

## **ОСОБЕННОСТИ РОСТА ПРОБИОТИЧЕСКИХ ШТАММОВ *BACILLUS SUBTILIS* ПРИ СОВМЕСТНОМ ГЛУБИННОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ**

*Исследованы особенности роста пробиотических штаммов *B. subtilis* УКМ 5139 и *B. subtilis* УКМ 5140 при их совместном культивировании в глубинных условиях. Показано, что при таком способе выращивания активизировался рост бацилл и накопление ими клеток, обладающих высокими антагонистическими свойствами. Наибольшей удельной скоростью роста отличалась смешанная культура, выращенная при засеве среды штаммами *B. subtilis* УКМ 5139 и *B. subtilis* УКМ 5140 в соотношении 1:2. Показана пригодность синтетической и сложной сред как для раздельного, так и совместного культивирования бацилл.*

*Ключевые слова:* *Bacillus*, пробиотики, глубинное культивирование.

Большинство разработанных современных технологий производства биопрепаратов медицинского назначения основано на использовании монокультур. Однако в последнее время все большее внимание уделяется вопросам использования комплексных препаратов из нескольких видов микроорганизмов, что позволяет расширить их специфическую активность [3, 4, 8, 9]. Технологическая схема получения биопрепаратов обычно включает глубинное культивирование продуцентов. Создание многокомпонентных препаратов ставит перед биотехнологами ряд новых задач на всех этапах технологического процесса, начиная с отбора пробиотических штаммов микроорганизмов. Выживаемость каждого вида в ассоциациях обычно зависит от условий, в которых они существуют [4, 8, 11]. Поэтому одним из подходов к решению этих задач является разработка условий культивирования и подбор состава питательной среды, обеспечивающей ростовые потребности и биологическую активность штаммов пробиотика, поскольку общепринятое в настоящее время раздельное культивирование с использованием монокультур бактерий, входящих в препараты, экономически менее выгодно [3, 4].

Цель настоящей работы заключалась в исследовании особенностей роста штаммов *B. subtilis* УКМ 5139 и *B. subtilis* УКМ 5140 при их раздельном и совместном культивировании в глубинных условиях для возможного применения в биотехнологии создания новых биопрепаратов.

**Материалы и методы.** Объектами исследований были штаммы *B. subtilis* УКМ 5139 и *B. subtilis* 5140, составляющие основу препарата эндоспорин, созданного для профилактики и лечения различных кишечных инфекций [10].

Культивирование бактерий осуществляли в периодических условиях на качалке (200 об/мин) в колбах Эрленмейера емкостью 750 мл с рабочим объемом 50 мл среды при температуре  $37 \pm 2$  °С на оптимизированной для них среде (г/л) [5]: глюкоза – 1–1,5 % редуцирующих веществ, натрия цитрат – 1,29;  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  – 4,75,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 9,6,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,18, рН среды –  $7,0 \pm 0,2$ . Наряду с вышеназванной средой для культивирования изучаемых штаммов бактерий была использована среда, более сложная по составу, включающая помимо минеральных солей (в тех же концентрациях) зеленую патоку (ГОСТ 18–206–74) в качестве источника углерода (1,0–1,5% по редуцирующим веществам) и кукурузный экстракт (ТУ 18–8–44–88) в качестве источника органического азота (150–200 мг% по аминному азоту). В работе этот вариант предлагаемой среды будет называться «сложной» средой.

Питательную среду засеивали суточными культурами, выращенными на среде аналогичного состава.

Для изучения влияния количества посевного материала на рост бацилл при смешанном культивировании посевной материал каждой культуры вносили в соотношения 1:1, 1:2, 2:1 (штаммы *B. subtilis* УКМ 5139 и *B. subtilis* УКМ 5140 соответственно), исходя из общей дозы вносимого инокулята – 5 об.%, что соответствовало  $10^7$  колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 мл среды. Контролем служили монокультуры.

Интенсивность роста оценивали определением численности жизнеспособных бактерий путем посева 0,1 мл соответствующего разведения суспензии на МПА с последующим подсчетом КОЕ в 1 мл культуральной жидкости, pH среды и культуральной жидкости определяли потенциометрически.

Форму клеток и спорообразование определяли путем микроскопирования препаратов, окрашенных по Граму. Удельную скорость роста бактерий и количество поколений рассчитывали, используя общепринятые в микробиологии методы [6].

Типы взаимодействия между штаммами бацилл изучали по количественным показателям интенсивности их роста с использованием индекса взаимодействия или так называемого симбиотического индекса SI [7], представляющего собой количественную меру влияния одной культуры на другую в одинаковых условиях выращивания. Он выражался соотношением выхода биомассы культур в условиях совместного выращивания к выходу биомассы клеток в монокультуре.

Антагонистическую активность пробиотических штаммов изучали методом отсроченного антагонизма [1]. В качестве тест-объектов использовались штаммы условно патогенных микроорганизмов (УПМ), полученные из коллекции Института микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины: *Escherichia coli* ATCC 25299, *E. coli* 028, *Proteus vulgaris* U-8, *P. vulgaris* 72, *Salmonella enterica abony*, *S. derby* 5146, *Shigella flexneri* 337, *Pseudomonas aeruginosa* 41411, *Staphylococcus aureus* 209 p и *Candida albicans* 690.

Эксперименты проводили в трех повторностях, для расчета достоверности использовали критерий Стьюдента на 5% уровня значимости.

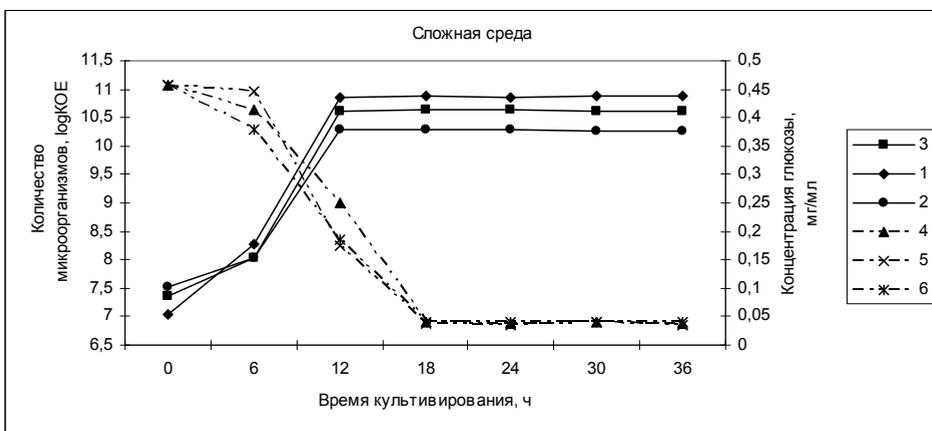
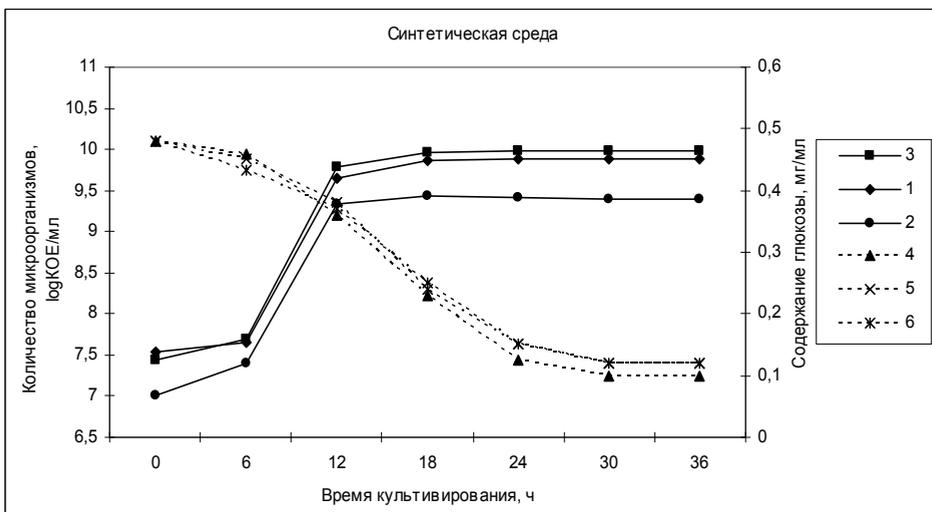
**Результаты и их обсуждение.** В связи с перспективностью создания комплексных препаратов, в том числе и синбиотиков, на основе бактерий рода *Bacillus*, была исследована возможность совместного выращивания пробиотических штаммов на ранее оптимизированной для раздельного культивирования бацилл синтетической среде. Результаты экспериментов показали, что исследуемые штаммы бацилл при совместном росте характеризовались типичными S – подобными кривыми роста (рис. 1). В условиях совместного выращивания бациллы хорошо росли и активно накапливали биомассу (табл. 1). Скорость роста смешанной культуры составляла  $0,807 \pm 0,005 \text{ ч}^{-1}$ , в чем превосходила этот показатель при раздельном культивировании штаммов *B. subtilis* УКМ 5139 и *B. subtilis* УКМ 5140 ( $0,776 \pm 0,013$  и  $0,751 \pm 0,01 \text{ ч}^{-1}$  соответственно). При этом время их генерации уменьшалось, т. е. в течение 24 ч роста происходило более быстрое деление клеток, что приводило к увеличению количества поколений.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в целом в условиях совместного культивирования активизировался рост бацилл и накопление ими биомассы по сравнению с монокультурой.

Таблица 1

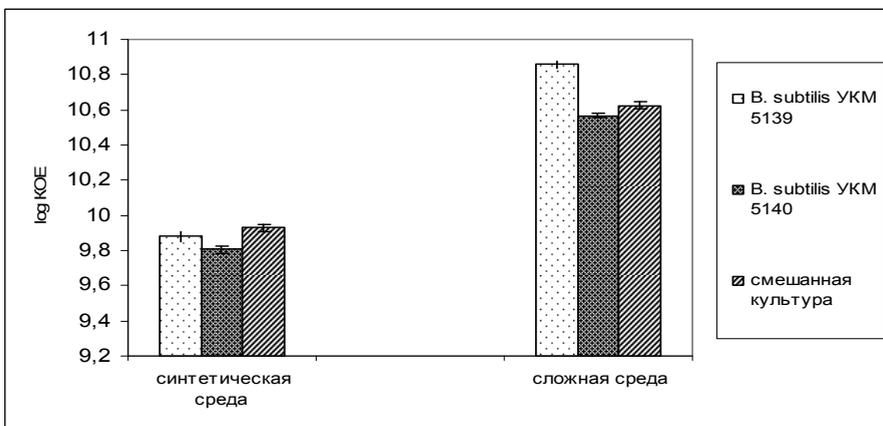
**Ростовая характеристика штаммов *B. subtilis* при их культивировании в моно- и смешанной культурах на синтетической среде в глубинных условиях**

Культуры	Показатели роста через 24 ч культивирования					
	pH среды	Накопление биомассы, КОЕ/мл	Удельная скорость роста, $\text{ч}^{-1}$	Время генерации, мин	Количество поколений за 24ч	Симбиотический индекс
<i>B. subtilis</i> УКМ 5139	6,7	$7,6 \pm 1,65 \times 10^9$	$0,776 \pm 0,013$	$53,6 \pm 0,1$	27	1,12
<i>B. subtilis</i> УКМ 5140	5,8	$6,4 \pm 2,1 \times 10^9$	$0,751 \pm 0,010$	$55,4 \pm 0,2$	26	1,32
<i>B. subtilis</i> УКМ 5139 + <i>B. subtilis</i> УКМ 5140 (1:1)	7,1	$8,5 \pm 1,1 \times 10^9$	$0,807 \pm 0,005$	$51,5 \pm 0,1$	30	



**Рис. 1. Кинетика роста штаммов *B. subtilis* на синтетической и сложной средах при их раздельном и совместном культивировании**

Обозначения: 1, 2, 3 – logKOE/мл для штаммов УКМ 5139 и УКМ 5140 при раздельном и совместном выращивании соответственно; 4, 5, 6 – концентрация остаточной глюкозы для штаммов УКМ 5139 и УКМ 5140 при раздельном и совместном выращивании соответственно



**Рис. 2. Выход клеток *B. subtilis* при культивировании на различных средах**

Известно, что в начальный период совместного культивирования микроорганизмов, когда еще не наблюдается заметного взаимодействия между культурами из-за наличия еще небольшого количества клеток в среде, симбиотический индекс, показывающий уровень влияния одной культуры на другую, равняется единице [6]. В дальнейшем по мере образования и накопления в среде метаболитов симбиотический индекс меняет свою величину и становится снова постоянным лишь когда рост культуры прекращается. В табл. 1 представлены значения симбиотического индекса, рассчитанного для каждого из исследуемых штаммов при их выращивании на синтетической среде. И хотя в условиях экспериментов значения этого показателя для обоих штаммов ненамного превышают единицу и по абсолютным величинам различаются незначительно, они все же свидетельствуют о наличии симбиотического взаимодействия и тенденции к стимулированию роста одним штаммом другого.

По данным некоторых авторов, если зависимость скорости роста от концентрации субстрата  $[\mu(S)]$  для каждого штамма почти одинакова, то можно считать, что нет никакой конкуренции в связи с отсутствием взаимного антагонизма между изучаемыми штаммами [4, 7]. Сосуществование исследуемых микроорганизмов происходит по типу комменсализма. Комменсальные отношения тесно связаны с физиологическими особенностями культур-партнеров, и они имеют место только в одинаковых условиях их функционирования. Оба изучаемые штамма, выращиваемые в монокультурах, показали почти одинаковые питательные потребности. Спорообразование у них на 24 часа культивирования составляло до 15–20% спор в среде как для монокультур, так и для смешанной культуры.

Наряду с этим результаты экспериментов показали, что оба изучаемые штамма бактерий независимо от способа культивирования сохраняли высокую антагонистическую активность по отношению к условно патогенной микрофлоре, которая начинала нарастать после 18 часов культивирования и составляла к этому времени 60–85% от максимальной ее величины, полученной для 30–36 часовых культур (табл. 2). Полученные результаты согласуются с данными литературы о том, что у спорообразующих бактерий процесс споруляции может сопровождаться активным синтезом антибиотических веществ [2].

Таблица 2

**Антагонистическая активность бактерий при раздельном и совместном выращивании на синтетической среде**

Пробиотические культуры	Время культивирования, час	Зоны задержки роста тест-культур, мм		
		<i>E. coli</i> ATCC	<i>S. aureus</i> 209	<i>C. albicans</i> 690
<i>B. subtilis</i> УКМ 5139	10	4±1	3±1	4±1
	18	16±2	13±1	15±2
	36	20±2	17±2	21±3
<i>B. subtilis</i> УКМ 5140	10	2±1	3±1	2±1
	18	9±1	8±1	6±2
	36	13±1	12±1	10±2
<i>B. subtilis</i> УКМ 5139 + <i>B. subtilis</i> УКМ 5140	10	4±2	2±1	3±1
	18	16±1	12±1	14±2
	36	18±3	19±2	22±3

Выше изложенное позволяет утверждать о возможности совместного культивирования пробиотических штаммов *B. subtilis* УКМ 5139 и *B. subtilis* УКМ 5140 в предлагаемой среде. В таких условиях культуры хорошо росли, имели высокую удельную скорость роста. Наряду с этим очень важно и то, что оба изучаемые штамма при совместном культивировании сохраняли высокую антагонистическую активность по отношению к условно патогенной микрофлоре.

Исходя из того, что на рост и развитие микроорганизмов может оказывать влияние состояние посевного материала, его количество, качество, возраст, важно было изучить влияние количества посевного материала на рост бактерий, потребление ими источника углерода, спорообразование при смешанном культивировании изучаемых штаммов.

Для смешанной культуры, выращенной при засеве инокулятом в равном соотношении его составляющих (1:1), а также при соотношении 2:1, наблюдался меньший выход биомассы

жизнеспособных клеток в сравнении с засевом культуры соотношением 1:2 –  $6,2 \pm 0,9 \times 10^9$  и  $4,1 \pm 0,7 \times 10^9$  КОЕ/мл. При этом скорость роста была также ниже (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние посевного материала на показатели роста штаммов *B. subtilis* УКМ 5139 и *B. subtilis* УКМ 5140 при совместном росте на синтетической среде**

Соотношение культур (УКМ 5139 :УКМ 5140) в инокуляте	Показатели роста через 24 ч			
	Накопление биомассы, КОЕ/мл	Удельная скорость роста, ч <sup>-1</sup>	Время генерации, мин	Количество поколений за 24ч
1:1	$6,2 \pm 0,9 \times 10^9$	$0,767 \pm 0,003$	$54,2 \pm 0,1$	26,6
1:2	$8,5 \pm 1,1 \times 10^9$	$0,807 \pm 0,004$	$51,5 \pm 0,2$	28,0
2:1	$4,1 \pm 0,7 \times 10^9$	$0,678 \pm 0,003$	$61,3 \pm 0,1$	23,5

Смешанная культура, полученная при засеве инокулятом в соотношении штаммов 1:2 (*B. subtilis* УКМ 5139 и УКМ 5140 соответственно), характеризовалась наибольшим значением удельной скорости роста и наименьшим значением времени генерации. Это соотношение культур в посевном материале использовалось нами в дальнейших экспериментах. Аналогичные эксперименты по культивированию бацилл проведены также на питательной среде, включающей зеленую патоку и кукурузный экстракт в качестве источников углеродного и азотного питания.

Сравнивая ростовые показатели бактерий с таковыми при культивировании на синтетической среде, можно отметить, что характер роста на сложной среде был подобным: увеличение количества клеток наблюдалось к 18–20 часу роста, после чего культуры переходили в стационарную фазу развития (см. рис. 1). Микроскопическое исследование окрашенных клеток в разные периоды развития смешанной культуры на этой среде показали, что начало спорообразования наблюдалось к 18 часу роста, а к 27–30 часу ее культивирования уже почти 100% клеток образовывало эндоспores. Наибольший выход клеток был отмечен на сложной среде для штамма *B. subtilis* УКМ 5139 –  $7,2 \pm 1,65 \times 10^{10}$ , для штамма *B. subtilis* УКМ 5140 –  $3,7 \pm 2,1 \times 10^{10}$  и  $4,2 \pm 1,1 \times 10^{10}$  для смешанной культуры (рис. 2). Изучаемые культуры бацилл на этой среде характеризовались удельной скоростью роста, превышающей ее при росте на синтетической среде:  $0,988 \pm 0,010$  ч<sup>-1</sup> для штамма *B. subtilis* УКМ 5139,  $0,916 \pm 0,003$  ч<sup>-1</sup> для штамма *B. subtilis* УКМ 5140 и  $0,989 \pm 0,006$  ч<sup>-1</sup> для штаммов в смешанной культуре (табл. 4).

Таблица 4

**Ростовая характеристика штаммов *B. subtilis* при их культивировании в моно- и смешанной культурах на сложной среде в глубинных условиях**

Культура	Показатели роста через 24 часа культивирования				
	рН среды	Накопление биомассы, КОЕ/мл	Удельная скорость роста, ч <sup>-1</sup>	Время генерации, мин	Количество поколений за 24ч
<i>B. subtilis</i> УКМ 5139	6,7	$7,2 \pm 1,65 \times 10^{10}$	$0,988 \pm 0,010$	$42,6 \pm 0,1$	34,3
<i>B. subtilis</i> УКМ 5140	5,8	$3,7 \pm 2,1 \times 10^{10}$	$0,916 \pm 0,003$	$45,4 \pm 0,2$	31,7
<i>B. subtilis</i> УКМ 5139 + <i>B. subtilis</i> УКМ 5140 (1:1)	7,1	$4,2 \pm 1,1 \times 10^{10}$	$0,989 \pm 0,006$	$42,5 \pm 0,1$	34,3

Исходя из полученных результатов очевидно, что сложная среда может быть более эффективной для роста бацилл, чем синтетическая, так как она способствовала более значительному повышению выхода биомассы жизнеспособных клеток при их совместном культивировании.

Изучение антагонистических свойств бацилл показало, что использование богатой среды проявляло такое же действие на образование антибактериальных веществ, как и синтетическая среда. Как видно из приведенных данных, степень ингибирования роста УПМ смешанной культурой была одинаковой или большей, чем такова монокультур. При исследовании роста и

развития изучаемых пробиотических штаммов *B. subtilis* удалось показать преимущество совместного способа культивирования, подтвердить его положительный эффект в активизации роста изучаемых штаммов, повышении их скорости роста и степени накопления биомассы.

Представленные данные подтвердили возможность интенсификации процесса культивирования бактерий как в монокультуре, так и в смешанной при усложнении состава предлагаемой питательной среды путем обогащения ее источниками углеродного и азотного питания. Это способствовало значительному увеличению накопления биомассы бактериями и сохранению их антимикробной активности.

Таким образом, учитывая перспективность создания комплексных препаратов, в том числе синбиотиков, полученных путем глубинного культивирования штаммов-продуцентов, подтверждена целесообразность использования совместного метода выращивания в сравнении с раздельным. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологий создания новых биопрепаратов на основе исследованных пробиотических штаммов, выращиваемых как раздельным, так и совместным способами глубинного культивирования.

*М.А. Хархота, А.І. Осадча, Л.В. Авдеева*

*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України  
вул. Академіка Заболотного, 154, Київ МСП, Д 03680, Україна*

## **ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ ПРОБІОТИЧНИХ ШТАМІВ *BACILLUS SUBTILIS* ПРИ СУМІСНОМУ ГЛИБИННОМУ КУЛЬТИВУВАННІ**

### **Резюме**

Досліджено особливості росту пробиотичних штамів *B. subtilis* УКМ 5139 і *B. subtilis* УКМ 5140 при їх сумісному культивуванні в глибинних умовах. Показано, що при такому способі вирощування активізувався ріст бацил і накоплення ними біомаси клітин, що мали високі антагоністичні властивості. Найбільшою питомою швидкістю росту відзначалась змішана культура, вирощена при засіві середовища штамми *B. subtilis* УКМ 5139 і *B. subtilis* УКМ 5140 з співвідношенням 1:2. Показана придатність синтетичного та складного середовищ як для роздільного, так і сумісного культивування бацил.

Ключові слова: *Bacillus*, пробіотики, глибинне культивування.

*M.A. Kharkhota, A. I. Osadchaya, L. V. Avdeeva*

*Zabolotny Institute of Microbiology and Virology,  
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv*

## **GROWTH PECULIARITIES OF PROBIOTIC STRAINS OF *BACILLUS SUBTILIS* AT THEIR JOINT CULTIVATION IN DEEP CONDITIONS**

### **S u m m a r y**

Growth peculiarities of probiotic strains *B. subtilis* UKM 5139 and *B. subtilis* UKM 5140 have been studied at their joint cultivation in deep conditions. It has been shown that in such conditions of cultivation the growth of bacilli and the accumulation of biomass of the cells that possessed high antagonist properties have been intensified. The mixed culture grown when the medium was inoculated by the strains *B. subtilis* UKM 5139 and *B. subtilis* UKM 5140 with the ratio of 1:2 was distinguished by the highest specific growth rate. Applicability of synthetic and complex media both for separate and joint cultivation of bacilli has been shown.

The paper is presented in Russian.

**K e y w o r d s:** *Bacillus*, probiotics, deep cultivation.

**T h e a u t h o r ' s a d d r e s s:** Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine; 154 Acad. Zabolotny St., Kyiv, D 03680, Ukraine.

1. Егоров Н.С. Основы учения об антибиотиках, М.: Высш. шк.;1986. – 448 с.
2. Егоров Н.С., Ларич Ж.К., Выборных С.Н., Хамрун Р. Влияние состава среды на синтез бацитрацина и спорообразование *B. licheniformis* 28 КА // Прикладная биохимия и микробиология. – 1987 – № 1. – С. 107 – 111.

3. *Кульчицкая М.А.* Разработка аппаратных методов совместного культивирования кишечных бактерий, применяемых при производстве окарина // Вест. ун-та Н.И. Лобачевского. Сер. Биология. – 2001. – №1(3). – С. 90–92.
4. *Нуртдинова А.Н.* Разработка и изучение биологических свойств комплексного препарата – бифидоспорина: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Уфа. 2003. – 22 с.
5. *Осадчая А. И., Кудрявцев В.А., Сафронова Л.А., Козачко И.А., Смирнов В.В.* Стимуляция роста и спорообразования *Vacillus subtilis* оптимизацией углеродного питания при глубинном культивировании // Прикладная биохимия и микробиология. – 1997. – 33, №3. – С. 321–324.
6. *Перт Дж.* Основы культивирования микроорганизмов и клеток / Пер. с англ. Петровой Т.А., Позмоговой И.Н.; Ред. Работнова И.Л. – М.: Мир, 1978. – 330 с.
7. *Печуркин Н.С.* Популяционная микробиология, Новосибирск: Наука Сибирское отделение, 1978. – 275 с.
8. *Сафронова Л.А., Осадчая А.И., Иляш В.М.* Синбиотики: перспективы создания на основе бактерий рода *Vacillus* и лактата // Лікарська справа. – 2007. – №4. – С. 3–8.
9. *Штанько Т.В.* Біологічні властивості бацилл та лактобактерій, перспективних для створення комплексного пробіотика: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – К., 2009. – 19 с.
10. Пат. №76669 Україна А61К35/74. Біопрепарат для лікування та профілактики кишкових інфекцій у тварин / Сафронова Л.А., Кудрявцев В.О., Осадча А.І. // Опубл. 15. 08. 2006 Б. № 8.
11. *Bull A.T.* Mixed microbial culture technology // Biochem. Soc. Trans. – 1984. – 12, N 6. – P. 1137–1140.

Отримано 09.12.2010

УДК 579.873:575.224

**В.Я. Лаврінчук, К.А. Котенко, С.Л. Голембіовська, Б.П. Мацелюх**

*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,  
вул. Академіка Заболотного, 154, Київ МСП, ДОЗ680, Україна*

## **ОДЕРЖАННЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА МУТАНТІВ *STREPTOMYCES GLOBISPORUS* 1912 З ПІДВИЩЕНІМ БІОСИНТЕЗОМ ЛАНДОМІЦИНУ Е**

*У *Streptomyces globisporus* 1912 одержано вісім УФ-індукованих мутантів з підвищеним біосинтезом ландоміцину Е, частота виділення яких становила  $2 \times 10^3$ . Вивчена динаміка біосинтезу антибіотика в межах 24-96 годин культивування. Максимум накопичення ландоміцину Е є на агаризованому середовищі досягався на 48 годину вирощування. Мутанти 1-1, 1-1ж, 1-2ж, 1-2 і 4-1 продукували ландоміцин Е на рівні 175-187,5 мг/л, а 1-1-к, 1-3 і 4-1-1 – від 80 до 100 мг/л.*

*К л ю ч о в і с л о в а: *Streptomyces globisporus* 1912, антибіотична активність, ландоміцин Е, ультрафіолет, мутанти.*

Природний штам *Streptomyces globisporus* 1912 продукує ландоміцин Е з високою протипухлинною активністю [6, 7, 10]. Як і багато інших представників стрептоміцетів, цей продуцент належить до високоваріабельних мікроорганізмів. Одні спонтанні варіанти штаму 1912 продукують ландоміцин Е у кількості 2,5-3,1 мг/л [9], а інші – до 40 мг/л [5]. Поряд із цим, у штаму 1912 виникають спонтанні мутанти з біосинтезом каротиноїдів, які на відміну від вихідного штаму, чутливого до ультрафіолету, набувають резистентності до цього агента [1, 2], а також відомі мутанти з повним блоком біосинтезу ландоміцину Е і високопродуктивні, індуковані різними мутагенами [4, 9]. На сьогодні основним джерелом одержання ландоміцину Е є стабільний високопродуктивний аспорогенний мутант 3-1, який на 48 годину росту накопичує до 200 мг/л нативного червоно-помаранчового антибіотика ландоміцину Е ( $C_{37}H_{44}O_{14}$ ). Поряд із нативним ландоміцином Е, на тонкошарових хроматограмах реструються також його мінорні компоненти, зокрема окислений ландоміцин Е ( $C_{37}H_{42}O_{14}$ ) коричневого забарвлення, дегідратований ( $C_{37}H_{42}O_{13}$ ) – фіолетового забарвлення і антибіотик ландоміцин D – червоного забарвлення, який на відміну від ландоміцину Е містить в молекулі не три, а два цукрових залишки [5, 11, 12]. Сумарний кольоровий спектр цих метаболітів полегшує первинну ідентифікацію колоній із високою продуктивністю.

© В.Я. Лаврінчук, К.А. Котенко, С.Л. Голембіовська Б.П. Мацелюх, 2011