

УДК 677.11/8

## Применения в льноотделочном производстве фермента Целловиридина Г2Х

В. К. Перволоцкая, В. А. Афанасьева, Л. А. Головина

ЛЮДМИЛА АНДРЕЕВНА ГОЛОВИНА — студент-дипломник V курса Московского государственного текстильного университета им. А. Н. Косыгина. Область научных интересов: применение ферментных препаратов в технологии колорирования и заключительной отделки тканей.

115162 Москва, ул. Шухова, д. 14, ФГУП ЦНИИЛКА, тел. (095)236-05-71, факс (095)236-46-59,  
E-mail nauka@tsniilka.ru

Конец XX и начало XXI века называют эпохой биотехнологий, которые находят широкое применение в различных отраслях науки и техники. В настоящее время биотехнологии используют в производстве моющих средств (для разрушения загрязнений белкового, жирового и растительного происхождения), в целлюлозно-бумажной промышленности (бесхлорное отбеливание целлюлозы, вторичная утилизация целлюлозы), в пищевой промышленности (производство сыров и безлактозного молока, модификация масел и жиров), в фармацевтической, комбикормовой, текстильной промышленности [1].

Биотехнологии базируются на применении ферментов (энзимов), которые представляют собой катализаторы белковой природы (биокатализаторы), обладающие способностью многократно ускорять химические реакции и отличающиеся избирательностью воздействия [2].

Ферменты могут снижать энергию активации реакций, в отличие от химических катализаторов действуют при гораздо более мягких условиях (рН, температура) и легко биологически разрушаются, делая технологию их применения экологически чистой.

Мягкие условия, в которых способны работать ферменты, позволяют создавать энергосберегающие технологии, не требующие дорогостоящего оборудования.

Ферменты разделяются на простые, состоящие только из полипептидных цепей, и сложные, содержащие в структуре небелковые компоненты (кофакторы), соединенные с полипептидными цепями. Большинство ферментов относится к сложным [3].

Особую группу ферментов составляют мультимолекулярные ферментные комплексы, в которые входят несколько ферментов Ф, катализирующих последовательные ступени превращения субстрата С.

Механизм действия ферментов сводится к схеме



где  $\Phi C$  — промежуточный комплекс фермент-субстрат.

В текстильной и легкой промышленности ферменты применяют при обработке материалов из целлюлозных волокон (хлопок, лен, вискоза), шелка, для обезволашивания шкур [1].

Выбор фермента для обработки текстильного материала определяется набором химических реакций, которые должны быть ускорены (гидролиз крахмала, целлюлозы, кератина, пероксидов и т. д.). Из промышленных ферментов, выпускаемых в России, для облагораживания текстильных материалов из льна интерес представляют *целлюлазы*.

Целлюлазы — это комплекс целлюлолитических ферментов, результатом действия которых является деструкция целлюлозы и ее производных до глюкозы и олигосахаридов. Различают «кислые целлюлазы», максимально активные при рН = 4,5–5,5 и 45–55 °С, и «нейтральные целлюлазы», активные при рН = 5,5–8,0 и 50–60 °С [2–4].

В состав целлюлазного комплекса входят три типа индивидуальных ферментов, различающихся механизмами гидролиза целлюлозы:

Ц. 1-фермент отщепляет димер (целлобиозу) с конца молекулы целлюлозы;

Ц. 2 — расщепляет макромолекулы целлюлозы в средних участках;

Ц. 3-фермент гидролизует олигомеры целлюлозы до глюкозы.

Целлюлозные материалы представляют собой аморфно-кристаллические полимеры, в которых более доступны для фермента целлюлазы аморфные области. С них и начинается гидролиз.

Наибольшее практическое применение целлюлазы нашли для получения эффекта «варенки» на джинсовом ассортименте тканей. Эта технология заменила окислительно-абразивную обработку с помощью шариков пемзы, насыщенных окислителем. Такая технология дорога, сложна, экологически грязна и приводит к значительной потере прочности ткани и сокращению срока службы изделий.

Использование целлюлазы позволяет получить воспроизводимый эффект «варенки» без потери прочности ткани в экологически чистой технологии. Эффект «варенки» основан на поверхностном, точечном разрушении целлюлозы и удалении ее вместе с красителем. С помощью целлюлазы легко удалять выступающие на поверхности ткани целлюлозные волокна, что использует-

Таблица 1

## Потеря массы льносодержащих тканей после обработки Целловиридином Г2Х

| Обрабатываемая ткань         | Температура обработки, °С | Продолжительность обработки, мин | Потеря массы ткани, % при концентрации Целловиридина Г2Х |     |     |
|------------------------------|---------------------------|----------------------------------|--|-----|-----|
|                              |                           |                                  | 1 %  | 3 % | 5 % |
| Полотно чистольняное         | 40                        | 30                               | 1,2  | 2,1 | 4,6 |
|                              | 40                        | 60                               | 2,0  | 2,4 | 5,8 |
|                              | 50                        | 30                               | 3,0  | 3,5 | 3,8 |
|                              | 50                        | 60                               | 4,0  | 4,2 | 5,8 |
| Полульняная ткань            | 40                        | 30                               | 0,8  | 1,7 | 2,2 |
|                              | 40                        | 60                               | 1,6  | 2,0 | 3,3 |
|                              | 50                        | 30                               | 1,9  | 3,6 | 3,9 |
|                              | 50                        | 60                               | 3,0  | 4,2 | 4,2 |
| Меланжевая полульняная ткань | 50                        | 60                               | 0,4  | 0,8 | 1,8 |
|                              | 50                        | 120                              | 2,0  | 2,8 | 4,0 |

Таблица 2

## Способы подготовки льняной ткани перед ферментной обработкой

| Способ подготовки | Технологическая операция | Состав композиции, г/л  | Основные параметры технологической операции |
|-------------------|--------------------------|---|---|
| I                 | Расшлихтовка             | Биотекс ПН – 2,0  | Продолжительность отварки 60 мин, 55–60 °С  |
|                   |                          | Смачиватель ЭМ-1 – 1,0<br>Щавелевая кислота – 4,5   |   |
| II                | Расшлихтовка             | Биотекс ПН – 2,0<br>Смачиватель ЭМ-1 – 1,0<br>Щавелевая кислота – 1,5   | Продолжительность отварки 60 мин, 80–85 °С  |
|                   | Отварка                  | Сода кальцинированная – 15,0<br>Смачиватель ЭМ-1 – 1,0<br>Комплексон – 1,0  |   |
| III               | Расшлихтовка             | Биотекс ПН – 2,0<br>Смачиватель ЭМ-1 – 1,0<br>Щавелевая кислота – 1,5   | Продолжительность отварки 60 мин, 80–85 °С  |
|                   | Отварка                  | Сода кальцинированная – 15,0<br>Смачиватель ЭМ-1 – 1,0<br>Комплексон – 1,0  |   |
|                   | Пероксидное беление      | Пероксид водорода – 2,5<br>(по активному кислороду)<br>Смачиватель ЭМ-1 – 1,0<br>Силикат натрия – 10,0<br>Сода кальцинированная – 3,0 |   |

Эффективность обработки льняной ткани Целловиридином на различных этапах технологического процесса

| Способ обработки | Потеря массы после обработки ферментом, % | Капиллярность (высота подъема жидкости в мм за 30 мин) |                 | Белизна ткани, % |                 | Жесткость на ПТ-2 |       | Разрывная нагрузка, полоски (25 мм × 100 мм), кгс |      | Визуальная оценка окраски после обработки |
|------------------|---|--|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|-------|---|------|---|
|                  |   | до обработки   | после обработки | до обработки     | после обработки | основа            | уток  | основа  | уток |   |
| I                | 3,3                                       | 73   | 80              | 54               | 60              | 6575              | 34281 | 16,5  | 26,5 | Окраска светлее, оттенок чище             |
| II               | 3,5                                       | 93   | 99              | 59               | 64              | 5037              | 20556 | 16,1  | 24,0 | То же                                     |
| III              | 2,4                                       | 85   | 127             | 78               | 77              | 2590              | 28258 | 19,1  | 28,7 | Окраска интенсивнее                       |

ся для полировки и смягчения джинсовых тканей, трикотажа и других изделий. Принцип удаления поверхностных волокон при обработке целлюлазой пытаются применить также взамен классического опаливания — операции энергоемкой и пожароопасной [5, 6].

Целлюлазы применяют также для дефибрилляции волокон и устранения пиллинг-эффекта на тканях и трикотаже из новых гидратцеллюлозных волокон, склонных к скатыванию.

Целлюлазы рекомендуют добавлять в варочные растворы при отварке хлопчатобумажных тканей при 60 °С. В этих условиях целлюлаза разрушает первичную стенку хлопковых волокон и способствует удалению с волокна различных загрязнений.

Во всех процессах обработки текстильных материалов целлюлазой необходимо тщательно контролировать потерю массы (не более 3–5 %) материала, чтобы сохранить прочность.

Целлюлозные волокна имеют разную «чувствительность» к действию целлюлаз: так, медно-аммиачное волокно теряет массу быстрее остальных целлюлозных волокон. Лен тоже более чувствителен к действию целлюлаз в сравнении с хлопком [1].

Во ФГУП ЦНИИЛКА исследовали возможность применения целлюлазы на различных стадиях технологического процесса отделки льносодержащих тканей.

Был использован отечественный товарный продукт целлюлазы Целловиридин, предлагаемый на реализацию фирмой «Арсенал Гольджи» (г. Москва), в трех выпускаемых формах: Целловиридин Г20Х — активность 2000 ед./г (в форме порошка), производитель Бердский завод (Россия, Новосибирская обл.); Целловиридин Г2Х — активность 1400 ед./мл; Целловиридин Г2Х — активность 860 ед./мл; производитель ОАО «Белмедпрепараты», республика Беларусь.

Мы изучали воздействие Целловиридина Г2Х на несколько льносодержащих тканей: чистольняную, полульняную ткань Новосибирского хлопчатобумажного комбината, меланжевую полульняную (опытный образец ФГУП ЦНИИЛКА).

Первоначально определяли оптимальные параметры обработки льносодержащих тканей Целловиридином Г2Х. В качестве регулируемых параметров жидкостной обработки были выбраны концентрации Целловиридина

Г2Х 1,0; 3,0; 5,0 (% от массы ткани); температура рабочего раствора 40 и 50 °С и продолжительность обработки 30, 60 и 120 мин. Обработку проводили на водяной бане со встряхивателем, имитируя процесс механического воздействия рабочего раствора на ткань в производственных условиях.

В качестве параметра, контролирующего воздействие Целловиридина на ткань, использовали потерю массы ткани после обработки рабочим раствором, содержащим Целловиридин — X%; неионогенный смачиватель — 1 г/л; уксусную кислоту (80 %-ю) — 2 мл/л; комплексон — 0,1 г/л. Комплексон вводили для устранения жесткости водопроводной воды, влияющей на активность фермента [4, 5]. В табл. 1 представлены данные по потере массы после обработки суровых тканей Целловиридином Г2Х при варьировании параметров.

Как видно, на чистольняную ткань Целловиридин Г2Х действует эффективнее, чем на полульняную; повышение температуры с 40 до 50 °С значительно ускоряет действие фермента; оптимальная концентрация фермента при обработке чистольняных тканей — 3 % (от веса ткани), а для полульняных тканей (обр. 31) лежит в пределах 5 % (в зависимости от структуры ткани).

С ростом продолжительности обработки с 30 до 60 мин происходит резкое (почти в 2 раза) увеличение потери массы, что свидетельствует о наличии «инкубационного периода» при воздействии фермента на ткань, поэтому оптимальной следует считать обработку в течение 1–2 ч.

Затем была исследована эффективность введения операции обработки Целловиридином на разных этапах многостадийного технологического процесса подготовки льняных тканей. С этой целью льняную ткань, предварительно подготовленную тремя способами, обрабатывали в растворе, содержащем 3 % Целловиридина Г2Х (от массы ткани) при 50 °С в течение 2 ч (табл. 2).

После описанной обработки определяли потерю массы ткани (%), капиллярность, жесткость на приборе ПТ-2, разрывную нагрузку, белизну и окрашиваемость активным ярко-красным 5СХ (табл. 3).

Как видно, обработка Целловиридином Г2Х влияет на свойства льняной ткани после каждого технологического перехода. Так, после расшлихтовки обработка Целловиридином вызывает потерю массы 3,3 %, увеличивается капиллярность ткани, наблюдается эффект подбели-

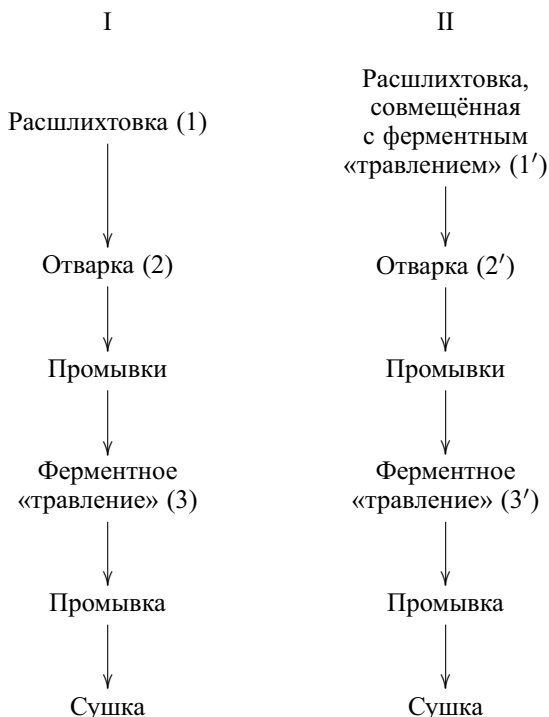
вания и улучшения оттенка окрашенной ткани. Это дает основание для проведения ферментной обработки для ассортимента меланжевых тканей, которые по ряду причин не могут быть отварены и отбелены, с целью улучшения их потребительских свойств. Наибольший эффект от ферментной обработки наблюдается для тканей, предварительно отваренных или отбеленных.

Серьезным недостатком льносодержащих тканей отечественного производства является сухой гриф и повышенная жесткость. Поэтому особый интерес представляет проведение контролируемой эрозии поверхности ткани и придание ей мягкого грифа с помощью ферментной обработки.

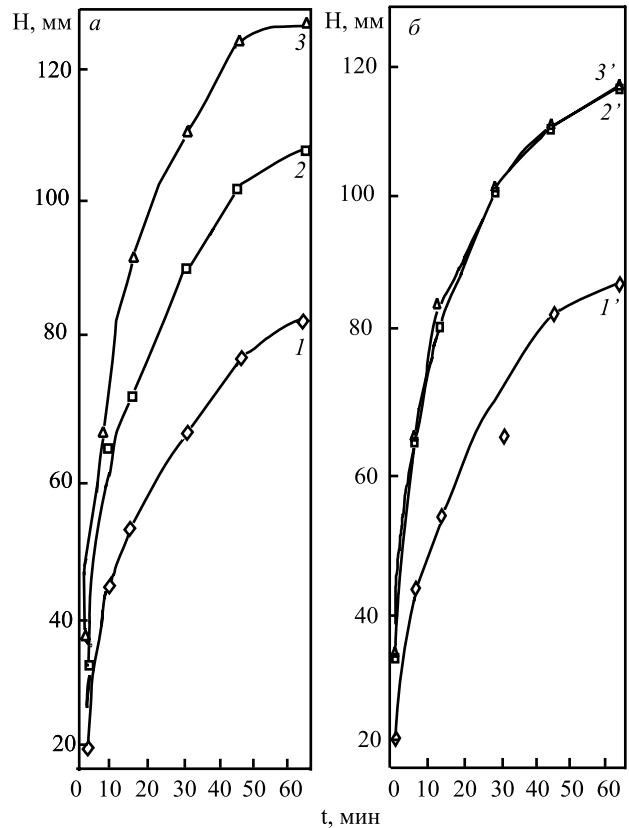
Во ФГУП ЦНИИЛКА были проведены исследования для разработки регламента отделки плотных льносодержащих тканей типа «Деним» с помощью ферментной обработки Целловиридином Г2Х в комбинации с традиционными технологическими операциями. Работа проведена на экспериментальных тканях ФГУП ЦНИИЛКА. Эти ткани выработаны из окрашенной пряжи, поэтому процесс отделки их включает предварительную подготовку и заключительную отделку.

Для традиционных обработок (расшлихтовка, отварка, промывка, заключительная отделка) были использованы текстильно-вспомогательные вещества НПФ «Траверс» (Россия). Для расшлихтовки применяли аминолитический ферментный препарат Экар; для ферментного «травления» — Целловиридин Г2Х. При отварке тканей помимо традиционных химических реагентов вводили интенсификатор отварки Гинтол, комплексообразователи Диарин и Фиолент, универсальное моющее средство Вик-Н.

Опытные образцы льняных тканей типа «Деним» обрабатывали по двум технологическим схемам (I и II):



Изменение капиллярности ткани после основных технологических операций для обеих схем представлено на рисунке.



Изменение капиллярности ткани после технологических обработок по схеме I (a) и схеме II (б)

Характер изменения капиллярности на джинсовой ткани ЦНИИЛКА дает основание для определенных предпосылок в построении технологического процесса отделки подобных тканей. Совмещение расшлихтовки с ферментным «травлением» Целловиридином Г2Х увеличивает капиллярность на I стадии (расшлихтовки), но не влияет на капиллярность ткани после отварки, последующая обработка Целловиридином не изменяет этот показатель. Если же обработка Целловиридином включается в заключительную операцию после традиционных расшлихтовки и отварки, то капиллярность ткани повышается (130 мм за 60 мин — I схема; 120 мм за 60 мин — II схема). Данные по капиллярности согласуются с органолептической оценкой мягкости ткани. Для обработки ткани в производственных условиях рекомендуется технологическая схема I.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Кричевский Г. Е. Итоги науки и техники. Серия «Биотехнология». М.: Изд. ВИНТИ, 1993. Т. 25. С. 152.
2. Текстильные новости. 1998. № 3. С. 11–12.
3. Чешкова А. Е., Кундий С. А., Лебедева В. И., Мельников Б. Н. Льняное дело. 1996. № 1. С. 35–38.
4. Чешкова А. В., Мельников Б. Н. Текстильная химия. 2000. № 2. (18).
5. Чешкова А. В., Мельников Б. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Химия и химическая технология. Иваново. 1993. Вып. 5. Т. 36. С. 112–115.
6. Новорадовский А. Г. Текстильная химия. 1998. № 2. (14).