
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

С.А. Бурцева

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ, УФ-ЛУЧЕЙ И КОМБИНИРОВАННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА РОСТ И ЛИПИДООБРАЗОВАНИЕ *STREPTOMYCES CANOSUS* 71

*Институт Микробиологии АН Молдовы,
ул. Академическая, 1, г. Кишинев, МД-2028, Молдова*

Из литературы известно, что в случае, когда ценный продукт метаболизма микроорганизмов не может быть увеличен лишь подбором оптимальных для биосинтеза условий, повышение продуктивности культур достигается путем экспериментального получения новых штаммов – продуцентов с резко измененным обменом веществ. Экспериментально доказана на многочисленных продуцентах эффективность применения мутагенов при создании активных форм по сравнению с эффективностью, достигаемой при отборе, использующем спонтанную (естественную) изменчивость [1–4].

Используя физические и химические мутагенные факторы можно по-новому построить работу по поискам продуцентов, синтезирующих новые химические соединения, такие, как антибиотики, витамины, гормоны и пр. При получении крупных мутаций, резко изменяющих какой-либо признак или вызывающих появление качественно нового признака, может быть осуществлен основан отбор мутантов – продуцентов аминокислот, жирных кислот. К настоящему времени имеется обширный список микроорганизмов, у которых при использовании физических мутагенов селекционным путем удалось повысить продуктивность. В частности, хорошо зарекомендовала себя радиационная селекция, которая и в дальнейшем будет широко использоваться для улучшения свойств микроорганизмов.

Ожидалось получение максимального выхода мутантов при использовании комбинированного действия мутагенов. Однако исследователи не располагают четкими данными о том, насколько коррелирует увеличение частоты плюс – мутаций с появлением мутантов с максимальным изменением интересующего селекционера признака. Поэтому вопрос об оптимальном уровне частоты индуцированных мутаций настоятельно требует углубленного экспериментального изучения на микроорганизмах с использованием разных видов и штаммов, разных систем учета мутаций и различных мутагенов. Без такой экспериментальной подготовки невозможна разработка рекомендаций по рациональному выбору мутагенов и их доз в практической селекции [2, 5].

Анализируя эффективность комбинированного действия физических и химических факторов, в работе [2] пришли к выводу, что наиболее эффективной комбинацией является этиленмин и УФ-лучи. В отношении механизма резкого повышения активности, индуцированной УФ-лучами при предварительной обработке спор актиномицета *Act. erythrheus*, авторы допускают, что УФ-лучи возбуждают молекулу этиленмина, проникающую в клетку, и тем самым резко повышают ее реактивную способность. Комбинированные мутагенные факторы – УФ-лучи и такие химические соединения, как этиленмин, нитрозометилмочевина используются для получения высокопродуктивных штаммов – продуцентов целлюлаз, двукратный УФ-мутагенез в комбинации с бромурацилом – для биоконструирования безалкалоидных культур *Penicillium roquefortii* ВКМ – F-141. Применяя УФ-лучи с химическими соединениями и многоступенчатой селекцией удается повысить уровень активности антибиотикообразования на 22% у *Str. imbricatus* [6–9].

В литературе 80-х 90-х годов имеются данные о влиянии УФ-лучей на рост, спорообра-

зование и липогенез грибов и дрожжей [10–13], об использовании химических мутагенов и УФ-излучения в селекции актиномицетов по признаку антибиотикообразования и витаминобразования [14–17]. Поскольку практически отсутствуют сведения относительно воздействия комбинированного облучения на рост и биосинтетическую активность актиномицетов, целью данной работы являлось сравнительное изучение действия γ -излучения, УФ-лучей и комбинированного облучения на рост и липидообразование *Streptomyces Canosus* 71.

Методика эксперимента

Объектами исследований являлся музейный штамм *S.canosus* 71, штаммы *S.canosus* 71 var.6, *S.canosus* 71 var.11, полученные после воздействия на исходную культуру γ -излучения, *S.canosus* 71 var.5 и *S.canosus* 71 var.8 – при действии УФ-лучей, а также новые варианты, полученные после комбинированного облучения.

Перед облучением исходную моноспоровую суспензию культуры *S.canosus* 71 готовили по методике Кузнецова [18]. Облучение проводили в Институте генетики АН РМ на радиационно-химической установке РХМ- γ -20 с активностью 12750 Кюри и мощностью 0,67 Гр/с. Источником γ -лучей являлся радиоактивный Co^{60} . Были использованы дозы 1000, 2000, 3000 и 4000 Гр.

При изучении влияния УФ-лучей на рост и липогенез стрептомицетов водную суспензию спор *S.canosus* 71 облучали в лаборатории оптоэлектроники факультета физики Молдавского Госуниверситета лампой БУВ-15, которая давала 80% лучей с длиной волны 2537 А°. Использовали дозы 900, 3600, 4500, 5400 и 6300 эрг/мм².

Выявление вариантов, отличающихся от исходной культуры по признаку липидообразования, осуществляли, используя метод первичной оценки содержания липидов в биомассе продуцентов [19]. Варианты с более интенсивным окрашиванием гифов и характеризующиеся постоянством морфологических признаков после многократного пассирования отбирали для дальнейших исследований. Отобранные варианты сравнивали по их способности накапливать биомассу и продуцировать липиды при росте на жидкой органической среде М-1 (основной источник углерода – кукурузная мука).

Из биомассы исследуемых вариантов экстрагировали общие липиды модифицированным методом Фолча. Качественный и количественный состав липидов определяли методом ТСХ и денситометрически. Жирнокислотный состав липидов исследовали методом ГЖХ на хроматографе Chrom-5 [20, 21].

Для изучения действия комбинированного облучения на рост и липидообразование стрептомицетов сначала проводили облучение водной суспензии спор на радиационно-химической γ -установке, используя дозы 800 и 1000 Гр, а затем эту же суспензию спор облучали источником УФ-лучей (БУВ-15), используя дозы 1800, 3600 и 5400 эрг/мм². Комбинированному облучению подвергали музейную культуру *S.canosus* 71 два штамма *S.canosus* 71 var.6, *S.canosus* 71 var.11, полученные после γ -облучения и отличающиеся способностью накапливать биомассу в больших количествах (224,4 и 150,0% к исходной культуре соответственно).

Культурально-морфологические свойства изучали на пяти средах: Чапека с глюкозой, Чапека с сахарозой, крахмало-аммиачной, М-1, и Гаузе-1. На каждой из сред по шкале Бондарцева [22] учитывали окраску воздушного, субстратного мицелия и питательной среды. Морфологическую изменчивость выявляли по возникновению колоний, отличающихся по структуре, окраске воздушного и субстратного мицелия, степени спорообразования, секторности, размеру колоний и т.д. [23].

Результаты и их обсуждение

После γ -облучения суспензии спор *S.canosus* 71, посева ее на среду Чапека с глюкозой и учета морфологической изменчивости было проанализировано 1200 колоний, которые разделили на 11 типов, отличающиеся от исходной культуры по величине (от 0,5 до 7,0 мм в диаметре), цвету воздушного мицелия (белый, бело-серый, темно-серый и даже сиреневый цвет). Внешний вид колоний также был очень разнообразен: колонии имели форму снежинок, многие были круглые, округлые, неправильной формы, с кратером и без, выпуклые в центре и т.д. Большинство колоний имело воздушный мицелий, но встречались и аспорогенные. После 10-кратного пассирования было выбрано 4 варианта, отличающиеся постоянством морфологических признаков и образующие густой газон уже на второй день роста на агаризованной среде Чапека с глюкозой, а также интенсивно окрашиваемые гифы (признак большего наличия липидов).

Облучение УФ-лучами музейной культуры *S.canosus* 71 позволило обнаружить 8 типов колоний (из проанализированных 200), с диаметром от 0,5 до 6,0 мм, цвет воздушного мицелия у 6-ти типов был белый, а у двух – серый или фиолетовато-серый. Субстратный мицелий имел буроватый цвет, за исключением 3-го типа, который как и 8-й тип после γ -облучения, имел охряно-желтый цвет, но колонии отличались по величине: колонии после γ -облучения были крупные 5,0–7,0 мм, а после УФ-лучей – 1,0–4,0 мм. В обоих случаях это были аспорогенные колонии.

Подробный анализ описания всех выявленных типов колоний при пересевах на 5 питательных сред показал, что в результате комбинированного облучения у музейного штамма было получено 10 типов колоний (4 из них ранее не встречались); у вар.6–15 типов (7 из них ранее не были замечены) и у вар.11–14 типов колоний (из них 2 ранее не встречались). Следует заметить, что у некоторых новых типов размеры колоний достигали 10,0–12,0 мм, изменилась окраска субстратного мицелия (с буроватого на буланый), сами колонии приобретали голубовато-серый, темно-дымчатый, сиреневый или розовато-лиловый цвет, а у одного нового типа появилась способность окрашивать среду в темно-фиолетовый цвет. Основываясь на литературных данных и результатах собственного эксперимента, предполагаем, что такой резкий рост количества морфологически измененных форм при комбинированном облучении может быть вызван, с одной стороны, уменьшением количества колоний, являющихся типичными для исходных культур с возрастанием числа аспорогенных и карликовых форм, с другой, – появлением новых вариантов (типов) колоний, которые не обнаруживались при действии каждого из видов облучения (γ и УФ-лучей) в отдельности [1, 24].

7727 колоний, которые были выявлены при просмотре чашек Петре с 5-ю вариантами сред условно можно разделить на 16 типов. Проверка биосинтетической активности бала проведена у 23 новых вариантов и 3 штаммов стрептомицетов *S.canosus* 71, *S.canosus* 71 var.6 и *S.canosus* 71 var.11, используемых в качестве контроля. После культивирования на жидкой среде М-1 у исходной музейной культуры и получения после комбинированного облучения новых вариантов было отмечено увеличение накопления биомассы у новых вариантов музейной культуры 8,1–61,4% у новых вариантов *S.canosus* 71 var.6 на 14,4–115,7%, а из 9-ти новых вариантов *S.canosus* 71 var.11 – только у 1-го на 9,2%. Анализируя полученные цифры, следует отметить, что у *S.canosus* 71 var.6 прослеживается тенденция последовательного ступенчатого увеличения способности накапливать биомассу по сравнению с исходной культурой. У некоторых нововыявленных вариантов биомасса увеличивалась в 2,5–5 раз по отношению к музейному штамму *S.canosus* 71, причем наибольшее количество биомассы (23,0 и 28,7 г/л) было получено у новых вариантов, которые были отобраны после комбинированного облучения в дозах 800 Гр + 5400 эрг/мм² и 1000 Гр + 5400 эрг/мм².

Изучение воздействия комбинированного облучения на липогенез стрептомицетов показало, что количество липидов увеличилось на 92,8 у 1-го нового варианта после воздействия облучения на *S.canosus* 71; на 22,3 и 90,0 у двух новых вариантов *S.canosus* 71 var.6; на 22,1, 77,2 и 287,1% – у трех новых вариантов выбранных после комбинированного облучения *S.canosus* 71 var.11. Замечено что наибольшее количество липидов, полученных в основном после воздействия облучения в дозах 1000 Гр + 5400 эрг/мм².

Сравнение биосинтетической активности музейной культуры *S.canosus* 71 и ряда новых вариантов после воздействия γ -излучения, УФ-лучей или комбинированного облучения показало, что подавляющее число мутантов отличалось от исходной культуры способностью накапливать значительное количество биомассы при росте на комплексной среде М-1, причем диапазон параметра довольно широк – от 107,3 до 531,5% к исходной культуре (рис. 1 и 3). Удавалось выявить отдельные варианты, у которых количество липидов превышало контроль. Так, например, новый вариант 2-I-12, полученный после комбинированного облучения *S.canosus* 71 var.6, синтезировал на момент отбора липиды в количестве, составляющем 193,0 % к контролю (*S.canosus* 71 var.6), однако за время хранения в течение 6-ти месяцев и ряда пересевов этот показатель снизился до 118,1%. У другого нового варианта 2-IV-12, также полученного после комбинированного облучения *S.canosus* 71 var.6, продуктивность липидов за это время практически сохранилась (457,2 и 452,2% к исходной музейной культуре *S.canosus* 71), как и варианта 2-IV-17 (367,9 и 347,7% соответственно на момент отбора и через 6 месяцев хранения в лабораторных условиях). После воздействия комбинированного облучения *S.canosus* 71 var.11 было получено 2 новых варианта (3-III-6 и 3-IV-12), которые отличались от большинства остальных новых вариантов постоянством биосинтетической активности, в частности, липидообразование. Особенно четко это проявлялось у нового варианта 3-IV-12 (158,0 и 161,5% к исходной культуре на момент отбора и через 6 месяцев хранения).

Определение фракционного состава липидов биомассы новых вариантов показало, что как и после γ -излучения, у стрептомицетов качественный состав липидов был тот же, а изменилось соотношение отдельных липидных фракций. Так, у варианта 2-IV-1 количество фосфолипидов составляло 142,4 и 138,4% к контролю, а у варианта 2-IV-12 количество образуемых стерина составляло 123,1 и 120,7% к исходной культуре (на момент и через 6 месяцев после отборов). Особо следует отметить вариант 3-IV-12, у которого при стабильности липидообразующей активности сохранился высокий уровень содержания в липидах такой биологически важной фракции как стерина – 201,0 и 199,8% к исходной культуре (музейному штамму *S.canosus* 71) на момент и после 6 месяцев хранения после отбора.

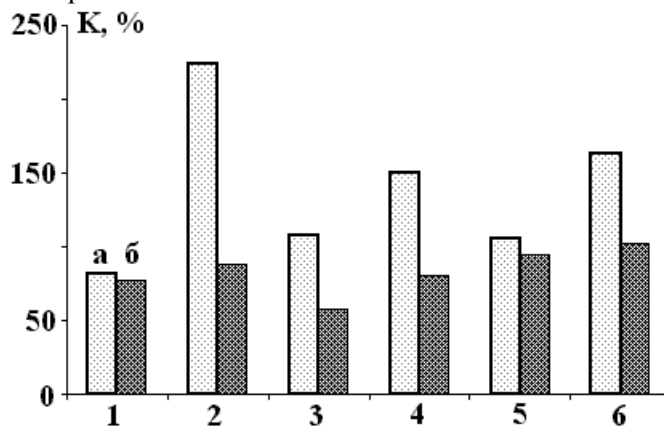


Рис. 1. Количество биомассы и липидов у вариантов *S.canosus* 71, полученных после γ -облучения в % и УФ-лучей к контролю.

По оси абсцисс – варианты, по оси ординат – количество биомассы и липидов в % к контролю.
а – биомасса; б – липиды.

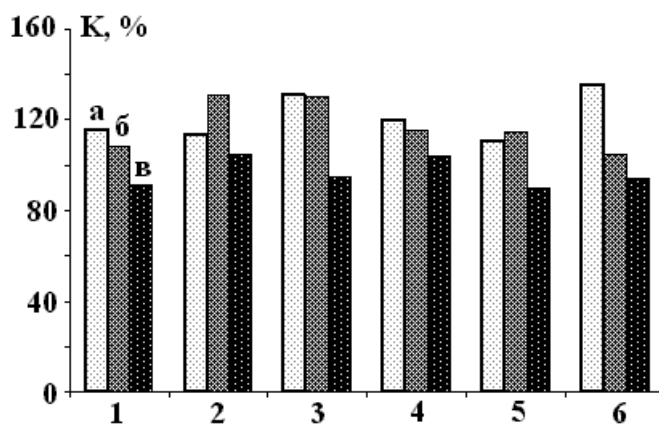


Рис. 2. Количество липидных фракций в липидах биомассы у вариантов *S.canosus* 71, полученных после γ -облучения и действия УФ-лучей.

По оси абсцисс – варианты, по оси ординат – количество липидных фракций в % к контролю.
а – фосфолипиды; б – стерины; в – триглицериды.

Было установлено, что после γ -облучения количество фосфолипидов в липидах биомассы новых вариантов составляло 113,3–130,5%, после УФ-облучения – 110,4–135,2%, а после комбинированного облучения 142,4%. Стерины составляли соответственно 107,9–130,5%, 104,3–114,4% и 107,5–129,3%, но у некоторых новых вариантов после комбинированного облучения достигало 104,7 и 201,0% по сравнению с исходной музейной культурой. Наши данные об усилении липогенеза и в особенности стеринаобразования после облучения согласуются с имеющимися в литературе сведениями [25, 26]. Количество триглицеридов, как правило, было в процентном отношении меньше, чем у исходной культуры. Особенно это наблюдалось у новых вариантов, выбранных после комбинированного облучения. Так, если после γ -облучения в липидах стрептомицетов триглицериды составляли

90,9–104,5%, после действия УФ-лучей 90,1–93,9%, то после комбинированного облучения только 63,2–89,1% к контролю (исходной культуре) (рис. 2 и 4).

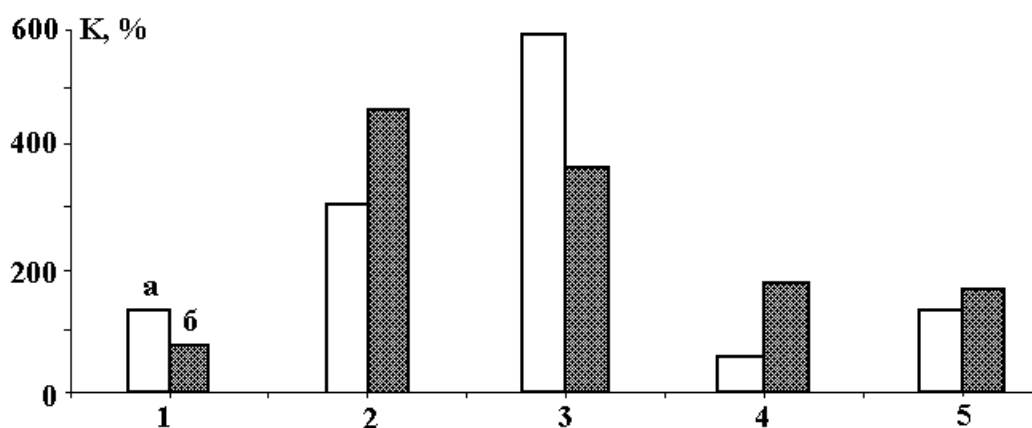


Рис. 3. Количество биомассы и липидов у новых вариантов, полученных после комбинированного облучения (γ -лучи, УФ-лучи): *S.c.* 71 (1000 Гр + 1800 эрг/мм²) – вар. 1-III-12; *S.c.* 71 var.6 (1000 Гр + 5400 эрг/мм²) – вар. 2-IV-12; *S.c.* 71 var.6 (1000 Гр + 5400 эрг/мм²) – вар. 2-IV-17; *S.c.* 71 var.11 (1000 Гр + 5400 эрг/мм²) – вар. 3-III-6; *S.c.* 71 var.11 (1000 Гр + 5400 эрг/мм²) – вар. 3-IV-12.

По оси абсцисс – варианты, по оси ординат – количество биомассы и липидов в % к контролю. а – биомасса; б – липиды.

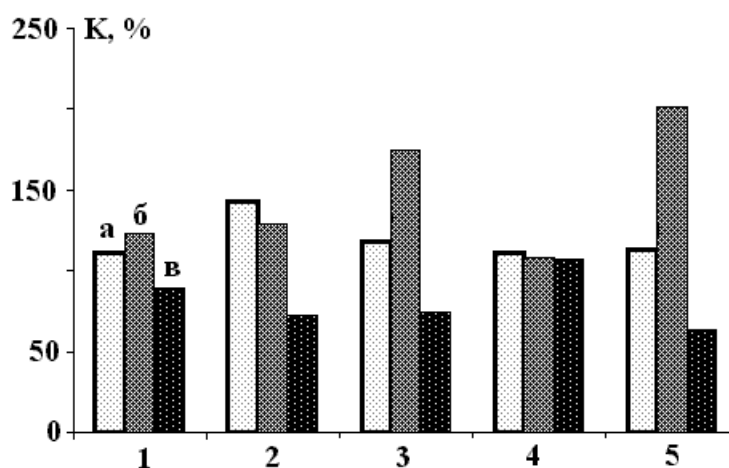


Рис. 4. Количество липидных фракций в липидах биомассы у новых вариантов, полученных после комбинированного облучения: *S.canosus* 71 (1000 Гр. + 1800 эрг/мм²) – вар. 1-III-12; *S.c.* 71 var.6 (1000 Гр + 5400 эрг/мм²) – вар. 2-IV-12; *S.c.* 71 var.6 (1000 Гр + 5400 эрг/мм²) – вар.2-IV-17; *S.c.* 71 var.11 (1000 Гр + 5400 эрг/мм²) – вар.3-III-6; *S.c.* 71 var.11 (1000 Гр + 5400 эрг/мм²) – вар.3-IV-12.

По оси абсцисс – варианты, по оси ординат – количество липидных фракций в % к контролю. а – фосфолипиды; б – стерины; в – триглицериды.

Анализируя результаты определения жирнокислотного состава липидов музейного штамма *S.canosus* 71 и его вариантов, можно было заметить, что доминирующими жирными кислотами являлись C_{15:1}, C_{16:0}, C_{16:1}, однако у исходной культуры и некоторых новых вариантов регистрировали и такие ненасыщенные жирные кислоты, как C_{18:2} и C_{18:3}, количество которых у исходной культуры вар.6 и вар.11 составляло: C_{18:2} – 34,5, 24,5 и 33,5% соответственно, C_{18:3} – у варианта 6 и 11 в количестве 1,4 и 7,1% соответственно. Наличие в липидах изучаемых вариантов олеиновой кислоты (C_{18:1}) в количестве 22,7–38,9% заслуживает особого внимания, так как согласно литературным данным действие моноеновых кислот, в частности, олеиновой равнозначно влиянию полиненасыщенных жирных кислот на снижение холестерина в сыворотке крови [5].

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Изучена морфологическая изменчивость музейного штамма стрептомицетов *S.canosus* 71 после воздействия таких физических факторов, как γ -излучение, УФ-лучи и комбинированное излучение (γ + УФ-лучи).

2. Морфологическая однородность и постоянство биохимической активности установлены у *S.canosus* 71 var.6 и *S.canosus* 71 var.11, полученных после γ -излучения, *S.canosus* 71 var.5 и *S.canosus* 71 var.8 (УФ-лучи) и четырех новых вариантов (2-IV-12, 2-IV-17, 3-III-6, 3-IV-12), полученных после комбинированного облучения *S.canosus* 71 var.6 и *S.canosus* 71 var.11 соответственно.

3. Варианты, полученные в результате воздействия γ -излучения, УФ-лучей и особенно комбинированного излучения существенно отличаются скоростью роста. Количество биомассы у отдельных вариантов составляет 224,4% (*S.canosus* 71 var.6), 307,4% (var.2-IV-12) и 531,5% (2-IV-17) к исходной необлученной культуре.

4. Установлена идентичность качественного состава липидов биомассы музейного штамма и его вариантов. В липидах фосфолипиды составляют 110,4–142,4%, стерины – 107,9–129,3%. У отдельных вариантов количество стерина достигает 174,7% (2-IV-17) и 201,0% (3-IV-12) к исходной музейной культуре.

5. Жирнокислотный состав новых вариантов характеризуется преобладанием ненасыщенных жирных кислот, среди которых доминирующими являются $C_{15:1}$, $C_{16:1}$, $C_{18:1}$, а у некоторых вариантов и $C_{18:2}$. В липидах *S.canosus* 71 var.6 и *S.canosus* 71 var.11, селекционированных после γ -облучения музейного штамма *S.canosus* 71, содержится и такая полиненасыщенная жирная кислота, как $C_{18:3}$ в количестве 1,4 и 7,1% соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиханян С.И. Селекция промышленных микроорганизмов. М., 1968.
2. Алиханян С.И., Акифьев А.П. Общая генетика. М., 1985. С. 41–48.
3. Захаров И.А., Кривоский А.С. Радиационная генетика микроорганизмов. М., 1972.
4. Захаров И.А. Курс генетики микроорганизмов. Минск, 1978. С. 22–27.
5. Фунтикова Н.С., Кулакова О.Я., Медведева Ф.А., Конова И.Б., Левичев М.М. Мисог 12 М – перспективный источник γ -линоленовой кислоты // Прикл. биохим. и микробиол. 1992, Т. 28. № 1. С. 140–144.
6. А.с.1445180,МКИ^б С12 № 1/14 С12 № 9/42 № 4235576/13. / Павлова Н.М., Кречетникова А.Н., Калуняц К.А., Зуева Р.Б., Демина Л.М., Херсонова Л.А., Удалова Э.Б., Тимошенкова Д.Л. Штамм гриба *Aspergillus foetidus* – продуцент целлюлазно – пектиназного комплекса. Оpubл. 10.03. 1996. Бюл. № 7.
7. Квеситадзе Г.И., Квачадзе Л.Л., Квеситадзе Э.Г. Селекция термофильных микроскопических грибов – продуцентов целлюлаз // Прикл. биохим. и микробиол. 1997. Т. 33. № 2. С. 156–161.
8. Бузилова И.Г., Бойченко Д.М., Зеленкова Н.Ф., Решетилова Т.А. Алкалоидообразующие клоны *Penicillium roqueforti* ВКМ-F-141, полученные методом мутагенеза и слияния протопластов. // Тез.стенд. сообщ.2 съезда биохим.об-ва РАН, Пущино, 19–23 мая 1997. Т. 2.
9. Горбунова Н.А., Сухаревич М.Э., Яковлева Е.А. Естественная и индуцированная изменчивость продуцента противогрибкового антибиотика имбрицина // Антибиотики и химиотер.1998. Т. 43. В. 3. С. 3–7.
10. Роцупкин Д.И. Молекулярные механизмы повреждения биомембран липидов и белков под действием УФ-излучения. Автореф.дис. . .докт. биол.наук. М., 1980.
11. Полотебнова М.В., Терешина В.Н. Влияние ультрафиолетового облучения на спорообразование, рост и состав липидов *Cunninghamella japonica* // Микол. и фитопатол.1987. Т. 20. В. 30.С. 246–253.
12. Людникова Т.А., Катасонова Т.В., Пасешниченко В.А., Беззубов А.А., Крицкий М.С. Стерины бескаротиноидных мутантов *Neurospora crassa* // Прикл.биохим. и микр.1992.Т. 28. В. 5.С. 742–747.
13. Nakauma Macoto, Okitsu Takashi, Murata Yoshiyuki, Tada Mikiro. Photoregulation of ergosterol biosynthesis in *Rhodotorula minuta*.// Plant. Physiol. 1997. V. 114. № 3.
14. Шигаева М.Ф., Ахметкалиева Э.Д. Изменчивость *Actinomyces olivaceus*, индуцированная 1,4 – бис-диазоацетилбутаном и N-метил-N-нитро-N-нитрозогуанидином // Получение полезных форм микроорганизмов // Труды Ин-та микр. и вир. АН Каз.ССР. Т.18. Наука. Алма-Ата, 1974. С. 3–8.

15. Шигаева М.Ф., Джангалина Н.К. Индуцированная изменчивость *Actinomyces griseus* 15 по признаку витаминобразования // Получение полезных форм микроорганизмов. Труды Ин-та микр. и вир. АН Каз.ССР. Т. 18. Алма-Ата, 1974. С. 9–14.
16. Джангалина Н.К. Индуцированная изменчивость *Actinomyces griseus* 15 по признаку антибиотикообразования. / Получение полезных форм микроорганизмов. Труды Ин-та микр. и вир. АН Каз. ССР. Т. 18. Алма-Ата, 1974. С. 15–23.
17. Сейдалина Р.Х. Селекция активных штаммов продуцента розеофунгина // Получение полезных форм микроорганизмов. Труды Ин-та микр. и вир. АН Каз. ССР. Т. 18. Алма-Ата, 1974. С. 24–29.
18. Кузнецов Н.Д. Изучение актиномицетов – продуцентов антибиотиков и других биологически активных веществ // Антибиотики. 1972. Т. 17. № 7. С. 666–668.
19. Музапбаров Б., Копытина М.Н. Способность к синтезу липидов у вариантов *Streptomyces antibioticus* и жирнокислотный состав триглицеридных фракций мелкокладчатого варианта // Тр. Ин-та микр. и вирусол. Т. 25. Алма-Ата, 1988. С. 38–39.
20. Кейтс М. Техника липидологии. М., 1975.
21. А.с. 542932 СССР. М Кл² 01 N 1/28. Способ приготовления проб липидов // Синяк К.Н., Даниленко И.М., Васюренко З.П., Крук В.И. Оpubл.15.01.77. Бюл. № 2.
22. Бондарцев А.С. Шкала цветов. М., Л., 1954.
23. Шигаева М.Ф., Ахметкалиева Э.Д., Конова И.В. Мутагенное действие рентгеновых лучей на *Actinomyces olivaceus* // Биологически активные вещества микроорганизмов. Труды Ин-та микр. и вир. АН Каз. ССР. Т. 22. Алма-Ата, 1977. С. 60–68.
24. Фролова Л.Ф. Сравнительная характеристика физиологических и антибиотических свойств мутантных культур *Actinomyces griseoruber* штамм 1618 // Получение полезных форм микроорганизмов. Труды Ин-та микр. и вир. АН Каз. ССР. Т. 18. Алма-Ата, 1974. С. 63–71.
25. Ларикова Г.А., Гальцова Р.Д. Влияние ионизирующих излучений на биосинтез липидов у дрожжевых организмов // Микробиология. 1967. Т. 36. № 6. С. 953–957.
26. Разумовский П.Н., Балаур Л.И., Балаур Н.С., Ковальчук Л.П., Бурцева С.А. Действие лазерного облучения на биосинтез липидов дрожжами *Rhodotorula gracilis* К-1 // Электронная обработка материалов. 1975. № 3. С. 41–44.

Поступила 13.03.2000

Summary

The morphological mutation of the museum strain *Streptomyces canosus* 71, its variants obtained under the influence of γ - and UV-rays and new variants selected after the combined irradiation was studied. The lipids quality of *Streptomyces canosus* 71 and new variants is identical. The quantity of steroids in new variants is increased to 174.7 and 201.0% to control. The unsaturated fatty acids, such as C₁₅:1, C₁₆:1, C₁₈:1 predominated in lipids of new variants.

The possibility of application the combined irradiation for obtaining the new *Streptomyces* strains, producing the biologically active substances (phospholipids, steroids, unsaturated fatty acids) was shown.