

## ИЗУЧЕНИЕ ТОПОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОМЫВКИ ГРУБОГО ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА\*

С.Л. МИХАЙЛОВА, А.В. ЧЕШКОВА, С.Ю. ШИБАШОВА

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

Качественная промывка шерстяного волокна на фабриках первичной обработки шерсти (ПОШ) имеет большое значение, так как при этом требуется сохранить ценные свойства волокна для обеспечения эффективной работы прядильного и ткацкого производств. Промытая шерсть должна содержать определенное количество природных жировых веществ, сохранять прочностные свойства и белизну волокна. Применяемые на фабриках ПОШ водные методы промывки не всегда обеспечивают требуемое качество шерстяного волокна: оно часто желтеет и теряет прочность вследствие деструкции [1].

В настоящей работе исследован процесс промывки шерстяного волокна с использованием ферментов, обладающих селективной активностью к жировым веществам (липолаза 100 L и липоризин ГЗХ) или протеолитической активностью (протосубтилин ГЗХ, щелочная протеаза, алкалаза 2,5 L, савиназа 16 L, эверлаза 16 L). Первичным критерием при поиске наиболее эффективных липаз для удаления жировых веществ и протеаз для модификации кератина шерсти явилась их высокая активность и стабильность в нейтральной среде. Однако уже на начальных этапах исследования «нейтральных» ферментов было определено, что далеко не каждый из них во временных рамках, заданных действующим оборудованием, способен соответствующим образом воздействовать на поверхность субстрата.

Эксперименты проводили на невытом шерстяном волокне. Промывку осуществляли в среде, близкой к нейтральной, при температуре 40...43°C. Условия эксперимента моделировали процесс промывки в первых двух барках шерстемойной машины МП-5Ш [2]. Сравнение эффективности действия ферментов осуществляли с образцами шерсти, промытыми мыльно-содовыми моющими растворами и растворами бинарных смесей ПАВ.

На рис. 1 и 2 представлены диаграммы свойств невыттой и мытой шерсти в зависимости от различной природы текстильно-вспомогательных веществ (ТВВ) моющего раствора (рис. 1 – изменение белизны (а) и потери массы (б) шерстяного волокна при промывке различными ферментами и ТВВ: 1 – алкалаза 2,5 L DX, 2 – савиназа 16L EX, 3 – щелочная протеаза, 4 – липолаза 100 L EX, 5 – протосубтилин ГЗХ, 6 – эверлаза 16L DX, 7 – липоризин ГЗХ, 8 – ПАВ (сульфонат + превоцелл WOF), 9 – мыльно-содовый раствор, 10 – невыттая шерсть; рис. 2 – влияние промывки на растворимость шерстяного волокна в едком натре (а) и мочевиногидросульфитном реагенте (б): 1 – алкалаза 2,5 LDX, 2 – савиназа 16L EX, 3 – щелочная протеаза, 4 – липолаза 100 L EX, 5 – протосубтилин ГЗХ, 6 – эверлаза 16L DX, 7 – липоризин ГЗХ, 8 – ПАВ (сульфонат + превоцелл WOF), 9 – мыльно-содовый раствор, 10 – невыттая шерсть).

\* Работа выполнена по гранту Министерства образования Российской Федерации.

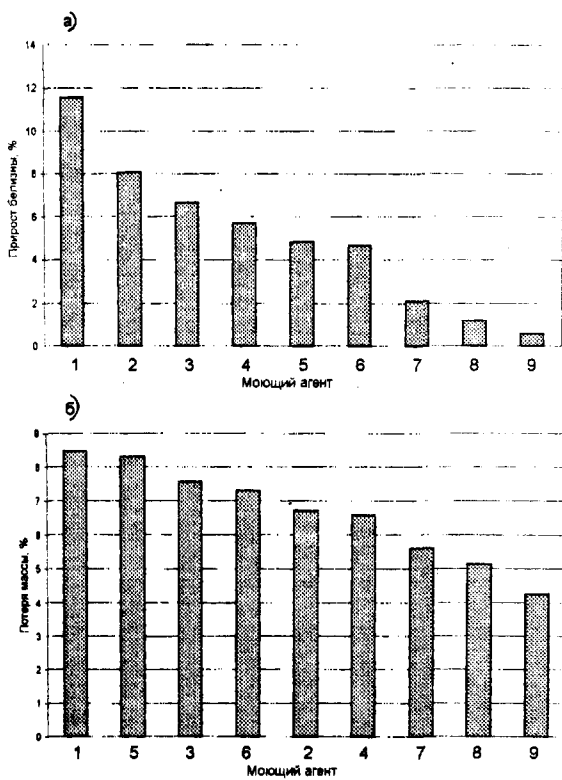


Рис. 1

Повышение белизны в процессе мойки шерсти обусловлено удалением с поверхности волокон жировосковых веществ липопротеинов, минеральных и базовых загрязнений, искажающих ее натуральный цвет и придающих волокну желтый оттенок. Показателю белизны уделяют особое внимание, так как наиболее ценной с технологической точки зрения является белая шерсть из-за возможности окрасить ее в любой цвет [2]. Из представленных результатов на рис. 1-а видно, что максимальный прирост белизны волокна наблюдается после промывки с использованием протеолитических ферментов алкалазы – 11,54% и савиназы – 8,06%, что в 2 раза превосходит результаты промывки липолазой – 5,72% и новозимом – 4,4%. Видимо, этот эффект обусловлен не только удалением жировосковых веществ, но и сглаживанием чешуйчатого слоя шерстяного волокна, изменением пористости поверхности. При обработке мыльно-содовыми растворами и растворами бинарных смесей ПАВ прирост белизны составляет не более 0,58 и 1,2% соответственно, что обуслов-

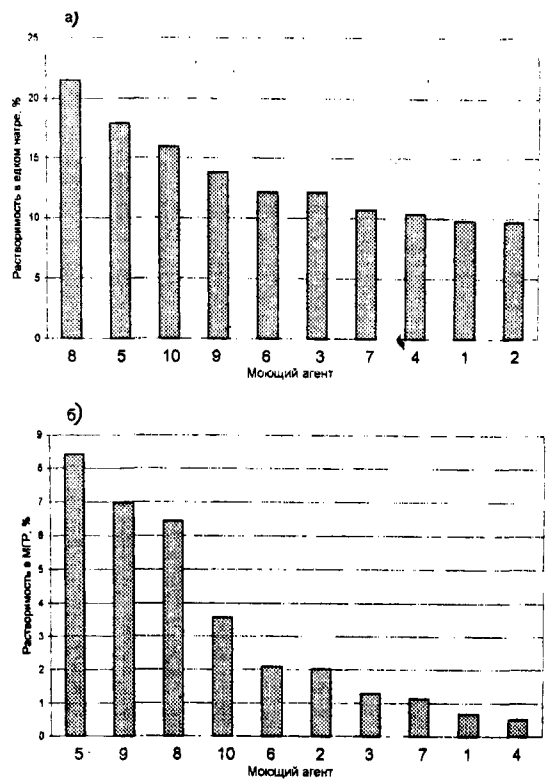


Рис. 2

лено специфическими процессами деструкции шерсти, происходящими в щелочной среде [3].

Показатель потери массы в процессе обработки является комплексной характеристикой удаления минеральных и базовых загрязнений, а также потерь шерстяного волокна за счет частичной деструкции мембраны клеток чешуйчатого слоя (эпикутикулы), находящейся на поверхности волокна. Из представленных на рис. 1-б диаграмм видно, что потеря массы при обработке ферментами составляет более 5,5-6%. Высокие потери массы (свыше 6,5%) получены при обработке протеолитическими ферментами. Всего скорее, это связано как с удалением жировосковых веществ за счет нарушения бимолекулярных липидных прослоек и гидрофобных липопротеинов в процессе поверхностного протеолиза шерсти, так и с удалением эпикутикулярных слоев и некоторых слоев экзокутикулы.

С целью оценки степени модификации шерстяного волокна в процессе промывки проводили крашение красителями различ-

ных классов. В табл. 1 представлены результаты по влиянию промывки различными ферментами на крашиваемость грубого шерстяного волокна сафранином, метиленовым голубым и вафаланом ЗБЛ. При крашении сафранином [4], относящимся к классу кислотных красителей, наблюдается наибольшая интенсивность ок-

раски после промывки мыльно-содовыми растворами (позиция 9). Это свидетельствует о глубокой деструкции шерстяного волокна, что коррелирует с результатами высокой растворимости в мочевиногидросульфитном реагенте (МГР) и в растворах едкого натра 6,97 и 13,76% соответственно (рис. 2).

Таблица 1

№ п/п	Моющий агент	Интенсивность окраски, %		
		сафранин	метиленовый голубой	вафалан ЗБЛ
1	Алкалаза 2,5 L DX	6,72	4,96	15,9
2	Савиназа 16 L EX	6,27	8,07	39,0
3	Щелочная протеаза	7,14	4,32	34,7
4	Липолаза 100 L EX	7,47	3,35	19,7
5	Протосубтилин ГЗХ	5,66	3,5	15,16
6	Эверлаза 16 L DX	6,49	8,17	15,5
7	Липоризин ГЗХ	4,14	2,89	33,5
8	ПАВ (сульфанол + превоцелл WOF)	5,68	4,12	15,73
9	Мыльно-содовый раствор	12,37	4,98	20,74
10	Немытая шерсть	9,22	28,76	28,67

При крашении метиленовым голубым [4], являющимся основным красителем, наибольшая интенсивность окраски наблюдается у необработанной шерсти. Этот эффект может быть обусловлен тем, что при крашении связывание красителя происходит как с кислотными группами, так и с гидрофобными примесями шерстяного волокна. Низкие показатели интенсивности окраски метиленовым голубым получены в результате промывки с использованием растворов липаз (позиции 4 и 7, табл. 1), что свидетельствует об эффективном селективном удалении жировосковых веществ без нарушения нативной структуры кератина шерсти. Использование ферментативной промывки савиназой и эверлазой (позиции 2 и 6, табл. 1), вероятно, приводит к модификации шерстяного волокна, на что указывает более высокая крашиваемость в сравнении с промывкой

ПАВ и мыльно-содовыми растворами (позиции 8 и 9, табл. 1).

На рис. 2 показано влияние промывки на растворимость шерстяного волокна в едком натре (а) и мочевиногидросульфитном реагенте (б). Эти методы основаны на разрушении дисульфидных поперечных связей в волокне, в результате чего высвобождаются отдельные фрагменты полипептидных цепей. После такой обработки количество протеина, способного растворяться, зависит от степени гидролиза основных полипептидных цепей; более короткие участки цепей имеют более высокую растворимость. Принимают, что растворимость нормальной шерсти в едком натре составляет 12...13%, если эта величина более 18%, то можно предположить, что образец поврежден. Растворимость шерсти в мочевиногидросульфитном реагенте

обусловлена разрушением мочевиной водородных связей, на дисульфидные связи действует бисульфит. Наблюдаемые низкие показатели растворимости в смеси мочевины и бисульфита при использовании ферментов можно объяснить образованием дополнительных прочных поперечных не гидролизующихся в МГР связей [5] или, в случае промывки протеазами (позиции 1...3 и 6, рис. 2-б), специфическим протеолизом, сосредоточенным на периферийных участках поверхности экзокутикулы шерсти. Высокой растворимостью в МГР отличаются образцы, промытые раствором протосубтилина ГЗХ, характеризующегося высокой активностью к серину и цистеину (позиция 5, рис. 2-б), что подтверждает явления глубокой деструкции шерстяного волокна. Глубокий протеолиз может инициироваться действием сопутствующих ферментов, в частности амилазы, воздействующей на гликопротеины, что способствует инфильтрации протеаз в макромолекулярные части волокна.

Комплексный технический анализ результатов по приросту белизны, потерь массы в процессе обработки, колористических тестов и растворимости шерстяного волокна в МГР и в растворе едкого натра показал, что ферментативная обработка алкалазой (позиция 1) обеспечивает модификацию, связанную либо с протеолизом шерсти, не приводящим к трансформации дисульфидных мостиков в отрицательно заряженную цистиновую кислоту, либо образованием прочных не гидролизующихся в МГР поперечных связей. Очевидно, происходит модификация коркового слоя, находящегося непосредственно под кутикулой, без существенного нарушения эндокутикулы (мостики между макромолекулами) и не затрагивая экзокутикулу.

## ВЫВОДЫ

Получены результаты, позволяющие осуществить выбор ферментов, пригодных для создания "шадящего" режима промывки. Из исследуемых ферментов с целью

повышения белизны и окрашиваемости кислотными красителями, в результате изменения доступности основных групп, без существенного нарушения структуры волокна можно рекомендовать использование препаратов протеолитической активности (алкалаза 2,5 L, савиназа 16 L, щелочная протеаза) и липолазы 100 L.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соколова М.В., Садова С.Ф. // Текстильная промышленность. – 1997, № 6. С.32...33.
2. Первичная обработка шерсти: Учебник для средн. спец. учебн. заведений / Л.С. Горбунова, Н.В. Рогачев, Л.Г. Васильева, В.М. Колдаев. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. С.185, 203.
3. Новорадовская Т.С., Садова С.Ф. Химия и химическая технология шерсти. – М.: Легпромбыт-издат, 1986. С. 67.
4. Лабораторный практикум по химической технологии текстильных материалов: Учебное пособие для вузов (Т.С. Новорадовская и др./ Под ред. Г.Е. Кричевского). – М., 1994. С.14.
5. Петерс Р.Х. Текстильная химия (Очистка текстильных материалов от загрязнений)/ Пер. с англ. Г.Е. Кричевского. – М.: Легкая индустрия, 1973. С.168.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 30.03.01.