

УДК 640

РАЗРАБОТКА МИЦЕЛИАЛЬНО-УГОЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГРИБА БЕЛОЙ ГНИЛИ *TRAMETES HIRSUTA* ДЛЯ АКВАРЕМЕДИАЦИИ**О.А. Глазунова, К.В. Моисеенко, Т.В. Федорова***Институт биохимии им. А.Н. Баха, Федеральный исследовательский центр “Фундаментальные основы биотехнологии”
Российской академии наук, Москва, 119071, Россия*

Сточные воды текстильных производств содержат различные типы красителей, которые могут наносить значительный вред окружающей среде. Многие красители и их метаболиты могут обладать мутагенным, тератогенным или канцерогенным действием на живые организмы и, таким образом, представлять серьезную угрозу для водных экосистем. В настоящее время в очистке стоков от красителей в основном используются физические или химические методы, которые имеют ряд недостатков, таких как использование дополнительных химикатов, невысокая эффективность и высокие эксплуатационные расходы при больших объемах ремедиации, что зачастую делает их экономически невыгодными. В то же время биологические методы акваремедиации являются более эффективными и экологически чистыми, не вызывая вторичного загрязнения. Чаще всего для очистки сточных вод в биореакторах используются бактерии. В то же время грибы обладают значительно более высоким биодеградационным потенциалом благодаря наличию широкого спектра секретируемых окислительных ферментов, а также из-за их способности выдерживать суровые условия, в том числе, колеблющиеся нагрузки загрязняющих веществ, низкие значения pH и низкие концентрации питательных веществ.

В настоящей работе была исследована возможность применения базидиального гриба *Trametes hirsuta* для деградации антрахинонового красителя – ремазола бриллиантового синего R (RBBR). С целью установления, какие из основных ферментов лигнинолитического комплекса принимают участие в деградации RBBR, были проведены эксперименты по изучению транскрипционного ответа *T. hirsuta* на добавление в ростовую среду данного красителя. Методом RT-qPCR было установлено, что RBBR индуцирует экспрессию лакказ и подавляет экспрессию пероксидаз. Это согласовывалось с увеличением активности лакказ и снижением до нуля активности пероксидаз в культуральной жидкости в течение суток после добавления RBBR в среду.

Для того, чтобы совместить преимущества использования процессов ферментативного окисления при помощи грибных ферментов и физической адсорбции красителя углем в работе были использованы как мицелиальные пеллеты (МП) *T. hirsuta*, так и мицелиально-угольные композитные пеллеты (МУКП). Кроме того, для дополнительной индукции лакказ были получены МП и МУКП, выращенные в присутствии сульфата меди. Мицелиально-угольные композиты получали путем культивирования *T. hirsuta* на глюкозопептонной среде, содержащей активированный уголь, в течение 7–10 дней, после чего проводились эксперименты по биодеградации. В качестве контрольных образцов были использованы пеллеты, термоинактивированные при 60° С в течение 3 суток. Убыль красителя в реакционной среде детектировалась по снижению пика на 593 нм в спектре поглощения.

Сравнение эффективности удаления красителя при помощи МП и МУКП показала, что при концентрации красителя 100 мкМ и добавлении 10 мг (в пересчете на сухой вес) пеллет на 10 мл среды для деградации, убыль красителя достигала 30 % для МП и 90 % для МУКП после 4 часов инкубирования, а после 24 часов убыль красителя составляла более 95 % как для МП, так и для МУКП. При тестировании пеллет, выращенных в присутствии ионов меди, оказалось, что эффективность МП значительно возрастает и убыль красителя за 4 часа составляла более 60 %, однако в случае МУКП эффективность возрастала лишь в незначительной степени. Было установлено, что значительный вклад в убыль красителя вносит как адсорбция красителя пеллетами, так и биодеградация посредством ферментов, причем в первый час происходит в основном адсорбция, происходящая с более высокой скоростью, а затем – ферментативные процессы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, грант 23–46–00018.