, N.V. Skobova

Витебский государственный технологический университет (Республика Беларусь)

Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus)

E-mail: gorohova2508@gmail.com, skobova-nv@mail.ru

В статье рассматриваются особенности технологии крашения шерстяной пряжи с использованием биопротрав, позволяющие снизить материалоемкость и энергоемкость процесса. Представлены рекомендации по выбору степени измельчения исходного сырья, возможности применения ультразвуковой обработки сырья перед экстрагированием с оптимальными режимами работы генератора и длительности процесса, целесообразности применения экстрагентов в водном растворе при экстрагировании, эффективности совмещенного способа крашения в присутствии биопротрав (соков Aloe Vera, квашеной капусты, винной кислоты).

Ключевые слова: природные красители, натуральное крашение, шерстяная пряжа, корневища лапчатки, ультразвуковая обработка, текстильно-вспомогательные вещества, биопротравы.

The article discusses the features of the technology of dyeing wool yarn using biomordants, which allow reducing the material and energy intensity of the process. Recommendations are presented on the choice of the degree of grinding of the initial raw material, the possibility of using ultrasonic treatment of the raw material before extraction with optimal generator operating modes and process duration, the feasibility of using extractants in an aqueous solution during extraction, the effectiveness of a combined dyeing method in the presence of biomordants (Aloe Vera juice, sauerkraut, tartaric acid).

Keywords: natural dyes, natural dyeing, wool yarn, cinquefoil rhizomes, ultrasonic treatment, textile auxiliary substances, biomordants.

Экологические санитарные нормы и стандарты применительно к охране сточных вод, введенные странами, бережно относящимися к природе и охране здоровья, возрождают интерес к использованию натуральных красителей при окраске текстильных материалов. Натуральные красители являются экологически чистыми, защищают кожу от действия УФ, имеют приятную цветовую гамму, и главное, относятся к возобновляемым источникам красящих материалов. Однако они имеют слабую связь с волокном, что требует введение операции протравливания с применением протрав на базе солей металлов, некоторые из которых не являются экологически чистыми [1, 2].

В качестве сырья для крашения белковых волокон можно использовать наземные и подземные части растений как в свежем, так и в засушенном виде.

Разработана технология совмещенного способа крашения шерстяной пряжи природными красителями с использованием биопротрав. (рис. 1).

Для получения красильных растворов использовали подземные части растений: корни лапчатки и окопника.



Рис.1. Технология совмещенного способа крашения шерстяной пряжи природными красителями с использованием биопротрав

Этап подготовки включает в себя сбор, сушку, дробление и предварительное замачивание сырья.

При получении вытяжки пигментов из растений происходит разрушение пигмент белковых комплексов, а свободные пигменты растворяются в органических растворителях. Процедура извлечения пигментов состоит в механическом разрушении клеточных структур (гомогенизация тканей растений), что достигается путем дробления сырья в дробилке. Полученное дробленое сырье просеивалось через сито с разным размером ячеек, в результате чего были отсортированы фракции с разным размером частиц, размер которых анализировался под электронным микроскопом:

- 1 группа - крупные частицы со средним диаметром от 9 до 12 мм;
- 2 группа – средний диаметр частиц 1,05 мм;
- 3 группа – средний диаметр частиц 0,55 мм (мелкая фракция).

Предварительная замочка сырья всех групп проводилась в течение 30 минут при температуре 40 °С в дистиллированной воде [3].

Для интенсификации процесса выхода красящих веществ в красильный раствор дробленое сырье подвергают озвучиванию в ультразвуковой ванне «Сапфир» УЗВ-1,3/2 (ЗАО НПО «Техноком»). Регулируемыми параметрами обработки являются время озвучивания раствора (от 1 до 99 мин), мощность генератора (до 100 Вт) и температура раствора (до 70 °С), нерегулируемым – рабочая частота колебаний (35 кГц).

Степень выбираемости красителя волокном определяли спектрофотометрическим методом. В исследованиях использован спектрофотометр Solar 2201PB в режиме поглощения на длине волн от 240 нм до 680 нм.

Оценка эффективности применения кавитационной обработки сырья проводилась по насыщенности окраски красильного раствора после экстрагирования – оптической плотности растворов, полученных по традиционной технологии. Совмещенный график влияния мощности генератора ванны и времени озвучивания на оптическую плотность раствора красильной ванны представлен на рис. 2, влияние степени измельчения корней растений на выход красильных групп представлен на рис. 3.

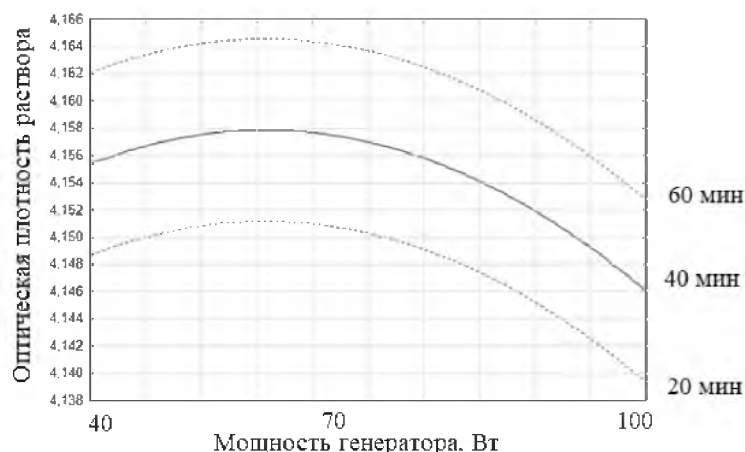
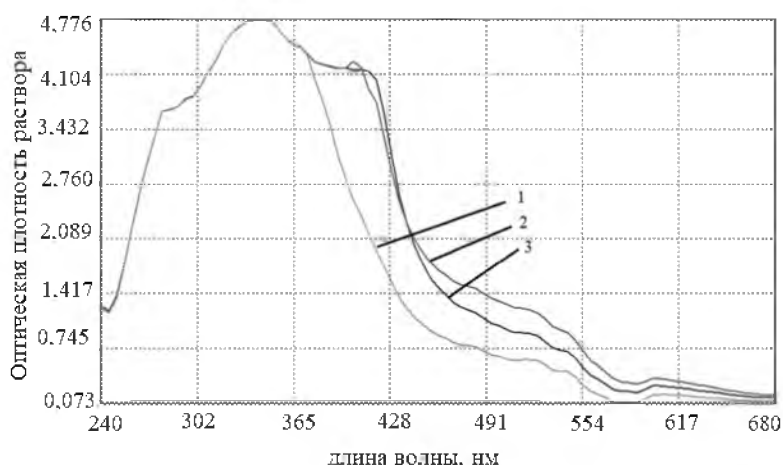


Рис.2. Зависимость оптической плотности красильного раствора корня лапчатки от мощности генератора и времени озвучивание на длине волны спектра 410нм



1 – фракции третьей группы, 2 – фракции второй группы, 3 – фракции первой группы
Рис. 3. Спектрограмма водных растворов корня лапчатки при мощности генератора 70 Вт

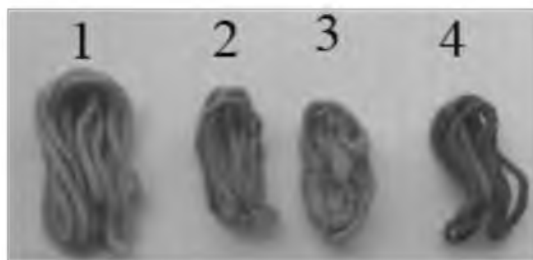
Анализ полученных результатов показывает, что выход красящих веществ в рабочий раствор при УЗ экстрагировании в значительной степени зависит от параметров озвучивания: для корневых частей растений рекомендуется мощность генератора устанавливать не более 70 Вт. Кавитационное воздействие с максимальной мощностью вызывает разрушение клеток растения и не способствует увеличению насыщенности раствора. Длительность обработки рекомендуется устанавливать 40-50 минут.

Анализ показывает, что ультразвуковая обработка сырья с размером частиц первой и второй группы способствует выходу большего числа красильных групп, о чем свидетельствует двухволновой спектр диаграммы (линии 2 и 3) с максимум спектра на длине 410 нм. Для интенсификации этого процесса важно обеспечить высокую степень дисперсности частиц для минимизации коэффициента отражения звуковой энергии, усиления процесса растворения и вымывания содержимого из разрушенных клеток. Чем меньше частицы измельченного сухого сырья, тем больше вновь образовавшихся капиллярных каналов и ниже адсорбционная прочность сырья. Но при этом отмечается, при экстракции сырья с малым размером частиц образуется мутность раствора, плохо фильтруемая, спектрограмма водного раствора имеет одноволновой вид.

Проведены исследования по изучению влияния текстильно-вспомогательных веществ на выход красильных веществ в рабочую ванну. Готовили растворы со следующими экстрагентами:

- 1) водный раствор с добавлением 0,3% ПАВ;
- 2) водно-глицериновый раствор с массовой долей глицерина 30% с добавлением массовой доли HCl 1%;
- 3) водный раствор с добавлением массовой доли винной кислоты 2%.

Экстракция растительного сырья в присутствии экстрагентов проходила в среде горячей воды с температурой 80°C в течение 60 минут. Для установления степени влияния текстильно-вспомогательных веществ на выход красильных веществ провели окрашивание шерстяной пряжи в полученных красильных растворах при температуре 95°C в течении 40 минут (рис. 4).



1 – без экстрагентов, 2 – с добавлением ПАВ,
3 – с добавлением глицерина, 4 – с добавлением винной кислоты

Рис. 4. Результат окрашивания шерстяной пряжи

Полученная цветовая гамма образцов отличается насыщенностью оттенков, причем использование экстрагента водного раствора винной кислоты позволяет придать пряже шоколадный оттенок. [4]. Таким образом, раствор винной кислоты в дальнейшем рекомендуется в качестве протравы.

Следующим этапом реализован совмещенный процесс экстрагирования, крашения и протравления. Для этого в красильную ванну добавляют часть от требуемого объема холодной воды и помещают озвученное сырье. Постепенно нагревая ванну до требуемой температуры проводят экстрагирование в течении 40 минут. Затем вводят в полученный раствор оставшуюся часть холодной воды с добавлением протрав, температура ванны при этом понижается до 40-45°C. Погружают в красильную ванну смоченные образцы пряжи и выдерживают в течение 10 минут без повышения температуры. Затем повышают температуру до требуемой и ведут крашение пряжи в течении 30 минут. Модуль ванны 1:50.

Для протравления пряжи использовались биопротравы: 2% раствор винной кислоты, 4% раствор сока Aloe Vera, неразбавленный сок квашеной капусты. Красильная ванна с Aloe Vera имела pH=4,4, с винной кислотой pH=1,7, с соком квашеной капусты pH=3,3

Для получения образцов с разной цветовой гаммой принято решение этап крашения проводить при температуре 60, 80 и 100 °C (рис. 5).

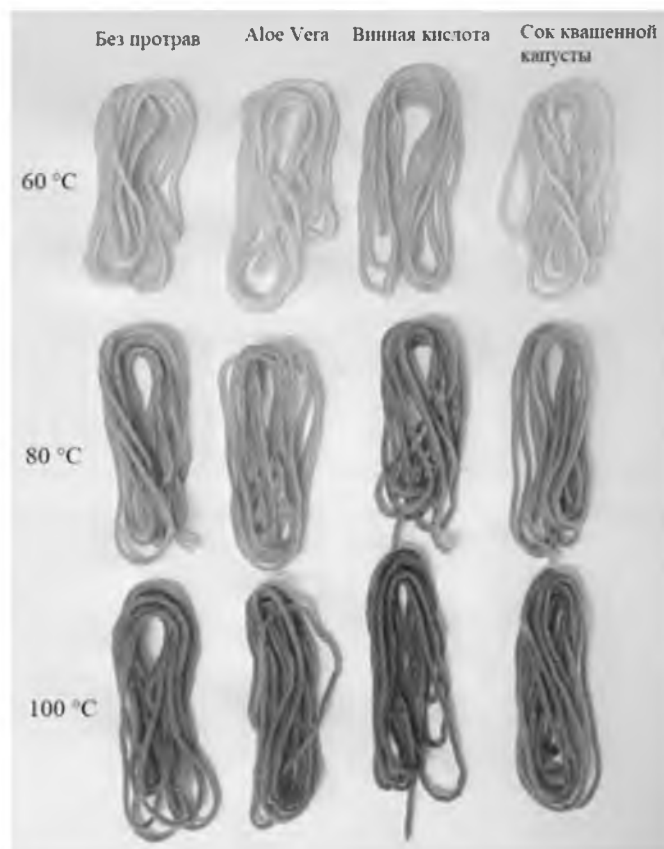


Рис. 5. Результат окрашивания пряжи с использованием биопротрав

При использовании сока Aloe Vera и квашеной капусты, винной кислоты образуется кислая среда рабочей ванны. Шерстяное волокно поглощает танин, содержащийся в экстракте корней лапчатки, за счет электростатического взаимодействия между карбоксильной группой танина и аминогруппой шерстяного волокна [5]. Низкий уровень pH увеличивает степень ионизации аминогруппы в волокнах шерсти, что приводит к улучшению поглощения красителя. Однако понижение температуры красильной ванны не дает в полной мере волокну поглотить краситель из ванны, в результате пряжа приобретает более нежные и светлые оттенки.

Последующие испытания пряжи на стойкость к мокрым обработкам показали, что образцы имеют хорошую устойчивость к мокрым обработкам, что указывает на высокую степень закрепления красителя в волокне 4- 5 балла.

Полученные образцы пряжи использованы при разработке коллекции модных аксессуаров, в частности, при изготовлении сумок (рис. 6).

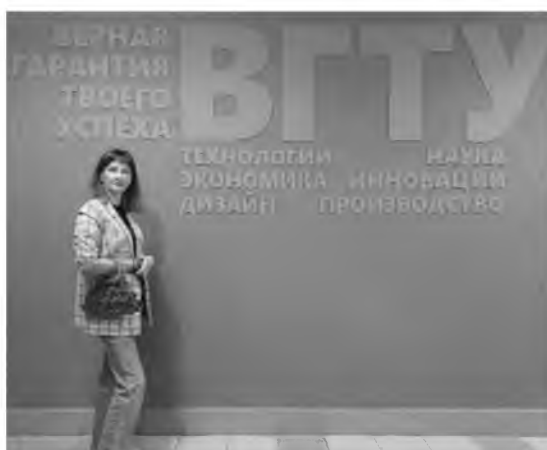


Рис. 6. Вариант изделия из окрашенной пряжи

Таким образом, разработанная экотехнология крашения шерстяной пряжи природными красителями с использованием биопротрав является экологически более чистой технологией за счет снижения нагрузки на сточные воды путем исключения сбросов солей металлов, содержащихся в истощенных красильных растворах. Результаты исследований позволяют:

- снизить материалоемкость технологии крашения за счет интенсифицирующего действия ультразвуковой обработки растений перед их экстрагированием;
- снизить энергопотребление за счет применения совмещенного этапа экстрагирования, крашения и протравливания текстильных материалов;
- заменить экологически вредные протравы на базе солей металлов на биопротравы с сохранением качества прокрашивания пряжи и получением прочных окрасок;
- популяризировать в молодежной среде экологически более чистую технологию крашения текстильных материалов для развития их творческих идей и развития белорусского бренда – зеленый текстиль.

Разработанная технология представляет интерес для дизайнеров при разработке экобрендов одежды и аксессуаров, для ремесленников и мастериц, равнодушных к проблемам загрязнения окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kumar Gupta V (2020) Fundamentals of Natural Dyes and Its Application on Textile Substrates. Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments. IntechOpen. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89964>
2. Samanta P (2020) A Review on Application of Natural Dyes on Textile Fabrics and Its Revival Strategy. Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments. IntechOpen. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.90038>
3. Скобова, Н. В. Применение экстракта корня лапчатки *Potentilla Erecta* в технологии крашения текстильных материалов / Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская, А. В. Горохова // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2024. – № 1(47). – С. 82-92. – DOI 10.24412/2079-7958-2024-1-82-92. – EDN DFFINN.
4. Переверткина И. В., Волков А. Д., Болотов В. М. Влияние глицерина на экстрагирование антоциановых пигментов из растительного сырья // Химия растительного сырья. 2011. № 2. С. 187–188. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-glitsarina-na-ekstragirovanieantotsianovyhpigmentov-iz-rastitelnogo-syrya> (дата обращения: 25.02.2024).
5. Goutam, B. and Debojyoti, G. (2022) Application of Bauhinia Vahlil Bark Extract on Wool Fiber. Curr Trends Fashion Technol Textile Eng., 7(4): 555720. DOI:10.19080/CTFTTE.2022.07.555720