

Результаты показывают, что через полчаса эффективность снижения ХПК при биосорбционной очистке озонированной сточной воды меньше за счет того, что в ней появляются низкомолекулярные легкодеградируемые соединения, которые хуже сорбируются, чем высокомолекулярные (25 % в сопоставлении с 34 % для неозонированной воды через 0,5 ч после начала эксперимента). Через сутки эффективность удаления ХПК становится еще более высокой, но теперь в колбе с озонированной водой она больше (77 % против 73 % для неозонированной воды), за счет того, что микроорганизмы лучше потребляют низкомолекулярные соединения, образованные под действием озона. Остаточное значение ХПК составляет 330 мг/л при обработке озонированием в сопоставлении с 480 мг/л для случая без обработки.

По результатам исследования можно сделать вывод, что биосорбционный способ очистки сточных вод является весьма эффективным при удалении из воды сложнодеградируемых органических соединений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев, В. В. Очистка сточных вод фармацевтического предприятия. / В. В. Сергеев [и др.]. – Экология производства. – 2016. – № 1. – С. 64-67.

2. Ксенофонтов, Б. С. Очистка сточных вод от сложных органических соединений / Б. С. Ксенофонтов [и др.]. – Экология производства. – 2015. – № 7. – С. 52-55.

УДК 579.672

Студ. Т. И. Винничек

Науч. рук. доц. Н. А. Белясова

(кафедра биотехнологии и биоэкологии, БГТУ)

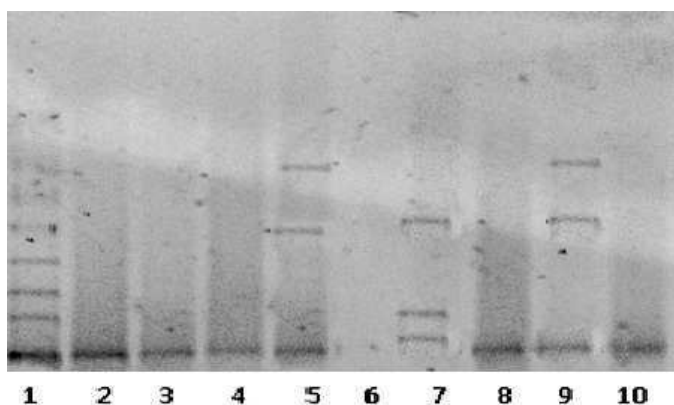
#### **ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕТЕРМИНАНТ ФАГОУСТОЙЧИВОСТИ МОЛОЧНОКИСЛЫХ КОККОВ**

Основной нашего исследования являлось определение факторов, обеспечивающих устойчивость молочнокислых бактерий к фагам. Из литературы известно, что многие механизмы фагорезистентности кодируются плазмидными генами.

Известно, что среди молочнокислых бактерий наибольшим разнообразием плазмид обладают лактококки. Хотя клетки энтерококков чаще всего содержат меньшее количество плазмид, чем лактококки, оба этих рода молочнокислых бактерий весьма схожи между собой и достаточно часто встречаются в заквасках. Но при этом энтерококки, зачастую, обладают более высокой фагорезистентностью. Поэтому, в

первую очередь отобрали ряд культур, обладающих высокой устойчивостью к бактериофагам, а затем исследовали их плазмидный состав. В результате визуализации плазмидной ДНК установили, что почти все проанализированные штаммы наследуют хотя бы одну плазмиду (рисунок 1).

Из электрофореграммы видно, что три штамма бактерий (511, 2.61, 1.23.13) содержат по три плазмиды. Чем больше плазмид, тем больше вероятность того, что хотя бы на одной плазмиде содержатся гены, отвечающие за фагоустойчивость. Поиск и перенос такой плазмиды в фагорезистентные штаммы позволит получить фагоустойчивые варианты этих бактерий.



1 – маркер  $\lambda$  DNA/HindIII, 2 – 202б, 3 – 1.24.1, 4 – 2.12.1, 5 – 511, 6 – 1.22.2, 7 – 2.61, 8 – 2.52, 9 – 1.23.13, 10 – 2.32м

**Рисунок 1 – Электрофореграмма плазмидной ДНК бактерий**

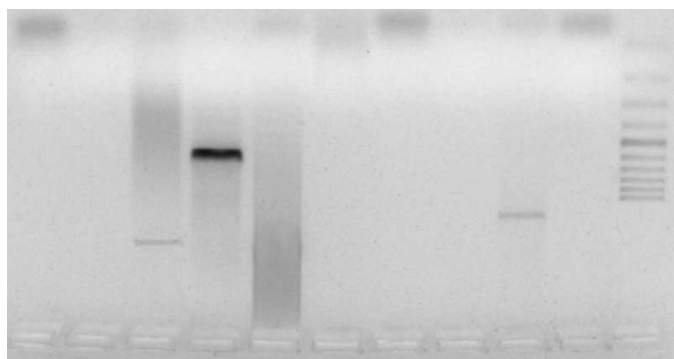
Еще одним фактором, обеспечивающим фагорезистентность у молочнокислых бактерий, является наличие в их геноме последовательностей CRISPR. Данная система прокариот является аналогом системы РНК-интерференции, представленной в клетках эукариот и обеспечивает бактериям защиту от бактериофагов.

Для поиска CRISPR-систем в ДНК исследуемых бактерий провели ПЦР с праймерами для двух различных CRISPR-последовательностей стрептококков (таблица 1).

**Таблица 1 – Структура праймеров для ПЦР-анализа CRISPR-систем**

Последовательность	Праймеры	Последовательность нуклеотидов
CRISPR1	ус70	5'-TGCTGAGACAACCTAGTCTCTC
	CR1-rev	5'-TAAACAGAGCCTCCCTATCC
CRISPR3	CR3-for	5'-CTGAGATTAATAGTGCGATTACG
	CR3-rev	5'-GCTGGATATTCGTATAACATGTC

Продукты амплификации визуализировали с помощью электрофореза (рисунок 2). Среди исследованных штаммов термофильных молочнокислых бактерий в трех были обнаружены последовательности CRISPR (рисунок 2). Проверили 16 штаммов мезофильных молочнокислых бактерий, но в ДНК данных бактерий такая последовательность не была обнаружена.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

1 – 2.61+CRISPR3, 2 – 2.61+CRISPR1, 3 – 511+CRISPR3, 4 – 1.23.13+CRISPR1, 5 – 1.23.13+CRISPR3, 6 – 511+CRISPR1, 7 – 2.52+CRISPR3, 8 – 2.52+CRISPR1, 9 – 1.24.1+CRISPR3, 10 – 1.24.1+CRISPR1, 11 – маркер  $\lambda$  DNA/HindIII

**Рисунок 2 – Электрофореграмма продуктов амплификации**

Из данных электрофореграмм следует, что ампликоны, соответствующие определяемым последовательностям CRISPR стрептококков, присутствуют в ДНК термофильных молочнокислых бактерий, выделенных из сметаны «Молочный ряд» (штамм 1.24.1), сметаны «Молочная семья» (штамм 1.23.13), сметаны «Оршанского молочного комбината» (штамм 511).

Данные исследования позволяют заключить, что наличие последовательностей CRISPR наиболее характерно для термофильных молочнокислых бактерий.

Размеры CRISPR-кассет у исследуемых штаммов различаются. Это может оказаться полезным, поскольку имеет значение для ДНК-типирования стрептококков. Перенос таких систем в клетки промышленных заквасочных бактерий позволит с высокой эффективностью создавать фагоустойчивые варианты заквасочных культур, способные противостоять инфекции существующими и будущими вариантами бактериофагов.

Было установлено, что штамм 1.23.13 содержит как последовательность CRISPR, так и наследует сразу три плазмиды. Следовательно, данный штамм обладает двумя факторами, обеспечивающими устойчивость к фагам молочнокислых бактерий.

Применением обнаруженной CRISPR-последовательности может стать ее клонирование для получения генетически-модифицированных штаммов других молочнокислых бактерий, что позволило бы повысить их устойчивость к бактериофагам. Наиболее интересно было бы получить модифицированные штаммы лактококков, поскольку они являются наиболее часто используемыми культурами при производстве молочнокислых продуктов, и в то же время до сих пор не было обнаружено ни одного штамма, содержащего подобную последовательность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Identification and characterisation of lactococcal prophage-encoded superinfection exclusion genes / J. Mahony [et al.] // Appl. Environ. Microbiol. – 2008. – Vol. 74. – P. 6206–6215.

2 Непомнящая, М.Л. Бактериофаги молочнокислых стрептококков и борьба с ним в молочной промышленности / М.Л. Непомнящая, Л.Ю. Медвинская, Л.А. Либерман. – Киев: АН УССР, 1961. – С. 101–120.

УДК 504.05

Студ. Я. И. Архипова, Е. С. Выдрицкая,  
Науч. рук. преп. М.В. Балакир  
(кафедра безопасности жизнедеятельности, БГТУ)

#### **ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ КРАСОК ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕЧАТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Введение.** В современной профессиональной струйной печати используют чернила на водной основе, на сольвентной основе, УФ-закрепляемые и латексные чернила. Известно, что сольвентные, латексные, УФ-закрепляемые чернила для профессиональной струйной печати вредны для окружающей среды и здоровья человека. Чернила на водной основе считаются безопасными. Чернила для струйной печати являются сложным продуктом, состоящим из множества компонентов, вызывающих разную реакцию при контакте с кожей, глазами, дыхательными путями человека и, что немало важно, с окружающей средой.

В данном исследовании мы изучали влияние чернил на водной основе для профессиональной печати на окружающую среду. Задачи исследования таковы:

- изучить состав чернил на водной основе;
- изучить и сделать выводы их влияния на окружающую среду.

**Основная часть.** В составе чернил на водной основе имеется ряд химических компонентов: