

ЭКОТЕХНОЛОГИЯ КОЛОРИРОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИРОДНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

Горохова Анастасия Вадимовна

студент

Научный руководитель: **Скобова Наталья Викторовна**

к.т.н., доцент

УО «Витебский государственный
технологический университет»

Аннотация: разработана технология крашения шерстяной пряжи природными красителями, включающая: выбор растительного сырья, подготовку сырья к экстрагированию состоящую из дробления сырья на необходимый размер фракций и ультразвуковой обработки сырья, экстракцию растительного сырья, крашение шерстяной пряжи с добавлением протрав.

Ключевые слова: натуральное крашение, шерстяная пряжа, корневища лапчатки и окопника, дробление сырья, ультразвуковая обработка, биопротравы.

ECOTECHNOLOGY FOR COLORING TEXTILE MATERIALS WITH NATURAL DYES

Gorokhova Anastasia Vadimovna

Scientific supervisor: **Skobova Natalia Viktorovna**

Abstract: a technology for dyeing wool yarn with natural dyes has been developed, including: selection of vegetable raw materials, preparation of raw materials for extraction consisting of crushing raw materials into the required size of fractions and ultrasonic processing of raw materials, extraction of vegetable raw materials, dyeing of wool yarn with the addition of mordants.

Key words: natural dyeing, wool yarn, rhizomes of laptuce and comfrey, crushing of raw materials, ultrasonic treatment, bioprotraves.

Процесс крашения является материалоемким и оказывает негативное воздействие на окружающую среду: большое потребление воды на стадии

подготовки, крашения и последующих промывок, с образованием сточных вод, содержащих различные типы красителей, текстильно-вспомогательные вещества, а также высокое энергопотребление.

Одним из путей по снижению нагрузки на сточные воды является применение технологии крашения с использованием природных красителей и биопротрав. В настоящее время для окрашивания текстильных материалов используются различные натуральные красители, экстрагируемые из стеблей, листьев, цветков, семян и корней растений, ягод, кожуры, коры деревьев, отходы пищевой промышленности [1, с. 83].

Для расширения цветовой гаммы получаемых оттенков, улучшения степени закрепления красителя в волокне необходимо использовать протравы [2, с. 424]. Альтернативным вариантом, позволяющим сделать технологию крашения природными красителями безвредной для окружающей среды, является применение натуральных протрав [3, с. 53].

Выбор растительного сырья – это важная составляющая всего процесса крашения, так как от этого зависит цветовая гамма полученных образцов изделий. Наиболее целесообразно ориентироваться на местную сырьевую базу, на растения, произрастающие на территории Витебской области в больших объемах, сбор и заготовка которых не вызывает трудностей.

В ходе исследований в качестве сырья были выбраны: корневища окопника и лапчатки прямостоячей.

Окопник (лат. *Symphytum*) — род многолетних лесных травянистых растений семейства Бурачниковые (Boraginaceae). Корневая система крупная с толстыми ветвистыми корнями с многочисленными отростками. Корни снаружи тёмные, почти чёрные, внутри — белые, сочные, сальные на ощупь (рисунок 1.1а).

В корнях окопника содержатся алкалоиды циноглоссин и ликопсамин, дубильные вещества, гликозиды, слизи, камеди, смолы, эфирное масло и аллантоин [4, с. 0402.1].

Лапчатка прямостоячая — многолетнее травянистое растение, высотой от 15 до 50 см. Корневище цилиндрическое, деревянистое, короткое, почти горизонтальное, неравномерно утолщённое, изогнутое или прямое, представляет собой одревесневшую структуру (рис. 1б) [5, с. 366].



а

б

а – окопник, б – лапчатка

Рис. 1. Внешний вид растений

Корневище *Potentilla Erecta* содержит 14-31% дубильных веществ. Технологический процесс подготовки растительного сырья и красильной ванны представлен на рис. 2 [1, с. 85].

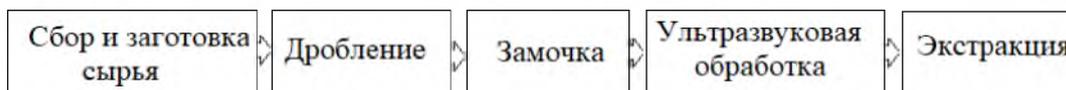


Рис. 2. Технологический процесс подготовки красильной ванны из растительного сырья

Корни растений собирали в конце сентября, промывали в холодной воде, разрезали на небольшие части и сушили при температуре 50°C до полного высыхания.

Пигменты определенным образом встроены в мембраны тилакоидов. При получении вытяжки пигментов из растений происходит разрушение пигментбелковых комплексов, а свободные пигменты растворяются в органических растворителях. Процедура извлечения пигментов состоит в механическом разрушении клеточных структур (гомогенизация тканей растений). Поэтому вторым этапом подготовки был процесс дробления сырья с использованием механической дробилки. Полученное дробленое сырье просеивалось через сито с разным размером ячеек, в результате чего были

отсортированы фракции с разным размером частиц, размер которых анализировался под микроскопом:

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

[1, с. 84-85].

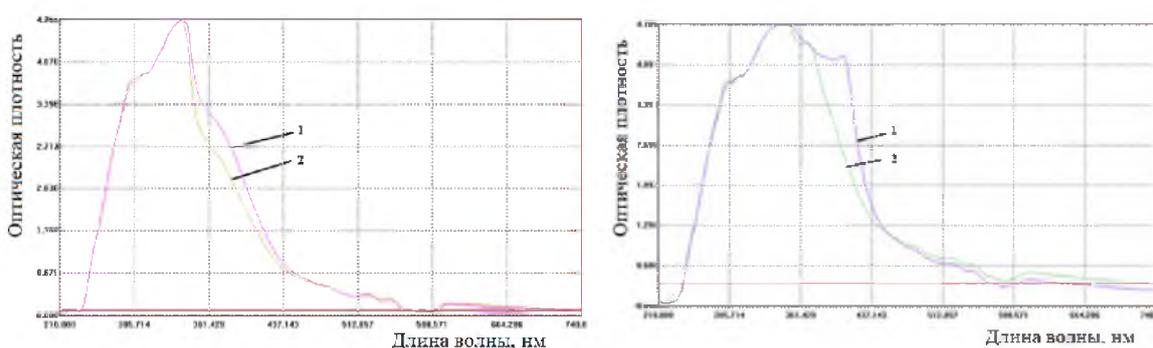
Подготовка сырья к экстрагированию проходила с использованием ультразвуковой обработки - замачивания сухого сырья на 20 минут в воде при температуре 40 °С с последующим его озвучиванием в ультразвуковой ванне в течении 20 минут при мощности генератора 100 Вт. Выбор технологических режимов ультразвуковой обработки сырья оптимизирован и описан в работах.

В качестве контрольного образца выбран традиционный способ подготовки корней растений (замочка в течение 12 часов) [4, с. 0402.1].

Для оценки интенсивности выхода красящего пигмента в водный раствор применялся спектрофотометрический метод анализа полученных растворов. Исследования проводились в режиме поглощения на длине волн от 210 нм до 740 нм.

Спектрограммы полученных красильных растворов корня окопника с делением сырья на фракции и применением ультразвуковой обработки представлены на рис. 3.

Из рисунков видно, что спектрограмма водного раствора из частиц 2 группы имеет трехволновой вид, что указывает на выход дополнительной красящей группы веществ. Спектрограмма водного раствора из частиц 1 группы имеет двухволновой вид [4, с. 0402.2].



а

б

а – частицы 1-ой группы, б – частицы 2-ой группы

1 – с ультразвуковой обработкой, 2 – без ультразвуковой обработки

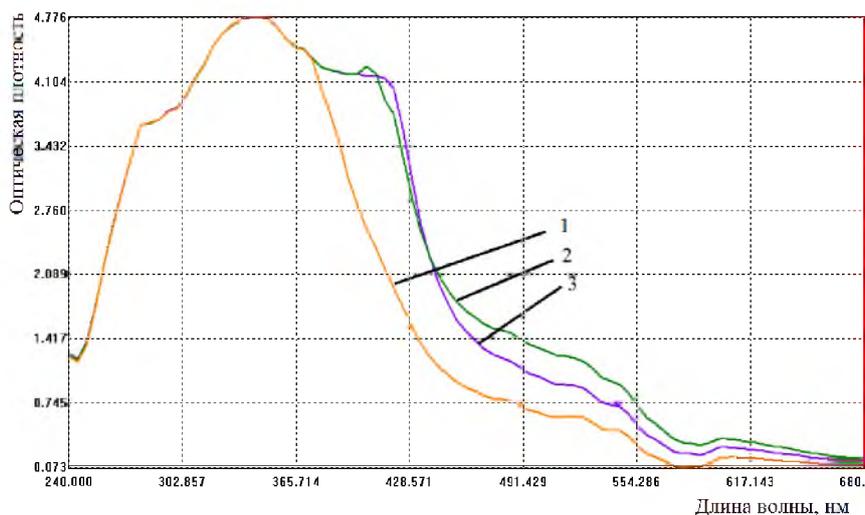
Рис. 3. Спектрограммы водного раствора корня окопника

Ультразвуковая обработка растительного сырья позволила увеличить выход красящего пигмента в раствор из сырья размером фракций 2-й группы,

проявившейся на длине волны 380-420 нм. На данной длине волны проявляется ликопсамин – это биологически активное вещество, которое является каротиноидом и имеет антиоксидантные свойства. В спектре поглощения каротиноидов обнаруживаются три пика.

В результате проведенных исследований установлено, что при использовании сырья в виде корней целесообразно применять более крупные фракции частиц для получения красильного раствора с большей интенсивностью окраски. Ультразвуковая обработка интенсифицирует процесс выхода красящего пигмента в раствор [4, с. 0402.3].

Анализ спектрограмм при использовании корней лапчатки показывает (рис. 4), что ультразвуковая обработка сырья с размером частиц первой и второй группы способствует выходу большего числа красильных веществ, о чем свидетельствует двухволновой спектр диаграммы (линии 2 и 3). После экстракции сырья с малым размером частиц отмечается мутность раствора, спектрограмма водного раствора имеет одноволновой вид.



- 1 – мелкие фракции (третья группа),
- 2 – средние фракции (вторая группа),
- 3 – крупные фракции (первая группа)

Рис. 4. Спектрограмма водных растворов корня лапчатки

Из диаграмм видно, что максимум спектра приходится на длину волны 350 нм и 410 нм - группа дубильных веществ, придающих раствору коричневый оттенок. Наиболее насыщенный оттенок раствора соответствовал образцу, полученному при экстракции частиц 2 группы.

На следующем этапе проведены исследования по выбору оптимальных режимов озвучивания одревесневших частей растительного сырья - корней

лапчатки, обеспечивающих максимальный выход красящего вещества в рабочий раствор.

Входными факторами выбраны технологические режимы работы ультразвуковой ванны: мощность генератора и время озвучивания. В качестве выходных параметров исследовали оптическую плотность раствора красильной ванны. Уровни варьирования факторов представлены в табл. 1. Эксперимент проводили по матрице Коно с тремя повторностями в каждой серии опытов [1, с. 86].

Озвучивание корней измельченных до размера фракций 1-2 мм осуществлялось после предварительной замочки сырья 30 минут при температуре 40 °С [6, с. 405.2].

Таблица 1

Уровни варьирования входных факторов

Факторы	Натуральные значения			Кодированные значения			Интервал варьирования
	ниж.	основ.	верх.	ниж.	основ.	верх.	
Мощность генератора W, Вт (x_1)	40	70	100	-1	0	+1	30
Время озвучивания T, мин (x_2)	20	40	60	-1	0	+1	20

Спектрограммы полученных красильных растворов при 20°С представлены на рис. 5.

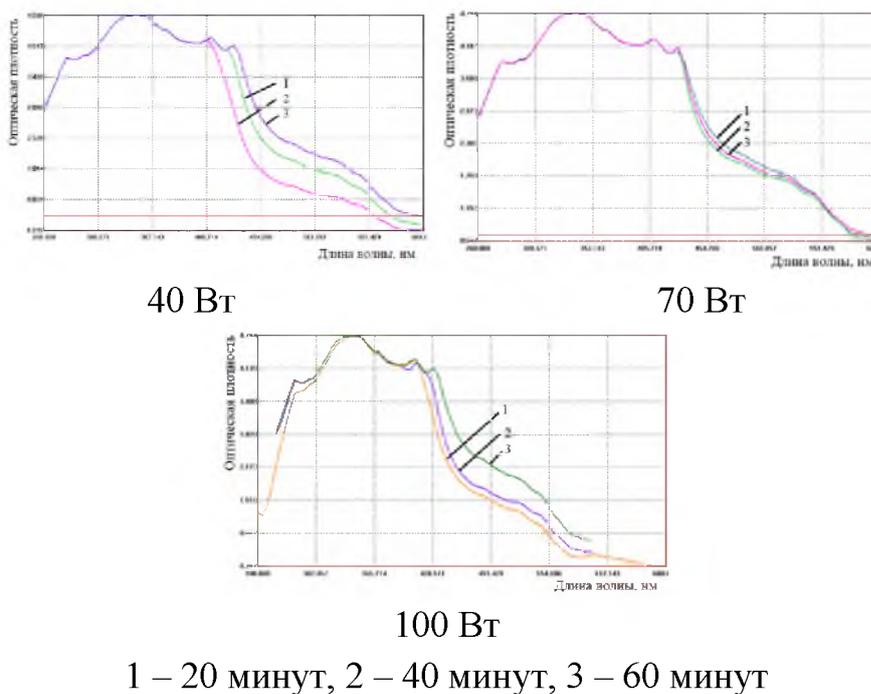


Рис. 5. Спектрограммы водного раствора корня лапчатки

На длине волны 340 нм оптические плотности растворов имеют близкие значения во всех сериях опытов, поэтому с помощью прикладной программы Statistica for Windows, аппроксимировали зависимость оптической плотности красильного раствора от параметров озвучивания полиномом второй степени для двух длин волн: в ультрафиолетовом и видимом спектре:

- на длине волны 280 нм

$$D_{280} = 3,903 - 0,056 \cdot W + 0,034 \cdot T + 0,039 \cdot W \cdot T - 0,072 \cdot W^2 \quad (1)$$

$$(R^2=0,965)$$

- на длине волны 430 нм

$$D_{430} = 4,157 - 0,00456 \cdot W + 0,0067 \cdot T - 0,0063 \cdot W^2 \quad (2)$$

$$(R^2=0,981) [1, с. 86]$$

Анализ уравнений показывает, что на интенсивность окрашивания раствора красильной ванны оказывают влияние оба фактора: мощность генератора и время озвучивания.

По моделям (1) и (2) построены срезы графических образов полученных зависимостей, при фиксированном значении времени озвучивания (рис. 6) [1, с. 87-88].

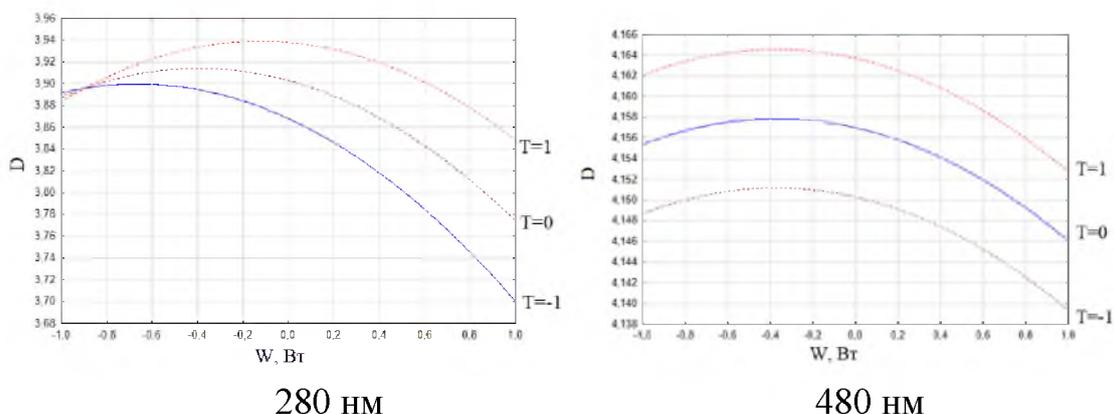


Рис. 6. Зависимость оптической плотности красильного раствора от мощности генератора и времени озвучивание на разных длинах волн спектра

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 деструкцию клеток растения и не способствует увеличению

насыщенности раствора. Длительность обработки рекомендуется устанавливать 40-50 минут [1, с. 88].

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

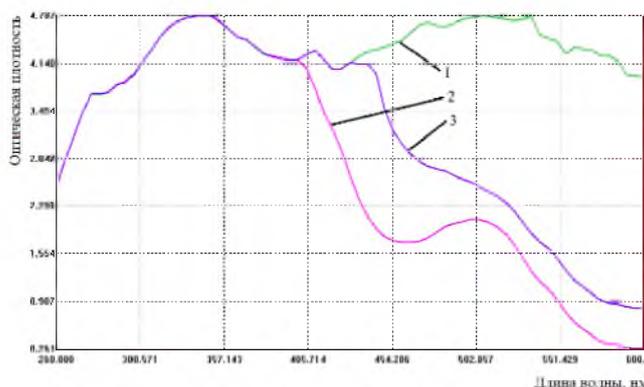
- 1) водный раствор с добавлением 0,3% ПАВ;
- 2) водно-глицериновый раствор с массовой долей глицерина 30% с добавлением массовой доли HCl 1%;
- 3) водный раствор с добавлением массовой доли винной кислоты 2%.

Экстракция растительного сырья проходила в среде горячей воды с температурой 75°C в течение 60 минут. Модуль ванны 1:15. По окончании этапа экстрагирования объем раствора доводился до первоначального уровня.

Для оценки интенсивности выхода красящего пигмента в водный раствор применялся спектрофотометрический метод анализа полученных растворов. Исследования проводились в режиме поглощения на длине волн от 260 нм до 600 нм.

Спектрограмма полученных красильных растворов представлена на рис. 7 [5, с. 366-367].

Анализ спектров показал, что максимум спектра приходится на длину волны 350 нм и 410 нм - группа дубильных веществ, придающих раствору коричневый оттенок. При использовании водного раствора с добавлением винной кислоты проявляется третий максимум на длине волны 450 нм – группа флаваноидов [5, с. 366].



1 – с добавлением ПАВ,

2 – с добавлением глицерина и HCl,

3 – с добавлением винной кислоты

Рис. 7. Спектрограмма экстракта корня лапчатки с различным экстрагентом

Проведено окрашивание шерстяной пряжи в полученных экстрактах (рис. 8) на водяной бане при температуре 85°C в течении 40 минут без применения протрав.

Полученная цветовая гамма образцов отличается насыщенностью оттенков, причем использование экстрагента водного раствора винной кислоты позволяет придать пряже шоколадный оттенок. Образцы имеют хорошую устойчивость к мокрым обработкам, что указывает на высокую степень закрепления красителя в волокне [5, с. 366-367].



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

Рис. 8. Результат окрашивания шерстяной пряжи

В качестве биопротрав принято решение использовать сок Aloe Vera, сок квашеной капусты, винная кислота.

Корни лапчатки подвергают дроблению и замачивают на 8 часов, после чего экстрагируют растительное сырье в среде горячей воды с температурой 75 °С в течение 60 минут, модуль ванны 1:30. Далее раствор отфильтровывают. Крашение проводят при температуре 90-95 °С в течении 40 минут, модуль ванны 1:50. Для придания пряже более глубокого оттенка проводят ее обработку в теплом слабощелочном растворе (0,25% раствор аммиака). После чего идет промывка окрашенной пряжи в теплой и холодной воде, сушка [6, с. 405.2].

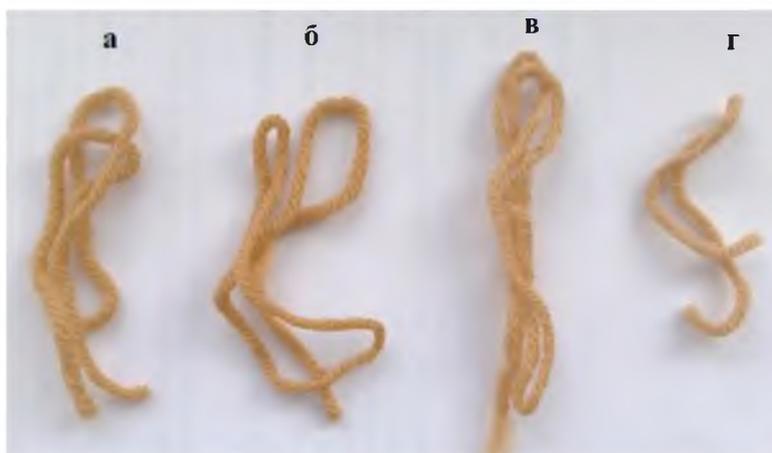
Проведено предварительное исследование по выбору схемы введения биопротравы в технологию крашения для закрепления красителя в волокне на примере 4%-го раствора Aloe Vera:

Схема I. Крашение пряжи с одновременным протравливанием в красильной ванне.

Схема II. Предварительное протравливание пряжи в растворе Aloe Vera при 50 °С в течении 30 минут, с последующим крашением.

Схема III. Протравливание пряжи после крашения при 50 °С в течении 30 минут.

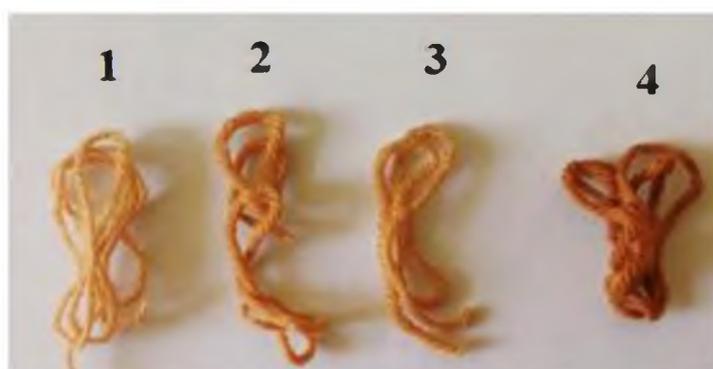
Оценку результатов окрашивания проводили путем сравнения полученных оттенков на пряже (рис. 9). Введение протравы в состав красильной ванны (схема I) позволило придать пряже более яркий оттенок, поэтому в дальнейшем применялась схема введения биопротравы в красильную ванну [6, с. 405.2-405.3].



а – контрольный образец (без протравы), б – образец по схеме I,
в – образец по схеме II, г – образец по схеме III

Рис. 9 – Результаты окрашивания пряжи с применением 4%-го раствора Aloe Vera

Результаты окрашивания шерстяной пряжи с введением биопротрав в красильную ванну представлены на рис. 10.



1 – контрольный образец (без протравы), 2 – протрава Aloe Vera,
3 – протрава соком квашеной капусты, 4 – протрава винной кислотой

Рис. 10. Результат окрашивания шерстяной пряжи с использованием биопротрав

Анализ цветовой гаммы полученных образцов показал, что наличие протрав позволяет придать пряже более яркий оттенок в сравнении с контрольным образцом, причем применение винной кислоты позволяет получить яркий темный цвет. Устойчивость окраски пряжи к мокрым обработкам также показала, что применение протрав способствуют закреплению красителя в волокне: устойчивость окраски контрольного образца 2–3 балла, при использовании Aloe Vera и сока квашеной капусты – 3–4 балла, винная кислота – 4–5 балла.

В результате проведенных исследований установлено, что за счет использования натуральных протрав можно снизить материалоемкость технологии и добиться более яркого насыщенного оттенка на пряже. При этом повышается стойкость окраски к мокрым обработкам. Использование натуральных протрав в технологии крашения природными красителями исключает попадание в сточные воды солей металлов меди, железа, что позволяет сохранить экологичность процесса [2, с. 425].

Применение биопротрав позволяет позиционировать технологию крашение пряжи натуральными красителями как экологически более чистой и не наносящей вреда здоровью человеку и окружающей среды.

Полученные результаты исследований можно рекомендовать для подготовки подземных частей других видов растений для получения красильных растворов для окрашивания текстильных материалов [1, с. 89].

Список литературы

1. 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. – № 47. – С. 82. DOI:10.24412/2079-7958-2024-1-82-92.
2. Горохова А.В., Скобова Н.В., Попко Е.П. Оценка возможности использования натуральных протрав в технологии крашения шерстяной пряжи натуральными красителями // Материалы докладов 57 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов в двух томах. Т.1. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2024, С. 423-425.
3. Скобова, Н. В. Энергосберегающая технология крашения текстильных материалов из белковых волокон природными красителями с использованием натуральных протрав/ Н. В. Скобова, А. В. Горохова, Н. Н.Ясинская, Е. П. Попко // Вестник Витебского государственного

технологического университета. — 2024. — № 2(48). — С. 52-61.
DOI:10.24412/2079-7958-2024-2-52-61

4. Горохова А.В., Скобова Н.В. Исследование процесса подготовки корней окопника к крашению текстильных материалов // Материалы VII Международного молодежного экологического Форума 28-29 ноября 2023 г., Кемерово [Электрон-ный ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева»; Под ред. член-корреспондентов РЭА Т. В. Галаниной, М. И. Баумгартэна – Кемерово, 2024. – 1 электрон. опт. диск. – 0402.1-0402.3 Р.

5. Горохова А. В., Скобова Н. В. Влияние текстильно-вспомогательных веществ на экстрагирование красильных групп из корней лапчатки // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Кострома, 20–22 марта 2024 г.) / Костромской государственный университет; сост. и отв. ред. Т. В. Лебедева. – Электронные текстовые, граф. дан. (22,3 МБ). –Кострома: Костромской государственный университет, 2024. – 1 CD-ROM. — с.365-367.

6. Горохова А.В., Скобова Н.В. Применение aloe vera в качестве протравы при окрашивании шерстяной пряжи натуральными красителями Материалы III Международной научно-практической конференции «Производственные системы будущего: опыт внедрения Lean и экологических решений» г. Кемерово, 10 -11 апреля 2024 года.