

ЛИТЕРАТУРА

1. Ikekava T. // Int. J. of Medicinal Mushrooms. 2001. Vol. 3. № 2-3. P. 79.
2. Moskalenko L.G., Kozilko N.A., Berenstein B.L. // Int. J. of Medicinal Mushrooms. 2001. Vol. 3. № 2-3. P. 185.
3. Фомина В.И., Бисько Н.А., Митропольская Н.Ю., Трухонев В.В. // Микология и фитопатология. 1999. Т. 33. Вып. 6. С. 406–411.
4. Александрова Е.А., Завьялова Л.А., Терешина В.М., Гарибова Л.В., Феофилова Е.П. // Микробиология. 1998. Т. 67. № 5. С. 649–654.

УДК 628.35

АНАЭРОБНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНОЙ ВОДЫ МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Ровенская И.А., Ручай Н.С., Гриц Н.В., Гилевский Е.С.

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

Многочисленные молокоперерабатывающие предприятия Республики Беларусь, как правило, не имеют собственных очистных сооружений и сбрасывают сточные воды на городские очистные станции, ограниченные мощности которых обуславливают ужесточение требований к уровню загрязненности стоков. Высокие транспортные расходы ограничивают сбыт основного жидкого отхода переработки молока – молочной сыворотки. Микробиологическая переработка сыворотки с получением этанола или кормового белка экономически неэффективна из-за малой мощности предприятий. В результате в ряде случаев молочная сыворотка становится обременительным жидким отходом, подлежащим очистке. В сложившейся ситуации многие молокоперерабатывающие предприятия остро нуждаются в недорогих и малоэнергозатратных очистных сооружениях, обеспечивающих локальную очистку сточной воды с минимальными эксплуатационными затратами. Таким требованиям в наибольшей степени отвечает технологический процесс очистки стоков в анаэробных биореакторах с иммобилизованной микрофлорой, имеющий ряд преимуществ перед аэробной обработкой, в частности: низкие эксплуатационные затраты, небольшое количество избыточного активного ила, возможность переработки высококонцентрированного стока, получение в виде побочного продукта биогаза, являющегося энергоносителем и др.

В настоящей работе исследован анаэробный процесс очистки сточной воды Столбцовского молочного завода. Анаэробную обработку сточной воды производили в лабораторном биореакторе объемом 0,5 л с фиксированной насадкой, функционирующем в периодическом режиме в мезофильных условиях (30⁰С). В качестве носителя для закрепления спонтанно развивающейся микрофлоры использовали волокнистую насадку типа “ВИЯ”. Плотность загрузки биореактора носителем 12 г/л.

Запуск биореактора и вывод его на стабильный режим работы осуществляли в течение 20 суток с регулярной заменой части жидкости на исходную сточную воду без нарушения анаэробности процесса. В среднем расход сточной воды соответствовал удельной скорости разбавления среды в биореакторе 0.005-0.01 ч⁻¹. Подачу сточной воды в биореактор производили перистальтическим насосом. Для оценки эффективности функционирования закрепленной на носителе анаэробной микрофлоры при очистке сточной воды производили залповую замену жидкости в биореакторе на сточную воду и контролировали изменение уровня загрязненности воды по величине ХПК.

Исследования показали (табл. 1), что уровень загрязненности сточной воды предприятия по ХПК в течение рабочего дня колеблется в широких пределах: от 160 мг/л до 3600 мг/л. Средний уровень загрязненности общего стока составляет 1200-2000 мг/л по ХПК. Доля биологически окисляемых загрязнений (БПК₅) составляет 30-40% от величины ХПК. Значение pH сточной воды изменяется в пределах 6-9. Повышенная температура стоков (около 30⁰С) способствует эффективной анаэробной очистке. Содержание взвешенных веществ колеблется от 40 мг/л до 1100 мг/л. Взвешенные вещества более чем на 90% представлены органическими соединениями.

Таблица 1.

Динамика изменения расхода и состава сточной воды Столбцовского молокозавода.

Номер пробы	1	2	3	4	5	6	7	8
Время отбора пробы, ч. суток	6	8	10	12	14	16	18	20
Объем СВ, м ³	-	17	40	37	30	37	37	31
Расход СВ, м ³ /ч	-	8,5	20	18,5	15	18,5	18,5	15,5
pH	6,8	6,6	8,1	6,1	6,0	7,4	7,4	7,5
ХПК, мг/л	160	1200	400	3600	2400	160	800	160
Взвешенные в-ва, мг абс. сухого в-ва/л	39	190	90	1084	589	74	41	39
БПК ₅ , мг/л	-	-	-	1000	800	-	-	-
Минеральные в-ва, мг/л	-	-	5	82	20	7	-	-
Органические в-ва, мг/л	-	-	85	1002	569	67	-	-

В лабораторном биореакторе анаэробной обработке подвергали среднесуточную пробу сточной воды (ХПК=1200 мг/л), сточную воду с максимальным уровнем загрязненности (ХПК=12000 мг/л) и предварительно разбавленную молочную сыворотку (ХПК натуральной сыворотки 130000 мг/л). Подготовка сточной воды к анаэробной обработке заключалась только в корректировке величины pH, если этот показатель выходил за пределы интервала 6-8.

Результаты эксперимента (табл. 2) свидетельствуют, что степень очистки сточных вод молокоперерабатывающего производства в анаэробных условиях составляет 76-83%.

Таблица 2.

Эффективность анаэробной обработки сточной воды.

Очищаемый сток	Уровень загрязненности по ХПК, мг/л		Степень очистки, %
	стока	очищенной воды	
Усредненный сток	1200	200	83
Максимально загрязненный сток	12000	2800	76
Разбавленная молочная сыворотка	4000	400	90

Высокая степень очистки среднесуточного стока (83%) достигается за время 16 часов. При обработке максимально загрязненного стока интенсивно протекающие процессы деструкции загрязнений кислотогенной микрофлорой приводят к закислению среды до pH=5.5-5.0, что угнетает жизнедеятельность метаногенных бактерий и затормаживает процесс очистки, увеличивая время обработки стоков. Процесс очистки восстанавливается при введении в сточную воду мела, выполняющего функции нейтрализующего агента. Такое же явление имело место и при анаэробной обработке молочной сыворотки.

Результаты выполненных исследований свидетельствуют о высокой эффективности анаэробной очистки сточной воды молокоперерабатывающего производства и пригодности этого метода для предварительной очистки стока.

УДК 579.852.11+632.937

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СПОРООБРАЗОВАНИЯ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОПЕСТИЦИДОВ

Романовская Т.В.

Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Исследования последних лет свидетельствуют о том, что для создания современных биопрепаратов для защиты растений от болезней и вредителей, способных конкурировать с химическими пестицидами, наиболее перспективны спорообразующие бактерии рода *Bacillus*. Эффективность действия биопестицидов на основе указанных культур обусловлена их способностью к активному синтезу различных биологически активных веществ, в частности ферментов, антибиотиков и токсинов, обладающих фитозащитными свойствами [1-3]. Отличительной особенностью накопления антимикробных и энтомоцидных метаболитов у бактерий рода *Bacillus* является взаимосвязь с процессами биохимической дифференциации клеток при спорообразовании. Так, показано [4], что спорогенные мутанты отличаются более высоким уровнем антибиотикообразования. Согласно литературным данным [5, 6] продукция антибиотиков у *Bacillus* тесно связана с синтезом протеаз, который, в свою очередь, характерен для процесса спорообразования. Образование специфических кристаллоподобных токсинов у бактерий *B. thuringiensis* также происходит в процессе споруляции. После завершения спорообразования эти параспоральные включения, или эндотоксины, выделяются в среду и обнаруживаются в свободном виде [7, 8].

Наличие спор в препаратах, полученных на основе бактерий рода *Bacillus*, обуславливает не только их высокую антагонистическую и энтомоцидную активности, но и конкурентоспособность благодаря устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды, что, несомненно, имеет большое значение для сохранения фитозащитных свойств при интродукции в почву. Кроме того, положительный эффект применения споровых препаратов объясняют высокой биологической активностью культуры при переходе споровых форм в вегетативные клетки [9].

В связи с этим при разработке новых технологий производства биопрепаратов, основанных на глубинном культивировании бактерий рода *Bacillus*, одним из основных требований является получение в культуральной жидкости не менее 50 % термоустойчивых клеток (спор) от общего числа клеток культуры. Важным моментом является также подбор условий, обеспечивающих ускорение процесса спорообразования, так как продолжительность культивирования во многом определяет экономичность технологии.

Спорообразование бактерий – сложный многостадийный процесс, происходящий в середине или в конце стационарной стадии роста, в течение которой споры проходят различные этапы созревания до достижения полной зрелости. Интенсивность спорообразования культур зависит от способа культивирования, состава питательных сред, условий выращивания культуры.

Получение спорового материала на агаризованных средах и при поверхностном выращивании культуры в жидкой питательной среде – простой, но, к сожалению, непродуктивный процесс. Более технологичным и производительным является глубинный метод культивирования, при котором после оптимизации питательных сред и условий выращивания, степень спорообразования может достигать более 50 %.

Исследованиями украинских ученых установлено, что рост и спорообразование культуры *B. subtilis* интенсивнее на многокомпонентных источниках углерода, в частности, на мелассе и зеленой патоке, чем на средах, содержащих чистую глюкозу или сахарозу [10]. Начальная концентрация источника углерода также может влиять на начало споруляции [11].

При изучении влияния азотного питания штаммов аэробных спорообразующих бактерий в условиях глубинного культивирования А.И.Осадчая с соавторами [12] показали, что процессы спорообразования на средах с органическими азотистыми соединениями начинаются значительно раньше (с 15-16 ч) и достигают максимума в более