

**Міністерство освіти і науки України
Інститут модернізації змісту освіти
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Національна академія наук України
Інститут клітинної біотехнології та генетичної інженерії**

БІОТЕХНОЛОГІЯ ХХІ СТОЛІТТЯ



Матеріали

**XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції
студентів, аспірантів і молодих вчених
«Біотехнологія ХХІ століття»**



**3 червня 2022 року
Київ-2022**

«Біотехнологія ХХІ століття»: матеріали ХVІ Всеукраїнської науково-практичної конференції (Київ, 3 червня 2022) [Електронне видання] / Міністерство освіти і науки України, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Національна академія наук України, Інститут клітинної біології та генетичної інженерії – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 204с.

Матеріали конференції включають роботи молодих вчених, аспірантів та студентів, які проводять наукові дослідження в галузях промислової, харчової, сільськогосподарської, медичної біотехнології, магнітних технологіях в біотехнології та медицині, біоінформаційних дослідженнях, екологічної біотехнології та біоенергетики, відновлюваних джерел енергії та напрямку інженерного забезпечення біотехнологічних виробництв.

Матеріали конференції опубліковано в авторській редакції.

Відповідальні за випуск:

Костик С.І.

Фарфоламеєва Д.О.

Колтишева Д.С.

Калініна М.Ф.

Шибєцький В.Ю.

Рекомендовано до опублікування Вченою радою факультету біотехнології і біотехніки, протокол № 10 від 23.05.2022.

**Склад програмного комітету
XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів
і молодих вчених «Біотехнологія XXI століття»**

Голова програмного комітету:

Тодосійчук Т.С. – д.т.н., професор, в.о. декана факультету біотехнології і біотехніки КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Співголови програмного комітету:

Кучук М.В. – д.б.н., академік НАН України, директор Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України.

Члени програмного комітету:

Дуган О.М. – д.б.н., професор, в.о. завідувача кафедри промислової біотехнології та біофармації КПІ ім. Ігоря Сікорського;

Мельник В.М. – д.т.н., професор, завідувач кафедри біотехніки та інженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського;

Голуб Н.Б. – д.т.н., доцент, завідувач кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології КПІ ім. Ігоря Сікорського;

Кузьмінський Є.В. – д.х.н., професор, професор кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології КПІ ім. Ігоря Сікорського;

Горобець С.В. – д.т.н., професор, кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології КПІ ім. Ігоря Сікорського;

Моргун Б.В. – д.б.н., провідний науковий співробітник, заступник директора Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України;

Орябінська Л.Б. – к.б.н., доцент, заступник декана з наукової роботи ФБТ КПІ ім. Ігоря Сікорського.

**Склад організаційного комітету
XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів
і молодих вчених «Біотехнологія XXI століття»**

Голова організаційного комітету:

Костик С.І. – к.т.н., доцент, доцент кафедри біотехніки та інженерії КПП ім. Ігоря Сікорського.

Заступник голови організаційного комітету:

Шибецький В.Ю. – к.т.н., доцент, доцент кафедри біотехніки та інженерії КПП ім. Ігоря Сікорського.

Члени оргкомітету:

Богдан Т.З. – к.б.н., доцент, доцент кафедри промислової біотехнології та біофармації КПП ім. Ігоря Сікорського;

Калініна М.Ф. – к.т.н., старший викладач кафедри біотехніки та інженерії КПП ім. Ігоря Сікорського;

Маринченко Л.В. – к.т.н., доцент кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології КПП ім. Ігоря Сікорського;

Фарфоламеєва Д.О. – аспірант, асистент кафедри промислової біотехнології та біофармації КПП ім. Ігоря Сікорського;

Колтишева Д.С. – аспірант кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології КПП ім. Ігоря Сікорського;

Драга А.В. – інженер, кафедри промислової біотехнології та біофармації КПП ім. Ігоря Сікорського.

ЗМІСТ

Передмова	11
СЕКЦІЯ 1. Промислова, харчова, сільськогосподарська, фармацевтична та медична біотехнологія	12
<i>Гончар Є.Р., Науменко О.В.</i> ПОШУК ТА ВИДІЛЕННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ДРІЖДЖІВ	13
<i>Беркета К.О., Саяпіна О.Я., Фаюра Л.Р., Сибірний А.В.</i> РОЗРОБКА КОНДУКТОМЕТРИЧНОГО МОНОФЕРМЕНТНОГО БІОСЕНСОРА ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ВИЗНАЧЕННЯ АРГІНІНУ НА ОСНОВІ АРГІНІНДЕМІНІЗИ.	15
<i>Богданович Т. А., Матвєєва Н. А.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФЕНІЛАЛАНІНУ НА РІСТ	17
<i>Буханець В. Д., Листван К. В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ТА МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ КОНЦЕНТРАЦІЇ.....	18
<i>Voronenko A.A.</i> USAGE OF MIXED WASTE OIL IN THE MIXTURE WITH ACETATE FOR MICROBIAL EXOPOLYSACCHARIDE ETHANOLAN BIOSYNTHESIS	20
<i>Гриб І. О., Любецький О. В.</i> ВПЛИВ КОМБІНАЦІЇ ВАКЦИННИХ ШТАМІВ H120 ТА M-41 ВІРУСУ ІНФЕКЦІЙНОГО БРОНХІТУ КУРЕЙ НА ІМУННУ ВІДПОВІДЬ	22
<i>Гриценко К. В.</i> ПЕРСПЕКТИВНІ ПРОДУЦЕНТИ ЛІКОПЕНУ	24
<i>Гронь К.С.</i> ВАКЦИНИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ ПРОТИ COVID-19.....	26
<i>Гук Є. І., Пирог Т. П.</i> СУЧАСНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ СПІВСИНТЕЗУ δ -АМІНОКИСЛОТ З ПРАКТИЧНО ЦІННИМИ СУПУТНИМИ ПРОДУКТАМИ.....	27
<i>Гук К.Р.</i> АНАЛІЗ ПРОДУЦЕНТІВ ВІТАМІНУ В ₁₂ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА	29
<i>Державцева Ю.І., Орябінська Л.Б.</i> РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПРОБІОТИЧНОГО ПРЕПАРАТУ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ З АНТИОКСИДАНТНИМ ЗАХИСТОМ.....	31
<i>Доля Є.С., Засць М.О.</i> ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРОДУЦЕНТУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КИСЛОТИ ЛИМОННОЇ ХАРЧОВОЇ	33
<i>Доля Є.С., Засць М.О.</i> СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У СТВОРЕННІ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ОСНОВІ РЕКОМБІНАНТНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ	35
<i>Жданюк В.І., Воробей А.М., Пирог Т.П., Шевчук Т.А.</i> АНТИМІКРОБНА ЩОДО ФІТОПАТОГЕННИХ БАКТЕРІЙ АКТИВНІСТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН <i>NOCARDIA VACCINII</i> IMV B-7405, СИНТЕЗОВАНИХ У КОМПЛЕКСІ З ФІТОГОРМОНАМИ	37
<i>Задорожна М. І., Нітовська І. О.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ІНДУКЦІЇ КАЛІУСУ ТА РЕГЕНЕРАЦІЇ РОСЛИН СПЕЛЬТИ РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ, ВИКОРИСТОВУЮЧИ КУЛЬТУРУ ЗРІЛИХ ЗАРОДКІВ	39
<i>Зомчак В.В., Грегірчак Н.М.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОБНИХ ЕКЗОПОЛІСАХАРИДІВ У МЕДИЦИНІ.....	41

Зубик П.Р., Ключак І.Р., Сироїд О.О. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ СПОЛУК БАЗИДІОМІЦЕТІВ У ВИРІШЕННІ ЕКОЛОГІЧНИХ ПИТАНЬ	43
Іванов М.С., Пирог Т.П. РУЙНУВАННЯ ДРІЖДЖОВИХ БІОПЛІВОК ПІД ВПЛИВОМ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН, СИНТЕЗОВАНИХ <i>ACINETOBACTER CALCOACETICUS</i> IMB B-7241 ЗА НАЯВНОСТІ БІОЛОГІЧНИХ ІНДУКТОРІВ.....	45
Kliuchka I.V. SYNERGISTIC EFFECT ON YEAST OF A MIXTURE OF <i>ACINETOBACTER CALCOACETICUS</i> IMV B-7241 SURFACTANTS WITH ANTIFUNGAL DRUGS	47
Ключка Л.В. ВПЛИВ КОНКУРЕНТНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ НА СИНТЕЗ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН <i>NOCARDIA VACCINII</i> IMB B-7405 З ВИСОКОЮ АНТИМІКРОБНОЮ АКТИВНІСТЮ	49
Ковбасенко Р.В. ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЇ РОСЛИН ТА МЕХАНІЗМИ СТІЙКОСТІ ПРОТИ ПОСУХИ.....	51
Козак А.-М. Р., Чебан Л.М. АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ КУЛЬТУРАЛЬНОЇ РІДИНИ <i>CHLORELLA VULGARIS</i>	53
Корженівська А.О., Даниленко С.Г. ЗАКВАСКА ДЛЯ ХЛІБА З ЖИТНЬОГО БОРОШНА	55
Корнієнко І.М. РОЛЬ ПРОПОЛІСУ В ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ЗАКВАСКИ ДЛЯ ПОТРЕБ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ.....	56
Короленко Т.С. ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПРЕС-ТЕСТІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ COVID-19 ...	58
Короленко Т.С. ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТОДИ РЕГЕНЕРАЦІЇ ТИМУСА	59
Кошавко К.С. ОЦІНКА ВПЛИВУ УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ (<i>IN VITRO</i> ТА <i>IN SITU</i>) НА РІВЕНЬ ФАРМАКОЛОГІЧНО-ЦІННИХ РЕЧОВИН У РОСЛИН РОДУ <i>SCUTELLARIA</i> L.	60
Кривчук К.Т. ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СТАДІЇ БІОСИНТЕЗУ В ТЕХНОЛОГІЇ ВІТАМІНУ В12 НА ОСНОВІ БАКТЕРІЙ РОДУ <i>PROPIONIBACTERIUM</i>	62
Кузнецова О.В., Власенко К.М. ВПЛИВ РОСЛИННИХ ОЛІЙ НА РІСТ МІЦЕЛІЮ ШТАМІВ РОДУ <i>PLEUROTUS</i> НА АГАРИЗОВАНИХ ЖИВИЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ ТА ЗЕРНОВОМУ СУБСТРАТІ.....	64
Кулеш А.В., Стрілець О.П., Стрельников Л.С. ВИВЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ВОДОРОСТЕЙ У ЯКОСТІ КОМПОНЕНТІВ ПОЖИВНИХ СЕРЕДОВИЩ.....	66
Kushniryk O. PROSPECTS AND LIMITATIONS OF GENE THERAPY	67
Лазарець П.С., Литвинов Г.С. ПЕРСПЕКТИВНІ ПРОДУЦЕНТИ РИБОФЛАВІНУ	68
Lutsai D. WAY OF REGULATION OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF SURFACTANTS UNDER CULTIVATION OF <i>ACINETOBACTER CALCOACETICUS</i> IMB B-7241 ON GLYCEROL OF VARIOUS DEGREES OF PURIFICATION	70
Максимець О.О., Грегірчак Н.М. БІОТЕХНОЛОГІЯ МІКРОБНИХ ФРУКТООЛІГОСАХАРИДІВ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ЯКОСТІ ПРЕБІОТИКІВ	72
Мельник О.П. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУЦЕНТІВ ЦІАНОКОБАЛАМІНУ	74
Мельнікова І.О. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ <i>BACILLUS THURINGIENSIS</i> ДЛЯ ЗАХИСТУ РОСЛИН ВІД КОМАХ-ШКІДНИКІВ	76

Морозова В.О., Великожон Л.Г. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ВМІСТУ АМІЛОЗИ У <i>TRITICUM AESTIVUM</i>	78
Мруга Д. О., Дзядевич С. В., Солдаткін О. О. РОЗРОБКА АЛТ-ЧУТЛИВОГО БІОСЕНСОРА НА ОСНОВІ ГЛУТАМАТ ОКСИДАЗИ	80
Нагорна О.С. ПІДБІР ПІВНІВ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ РЕАКЦІЇ ГЕМАГЛЮТИНАЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ІНФЕКЦІЙНОГО БРОНХІТУ КУР	82
Непошивайленко Н. О., Корнієнко І. М., Черненко Я.М. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО РОЗСІЛЬНОГО СИРУ ТИПУ	84
Нестеренко В. П. МОНОКЛОНАЛЬНІ АНТИТІЛА У ЛІКУВАННІ РАКУ	85
Нестеренко Є.О., Стара Т.Р., Рачков О.Е., Борковська Л.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОЇ АГРЕГАЦІЇ НАНОЧАСТИНОК ЗОЛОТА НА ОПТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ НАНОКРИСТАЛІВ $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$, МОДИФІКОВАНИХ ОЛІГОНУКЛЕОТИДАМИ.....	87
Ніжний Д.А. ГЕНОТИПУВАННЯ ЧОЛОВІЧОЇ ЦИТОПЛАЗМАТИЧНОЇ СТЕРИЛЬНОСТІ У РЕДИСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРАЙМЕРІВ, КОМПЛЕМЕНАРНИХ ДО ГЕНА <i>ORF138</i>	89
Олійник М. Є., Нітовська І. О., Моргун Б. В. ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ЗЛАКОВИХ НА ЕКСПРЕСІЮ ГЕНА БЕТА-ГЛЮКУРОНІДАЗИ В ТРАНСГЕННИХ РОСЛИНАХ ТЮТЮНУ	90
Онїщенко А.С., Даниленко С.Г. СКРИНІНГ КУЛЬТУР ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЧНИМИ КИСЛОТАМИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ.....	92
Парфенюк М.А. ВПЛИВ ДРІЖДЖОВИХ ІНДУКТОРІВ НА ЗДАТНІСТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН <i>ACINETOBACTER CALCOACETICUS</i> ІМВ В-7241 РУЙНУВАТИ БІОПЛІВКИ	93
Пічкур А. Ю. ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕННО-ІНЖЕНЕРНОГО ІНСУЛІНУ	94
Потапенко В.В., Скроцька О.І. ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ БІОГЕННИХ НАНОЧАСТОК СРІБЛА ЯК ПРОТИМІКРОБНИХ АГЕНТІВ.....	96
Рафальський А.Є. ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА ГЛЮКОНОВОЇ КИСЛОТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ АГРОПРОМИСЛОВОСТІ	98
Римар Ю.Ю., Проніна О.В., Рушковський С.Р., Моргун Б.В. ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ МІКРОСАТЕЛІТНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ДРІЖДЖІВ <i>SACCHAROMYCES PARADOXUS</i>	100
Сироїд О.О., Клечак І.Р., Зубик П.Р. СКРИНІНГ ШТАМІВ БАЗИДІЄВИХ ГРИБІВ ЗА ПОТЕНЦІЙНОЮ МОЖЛИВІСТЮ ДО СИНТЕЗУ ХІТИН - ГЛЮКАНОВИХ КОМПЛЕКСІВ НА ГЛИБИННОМУ СЕРЕДОВИЩІ ВИЗНАЧЕНОГО СКЛАДУ	101
Ситник К.О. ОТРИМАННЯ КУЛЬТУРИ ТРАНСГЕННИХ КОРЕНІВ ТА РОСЛИН ТЮТЮНУ ТА М'ЯТИ, ЩО ЕКСПРЕСУЮТЬ РЕКОМБІНАНТНИЙ ГЕН ІНТЕРФЕРОНУ АЛЬФА.....	103
Сікорінська А.О. ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ.....	105
Сорока М.М., Ліновицька В.М. ГЛИБИННЕ КУЛЬТИВУВАННЯ <i>GRIFOLA FRONDOSA</i> НА РІДКИХ СЕРЕДОВИЩАХ.....	107

<i>Suleyko T.L., Semenova O.I., Onophrienko A.I.</i> STATE OF THE SPHERE OF WASTEWATER TREATMENT OF FOOD INDUSTRY ENTERPRISES IN UKRAINE	109
<i>Тарнавська А.О.</i> ВИБІР ШТАМУ ГАЛОБАКТЕРІЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БАКТЕРІОРОДОПСИНУ	111
<i>Фалендиш П. О., Горго Ю.П.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ AZOTOBACTER VINELANDII.....	113
<i>Фарфоламеєва Д.О., Ключко В.В.</i> ПАРАМЕТРИ КУЛЬТИВУВАННЯ ШТАМУ PSEUDOMONAS SYNХANTHA УКМ В-399.....	115
<i>Хабленко А.Д., Яловенко О.І., Дуган О.М.</i> КЕФІРНИЙ ГРИБОК ЯК ДЖЕРЕЛО НОВИХ ПРОБІОТИКІВ	117
СЕКЦІЯ 2. Магнітні технології в біотехнології та медицині. Біоінформаційні дослідження. Екологічна біотехнологія та біоенергетика. Відновлювальні джерела енергії.....	
<i>Білобловська Д.О., Горобець С.В.</i> ВИЯВЛЕННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ ПРОДУЦЕНТІВ БІОГЕННИХ МАГНІТНИХ НАНОЧАСТИНОК СЕРЕД МІКРОГРИБІВ.....	120
<i>Буткова П.В.</i> ВИКОРИСТАННЯ КОСУБСТРАТІВ ПРИ КОМПОСТУВАННІ ТПВ.....	122
<i>Вдовиченко А. А.</i> ВИКОРИСТАННЯ ДИФУЗОРІВ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ.....	124
<i>Горобець О.Ю., Горобець С.В., Герасименко Д.Ю.</i> ГЕНЕТИЧНО ЗАПРОГРАМОВАНА БІОМІНЕРАЛІЗАЦІЯ БІОГЕННИХ МАГНІТНИХ НАНОЧАСТИНОК В МЕЗЕНХІМАЛЬНИХ СТОВБУРОВИХ КЛІТИНАХ	126
<i>Горобець О.Ю., Ковальова С.О.</i> МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ МАГНІТНИХ НАНОЧАСТИНОК	128
<i>Горобець С.В., Кузьмініх Л.В.</i> МАГНІТНА ГІПЕРТЕРМІЯ SACCHAROMYCES BOULARDII CNCM I-745 ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ВЕКТОРНІЙ ДОСТАВЦІ	130
<i>Гриневич А.О., Саблій Л.А.</i> ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ПРОЄКТУВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	132
<i>Грищенко Ю.С., Зубченко Л.С.</i> ВИДАЛЕННЯ СПОЛУК ФОСФОРУ ЗІ СТІЧНИХ ВОД.....	134
<i>Гудзовський А.О., Дем'яненко І.В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОТКОТРИВАЛОГО ВПЛИВУ ПОСТІЙНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ПРОРОЩУВАННЯ НАСІННЯ ТА РІСТ РОСЛИНИ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ TRITICUM DURUM	136
<i>Дробот Г.Ю., Грецький І.О., Громозова О.М., Горго Ю.П.</i> СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ БІОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ БАКТЕРІЙ ТА ВАРІАЦІЙ ГЕОМАГНІТНОГО ПОЛЯ	138
<i>Дуднік А.С., Зубченко Л.С.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОБУТАНОЛУ	140
<i>Калініченко Є.О., Громозова О.М., Грецький І.О., Горго Ю.П.</i> ЯКІСНА ОЦІНКА МЕТАХРОМАТИЧНОЇ РЕАКЦІЇ ВОЛЮТИНОВИХ ГРАНУЛ ДРІЖДЖІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....	142
<i>Кіка Л.С., Саблій Л.А.</i> ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОСТІ ДЕГІДРОГЕНАЗ АКТИВНОГО МУЛУ ЗАЛЕЖНО ВІД ТРИВАЛОСТІ ВЗАЄМОДІЇ З АНТИБІОТИКОМ.....	144

<i>Кіка Л.С., Саблій Л.А.</i> ВПЛИВ ЦЕФАЛОСПОРИНУ НА АКТИВНИЙ МУЛ ПРИ БІОЛОГІЧНОМУ ОЧИЩЕННІ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД	146
<i>Клим З.Т.</i> ВИРОБНИЦТВО БІОПАЛИВА ТРЕТЬОГО ПОКОЛІННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ	148
<i>Коваленко Г.Є., Саблій Л.А.</i> ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД СПОЛУК НІТРОГЕНУ ТА ФОСФОРУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ СЕЗОННОЇ РОБОТИ...149	
<i>Колтишева Д.С., Щурська К.О., Кузьмінський Є.В.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОДУКУВАННЯ СТРУМУ В ПОВНИХ МІКРОБНИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТАХ ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ФОТОСИНТЕЗУ	151
<i>Коцюба А.В., Саблій Л.А.</i> ВИКОРИСТАННЯ ІММОБІЛІЗОВАНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	153
<i>Міжурко Л.А., Горобець С.В.</i> БІОІНФОРМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ БІЛКІВ БІОМІНЕРАЛІЗАЦІЇ БІОГЕННИХ МАГНІТНИХ НАНОЧАСТИНОК У ПРОБІОТИКІВ	155
<i>Нестеренко В. П.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ОЛІЇ РИСОВИХ ВИСІВОК ЯК АЛЬТЕРНАТИВНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ СИНТЕЗУ БІОДИЗЕЛЯ.....	157
<i>Проніна Я.А., Саблій Л.А.</i> ВДОСКОНАЛЕННЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОЗАВОДУ ВІД СПОЛУК АЗОТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІММОБІЛІЗОВАНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ	159
<i>Пюрко З.М.</i> АНТИБІОТИКИ В ҐРУНТОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ: МЕТОДИ ВІЯВЛЕННЯ ТА БІОРЕМЕДІАЦІЇ.....	161
<i>Салацький Є.А., Саблій Л.А.</i> ПОРІВНЯННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ СОАПСТОКУ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ БІОДИЗЕЛЮ	162
<i>Соболевський М.С., Самойлов А.В., Ушенін Ю.В., Солдаткін О.П.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ СТВОРЕННЯ БІОСЕЛЕКТИВНОГО ЕЛЕМЕНТУ ППР-БІОСЕНСОРА ДЛЯ ДЕТЕКЦІЇ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ОЛІГОНУКЛЕОТИДІВ ФІЛАДЕЛЬФІЙСЬКОЇ ХРОМОСОМИ ...	164
<i>Спірідонова А.В., Горобець С.В.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ ГОМОЛОГІВ МАМ-БІЛКІВ МАГНІТОТАКСИСНИХ БАКТЕРІЙ У ЛЮДИНИ З ОНКОЛОГІЧНИМИ ТА НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ.....	166
<i>Тігунова О.О., Братішко В.В., Прийомов С. Г., Шульга С.М.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ПЛАЗМІДИ ДЛЯ ШТАМУ-ПРОДУЦЕНТУ <i>CLOSTRIDIUM SP. IMB B-7570</i> З НАДЕКСПРЕСІЄЮ ГЕНУ <i>bdhA</i>	168
СЕКЦІЯ 3. Біотехніка. Обладнання фармацевтичних виробництв. Ультразвук в біотехнології.....	170
<i>Воробйова О.В., Корнієнко К.В.</i> ОСОБЛИВОСТІ ІММОБІЛІЗАЦІЇ КЛІТИН СФЕРИЧНОЇ ФОРМИ ЗА МЕТОДОМ ЗАХОПЛЕННЯ В ПОРИСТИХ МАТРИЦЯХ.....	171
<i>Haniev K.</i> FILM EVAPORATOR OF PLATE TYPE WITH ELECTRIC HEATING ELEMENTS	173
<i>Hunchenko D.</i> INCREASING THE MIXING SPEED BY UPGRADING THE MIXING DEVICE	175
<i>Kosova V., Maksymenko K.</i> MODEL OF SPEEDS AND VOLUME OF CO ₂ IN THE LABORATOR PHOTOBIOREACTOR	177

<i>Костянець Л.О., Турчина Т.Я., Козак М.М.</i> ЗНАЧЕННЯ ДИСПЕРСНОСТІ СУПЕНЗІЇ ГРИБА ШИЇТАКЕ ПРИ РОЗПИЛЮВАЛЬНОМУ СУШІННІ	178
<i>Криворучко Б.А., Мельник В.М.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗЧИНЕННЯ СУХОЇ КРИСТАЛІЧНОЇ РЕЧОВИНИ КАВІТАЦІЄЮ	180
<i>Kruchok I.</i> INTENSIFICATION OF THE BOILING PROCESS WHEN CHANGING THE GEOMETRY OF HEATING PIPES IN THE EVAPORATOR.....	182
<i>Ляшенко А.В.</i> РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШКИ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ СУМІСНИХ З ОДНОЧАСНИМ ДИСПЕРГУВАННЯМ В РОТОРНИХ АПАРАТАХ	183
<i>Ляшенко А.В.</i> РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИННОЇ БІОМАСИ.....	184
<i>Макаренко А.А., Авдєєва Л.Ю.</i> ОГЛЯД НОВІТНІХ МЕТОДІВ ЕКСТРАГУВАННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ.....	185
<i>Maksymenko K., Kosova V.</i> DESIGN FEATURES OF THE VIBRATING-ACOUSTIC EXTRACTOR.....	187
<i>Остапенко Ж.І., Фесенко В.В.</i> ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ЦИРКУЛЯЦІЙНО-АКУСТИЧНОГО ЕКСТРАКТОРА ДЛЯ ЕКСТРАКЦІЇ БАР З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	188
<i>Ruzhanskyi A., Kostyk S., Shybetskyi V.</i> SIMULATION OF FLUID MOTION IN A TUBES OF DIFFERENT CROSS-SECTIONS	190
<i>Ружинська Л.І., Остапенко Ж.І.</i> ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ БАР З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В УМОВАХ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ.....	192
<i>Семенюк С.М. Поводзинський В.М.</i> ВИКОРИСТАННЯ ХІТОЗАНУ В БІОРЕАКТОРАХ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННІ ОПОРНОЗАЛЕЖНИХ КЛІТИН	194
<i>Шафаренко М. В., Воробйова О.В.</i> ОСОБЛИВОСТІ КОНДЕНСАЦІЇ ПАРИ З ПАРОГАЗОВОЇ СУМІШІ	196
<i>Шафаренко М. В., Воробйова М.І.</i> ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ МАСООБМІНУ В РІДИННІЙ ФАЗІ ПЛІВКОВИХ КОЛОН.....	198
<i>Швиденко В.В., Мельник В.М.</i> УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ВПЛИВ НА М'ЯСНУ СИРОВИНУ	199
<i>Shybetskyi V., Kalinina M.</i> COMPUTER SIMULATION OF ULTRASONIC OSCILLATION DISTRIBUTION IN AIR PURIFICATION SYSTEMS OF PHARMACEUTICAL PRODUCTION	201
<i>Щенский Д. І., Макаренко А.А., Авдєєва Л.Ю.</i> ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ РЕАКТОРІВ КАВІТАЦІЙНИХ ЗМІШУВАЧІВ.....	203

Шановні учасники конференції!

У ці складні для України часи важливі прості добрі слова, щоб не втрачати віру у наше світле майбутнє. І як би складно не було говорити – говорити потрібно, бо тільки так ми можемо підтримати одне одного.

Конференції – це також форма спілкування між людьми, які щиро захоплюються наукою: від досвідченого професора до школяра, який тільки починає свій шлях у вивченні нового. Це спосіб поділитися своїми здобутками та надихнутися новими ідеями. І хоча кожного з нас долають сумніви щодо майбутнього, треба пам'ятати, що кожна війна закінчується миром, а Україну чекає перемога!

На плечах наших науковців лежить велика відповідальність за наступні покоління українських спеціалістів, які будуть плекати велич нашої незалежної держави.

Без науки неможливі інновації та прогрес, саме тому збереження та розвиток наукових шкіл і розгалуженої мережі зв'язків науковців є важливими завданнями сьогодні.

Велика подяка всім викладачам, науковим співробітникам та студентам з кожного куточка нашої героїчної країни, що знайшли в собі сили продовжити роботу, незважаючи на складні обставини. Саме Ви вкотре доводите, що українців не зламати. Тому з гордістю несіть світ щасливого майбутнього кожному поколінню нових українців!

З повагою, організатори конференції!





Секція 1.

ПРОМИСЛОВА, ХАРЧОВА,
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА,
ФАРМАЦЕВТИЧНА
ТА МЕДИЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ.



ПОШУК ТА ВИДІЛЕННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ДРІЖДЖІВ

Гончар Є.Р.¹, Науменко О.В.²¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, honchar.yelyzaveta@lil.kpi.ua,²Інститут продовольчих ресурсів НААН України

Хлібопекарська закваска – це складна мікробіологічна екосистема, яка заснована на взаємодіях дріжджів та молочнокислих бактерій між собою та з матрицею, яка в основному складається з води та борошна. Видами дріжджів, які найчастіше зустрічаються у складі хлібопекарських заквасок є *Saccharomyces cerevisiae*, *Kazachstania exigua*, *Candida humilis*, *Pichia kudriavzevii*, *Wickerhamomyces anomalus*. Метаболізм дріжджів є ключовим для функціонування хлібопекарської закваски – у результаті гліколізу вони ферментують різні вуглеводи, окислюючи їх до вуглекислого газу, що спричиняє ферментацію тіста [1]. Хлібопекарські дріжджі поліпшують органолептичні властивості готової продукції, зокрема смак, аромат, консистенцію крихти та колір скоринки [1-4]. Більш того, дріжджі підвищують поживну цінність хліба, продукують вітаміни, надають антиоксидантні властивості, поліпшують засвоюваність деяких мінералів, викликаючи біодеградацію фітату – антинутрієвничного фактору та подовжують термін зберігання хліба [4].

Метою роботи було дослідження мікробіоти спонтанних хлібопекарських заквасок та виділення з них активних штамів дріжджів, перспективних для використання у хлібопекарській промисловості. У роботі використано загальноновживані методи мікробіологічного, мікроскопічного та фізіолого-біохімічного аналізу.

З метою розширення селекційного поля для пошуку ефективних штамів дріжджів окрім класичних пшеничних і житніх борошняних систем використовували нетрадиційні види з гречаним, рисовим, вівсяним, ячмінним борошном, на яких розводили закваски спонтанного бродіння. Проаналізовано мікробіологічний профіль 6-ти спонтанних заквасок, з яких за морфологічними, культуральними ознаками виділено 46 ізолятів дріжджів у чистій культурі. З них відібрано 8-ім ізолятів, які ідентифіковано як *Saccharomyces cerevisiae* згідно аналізу їх фізіолого-біохімічної активності. Вони ферментували сахарозу, мальтозу, фруктозу, глюкозу, галактозу та рафінозу, але не лактозу, оскільки ці дріжджі не мають лактази або β -галактозидазної системи [5].

Відомо, що газоутворення є найважливішою ознакою для процесу розпушування тіста, це може вказувати на високу активність інвертази [6], тому штами дріжджів відбирали також на основі активності газоутворення. Встановлено, що ізоляти № 1, 3 та 5 мали найбільшу здатність до використання цукру та газоутворення.

Досліджено низку властивостей дріжджів, важливих для оцінки їх потенціалу для використання у складі хлібопекарських заквасок. Зокрема, встановлено, що всі штами, крім ізолятів №4 та 7, були здатними до флокуляції. У відповідь на зміну температури відібрані штами добре росли при 25°C, 30°C та 37°C. Це свідчить про те, що такі дріжджі можуть скоротити процес

ферментації тіста за рахунок збільшення продукції вуглекислого газу при підвищенні температури [7].

Досліджено життєздатність виділених дріжджів в умовах спонтанного стресу під впливом наступних факторів: температура, етанол, сахароза і глюкоза. Відібрано ізоляти, які витримали серію стресових факторів, і можуть бути потенційними розпушувачами для приготування хліба. Штами показали ріст при 37°C, росли на середовищі з 50% глюкози, 8% етанолу.

Дослідження швидкості бродіння тіста показало, що ізоляти №1 та 5 мали технологічну активність подібну до колекційного хлібопекарського штаму дріжджів *S. cerevisiae* Y-5008, взятого для порівняння.

Таким чином, у результаті цілеспрямованого пошуку виділено з природних джерел ефективні штами дріжджів *S. cerevisiae*, які потенційно можуть бути використані в якості пекарських дріжджів у промисловості.

Список використаної літератури:

1. Vuyst, L. De, Harth, H., Kerrebroeck, S. Van, та ін. Yeast diversity of sourdoughs and associated metabolic properties and functionalities. *International Journal of Food Microbiology*. 2016. Vol. 239. C. 26–34.
2. Niçin, R., Özdemir, N., Şimşek, Ö., та ін. Production of volatiles relation to bread aroma in flour-based fermentation with yeast. *Food Chemistry*. 2022. Vol. 378. C. 132125.
3. Xu, D., Zhang, Y., Tang, K., та ін. Effect of Mixed Cultures of Yeast and Lactobacilli on the Quality of Wheat Sourdough Bread. *Frontiers in Microbiology*. 2019. Vol. 10.
4. Vuyst, L. De, Comasio, A., Kerrebroeck, S. Van. Sourdough production: fermentation strategies, microbial ecology, and use of non-flour ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021. C. 1–33.
5. Thais, T. M. Guimarães, D. G. Moriel, I. P. Machado, C. M. T. F. Picheth, and T. M. B. Bonfim, “Isolation and characterization of *Saccharomyces cerevisiae* strains of winery interest,” *Brazilian Journal of Pharmaceutical and Sciences*, vol. 42, no. 1, pp. 119–126, 2006
6. K. J. Verstrepen, G. Derdelinckx, H. Verachtert et al., “Yeast flocculation: what brewers should know,” *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 61, no. 3, pp. 197–205, 2003
7. C. Pataro, A. Santos, S. R. Correa, P. B. Morais, V. R. Linardi, and C. A. Rosa, “Physiological characterization of yeasts isolated from artisanal fermentation in an Aguardente distillery,” *Brazilian Journal of Microbiology*, vol. 29, no. 2, pp. 104–108, 1998

РОЗРОБКА КОНДУКТОМЕТРИЧНОГО МОНОФЕРМЕНТНОГО БІОСЕНСОРА ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ВИЗНАЧЕННЯ АРГІНІНУ НА ОСНОВІ АРГІНІНДЕМІНАЗИ

**Беркета К.О.¹, Саяпіна О.Я.¹, Фаюра Л.Р.², Сибірний А.В.^{2,3},
Дзядевич С.В.¹, Солдаткін О.О.¹**

¹ Інститут молекулярної біології і генетики НАН України,
ksenya.berketa.10@gmail.com

² Інститут біології клітини НАН України

³ Жешувський університет

Амінокислота L-аргінін є умовно незамінною, а також найбільш основною серед протеїногенних амінокислот. Вона включена в ряд важливих фізіологічних процесів: поділ клітин, синтез білків, імунні реакції тощо. Опосередковано аргінін може приймати участь в судинному гомеостазі. Тому коли кількість аргініну та його похідних в метаболічних шляхах знижується можуть виникнути серйозні проблеми з функціонуванням організму людини.

L-аргінін є маркером низки захворювань: серцево-судинних захворювань, захворювань периферичних судин, еректильної дисфункції, атеросклерозу, стенокардії, мігрені.

Наразі існує широкий спектр методів кількісного визначення аргініну: спектрофотометричний, флуориметричний та хемілюмінесцентний аналіз, хроматографія, капілярний електрофорез, мас-спектрометрія та ферментні аналізи. Незважаючи на те, що всі методи є ефективними у використанні, вони мають ряд недоліків: висока вартість, тривала попередня обробка зразків, складність аналізу та використання дороговартісного і громіздкого обладнання. Для розв'язання даних проблем ми вирішили створити моноферментний кондуктометричний біосенсор на основі аргініндеімінази для селективного визначення аргініну в фармацевтичних зразках.

Роботу по розробці моноферментного біосенсора для визначення аргініну почали з вибору оптимальної методики іммобілізації та підбору основних параметрів цієї іммобілізації (склад ферментного розчину, активність ферменту в гелі, методика нанесення біомембрани, тривалість іммобілізації, тощо).

Визначали оптимальні параметри робочого буферного розчину для найкращого функціонування розробленого кондуктометричного біосенсора. Таким чином, для роботи біосенсора було обрано 5 мМ фосфатний буферний розчин, рН 6,2.

Аналізуючи стабільність розробленого біосенсора було експериментально визначено, що аргінін-чутливий біосенсор характеризується високою відтворюваністю результатів впродовж одного дня активної роботи (RSD = 6,1 %), а також характеризується гарною операційною стабільністю протягом двох тижнів. Також було визначено найкращі умови для довгострокового зберігання біосенсора – в сухому стані за температури -18 °С.

При дослідженні селективності розробленого кондуктометричного біосенсора на основі аргініндеїмінази відносно протеїногенних амінокислот та інших електроактивних речовин встановлено, що запропонований біосенсор, характеризується деякою чутливістю (на рівні 20 % від відгуку на цільову речовину) до глютамінової та аспарагінової кислот, а також сильною чутливістю до лимонної та аскорбінової кислот (на рівні чутливості до цільової речовини). Відгуки на інші можливі інтерференти були мінімальними та майже не впливали на селективність біосенсора.

Було проаналізовано аналітичні характеристики розробленого в роботі біосенсора. Виявилось, що мінімальна границя визначення аргініну для запропонованого біосенсора становила 2 мкМ. Лінійний діапазон роботи біосенсора знаходиться в межах від 20 до 750 мкМ L-аргініну, а динамічний – від 0 до 2000 мкМ. Чутливість до L-аргініну для даного біосенсора становила 1927 мкСм/мМ. Шум та дрейф базової лінії для даного вимірювання становили 1,6 мкСм/хв та 0,72 мкСм/хв відповідно.

Таким чином, було доведено, що основні характеристики біосенсора, є достатніми для його коректної роботи з реальними фармацевтичними зразками. Далі ми приступили до апробування біосенсора при вимірюванні концентрації цільової сполуки – L-аргініну в фармацевтичних зразках. Для перевірки коректності біосенсорного аналізу було відібрано три різні фармацевтичні препарати. При біосенсорному аналізі концентрацій аргініну було застосовано метод стандартних додавань. Цей метод стандартних додавань полягає у тому, що спочатку додавали досліджуваний зразок з невідомою концентрацією аргініну (аліквота фармацевтичного препарату) у вимірювальну комірку. Далі додавали три аліквоти стандартного концентрованого розчину аргініну. По отриманим відгукам будувалась пряма, за рівнянням якої і вираховували концентрацію аргініну в досліджуваному зразку.

За результатами біосенсорного аналізу по 3-м фармацевтичним препаратам побудовано таблицю 1, в якій отримані концентрації аргініну в препаратах порівняно з концентраціями, зазначеними фармацевтичними підприємствами. Вимірювання кожного препарату робили в 6-и повторностях.

Таблиця 1 – Результати біосенсорного аналізу концентрації аргініну в фармацевтичних зразках

Зразок	Біосенсорний аналіз, мМ	Заявлена виробником концентрація, мМ
№1	143,9±10,9	149,7
№2	146,3±25,6	143,8
№3	114,3±17,4	100,0

Отримані в рамках розробки та тестування нового аргінін-чутливого моноферментного біосенсора результати свідчать про перспективність подальшого застосування даного біосенсора для аналізу концентрації аргініну в фармацевтичних зразках.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФЕНІЛАЛАНІНУ НА РІСТ «БОРОДАТИХ»
КОРЕНІВ *ARTEMISIA TILESII* LEDEB.**

Богданович Т. А., Матвєєва Н. А.

**Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України,
bogdanovych_tais@ukr.net**

Для медичної та фармацевтичної біотехнології важливим є не лише пошук нових продуцентів біологічно активних сполук, а і можливість інтенсифікації виробництва. Для активізації синтезу вторинних метаболітів та приросту біомаси у рослин, можуть використовуватись різні еліситори та прекурсори. Однією з таких сполук є фенілаланін – амінокислота, потрібна для біосинтезу флавоноїдів, які у свою чергу мають протизапальні та антиоксидантні властивості.

Метою роботи було дослідження впливу низької концентрації фенілаланіну на ріст «бородатих» коренів полину Тілесіуса за двох режимів освітлення. Корені вирощували на агаризованому середовищі MS з додаванням 0.05 та 0.1 мМ фенілаланіну при +24°C на світлі (3000 лк, 16 год) та у темряві. Приріст маси визначали через 4 тижні культивування.

Характер росту «бородатих» коренів залежив від наявності освітлення та самих ліній: з 4 дослідних ліній у двох спостерігався значно більший приріст маси (у 2-3 рази) при освітленні, в той час як у інших двох, навпаки, кращий ріст коренів був при культивуванні у темряві як у контролі, так і в варіантах з фенілаланіном. Також у залежності від освітлення змінювалися морфологія та особливості росту коренів: у перших двох ліній при освітленні корені були значно товстішими, мали більшу швидкість росту, але меншу галузистість та довжину, ніж при культивуванні без освітлення; у інших двох ліній при освітленні корені мали більшу галузистість, але значно меншу швидкість росту і довжину, ніж при культивуванні без освітлення. Усі чотири лінії «бородатих» коренів були зеленого кольору при освітленні та білого – у темряві.

При культивуванні лише одної лінії у темряві приріст маси «бородатих» коренів на середовищі з 0.05 мМ фенілаланіну був на 24% більшим, ніж у контролі без фенілаланіну. У іншій лінії до незначного збільшення приросту маси порівняно з контролем (0мМ) призвело додавання фенілаланіну у концентрації 0.1 мМ: приріст маси був на 4% більшим, ніж при культивуванні на середовищі без фенілаланіну за вирощування у темряві. Проте, за наявності освітлення, у всіх ліній будь-яка концентрація фенілаланіну мала інгібуючий ефект порівняно з контролем без фенілаланіну.

Таким чином, додавання фенілаланіну у низьких концентраціях до середовища під час культивування «бородатих» коренів може по-різному впливати на характер росту та приріст біомаси. Це може бути спричинено не тільки параметрами культивування (різні режими освітлення), а і відмінностями у генотипах отриманих ліній.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН
ТА МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ КОНЦЕНТРАЦІЇ
У РОСЛИНАХ РОДУ *HYPERICUM***

Буханець В. Д.¹, Листван К. В.²

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, viktoriabuhanets@gmail.com

²Інститут клітинної біології і генетичної інженерії НАН України

Трава звіробою з давніх часів є невід'ємним засобом народної медицини насамперед через її цілющі властивості і широке поширення. Причиною цього є наявність у власному складі надзвичайної кількості корисних біологічно активних речовин, до яких, зокрема, віднесені гіперицин, гіперфорин, фенольні сполуки та ефірні олії. Сучасні методи досліджень відкривають нові можливості для використання окремих метаболітів цієї рослини як основу для ефективних ліків з антидепресивною, протизапальною, противірусною, протипухлинною та антибактеріальною дією, що підвищує інтерес до трави звіробою.

Метою наших запланованих досліджень є визначення цінних вторинних метаболітів, що містяться у різних видах роду *Hypericum*, та аналіз впливу елісатора хімічної природи – натрію нітропрусиду – на вміст даних сполук у рослинах.

Літературні дані свідчать, що такі речовини як гіперицин, гіперфорин, кверцитрин, кверцетин та рутин зазвичай накопичуються у квітковій частині рослин, а хлорогенова кислота – у листовій частині. Рослини видів *H. perforatum*, *H. perforatum* у порівняно значній кількості накопичують нафтодіантрони. Стадія формування бутонів, відповідно до літературних даних, вважається найкращим періодом для збору врожаю звіробою, адже в цей час у рослині накопичуються гіперицин, флавоноїди, фенольні сполуки у порівняно високих концентраціях [1].

Однією з ефективних тактик підвищення концентрації метаболітів рослин, відповідно до численних літературних даних, вважається використання елісаторів фізичної, хімічної та біологічної природи, що індукують захисну відповідь рослини, внаслідок чого у рослині може підвищуватися вміст метаболітів інтересу. У промислових масштабах це дозволить підвищити ефективність отримання фармацевтично значимих сполук та розширити асортимент лікарських препаратів на основі рослинної сировини.

Через значне різноманіття видів роду *Hypericum* та їх чутливість до факторів навколишнього середовища, отримувані результати нерідко різняться, що ускладнює їх об'єктивне трактування та імплементацію використаних методик, зокрема, у промислову сферу. А перспективи залучення окремих метаболітів трави звіробою у лікування діабету, раку чи депресії тільки розширюють спектр можливостей рослин роду *Hypericum*. Тому дане питання й надалі залишається актуальним і вимагає проведення нових експериментів.

Результатом наших майбутніх досліджень мають стати нові дані по впливу, зокрема, натрію нітропрусиду на синтез цільових біологічно активних речовин в

таких видах звіробою, як *H. balearicum*, *H. perforatum*, *H. tomentosum*, *H. kalmianum*, з метою визначення можливих закономірностей такого синтезу.

Список використаної літератури:

1. Cirak C, Radusiene J. Factors affecting the variation of bioactive compounds in Hypericum species. Biol Futur [Internet]. 2019 Sep 1;70(3):198–209. Available from: <https://www.akademai.com/doi/10.1556/019.70.2019.25>

USAGE OF MIXED WASTE OIL IN THE MIXTURE WITH ACETATE FOR MICROBIAL EXOPOLYSACCHARIDE ETHAPOLAN BIOSYNTHESIS

Voronenko A.A.

National University of Food Technologies, voronenkoua@gmail.com

One of the important indicators of the effectiveness of technologies for obtaining practically valuable microbial metabolites that directly affects the possibility of their industrial implementation is the final cost of the target product [1].

In our previous work [2] the possibility of synthesis of microbial exopolysaccharide (EPS) ethapolan (produced by *Acinetobacter* sp. IMV B-7005) on mixture of sodium acetate and sunflower oil has been shown. The disadvantage of this technology was the need to use expensive refined sunflower oil in the mixed substrate. It should be noted that substrate costs can be up to 50% of the final cost of the target product [1].

In connection with the above, the aim of this work was to study the possibility of replacing the refined oil in the mixture with a waste one during polysaccharide ethapolan synthesis on the mixture of sodium acetate and sunflower oil.

For this purpose we chose mixed sunflower oil after frying various foods (meat, potatoes, onions, and cheese), which is the most common type of waste oil, because different overcooked oil are usually mixed before being sent for utilization.

Experiments have shown that after the replacement of refined oil in the mixture with acetate on mixed oil after frying various foods the amount of final product reached 16.36 g/l, which was only slightly lower than that obtained using a refined substrate (17.27 g/l) (Table). Meanwhile, EPS-synthesizing capacity increased up to 7.34 g EPS/g biomass, that was 2.2-3.7 times higher than the indicators obtained on the mixture of mixed waste oil after frying various products and other C₂-C₆-substrates (ethanol and molasses) [3].

It should be noted that during refined oil replacement on mixed waste oil after frying various foods additional influence of the concentration of Mg²⁺ cations in the culture medium was studied.

These cations are one of the activators of acetyl-CoA synthetase – key enzyme C₂-metabolism in *Acinetobacter* sp. IMV B-7005. Low activity of acetyl-CoA synthetase in the IMV B-7005 strain is one of the reasons of acetate metabolism limitation.

It was found that when the content of Mg²⁺ increased to 5 mM a moderate increase in the ethapolan synthesis on the mixture of acetate (3.0%) and mixed waste oil after frying various foods (1.5%) was observed. Under such cultivation conditions concentration of EPS was 18.21 g/l, EPS-synthesizing capacity was 7.82 g EPS/g biomass.

At the same time, the additional introduction of Mg²⁺ in the medium with acetate and refined oil led to a slight decrease in the synthesis of EPS. We suggest that this may be due to the different effects of these cations on the enzymatic systems

responsible for the catabolism of fatty acids and other related components that are part of sunflower oil or formed during frying.

For instance, Li et al. [4] found that in lactic acid bacteria *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* concentration of Mg^{2+} cations, at which the maximum enzymatic activity is observed, differs for various enzymes of the β -oxidation system.

Table – Biosynthesis of ethapolan on the mixture of sunflower oil (1.5%) of different quality and sodium acetate (3.0%)

Concentration of Mg^{2+} in the medium, mM	Type of oil in the mixture with acetate	pH _{end}	EPS, g/l	EPS-synthesizing ability, g EPS/ g biomass
1.6	Refined (control)	7.9	17.27±0.86	6.47±0.32
	Mixed waste oil after frying various foods	7.7	16.36±0.82	7.34±0.37
5.0	Refined (control)	7.8	16.95±0.85	6.21±0.31
	Mixed waste oil after frying various foods	7.7	18.21±0.91	7.82±0.39

Notes: The inoculum was grown on the refined or mixed waste oil after frying various foods. Fractional application of substrates was carried out three times every 24 hours: two portions of 1.0% acetate and 0.5% of oil, and one portion of 0.35% acetic acid and 0.5% of oil.

Thus, as a result of this work it was found that increase of the Mg^{2+} cations (acetyl-CoA-synthetase activator) concentration to 5.0 mM allowed not only to replace refined oil in the mixture with acetate on a mixed one, but also to increase the maximum synthesis of the final product.

Obtained data are the basis for the development of a universal technology for the ethapolan synthesis on mixed substrates, independent of the supplier and the quality of waste sunflower oil.

References

1. Fukuda K., Kono H. Cost-benefit analysis and industrial potential of exopolysaccharides. In: Microbial exopolysaccharides as novel and significant biomaterials / Nadda A.K., K.V.S., Sharma S. eds.. Springer, Cham, 2021. P. 303-339.
2. Pirog T.P., Voronenko A.A., Yarosh M.B. Production of exopolysaccharide ethapolan under *Acinetobacter* sp. IMV B-7005 cultivation on the mixture of acetate and sunflower oil. Biotechnologia acta. 2020. Vol. 13, No 4. P. 71-81.
3. Voronenko A., Pirog. T. Ethapolan synthesis by *Acinetobacter* sp. IMV B-7005 on the mixture of C₂-C₆-substrates and waste sunflower oil. Ukrainian Journal of Food Science. 2021. Vol. 9, No 2. P. 259-268.
4. Li L., Ma Y. Effects of metal ions on growth, β -oxidation system, and thioesterase activity of *Lactococcus lactis*, Journal of Dairy Science. 2014. Vol. 97, No 10. P. 5975-5982.

ВПЛИВ КОМБІНАЦІЇ ВАКЦИННИХ ШТАМІВ Н120 ТА М-41 ВІРУСУ ІНФЕКЦІЙНОГО БРОНХІТУ КУРЕЙ НА ІМУННУ ВІДПОВІДЬ

Гриб І. О., Любецький О. В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, pitbm@ukr.net

Інфекційний бронхіт курей (ІБК) – поширена хвороба серед птахів, що викликана коронавірусом з роду *Gammacoronavirus*, який не здатний вражати ссавців, в тому числі людей [1].

Вірус бронхіту (ІБК) є основною причиною економічних втрат в сільському господарстві, що пов'язано із респіраторними захворюваннями птахів, нефритом та якістю знесених яєць [2].

Мета дослідження – оцінка впливу комбінації декількох штамів вірусу ІБК у вакцині на формування імунної відповіді птиці.

Для виготовлення дослідних зразків вакцини в якості антигену використовували вірусовмісну алантоїсну рідину зібрану з яєць, вільних від специфічних патогенів (SPF) та попередньо заражених вірусом інфекційного бронхіту курей штамми Н120 та М-41 окремо один від одного відповідно. Вірус вводили в алантоїсну рідину 10-денних ембріонів. Інфекційна доза на ембріон становила 50% (EID₅₀). Вакцину вводили внутрішньом'язово в грудний м'яз дозою об'ємом 0,5 мл.

В проведеному дослідженні двадцять курчат були розділені на чотири групи: група №1 – негативний контроль, група №2 - невакциновані заражені вірусом, №3 - вакциновані інактивованою вакциною проти хвороби ІБК (штам Н120), група №4 – вакциновані інактивованою вакциною проти хвороби ІБК (штами Н120 та М-41). Вакцинацію проводили на чотирнадцятий день після вилупу. Через три тижні після останньої вакцинації групи №2-4 заражали живим вірулентним вірусом хвороби ІБК.

Для оцінки впливу вакцинації на імунну систему птахів, титрування для визначення антитіл проти ІБК проводили за допомогою методу ІФА. Як і очікувалося, антитіл не було виявлено у групах №1-2. Результати показали суттєві відмінності між різними групами провакцинованих курчат. Вакцина, яку використовували при вакцинуванні групи №3, містила штам Н120 (GMT: 1064) а для вакцинації групи №4, використовували вакцину, що містила штамми Н120 та М-41 (GMT: 1960) (рис. 1). Титр антитіл курей, вакцинованих проти хвороби ІБК інактивованою вакциною зі штамів Н120 та М-41, був у 1,8 рази вищий, ніж у курей, вакцинованих лише штамом Н120.

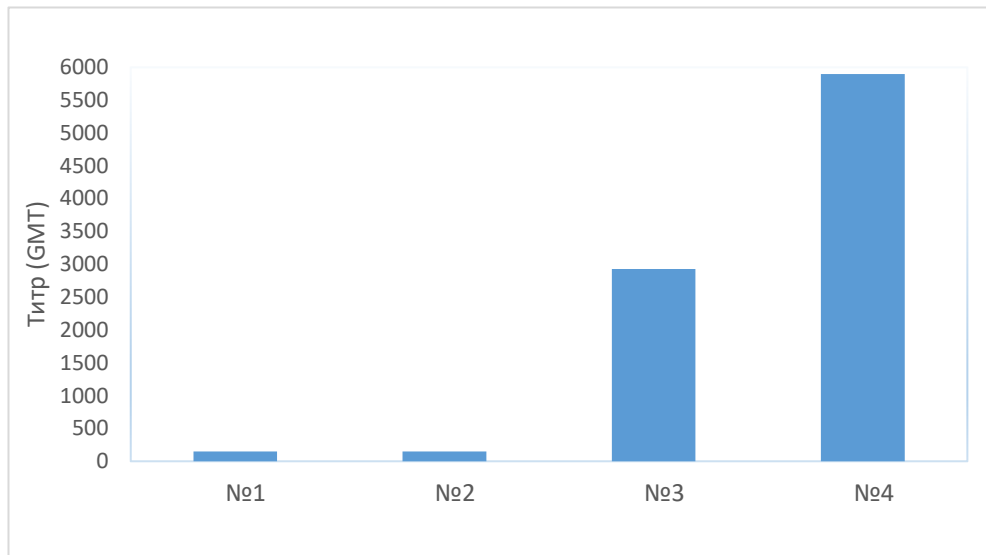


Рис. 1 – Титр антитіл курей, вакцинованих різними штамами ІБК. №1 – негативний контроль, №2 - невакциновані заражені вірусом, №3 - вакциновані (штам Н120), №4 – вакциновані (штами Н120 та М-41)

Оцінка клінічних ознак заражених груп птиці показала, що вакцинація суттєво сприяє зменшенню їх проявів. Відсутність кашлю, чхання та хрипів у вакцинованої групи курей свідчить про позитивний захисний ефект вакцини.

Таким чином встановлено, що поєднання декількох штамів вірусу інфекційного бронхіту у вакцині сприяє підвищенню захисної реакції організму птиці.

Список використаної літератури:

1. De Wit JJS, Cook JKA. Spotlight on avian coronaviruses. Avian Pathol. 2020;49:313-316.
2. Cavanagh, D.; Picault, J.P.; Gough, R.; Hess, M.; Mawditt, K.; Britton, P. Variation in the spike protein of the 793/B type of infectious bronchitis virus, in the field and during alternate passage in chickens and embryonated eggs. Avian Pathol. 2005, 34, 20-25.

ПЕРСПЕКТИВНІ ПРОДУЦЕНТИ ЛІКОПЕНУ

Гриценко К. В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, hrytsenko.kateryna@lil.kpi.ua

Лікопен є С40 ізопреноїдом родини каротиноїдів. Він широко використовується у фармацевтиці, харчовій та косметичній промисловостях завдяки своїм антиоксидантним та антиканцерогенним властивостям [1, 2]. Лікопен можна синтезувати хімічно, добувати з рослин або отримувати культивуванням мікроорганізмів. У порівнянні з іншими методами, мікробний синтез є більш економічно вигідним та стабільним [2, 3].

Отримувати лікопен можна як з допомогою організмів, які природньо накопичують каротиноїди, так і генетично-сконструйованих, початково нездатних до синтезу, шляхом введення відповідних генів. Модифікація природних штамів з метою посилення продукування лікопену включає зняття генетичних блоків, посилення експресії певних генів, перенаправлення потоку ключових метаболітів.

Здатність до синтезу лікопену та інших каротиноїдів мають гриби *Blakeslea trispora*, які накопичують 103,58 мг лікопену/г сухої біомаси. Вони продукують переважно транс-форми лікопену, легко культивуються та не потребують особливих умов для росту [3]. На даний час *B. trispora* широко використовується в промисловості, однак механізм регуляції біосинтезу каротиноїдів все ще недостатньо вивчений для ниткоподібних грибів, а використання генетичних маніпуляцій ускладнено, що перешкоджає можливості метаболічного конструювання для поліпшення виходу лікопену.

Для конструювання мікроорганізмів з високим виходом лікопену актуальними є методи генетичної інженерії. В даний час дослідження з гетерологічного біосинтезу лікопену в основному зосереджені на бактеріях (*Escherichia coli*) та дріжджах (*Saccharomyces cerevisiae*, *Yarrowia lipolytica*).

Y. Lipolytica має переваги за рахунок великого пулу ацетил-КоА (важливого прекурсору шляху синтезу лікопену) та високого вмісту ліпідів, що сприяє зберіганню лікопену. При оптимізації умов культивування вихід лікопену становив близько 170 мг/г сухої біомаси, що свідчить про перспективність використання *Y. Lipolytica*. Крім того, оскільки *Y. lipolytica* може споживати багато гідрофобних субстратів, у промисловому виробництві можна використовувати дешевшу сировину, таку як рослинна олія або інші відходи для досягнення такого ж ефекту, як від використання пальмітинової кислоти [4]. Попри це, генетичне конструювання *Y. lipolytica* є обмеженим.

Незважаючи на те, що найбільший вихід лікопену (448 мг/г сухої біомаси) був отриманий саме з генетично-модифікованого штаму *E. coli* [1], її використання для синтезу лікопену є суперечливим, оскільки даний мікроорганізм вивільняє ендотоксин. Цього недоліку позбавлений представник галофільних архей *Haloferax mediterranei*. Цей продуцент *de novo* має мевалонатний шлях синтезу лікопену, але останній не накопичується, а перетворюється далі в інші типи каротиноїдів. Дану проблему вдалося вирішити

з допомогою генно-інженерних підходів, посиливши експресію гену *crtB*, відповідального за утворення фітоен-синтази, зупинивши подальше перетворення лікопену на бактеріоруберин та заблокувавши конкуруючі за прекурсори лікопену шляхи. Таким чином, вихід лікопену досяг 119,25 мг/г. Перевагою *H. mediterranei* над іншими мікроорганізмами є можливість широкого вибору джерел карбону для поживного середовища, швидкий ріст та стійкість до високих концентрацій натрій хлориду в середовищі, що дає можливість проводити культивування в нестерильних умовах та значно знизити собівартість виробництва. Крім того, відносно простішою стає й екстракція каротиноїдів, оскільки клітини піддаються лізису в умовах низької концентрації солі [2].

Надзвичайно перспективним є використання й іншого представника екстремофільних мікроорганізмів – *Deinococcus radiodurans*. У порівнянні з традиційними продуцентами, такими як *E. coli* та *S. cerevisiae*, виробництво лікопену з його допомогою є економічно-вигідним завдяки більшому потоку вуглецю у напрямку каротиноїдних біосинтетичних шляхів та високому рівню внутрішньоклітинного пулу НАД(Ф)Н, що є важливим для біосинтезу лікопену. Крім того, він може використовувати різні субстрати, включаючи більшість поширених цукрів та дешеві джерела вуглецю, такі як органічні відходи. Так, вирощування генетично-модифікованого *D. radiodurans* на середовищі на основі гліцерину дозволило отримати 203,5 мг/г сухої біомаси [5].

Отже, враховуючи розглянуті переваги й недоліки існуючих продуцентів лікопену, перспективним є використання та вдосконалення саме екстремофільних організмів, прикладом яких є *H. mediterranei* та *D. radiodurans*. Частотою проблемою, що перешкоджає вдосконаленню штамів з метою підвищення виходу лікопену, є складність генетичного конструювання, тому подальший розвиток підходів генетичної інженерії дозволить поліпшити й оптимізувати промислове виробництво лікопену мікроорганізмами.

Список використаної літератури:

1. Coussement, P., Bauwens, D., Maertens, J., and De Mey, M. (2017). Direct combinatorial pathway optimization. *ACS Synth. Biol.* 6, 224–232.
2. Zuo Z, Xue Q, Zhou J, Zhao D, Han J, Xiang H (2018) Engineering *Haloferax mediterranei* as an efficient platform for high level production of lycopene. *Front Microbiol* 9:2893.
3. Wang, Y. L., Pang, J., Zheng, Y. M., Jiang, P. P., Gong, W. F., Chen, X. W., et al. (2017). Genetic manipulation of the bifunctional gene, *carRA*, to enhance lycopene content in *Blakeslea trispora*. *Biochem. Eng. J.* 119, 27–33.
4. Luo Z, Liu N, Lazar Z, Chatzivasileiou A, Ward V, Chen J, Zhou J, Stephanopoulos G (2020) Enhancing isoprenoid synthesis in *Yarrowia lipolytica* by expressing the isopentenol utilization pathway and modulating intracellular hydrophobicity. *Metab Eng* 61: 344–351.
5. Kang CK, Jeong S, Yang JE, Choi YJ (2020) High-yield production of lycopene from corn steep liquor and glycerol using the metabolically engineered *Deinococcus radiodurans* R1 Strain. *J Agric Food Chem* 68(18):5147–5153.

ВАКЦИНИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ ПРОТИ COVID-19

Гронь К.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, sherlocked.3103@gmail.com

Сьогодні світ досі бореться проти поширення гострого респіраторного захворювання COVID-19, що викликане вірусом SARS-CoV-2. Наразі зафіксовано більше 167 кандидатів по створенню вакцин, що перебувають на різних етапах як доклінічних так і клінічних досліджень. Серед них є так звані традиційні вакцини (інактивовані та живі атенуйовані штами), проте все частіше перевага в застосуванні надається вакцинам нового покоління, розробка яких відбувається з безпрецедентною швидкістю [1].

Новий підхід в стратегії розробки вакцини проти COVID-19 базується на використанні нуклеїнових кислот (ДНК та РНК), пептидів та вірусних векторів.

Так наприклад, ДНК-вакцини містять ДНК-конструкцію, яка кодує специфічний антигенний білок збудника. Як і живі або ослаблені віруси, ДНК-вакцини здатні ефективно активувати як МНС-I, так і МНС-II шляхи, це у свою чергу дозволяє стимулювати CD8⁺ і CD4⁺ Т-клітин, індукуючи як гуморальну, так і клітинно-опосередковану імунну відповідь. ДНК-плазмідна вакцина є INO-4800 (Inovio Pharmaceuticals, Inc. and the International Vaccine Institute) є прикладом такої ДНК-нанотехнологічної вакцини проти COVID-19, яка зараз проходить клінічні випробування на людях [2].

В РНК-вакцинах використовується мРНК, яка безпосередньо кодує білок SARS-CoV-2, що і дозволяє створити сильну імунну відповідь проти коронавірусу. Загалом вони подібні до ДНК-вакцин, але виключають етап транскрипції. мРНК-вакцини забезпечують імуностимулюючу активність за рахунок клітинної поверхні, ендосомальних та цитозольних імунних рецепторів. Він також може забезпечувати ад'ювантну активність і, таким чином, викликати сильну імунну відповідь Т- і В-клітин [1].

Moderna Inc. у партнерстві з Національним інститутом алергії та інфекційних захворювань США розробила вакцину mRNA-1273, доклінічні та клінічні дослідження якої підтверджують здатність вакцини забезпечувати безпечний імунітет проти коронавірусів.

Інші приклади РНК-нанотехнологічних вакцин проти COVID-19, які включають ліпідні наночастинки 3LNP-мРНК BNT162 BioNTech SE, Fosun Pharma, and Pfizer Inc. LNP-nCoVsaRNA (Imperial College London) та LNPCureVac - CVnCoV (P CureVac Inc., Germany). Дослідження Lombardi показали, що вакцини BNT162b2 (Pfizer) і mRNA1273 (MODERNA/NIH) демонструють чудову ефективність (94%), а головне безпечність [1, 2].

Список використаної літератури:

1. Marzieh Rezaei, Mahboobeh Nazari. New Generation Vaccines for COVID-19 Based on Peptide, Viral Vector, Artificial Antigen Presenting Cell, DNA or mRNA. Avicenna Journal of Medical Biotechnology. 2022. Vol. 14, No 1. P. 30-36.
2. Maluta Steven Mufamadi. Nanotechnology shows promise for next-generation vaccines in the fight against COVID-19. MRS BULLETIN. 2020. Vol. 45. P. 981-982

СУЧАСНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ СПІВСИНТЕЗУ δ -АМІНОКИСЛОТ З ПРАКТИЧНО ЦІННИМИ СУПУТНИМИ ПРОДУКТАМИ

Гук Є. І., Пирог Т. П.

Національний університет харчових технологій, douakeen@gmail.com

Вступ. Суттєвими питаннями сьогодення біотехнологічної промисловості є поведження з відходами і зменшення виробничих витрат. Досягти прогресу у вирішенні цих питань можна впровадженням так званих інтегрованих технологій мікробного синтезу, в яких передбачено продукування біологічним агентом одночасно кількох практично цінних сполук. Проведення єдиного технологічного процесу є економічно вигідним, оскільки вартість кожного з продуктів дозволить значно знизити виробничі витрати. До того ж, якщо цільові продукти накопичуватимуться і всередині клітин (ендометаболіти), і ззовні (екзометаболіти), то в результаті кількість відходів буде зведена до мінімуму [1,2].

Велику увагу вчених, що займаються розробкою інтегрованих біотехнологій, приділено технологічним процесам, у яких одним із цільових продуктів є непротеїногенна амінокислота. Це зумовлено високими витратами на одержання таких монопродуктів як хімічним синтезом, так і біотехнологічними методами. Найчастіше як цільові продукти розглядаються δ -амінокислоти через можливість їх широкого застосування [1-3].

Матеріали та методи. Здійснено аналіз сучасних літературних джерел, присвячених дослідженню біотехнологічних процесів одночасного отримання δ -амінокислот спільно з супутніми цінними продуктами.

Результати та обговорення. Станом на 2022 р., досліджень, присвячених інтегрованим біотехнологічним процесам отримання δ -амінокислот, відомо небагато. Як основний продукт у цих роботах фігурують 5-амінолевулінова (АЛК) та 5-аміновалеріанова (АВК) кислоти [1-3].

5-амінолевулінова кислота є загальним попередником практично всіх пірольних сполук рослин, тварин і мікроорганізмів (таких, як ціанокобаламін, хлорофіл, порфірини, гем тощо). Цю речовину застосовують в медицині (для діагностики ракових утворень), сільському господарстві (як біодеградабельний пестицид або регулятор росту рослин) та харчовій промисловості (як консервант). Як супутній продукт для одночасного синтезу з цією амінокислотою розглядався тільки полігідроксибутират (ПГБ) – лінійний поліестер з групи полігідроксиалканоеатів, які накопичуються в клітинах багатьох бактерій і використовуються як біодеградабельний пластик, кормова добавка для тварин, носій для доставки ліків або біопаливо [1, 2]. В усіх варіантах як біологічний агент було використано генно-інженерні штами *Escherichia coli*. У роботі [1] *E. coli* модифікували вбудовуванням гена *heml* (5-АЛК-синтаза) з *Saccharomyces cerevisiae* (забезпечує синтез АЛК через так званий C4-шлях, починаючи з сукциніл-КоА) та оперона *phaCAB* (відповідальний за синтез полігідроксибутирату з ацетил-КоА) з *Ralstonia eutropha*. У результаті було отримано штам LTT19PHB+ALA+, який на середовищі з глюкозою (20 г/л),

гліцином (3 г/л) і сукцинатом (6 г/л) синтезував 1,6 г/л амінолевулінової кислоти та накопичив полігідроксibuтирату в кількості 43,1 % від абсолютно сухої біомаси (АСБ). Після 18 год культивування здійснювали внесення підживлювального розчину, що містив 10 г/л глюкози, 2 г/л гліцину та 4 г/л сукцинату. Іншим дослідникам [2] вдалося вдвічі збільшити кількість синтезованої АЛК (до 3,2 г/л) і отримати співставну кількість ПГБ (38,2 % АСБ). Штам-продуцент *E. coli* DALA-103 містив гени так званого C5-шляху біосинтезу АЛК: *hemA* (*Salmonella arizona*), *hemI* та *rhtA* (*E. coli*), ріс на мінімальному мінеральному середовищі з глюкозою (40 г/л).

5-аміновалеріанову кислоту отримували спільно з δ -валеролактамом (δ -ВЛ), оскільки обидві ці сполуки є перспективними мономерами для виробництва біополіамідних пластиків, які застосовуються як сировина в текстильній промисловості [3]. Як продуцент використовували генно-модифікований штам *E. coli* з генами α -оксидази (*raiP*) та каталази (*katE*), оскільки цільові продукти синтезуються шляхом окиснення L-лізину (який слугував субстратом) пероксидом водню, який додавали в середовище після 24 год культивування. Прикметно, що синтез цільових продуктів залежав від кислотності середовища: за рН 5,0 співвідношення концентрацій АВК і δ -ВЛ становило 5,63:1 (10,24 і 1,82 г/л), у той час як при рН 9,0 синтезувалось значно менше АВК (3,98 г/л, що становить 58 % від концентрації δ -ВЛ за даних умов). Отже, характерним для цього процесу є можливість керованого спрямування процесів біосинтезу у бік утворення того чи іншого цільового продукту.

Висновки. Показано, що останнім часом було проведено обмежену кількість досліджень, присвячених отриманню δ -амінокислот одночасно з супутніми цінними метаболітами на відносно дешевих поживних середовищах. Оскільки в усіх випадках отримували співпродукт, який застосовується у виробництві біодеградабельних полімерів, то подальший розвиток таких інтегрованих біотехнологій дозволить, крім зменшення собівартості непротеїногенних амінокислот, досягти прогресу у вирішенні проблеми з забрудненням навколишнього середовища синтетичним пластиком.

Список використаної літератури:

1. Li T., Guo Y. Y., Qiao G. Q., Chen G. Q. Microbial synthesis of 5-aminolevulinic acid and its coproduction with polyhydroxybutyrate. *ACS Synthetic Biology*. 2016. Vol. 5, No 11. P. 1264–74.
2. Zhang X., Zhang J., Xu J., Zhao Q., Wang Q., Qi Q. Engineering *Escherichia coli* for efficient coproduction of polyhydroxyalkanoates and 5-aminolevulinic acid. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 2018. Vol. 45, No 1. P. 43–51.
3. Cheng J., Tu W., Luo Z., Liang L., Gou X., Wang X., Liu C., Zhang G. Coproduction of 5-aminovalerate and δ -valerolactam for the synthesis of Nylon 5 from L-lysine in *Escherichia coli*. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2021. Vol. 9, No 726126.

**АНАЛІЗ ПРОДУЦЕНТІВ ВІТАМІНУ B₁₂ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ
ТЕХНОЛОГІЇ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА****Гук К.Р.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, guk.karina@iit.kpi.ua**

Вітамін B₁₂, також відомий як ціанокобаламін, структурно належить до сімейства кобаламінових сполук, які складаються з коринового кільця і верхнього та нижнього ліганду. Кобаламін синтезується за двома механізмами: аеробним (за участю генів *cob* у бактерій роду *Pseudomonas*) та анаеробним (за участю генів *cbi*, присутніх у бактерій з роду *Bacillus* та *Salmonella*). Представники бактерій роду *Propionibacterium* потребують як анаеробних, так і аеробних умов (геном цих бактерій має гени *cbi* і *cob*) для ефективного синтезу вітаміну B₁₂.

Найбільш ефективними продуцентами вітаміну B₁₂ є представники роду *Propionibacterium*. Природні штами бактерій продукують 1,0—8,5 мг/л, в той час як мутантні штами *Propionibacterium freudenreichii* синтезують до 206 мг/л кобаламіну.

Для оптимізації промислового виробництва ціанокобаламіну з метою створення високопродуктивних штамів зазвичай використовується мутагенез. Як правило, мутагенез здійснюється шляхом використання фізико-хімічних мутагенів та відбором штамів з практичними перевагами, такими як продуктивність, генетична стабільність, ефективні темпи росту та стійкість до високих концентрацій токсичних проміжних продуктів, присутніх у середовищі.

Структурні гени, необхідні для біосинтезу кобаламіну є мішенями для здійснення надмірної експресії генів з метою підвищення продукування цільового продукту. Так, для рекомбінантного штаму *P. freudenreichii*, який містить вектор експресії з генами *cobA*, *cbiLF* або *cbiEGH*, виробництво вітаміну B₁₂ збільшується в 1,7-, 1,9- та 1,5 рази відповідно, порівняно з *P. freudenreichii*, що містить вектор pRK705. Рекомбінантний штам *P. freudenreichii* IFO12426, отриманий шляхом конструювання векторів експресії з родинками генів *cob* та *cbi*, дозволяє підвищити вміст вітаміну B₁₂ до 1,46 мг/л.

Нещодавні дослідження виявили можливість використання нових продуцентів для промислового виробництва кристалічного кормового вітаміну B₁₂. Так, *Streptomyces olivaceus*, який використовувався первинно для виробництва антибіотиків, продукує вітамін B₁₂ в якості побічного продукту. Збільшення виходу вітаміну (до 3 мкг/мл) досягається додаванням іонів Co²⁺ та різних азотистих поживних речовин, таких як соєвий шрот.

Pseudomonas denitrificans є основним продуцентом вітаміну B₁₂ в промислових масштабах. Компанія Aventis (лідер виробництва вітаміну B₁₂) використовує мутантний штам *P. denitrificans* для промислового виробництва кобаламіну. Поєднання генної інженерії з супутніми процедурами мутагенізації дозволило вченим з Rhône-Poulenc-Rorer отримати штам *P. denitrificans*, що продукує вітамін B₁₂ до 300 мг/л. Така продуктивність була досягнута шляхом

ампліфікації восьми генів оперону *cobF–cobM*, що призвело до 30% збільшення продукції кобаламіну. Подальше посилення біосинтезу метаболіту (на 20%) стало можливим за рахунок збільшення копій генів *cobA* і *cobE*.

З економічної точки зору, штам *Pseudomonas sp. PCSIR-B-99* є одним із найбільш перспективних, оскільки має здатність використовувати метанол як джерело вуглецю та володіє високим виходом вітаміну B_{12} на модифікованому базальному середовищі. Максимум вироблення вітаміну B_{12} (до 350 мг/л) спостерігався в середовищі, що містить 3,5% (об/об) метанолу, 1,0 мг/л Co^{2+} і 200 мг/л ДМВ. Однак біосинтез кобаламіну у цього штаму ускладнений через тривалий процес ферментації (до 180 год) та відсутність відповідних генетичних методів для штамової інженерії.

Таким чином, виробництво вітаміну B_{12} відбувається шляхом мікробного синтезу в основному продуцентами *P. denitrificans* (до 60 мг/л) і *P. freudenreichii* (до 206 мг/л). Серед досліджених продуцентів ціанокобаламіну найбільш доцільним для виробництва ціанокобаламіну в промислових масштабах є *Propionibacterium CICC 10019*, оскільки штам володіє високою продуктивністю (до 59 мг/л кобаламіну), є генетично стабільним та дозволяє одночасно продукувати як пропіонову кислоту, так і вітамін B_{12} при використанні поживного середовища багатого на глюкозу в процесі ферментації.

Список використаної літератури:

1. Piwowarek K, Lipińska E, Hać-Szymańczuk E, Kieliszek M, Ścibisz I. *Propionibacterium* spp.-source of propionic acid, vitamin B12, and other metabolites important for the industry. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2018;102(2):515-538.
2. Piwowarek, Kamil et al. "Research on the ability of propionic acid and vitamin B12 biosynthesis by *Propionibacterium freudenreichii* strain T82." *Antonie van Leeuwenhoek* vol. 111,6 (2018): 921-932.
3. Piao Y, Yamashita M, Kawaraichi N, Asegawa R, Ono H, Murooka Y. Production of vitamin B12 in genetically engineered *Propionibacterium freudenreichii*. *J Biosci Bioeng*. 2004;98:167–73.
4. Balabanova, Larissa et al. "Microbial and Genetic Resources for Cobalamin (Vitamin B12) Biosynthesis: From Ecosystems to Industrial Biotechnology." *International journal of molecular sciences* vol. 22,9 4522. 26 Apr. 2021,
5. Hall H.H, Benedict R.G., Wiesen C.F., Smith C.E., Jackson R.W. Studies on vitamin B12 production with *Streptomyces olivaceus*. *Appl Microbiol*. 1953;1(3):124-129.
6. Blanche F, Cameron B, Crouzet J, Debussche L, Thibaut D, Vuilhorgne M, Lepper FJ, Battersby AR. Vitamin B12: how the problem of its biosynthesis was solved. *Angew Chem Int Ed Engl*. 1995;34:383–411.
7. Riaz, M.; Ansari, Z.A.; Iqbal, F.; Akram, M. Microbial production of vitamin B12 by methanol utilizing strain of *Pseudomonas* species. *Pak. J. Biochem. Mol. Biol*. 2007, 40, 5–10.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПРОБІОТИЧНОГО ПРЕПАРАТУ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ З АНТИОКСИДАНТНИМ ЗАХИСТОМ

Державцева Ю.І., Орябінська Л.Б.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, lbletkin@gmail.com

Добре відома роль вільних радикалів та перекису водню у розвитку патологічних процесів. При порушенні або зниженні антиоксидантного захисту організму активні форми кисню (АФК) можуть призводити до розвитку окисного стресу, що викликає генетичні ломки, порушення функції клітинної мембрани, пошкодження структури білків, ліпідів та інших клітинних компонентів. При високих патологічних рівнях вільні радикали здатні спричиняти цитотоксичний ефект.

Ефективною системою антиоксидантного захисту володіють молочнокислі бактерії. Їх антиоксидантний захист дозволяє регулювати рівень вільних радикалів та запобігати їх шкідливій дії. Важлива роль захисту від АФК належить антиоксидантній системі лактобактерій – таким ферментам як супероксиддисмутаза, каталаза та пероксидаза. Повідомляється, що деякі штами молочнокислих бактерій здатні синтезувати ряд інших ферментів з антиоксидантними властивостями – хінонредуктазу, глутатіонпероксидазу, глутатіонтрансферазу, УДФ-глюкорозилтрансферазу, α - і β -глюкозидазу..

Останнім часом з'явилися дані про здатність молочнокислих бактерій синтезувати фермент танназу, який розщеплює таніни з утворенням антиоксиданта галової кислоти. Є також відомості, що галова кислота та її ефіри мають високу антимікробну активність і захищають клітини від променевого пошкодження .

Метою роботи було створення раціональної технології нового бівалентного пробіотика з антиоксидантною активністю на основі бактеріального консорціуму двох танназопозитивних штамів молочнокислих бактерій: *Lactobacillus rhamnosus* LB3 IMBB-7038 та *Lactobacillus delbrueckii subsp.delbrueckii* DSM20074.

Особливістю штамів продуцентів нового пробіотику є їх широкий, але різний профіль пробіотичних і біотерапевтичних властивостей таких як: антимікробний спектр, стійкість до антибіотиків, знатність до кислотоутворення, адгезивна активність та біотерапевтичний потенціал.. Штами мають й різний рівень танназної активності, який на 24 годину культивування становить ($0,019 \pm 0,001$) U/ml - для *L. rhamnosus* LB3 IMB B-7038 та ($0,031 \pm 0,002$) U/ml для *L. delbrueckii subsp.delbrueckii* DSM20074.

При фізіологічних концентраціях досліджувані штами лактобактерій не чинять цитотоксичної дії на клітинні моношари перещеплювальної культури Нер-2. Це дозволяє передбачити відсутність шкідливого впливу продуцентів на епітелій шлунково - кишкового тракту та виявляє їх безпечність для організму людини при вживанні в адекватних кількостях.

Технологічною особливістю двох штамів є їх біосумісність, яка виявляється в нездатності пригнічувати розвиток один одного. Продуценти мають й однакові

харчові потреби та близьку швидкість росту. Це дозволило на стадії промислового культивування планувати їх спільне вирощування. Поєднання двох штамів з різним профілем пробіотичних властивостей здатне забезпечувати пробіотику конкурентоспроможність у мікробіоценозах та високу ефективність у корекції дисбіозів.

Спільне вирощування продуцентів має сенс і з технологічного погляду, оскільки підвищує рентабельність виробництва внаслідок зниження собівартості цільового продукту.

На стадіях отримання посівного матеріалу та виробничого культивування у технології передбачено використання MRS - середовища з глюкозою. Глюкоза забезпечує найвищу швидкість росту продуцентів та біосинтез таннази. На стадії виробничого культивування в живильне середовище також передбачено введення галової кислоти, яка виконує роль індуктора синтезу таннази.

Інноваційним рішенням технології є використання на стадії сублімаційного сушіння як кріопротектора карбюлози. У хімічному відношенні карбюлоза є простим ефіром целюлози та гліколевої кислоти: $\{C_6H_7O_2(OH)_x1.(OCH_2COOMe)_x2\}_n$. Вибір карбюлози обумовлений її подвійною дією. Вона не тільки захищає клітини від кріопшкодження при сушінні, але й має імуномодулювальну активність.

При розробці препарату у формі капсул вказана доцільність використовувати як допоміжні речовини – мікрокристалічну целюлозу (МКЦ), лактозу моногідрат та аеросил. Такі компоненти покращують стабільність і плинність порошкової маси та сприяють збереженню показника активності кислотоутворення на досить високому рівні (330–340)°T.

Кінцевий продукт технології є капсульований препарат з висушеною ліофільною культурою *Lactobacillus rhamnosus* LB3 IMBB-7038 та *Lactobacillus delbrueckii subsp.delbrueckii* DSM20074 з антиоксидантним захистом.

Список використаної літератури:

1. Н.С.Карамова, Р.Э. Хабибуллин, С.А. Жакслыкова, Н.Б. Мирошник, О.А. Решетник // Антиоксидантная активность промышленных бактериальных заквасок Вестник Казанского технологического университета, 2014 с.190-193
- 2 Р. Österlund, T. Ruotsalainen, R. Korpela et al //Lactobacillus supplementation for diarrhoea related to chemotherapy of colorectal cancer: a randomised study. British Journal of Cancer, 2007. – V. 97 (8). – P. 1028 – 1034.
3. Silvia Yumnam, Prasanna D. Belur, Liudmyla Khrokalo, Olexii Dugan// Optimization of tannase postive probiotic production in a bioreactor by resposne surface methodology Biotechnologia Acta V.7.№5 2014 с.62-70
- 4.L.Oriabinska, O.Dziuba, O.Dugan //Lactobacillus as producers of extracellular tannase // |Biotechnologia Acta. 2018; 5 (1): 65-73
5. Орябінська Л.Б, Прасанна Б.Д., Лазаренко Л.Н., Дуган О.М // Імуномодулювальні властивості пробіотика на основі молочнокислих бактерій та рослинного компоненту //ж. Наукові вісті НТУУ «КПІ».2014.-33.-С58-62

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРОДУЦЕНТУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КИСЛОТИ ЛИМОННОЇ ХАРЧОВОЇ

Доля Є.С., Заєць М.О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, dolia.yevheniia@gmail.com

Харчова промисловість традиційно є основним споживачем лимонної кислоти (майже 70 %), оскільки продукти природного бродіння мають переваги порівняно з хімічно синтезованими, тому що не містять токсичних для організму людини домішок. Сьогодні лимонна кислота за обсягами виробництва займає перше місце серед всіх органічних кислот (понад 350 тис. т/рік) .

Технологія виробництва кислоти лимонної передбачає використання різних джерел вуглецю та способів культивування мікроорганізмів. Численні дослідження продемонстрували явно виражений потенціал гіперсинтезу лимонної кислоти у цілого ряду мікроміцетів, дріжджових грибів і бактерій. Залежно від хімічної природи окислюваного субстрату в якості продуцентів лимонної кислоти можуть використовуватись мікроміцети, що належать до родів *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* і *Botrytis*, дріжджові гриби родів *Candida*, *Delaromyces* і *Torulopsis*, а також бактерії родів *Arthrobacterium*, *Pseudomonas* та *Micrococcus* [1]. Тому вибір продуценту кислоти лимонної харчової є ключовим у біотехнологічному процесі.

Найчастіше у промисловому виробництві застосовують гриби виду *Aspergillus niger*, у якого добре вивчені фізіологія і механізм біосинтезу лимонної кислоти, він дає високий вихід цільового продукту, використовує недорогі субстрати, що робить виробничий процес економічно вигідним.

Саме з цим продуцентом було проведено ґрунтовні дослідження науковцями Казахського науково-дослідного інституту переробки сільськогосподарської продукції. Об'єктами дослідження були деякі штами *Aspergillus niger* і два штами *A. Wentii* [2].

Найбільші значення продукування лимонної кислоти були встановлені для штамів *A. niger*: 52/375, 23/295, 22/269, 25/309, 51/371 (0,327680-0,43328 г/100мл). При цьому максимальний синтез спостерігався у штаму *A. niger* 52/375 (0,43328 г/100 мл), конверсія цукру на лимонну кислоту якого становила 43% з масовою часткою лимонної кислоти 100%. Оскільки вихід цільового продукту є недостатнім, рекомендувати ці штами для промислового біосинтезу недоцільно.

У штама *Aspergillus niger* ВКПМ F-719 на меласних та цукрозо-мінеральних середовищах конверсія цукрів у лимонну кислоту складала 42,0 та 55,0% відповідно, що також є недостатньо високими показниками.

З нього був селекціонований штам *Aspergillus niger* ВКПМ F-809 за рахунок мутагенної дії УФ-променів у дозі 3,3 тис. ерг/мм² після попередньої обробки конідій гриба хімічним мутагеном N-нітрозогуанідином тривалістю дії 15 хв. Конверсію цукру на лимонну кислоту даним штамом вдалось підвищити до 87,25%, а масову частку лимонної кислоти

- 100% [3]. Даний штам має досить високі показники, але не дає найвищий вихід цільового продукту.

При вирощуванні штаму *Aspergillus niger* F-710 на сахарозі вихід лимонної кислоти становив 90-95%, однак на етиловому спирті лимонна кислота синтезувалась цим штамом з виходом 50%, при цьому концентрація в середовищі етилового спирту становила більше 2,5%, що інгібувало ріст культури та ускладнювало процес ферментації [4].

Відомий штам *Aspergillus niger* P-1, продуцент лимонної кислоти, селекціонований шляхом ступінчатого впливу УФ променями та хімічними мутагенами.

Його недоліком були низькі показники біохімічної активності.

Штам *A.niger* R-3, отриманий в результаті селекції шляхом ступінчатої обробки етиленіміном, N нітрозометилсечовиною та УФ променями з штаму *A.niger* ЕУ-119, проявляв активність тільки в середовищі з низькою початковою концентрацією цукру, не більше 3% і був не адаптованим до високої початкової концентрації цукру в середовищі.

Штам *A.niger* F-718 було отримано в результаті селекції шляхом ступінчатої обробки N-нітрозометилсечовиною і нітрозонітрозометилсечовиною штама *A.niger* F-710. Цей штам добре зброджував мелясу, при цьому вихід лимонної кислоти від цукру меляси становив 100%, а частка лимонної кислоти - 92-99% [5].

Отже, порівнявши біологічні характеристики та технологічні показники різних штамів-продуцентів харчової лимонної кислоти запропоновано використовувати для промислового біосинтезу штам *A.niger* F-718, який дозволяє збільшити вихід цільового продукту у 2,3 рази в порівнянні зі штамом *A. niger* 52/375 та в якості субстрату використовувати економічно вигідну бурякову мелясу.

Список використаної літератури:

1. Васильченко О.А., П'янова О.О. Біотехнологічні аспекти отримання лимонної кислоти // Науковий вісник НЛТУ України. - 2012. - Вип. 22.1. - С. 100-110.
2. Атабаева Б., Ануарбекова С. Производство лимонной кислоты штаммами *Aspergillus niger*// С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің 60 жылдығына арналған «Сейфуллин окулары– 13: дәстүрлерді сақтай отырып, болашақты құру» атты Республикалық ғылыми-теориялық конференциясының материалдары, посвященная 60-летию Казахского агротехнического университета имени С.Сейфуллина. - 2017. - Т.І, Ч.6. - С.169-171.
3. Штамм гриба *Aspergillus niger* - продуцент лимонной кислоты: пат. RU 2103346 С1 Росія: С12N 1/14, С12P 7/48. №96113685/13; заявл. 27.06.1996; опубл. 27.01.1998. 5 с.
4. Авчіева П.Б., Винаров А.Ю., Козлова І.А. Біосинтез лимонної кислоти з глюкози при неперервній ферментації *Asporgillus niger*. Прикладна біохімія і мікробіологія. 29, 1993, вип. 4, с. 567-575.
5. Штамм гриба *Aspergillus niger* ВКПМ F-718 продуцент лимонной кислоты: пат. RU 2091485 С1 Росія: С12N 1/14, С12P 7/48/(С 12N 1/14, С12R 1:685). №95119689/13; заявл. 21.09.1995; опубл. 27.09.1997. 5 с.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У СТВОРЕННІ ПРОБІОТИЧНИХ ПРЕПАРАТІВ НА ОСНОВІ РЕКОМБІНАНТНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ

Доля Є.С., Заєць М.О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського,

dolia.yevheniia@gmail.com, mashazaets00@gmail.com

Через широке застосування антибіотиків як терапевтичних засобів та зловживання ними спостерігається підвищення антибіотикорезистентності бактерій, порушення балансу нормальної мікрофлори та наявність залишків ліків у харчових продуктах [1]. Це призвело до розширення наукових досліджень по створенню нових високоефективних пробіотиків.

Попередні дослідження продемонстрували, що при вживанні як частини щоденного раціону пробіотиків, вони можуть підтримувати імунну систему в активному стані та запобігати різним кишковим розладам [2,3,4].

Для розширення та покращення сприятливого впливу пробіотичних штамів, протягом останніх десятиліть проводилися дослідження з використанням методів генної інженерії. Рекомбінантні пробіотики можна використовувати для доставки ліків або вакцин, націлювання на специфічні патогени або токсини, посилення імунної відповіді.

Таким чином були створені рекомбінантні пробіотики для доставки через слизову оболонку терапевтичних та/або профілактичних молекул, що містять ДНК, пептиди, одноланцюгові варіабельні фрагменти, цитокіни, ферменти та алергени, що призвело до концепції «біопрепарату» для профілактики та лікування різних захворювань [5,6]. Більшість досліджень з використанням генетичних маніпуляцій проводиться з видами, які належать до групи молочно-кислих бактерій (МКБ), наприклад мікроорганізми родів *Lactococcus* і *Lactobacillus*. Дослідження передбачали використання видів цих родів у двох різних напрямках: перший - як продуцентів гетерологічного білка, а другий - як засобів доставки ДНК-вакцин [7].

Існує кілька способів змусити МКБ виробляти гетерологічні білки, і найбільш використовуваною формою є введення плазмиди в клітину бактерії. Вперше на основі даного методу система виробництва гетерологічного білка була розроблена для *L.lactis*. В плазмиди включали індуковані і конститутивні промотори, які забезпечують ефективну експресію антигену. Переважна більшість векторів експресії містять індуковані промотори, які дозволяють контролювати експресію білка, захищаючи від агрегації та деградації білка в цитоплазмі бактерії.

Існує кілька систем регулювання, що дозволяють продукувати різні молекули, що представляють інтерес, включаючи антигени патогенів [8,9]. Найбільш часто використовувані системи регулювання в МКБ: експресія генів, керована нізином (NICE), система експресії, індукована ксилозою (XIES), система контрольованої експресії, викликана стресом (SICE).

На відміну від виробництва гетерологічного білка, на платформі ДНК-вакцини бактерії діють лише як засіб доставки для профілактичних та терапевтичних цілей [8].

Були розроблені нові вектори для наближення до ДНК-вакцини з використанням МКБ як живих засобів доставки. Ці вектори мають ряд загальних характеристик, таких, як наявність еукаріотичного промотору, який забезпечує експресію білка еукаріотичними клітинами; прокаріотичну область, яка має селективний маркер (зазвичай стійкість до антибіотиків); сайт множинного клонування, куди буде вставлена відкрита рамка зчитування; і орієнтація реплікації прокаріотів, який гарантує, що плазмід буде реплікуватись лише в прокаріотичних клітинах [8-10].

Рекомбінантні пробіотики можуть використовуватися в різних сферах, однак, існує потреба в запобіганні надмірного поширення модифікованого організму. Крім того, важливо враховувати їх біологічну безпеку та їх здатність викликати алергію через тривале вживання. Хоча існує кілька перешкод у розробці безпечних та ефективних біоінженерних пробіотиків, прогрес у технологіях та подальше вдосконалення методів продовжуватимуть надавати нові біотерапевтичні засоби для лікування та профілактики кишкових захворювань.

Список використаної літератури:

1. Fayol-Messaoudi D, Berger CN, Coconnier-Polter MH, Liévin-Le Moal V, Servin AL. pH-, lactic acid-, and non-lactic acid-dependent activities of probiotic lactobacilli. *Appl Environ Microbiol.* 2005;71:6008–6013.
2. de LeBlanc AD, Castillo NA, Perdigon G. Anti-infective mechanisms induced by a probiotic *Lactobacillus* strain. *Int J Food Microbiol.* 2010;138:223–231.
3. Valdez JC, Rachid M, Gobbato N, Perdigon G. Lactic acid bacteria induce apoptosis inhibition in *Salmonella typhimurium* infected macrophages. *Food Agric Immunol.* 2001;13:189–197
4. Cano PG, Perdigon G. Probiotics induce resistance to enteropathogens in a re-nourished mouse model. *J Dairy Res.* 2003;70(4):433–440.
5. D'Silva I. Recombinant technology and probiotics. *International Journal of Engineering & Technology.* 2011;3(4):288-293
6. Gupta C, Prakash D, Gupta S. Genetically engineered probiotics. *Afr J Basic Appl Sci.* 2014;6(3):57–64.
7. Wells JM, Mercenier A. Mucosal delivery of therapeutic and prophylactic molecules using lactic acid bacteria. *Nature Reviews. Microbiology.* 2008;6(5):349-362
8. Cano-Garrido O, Seras-Franzoso J, Garcia-Fruitós E. Lactic acid bacteria: Reviewing the potential of a promising delivery live vector for biomedical purposes. *Microbial Cell Factories.* 2015;14(137):1-12
9. Mercenier A, Müller-Alouf H, Grangette C. Lactic acid bacteria as live vaccines. *Current Issues in Molecular Biology.* 2000;2(1):17-25.
10. Cano-Garrido O, Seras-Franzoso J, Garcia-Fruitós E. Lactic acid bacteria: Reviewing the potential of a promising delivery live vector for biomedical purposes. *Microbial Cell Factories.* 2015;14(137):1-12

**АНТИМІКРОБНА ЩОДО ФІТОПАТОГЕННИХ БАКТЕРІЙ
АКТИВНІСТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *NOCARDIA
VACCINII* IMB B-7405, СИНТЕЗОВАНИХ У КОМПЛЕКСІ З
ФІТОГОРМОНАМИ**

Жданюк В.І.¹, Воробей А.М.¹, Пирог Т.П.^{1,2}, Шевчук Т.А.²

¹Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

Вступ. Останніми роками підвищується інтерес дослідників до технологій мікробного синтезу цільових продуктів мультифункціонального призначення, в яких одночасно з цільовим синтезуються практично цінні супутні метаболіти [1]. Так, раніше [2] було встановлено здатність продуцента поверхнево-активних речовин (ПАР) *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 синтезувати фітогормони (акусини, цитокіни, гібереліни). У подальших дослідженнях [3] показано позитивний вплив екзометаболітів штаму на врожайність томатів. Проте концентрація біологічно активних гіберелінів була невисокою, тому у роботі [4] встановлено можливість підвищення у кілька разів синтезу даних фітогормонів за умови внесення у середовище культивування попередника біосинтезу гіберелінів – екзогенного еритритолу. Зазначимо, що ПАР є вторинними метаболітами, склад і властивості яких змінюються залежно від умов культивування продуцента. Тому немає гарантій того, що синтезовані за наявності еритритолу поверхнево-активні речовини будуть характеризуватися необхідними для використання у рослинництві антимікробними властивостями.

Мета роботи – дослідити вплив еритритолу у середовищі культивування *N. vaccinii* IMB B-7405 на антимікробну щодо збудників бактеріозів томатів активність поверхнево-активних речовин.

Матеріали та методи. *N. vaccinii* IMB B-7405 культивували у рідкому мінеральному середовищі з відпрацьованою після смаження картоплі соняшниковою олією (2 %). Еритритол вносили у середовище на початку культивування та в кінці експоненційної фази штаму IMB B-7405 у кількості 400 мг/л. Тривалість культивування становила 7 діб. Препарати поверхнево-активних речовин екстрагували з супернатанту культуральної рідини сумішшю Фолча (хлороформ і метанол, 2:1). Антимікробну активність ПАР аналізували за показником мінімальної інгібуючої концентрації (МІК). Як тест-культури використовували штами фітопатогенних бактерій: *Pectobacterium carotovorum* 8982, *Agrobacterium tumefaciens* 8628, *Clavibacter michiganensis* 102, *Xanthomonas vesicatoria* 9098, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* 9167, *Pseudomonas syringae* 8511, люб'язно надані співробітниками відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України.

Результати та обговорення. Встановлено, що антимікробна активність синтезованих поверхнево-активних залежала від моменту внесення екзогенного еритритолу у середовище культивування *N. vaccinii* IMB B-7405. У разі внесення попередника біосинтезу гіберелінів на початку процесу вирощування штаму IMB B-7405 спостерігали утворення ПАР, яким була притаманна антимікробна

активність щодо більшості досліджуваних фітопатогенних бактерій, проте мінімальні інгібуючі концентрації (12,5–50 мкг/мл) були вищими порівняно з показниками, встановленими для препаратів, синтезованих у середовищі без еритритолу (1,6–50 мкг/мл) (таблиця). У той же час внесення еритритолу в кінці експоненційної фази росту *N. vaccinii* IMB B-7405 супроводжувалося синтезом ПАР, антимікробна активність яких була вищою, ніж поверхнево-активних речовин, утворених у середовищі без попередника біосинтезу гіберелінів (МК 0,8–50 і 1,6–100 мкг/мл відповідно). Найнижчі мінімальні інгібуючі концентрації (0,8–6,25 мкг/мл) поверхнево-активних речовин, синтезованих за внесення еритритолу в кінці експоненційної фази росту штаму IMB B-7405, спостерігали щодо штамів *Agrobacterium tumefaciens* 8628, *Pectobacterium carotovorum* 8982, *Clavibacter michiganensis* 102, *Xanthomonas vesicatoria* 9098 (див. табл.).

Табл. Вплив еритритолу у середовищі культивування *N. vaccinii* IMB B-7405 на антимікробну активність поверхнево-активних речовин

Тест-культура	Мінімальна інгібуюча концентрація (мкг/мл) ПАР, синтезованих у разі внесення еритритолу		
	без еритритолу	у лаг-фазі	У кінці експоненційної фази
<i>Pectobacterium carotovorum</i> 8982	12,5	50	3,13
<i>Agrobacterium tumefaciens</i> 8628	3,13	12,5	0,8
<i>Clavibacter michiganensis</i> 102	50	50	3,13
<i>Xanthomonas vesicatoria</i> 9098	1,6	25	6,25
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i> 9167	100	50	25
<i>Pseudomonas syringae</i> 8511	12,5	100	50

Висновки. Отже, внесення еритритолу у середовище культивування *N. vaccinii* IMB B-7405 супроводжувалося не тільки підвищенням синтезу гіберелінів, а й утворенням ПАР з високою щодо фітопатогенних бактерій антимікробною активністю. Одержані дані свідчать про те, що препарати на основі екзометаболітів *N. vaccinii* IMB B-7405 є перспективними для використання у рослинництві з метою як стимуляції росту рослин, так і захисту від бактеріозів.

Список використаної літератури:

1. Пирог Т.П., Ключка Л.В., Клименко Н.О., Шевчук Т.А., Іутинська Г.О. Інтегровані технології мікробного синтезу кількох цільових продуктів. *Mikrobiol. Z.* 2019; 81(6):110-130.
2. Пирог Т.П., Гаврилкіна Д.В., Леонова Н.О., Іутинська Г.О., Шевчук Т.А. Синтез біологічно активних гіберелінів ГК4 і ГК7 мікроорганізмами. *Мікробіол. журн.* 2019, 81(2): 90-109. doi:
3. Piatetska D. V., Leonova N. O., Pirog T. P., Klymenko N. O. Yield of tomatoes and peppers under the influence of *Nocardia vaccinii* IMV B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017. *J. Agric. Environ.* 2019; 3(11): 1-8.
4. Жданюк В.І., П'ятецька Д.В., Пирог Т.П., Леонова Н.О., Шевчук Т.А. Екзогенний еритритол як попередник інтенсифікації синтезу гіберелінів *Nocardia vaccinii* IMB B-7405. Біологічні процеси оптимізації продукційного процесу культурних рослин: матеріали Всеукраїнської науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 60-річчю ІСМАВ НААН (м. Чернігів, 26–27 жовтня 2021 р.) С. 26.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ІНДУКЦІЇ КАЛЮСУ ТА РЕГЕНЕРАЦІЇ РОСЛИН СПЕЛЬТИ РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ, ВИКОРИСТОВУЮЧИ КУЛЬТУРУ ЗРІЛИХ ЗАРОДКІВ

Задорожна М. І.¹, Нітовська І. О.²

¹Національний університет «Києво-Могилянська академія»,

maryna.zadorozhna@ukma.edu.ua

²Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

Створення біотехнологічних рослин представників роду *Triticum* з підвищеною врожайністю та новими корисними сільськогосподарськими ознаками, такими, наприклад, як стійкість до посухи, захворювань, є наразі важливим завданням, оскільки пшениця займає перше місце з кількості посівних площ серед сільськогосподарських культур. До того ж, останнім часом все більше приділяється уваги не тільки збільшенню врожаїв, але й якісному покращенню їжі. Пшениця спельта по багатьом якісним показникам мінерального, білкового та вуглеводного складу значно перевищує аналогічні показники своєї найближчої родички гексаплоїдної пшениці м'якої *Triticum aestivum* L, невибаглива до умов вирощування, стійка до біотичних стресів. На сьогодні в світі існує декілька наукових робіт, в яких описується регенерація рослин спельти з калюсів, отриманих від зрілих зародків [1-3], та відсутні роботи стосовно порівняння різних генотипів спельти та поживних середовищ для отримання біотехнологічних рослин. Метою дослідження було визначення кращого генотипу спельти та умов культивування для отримання біотехнологічних рослин, використовуючи культуру зрілих зародків. До завдань, що потрібно було вирішити, входили: введення в асептичну культуру; визначення оптимального складу середовищ для індукції калюсу та регенерації рослин для різних генотипів спельти; відбір генотипів, які мають високу регенераційну здатність.

В досліді використовували насіння спельти трьох генотипів: сорту Зоря України, селекційних ліній № 4114 та № 4130 врожаю 2020 року. Для введення спельти в культуру *in vitro* здійснювали стерилізацію зернівок за методикою [Бавол, 2007] з використанням калію перманганату, срібла нітрату та спирту. Після стерилізації насіння зрілі зародки виокремлювали з зернівок, викладали на модифіковані середовища MS [1] та N6 [4] приблизно порівну і вирощували в темряві при 27°C впродовж двох тижнів. Наступний етап – індукція морфогенезу спельти на 4 регенераційних середовищах: 1) MS без гормонів; 2) MSR, яке містило 1мг/л БАП та 0,1мг/л НОК; 3) MSBA [5]; 4) MSGR, яке містило 0,25 мг/л БАП [5. Загалом було протестовано 8 комбінацій різних середовищ (Табл. 1). Для кожного генотипу брали по 250 насінин. Визначали частоту індукції калюсу, як співвідношення числа експлантів, що утворили калюс, до їх загальної кількості, та частоту регенерації пагонів, як співвідношення кількості калюсів, що утворили рослини, до загальної кількості висаджених калюсів. Експерименти повторювали тричі.

Таблиця 1. Частота калюсогенезу та регенерації в культурі зрілих зародків спельти.

Генотип	Середовище для калюсу	Частота калюсогенезу, %	Частота регенерації, %			
			MS б/г	MSR	MSBA	RZ2
Зоря України	N6	92,4	46,4	36,4	47,6	7,1
	MS	99	55,9	69,4	48,3	0
4114	N6	98,3	50	37	4	0
	MS	100	20,7	32,1	14,8	0
4130	N6	100	57,7	45,2	60,7	0
	MS	100	64,5	78,8	73,1	3,8

Утворення калюсу зі зрілих зародків спостерігали для всіх трьох генотипів спельти, які використовували (Зоря України, селекційні лінії № 4114, № 4130), на обох середовищах з частотою від 92 до 100%. Найвищий регенераційний потенціал мала селекційна лінія № 4130. Високими морфогенетичними властивостями також характеризується сорт спельти Зоря України. Найвищу частоту регенерації для обох генотипів спостерігали на середовищі MSR після індукції калюсу на середовищі MS. Для селекційної лінії № 4114 частота регенерації була вищою після отримання калюсу на модифікованому середовищі N6. Виходячи з показників частоти калюсоутворення та регенерації пагонів, всі генотипи спельти, що досліджували, є перспективними для отримання біотехнологічних рослин в культурі зрілих зародків.

Список використаної літератури:

1. Alikina O., Chernobrovkina M., Dolgov S., Miroshnichenko D Tissue culture efficiency of wheat species with different genomic formulas// Crop Breeding and Applied Biotechnology – 2016. – Vol. 16. – P. 307-314.
2. Ozgen M, Birsin MA, Benlioglu B Biotechnological characterization of a diverse set of wheat progenitors (Aegilops sp. and Triticum sp.) using callus culture parameters. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization – 2017. – Vol. 15(1). – P. 45–50.
3. Kyriienko AV, Shcherbak N L, Kuchuk MV, Parii MF, Symonenko YuV (2021) In vitro plant regeneration from mature embryos of amphidiploid spelt Triticum spelta L. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant – 2021. – Vol. 56. – P.856-863
4. Нітовська І.О., Дуплій В.П., Рудас В.А, Абраїмова О.Є., Сатарова Т.М., Моргун Б.В. Оптимізація умов трансформації калюсних ліній кукурудзи за допомогою детекції транзйентної експресії гена бета-глюкуронідази // Досягнення і проблеми генетики, селекції та біотехнології: збірник наукових праць IX з'їзду УТГіС. - Київ: Логос. - 2012. - Т. 4. - С. 587-592.
5. Sidorov V., Duncan D. Agrobacterium-mediated maize transformation: immature embryos versus callus. Methods in molecular biology: transgenic maize. M. Paul Scott (ed.). USA: Humana press, 2009. P.47-58.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОБНИХ ЕКЗОПОЛІСАХАРИДІВ У МЕДИЦИНІ

Зомчак В.В., Грегірчак Н.М.

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

Вступ. Мікробні екзополісахариди (ЕПС) мають широке застосування в фармацевтичній промисловості. Полісахариди, що використовуються в біомедицині переважно бактеріального чи грибового походження і спрямовані на регуляцію імунітету, проти інфекцій та вірусів, з протипухлинною, антикоагулянтною та гіполіпідемічною активністю.

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження перспективи використання мікробних ЕПС у медичній галузі.

Методи дослідження. Дослідження перспективи використання мікробних ЕПС у медичній галузі проводили шляхом аналізу наукових доробок за використання міжнародних систем цитування (National Center for Biotechnology Information, PubMed, OUCI).

Основні результати. Мікробні полісахариди знайшли широке застосування у фармацевтичній, парфумерній, харчовій та інших галузях завдяки їх властивостям: в'язкості, реологічним характеристикам, здатності до набухання, взаємодії з іншими структурами. Вони застосовуються в якості гелеутворюючих агентів при виготовленні косметичних виробів, для створення гідрофільного буфера в кремах, та в якості набухаючої речовини при виробництві кремів, шампунів, лосьйонів.

У фармацевтичній галузі полісахариди використовуються в якості основи для виготовлення лікарських форм: як пом'якшувальні, емульгатори і стабілізатори суспензій. Вони забезпечують тривалу стійкість лікарських препаратів, стабілізують і пролонгують їх дію.

Декстран є першим комерційно доступним мікробним полісахаридом, який є основним лікарським засобом, що широко використовується як антитромботичний засіб, знижує в'язкість крові і розширює об'єм плазми в клінічних умовах [1, 2]. У поєднанні з пулуланом, декстран має потенційне застосування в тканинній інженерії [2]. **Пулулан** є ще одним природним полісахаридом, що використовувати як носій для пероральних пологів, а також для покриття частинок.

Альгінат широко використовується у біомедичній сфері та схвалений Управлінням з контролю за продуктами і ліками США (USFDA). Він є найбільш широко використовуваним біоматеріалом в області регенеративної медицини. Альгінати, мають численні переваги, серед яких неімуногенність, нетоксичність, біорозкладання та біосумісність [2].

В фармацевтичних препаратах альгінат використовується як допоміжна речовина для ліків, для перев'язування ран, як відбитковий матеріал для стоматологічних застосувань та ін [2].

У галузі тканинної інженерії альгінати використовуються при створенні та розробці намистин, мікро- та наночастинки, гідрогелів, каркасів, тощо. Він має

безліч застосувань, таких як інкапсуляція клітин, доставка білка, і загоєння ран. Гідрогелі альгінатів використовуються в численних дослідженнях для доставки хондроцитів. Вони також широко використовуються для локалізованої та тривалої доставки наркотиків. У галузі тканинної інженерії, альгінатні гелі використовуються як засіб доставки клітин [2].

У біомедичній/біотехнологічній галузі постійно досліджують нові можливості застосування **ксантану** через його чудові реологічні властивості [1].

Ксантан використовується для вивільнення ліків, як допоміжна речовина в таблетках, у поєднанні з іншими полімерами [3]. Також даний ЕПС може бути успішно використаний як носії для ліків або біомолекул, зокрема тому, що вона має високу стабільність при низькому рН, захищаючи ліки в шлунку, і вивільнення лікарського засобу можна легко контролювати за допомогою середнього рН (високе вивільнення в лужних умовах) та іонної сили [3].

Ксантан ще можна використовувати для лікування вагінальних інфекцій, спричинених бактерією *Gardnerella vaginalis*. Ксантанова камедь також відіграє важливу роль у фармацевтичній промисловості як сполучна речовина, загусник та стабілізатор емульсії. Зовсім недавно, завдяки своїй нешкідливій природі та властивостям розрідження зсуву, гідрогелі ксантанової камеді були досліджені як ін'єкційні каркаси для цілей інженерії хрящової тканини.

Ксантан також добре відомий своєю нетоксичністю, чудовою біосумісністю та властивістю як імунологічного агента. Прикладом є використання ксантанової камеді для підтримки рухливості в суглобі та зменшення дегенерації хряща. Внутрішньосуглобове введення гіалуронової кислоти вважається ефективним лікуванням остеоартриту, однак гіалуронова кислота нестабільна і схильна до швидкого руйнування внаслідок гідролітичних або ферментативних реакцій. Альтернативою є внутрішньосуглобове введення ксантану, яке може захистити хрящ і зменшує прогресування остеоартриту, завдяки схожій реології та в'язкості, що й у гіалуронової кислоти [3].

Висновки. Отже, мікробні ЕПС мають широкі перспективи використання у біофармацевтичній галузі завдяки своїм фармакологічним властивостям. Наукові доробки вчених, які займаються вивченням мікробних ЕПС постійно розширюються новими дослідженнями та відкриттями, а отже використання мікробних екзополісахаридів у медицині є актуальною темою на сьогодні.

Список використаної літератури:

1. Ahmad, N. H., Mustafa, S., & Che Man, Y. B. (2014). Microbial Polysaccharides and Their Modification Approaches: A Review. *International Journal of Food Properties*, 18(2), 332–347.
2. Nayak, A. K., Ahmed, S. A., Tabish, M., & Hasnain, M. S. (2019). *Natural polysaccharides in tissue engineering applications. Natural Polysaccharides in Drug Delivery and Biomedical Applications*, 531–548.
3. Petri, D.F.S. Xanthan gum: A versatile biopolymer for biomedical and technological applications. *J. Appl. Polymer Sci.* 2015, 132, 1–13.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ СПОЛУК БАЗИДИОМІЦЕТІВ У ВИРІШЕННІ ЕКОЛОГІЧНИХ ПИТАНЬ

Зубик П.Р., Клечак І.Р., Сироїд О.О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, pv.zubyk@i.ua

Забруднення навколишнього середовища ксенобіотичними сполуками – актуальна проблема цього століття. Збільшення кількості речовин-забруднювачів негативно відображається на стані біогеоценозу, тому важливою є розробка нових ефективних підходів до їх редукції або повного усунення.

Стрімкий розвиток промисловості, народного господарства науки призводить до збільшення накопичення органічних (пестицидів, барвників, ароматичних молекул тощо) та неорганічних (важких металів, металоїдів та їх похідних) сполук у різних геоценозах, що призводить до накопичення у живих організмах та гибелі останніх внаслідок інтоксикації [1].

Лакказа з різних базидіоміцетів (*T. versicolor*, *T. pubescens*, *G. Cupreum*, *C. hirsuta*) була застосована для знебарвлення барвників, хлорофілу, розщеплення карбамазепіну, фенолу та його похідних. Даний фермент був іммобілізований на різних носіях: нейлонових нановолокнах, мезопористих карбонових композитах, наночастинках заліза, аміно-функціоналізованому нанокремнію, карбонових нанотрубках [2]. Також проведено дослідження щодо можливості включення пероксидази *N. pambii* у нанодіаманти після обробки гриба β-глюкозидазою. Такий метод іммобілізації дозволив створити ефективні біосенсори багаторазового використання для моніторингу вмісту фенолів у воді [3]. Сорбція лаккази на вуглецевих нанотрубках дала змогу отримати біосенсор аналогічного призначення. Використання наноферитів привело до успішного виявлення поліфенолів. В якості носіїв також можуть бути використані композити нанотрубок із хітином (який може бути замінений хітином із грибів) [2].

Завдяки своїй структурі хітин- та хітозан-глюкановий комплекс може бути використаний для сорбції молекул. Так, матеріали на основі хітинових нановолокон та власне хітозан-глюкан із *A. bisporus* можуть бути застосовані для сорбції металів [4]. Окрім цього біомаса грибів може бути іммобілізована за допомогою наночастинок та використана для сорбції важких металів [5]. Судячи з цього, даний напрям може бути вдосконалений шляхом іммобілізації хітину на частинках металів для більш ефективного та, ймовірно, селективного видалення забруднювачів. Це підтверджується розробками наноматеріалів шляхом вшивання оксидів металів у хітозан та застосування нових нанокompозитів у біоремедіації важких металів і барвників зі стічних вод [6]. Застосування нановолокон та нанопаперу із грибного хітину наразі вважається доволі прогресивним напрямом досліджень для їх застосування у якості високоефективних сорбентів [7].

Таким чином, сполуки на основі базидієвих грибів все частіше застосовуються у методах очищення довкілля. Використання наноматеріалів для інтеграції ферментів, зшивання полімерних молекул чи виготовлення нановолокон на основі хітину та хітозану може бути поштовхом для вирішення

багатьох екологічних проблем. Тому дана тематика потребує більш поглибленого та детального вивчення для виявлення нових застосувань.

Список використаної літератури:

1. Bhavya G. et al. Remediation of emerging environmental pollutants: a review based on advances in the uses of eco-friendly biofabricated nanomaterials. *Chemosphere*. 2021. Vol. 275. P. 129975.
2. Datta S. et al. Immobilization of laccases and applications for the detection and remediation of pollutants: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 2021. Vol. 19. №. 1. P. 521-538.
3. Mogilnaya O. et al. Nanodiamonds as an effective adsorbent for immobilization of extracellular peroxidases from luminous fungus *Neonothopanus nambi* to construct a phenol detection system. *Biocatalysis and Biotransformation*. 2019. Vol. 37. №. 2. P. 97-105.
4. Milošević D. et al. Hybrid material based on subgleba of mosaic puffball mushroom (*Handkea utrifomis*) as an adsorbent for heavy metal removal from aqueous solutions. *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 297. P. 113358.
5. Shakya M. et al. Fungal-based nanotechnology for heavy metal removal. *Nanotechnology, Food Security and Water Treatment*. 2018. P. 229-253.
6. Geetha N. et al. Insights into nanomycoremediation: Secretomics and mycogenic biopolymer nanocomposites for heavy metal detoxification. *Journal of Hazardous Materials*. 2021. Vol. 409. P. 124541.
7. Mautner A., Wintner E. Fungal Chitin-Glucan: Renewable Nanofibrils for Water Treatment and Structural Materials. *Polymer-Based Advanced Functional Materials for Energy and Environmental Applications*. Springer, Singapore, 2022. P. 227-255.

**РУЙНУВАННЯ ДРІЖДЖОВИХ БІОПЛІВОК ПІД ВПЛИВОМ
ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН, СИНТЕЗОВАНИХ
ACINETOBACTER CALCOACETICUS IMB B-7241 ЗА НАЯВНОСТІ
БІОЛОГІЧНИХ ІНДУКТОРІВ**

Іванов М.С.¹, Пирог Т.П.^{1,2}

¹Національний університет харчових технологій, info@nuft.edu.ua

²Інститут мікробіології та вірусології НАН України

Вступ. Бактеріальні і дріжджові біоплівки вважаються основною причиною хронічних і гострих інфекцій [1]. Для вирішення цих проблем здійснюються дослідження у кількох напрямках: пошук альтернативних антибіотикам препаратів [2], наприклад, поверхнево-активних речовин (ПАР); а також використання так званих біологічних індукторів (конкурентних мікроорганізмів), у відповідь на внесення яких у середовище культивування продуцента підвищується синтез та/або біологічна активність антимікробних цільових продуктів [3]. Останній підхід може бути ефективним для підвищення здатності мікробних метаболітів руйнувати дріжджові біоплівки.

Мета даної роботи – дослідити вплив біологічних індукторів у середовищі культивування продуцента ПАР *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 на здатність синтезованих поверхнево-активних речовин руйнувати біоплівки дріжджів роду *Candida*.

Матеріали і методи. Культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 здійснювали у рідкому мінеральному середовищі з відходами виробництва біодизелю (5 %) за наявності конкурентних бактерій *Bacillus subtilis* БТ-2 (живі та інактивовані клітини, а також супернатант). Суспензію живих клітин *Bacillus subtilis* БТ-2 і супернатант після центрифугування культуральної рідини вносили у середовище культивування продуцента ПАР у кількості 2,5 %, інактивовані стерилізацією клітини – 10 % від об'єму середовища. ПАР екстрагували з супернатанту культуральної рідини сумішшю хлороформу і метанолу (2:1). Ступінь руйнування біоплівки (%) визначали як різницю між адгезією клітин дріжджових тест-культур у необроблених і оброблених ПАР лунках імунологічного планшету.

Результати. Встановлено, що внесення як живих, так і інактивованих клітин конкурентних бактерій *B. subtilis* БТ-2 в середовище культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 супроводжувалося синтезом поверхнево-активних речовин, за дії яких ступінь руйнування біоплівок дріжджових тест-культур *Candida tropicalis* РЕ-2 та *Candida albicans* Д-6 був в середньому на 10-12 % вищим, ніж у разі використання ПАР, одержаних у середовищі без індукторів.

Найефективнішим з використовуваних індукторів виявилися живі клітини *B. subtilis* БТ-2, за наявності яких синтезувалися ПАР, під впливом яких ступінь деструкції біоплівки *C. tropicalis* РЕ-2 і *C. albicans* Д-6 був достатньо високим і становив 53-63 і 39-52 % відповідно у широкому діапазоні концентрацій ПАР (60-960 мкг/мл). У міру збільшення концентрації ПАР спостерігали підвищення ступеня руйнування дріжджових біоплівок, а рівень деструкції біоплівки *C.*

albicans Д-6 перевищував 50 % тільки за високих концентрацій (480-960 мкг/мл) препаратів ПАР, синтезованих за наявності індуктора. Найменш ефективним з досліджуваних індукторів виявився супернатант, за наявності якого утворювалися поверхнево-активні речовини, після обробки якими ступінь руйнування біоплівок дріжджових тест-культур був майже таким самим як і у разі використання ПАР, синтезованих у середовищі без індукторів.

Висновки. В результаті проведеної роботи встановлено можливість регуляції біологічної активності поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 внесенням у середовище культивування продуцента конкурентних бактерій *B. subtilis* БТ-2, у відповідь на наявність яких синтезувалися ПАР з підвищеною здатністю до руйнування дріжджових біоплівок *Candida tropicalis* РЕ-2 та *Candida albicans* Д-6.

Список використаної літератури:

1. Ciofu O., Rojo-Molinero E., Macià M. D., Oliver A. Antibiotic treatment of biofilm infections. APMIS. 2017. Vol. 125, № 4. P. 304-319.
2. Lojewska E., Sakowicz T. An alternative to antibiotics: selected methods to combat zoonotic foodborne bacterial infections. Current microbiology. 2021. Vol. 78, № 12. P. 4037–4049.
3. Hifnawy S. M., Hassan H. M., Mohammed R., Fouda M. M., Sayed A. M., Hamed A. A., Abdelmohsen U. R. Induction of antibacterial metabolites by co-cultivation of two red-sea-sponge-associated *Actinomyces Micromonospora* sp. UR56 and *Actinokinetespora* sp. EG49. Marine Drugs. 2020. Vol. 18, № 5. P. 243.

SYNERGISTIC EFFECT ON YEAST OF A MIXTURE OF *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMV B-7241 SURFACTANTS WITH ANTIFUNGAL DRUGS

Kliuchka I.V.

National University of Food Technologies, klyu4ka.igor@ukr.net

The number of publications devoted to the study of *Candida* genus representatives causative agents of nosocomial infectious diseases is increasing every year. This is due, first of all, to the spread of their resistant forms, arising against the background of prolonged use of broad-spectrum antibiotics, immunosuppressive therapy, and prolonged catheterization of patients [1]. Compared to antibacterial agents, the number of antifungal agents is much smaller, and most clinical isolates of the genus *Candida* (in particular *C. albicans*, *C. tropicalis* and *C. glabrata*) are resistant to azoles, which are currently the most common to fungal infections treated [2]. One of the approaches to increasing the efficiency of using antifungal compounds is their combination with natural substances that can be microbial surfactants. But under different cultivation conditions, the biological activity of microbial surfactants can change. Previously [3, 4] was shown the possibility to regulate the biological activity of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 surfactants by cultivating the IMV B-7241 strain in a medium with an increased concentration of calcium and magnesium cations - activators of NADP⁺-dependent glutamate dehydrogenase, and a key enzyme in the biosynthesis of lipopeptides (main antimicrobial agents) and potassium and sodium cations. These monovalent cations in high concentrations inhibit NADP⁺-dependent glutamate dehydrogenase, which ultimately leads to a low antimicrobial and antifungal activity of the synthesized surfactants. It was suggested that it is possible to enhance the antifungal activity of surfactants synthesized by IMV B-7241 in the presence of potassium and sodium cations in a mixture with antifungal agents. The aim of this work is to investigate the possibility of a synergistic effect on *Candida* genus yeast of a mixture of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 surfactants with clotrimazole and fluconazole.

Strain *A. calcoaceticus* IMV B-7241 was grown in a liquid mineral medium (g/l): (NH₂)₂CO – 0,35, NaCl – 1,0, Na₂HPO₄·12H₂O – 0,6, KH₂PO₄ – 0,14, MgSO₄·7H₂O – 0,1, yeast autolysate – 0,5 % (v/v), trace elements a solution – 0.1%, (v/v) (base medium). Cultivation of strain IMV B-7241 was also carried out in a basic medium that did not contain NaCl (medium 1), in which the concentration of NaCl was 2.0 g/l (medium 2), in which 1.0 g/l KCl was additionally added (medium 3). Spent after frying potatoes sunflower oil 2% (v/v) was used of carbon source. The amount of synthesized surfactants (g/l) was determined by weighting method after extraction from a supernatant of culture fluid with a modified Folch mixture. Antimicrobial properties of the surfactants and antifungal drugs were determined by index of the minimum inhibitory concentration (MIC). To assess the synergistic effect of a mixture of surfactants with antifungal drugs, the fractional inhibitory concentration (FIC) index was used.

It was found that the surfactants synthesized by IMV B-7241 on base medium proved to be effective antifungal agents, the MIC value against *Candida albicans* D-6, *Candida tropicalis* PE -2 and *Candida utilis* BMS-65 was 22.5-45 µg/ml, and were lower than the MIC of surfactants obtained on modified media 1-3. Nevertheless, regardless of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 cultivation conditions of and the MIC values, all synthesized surfactants in a mixture with clotrimazole reduced the minimum inhibitory concentrations of this drug against test cultures in 4-32 times. At the same time, the FIC value did not exceed 0.5, which indicates synergy between compounds. Surfactants synthesized by IMV B-7241 in various cultivation conditions also showed synergistic antifungal activity in a mixture with fluconazole. Thus, in a mixture with surfactants, the MIC values of fluconazole in against *C. albicans* D-6, *C. tropicalis* PE-2, and *C. utilis* BMS-65 were reduced from 35.5 µg/ml to 1.1-9.3 µg/ml. Despite the high FIC values of the mixture of surfactants synthesized on medium 3 with fluconazole (FIC 0.51-0.76), the MIC of the latter were reduced by almost 4 times (from 35.5 to 9.3 µg/ml).

The possibility to using a mixture of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 surfactants and antifungal drugs to reduce the MIC of the latter against *Candida* genus representatives was showed.

References:

1. Singh D. K., Tóth R., Gácsér A. Mechanisms of pathogenic *Candida* species to evade the host complement attack Front Cell Infect Microbiol. 2020. Vol.10, No 94.
2. Bhattacharya S., Sae-Tia S., Fries B. C. *Candidiasis* and mechanisms of antifungal resistance. Antibiotics (Basel). 2020. Vol. 9, No 6. P. 312.
3. Pirog T. P., Sidor I. V., Lutsai D. A. Calcium and magnesium cations influence on antimicrobial and antiadhesive activity of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 surfactants. Biotechnologia Acta. 2016. Vol. 9, No 6. P. 50-57.
4. Pirog T. P., Lutsay D. A., Shevchuk T. A., Iutynska G. O. Synthesis and biological activity of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 surfactants depending on monovalent cations content in cultivation medium. Microbiol. Zh. 2021. Vol. 83, No 2. P. 20–31

ВПЛИВ КОНКУРЕНТНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ НА СИНТЕЗ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *NOCARDIA VACCINII* ІМВ В-7405 З ВИСОКОЮ АНТИМІКРОБНОЮ АКТИВНІСТЮ

Ключка Л.В.

Національний університет харчових технологій, kluchkalv@nuft.edu.ua

Збільшення біосинтетичної здатності продуцентів практично важливих метаболітів залишається пріоритетним напрямком у розвитку сучасної біотехнології [1]. Так, останніми роками для регуляції біологічної активності цільових біотехнологічних продуктів дослідники все частіше використовують спільне культивування мікроорганізмів, один з яких є продуцентом певного метаболіту, інший – індуктором (конкурентним мікроорганізмом) [2].

Таке спільне культивування вчені розглядають як імітацію конкуренції між представниками мікробної спільноти в природних умовах, що супроводжується підвищенням або концентрації синтезованих цільових продуктів, або їх антимікробної активності, або навіть утворенням нових метаболітів, не характерних для монокультури [3].

У попередніх дослідженнях [4] нами було встановлено можливість підвищення антимікробної активності поверхнево-активних речовин (ПАР), синтезованих *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405 у відповідь на наявність у середовищі з очищеним гліцерином клітин *Escherichia coli* ІЕМ-1 і *Bacillus subtilis* БТ-2.

Варто зазначити, що найчастіше як біологічні індуктори використовують патогенні чи умовно патогенні бактерії, у відповідь на наявність яких спостерігається підвищення антимікробної активності синтезованих метаболітів. У літературі є лише поодинокі відомості про використання як конкурентних мікроорганізмів еукаріотичних клітин [5].

У зв'язку з викладеним вище мета даної роботи – дослідити антимікробну активність поверхнево-активних речовин, синтезованих *N. vaccinii* ІМВ В-7405 за наявності у середовищі дріжджів роду *Candida*.

N. vaccinii ІМВ В-7405 вирощували у рідкому середовищі. Як джерело вуглецю використовували очищений гліцерин у концентрації 1 % (об'ємна частка). Як індуктори використовували дріжджі *Candida utilis* БВС-65 та *Candida tropicalis* РЕ-2. Дріжджі *C. utilis* БВС-65 та *C. tropicalis* РЕ-2, вирощені на сусло-агарі упродовж 24 год титром 10^5 – 10^6 кл/мл суспендували в 100 мл стерильної водопровідної води і вносили 2,5 мл суспензії на 100 мл середовища культивування продуцента ПАР у лаг- і експоненційній фазі росту. Інактивовані клітини (стерилізація в автоклаві при 131°C упродовж 1 год) вносили з розрахунку 10 мл суспензії на 100 мл поживного середовища. ПАР екстрагували з супернатанту культуральної рідини сумішшю Фолча. Антимікробні властивості поверхнево-активних речовин аналізували за показником мінімальної інгібуючої концентрації (МІК)

Встановлено, що незалежно від фізіологічного стану клітин індуктора (живі, інактивовані) та моменту їх внесення у середовище культивування *N. vaccinii*

ІМВ В-7405 (лаг-фаза чи експоненційна) синтезувалися поверхнево-активні речовини, антимікробна активність яких щодо *E. coli* ІЕМ-1, *Staphylococcus aureus* БМС-1, *B. subtilis* БТ-2 була у 2-66 разів вищою (мінімальна інгібуюча концентрація становила 1,5-25 мкг/мл) порівняно з використанням ПАР, синтезованих без індуктора (МІК 25-100 мкг/мл). Аналогічні закономірності спостерігали у разі використання як тест-культур дріжджів *Candida utilis* БВС-65, *Candida albicans* Д-6, *Candida tropicalis* РЕ-2. При цьому мінімальні інгібуючі концентрації поверхнево-активних речовин, синтезованих за наявності конкурентних мікроорганізмів, були у 2-128 разів нижчими порівняно з показниками, встановленими для ПАР, одержаних за відсутності індукторів, і становили 0,78-25 мг/мл.

Отже, в результаті проведеної роботи встановлено можливість регуляції антимікробної активності поверхнево-активних речовин *N. vaccinii* ІМВ В-7405 внесенням у середовище культивування продуцента живих або інактивованих клітин дріжджів роду *Candida*.

Список використаної літератури:

1. Newman D. J, Cragg G. M. Natural Products as Sources of New Drugs from 1981 to 2014. J Nat Prod. 2016. Vol. 79, No 3. P. 629- 61.
2. Wakefield J., Hassan H. M., Jaspars M., Ebel R., Rateb M. E. Dual Induction of New Microbial Secondary Metabolites by Fungal Bacterial Co-cultivation. Frontiers in Microbiology. 2017: 8.
3. Bertrand S., Bohni N., Schnee S., Schumpp O., Gindro K., Wolfender J. L. Metabolite induction via microorganism co-culture: a potential way to enhance chemical diversity for drug discovery. Biotechnol Adv. 2014. Vol 32, No 6. P. 1180–1204.
4. Pirog T. P., Nikituk L. V., Makienko V. O., Shevchuk T. A., Iutynska G. O. [Regulation of antimicrobial activity of surfactants, synthesized by *Nocardia vaccinii* IMV B-7405]. Mikrobiol. Z. 2017. Vol. 79, No 3. P. 27–35. Ukrainian.
5. Graham C. E., Cruz M. R., Garsin D. A, Lorenz M. C. *Enterococcus faecalis* bacteriocin EntV inhibits hyphal morphogenesis, biofilm formation, and virulence of *Candida albicans*. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2017. Vol 114, No 17. P. 4507–4512.

ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЇ РОСЛИН ТА МЕХАНІЗМИ СТІЙКОСТІ ПРОТИ ПОСУХИ

Ковбасенко Р.В.

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України,
rayasenko@ukr.net

Встановлено, що серед усіх аномальних природно-кліматичних явищ на долю посухи припадає близько 26% випадків [2]. Стрес, викликаний водним дефіцитом, є первинним у випадку посухи та вторинним при засоленні ґрунтів. Біля 70% прісної води, що використовується людством, витрачається у сільському господарстві [3].

Для найбільш посухостійких рослин характерна добре розвинута коренева система, високий кореневий тиск, значна водоутримуюча здатність тканин, обумовлена нагромадженням у вакуолях осмотично активних речовин: вуглеводів, органічних кислот, розчинних форм азоту та іонів мінеральних речовин. Зміна кальцієвого гомеостазу є однією із найбільш ранніх реакцій рослин на дію стресорів різної природи у тому числі і посухи [1].

Із метою добору методом клітинної селекції толерантних проти кількох абіотичних стресів рослин томату апробовано 2 селективних агенти – ПЕГ-6000 і маніт. Показано, що селективна система із манітом є більш ефективною, так як забезпечує більш повну елімінацію чутливих клітин та більш високу життєздатність рослин-регенерантів. Методом клітинної селекції одержано рослини томату, які за відносним та загальним вмістом води, інтенсивністю росту та насіннєвою продуктивністю мали більш високу стійкість проти посухи, ніж вихідні рослини. Усе це свідчить про можливість використання селективної системи із манітом для добору толерантних проти дефіциту води ліній томату.

Відмінності між вихідними та відібраними рослинами проявлялися більше в умовах жорсткого водного та температурного стресів. Із використанням селективної системи з манітом проведено пряму і ступінчасту селекцію *in vitro*, здійснено добір калюсних ліній томату, стійких до модельованого сольового стресу. Калюсні тканини відібраних зразків успішно виживали на живильному середовищі МС із додаванням 0,55% NaCl. Серед рослин, регенерованих із стійких проти маніту клітин, відібрані зразки із підвищеною толерантністю не тільки проти посухи, але і проти засолення та низьким позитивним і негативним температур: ТТП-1 і ТТП-2.

Висновки. Таким чином показано, що шляхом селекції *in vitro* на середовищах із осмотиком манітом можна одержати рослини, толерантні проти абіотичних стресів, що викликають зневоднення тканин, відібрано зразки ТТП-1 і ТТП-2, толерантні проти засолення, робота із якими продовжується.

Список використаної літератури:

1. Мусієнко М.М., Жук І.В. Молекулярні механізми індукції захисних реакцій рослин в умовах посухи // Український ботанічний журнал. 2009. Т. 66, № 4. С. 580-595.
2. Dai A. Increasing drought under global warming in observations and models // Nature climate change. 2013. V. 3. P. 52-58.
3. Fang Y., Xiong L. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants // Cell. Mol. Life Sci. 2015. V. 72, № 4. P. 673-689.

**АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ КУЛЬТУРАЛЬНОЇ РІДИНИ
*CHLORELLA VULGARIS***

Козак А.-М. Р., Чебан Л.М.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,

l.cheban@chnu.edu.ua

Сучасні альгологічні дослідження показують, що мікроводорості характеризуються високою антибактеріальною, протираковою та противірусною активністю. Це зумовлено широким спектром біологічно активних речовин, що продукуються біомасою водоростей. Серед первинних та вторинних метаболітів мікроводоростей виділяються сполуки, що є потенційними антимікробними речовинами: поліфеноли, каротиноїди, сапоніни, дубильні речовини, тощо. Цікавим є те, що ці БАР можуть бути як локалізовані у альгомасі, так і накопичуватися у культуральній рідині при вирощуванні водоростей [1].

Метою роботи було вивчення потенційної антимікробної активності культуральної рідини *Chlorella vulgaris*.

У дослідженні використовували альгологічно чисту культуру *Ch. vulgaris*, що підтримується в колекції НН інституту біології, хімії та біоресурсів ЧНУ. Водорість вирощували на класичному середовищі Тамія, при температурі 24 ± 2 °C протягом 14 діб. Як тест-культури мікроорганізмів використовували: *Bacillus subtilis* та *Sarcina flava* (Гр+), *Microcystis pulverea* (Гр-), *Rhodotorula rubra* (еукаріот). Однодобові тест-культури мікроорганізмів стандартизували за McFarland до 0,5. Дослідження антимікробної активності проводили методом дифузії в агар: 100 мкл тест-культури мікроорганізмів висівали газоном на тверде середовище МПА, у лунки вносили по 25 мкл культуральної рідини *Ch. vulgaris*. На третю добу оцінювали результат вирощування.

Відмічено, що чутливість тест-культур до культуральної рідини *Ch. vulgaris* залежить від будови клітинної стінки мікроорганізмів. Так, більш чутливими є грампозитивні мікроорганізми та дріжджі. Для них діаметр зон затримки росту визначений у межах від 20 до 25 мм. Найчутливішими виявилися *Sarcina flava* та *Rhodotorula rubra*.

В той же час грамнегативні мікроорганізми виявилися не чутливими до культуральної рідини *Ch. vulgaris*, діаметр зони затримки росту не перевищував 5 мм. Виявлену антимікробну активність зелених водоростей *Ch. vulgaris* пов'язують із наявністю у складі біомаси поліфенольних сполук. Проведений спектральний аналіз спиртових екстрактів із біомаси водорості та культуральної рідини підтвердив присутність флавоноїдів, фенолкарбонових кислот та кумаринів.

Отже, культуральну рідину та біомасу *Ch. vulgaris* можна рекомендувати для використання в кормах як природного протигрибкового та антибактеріального компонента.

Список використаної літератури:

1. Zielinski D., Fraczyk J., Debowski M., et al. Biological Activity of Hydrophilic Extract of *Chlorella vulgaris* Grown on Post-Fermentation Leachate from a Biogas Plant Supplied with Stillage and Maize Silage. *Molecules*. 2020. Vol. 25, No 8. P. 1790.

ЗАКВАСКА ДЛЯ ХЛІБА З ЖИТНЬОГО БОРОШНА

Корженівська А.О., Даниленко С.Г.

Інститут продовольчих ресурсів НААН, biotech_ipr@ukr.net

У виробництві хліба з житнього борошна доцільним є використання заквасок на основі молочнокислими бактеріями, які активно знижують рН у водно-борошняних системах.

Найчастіше до складу таких заквасок залучають *L. plantarum* та *L. fermentum*, які найчастіше знаходять серед бактеріальних ізолятів при спонтанному бродінні злаків, незалежно від того, сировиною є кукурудза, сорго чи просо.

Метою роботи є розробка технології комплексної бактеріальної закваски на основі біохімічно активних штамів для попередження мікробіологічного псування хліба з житнього борошна.

Використовували традиційні та сучасні мікробіологічні, біохімічні та технологічні методи досліджень.

Вперше розроблено нову бактеріальну композицію із залученням штамів *L. plantarum* + *L. buchneri* + *L. brevis* у співвідношення (1:1:1), для виробництва хліба з житнього борошна.

Розроблено алгоритм складання бактеріальної композиції із різних видів молочнокислих бактерій. Опрацьовано параметри біотехнології бактеріальної закваски (рецептура поживного середовища, режими нагромадження біомаси, спосіб її консервування та термін зберігання за різних температурних умов). Доведено, що кількість інокуляту має становити (7-8 %), тривалість нарощування біомаси - 12-14 годин за температури (32±1) °С. Культивування слід проводити за періодичної нейтралізації культурального середовища, яке містить джерела вуглецю, азоту (панкреатичний гідролізат білку і суміш незамінних амінокислот), активаторів росту (вітаміни груп В), буферних та мінеральних солей.

Все це дозволило отримати з 1 дм³ поживного середовища (10,5- 11,7) г сухої закваски з чисельністю (7,5-8,7)·10¹⁰ КУО/г молочнокислих бактерій.

В лабораторних умовах проведено апробація отриманої закваски за випікання хліба за рецептурою на хліб «Дарницький» та визначено оптимальну концентрацію.

У виробничому циклі закваска мала вологість 48 - 50%, кислотність 13 - 16 град. та піднімальну силу «за кулькою» 22 хв. У зразках з додаванням закваски газоутворення протікало більш інтенсивніше, ніж у контролі, та забезпечувала суттєве (15,2-27,4%) підвищення газоутворення в перші 90 хв бродіння тіста, що сприяло розпушенню тіста.

Показано, що тривалість вистоювання напівфабрикату із додаванням закваски зменшилась на 15 хвилин, що пришвидшує технологічний процес і тісто дозріває швидше. Показники якості готових виробів відрізнялись від контролю: кислотність зросла на 0,5 – 1,2 град, пористість – 4,5 – 10,5 %.

РОЛЬ ПРОПОЛІСУ В ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ЗАКВАСКИ ДЛЯ ПОТРЕБ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ

Корнієнко І.М.

Національний авіаційний університет, irina.kornienko.1979@gmail.com

Хліб як продукт щоденного вжитку дозволяє на 30% забезпечити потреби людини у вуглеводах, білках, вітамінах та мінеральних речовинах. Актуальною задачею сучасної харчової біотехнології, дієтології та нутріціології є збагачення традиційних видів хлібобулочних виробів мікронутрієнтами з метою забезпечення широких верств населення продуктами лікувального, профілактичного та функціонального призначення.

Новим напрямом у виробництві функціональних продуктів харчування є збагачення їх деякими продуктами бджільництва. До продуктів бджільництва відносяться мед, прополіс, маточне молочко, віск, бджолина отрута, забрус, перга, мерва, квітковий пилок (обніжка), гомогенат і подмор [1]. Науковцями доведено, що продукти життєдіяльності бджіл володіють лікувальними властивостями, оскільки містять різноманітні біологічно-активні речовини.

З точки зору використання у хлібопекарській промисловості, фахівці розглядають квітковий пилок, пергу, прополіс і маточне молочко. Слід зазначити, що Україна є лідером за обсягами виробництва та експорту продуктів бджільництва у Європі і третьою у світі, бджільництво є розвиненою галуззю сільського господарства в нашій країні [2].

В науковій роботі [3] запропоновано здійснити збагачення харчових виробів на основі сухих кондитерських сумішей біологічно-активними речовинами та надання їм лікувально-оздоровчих властивостей шляхом введення в рецептуру кількох продуктів бджільництва – маточного молочка, 20%-ї настоянки прополісу та квіткового пилку у кількості 6, 10 і 6% відповідно до маси напівфабрикату.

Окреме місце серед продуктів бджільництва займає прополіс, який є продуктом рослинного і тваринного походження. Він представляє собою клейку смолисту речовину, яку бджоли збирають з бруньок дерев і модифікують власними ферментами. Бджоли використовують прополіс для закриття щілин, звуження лоткових отворів вуликів і захисту свого помешкання від температурних змін та деяких шкідників.

Прополіс вважається унікальним природним продуктом, оскільки містить понад 800 речовин, необхідних для нормального функціонування всіх систем організму людини, а також його внутрішньої санації. У складі прополісу присутні фітонциди, спирти, глікозиди, полісахариди, дубильні речовини та флавоноїди. Перелік мінеральних елементів прополісу також досить вагомий – манган, цинк, барій, титан, мідь, олово, нікель, кобальт, ванадій, кальцій, фосфор, селен, алюміній, молібден, фтор та ін. [4].

Проведено дослідження впливу екстракту прополісу (20 %), лактулози та шроту льону в практиці виведення закваски для потреб хлібопекарської галузі. Виведення закваски відбувалося із додаванням чистих культур молочнокислих

бактерій: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus paracasei*, *Bifidobacterium infantis*.

В роботі проведена оптимізація технологічних параметрів біотехнології отримання закваски на основі борошняної суміші із пшеничного, амарантового та спельтового видів борошна шляхом визначення оптимальних кількісних співвідношень функціональних компонентів до борошняної суміші задля мінімізації часу технологічного циклу виведення закваски. Задача полягала в тому, щоб знайти мінімальний час технологічного процесу її виведення, при якому органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості хліба відповідають стандарту ДСТУ – П - 4588-2006 «Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання» за усіма оціненими параметрами. Порівнюючи показники кислотності та піднімальної сили за кулькою контрольних та досліджених зразків закваски (зразки із додаванням екстракту прополісу, лактулози та шроту льону), стає очевидним, що завдяки введенню функціональних компонентів відбувається активація процесу ферментації борошняної складової, про що свідчать показники зростання кислотності, зниження окислювально-відновлювального потенціалу, зменшення часу ферментації та збільшення титру молочнокислих бактерій.

Екстракт прополісу призводить до стабілізації закваски за фізико-хімічними та мікробіологічними показниками під час її зберігання протягом 7 днів. Завдяки його додаванню до рецептури закваски у кількості 1 %, відбувається пригнічення росту дикорослих грибів та дріжджів, котрі потрапляють до закваски разом із борошном, сприяючи підтримці достатньо високого титру чистих культур молочнокислих бактерій.

Отримані результати досліджень свідчать, що введення екстракту прополісу до рецептури закваски призвело до суттєвого впливу на кількісний і видовий склад її мікрофлори, тому екстракт прополісу можна розглядати як антимікробний засіб, який дозволяє збільшити термін зберігання продуктів бродіння, пригнічуючи розвиток тих чи інших мікроорганізмів.

Список використаної літератури:

1. Дубцова Е.А. Состав, биологические свойства меда, пыльцы и маточного молочка и возможность их применения в лечебном питании. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2009. №3. С.36-41.
2. Виготовлення гігієнічно-профілактичної жувальної гумки (подушечок) на основі прополісу, бджолиного воску та іншої бджоло продукції / Б. Андрушків та ін. Соціально-економічні проблеми і держава. 2016. №2. С. 164-175.
3. Щирська О.В. Десертні вироби як продукти лікувально-оздоровчого призначення. Збірник наукових праць молодих учених, аспірантів та студентів. Одеса: ОНАХТ, 2016. С. 235.
4. Суханова Л. В., Канарский А.В. Прополис как биологически активный продукт. Вестник Казанского технологического университета. 2014. №4. С. 198-203.

ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПРЕС-ТЕСТІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ COVID-19**Короленко Т.С.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, taniakorolenko15@gmail.com**

На даний момент найбільш оптимальним та швидким інструментом для масового скринінгу населення під час пандемії COVID-19 (CoronaVirus Disease-19) є використання експрес-тестів. Сучасні діагностичні тест-системи надають можливість для так званого “Point-of-care” виявлення захворювання.

Активне впровадження експрес-тестів дає можливість для прогнозування перебігу COVID-19 на ранніх стадіях його розвитку та контролю його розповсюдження серед населення певних територій [1].

Виокремлюють експрес-тести для визначення антитіл та для визначення антигенів.

Імунохроматографічний аналіз для визначення антигенів SARS-CoV-2 базується на мембранній технології. Тест-смужка для проведення такого аналізу розміщена у пластиковому корпусі (касеті) та складається з підкладки для нанесення зразку, кон'югатної (містить кон'юговані комплекси антитіло-мітка (зазвичай, це наночастинки колоїдного золота, кон'юговані із моноклональними антитілами до нуклеокапсидного білку SARS-CoV-2)) та абсорбуючої підкладок, а також нітроцелюлозної мембрани, на яку попередньо нанесено так звані вторинні антитіла, специфічні до антигену SARS-CoV-2 [2].

Таким чином, якщо у зразку міститься нуклеокапсидний антиген SARS-CoV-2, під час його руху вздовж тест-смужки відбудеться зв'язування з кон'югатом антитіл до SARS-CoV-2 з утворенням комплексу антиген-антитіло-мітка. Далі антигени будуть «захоплені» специфічними моноклональними антитілами до SARS-CoV-2, іммобілізованими на мембрані, а саме на її тестовій лінії. При цьому утвориться забарвлена лінія з кольорових міток (у випадку використання наночастинок колоїдного золота – чорного кольору) [3].

Імунохроматографічний аналіз для визначення антитіл до SARS-CoV-2 має схожу будову та принцип дії, проте, на відміну від описаного експрес-тесту, на кон'югатній підкладці іммобілізовані вірусні антигени з мітками. Даний експрес-тест базується на реакції між антигеном (зазвичай це глікопротеїни S) та відповідним йому антитілом IgG чи IgM, що міститься у біологічному матеріалі, а також на хроматографічному розділенні речовин у потоці рідини на носії [3, 4].

Список використаної літератури:

1. Хайтович А. Б., Ткач В. В., Ткач А. В. Специфические лабораторные методы в диагностике инфекции, вызванной вирусом SARS-COV-2. Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. 2021. № 2. С. 88-105.
2. Coronavirus Ag Rapid Test Cassette (Swab) - 16009194. Bio-Rad. 2021. 12 с.
3. Черничук О. В., Чернова О. О. Лабораторная диагностика новой коронавирусной инфекции COVID-19. Здравоохранение Югры: опыт и инновации. 2021. № 2. С. 27-34.
4. Гильманов А. Ж., Мавзютов А. Р., Билалов Ф. С., Салыхова Р. М., Ахмадуллина Ю. А. Об использовании иммунохроматографических экспресс-тестов на антитела IgM и IgG к вирусу SARS-COV-2. Медицинский вестник Башкортостана. 2020. № 3(87). С. 64-68.

ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТОДИ РЕГЕНЕРАЦІЇ ТИМУСА**Короленко Т.С.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, taniakorolenko15@gmail.com**

Функціональна активність тимуса, що полягає у його роботі як лімфоїдного органа та залози внутрішньої секреції, значно знижується при гострих і хронічних пошкодженнях, що призводить до імунного дефіциту та сприйнятливості до інфекцій. Тому основною метою сучасних досліджень є пошук нових та вдосконалення старих методів регенерації функцій тимуса.

Генна терапія, що використовує технологію генетичної модифікації (редагування/додавання гена) може подолати проблему формування побічних реакцій організму, оскільки є більш надійним методом для «перепрограмування» імунної системи задля відновлення функцій тимуса [1].

Потенційним геном, який буде використовуватися для генних терапевтичних підходів до регенерації тимусу, є ген *Foxn1*. Кілька досліджень показали, що вікова інволюція тимуса збігається зі зниженням експресії *Foxn1* та зі зниженням активації сигнального шляху WNT4, який сприяє проліферації ТЕК (тимусних епітеліальних клітин). Так, у 2014 році вперше було проведено дослідження, яке показало, що з посиленням експресії *Foxn1* у тимусу старих мишей вдалося повернути його функціональну здатність. Такий оновлений орган дуже нагадував молодий тимус з точки зору будови та експресії генів, а також спостерігалось посилення тимопоезу та перепрограмування фібробластів у функціональні ТЕК. Тому подібний дослід на людях у майбутньому надасть необхідні дані для допомоги особам, чий захворювання пов'язані із порушенням роботи імунної системи [2].

Біоінженерія тимуса все ще знаходиться на ранніх стадіях розвитку. Оскільки мікросередовище тимуса є надзвичайно складним, головною складністю створення штучного тимуса є відтворення самого мікросередовища. Однією із випробовуваних методик є змішування попередників ТЕК з фібробластами для отримання структури, подібної до структури тимуса [1].

Іншою більш сучасною технікою є технологія DRT (децеллюляризація-рецеллюляризація), за допомогою якої продемонстровано функціональність утворених структур *in vivo* на мишах. За допомогою DRT каркас для біоінженерного органу отримують шляхом його децеллюляризації (очистка трансплантату з метою отримання неімуногенної конструкції на основі внутрішньоклітинного матриксу задля запобігання потрапляння антигенів донора в організм реципієнта). Решта каркасу складається з позаклітинного матриксу і його можна повторно засіяти ізольованими ТЕК та гемопоетичними попередниками з кісткового мозку [3].

Список використаної літератури:

1. Chhatta A., Mikkers H.M.M., Staal F.J.T. Strategies for thymus regeneration and generating thymic organoids. *Journal of Immunology and Regenerative Medicine*. 2021. Vol. 14.
2. Vaidya H. J., Briones Leon A., Blackburn C. C. FOXN1 in thymus organogenesis and development. *European Journal of Immunology*. 2016. Vol. 46, № 8. P. 1826–1837.
3. Tajima A. et al. Construction of Thymus Organoids from Decellularized Thymus Scaffolds. *Methods in Molecular Biology*. 2019. Vol. 1576. P. 33–42.

ОЦІНКА ВПЛИВУ УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ (*IN VITRO* ТА *IN SITU*) НА РІВЕНЬ ФАРМАКОЛОГІЧНО-ЦІННИХ РЕЧОВИН У РОСЛИН РОДУ *SCUTELLARIA* L.

Кощавко К.С.

Київський Палац дітей та юнацтва, kseniako05@gmail.com

Останнім часом активно здійснюється пошук препаратів рослинного походження, які мають лікувальні властивості та мінімальну побічну дію на організм людини – на противагу синтетичним препаратам. У пошуках нових джерел сировини з фармакологічними властивостями активно досліджуються біологічно активні речовини лікарських рослин роду *Scutellaria* L. [1].

Сучасні фармакологічні дослідження підтвердили, що індивідуальні флавоноїди рослин роду *Scutellaria* L. (байкалін, вогонін, хмизин тощо) характеризуються протипухлинними, протизапальними, антиоксидантними та антибактеріальними властивостями [4]. Переважно, фармакологічні дослідження *S. baicalensis* присвячені вивченню її коренів, але нещодавно отримано дані щодо експериментальної оцінки лікувальних властивостей надземної частини [1]. З огляду на це, нас зацікавив біохімічний аналіз екстрактів надземної частини рослин, адже це дозволило б збільшити об'єми біомаси, що може бути використана в якості лікарської сировини.

Метою нашої роботи було оцінити вплив умов культивування (*in vitro* та *in situ*) на рівень фармакологічно-цінних речовин у деяких видів роду *Scutellaria* L.; проаналізувати антиоксидантну активність та вміст флавоноїдів у екстрактах листя, стебел та коренів видів: *S. albida*, *S. altissima*, *S. baicalensis*, вирощених в умовах *in vitro* та *in situ*; проаналізувати антибактеріальну активність етанольних фракцій рослин досліджуваних видів шоломниці.

Для оцінки впливу умов культивування (*in vitro* та *in situ*) на вміст флавоноїдів, антиоксидантної та антимікробної активності екстрактів рослин роду *Scutellaria* L. використовували рослини трьох видів: *S. albida* L., *S. altissima* L., *S. baicalensis* Georgi. Рослини (варіант *in situ*) культивували на колекційній ділянці лабораторії медичної ботаніки НБС імені М.М. Гришка НАН України. Зразки відбирали у період цвітіння, відокремлювали листя, стебла і корені для подальшого біохімічного аналізу. В культуру *in vitro* вводили насіння рослин шляхом поверхневої стерилізації насіння. Насіння стерилізували за загальноприйнятою методикою з використанням 15% розчину «Білизни». Для подальшого біохімічного аналізу використовували повноцінні рослини віком від 6 до 12 тижнів.

Антиоксидантну активність у листі, стеблах і коренях рослин шоломниці визначали як різницю констант швидкості окислення 2,6-дихлорфеноліндофеноляту натрію в контрольному та дослідному варіанті, поділену на концентрацію рослинного матеріалу в кюветі, мг/мл [5]. При оцінці результатів дослідження антиоксидантної активності екстрактів рослин вирощених у відкритому ґрунті та в культурі *in vitro*, відмічено збереження

тенденції накопичення речовин, що характеризуються антиоксидантною активністю, переважно у листі та корінні видів *S. albida* та *S. altissima*.

Для визначення флавоноїдів використовували спектрофотометричний метод з перерахунком на рутин, основою якого є властивість флавоноїдів утворювати забарвлений комплекс із спиртовим розчином хлориду алюмінію [3]. Дані виражали в мг рутину у перерахунку на 1 г сухої маси. Результати досліджень вмісту флавоноїдів у екстрактах рослин вирощених в умовах *invitro* свідчать про збереження тенденції до підвищеного вмісту флавоноїдів у листі рослин обох видів. В той же час, вміст флавоноїдів був достовірно нижчим для рослин вирощених умовах *in vitro* порівнянні з рослинним матеріалом вирощеним у відкритому ґрунті.

Для дослідження антибактеріальної активності видів роду *Scutellaria* L. використовували диско-дифузійний метод. У результаті проведених досліджень було виявлено антибактеріальну активність екстрактів рослин видів роду *Scutellaria* проти штамів грам-негативних (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* та *Serratia marcescens*) і грам-позитивних (*Staphylococcus aureus*) бактеріальних культур.

Таким чином, отримані дані дозволяють зробити висновок, що фармакологічно перспективним можна вважати листя усіх досліджуваних видів *Scutellaria*, що характеризувалося високими показниками антиоксидантної активності та високим вмістом флавоноїдів; етанольні екстракти листків мають антибактеріальну активність.

Список використаної літератури:

- 1.Cole IB *et al.* Comparisons of *Scutellaria baicalensis*, *Scutellaria lateriflora* and *Scutellaria racemosa*: genomesize, antioxidant potential and phytochemistry. *Planta Med.* 2008. Mar. Vol.74. No.4. p.474-481.
- 2.Pękal, A., Pyrzynska, K. Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. // *FoodAnalyticalMethods.* – 2014. - Vol.7- P.1776–1782.
- 3.Muddaser Sh. *Et al.* "Biomedical Applications of *Scutellaria edelbergii* Rech.: *in Vitro* and *in Vivo* Approach *Molecules*, 2021, Vol 26, no. 12, p. 37-40.
4. Семенов В. Л. Ярош А. М. Метод определения антиокислительной активности биологического материала // Украинский биохимический журнал. – 1985. – Т. 57, № 3. – С. 50-52

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СТАДІЇ БІОСИНТЕЗУ В ТЕХНОЛОГІЇ ВІТАМІНУ B₁₂ НА ОСНОВІ БАКТЕРІЙ РОДУ *PROPIONIBACTERIUM*

Кривчук К.Т.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, krivchuk.kateryna@iit.kpi.ua

Вітамін B₁₂ або кобаламін був вперше виділений з печінки у 1948 р., а у 1973 р. синтезований у лабораторних умовах. Вітамін B₁₂ є складною молекулою, що складається з тетрапіролового кільця з атомом кобальту в центрі. Ціанокобаламін (α -(5,6-диметилбензімідазоліл)-кобамідціанід) – комерційна форма кобаламінів – найбільш широко використовується в медичній практиці як лікарський препарат, оскільки разом з гідроксикобаламіном (оксикобаламін) характеризується стабільністю при зберіганні та високою біологічною активністю. Як і багато інших вітамінів, він не синтезується в організмі тварин і людини. Єдиний шлях його отримання – аліментарний з харчовими продуктами тваринного походження або у вигляді вітамінного препарату.

Відомо, що для біосинтезу вітаміну B₁₂ у промисловому масштабі використовують прокаріотичні організми різних таксономічних груп, але частіше всього *p. Propionibacterium*, який є безпечним та входить до групи пробіотичних бактерій. В даній роботі надається інформація про можливі шляхи вдосконалення стадії біосинтезу в технології вітаміну B₁₂ при використанні як продуцента бактерій роду *Propionibacterium*.

У виробництві вітаміну B₁₂ культивування факультативно анаеробних бактерій роду *Propionibacterium* передбачає дві стадії – анаеробну (I) та аеробну (II). Синтез вітаміну B₁₂ відбувається на другій стадії та залежить від складу поживного середовища та умов культивування – рН, температури, часу вирощування та режиму аерації. Основним поживним середовищем для культивування пропіонових бактерій є глюкозомінеральне середовище, що містить іони кобальту, які використовуються як попередники при синтезі кобаламіну. Є дані про вплив різних концентрацій іонів кобальту на ріст біомаси та біосинтез вітаміну. Повідомляється, що концентрація іонів кобальту 1,5 мкг/л є оптимальною і дозволяє на третю добу культивування підвищити темпи нарощування біомаси у 1,7 раза у порівнянні з безкобальтовим середовищем та збільшити накопичення вітаміну B₁₂ до 386,5 мкг/л.

Завданням будь-якої технології, заснованої на мікробному синтезі, є пошук ефективних альтернативних субстратів. Є інформація про використання у виробництві вітаміну B₁₂ недорогих альтернатив традиційному поживному середовищу – рідкого кислотного залишку білка сої (LAPRS - liquid acid protein residue of soybean), яке не містить елементів тваринного походження та його гідролізату, отриманого на основі протеолітичної обробки LAPRS алкалазою. Виявилося, що оптимальним для *P.freudenreichii* є середовище на основі гідролізату LAPRS з додаванням 250 мг/л хлориду кобальту та 1200 мг/л цистеїну, яке забезпечувало ефективне продукування вітаміну. Ці результати

свідчать про можливість біосинтезу вітаміну B₁₂ на дешевому середовищі, що робить виробництво більш рентабельним.

Обговорюється питання режиму аерації культури на стадії біосинтезу цільового продукту. Хоча висока швидкість аерації може пригнічувати ріст пропіонових бактерій, показано, що в низьких концентраціях постачання киснем культури бактерій може збільшити вихід біомаси. Однак подача кисню має більш виражений вплив на біомасу, ніж на вихід вітаміну.

Відомо, що ультразвук широко використовується у біотехнологічних виробництвах для дезінтеграції бактерій. Але він може бути застосований і для озвучування живильного середовища для інтенсифікації метаболізму продуцента. Є інформація про спрямовану зміну метаболізму в клітинах бактерій при обробці рідких середовищ ультразвуком у період зростання культури. Є підстава вважати, що під дією ультразвуку прискорюються реакції механохімічного походження, що мають місце в озвучуваному середовищі, а також ініціюються специфічні сонохімічні реакції, в основі яких лежить механізм розриву хімічних зв'язків та утворення вільних радикалів.

Так, у роботі Шершенкова та співавт. вирощування *P. freudenreichii* ssp. *shermanii* I-63 у субстраті на основі відновленої молочної сироватки з лактозою та добавками солей піддавалося короткочасній обробці ультразвуком низької інтенсивності та різної частоти раз на добу. Це викликало не тільки прискорення процесів бродіння, але й збільшення активності бактерій. Таким чином, ультразвукова обробка забезпечувала спрямовану модуляцію метаболічної активності бактерій та призводила до збільшення кінцевого виходу вітаміну B₁₂ без підвищення тривалості виробничого процесу.

Таким чином, шляхом зміни концентрації іонів кобальту в середовищі, підбором поживного середовища та ступеня аерації, а також ультразвуковою модуляцією метаболізму продуцентів можна значно інтенсифікувати та здешевити технологію промислового одержання вітаміну B₁₂.

Список використаної літератури:

1. Патент SU 1737915. Штамм бактерий *Propionibacterium shermanii* продуцент вітаміна B₁₂ / А. Ирадян и соавт. АК ОС. — Заяв. 27.03.2005; Опубл. 20.02.2006; БИ: 05/2006
2. Каменская Ю. В. Влияние солей кобальта на биосинтез витамина B₁₂ пропионовокислыми бактериями // Наука, техника и образование. 2019. №6 (59).
3. Assis DA, Matte C, Aschidamini B, Rodrigues E, Záchia Ayub MA. Biosynthesis of vitamin B₁₂ by *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* ATCC 13673 using liquid acid protein residue of soybean as culture medium. *Biotechnol Prog. American Institute of Chemical Engineers* (2020). Sep;36(5): e3011.
4. Акопян Б.В., Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: Учеб. пособие / Под ред. С. И. Щукина. —Изд-во МГТУ, 2005. — 224 с.
5. Шершенков Б.С. и др. Ультразвуковая модуляция метаболической активности *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* при получении пищевых продуктов, обогащённых витамином B₁₂ / Б.С. Шершенков, Е.П. Сучкова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», 2013. — №4.

УДК 582.28:631.8:635.8

ВПЛИВ РОСЛИННИХ ОЛІЙ НА РІСТ МІЦЕЛІЮ ШТАМІВ РОДУ *PLEUROTUS* НА АГАРИЗОВАНИХ ЖИВИЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ ТА ЗЕРНОВОМУ СУБСТРАТІ

Кузнецова О.В., Власенко К.М.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,

Olga59kk@gmail.com

Для макроміцетів рослинні олії є джерелом карбону, який дуже необхідний для росту грибного міцелію та плодових тіл. У біотехнологіях базидіоміцетів, що культивуються, досліджувався, в основному, вплив рослинних олій на стадії отримання плодових тіл. Було показано, що додавання рослинних олій у субстрат сприяло підвищенню аромату плодових тіл грибів, впливало на зміну їх кольору та текстури [1, 2]. Дослідження з додавання рослинних олій у рідке живильне середовище виявили збільшення виходу біомаси та підвищення синтезу жирних кислот [3], стимуляцію росту міцелію макроміцетів [4].

Метою дослідження було вивчення впливу рослинних олій на ріст та розвиток міцелію швидкозростаючого та повільнозростаючого штамів грибів роду *Pleurotus* на агаризованому середовищі і на зерновому субстраті при отриманні посівного міцелію.

В якості об'єкту для проведення науково-дослідницької роботи використовували штами *Pleurotus ostreatus* IBK-1535 (швидкозростаючий), *Pleurotus eryngii* IBK-2011 (повільнозростаючий), отримані з колекції шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України.

Для дослідження кінетики росту міцелію на агаризованому середовищі використовували глюкозо-амонійне живильне середовище [5]. Рослинні олії (соняшникова, оливкова, лляну) вносили у живильне середовище у концентраціях 1 та 5 %. Приготування живильних середовищ та культивування міцелію проводили згідно загальноприйнятих методик [6, 7]. Міцелій вносили у чашки Петрі у вигляді блочків діаметром 8 мм. Протягом процесу культивування щодобово визначали радіуси грибних колоній, тривалість експоненціальної фази, розраховували середню швидкість росту міцелію на кожному із досліджених середовищ, описували культурально-морфологічні показники грибних колоній. Для отримання зернового міцелію використовували ячмінне зерно, рослинні олії вносили у концентрації 1 та 5 % під час інокуляції зернового субстрату міцелієм.

У результаті проведеного дослідження було виявлено суттєво позитивний вплив рослинних олій на розвиток міцелію повільнозростаючого штаму *Pleurotus eryngii* IBK-2011 на агаризованому глюкозо-амонійному середовищі. При додаванні до живильного середовища соняшникової олії 1 % та 5 % спостерігалось зростання швидкості радіального росту міцелію на 43,5 та 39,1 %, оливкової олії 1 % - на 39,1 % у порівнянні з контролем. Додавання лляної олії до живильного середовища 1 та 5 % не призвело до впливу на швидкість розвитку міцелію даного штаму. Додавання рослинних олій до глюкозо-амонійного агаризованого середовища гальмувало розвиток міцелію

швидкозростаючого штаму *Pleurotus ostreatus* IBK-1535, швидкість радіального росту міцелію була нижча за контроль у 1,3-2,2 раза. Застосування рослинних олій при отриманні посівного міцелію *Pleurotus ostreatus* IBK-1535 на ячмені сприяло збільшенню швидкості заростання зернового субстрату міцелієм у порівнянні з контролем. При додаванні до субстрату 1 % соняшникової, оливкової та лляної олій, та 5 % оливкової олії визначено скорочення терміну обростання субстрату міцелієм на 1-2 доби у порівнянні з контролем. Не виявлено суттєвого впливу рослинних олій на швидкість обростання зернового (ячмінного) субстрату міцелієм повільнозростаючого штаму *Pleurotus eryngii* IBK-2011. Якість отриманого посівного міцелію *Pleurotus ostreatus* IBK-1535 на зерновому субстраті була високою: міцелій білого кольору, щільний, засвоюваність зернового субстрату міцелієм відбувалась на 8 добу та з додаванням рослинних олій як органічних добавок відмічалось прискорення швидкості заростання субстрату міцелієм. Якість посівного міцелію повільнозростаючого штаму *Pleurotus eryngii* IBK-2011 також була досить високою: засвоюваність субстрату міцелієм відбувалась на 10 добу, міцелій білого кольору та середньої щільності. Особливого впливу рослинних олій на якість зернового міцелію даного штаму не визначено.

Таким чином, рослинні олії можуть бути застосовані у біотехнологіях отримання маточного та посівного міцелію макроміцетів, але треба враховувати: швидко- чи повільнозростаючим штамом є гриб.

Список використаної літератури:

1. Власенко К. М., Кузнецова О. В. Використання рослинних олій для підвищення інтенсивності аромату *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. при твердофазному культивуванні. *Біотехнологія XXI століття: матеріали XII Всеукр. наук.-практ. конф.*, 20 квітня 2018 р. К.: КПІ, 2018. С. 21.
2. Omarini A., Nepote V. et al. Analysis and fruiting bodies characterization of the edible mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Polyporus tenuiculus* obtained on leaf waste from the essential oil production industry. *Int. Journal of Food Science and Technology*. 2010. 45:466-474.
3. Hu C., Zou Y., Zhao W. Effect of soybean oil on the production of mycelial biomass and pleuromutilin in the shake-flask culture of *Pleurotus mutilis*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2009. Vol. 25. P. 1705-1711.
4. Kalyoncu I. H., KaSik G., Ozcan M., Ozturk C. Effects of sesame and bitter almond seed oils on mycelium growth of *Agaricus bisporus*(Lange) Sing. *Grasas y Aceites*. 1999. Vol. 50, No. 5. P. 392-394.
5. Соломко Э. Ф. Синтетическая среда для культивирования *Pleurotus ostreatus*. К.: Ин-т бот. им. Н. Г. Холодного, 1992. 23 с.
6. Бисько Н. А., Дудка И. А. Биология и культивирование съедобных грибов рода Вешенка. К.: Наук. думка, 1987. 148 с.
7. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Промислова мікологія» для студентів IV-Vкурсів спеціальності «Біотехнології та біоінженерія» / Укл. О. В. Кузнецова, К. М. Власенко. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2017. 65 с.

**ВИВЧЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ВОДОРОСТЕЙ У ЯКОСТІ
КОМПОНЕНТІВ ПОЖИВНИХ СЕРЕДОВИЩ****Кулеш А.В., Стрілець О.П., Стрельников Л.С.****Національний фармацевтичний університет, oksanastr1970@gmail.com**

На сьогоднішній день актуальною проблемою у біотехнології постає розробка нових або удосконалення існуючих поживних середовищ для культивування мікроорганізмів на стадії отримання маточної культури. Особливістю технологічного процесу є досягнення високої швидкості росту біомаси та отримання мікроорганізмів (бактерій, грибів, дріжджів, тощо) з великою фізіологічною активністю ферментного комплексу, оскільки у подальшому це сприяє виходу більш якісного готового продукту [1]. Проводяться пошуки біологічно активних компонентів для стимуляції росту дріжджових популяцій та обґрунтовується їх концентрація в поживних середовищах стандартного складу. Останнім часом особлива увага приділяється можливості застосування у народному господарстві такого джерела природних біологічно активних речовин, як мікроводорості. Вони є постійно відновлюваною системою і можуть вирощуватися за необхідності у достатньо великій кількості. Одними з головних вивчених об'єктів водоростей є хлорела та спіруліна. Оскільки ці водорості здатні стимулювати ріст і розвиток різних організмів, сприятливо впливати на обмінні процеси, то це дозволяє запропонувати їх для використання в якості добавки до поживних середовищ для культивування дріжджів на стадії накопичення маточних культур.

На кафедрі біотехнології НФаУ проводиться робота, метою якої є оптимізація складу поживного середовища для накопичення біомаси *Saccharomyces cerevisiae* на стадії отримання маточних культур. Об'єктом випробування було обрано штам дріжджових культур, що використовується в хлібопеченні – *Saccharomyces cerevisiae* ЛАВ-1. В дослідженнях використовували мікроводорості хлорелу і спіруліну (компанія «Lifefood» (Китай) у різних концентраціях (5мг% - 20мг%) як добавки до рідкого поживного середовища - бульйону Сабуро. Культивування проводили у колбах місткістю 500 мл у термостаті ТСО-80 за оптимальної температури (24–26)°С протягом 7 діб. На базі проведених досліджень доведено позитивний вплив мікроводоростей хлорели і спіруліни на фізіологічну активність дріжджових клітин, швидкість накопичення біомаси і бродильні властивості, експериментально обґрунтовано їх уведення до складу поживного середовища у концентрації 15 мг%. Проведена робота доводить доцільність застосування вищезначених добавок для стимуляції росту біомаси *Saccharomyces cerevisiae* на стадії отримання маточної культури і потребує подальших досліджень.

Список використаної літератури:

1. Пономарева О., Черныш В., Прохорчик И. Влияние условий культивирования на выход и качество хлебопекарных дрожжей. Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. 2014. № 1 (110). С. 7–12.

PROSPECTS AND LIMITATIONS OF GENE THERAPY**Kushniryk O.****Bukovinian State Medical University, kushniryk.olha@bsmu.edu.ua**

The emergence of fundamentally new technologies that allow active manipulation of genes and their fragments, and which provide targeted delivery of new blocks of genetic information in a given area of the genome, has become an important event in biology and medicine. Even now, at the current level of knowledge about the human genome, it is theoretically possible to modify it in order to improve some physical and mental parameters. Genetic engineering is also possible at the level of germ cells.

Prevention of hereditary diseases can be as complete and effective as possible if the zygote is embedded in a gene that replaces the mutant gene. Eliminating the cause of hereditary disease (namely, this is the most profound approach to prevention) means a serious modification of genetic information in the zygote. These may be the introduction of a normal allele into the genome, the reverse mutation of a pathological allele, the «inclusion» of a normal gene in the work, if it is blocked, the «exclusion» of the mutant gene. The difficulties of these problems are obvious, but intensive experimental developments in the field of genetic engineering indicate the fundamental possibility of their solution. The question of genetic engineering prevention of hereditary diseases is no longer a utopia, but a prospect, although not close.

Genetic engineering prevention of hereditary diseases at the zygote level is still poorly developed, although the choice of methods for gene synthesis and ways to «deliver» them to cells is already quite wide (Kuhn et al., 2016). The solution of transgenesis in humans today rests not only on genetic engineering difficulties, but also on ethical issues. After all, there is a talk about «compositions» of new genomes, which are not created by evolution, but by man. Human genetics is still far from fully understanding all the features of the genome. It is unclear how the genome will work after the introduction of additional genetic information, how it will behave after meiosis, reduction in the number of chromosomes, in combination with a new embryonic cell, and so on.

The current level of knowledge does not allow the correction of genetic defects at the level of germ cells and cells of early pre-implantation human embryos due to the real danger of clogging the gene pool with unwanted artificial gene constructs or mutations with unpredictable consequences for future humanity. However, in the scientific literature there are more and more calls for the resumption of the debate on the feasibility of gene correction of human germ cells (Rubeis & Steger, 2018).

Thus, the genetic revolution, which culminated in gene therapy, not only offers real ways to treat severe hereditary and non-hereditary diseases, but also in its rapid development poses new challenges to society, the solution of which is urgently needed in the near future.

References:

1. Kuhn P., Wagner K., Heil K., Liss M., Netuschil N. Next generation gene synthesis: From microarrays to genomes. *Eng Life Sci.* 2016. Vol. 17, No 1. P. 6-13.
2. Rubeis G., Steger F. Risks and benefits of human germline genome editing: An ethical analysis. *Asian Bioeth Rev.* 2018. Vol. 10, No 2. P. 133-141.

ПЕРСПЕКТИВНІ ПРОДУЦЕНТИ РИБОФЛАВІНУ

Лазарець П.С., Литвинов Г.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, lytgs3@gmail.com

Рибофлавін – є одним із найрозповсюдженіших водорозчинних вітамінів, необхідних для нормальної життєдіяльності організму. Протягом десятиліть одним з найважливіших застосувань рибофлавіну було його глобальне використання в якості харчової добавки для тварин і людей. У зв'язку з потребами медицини, фармацевтичної промисловості, сільського господарства, тваринництва і птахівництва актуальним є пошук шляхів синтезу рибофлавіну з високим його виходом [1].

Багато дослідників протягом останніх років повідомляли про успішні досягнення у побудові генетично модифікованих штамів таких мікроорганізмів як *Escherichia coli*, *B. subtilis*, *Corynebacterium ammoniagenes* та *Candida* spp., застосовуючи інженерні стратегії метаболізму [1].

Методами генетичної інженерії було створено промислові високопродуктивні рекомбіновані штами бактерій *Bacillus subtilis*, здатні до синтезу рибофлавіну. Слід зазначити, що природні штами *Bacillus subtilis* не виділяють вітамін у зовнішнє середовище і синтезують його тільки у кількості, необхідній для підтримання власної життєдіяльності. *Bacillus subtilis*, що є також одним із основних продуцентів, здатний виробляти попередники рибофлавіну, інозин та гуанозин, у пуриновому шляху, які можуть метаболічно перетворюватися на рибофлавін. Однак його гіпервиробництво було досягнуто за рахунок отримання мутантів із надмірною експресією певних генів та стійкістю до аналогів пурину. Ферментативне вироблення рибофлавіну природньо здійснюється флавогенними аскоміцетами дикого типу, такими як *E. ashbyi* та *A. gossypii*, з накопиченням рибофлавіну в міцелях. Серед них *A. gossypii* є комерційно переважним штамом, оскільки він підтримує стійку високопродуктивну здатність рибофлавіну, тоді як високофлавогенні клони *E. ashbyi* легко втрачають свій потенціал під час ліофілізації або зберігання при кімнатній температурі, що призводить до їх генетичної нестабільності та низької продуктивності [2,3].

Таким чином, оптимальним продуцентом рибофлавіну доцільно обрати рекомбінантний штам *Bacillus subtilis*. Види *Bacillus* використовуються для промислових і комерційних біотехнологічних процесів, оскільки багато хто з них в цілому вважаються безпечними, а види *Bacillus*, такі як *B. subtilis* досить швидко ростуть, що дозволяє скоротити виробничі цикли. Генно-інженерними методами була сконструйована рекомбінантна плазміда рМХ45, яка внесена в штам *B. subtilis*. Ця плазміда несе ген стійкості до еритроміцину та розрегульований рибофлавіновий оперон *B. subtilis*. Така особливість дає можливість отримати збільшення кількості копій рибофлавінового оперона, завдяки чому збільшується вихід рибофлавіну.

Список використаної літератури:

1. L. A. Averianova, L. A. Balabanova, O. M. Son, A. B. Podvolotskaya, and L. A. Tekutyeva, "Production of Vitamin B2 (Riboflavin) by Microorganisms: An Overview," *Front. Bioeng. Biotechnol.*, vol. 8, Nov. 2020,
2. S. K. Schwechheimer, E. Y. Park, J. L. Revuelta, J. Becker, and C. Wittmann, "Biotechnology of riboflavin," *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 100, no. 5, pp. 2107–2119, Mar. 2016,
3. T. Q. Aguiar, R. Silva, and L. Domingues, "Ashbya gossypii beyond industrial riboflavin production: A historical perspective and emerging biotechnological applications," *Biotechnol. Adv.*, vol. 33, no. 8, pp. 1774–1786, Dec. 2015,

**WAY OF REGULATION OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF
SURFACTANTS UNDER CULTIVATION OF *ACINETOBACTER
CALCOACETICUS* IMB B-7241 ON GLYCEROL OF VARIOUS DEGREES
OF PURIFICATION**

Lutsai D.

National University of Food Technologies

The aim of this work was to study the biological activity of surfactants synthesized by *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 in medium with glycerol of various degrees of purification and high content of calcium cations (activators of NADH⁺-dependent glutamate dehydrogenase – key enzyme of biosynthesis of surface-active aminolipids responsible for antimicrobial activity of surfactant complex) [1].

Cultivation of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 was carried out in liquid mineral medium using as substrates refined glycerol and the waste of biodiesel production in equimolar carbon concentration. The base medium did not contain calcium chloride, the content of CaCl₂ in the modified medium was 0.1 and 0.2 g/l. Surfactants were extracted from the supernatant of the culture liquid with a modified mixture of Folch (chloroform – methanol – 1 N HCl = 4:3:2). The number of adhered cells and the degree of biofilm destruction in the presence of surfactants was determined by spectrophotometric method, antimicrobial activity of surfactants – by the minimum inhibitory concentration (MIC) [2].

It was found that the additional introduction of 0.1–0.2 g/l of CaCl₂ into *A. calcoaceticus* IMV B-7241 cultivation medium with refined glycerol was accompanied by the synthesis of surfactants, the MIC of which against bacteria (*Bacillus subtilis* BT-2, *Enterobacter cloacae* C-8, *Staphylococcus aureus* BMS-1) and yeast (*Candida albicans* D-6) were 1.01–21.3 µg/ml and were 1.4–29 times lower compared to the MIC of surfactants obtained in base medium (1.83–58.8 µg/ml). The adhesion of bacterial and yeast test cultures on abiotic materials (tile, steel, glass) treated with such surfactants was 8-13% lower, and the degree of biofilms destruction was 5-19% higher compared to the values, established for surfactants obtained on base medium.

The increasing antimicrobial and anti-adhesive activity of surfactants synthesized on waste of biodiesel production was observed only when calcium chloride was introduced into the medium at a concentration of 0.2 g/l. Surfactants synthesized in the presence of calcium cations in the medium with the waste of biodiesel production proved to be more effective destructors of bacterial biofilms in comparison with those obtained in the base medium only at low concentrations (0.7–5.5 µg/ml).

The results demonstrate the possibility of regulating the biological activity of *A. calcoaceticus* IMV B-7241 surfactants by changing in the composition of medium with refined glycerol and waste of biodiesel production content of calcium cations - activators of NADH⁺-dependent glutamate dehydrogenase. Surfactants synthesized under different cultivation conditions of *A. calcoaceticus* IMB B-7241 on refined glycerol and waste of biodiesel production are more effective biofilm destructors and antimicrobial agents compared to the known lipopeptides and rhamnolipids formed on glycerol.

References.

1. Nurfarahin A.H., Mohamed M.S., Phang L.Y. Culture medium development for microbial-derived surfactants production—an overview. *Molecules*. 2018. Vol. 23, No 5. P. 1049.
2. Pirog T.P., Lutsai D.A., Shevchuk T.A., Iutynska G.O., Elperin I.V. Antimicrobial and anti-adhesive activity of surfactants synthesized by *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 on Technical Glycerol. *Mikrobiol. Z.* 2018. Vol. 80, No 2. P. 14-27. Ukrainian.

БІОТЕХНОЛОГІЯ МІКРОБНИХ ФРУКТООЛІГОСАХАРИДІВ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ЯКОСТІ ПРЕБІОТИКІВ

Максимець О.О., Грегірчак Н.М.

Національний університет харчових технологій,
olexandramaks2000@ukr.net

Олігосахариди-це вуглеводи, до складу яких входять від двох до десяти моносахаридів, з'єднаних глікозидними зв'язками. Вони відрізняються один від одного складом моносахаридів і типом глікозидних зв'язків. Джерелами для отримання олігосахаридів є реакції часткового (хімічного або ферментативного) розщеплення природних полісахаридів, гліколіпідів і глікопротеїнів на олігомерні фрагменти. Окрім кислотного гідролізу для отримання олігосахаридів використовують ферментативне розщеплювання за допомогою ферментів ендопектолітичної дії. Принциповою перевагою ферментативного гідролізу перед кислотним є його специфічність. Одним з найбільш вивчених олігосахаридів є фруктоолігосахариди.

Фруктоолігосахариди (ФОС) та їх мономерні похідні забезпечують стійкість до шкідливого впливу жовчних солей. *Bifidobacterium* у їх присутності у кишківнику підвищують свою стійкість та демонструють кращий ріст при наявності жовчних солей. Також перевагами фруктоолігосахаридів для здоров'я людини є: протиракові властивості, поглинання мінералів, ліпідний обмін, протизапальні та інші імунні ефекти (атопічна хвороба) [1].

Крім усього перерахованого вище, фруктоолігосахариди також мають штучну солодкість і низьку калорійність. Штучні підсолоджувачі постійно користуються попитом через потреби діабетиків і споживачів, які піклуються про своє здоров'я. Спочатку попит задовольнявся аспартамом або натуральними підсолоджувачами, такими як палатиноза. Через їх популярне використання всі типи олігосахаридів залишалися погано експлуатованими, незважаючи на їх функціональні властивості [1].

Головним фактором біотехнологічного одержання високої концентрації фруктоолігосахаридів є підбір оптимальних умов культивування мікроорганізмів-продуцентів. Так, вивчали вплив дріжджового екстракту на синтез ФОС грибом *Penicillium citreonigrum* UMR 4459. Виявилось, що наявність чи відсутність у середовищі дріжджового екстракту ніяк не впливає на вихід кінцевого продукту. У досліді досягнуто продуктивності фермента 6,11 ОД/мл.год та 58,7 г/л фруктоолігосахаридів [2].

Також на концентрацію ФОС впливає і підбір поживного середовища. Так гриб *Penicillium expansum* для порівняння культивували на декстрозі та сахарозі. Відмічено, що найкращим джерелом вуглецю є сахароза (117,7 г/л ФОС за 24 год) [3].

Отже, в сучасному світі проводиться достатньо багато досліджень з виявлення найкращого продуцента для синтезу мікробних фруктоолігосахаридів, які в подальшому можна використовувати для вироблення пребіотиків.

Список використаної літератури:

1. Belorkar S. A., Gupta A. K. Oligosaccharides: a boon from nature's desk. AMB. 2016. Expr 6, 82.
2. Srivastava A, Mishra S, Chand S. Transgalactosylation of lactose for synthesis of galacto-oligosaccharides using *Kluyveromyces marxianus* NCIM 3551. New Biotechnol. 2015. Vol 32, P. 412–418.
3. Prata M. B., Mussatto S. I., Rodrigues L. R., Teixeira J. A. Fructooligosaccharide production by *Penicillium expansum*. Biotechnol Lett. 2010. 32(6), P. 837-840.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУЦЕНТІВ ЦІАНОКОБАЛАМІНУ**Мельник О.П.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, melnyk.olga0406@gmail.com**

Ціанокобаламін відіграє важливу роль в метаболізмі людей та тварин. Відомо, що він бере участь у поділі клітин та процесі кровотворення, регулює жировий і амінокислотний обмін, здійснює мієлінізацію нервових волокон, відіграє ключову роль у біосинтезі нуклеїнових кислот, виконує геностабілізуючу функцію та знижує ризик генетичних відхилень у процесі пренатального розвитку організму.

Ціанокобаламін широко використовується не тільки в медицині як лікарський засіб, але й у виробництві кормових добавок для сільськогосподарських тварин та птахів.

Виробництво ціанокобаламіну здійснюють виключно мікробіологічним шляхом, оскільки, у порівнянні з хімічним синтезом, він є простішим та економічно вигіднішим. Щорічно світове виробництво вітаміну В₁₂ становить понад 10 тис. кг на рік, з яких близько 65% використовуються в медицині, решта – у сільському господарстві.

У природі до синтезу колабамінів здатні багато груп мікроорганізмів, що належать до родів: *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Clostridium*, *Eubacterium*, *Methanobacterium*, *Propionobacteriu*, *Streptomyces* и *Nocardia*, *Rhizobium*, *Protaminobacterium*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Spirulina*, *Acenetobacteriu*, *Methanosarcina* та інші. Але, як продуценти ціанокобаламіну, найчастіше використовують бактерії родів: *Propionibacterium* (СНД, Великобританія, Угорщина, Японія, США), *Methanobacteria* (Угорщина, США), *Streptomyces* та споріднені форми (Італія). Є повідомлення про використання в промисловому масштабі мікроорганізмів родів *Rhizobium* (США) і *Acenetobacterium* (Японія).

У виробництві ціанокобаламіну медичного призначення зазвичай використовуються безпечні бактерії, що входять до GRAS групи ("GC"-загальноновизнані як безпечні). Серед продуцентів ціанокобаламіну найвищий рівень "GC" мають пропіонові бактерії, які за визначником Берджі відносяться до II – категорії грампозитивних мікроорганізмів та включені до групи факультативних анаеробних нерухомих бактерій. Біосинтетична активність мікроорганізмів даної групи визначається їх видовою та штамовою належністю. Так культура *Propionibacterium freudenreichii*, яка використовує як джерело вуглецю тростинну мелясу, має вихід ціанокобаламіну до 14 мг/л; *Propionibacterium khormanii* і *Propionibacterium vanniellii*, при використанні глюкози як джерела енергії, мають вихід 25 мг/л і 23-40 мг/л відповідно. Продуктивність до 40 мг/л має культура *Propionibacterium freudenreichii* var. *shermanii* В-4891. Штам *Propionibacterium shermanii* М-82, який отримано шляхом ступінчастої селекції, має підвищену здатність до накопичення ціанокобаламіну до 58 мг/л та дозволяє наряду з сумішшю оксикобаламінів та ціанокобаламінів отримувати й коферментну легкозасвоювану форму, що має значний терапевтичний ефект. Є повідомлення про культуру *freudenreichii*, яка

володіє високою толерантністю до пропіонової кислоти та здатна накопичувати в культуральній рідині до 60–70 мг/л ціанокобаламіну.

Для медичного призначення ціанокобаламін отримують у хімічно чистому вигляді. Технологія, що заснована на використанні як продуценту пропіонових бактерій передбачає 2 стадії ферментації – анаеробну та анаеробну. В анаеробній стадії відбувається інтенсивне накопичення біомаси та утворення до 80% попередника ціанокобаламіну. Переведення попередників у біологічно активну форму В₁₂ здійснюється на етапі аеробного культивування. Весь процес ферментації займає більш ніж 90 годин.

У медичній та ветеринарній практиці вітамін В₁₂ використовується у таблетованій формі та у формі розчину для ін'єкцій. Для сільськогосподарських тварин вітамін В₁₂ використовується для повноцінного росту та розвитку тварин і птахів в структурі мінерально - вітамінних концентратів.

Перспективним продуцентом вітаміну В₁₂ сільськогосподарського призначення може стати штам *Pseudomonas fluorescens* ВКМ В-2224Д, який дозволяє до кінця ферментації отримати в культуральній рідині цільового продукту до 120 – 150 мг/л. Особливістю штаму є його здатність накопичувати ціанокобаламін у процесі всього періоду зростання культури. Вітамін, що може бути отримано на основі штаму *Pseudomonas fluorescens* ВКМ В-2224Д може використовуватись в складі преміксів і як самостійна кормова домішка для збагачення раціонів сільськогосподарських тварин. Ферментація *Pseudomonas fluorescens* ВКМ В-2224Д здійснюється при температурі 28 – 32°C, рН – 7.0 та при постійній подачі стерильного повітря (0,2 – 0,5 л/л середовища). Тривалість культивування становить до 60 годин. Для знешкодження культури наприкінці ферментації здійснюється лізис культури.

Незважаючи на велику кількість депонованих штамів-продуцентів ціанокобаламіну, у світовій науці продовжуються дослідження, що спрямовані на пошук продуктивних штамів, у тому числі й тих, що можуть бути одержані на основі сучасних генно-інженерних технологій.

Список використаної літератури:

1. Patent US 6492141 Process for the production of vitamin b12 / Jan Hendik Hunik (Rodenrijs) – № 09/868,607; Filed: Sep 28, 2001 Date of Patent: Dec10, 2002
2. Patent US 5545538A Method of producing vitamin B12 using rhizobium cobalaminogenum ferm BP-4429 Filed: Oct. 5, 1994 Date of Patent: Oct. 6, 1993
3. Patent RU2180001C2 Strain of bacterium Pseudomonas fluorescence VKM V-2224D AS Producer of vitamin B12. Field: microbiological industry, vitamins production
4. Kolhouse et al. (N. Engl. J. Med. 1982, 307, pp. 255-256), европейская патентная заявка EP 0595006 и международная патентная заявка WO 9517157. [0007]
5. Martens, .JH., Barg, .H., Warren, .M. et al. Microbial production of vitamin B12. Appl Microbiol Biotechnol 58, 275–285 (2002).
6. Марченко М. В., Подволоцкая А. Б., Фищенко Е.С. Изучение возможности использования «диких» штаммов бактерий как возможных продуцентов витамина В12 (кобаламина) // Достижения науки и техники АПК. 2020 .Т.34. №7.С.109-113.
7. Patent WO 2004063360A9 Improved method for the production of vitamin b12 № 014102 Filed: Dec.12, 2003; Date of Patent: Jul. 29, 2004.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ *BACILLUS THURINGIENSIS* ДЛЯ ЗАХИСТУ РОСЛИН ВІД КОМАХ-ШКІДНИКІВ

Мельнікова І.О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, irina.podhurska@gmail.com

Протягом останніх 3 – 5 років в Україні посівні площі під ріпак, соняшник, гірчицю, а також плодові та ягідні культури збільшуються, а тому все частіше застосовуються інсектициди. Близько 30% інсектицидів є канцерогенами. Понад 98% інсектицидів, які розпилюються, досягають мішеней, які не є цільовими. Повторне застосування інсектицидів підвищує опірність шкідників, а його вплив на інші види може сприяти відродженню популяції шкідників.

Велика кількість хімічних інсектицидів здатні протистояти деградації і, таким чином, залишатися в навколишньому середовищі протягом багатьох років. Деякі з них мають здатність випаровуватися і переміщуватися на великі відстані через атмосферне повітря. Інсектициди, змиті дощовою водою, потрапляють в ґрунт і водойми. Крім цього, пестициди мають здатність до біоаккумуляції і біомагнізації та можуть біоконцентруватися до 70000 разів у порівнянні з їхніми первісними концентраціями.

Обмеження використання хімічних інсектицидних препаратів створює потребу в розробленні альтернативних методів боротьби зі шкідниками. Такою альтернативою є біологічні препарати з інсектицидною дією, спрямованою проти цілого комплексу шкідників культурних рослин. За даними аналізу інформації Держслужби статистики України, у структурі ємності ринку засобів захисту рослин і регуляторів росту інсектициди займають частку в 10%, що еквівалентно 925,3 т та 5834,8 л препаратів загальною вартістю 2,64 млрд грн. З них 8% – це імпортована продукція. Впровадження на ринок високофективних вітчизняних препаратів біоінсектицидного спрямування, які зможуть конкурувати за ефективністю з наявними хімічними засобами захисту, дозволить скоротити витрати на імпорт хімічної продукції та підтримати українського виробника, тим самим стимулюючи розвиток науки в аграрній сфері та підвищуючи виробничі потужності.

Найуспішнішим біоагентом, який використовується для боротьби з комахами-шкідниками, вважається бактерія *Bacillus thuringiensis*, препарати на основі якої наразі займають 2% від загального ринку інсектицидів. *Bacillus thuringiensis* володіє високою активністю проти личинкових стадій різних типів комах, спричиняючи руйнування тканини середньої кишки комах та подальший сепсис.

Бактерія *Bacillus thuringiensis* продукує кристалічні включення з інсектицидною активністю – токсини під назвою Cry та Cyt. Ці сполуки володіють дуже селективним спектром активності, викликаючи загибель вузького кола видів комах. Cry і Cyt належать до класу бактеріальних токсинів, відомих як пороутворюючі токсини: вони виділяються у вигляді водорозчинних

білків, які зазнають конформаційних змін, щоб вбудовуватися в мембрану клітини комах.

Для боротьби з комахами-шкідниками в сільському господарстві були розроблені різноманітні біопрепарати на основі бактерії *Bacillus thuringiensis*. Ці продукти ефективні в боротьбі з багатьма лускокрилими, які живляться листям і є небезпечними шкідниками сільськогосподарських культур. Наказі біопрепарати на основі *Bacillus thuringiensis* мають обмежене застосування в сільському господарстві, оскільки токсин Cry є специфічними лише для личинок комах молодшого віку, а також чутливі до сонячного випромінювання. Тим не менш, важливий прорив у скороченні використання хімічних інсектицидів у сільському господарстві відбувся з розробкою трансгенних культур, які здатні експресувати токсин Cry. У трансгенних рослинах білок Cry виробляється безперервно, захищаючи інсектицидний токсин від ультрафіолетового розкладання, і спеціально спрямований на комах, які пошкоджують листя та деревину.

Використання *Bacillus thuringiensis* як біоагенту у комплексних мікробіологічних інсектицидах, призначених для захисту широкого спектру сільгоспкультур від комах-шкідників, відкриває нові перспективи використання інсектицидних властивостей Cry токсинів. Поєднання кишкового механізму дії *Bacillus thuringiensis* з ентомопатогенною активністю мікроскопічних грибів-паразитів комах та властивостями авермектинів, які згубно впливають на нематод, в одному препараті, дозволить розкрити потенціал *Bacillus thuringiensis* як високоактивного агента у боротьбі зі шкідниками культурних рослин.

Список використаної літератури:

1. Bravo A., Likitvivatanavong S., Gill S., Soberon M. *Bacillus thuringiensis*: A story of a successful bioinsecticide. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 2011. No 41. P. 423 – 431.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ВМІСТУ АМІЛОЗИ У *TRITICUM AESTIVUM*

Морозова В.О.¹, Великожон Л.Г.^{2,3}

¹ КШ ім. Ігоря Сікорського, morozova.vera@lil.kpi.ua

² Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

³ Інститут фізіології рослин і генетики НАН України

Мета: оглянути існуючі методи підвищення вмісту амілози у *Triticum aestivum*. Обґрунтувати необхідність всебічного дослідження метаболізму резистентного крохмалю у *Triticum aestivum*.

Актуальність: у світі гостро стоїть питання покращення якості харчових продуктів, зокрема виробів із пшениці. Підвищення вмісту амілози у м'якій пшениці дозволить зробити великий крок у профілактиці низки захворювань: діабету, ожиріння, хвороб серцево-судинної системи і пов'язаних станів [1].

Найбільшого поширення набули 2 види пшениці – м'яка гексаплоїдна пшениця (*Triticum aestivum*) і тверда тетраплоїдна пшениця (*Triticum durum*). *Triticum aestivum* (хлібна пшениця, м'яка пшениця) використовується для виробництва хлібних виробів і має природньо вищий вміст амілози (біля 25% в крохмалі) – це означає, що штучне додаткове підвищення вмісту амілози із даним видом буде більш ефективне, ніж з будь-яким іншим [2].

Крохмаль – високомолекулярна речовина, суміш двох полісахаридів – амілози та амілопектину. Відомо, що співвідношення цих двох фракцій відповідає за рівень засвоюваності крохмалю, який, в свою чергу, визначає якість харчування і має вплив на стан здоров'я людини. Резистентний крохмаль має підвищений вміст фракції амілози і більшу стійкість до дії ферментів підшлункової залози – це робить даний крохмаль менш засвоюваним, що і сприяє нормальному травленню. При споживанні такого крохмалю знижується ризик виникнення гіперглікемії, ішемічної хвороби серця, а сам він є субстратом для корисної мікрофлори кишечника [3,4].

Один з класичних – метод поліплоїдії. Проте у випадку м'якої пшениці він вичерпав себе, адже *Triticum aestivum* має один із найскладніших геномів, відомих науці. Недоліки поліплоїдії: порушення укладки гетерохроматину у ядрі, так як на ядерній оболонці стає менше відносного поверхневого простору для його розміщення; проблеми для проходження мітозу та мейозу; непередбачувані зміни в експресії генів та епігенетиці [5].

На другому місці за популярністю – метод мутагенезу. Мутагенез може проводитись рядом традиційних способів, наприклад, з використанням хімічних мутагенів. Результати дії етилметансульфонату на м'яку пшеницю доволі багатообіцяючі: отримано коливання вмісту амілози в межах від ~3 до 76% у популяції. Метод має високу результативність, проте тепер важливо відібрати мутанти з високим вмістом амілози і отримати нащадків. Якщо перевірка вмісту амілози у наступних поколіннях дасть бажані результати як в батьківських ліній, можна говорити про те, що мутація успішно закріпилась [6].

Задля підвищення вмісту амілози в м'якій пшениці використовуються й новітні техніки. Так, було створено пшеницю з високим вмістом амілози шляхом цілеспрямованого мутагенезу ТаSBEIIa у озимій пшениці сорту Шенгмаї 7698 та

ярій пшениці сорту Бобвайт за допомогою CRISPR/Cas9 без трансгенезу – отримано пшеницю з частковими або потрійно нульовими алелями TaSBEIIa у Шенгмаї 7698 та Бобвайт, відповідно [7].

Новим і цікавим методом є РНК-інтерференція. РНК-інтерференція використовувалася для пригнічення двох ізоформ ферменту розгалуження крохмалю SBE II (SBEIIa та SBEIIb) в ендоспермі пшениці з метою підвищення в ньому вмісту амілози. Пригнічення експресії SBEIIb саме по собі не впливало на вміст амілози; однак пригнічення експресії як SBEIIa, так і SBEIIb призводило до того, що крохмаль містив >70% амілози [8].

Метод TILLING (Targeting Induced Local Lesions in Genomes – націлювання на індуковані локальні ушкодження в геномах) – це метод виявлення нових генетичних варіацій без необхідності прямого відбору фенотипів. Використовуючи TILLING для ідентифікації нових генетичних варіацій у геномах А, В та D м'якої гексаплоїдної пшениці, ідентифіковано мутації у формі одонуклеотидних поліморфізмів (SNP) у ферменті розгалуження крохмалю (ген: SBEIIa). Об'єднання за допомогою селекції цих нових, відкритих методом TILLING, SNP-мутантних алелей SBEIIa дозволило створити сорти м'якої пшениці з високим вмістом амілози [9].

Висновок: проведено аналіз досліджень з підвищення вмісту резистентного крохмалю у м'якій пшениці з метою винайдення оптимального методу для використання в умовах України. Таким чином, найбільш придатним є метод хімічного мутагенезу – простий, бюджетний, надійний і не пов'язаний із трансгенезом і складними техніками.

Список використаної літератури:

1. Schoen A, Tiwari V. Triple null mutations in starch synthase SSIIa gene homoeologs lead to high amylose and resistant starch in hexaploid wheat. *BMC Plant Biology*. 2021. 21(1), № 74.
2. Antle J. M., Smith V. H. An Overview of World Wheat Markets. *European Review of Agricultural Economics*. 2001. № 28.
3. U. Cenci, F. Nitschke, M. Steup, B.A. Minassian, C. Colleoni, S.G. Ball Transition from glycogen to starch metabolism in Archaeplastida. *Trends Plant Sci*. 2014. № 19 (1).
4. Ardha Apriyanto, JuliaCompart, JoergFettke A review of starch, a unique biopolymer – Structure, metabolism and in planta modifications. *Plant Science*. 2022. № 318.
5. Woodhouse, M., Burkart-Waco Polyploidy. *Nature Education*. 2009. 2(1):1
6. Mishra A., Singh A., Sharma M. et al. Development of EMS-induced mutation population for amylose and resistant starch variation in bread wheat (*Triticum aestivum*) and identification of candidate genes responsible for amylose variation. *BMC Plant Biology*. 2016. 16, № 217.
7. Li J., Jiao G., et al. Modification of starch composition, structure and properties through editing of TaSBEIIa in both winter and spring wheat varieties by CRISPR/Cas9. *Plant biotechnology journal*. 2021. 19, № 5. С. 937–951.
8. J. Barsby, B. Li, High-amylose wheat generated by RNA interference improves indices of large-bowel health in rats. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2006. № 103(10).
9. Slade AJ., McGuire C., Loeffler D., Mullenberg J., Skinner W., Fazio G., Holm A., Brandt KM., Steine MN. Development of high amylose wheat through TILLING. *BMC Plant Biology*. 2012. 12, № 69.

РОЗРОБКА АЛТ-ЧУТЛИВОГО БІОСЕНСОРА НА ОСНОВІ ГЛУТАМАТ ОКСИДАЗИ

Мруга Д. О., Дзядевич С. В., Солдаткін О. О.

**Інститут молекулярної біології та генетики НАН України,
darynamruga@gmail.com**

Аланінамінотрансфераза — органоспецифічний фермент, концентрація якого в крові здорової людини знаходиться на сталому рівні — до 35 од.акт./л. Але, цей показник зростає в рази та десятки разів при пошкодженні органів-депо, що дозволяє застосовувати рівень активності АЛТ в сироватці в якості маркеру захворювань печінки. В печінці людини також присутній фермент АСТ (аспартатамінотрансфераза), який, окрім печінки, локалізується в серцевому м'язі та нирках. Вміст АСТ в сироватці в нормі не перевищує 40 од.акт./л. Концентрація в крові АЛТ та АСТ та кореляція між цими показниками є неспецифічним біомаркером гепатоцелюлярних пошкоджень, спричинених такими хворобами як вірусний та аутоімунний гепатит, алкогольне пошкодження печінки, жирова дистрофія, цироз та ін. Крім того дослідження активності АЛТ та АСТ застосовуються для експрес-аналізу інфаркту міокарду. Тому розробка швидких, точних та простих в експлуатації пристроїв для моніторингу АЛТ є вельми актуальним завданням біотехнології.

Аналіз вмісту АЛТ в сироватці проводиться різними методами [1], зокрема спектрофотометрія, хемолюмінесценція, флуоресценція та електрохімічні методи. Перші три згадані методи досить точні, але мають ряд недоліків, зокрема, висока вартість обладнання, тривала та складна пробопідготовка, відсутність портативного приладу для експрес-діагностики. Вирішити вказані проблеми можна застосуванням нових біоаналітичних приладів – біосенсорів. На даний момент відомо про розробку низки біосенсорних приладів для визначення вмісту АЛТ в розчинах, переважно це амперометричні біосенсиори, наприклад, на основі піруватоксидази, глутаматоксидази, лактатоксидази, двошаровий імуносенсор [2] та ін.

В даній роботі описується розробка високоселективного амперометричного біосенсора на основі глутаматоксидази для визначення активності АЛТ в багатокомпонентних біологічних рідинах. В якості електрохімічного перетворювача використано платиновий дисковий електрод (діаметр робочої поверхні 0.4 мм). Біоселективний елемент сформовано шляхом утворення глутаровим альдегідом попелеречної зшивки між БСА та глутаматоксидазою (оптимальні концентрації та співвідношення компонентів ферментної мембрани та тривалість іммобілізації було підібрано експериментальним шляхом). Задля досягнення найбільшої чутливості біосенсора до цільової речовини, було проаналізовано залежність роботи біосенсору від концентрації субстратів

(аланін, α -кетоглутарат) та коферменту (піридоксальфосфат — активна форма вітаміну В6, що необхідний для перехідної стадії в роботі АЛТ). Відповідно до отриманих даних було підібрано їх оптимальні концентрації (аланін — 4 мМ та α -кетоглутарат — 50 мкМ, піридоксальфосфат — 50 мкМ).

Також було проаналізовано селективність запропонованого в роботі біосенсору, відносно різних компонентів біологічних рідин (йони, амінокислоти, інші органічні речовини) та електроактивних речовин. Селективність амперометричного перетворювача відносно електроактивних речовин було покращено за допомогою застосування додаткової напівпроникної поліфенілендіамінової мембрани.

Під час дослідження аналітичних характеристик біосенсору було отримано калібрований графік залежності величини відгуку біосенсора від концентрації АЛТ. З використання калібрувальної кривої було визначено лінійний діапазон роботи біосенсора (10-500 од.акт./л), мінімальну границю визначення (5 од.акт./л), шум, дрейф, чутливість біосенсора до субстрату (0.5 нА/хв 100 Од/л АЛТ) та ін. Крім того було вивчено такі параметри роботи біосенсора, як відтворюваність сигналу (7.6%), стабільність функціонування (-11,5% за 3 дні), тривалість вимірювання (60с) та тривалість одного аналізу з урахуванням підготовки (приблизно 5-6 хв).

Таким чином, отримані характеристики роботи біосенсору показали потенціальну можливість використання розробленого біосенсора на основі глутамат оксидази для моніторингу рівня активності АЛТ в сироватці крові та перспективу розробки біосенсорної системи для визначення співвідношення АСТ/АЛТ.

Список використаної літератури:

1. X.-J. Huang et al. Aspartate Aminotransferase (AST/GOT) and Alanine Aminotransferase (ALT/GPT) Detection Techniques. [Sensors \(Basel\)](#). 2006 Jul; 6(7): 756–782.
2. G. S. Xuan et al. Development of an electrochemical immunosensor for alanine aminotransferase. [Biosensors and Bioelectronics](#). 2003 Dec; 19(4): 365-371

ПІДБІР ПІВНІВ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ РЕАКЦІЇ ГЕМАГЛЮТИНАЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ІНФЕКЦІЙНОГО БРОНХІТУ КУР

Нагорна О.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, nahorna.olena@lil.kpi.ua

Інфекційний бронхіт кур (ІБК) – гостре захворювання, яке викликається РНК-вмісним вірусом родини *Coronaviridae*, роду *Coronavirus*. Геном вірусу ІБК представлений позитивною одноланцюговою молекулою РНК, що призводить до великої кількості мутацій у процесі реплікації, внаслідок чого утворюються нові варіанти і зростає кількість серотипів. Вірулентність даного вірусу є досить різною, одні штами здатні викликати патогенні захворювання, тоді як інші – лише незначні зміни кольору шкарлупи.

Вірус інфекційного бронхіту кур поширений у всьому світі, але особливо у країнах зі значною кількістю птахофабрик. Він приносить високі економічні збитки через зниження м'ясної та яєчної продукції на 50-60%, спричиняючи смертність 30% курчат у перший місяць, а також до вибраковування 60% курей через хронічні захворювання.

Вірус викликає інфекції переважно у курей і є значним збудником промислової птиці м'ясо-яєчного типу. Він уражує органи дихання репродуктивні органи дорослих курей. Особливо небезпечним є інфікування у молодому віці, адже воно призводить до зниження несучості (на 30—40%) та погіршення якості яєць. 25% штамів є нефропатогенними та викликають захворювання нирок, що в подальшому призводить до смерті. Тяжкість респіраторного захворювання посилюється при наявності інших патогенів, які включають бактерії та спричинює хронічні захворювання.

На підприємстві ТОВ “Біотестлаб” проведено дослідження, основною метою якого було створення еталонної групи півнів для використання їх еритроцитів у постановці реакції гемаглютинації.

Гемаглютинація — це діагностична реакція, яка дозволяє виявити вірус або антитіла до специфічного вірусу. Під час постановки реакції гемаглютинації відбувається злипання еритроцитів з вірусом, в структурі поверхневої оболонки якого міститься гемаглютинін. Облік результатів здійснюється на аналізом утворення специфічного осаду у вигляді “зонтика”.

Існує стандартний протокол, що описує реакцію гемаглютинації суспензії еритроцитів півня з вірусом інфекційного бронхіту кур, який включає такі стадії: відбір крові у півнів, приготування суспензії еритроцитів, обробка дослідних зразків трипсином, постановка реакції та визначення результатів.

Для проведення даного дослідження було відібрано 10 півнів віку 5-6 місяців. Відбір крові проводився за допомогою стерильних шприців в яких попередньо був розчин Альсиверу. Після відбору, кров переливали у центрифужні пробірки, додавали фосфатно-сольовий буфер та відмивали 3 рази по 15 хвилин при швидкості 1000 об./хв., кожного разу відбираючи надосадову рідину та додаючи ФСБ. Після останнього центрифугування, надосадову рідину

відбирали, а осад, що залишився вважали 100% суспензією еритроцитів півня, з якого робили 2% суспензію еритроцитів півня, додавши при цьому ФСБ. Із крові кожного півня отримували окрему суспензію еритроцитів.

Для постановки реакції гемаглютинації було взято у банку штамів еталонний штам вірусу з відомим титром ($12\log_2$), який обробили 2% трипсином протягом однієї години при температурі 37°C . У полістиролову плашку з U-подібними лунками, у всі лунки додали 25 мкл ФСБ. Після цього, у перші лунки усіх рядків додали по 25 мкл вірусомісного матеріалу. Проведення титрації відбувалось із заміною наконечників кожного разу, а також з 5-разовим піпетуванням. 25 мкл з останніх лунок викидали у ємність з дезінфікуючим розчином. У перший рядок додавали по 25 мкл 2% суспензії еритроцитів півня №1, а у другий – півня №2 і тд., починаючи з кінцевої лунки (де концентрація вірусу найменша), до першої. Плашку залишали для осідання на 25 хвилин. Результат оцінювали та вносили у протокол (табл.1).

Таблиця 1 – Результати дослідження залежності титру гемаглютинуючої активності вірусу від суспензії еритроцитів крові різних півнів.

№ півня	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ГАО/25 мкл	12log₂	12log₂	10log ₂	9log ₂	8log ₂	11log₂	9log ₂	10log ₂	5log ₂	9log ₂

За отриманими результатами відбирали півнів, суспензія еритроцитів крові яких з вірусом давала титр гемаглютинуючої активності вірусу, що співпадав з еталонним або відрізнявся на $\pm 1\log_2$.

Після відбору півнів, які найкраще підходили, проводили повторне дослідження, у якому під час приготування суспензії еритроцитів змішували кров 3 півнів. Якщо результат сходився з попереднім, їх призначали донорами та створювали групу.

Висновок: за даними результатами було досліджено зміну титру гемаглютинуючої активності вірусу з суспензією еритроцитів різних півнів, а також створення групи півнів-донорів для подальшого використання при постановці РГА.

Список використаної літератури:

1. Джеквуд М. Вирусы инфекционного бронхита кур: текущая ситуация по типам // VIII International Veterinary Congress. Москва, 2018. С. 2 – 8.
2. Серова Н. Ю. Индикация и идентификация изолятов вируса инфекционного бронхита кур : дис. канд. вет. наук : 06.02.02. Санкт-Петербург, 2017. 106 с.
3. Кочетовский Д.С. Диагностика инфекционного бронхита птиц // Актуальные проблемы вирусных болезней животных. Москва, 2017. С. 2 – 3.
4. OIE Terrestrial Manual. World Organisation of Animals, 2018. 515 с.
5. Henderson E. What is hemagglutination? // News medical life science. 2019. URL: <https://www.news-medical.net/health/An-Overview-of-Hemagglutination.aspx>

**ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА
ФУНКЦІОНАЛЬНОГО РОЗСІЛЬНОГО СИРУ ТИПУ «БРИНЗА»**

Непошивайленко Н. О.¹, Корнієнко І. М.², Черненко Я.М.³

¹Дніпровський державний технічний університет, pna2013@ukr.net

² Національний авіаційний університет

³Фаховий коледж харчових технологій та підприємництва
Дніпровського державного технічного університету

Актуальність роботи полягає у необхідності оптимізації технології та підбору сировини для виготовлення функціонального продукту з підвищеним титром молочнокислих бактерій та подовженим терміном зберігання готового продукту, адже високі органолептичні показники, харчова та біологічна цінність розсільних сирів типу «Бринза» свідчить про актуальність та перспективу їх виробництва.

Оптимізовано технологію виготовлення розсільного сиру типу «Бринза» внаслідок обґрунтованого використання в якості сировини фермерського молока та заквасочних чистих культур, що обумовлює привабливу для споживача органолептичну оцінку якості й високий титр молочнокислих бактерій впродовж усього терміну визрівання продукту та обґрунтовує приналежність виготовленого сиру за запропонованою рецептурою до функціональних продуктів.

За результатами визначення загального мікробного числа в сировині та дослідних зразків готового продукту встановлено, що на перших етапах виготовлення сичужного сиру при додаванні закваски ММ101 спостерігається найбільша кількість молочнокислих бактерій порівняно з дослідними зразками, виготовленими без додавання чистих культур молочнокислих бактерій. Проте, в процесі визрівання сиру, кількість молочнокислих бактерій збільшується у зразках сиру, виготовлених без додавання заквасочних культур, що свідчить про високу якість фермерського молока, тому виготовлений з нього розсільний сир типу «Бринза» можна віднести до продукту з функціональними властивостями.

Встановлено, що у зразках сиру, який виготовлено з пастеризованого молока, присутні молочнокислі бактерії як дикі так і чисті культури, що зумовлено додаванням комерційного препарату, який є джерелом чистих культур молочнокислих бактерій. Експериментами доведено, що кількість колоній молочнокислих бактерій впродовж визрівання сиру, виготовленого з пастеризованого молока, спочатку збільшується, а потім також знижується в наслідок лімітації субстрату. Проведено мікробіологічний аналіз зразків розсільного сиру типу «Бринза» та ідентифіковано основних представників МКБ, які представлено родами: *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, котрі мають схожі морфологічні ознаки відносно референс-штамів. Встановлено, що серед усіх виготовлених зразків сиру типу «Бринза», найнижчу органолептичну оцінку має зразок сиру, виготовлений без додавання чистих культур МКБ, під час виготовлення якого не використовувалося молоко, котре попередньо було пастеризоване.

МОНОКЛОНАЛЬНІ АНТИТІЛА У ЛІКУВАННІ РАКУ**Нестеренко В. П.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, nesterenko.valentyna@lil.kpi.ua**

Онкологічні захворювання займають одне з перших місць за рівнем захворюваності та смертності. Обмежувальним факторами традиційних методів лікування раку, таких як променева терапія та хіміотерапія, є поява серйозних токсичних ефектів, які призводять до появи у пацієнтів численних побічних ефектів. Імунотерапевтичні підходи використовують компоненти власної імунної системи пацієнта для вибіркового впливу на ракові клітини, тим самим пом'якшуючи багато побічних ефектів. Унікальність моноклональних антитіл у лікуванні раку полягає у їхній здатності безпосередньо вбивати пухлинні клітини, одночасно залучаючи імунну систему хазяїна для розвитку довготривалих ефекторних реакцій проти пухлини. Поєднання багатогранного механізму дії з цільовою специфічністю відрізняє терапію моноклональними антитілами від традиційних методів лікування [1].

Антитіла є надзвичайно універсальними як платформи для розробки нових терапевтичних засобів, що застосовують для реалізації потенціалу таргетної терапії. Відкриття цільових пухлин-специфічних антигенів викликало інтерес до розробки імунотерапії. На даний час відомо три класи цитотоксичних моноклональних антитіл. Перший клас включає некон'юговані антитіла, які здатні самостійно викликати загибель пухлинних клітин. Два інших класи представлені антитілами кон'югованими з молекулами ефектора, що можуть включати цитотоксичні препарати, імунотоксини і радіонуклідні агенти, та антиідіотипічними антитілами [2].

Основним прямим механізмом, за допомогою якого більшість некон'югованих антитіл індукують загибель пухлинних клітин, є блокада передачі сигналів рецептором фактора росту. Зростання пропухлин і сигналізація про виживання порушуються, коли антитіла зв'язують цільові рецептори фактора росту і маніпулюють їх станом активації або блокують зв'язування ліганду. Наприклад, при різних видах раку пухлинні клітини експресують у надлишку рецептор епідермального фактора росту (EGFR). Передача сигналів через цей рецептор призводить до проліферації, міграції та інвазії пухлинних клітин. Анти-EGFR препарат цетуксимаб, що є химерним моноклональним антитілом IgG1, шляхом блокування зв'язування ліганду та димеризації рецепторів індукує апоптоз в пухлинних клітинах. Рецептор 2 епідермального фактора росту людини (HER2) – це рецептор тирозинкінази, який надмірно експресується при багатьох видах раку, але в першу чергу при карциномі яєчників і молочної залози. На відміну від EGFR він не має відомого ліганду, але утворює гетеродимери з іншими рецепторами фактора росту для посилення їх активації. Анти-HER2 моноклональні антитіла, шляхом інгібування гетеродимеризації порушують передачу сигналів. Трастузумаб був першим затвердженим FDA анти-HER2 моноклональним антитілом і залишається важливим компонентом при лікуванні посиленого раку молочної залози. Непрямі механізми дії моноклональних антитіл вимагають залучення компонентів імунної системи хазяїна і включають комплемент-залежну

цитотоксичність, антитілозалежний клітинний фагоцитоз і антитілозалежну клітинну цитотоксичність [3].

Останнім часом найуспішніші стратегії змістили фокус з націлювання на пухлинні антигени на підвищення протипухлинної активності імунних клітин. Активація та регуляція імунних клітин це складний процес, що має на меті інтегрувати різноманітні костимулюючі та коінгібіторні сигнали для контролю реакції імунних клітин на антиген.

Найбільш відомим і перспективним видом терапії моноклональними антитілами при лікуванні раку є блокада імунних контрольних точок – гальмівних рецепторів та шляхів, які відповідають за підтримання самотолерантності та модулювання імунних відповідей клітинами з метою скорочення пошкодження довколишніх тканин.

Наприклад, рецептор запрограмованої смерті-1 (PD-1) виступає гальмівною імунною контрольною точкою, що пов'язана із запрограмованим шляхом смерті в Т-клітинах. PD-1 експресується на активованих CD8⁺ Т-клітинах, Т-регуляторах, а також на активованих В-клітинах і клітинах природних кілерів та вважається основним регулятором функції ефекторних Т-клітин і тому розглядається як ключова контрольна точка-мішень. Відомо, що пухлинні клітини активізують ліганд PD-1, PD-L1, щоб вичерпати лімфоцити, що інфільтрують пухлину. Анти-PD-1 моноклональні антитіла, такі як ніволумаб та пембролізумаб зв'язуються з лігандом запобігаючи активації рецептора. Достовірна протипухлинна активність і сприятливий профіль токсичності терапії імунною блокадою контрольних точок закріпили моноклональні антитіла як одну з основ імунної терапії раку [4,5].

Таким чином імунотерапія моноклональними антитілами – перспективний метод лікування, що допомагає боротися з раком, при цьому знижуючи ризик виникнення побічних негативних ефектів для пацієнта. До того ж можливість конструювання моноклональних антитіл нашою думкою про можливість таргетної та персоналізованої терапії. Однак, деякі механізми дії імунних препаратів та їх клінічне значення все ще недостатньо вивчені, а клінічні дослідження показують, що найбільш ефективним є поєднання різних типів терапії.

Список використаної літератури:

1. Nelson A. L., Dhimolea E., Reichert J. M. Development trends for human monoclonal antibody therapeutics. *Nature Reviews Drug Discovery*. 2010. Vol. 9, no. 10. P. 767–774.
 2. Моисеєнко В. М. Моноклональные антитела в лечении злокачественных опухолей. // ПРАКТИЧЕСКАЯ ОНКОЛОГИЯ. 2003., №. 3 Т. 4. С. 148-156.
 3. Zahavi D., Weiner L. Monoclonal Antibodies in Cancer Therapy. *Antibodies*. 2020. Vol. 9, no. 3. P. 34.
 4. Blinatumomab vs chemotherapy among children with relapsed acute lymphoblastic leukemia / Motoharu S. et al. // *JAMA*. 2021. № 326. P. 359.
- Hargadon K. M., Johnson C. E., Williams C. J. Immune checkpoint blockade therapy for cancer: An overview of FDA-approved immune checkpoint inhibitors. *International Immunopharmacology*. 2018. Vol. 62. P. 29–39.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОЇ АГРЕГАЦІЇ
НАНОЧАСТИНОК ЗОЛОТА НА ОПТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
НАПІВПРОВІДНИКОВИХ НАНОКРИСТАЛІВ $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$,
МОДИФІКОВАНИХ ОЛІГОНУКЛЕОТИДАМИ**

Нестеренко Є.О.¹, Стара Т.Р.², Рачков О.Е.¹, Борковська Л.В.²

¹Інститут молекулярної біології і генетики НАН України

²Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України

Напівпровідникові нанокристали, так звані квантові точки (КТ), активно використовуються для створення оптичних біосенсорів завдяки своїй здатності демонструвати інтенсивний відгук на оптичне збудження і змінювати цей відгук при взаємодії з аналітом або при зміні відстані до іншої наночастинки (НЧ). Зокрема, взаємодія екситону КТ і плазмону НЧ благородного металу може призводити як до підсилення інтенсивності фотолюмінесценції (ФЛ) квантової точки, так і до її згасання. Підсилення ФЛ відбувається за рахунок збільшення поглинання світла та/або збільшення швидкості спонтанної випромінювальної рекомбінації екситону. Згасання ФЛ відбувається внаслідок безвипромінювальної передачі енергії від КТ до НЧ металу. Реєстрація зміни інтенсивності ФЛ при утворенні або руйнуванні кон'югату з КТ і НЧ металу використовується для виявлення біологічних або хімічних сполук у розчинах.

В даній роботі вивчався вплив електролітичної агрегації наночастинок золота (Au -НЧ) у буферних розчинах на оптичні характеристики квантових точок $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$, призначених для виявлення специфічних послідовностей нуклеїнових кислот у розчинах. В роботі було використано 2 типи водних розчинів КТ: (А) QD-88 – фракція КТ діаметром ≈ 3 нм, стабілізованих меркаптооцтовою кислотою, (В) QD-92 – нефракціонований препарат з КТ діаметром 2-3 нм, стабілізованих глутатіоном, а також Au -НЧ діаметром 13 нм, стабілізовані цитратом. Для підвищення стабільності у буферних розчинах Au -НЧ були оброблені ліпоєвою кислотою і меркаптогексаноном, які витісняли цитрат з поверхні НЧ. Досліджувані КТ та Au -НЧ були модифіковані, відповідно, 19-основним (MP-SH) та 26-основним (SH-DP) тіольованими олігонуклеотидами. Нанооб'єкти вмішувались у буферний розчин SSC різної кратності ($0,1\times$, $0,25\times$ і $0,5\times\text{SSC}$). Вивчались оптичне поглинання та спектри ФЛ розчинів. Оптичне поглинання розчинів вимірювалось на довжині хвилі 540 нм, 620 нм і 690 нм фотометричним зчитувачем оптичного поглинання для мікропланшетів Titertek Multiskan MCC/340. Спектри ФЛ збуджувались лінією 411 нм неперервного лазера та реєструвались спектрометром BLACK-Comet C-SR-50.

Спектри ФЛ буферних розчинів КТ обох типів демонстрували широку смугу ФЛ у жовто-червоній області спектру, зумовлену випромінюванням дефектів у КТ. Спектри поглинання КТ співпадали зі спектрами збудження їх ФЛ і представляли собою широку смугу в синьо-зеленій області спектру. Виявилось, що додавання Au -НЧ модифікованих олігонуклеотидом (Au -DP) до зразків з модифікованими олігонуклеотидами КТ (MP-88, MP-92) призводить до

зменшення інтенсивності ФЛ КТ. Ступінь гасіння інтенсивності ФЛ залежала від типу розчинів КТ та зростала з ростом часу їх зберігання.

Було встановлено, що гасіння інтенсивності ФЛ супроводжується змінами в оптичному поглинанні. Зокрема, спостерігалось зростання інтенсивності поглинання, вимірюного при 620 нм і 690 нм (Рис.1). Цей ефект збільшувався з ростом кратності буферного розчину і залежав від часу його зберігання. Було запропоновано, що зміни в оптичному поглинанні і гасіння інтенсивності ФЛ зумовлені утворенням агрегатів Au-НЧ і КТ. Дійсно, водний розчин досліджуваних Au-НЧ демонструє широку смугу поглинання у видимій області спектру з максимумом поблизу 510-520 нм, який зумовлений поверхневим плазмонним резонансом (ППР). Агрегація Au-НЧ спричиняє зміну частоти ППР, що проявляється у появі «плеча» з піком поглинання при 620 нм.

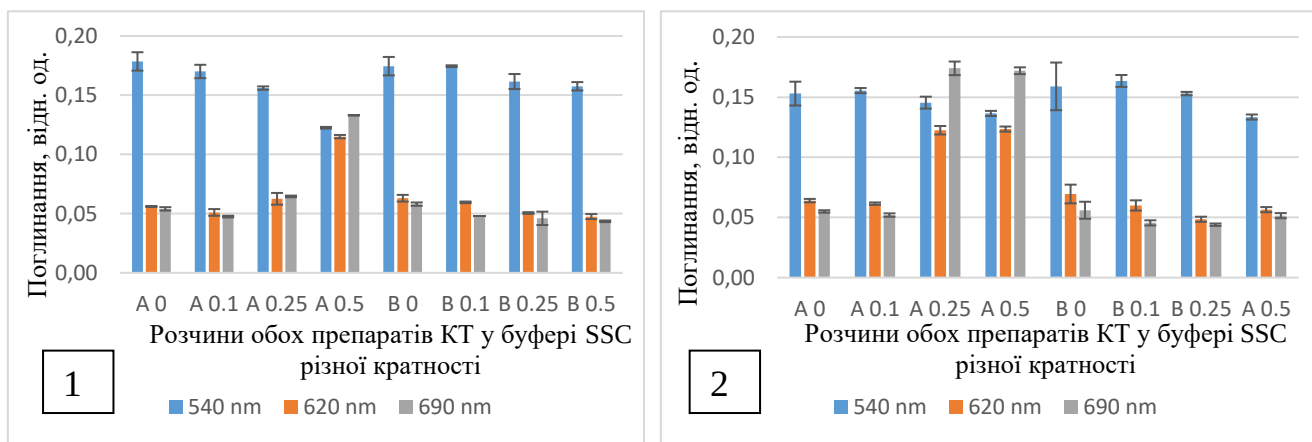


Рис. 1. Середні показники оптичного поглинання у розчинах КТ, де А – це зразки, що містять МР-88 і Au-DP, а В – МР-92 і Au-DP у буферному розчині SSC різної кратності (0; 0,1; 0,25; 0,5), через 1 год (1) і через 24 год (2) після приготування зразків.

Виявилося, що утворення агрегатів залежить від типу розчинів КТ. Зокрема, у зразках з МР-88 і Au-DP збільшення поглинання при 620 нм і 690 нм, зумовлене появою агрегатів Au-НЧ, спостерігалось через годину після приготування розчинів і продовжувало зростати протягом першої доби їх зберігання (Рис.1). В розчинах з МР-92 і Au-DP агрегація починалась лише через добу, але відбувалась значно інтенсивніше. Вона проявлялась у випаданні осаду на дно пробірки і супроводжувалась повним гасінням інтенсивності ФЛ квантових точок.

Виявлений ефект необхідно враховувати при розробці сенсорних систем, призначених для виявлення специфічних послідовностей нуклеїнових кислот у розчинах.

ГЕНОТИПУВАННЯ ЧОЛОВІЧОЇ ЦИТОПЛАЗМАТИЧНОЇ СТЕРИЛЬНОСТІ У РЕДИСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРАЙМЕРІВ, КОМПЛЕМЕНАРНИХ ДО ГЕНА *ORF138*

Ніжний Д.А.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, nizhnyi.danyil@lil.kpi.ua

На сьогоднішній день цитоплазматична чоловіча стерильність (ЦЧС) - нездатність рослин до утворення функціонального пилку - широко застосовується в селекційній практиці для створення гібридів першого покоління важливих сільськогосподарських культур, зокрема, редису.

Одним з найбільш детально вивчених генів, відповідальних за цитоплазматичну чоловічу стерильність у редису, є клонований мітохондріальний ген *orf138*, ядерним відновником фертильності якого є ген *Rfo* (*Rfk1*, *Rfob*).

Зазвичай, відкриті рамки зчитування (ORF), які викликають ЦЧС, утворюються в результаті перетасовування наявних послідовностей, але *orf138* є виключенням з цього правила - в мітохондріальному геномі нормального типу не виявлено послідовностей гомологічних *orf138*.

Химерний ген *orf138* відповідає за ЦЧС в редису типу *ogura* і має три ділянки, що виконують важливі функції в процесингу транскриптів, а також у стабільності цибридів роду *Brassica*.

Актуальною проблемою є пошук праймерів для генотипування гена *orf138*. Для визначення наявності даного гену проводять ПЛР, використовуючи спеціально розроблені праймери, які є специфічними до послідовності *orf138*, 5'-gacatctagagaaggttaaaat-3' і 5'-agcaattgggggttcacaaagcat-3'. Генотипування алелів *Rfo* проводиться з використанням маркера розщепленої ампліфікованої поліморфної послідовності (CAPS) з парою праймерів BnRFO-AS2F та BnRFO-AS2R [1].

Слід зазначити, що для отримання рослин редису із ЦЧС, найоптимальнішим рішенням буде відбір потенційних рослин із стерильною цитоплазмою та аналіз їх на наявність генів, відповідальних за ЦЧС, що є неможливим без спеціальних праймерів, що використовуються при постановці ПЛР [2]. З метою збереження генетичних ознак при розмноженні цільового зразка задля подальшого використання в селекційному процесі, доцільним є застосування мікроклонального розмноження. Перспективним є подальше вивчення стерильних цитоплазм інших мітотипів, таких як DCGMS, з метою з'ясування ефективнішого способу отримання стерильного гібридного насіння.

Список використаної літератури:

1. Tanaka, Y., Tsuda, M., Yasumoto, K., та ін. A complete mitochondrial genome sequence of *Ogura*-type male-sterile cytoplasm and its comparative analysis with that of normal cytoplasm in radish (*Raphanus sativus* L.). BMC Genomics. 2012. Vol. 13, No. 1. C. 352.
2. Kim, S., Lee, Y.-P., Lim, H., та ін. Identification of highly variable chloroplast sequences and development of cpDNA-based molecular markers that distinguish four cytoplasm types in radish (*Raphanus sativus* L.). Theoretical and Applied Genetics. 2009. Vol. 119, No. 1. C. 189–198.

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ЗЛАКОВИХ НА ЕКСПРЕСІЮ ГЕНА БЕТА-ГЛЮКУРОНІДАЗИ В ТРАНСГЕННИХ РОСЛИНАХ ТЮТЮНУ

Олійник М. Є., Нітовська І. О., Моргун Б. В.

**Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України,
psaltyrnikolinyk@gmail.com**

Одним із шляхів підвищення ефективності трансформації однодольних рослин є створення адаптованих векторних конструкцій із спеціальними промоторами та регуляторними елементами, спрямованими для посилення експресії трансгенів. Бажаним етапом перед використанням новоствореного вектору є його тестування на модельному об'єкті біотехнології тютюні. Тютюн належить до дводольних рослин, тому цілком ймовірно, що експресія векторів, призначених для трансформації однодольних, не відбуватиметься. Метою нашого дослідження було вивчити експресію гена β -глюкуронідази (*uidA*), який знаходиться під контролем регуляторних послідовностей однодольних, в трансгенних рослинах тютюну покоління T_1 .

В попередньому дослідженні ми отримали трансгенні рослини тютюну методом *Agrobacterium*-опосередкованої трансформації, використовуючи бінарні вектори pCB203 та pICBV16[1]. Вектор pCB203 містив ген *uidA* під контролем промотору та першого інтрону гена убікітину кукурудзи, тоді як у векторі pICBV16 ген *uidA* був під контролем промотору 35S РНК вірусу мозаїки цвітної капусти. Плазмідна рCB203 знаходилася в штаммах *A. tumefaciens* GV3101 або C58, pICBV16 - у штамі GV3101. Для дослідження експресії гена *uidA* в трансгенних рослинах *Nicotiana tabacum* ми проводили гістохімічний аналіз активності ферменту β -глюкуронідази в листках рослин тютюну покоління T_1 . Було проаналізовано 5 ліній трансгенних рослин, отриманих після трансформації вектором pICBV16, 5 ліній рослин, отриманих після трансформації вектором pCB203 за допомогою бактеріального штаму GV3101 та 7 ліній рослин, отриманих після трансформації вектором pCB203, який знаходився у штамі C58, у загальній кількості 171 рослина. Гістохімічне дослідження виявило експресію гена β -глюкуронідази в листках трансгенних рослин. Найбільш інтенсивне блакитне забарвлення спостерігали в листках рослин, отриманих після трансформації вектором pICBV16, найслабкіше - в листках тютюну, отриманого після трансформації вектором pCB203 за допомогою *A. tumefaciens* штаму GV3101. Таким чином, було показано зниження у тютюні рівня експресії гену *uidA*, який знаходився під контролем промотору та першого інтрону гена убікітину кукурудзи, порівняно з геном, що знаходився під контролем промотору 35S РНК вірусу мозаїки цвітної капусти. Використання в процесі трансформації *A. tumefaciens* штаму C58 приводило до підвищення рівня експресії чужорідних білків у трансгенних рослинах порівняно з використанням *A. tumefaciens* штаму GV3101.

Список використаної літератури:

1. Нітовська І. О. , Олійник М. Є., Козар М. Ю. , Моргун Б. В. Тестування активності вектору рСВ203, що містить нуклеотидні послідовності однодольних, за допомогою *Agrobacterium*-опосередкованої трансформації тютюну.// Матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Біотехнологія ХХІ століття» (Київ, 20 травня, 2020 р.). — С. 68.

СКРИНІНГ КУЛЬТУР ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЧНИМИ КИСЛОТАМИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Оніщенко А.С., Даниленко С.Г.

Інститут продовольчих ресурсів НААН, biotech_ipr@ukr.net

Процес одержання силосу для подальшого метанового зброджування має хоч і спільну технологію з одержанням кормового силосу, проте бактеріальні препарати які використовуються мають специфічний мікробіальний склад. Біохімічні процеси, які здійснюють інокулянти в процесі ферментуванні рослинної сировини для виробництва біогазу має бути направлено на зменшення синтезу молочної кислоти з одночасним приростом синтезу оцтової та пропіонової кислот, забезпечуючи тим самим підвищення ефективності використання біогазу із цієї сировини та їх аеробну стабільність. Саме тому, при виборі видового складу препарату перевага надається гетероферментативним бактеріям. Вони найкраще вбудовуються в механізм метаногенної спільноти і за рахунок швидшого росту та зброджування субстрату замінюють інші ацетогенні бактерії, які функціонують в природному симбіозі.

Мета роботи: скринінг перспективних штамів молочнокислих бактерій, з різних природних джерел для ферментування рослинної сировини, яка використовується для виробництва біогазу.

З кукурудзяного силосу спонтанного бродіння та жому було виділено за культуральними ознаками 25 ізоляти. Після проведення послідовних досліджень на різних середовищах за культурально-морфологічними властивостями було відібрано 5 штамів, та віднесено їх до роду *Lactobacillus*. Показано, що всі ізоляти володіють достатньою антагоністичною активністю до мікрофлори псування, утворюють аміак за гідролізу аргініну, а також у них відсутній ферментний комплекс нітратредуктаз. Важливість цієї характеристики полягає тому, що в кислому середовищі нітриту дають азотну кислоту, а вона утворює канцерогенні нітрозаміни при взаємодії з амінами.

Ізоляти виділені з спонтанної мікробіоти кукурудзяного силосу та жому є досить конкурентоздатними в порівнянні з музейними культурами, які входять до складу заквасок для силосування.

Вивчення антагоністичної активності до технічно-шкідливої мікробіоти, а саме до *B. subtilis*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter* ssp., *Pseudomonas aerogenes*, *Proteus vulgaris* та *Clostridium felsineum* показало, що 75 % досліджуваних культур пригнічують ріст *Campylobacter* ssp, 34 % - *Yersinia enterocolitica* 28 - *Ps. aerogenes*, *Pr. vulgaris* та лише 20 % - *B. subtilis*, *Cl. felsineum*, тому необхідно застосовувати для конструювання заквасок конкурентноспроможні штами по відношенню до цієї мікробіоти.

За сукупністю результатів вивчення культурально-морфологічних, біохімічних властивостей було визначено видову приналежність ізолятів мікроорганізмів, а саме 3 штами *L. buchneri*, 2 штами *Pediococcus acidilactici* та 4 штами *L. brevis*. Ці штами мають потенціал для використання у складі нового бактеріального препарату для силосування рослинної сировини.

ВПЛИВ ДРІЖДЖОВИХ ІНДУКТОРІВ НА ЗДАТНІСТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241 РУЙНУВАТИ БІОПЛІВКИ

Парфенюк М.А.

Національний університет харчових технологій

Раніше було встановлено, що за наявності клітин *Bacillus subtilis* БТ-2 у середовищі культивування *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 синтезувалися поверхнево-активні речовини (ПАР), що ефективніше руйнували біоплівки, ніж утворені без конкурентних бактерій. Наші попередні дослідження показали також, що внесення у середовище культивування продуцента ПАР дріжджів-сахароміцетів супроводжувалося підвищенням антимікробної активності синтезованих поверхнево-активних речовин. У зв'язку з викладеним вище мета даної роботи – дослідити деструкцію біоплівок під впливом ПАР, синтезованих за наявності дріжджових індукторів.

Культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 здійснювали у рідкому середовищі з очищеним гліцерином та відходами виробництва біодизелю у концентрації 3 і 5 % (об'ємна частка) відповідно. Як біологічний індуктор використовували дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* БТМ-1 у вигляді суспензії живих, інактивованих клітин, а також у вигляді супернатанту. Внесення індуктора здійснювали на початку процесу культивування. Концентрацію ПАР визначали ваговим методом після екстракції з супернатанту культуральної рідини модифікованою сумішшю Фолча. Ступінь руйнування біоплівок за дії поверхнево-активних речовин визначали спектрофотометрично.

Встановлено, що незалежно від способу підготовки індуктора (живі, інактивовані клітини, супернатант) та ступеня очищення субстрату (очищений гліцерин, відходи виробництва біодизелю), синтезувалися поверхнево-активні речовини, за дії яких спостерігали вищий ступінь руйнування біоплівок порівняно з використанням ПАР, одержаних без індукторів. Так, деструкція біоплівок бактерій (*Enterobacter cloacae* С-8, *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Bacillus subtilis* БТ-2 (спори), *Proteus vulgaris* ПА-12) та дріжджів (*Candida tropicalis* РЕ-2, *Candida albicans* Д-6) під впливом ПАР (55 мкг/мл), утворених на очищеному гліцерині за наявності живих клітин дріжджів, становила 35,9-85 та 30-50,3% відповідно і була вищою у 1,25-3,5 разів, ніж за дії аналогічної концентрації препаратів, утворених без індуктора. Аналогічні закономірності спостерігали і для поверхнево-активних речовин, синтезованих за наявності *S. cerevisiae* БТМ-1 у середовищі із відходами виробництва біодизелю. При цьому ступінь деструкції біоплівок досліджуваних тест-культур за дії таких ПАР був у 1,5-3,8 разів вищим, ніж встановлений для поверхнево-активних речовин, одержаних за відсутності індукторів.

Наведені дані засвідчують, що внесення дріжджів *S. cerevisiae* БТМ-1 у середовище культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241, супроводжується синтезом ПАР, які є ефективними агентами у руйнуванні біоплівок.

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕННО-ІНЖЕНЕРНОГО ІНСУЛІНУ

Пічкур А. Ю.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, pichkur.anastasiia@iit.kpi.ua

За підрахунками ВООЗ на сьогодні у всьому світі на цукровий діабет хворіє приблизно 420 мільйонів людей, з яких понад два мільйони проживають в Україні. Єдиним способом для підтримки життя та працездатності людей, хворих на цукровий діабет, є обов'язкове комплексне приймання антидіабетичних препаратів, серед яких основним терапевтичним засобом є інсулін.

Інсулін являє собою гормон білкової природи, що синтезується β -клітинами острівців Лангерганса підшлункової залози з метою підтримання гомеостазу глюкози у крові. На сьогодні відомо чотири способи його отримання: повним хімічним синтезом; екстракцією з підшлункових залоз людини; напівсинтетичним методом за допомогою ферментно-хімічної заміни в положенні 30 В-ланцюга амінокислоти аланіну у свинячому інсуліні на треонін; біосинтетичним способом за генно-інженерної технології. Перші два способи практично не використовуються через неекономічність, яка обумовлена недостатньою розробленістю першого способу і нестачу сировини для масового виробництва другим способом. Найбільш ефективним методом вироблення інсуліну є генно-інженерний, який передбачає використання як продуценти рекомбінантні штами мікроорганізмів, що містять плазмідну ДНК, яка кодує проінсулін.

Основними продуцентами інсуліну являються рекомбінантні штами *E.coli* та *S. cerevisiae*. Але найкращим джерелом для масштабного виробництва рекомбінантних білків є рекомбінантні штами *Escherichia coli*. Вони швидко ростуть, невибагливі до поживного середовища, забезпечують великий вихід синтезуючого продукту та рентабельність. При цьому найчастіше використовують штами: *E. coli* JM109, *E. coli* HB101, *E. coli* TG1, *E. coli* TG2 і *E. coli* BL21, які можуть рости на різних середовищах: глюкозо-пептонному середовищі, середовищі Буліра, середовищі Кеслера.

Використовуючи систему експресії *E.coli*, попередники інсуліну отримують у вигляді тілець включення, а повністю функціональні поліпептиди - за допомогою процедур солюбілізації та рефолдингу. Бактеріальна система експресії на основі *E. coli* є економічно ефективною та найбільш застосовуваною. Вона має ряд переваг таких як - низька вартість, високі рівні експресії, прості умови культивування, швидкий ріст, відсутність ендотоксинів та ін. Для очистки генно-інженерного інсуліну від проінсуліну, який провокує алергічні реакції при лікуванні хворих на діабет, його піддають системі очищення.

Є багато методів отримання генно-інженерного інсуліну з різних штамів *E. coli*, проте більшість з них мають ряд недоліків таких як: використання великої кількості сорбенту при гель-фільтрації та ферментів при подальшому розщепленні гібридного білка; низький рівень руйнування клітин при отриманні

тілець включень та недосконалі методи очищення, що передбачають використання сечовини та органічних розчинників. Виправляючи ці недоліки, на жаль, утворюються нові - низький вихід цільового продукту та довга тривалість процесу. Тому шляхи покращення технологій виробництва генно-інженерного інсуліну можуть бути направлені на пошук шляхів виправлення цих недоліків.

Наявні дані про можливість покращення стадії руйнування клітин шляхом заміни ультразвукової дезінтеграції на високоефективну технологію прес руйнування, яка дозволяє підвищити ефективність цього процесу майже у 2 рази. Запропонований авторами спосіб значно дешевше, має вищу продуктивність і дозволяє отримати на виході чистіший препарат (тілця включення).

Критичною точкою технології є також стадія очищення цільового продукту. У багатьох технологіях очищення інсуліну здійснюють методом гель-проникаючої хроматографії на зшитих декстринових гелях з використанням 0,5 М оцтової кислоти. Заміна цього способу очищення інсуліну на гель-проникаючу хроматографію у водній оцтовій кислоті на гідрофільному гелі дозволяє отримати цільовий продукт вищої якості. Є також дані про удосконалення схеми очищення генно-інженерного інсуліну шляхом заміни його сорбції на макропористому сульфокатіоніті на іонообмінну хроматографію та високоефективну рідинну хроматографію, що дозволило отримати високоочищений препарат інсуліну з чистотою 98-99%.

Таким чином, незважаючи на велику різноманітність технологічних схем отримання генно-інженерного інсуліну людини, сучасні наукові дослідження спрямовані на вдосконалення технології його отримання шляхом пошуку створення нових генетичних конструкцій, удосконалення технологічних рішень руйнування клітин, оптимізації стадії рефолдингу та удосконалення режиму процесу трипсинолізу, що дозволить отримати продукт який буде повністю відповідати фармакопейним вимогам.

Список використаної літератури:

1. Chance R, Glaser N., Detection C. Insulin Lispro (Humalog) In: Walsh G, Murphy B, editors. Biopharmaceuticals, industrial prospect. Kluwer: Dordrecht; 1999. p. 149-172.
2. Owens DR, zinman B, bolli G: Insulins today and beyond. Lancet. 2001, №5, т.1., С 739-746.
3. Walsh G. Therapeutic insulins and their large-scale production. Appl Microbiol Biotechnol. 2005; №67. С 151-159.
4. Лазарев ОП, Лесик ІІ, Костецький ІГ, Лісовський ІЛ, Рибачук ВМ, Стадник ВІ. Спосіб одержання рекомбінантного інсуліну людини Патент України JVfo 76661, C12N 15/17, C12N 1/21, публ. 2006.
5. Андреевичева Т.Ю. Баландина Л.В. Костакова Г.А. Способ очистки инсулина патент RU2146944C1 публ.2000-03-27.

ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ БІОГЕННИХ НАНОЧАСТОК СРІБЛА ЯК ПРОТИМІКРОБНИХ АГЕНТІВ

Потапенко В.В., Скроцька О.І.

Національний університет харчових технологій, potapenko.lera@ukr.net

В сучасному світі наночастинки проявляють абсолютно нові властивості, засновані на певних характеристиках, таких як дуже малий розмір (до 100 нм), особливості форми, розподіл частинок і їх морфологія, у порівнянні з більшими частинками матеріалу, з якого вони виготовлені. Таким чином наночастинки мають більш високе співвідношення поверхні до об'єму через зменшення їхнього розміру. По мірі збільшення питомої поверхні наночастинок їхня біологічна активність може збільшуватись за рахунок виникаючого збільшення поверхневої енергії. Такі особливості допомагають їм легко взаємодіяти з різними біологічними об'єктами.

Існує кілька методів синтезу наночастинок, але оскільки класичні фізико-хімічні методи мають такі істотні недоліки, як полідисперсність, невелика кількість отриманого продукту та використання токсичних реагентів – виникла необхідність розробки екологічно чистих підходів біосинтезу наноматеріалів. Для того, щоб реалізувати такий підхід вченими практикується використання різних мікроорганізмів (бактерії, актиноміцети, дріжджі, міцеліальні гриби) або рослин. Їх застосовують завдяки здатності відновлювати метали як внутрішньоклітинно, так і позаклітинно. Отримані таким шляхом наночастинки в результаті мають унікальні фізичні, хімічні, оптичні та біологічні властивості, що робить їх придатними для застосування в різних цілях.

Однією з таких цілей є використання наночастинок у медицині. На сьогоднішній день в цьому напрямку використовуються наночастинки таких металів, як срібла та золота; наночастинки таких оксидів металів, як оксиду цинку та оксиду титану. Велика кількість мікробних інфекцій, швидкий розвиток стійкості до сучасних антибіотиків та інших лікарських препаратів, еволюція патогенів за рахунок мутацій підштовхують вчених до розробки або модифікації протимікробних сполук та альтернативних методів лікування. Так, дослідження в галузі нанотехнологій останнім часом супроводжуються розробкою нанорозмірних об'єктів з вираженою антимікробною дією проти патогенів.

Давно відомо, що срібло проявляє інгібуючу дію проти безлічі патогенних мікроорганізмів, які зазвичай «загрожують» біобезпеці у такому напрямку, як медицина. Так, найбільш відомою галуззю застосування срібла є саме медична промисловість. Срібло може входити до складу мазей та кремів місцевого застосування для запобігання інфікуванню опіків та відкритих ран, а також до складу гелів та тканин, які використовують у спортивній медицині. Крім того, завдяки своїм антимікробним властивостям воно широко використовується для виготовлення різних імплантів.

Наночастинки срібла (AgNPs) добре відомі як ефективні інгібітори росту широкого спектру грампозитивних та грамнегативних бактерій, міцеліальних грибів, а також деяких вірусів. Антимікробна дія AgNPs може включати такі

процеси: вивільнення іонів срібла (Ag^+), які в основному зв'язуються зі сполуками тіолу, тим самим порушуючи важливі клітинні функції, включаючи реплікацію ДНК; прикріплення до клітинних мембран, що порушує мембранний потенціал клітин; генерація активних форм кисню всередині клітин, які пошкоджують мембрану, призводячи до загибелі клітини.

У дослідженнях Ammar зі співор. використовували дві культури дріжджів *Pichia kudriavzevii* HA-NY2 та *Saccharomyces uvarum* HA-NY3 для біосинтезу наночастинок срібла. Отримані AgNPs показали високу інгібуючу активність проти таких грампозитивних бактерій, як *Bacillus subtilis* ATCC6633, *Staphylococcus aureus* ATCC29213; грамнегативних *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27953; а також таких дріжджів *Candida tropicalis* ATCC750 та міцеліальних грибів *Fusarium oxysporium* NRC21 [1].

При використанні дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* синтезовано AgNPs і досліджено їх антибактеріальну активність проти *Escherichia coli*. За отриманими результатами було підтверджено, що отримані AgNPs концентрацією вище 20 мкг/мл викликають повне зниження росту зазначеного патогену [2]. Sowbarnika та ін. також використовували дріжджі *S. cerevisiae* для біосинтезу наночастинок срібла. В даній роботі було виявлено, що мінімальна інгібуюча концентрація AgNPs проти *E. coli* становить 40 мкг/мл [3].

В іншому дослідженні [4] використовували дріжджі *Rhodotorula* sp. ATL72 для одержання AgNPs. Біосинтезовані наночастинок срібла проявили інгібуючу дію проти грампозитивних бактерій (*Streptococcus* sp., *Bacillus* sp., *Staphylococcus* sp.), грамнегативних бактерій (*Shigella* sp., *E. coli*, *P. aeruginosa*, *Klebsiella* sp.), а також дріжджів роду *Candida*. Також виявлено, що концентрація AgNPs 1 мкг/мл повністю пригнічує ріст таких патогенів, як *Bacillus* sp., *E. coli* та *Candida* sp.

Наночастинок металів, синтезовані з використанням мікроорганізмів або рослин, є альтернативою іншим способам отримання таких цінних наноматеріалів. Використання наночастинок срібла у медицині є актуальним та багатообіцяючим. А сам біосинтез наночастинок срібла є напрямком майбутнього у розробці нових протимікробних агентів, які так необхідні зараз.

Список використаної літератури:

1. Ammar H.A., El Aty A.A.A., El Awdan S.A. Extracellular myco-synthesis of nano-silver using the fermentable yeasts *Pichia kudriavzevii* HA-NY2 and *Saccharomyces uvarum* HA-NY3, and their effective biomedical applications. Bioprocess and biosystems engineering. 2021. Vol. 44, No 4. P. 841 – 854.
2. Shu M, He F., Li Z., Zhu X., Ma Y., Zhou Z., Yang Z., Gao F., Zeng M. Biosynthesis and antibacterial activity of silver nanoparticles using yeast extract as reducing and capping agents. Nanoscale research letters. 2020. Vol. 15, No 1. P. 1 – 9.
3. Sowbarnika R., Anhuradha S., Preetha B. Enhanced antimicrobial effect of yeast mediated silver nanoparticles synthesized from baker's yeast. International Journal of nanoscience and nanotechnology. 2018. Vol. 14, No 1. P. 33 – 42.
4. Soliman H., Elsayed A., Dyaa A. Antimicrobial activity of silver nanoparticles biosynthesised by *Rhodotorula* sp. strain ATL72. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences. 2018. Vol. 5, No 3. P. 228 – 233.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА ГЛЮКОНОВОЇ КИСЛОТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ АГРОПРОМИСЛОВОСТІ

Рафальський А.Є.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, artemrafalskiy17@gmail.com

Пришвидшений розвиток агропромисловості призвів до збільшення відходів у всьому світі. Такими відходами вважаються залишки, які утворюються в результаті обробки певного продукту, зазвичай це солома, залишки стебел, лушпиння тощо. На жаль, в Україні стан поводження з побутовими відходами незадоволений. Цей факт потребує дослідження процесів ефективного менеджменту відходів на рівні держави та розробки якісної стратегії, яка дозволить імплементувати передовий досвід поводження з відходами в нашій країні. Метою роботи було проведення аналізу можливості використання відходів агропромисловості при розробці технології глюконової кислоти.

З кожним роком зростає світова потреба у виробництві органічних кислот. Ріст попиту на органічні кислоти пояснюється розвитком таких галузей як фармацевтична, хімічна та харчова, де вони знаходять широке застосування. Більшість органічних кислот сьогодні отримують мікробним синтезом, зокрема ці багатотоннажні біотехнологічні виробництва які мають місце при отриманні лимонної, молочної, ітаконової та глюконової кислот.

Глюконова кислота – одна з промислово важливих органічних кислот, що використовується у харчовій промисловості в якості підкислювача або ароматизатора та в медицині у вигляді солей кальцію та натрію глюконату. Фіксується її використання і у металургії та лакофарбової промисловості.

Зазвичай розглядаються три способи отримання глюконової кислоти: хімічний, електрохімічний та біотехнологічний, але найкращим залишається біотехнологічний, який є найбільш рентабельним для підприємств.

Продуцентами глюконової кислоти вважаються певні штами грибів - *Aspergillus niger*, *Penicillium glaucum*, *Penicillium amagasakiense*, *Penicillium luteum purpurogenum*, *Penicillium chrysogenum*; бактерій - *Pseudomonas savastanoi*, *Gluconobacter oxydans* (облігатні аеробні бактерії), *Acetobacter diazotrophicus*, *Bacillus. methanolicus*, *Parabrimidius ovalis*, *Pseudomonas fluorescens* і *Zymomonas mobilis*, та певні види дріжджів, наприклад таких як *Aureobasidium pullulans*.

Незважаючи на різноманіття біологічних агентів, що продукують глюконову кислоту ключовими промисловими продуцентами є *A. niger* та *G. oxidans*, які мають високу продуктивність. *A. niger* є представником вищих пліснявих грибів роду *Aspergillus*. Продуцент *G. oxidans*- належить до сімейства *Acetobacteraceae* та входить до групи грамнегативних аеробних бактерій. Особливістю клітин *A. niger* та *G. oxidans* є їх здатність до неповного окислення, що робить ці мікроорганізми важливими продуцентами для біотехнологічних виробництв,

Однак мікробне виробництво з використанням наведених вище культур мікроорганізмів часто потребує використання великої кількості багатих на

вуглеводи поживних середовищ, що стають все більш коштовними. В цьому зв'язку розширюється пошук альтернативних недорогих, але ефективних субстратів, якими можуть стати органічні відходи та відходи агропромисловості.

Так, наявні дослідження щодо використання гідролізатів картопляної пульпи в якості основного джерела вуглецю для продуцента глюконової кислоти *G. oxidans*. В результаті чого було досягнуто скорочення часу культивування культури до 20 годин та забезпечено синтез глюконової кислоти в кінцевій концентрації 81,4 г/л. Також встановлено, що *G. oxidans* може активно накопичувати біомасу та засвоювати глюкозу з гідролізатів картопляної шкірки.

Для іншого продуцента глюконової кислоти *A. niger* наявні дослідження з використанням більшого різноманіття органічних відходів, наприклад гідролізати кукурудзяної соломи, напіввисушеного інжиру та концентрованого виноградного сусла. В результаті культивування певних штамів *A. niger* на наведених субстратах спостерігалось значне накопичення глюконової кислоти від 67,43 г/л для виноградного сусла, до 85 г/л для кукурудзяної соломи. Однак, недоліком технологій, що засновані на використанні рослинних субстратів є довгий час біосинтезу від 88 годин до 10 днів.

Одними з потенційних джерел вуглецю для виробництва глюконової кислоти штамми *A. niger* можуть стати ферментні гідролізати кукурудзи та пшениці, використання яких дозволяє отримувати глюконат в кінцевій концентрації 14-16% від об'єму культуральної рідини.

Таким чином, використання сільськогосподарських відходів у технології органічних кислот може стати прикладом впровадження у практику принципів виробничого менеджменту, які дозволять не тільки отримувати необхідні країни продукти, але і зроблять їх виробництво найбільш рентабельним.

Список використаної літератури:

1. Ramachandran S. et al. Gluconic Acid: Properties, Applications and Microbial Production. 2000. Vol. 44, № 2. P. 11..
2. Vandenberghe L.P.S. et al. Solid-State Fermentation for the Production of Organic Acids // Current Developments in Biotechnology and Bioengineering. Elsevier, 2018. P. 415–434.
3. Ramachandran S. et al. Gluconic Acid // Current Developments in Biotechnology and Bioengineering. Elsevier, 2017. P. 577–599.
4. Jiang Y. et al. Gluconic Acid Production from Potato Waste by *Gluconobacter oxidans* Using Sequential Hydrolysis and Fermentation // ACS Sustain. Chem. Eng. 2017. Vol. 5, № 7. P. 6116–6123.
5. Crain-Zamora M., Reed D.W. Organic acid production from food wastes using *Gluconobacter oxydans*: A possible source of cheaper lixivants for leaching REE from end-of-life products. Idaho Falls, ID (United States), 2017.
6. Patent EP3918085A1 Production of natural organic gluconates Filed: Jun.08, 2020; Date of Patent: Dec. 08, 2021.

ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ МІКРОСАТЕЛІТНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ДРІЖДЖІВ *SACCHAROMYCES PARADOXUS*

Римар Ю.Ю.¹, Проніна О.В.¹, Рушковський С.Р.², Моргун Б.В.¹

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України,

²ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного
університету імені Тараса Шевченка, yulia-r@i.ua

Загальновідомо, що мікросателітні послідовності характеризуються високим рівнем поліморфізму, тому цю властивість використовують в популяційно-генетичних, філогенетичних дослідженнях. Також їх використовують у генетичному моніторингу довкілля, наприклад наслідків радіоактивного забруднення. Для виявлення факторів та змін, які накопичуються в геномах організмів, що перебувають на радіоактивно зараженій місцевості, зручно використовувати дріжджі виду *Saccharomyces paradoxus*. Тому для з'ясування довгострокового ефекту радіоактивного забруднення на популяційну стабільність мікроорганізмів можна оцінити розміри мікросателітних послідовностей у штамів, отриманих з популяції Чорнобильської зони відчуження дріжджів *Saccharomyces paradoxus*, і відмітити зміни їх генофонду.

У дослідженні використано колекцію штамів дріжджів *S. paradoxus*, виділених з різних ділянок ґрунту Чорнобильської зони відчуження. Аналізували мікросателітні локуси *ECM16*, *YIL130*, *TFA1*, *UBA1*, *ZEO1* методом полімеразної ланцюгової реакції з подальшим розділенням продуктів ампліфікації методом електрофорезу у 2 % агарозному гелі в трис-боратному буфері. Аналіз електрофореграм для визначення розмірів ампліконів здійснювався в програмі GelAnalyzer.

У результаті роботи проведено підбір мікросателітних маркерів для характеристики штамів природних популяцій дріжджів виду *S. paradoxus*. Також встановлено, що мікросателіти мали різний ступень поліморфізму. Виходячи з порівняння поліморфізму серед штамів даної популяції визначено, що мікросателітний локус *TFA1* є найменш поліморфним в порівнянні з іншими (штами майже не відрізняються між собою). Найбільша відмінність серед обраних штамів спостерігається для локуса *UBA1* - різниця у 203 п.н., для порівняння різниця для *YIL130* - 46 п.н., *ZEO1* - 61 п.н.

Крім того, ми спостерігали значне збільшення розміру локуса *UBA1* в ДНК штамів О34, О41. Саме штами О34, О41 та О33а виділені з «рудого» лісу - зони високої радіації, але розмір амплікона штаму О33а збільшився в меншій мірі. Внаслідок цього не можна визначити прямої кореляції між дозою радіації і збільшенням мікросателітного локуса *UBA1*. Для інших досліджуваних мікросателітів *YIL130* та *ZEO1* також зберігалася збільшення розміру послідовностей у штамів О34 та О41, але найбільш яскраво це проявляється на локусі *UBA1*.

Таким чином, нами було виявлено поліморфні варіанти мікросателітних локусів *UBA1*, *ZEO1*, *YIL130* у штамів дріжджів *S. paradoxus*, які належать до популяції Чорнобильської зони. Найбільші розбіжності в розмірах ампліфікованих фрагментів серед популяції Чорнобильської зони характерні для *UBA1*.

УДК: 573.6.086.83

СКРІНІНГ ШТАМІВ БАЗИДІЄВИХ ГРИБІВ ЗА ПОТЕНЦІЙНОЮ МОЖЛИВІСТЮ ДО СИНТЕЗУ ХІТИН - ГЛЮКАНОВИХ КОМПЛЕКСІВ НА ГЛИБИННОМУ СЕРЕДОВИЩІ ВИЗНАЧЕНОГО СКЛАДУ

Сироїд О.О., Клечак І.Р., Зубик П.Р.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, silenceinthelibrary1@gmail.com

З кожним роком обсяги світового виробництва хітину і хітозану збільшуються, що обумовлює необхідність вирішення питання про розширення сировинних джерел отримання цих біополімерів. Відомими на сьогоднішній день джерелами природного амінополісахариду – хітину є відходи морепродуктів, покриви комах і клітинні стінки грибів [1, 2].

Хітин, отриманий з грибів, є дешевим, відновлюваним, легшим в обробці та екстракції варіантом сировини, ніж сезонний хітин з панцирів ракоподібних[1].

Значні природні варіації співвідношення хітину до β -глюкану та розмірів фібрил у грибів можуть бути використані для отримання як більш крихких, з високою міцністю на розрив, пластикових мереж нановолокна, а також дуже жорстких та еластомерних (схожих на каучук) мереж, демонструючи значне розтягування фібрили при збільшенні тиску. Механічні властивості між цими станами також можуть бути покращені шляхом поєднання екстрактів, отриманих з різних видів грибів.

Кількість хітину в клітинній стінці гриба залежить від видоспецифічних умов, віку грибної культури та умов навколишнього середовища. Вміст хітину в сухій клітинній стінці може змінюватись від 2 до 65% [1,3]. У базидієвих грибів вміст хітину коливається в межах 50 – 65 % в залежності від виду[2]. Зазвичай хітин – глюканові комплекси отримують з плодових тіл. Проте, можливість глибинного культивування дозволяє отримати не тільки суху біомасу для подальшого отримання хітин – глюканових комплексів, а й культуральну рідину цих грибів, яка може використовуватися для «зеленого методу» відбілювання целюлози [3].

Тому метою роботи є визначення найбільш продуктивних штамів для синтезу хітин-глюканових комплексів при глибинному культивуванні на середовищі визначеного складу. В якості штамів було обрано : *Pleurotus ostreatus*(3 *штами*), *Lentinus edodes*(3 *штами*), *Trametes versicolor*(2 *штами*), *Trametes hirsutus*(2 *штами*). В якості середовища було обрано синтетичне середовище Норкранса. Штами культивували при температурі 25 С, в качалочних колбах об'ємом 750 см³, протягом 12 діб.

Результати досліджень представлені на графіку:

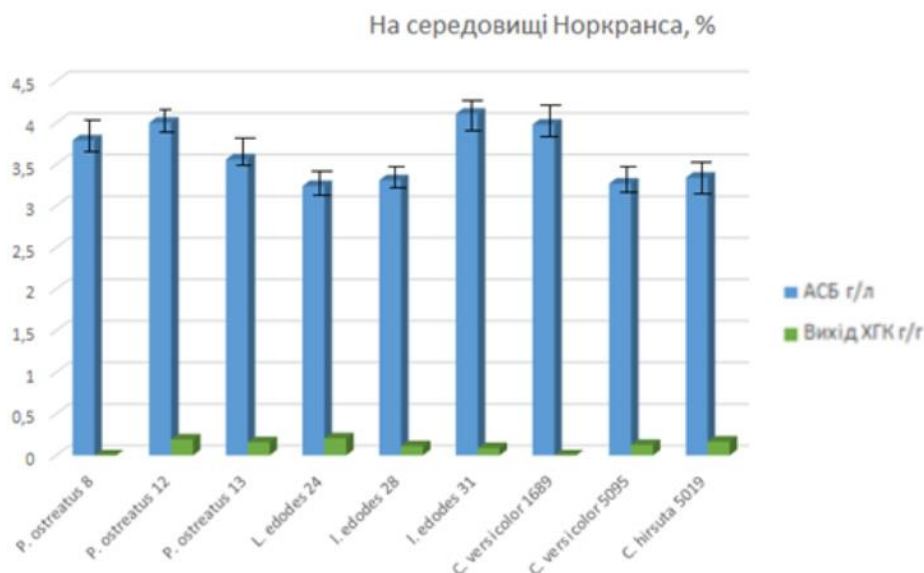


Рис. 1 - Накопичення біомаси та виходу ХГК залежно від штаму на синтетичному середовищі Норкранс.

Як ми можемо бачити з графіку, вміст хітин – глюканових комплексів залежить від штамового та видового різноманіття грибів, та корелює з отриманою кількістю абсолютно сухої біомаси. Показники коливаються в межах від 1,5 % ХГК / АБС (*C. versicolor* 1689) до 4,7 % ХГК / АБС (*L. edodes* 24).

Таким чином, в якості штамів для подальших досліджень були відібрані наступні штами: *P. ostreatus* 12 (4,2 г/л АБС, та 0,271 г/г ХГК), *P. ostreatus* 13 (3,8 г/л АБС, та 0,263 г/г ХГК), *L. edodes* 24 (3,7 г/л АБС, та 0,289 г/г ХГК), *C. versicolor* 5095 (3,6 г/л АБС, та 0,284 г/г ХГК), які показали високий рівень вмісту хітин – глюканових комплексів, відносно накопиченої біомаси.

Список використаної літератури:

1. Wan MFW, Nawawiabc Mitchell P, Jonesad Eero Kontturi. Plastic to elastic: Fungi-derived composite nanopapers with tunable tensile properties Composites Science and Technology: 2020; №198:35–43. Available from:
2. Abo Elsoud M, E El Kady. Current trends in fungal biosynthesis of chitin and Bull Natl Res Cent. [Internet]. 2019; №43: 59–68. Available from:
3. Scriabin KG, Vikhoreva GA, Varlamov VP. Hitin i hitozan: poluchenie, svoystva, primeneniye. Nauka; 2002.

ОТРИМАННЯ КУЛЬТУРИ ТРАНСГЕННИХ КОРЕНІВ ТА РОСЛИН ТЮТЮНУ ТА М'ЯТИ, ЩО ЕКСПРЕСУЮТЬ РЕКОМБІНАНТНИЙ ГЕН ІНТЕРФЕРОНУ АЛЬФА

Ситник К.О.

Київський палац дітей та юнацтва, katiasytnyk@gmail.com

Інтерферон альфа - це лейкоцитарний секреторний білок неспецифічного імунітету людини, який сьогодні широко використовується для лікування гепатитів, ГРВЗ, лейкозу, деяких типів раку, тощо. Станом на теперішній час білок інтерферону в промисловості отримують у культурах тваринних (Hamster Ovary Cells) і бактеріальних (*Escherichia coli*) клітин. Альтернативою цих методів є накопичення цього білку в рослинних культурах. Такий метод вважається безпечнішим, адже отриманий препарат не потребує додаткової очистки від можливої контамінації бактеріальними токсинами чи тваринними вірусами і пріонами, а також набагато спрощує отримання білку (немає потреби у вартісних системах культивування чи посттрансляційних модифікаціях) і зберігання білку (трансформовані рослини не потребують спеціальних холодильників і жорсткого температурного режиму).

Одним з найменш затратних рослинних систем для отримання рекомбінантних фармацевтичних білків вважають культуру трансгенних коренів, що пов'язано з: 1) швидким приростом біомаси та відсутністю геотропізму цієї культури; 2) низькою собівартістю культивування (культура Рі-коренів не потребує постійного освітлення, немає необхідності в дорогих живильних середовищах). На сьогодні ми знайшли лише поодинокі повідомлення щодо ініціації культури трансгенних коренів шляхом *Agrobacterium rhizogenes*—опосередкованої трансформації з метою експресії інтерферону альфа.

Метою представленої роботи є отримання культури трансгенних коренів та рослин тютюну та м'яти, що містять ген рекомбінантного інтерферону альфа 2b злитого з *his-tag* послідовністю, що дозволить очистити цільовий білок (за необхідністю) методом афінної хроматографії з метою подальшого вивчення його антивірусних та протиракових властивостей.

Векторні конструкції pNPB0030 та pNPB0029, що містили цільовий ген інтерферону альфа (*HuINFα-2b*), злитий з кальретикуліновим сигналом таргетингу в апопласт і *his-tag* послідовністю, та селективний ген *nptII* або селективний ген *bar*, були люб'язно надані Інститутом клітинної біології та генетичної інженерії НАН України. Бактеріальні клітини *Agrobacterium rhizogenes* (штам А4) було трансформовано методом теплового шоку. Присутність цільового гену інтерферону (*HuINFα-2b*) в отриманій культурі агробактерій перевіряли за допомогою ПЛР-аналізу, який підтвердив наявність цільового *HuINFα-2b* у досліджуваних бактеріальних колоніях. Згодом отриману культуру бактерій було використано для трансформації рослин тютюну та м'яти перцевої.

Для отримання суспензійної бактеріальної культури *Agrobacterium rhizogenes* (штам А4), , використовували рідке середовище LB, яке містило 50 мг/л карбеніциліну. Культивували на орбітальному шейкері при постійному перемішуванні (200 об./хв.) за температури 28°C. модельні рослини тютюну піддавали агробактеріальній трансформації шляхом інокуляції листкових дисків бактеріальною культурою. Через 2 доби трансформовані експланти переносили на середовище MS із додаванням цефатоксиму (500 мг/л) та канаміцину (100 мг/л) або 10 мг/л селективного гербіциду фосфінотрицину в умовах кімнатної температури і постійного освітлення. У зв'язку з тим, що тютюн не вживають в їжу через значний вміст алкалоїдів, рослини *Nicotiana tabacum* L було використано лише як модельні з метою аналізу особливостей синтезу рекомбінантного білку. ПЛР-аналіз дозволив підтвердити присутність цільового *HuINF α -2b* генів для 90-100% досліджуваних рослин, крім того, аналіз підтвердив відсутність бактеріального забруднення (*virD1*) для всіх досліджуваних рослин. Аналіз антивірусної активності екстрактів отриманих культур показав активність на рівні 640 до 2560 МО/г СВ. Тому проводили також генетичну трансформацію лікарської рослини - м'яти перцевої *Mentha piperita* L - з метою отримання рослин, що, окрім вмісту білку інтерферону, характеризувалися би седативною і протизапальною дією.

Agrobacterium rhizogenes-опосередкованій трансформації за загальноприйнятою методикою піддавали гіпокотильні проростки м'яти. Через 2 доби трансформовані експланти переносили на тверде середовище MS. Через 7-10 днів на гіпокотильних експлантах було помічено ініціацію "бородатих" коренів. Надалі експланти було перенесено на середовище MS із додаванням 5 мг/л фосфінотрицину в якості селективного агенту і поступово збільшували до концентрації 10 мг/л . Рослини м'яти регенерували на селективних середовищах із додаванням 1 мг/л регулятору росту бензипамінопурина. Отримані рослини не характеризувалися Ri-фенотипом і протягом 1-2 тижнів укорінювалися на селективному середовищі без додавання регуляторів росту. Згодом було виділено ДНК отриманих рослин м'яти за допомогою ЦТАБ-методу і проведено аналіз методом ПЛР, що підтвердив присутність цільового гену *HuINF α -2b* для 25% аналізованих рослин.

Надалі плануємо проведення аналізу методом ПЛР пов'язаною зі зворотною транскрипцією, визначення антивірусної та антипроліферативної активності екстрактів отриманих трансгенних рослин м'яти.

ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ**Сікорінська А.О.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, alinasikorinska@gmail.com**

Грунт є цінним і не відновлюваним ресурсом, необхідним для проростання насіння, виживання та росту рослин, підтримуючи, таким чином, кожен живу форму на землі. Однак у сучасному світі численні забруднювачі ґрунту обмежують ріст рослин. Відомо, що нікель (Ni) токсичний для більшості видів рослин, впливаючи на активність ферментів амілази, протеази та рибонуклеази, тим самим уповільнюючи проростання насіння та ріст багатьох культур [1]. Повідомляється, що він впливає на перетравлення та мобілізацію запасів їжі, таких як білки та вуглеводи у проростаючих насінні [2], зменшення висоти рослини, довжини коренів, свіжої та сухої маси, вмісту хлорофілу та активності ферменту карбоангідрази та збільшення вмісту MDA та витоку електролітів [3].

Токсична дія металів чітко видно з інгібування зростання, що застосовується для тестування їх присутності в навколишньому середовищі. Гальмування зростання відбувається, з одного боку, через порушення метаболізму і, з іншого — внаслідок прямої дії металів на зріст, наприклад, у результаті взаємодії з полісахаридами клітинних стінок та зниження їх пластичності [4]. Важкі метали безпосередньо впливають на перенос електронів в фотохімічних реакціях. Так, кадмій у концентраціях 14, 28 і 42 мг / кг субстрату знижував швидкість електронного транспорту в мембрані тилакоїдів рослин ячменю. У рослин люцерни, конюшини і бобів кадмій блокував транспорт електронів і протонів на рівні пластохінона при переході електронів від ФС II до ФС I [5].

Однією з найважливіших рис металіндукованої зміни метаболізму клітин є, як правило, зниження активності низки ферментів. Різні метали викликають 50% інактивацію більшості ферментів при різних молярних концентраціях: Ag^+ , Hg^+ , Cu^{2+} (10^{-7} — 10^{-5}) > Cd^{2+} (10^{-6} — $3 \cdot 10^{-5}$) > Zn^{2+} (10^{-5} — 10^{-4}) >> Pb^{2+} (10^{-5} — $2 \cdot 10^{-4}$) > Ni^{2+} (10^{-5} — $6 \cdot 10^{-4}$) > Co^{2+} (10^{-4} — $3 \cdot 10^{-4}$). Інактивація обумовлена взаємодією металів із SH-групами ферменту, внаслідок чого змінюється його конформація. Крім цього, Cd^{2+} та Pb^{2+} можуть витіснити Zn^{2+} , пов'язаний із SH-групами [5,6].

Вплив важких металів на насіння та рослини в цілому ще недостатньо вивчений. Наслідки впливу важких металів можуть бути найрізноманітнішими. Але вже можна говорити про колосальний ефект їх на функціонування рослин, зокрема інгібування проростання рослин, зменшення активності ферментів, вплив на процеси дихання та фотосинтезу, що нерідко може приводити до загибелі рослин.

Список використаної літератури:

1. Ahmad MS, Ashraf M. Essential roles and hazardous effects of nickel in plants. Rev Environ Contam Toxicol 2011;214:125-67.

2. Ashraf MY, Sadiq R, Hussain M, Ashraf M, Ahmad MS. Toxic effect of nickel (Ni) on growth and metabolism in germinating seeds of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Biol Trace Elem Res* 2011;143:1695-703.
3. Siddiqui MH, Al-Whaibi MH, Basalah MO. Interactive effect of calcium and gibberellin on nickel tolerance in relation to antioxidant systems in *Triticum aestivum* L. *Protoplasma* 2011;248:503-11.
4. Li W, Mao R, Liu X. Effects of stress duration and non-toxic ions on heavy metals toxicity to *Arabidopsis* seed germination and seedling growth. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao* 2005;16:1943-7.
5. Wang C, Tian Y, Wang X, Geng J, Jiang J, Yu H, et al. Lead-contaminated soil induced oxidative stress, defense response and its indicative biomarkers in roots of *Vicia faba* seedlings. *Ecotoxicology* 2010;19:1130-9.
6. Pena LB, Azpilicueta CE, Gallego SM. Sunflower cotyledons cope with copper stress by inducing catalase subunits less sensitive to oxidation. *J Trace Elem Med Biol* 2011;25:125-9.

**ГЛИБИННЕ КУЛЬТИВУВАННЯ *GRIFOLA FRONDOSA* НА РІДКИХ
СЕРЕДОВИЩАХ****Сорока М.М., Ліновицька В.М.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, soroka.mariya2000@gmail.com**

Одним з перспективних продуцентів різноманітних біологічно-активних препаратів є дереворуйнуючий базидієвий гриб *Grifola frondosa*. З нього отримують ряд лікувально-профілактичних сполук, зокрема з антибактеріальною, противірусною (у тому числі й проти ВІЛ), імуностимулюючою та протипухлинною активністю, а також речовини, що здатні регулювати кров'яний тиск та рівень цукру в крові людини (Kou, 2019; Ji, 2019; Chen, 2020). Але важливим напрямком сучасних досліджень штамів *G. frondosa* лишається, в першу чергу, їх здатність до біосинтезу ендополісахаридів, які запобігають онкогенезу, мають протипухлинну дію і запобігають метастазуванню пухлин (Kou, 2019; Ji, 2019; Chen, 2020). Відомо, що ендополісахариди *G. frondosa* безпосередньо впливають на активність та неушкодженість Т-клітин, які приймають активну участь у боротьбі з пухлинами та створенні імунітету. Полісахариди з *G. frondosa*, які являють собою суміш 1,6- β -розгалуженого-1,3- β -D-глюканів та гетероглюканів інгібують ріст пухлинних клітин і збільшують у декілька разів кількість імунокомпетентних клітин у онкохворих (Ji, 2019; Chen, 2020).

При цьому базидіоміцет *G. frondosa* культивують переважно поверхневим способом, і таким чином отримують плодові тіла, з яких виділяють ендополісахариди. Водночас, цей вид в умовах глибинного культивування є мало вивченим і проведено мало досліджень стосовно особливостей біосинтезу екзополісахаридів та їх біологічних властивостей (Ліновицька, 2011; Дзигун, 2019; Сорока, 2021).

Тому метою даної роботи було вивчення продукування біомаси та екзополісахаридів грибом *Grifola frondosa* в умовах глибинного культивування на рідких поживних середовищах.

Об'єктом досліджень був штам 1794 *Grifola frondosa* (Dicks: Fr.) S.F. Gray, отриманий з Колекції шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України ІБК.

Глибинне культивування проводили в колбах Ерленмеєра на 250 мл, в умовах постійного перемішування з допомогою орбітальної качалки (120 об/хв), за температури 28 °С, протягом 7-10 діб.

Накопичення міцеліальної біомаси та екзополісахаридів вивчали на рідкому живильному середовищі такого складу (г/дм³): NH₄NO₃ – 4; KH₂PO₄ – 1; K₂HPO₄ – 1; MgSO₄·3H₂O – 0,5; глюкоза – 50, пептон – 5 або кукурудзяний екстракт – 5.

Визначення рівня накопичення біомаси (абсолютно суха біомаса, а.с.м.) проводилося методом висушування міцелію за температури 105°C до постійної маси.

Рівень біосинтезу екзополісахаридного комплексу в усіх дослідях визначали фенол-сірчанним методом (Варбанець, 2006).

В результаті проведеного глибинного культивування було визначено, що за даних умов більша кількість біомаси накопичується при додаванні до синтетичної основи меляси, а саме було отримано $5,7 \pm 0,4$ г міцеліальної біомаси.

В той же час, більша кількість екзополісахаридів накопичується на середовищі з кукурудзяним екстрактом, а саме було отримано $1,2 \pm 0,2$ г екзополісахаридів.

Отже, з метою отримання екзополісахаридів базидієвого гриба *Grifola frondosa* глибинним культивуванням є перспективним використання синтетичного середовища з кукурудзяним екстрактом, а для отримання посівного міцеліального матеріалу – синтетичне середовище з мелясою.

Таким чином, дослідження *Grifola frondosa* в глибинній культурі є перспективним напрямком в сфері розробки біотехнологій виробництва косметичних та лікувально-профілактичних препаратів.

Список використаної літератури:

1. Chen X., Ji H., Zhang C., Yu J., Liu A.. Structural characterization and antitumor activity of a novel polysaccharide from *Grifola frondosa* // Journal of Food Measurement and Characterization. 2020. 14. P. 272-282.
2. Ji H., Yu J., Chen X., Liu A. Extraction, optimization and bioactivities of alcohol-soluble polysaccharide from *Grifola frondosa* // Journal of Food Measurement and Characterization. 2019. 13. P. 1645–1651.
3. Kou L., Du M., Liu P., Zhang B., Zhang Y., Yang P., Shang M., Wang X.. Anti-Diabetic and Anti-Nephritic Activities of *Grifola frondosa* Mycelium Polysaccharides in Diet-Streptozotocin-Induced Diabetic Rats Via Modulation on Oxidative Stress // Appl. Biochem. Biotechnol. 2019. 187. P. 310–322.
4. Ліновицька В.М., Бухало А.С., Дуган О.М. Підбір умов глибинного культивування *Grifola frondosa* як основи для створення біотехнологій отримання лікувально-профілактичних препаратів. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2011. № 3. С. 56-60.
5. Дзигун Л.П., Ліновицька В.М. Отримання міцеліальної біомаси лікувальних грибів *Grifola frondosa* та *Laetiporus sulphureus* на синтетичних середовищах. *Innovative Biosystems and Bioengineering*. 2019. Vol. 3, no. 4. P. 239–245.
6. Сорока М.М., Савчук І.В., Ліновицька В.М. Культивування лікувального гриба *Grifola frondosa* на рідких синтетичних середовищах // Матеріали X Ювілейної Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Хімія та сучасні технології» 23-24 листопада 2021 року, м.Дніпро. С. 183-184.
7. Сорока М.М. Отримання біомаси базидієвого гриба *Grifola frondosa* // «Біотехнологія XXI століття»: матеріали XV Всеукраїнської науково-практичної конференції (Київ, 23 квітня 2021) [Електронне видання] / Міністерство освіти і науки України, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Національна академія наук України, Інститут клітинної біології та генетичної інженерії – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С. 94
8. Варбанець Л.Д., Здоровенко Г.М., Книрель Ю.А. Методы исследования эндотоксинов. Киев : Наук. думка, 2006. 238 с.

**STATE OF THE SPHERE OF WASTEWATER TREATMENT OF FOOD
INDUSTRY ENTERPRISES IN UKRAINE**

**Suleyko T.L., Semenova O.I., Onophrienko A.I.
NUFT, Kyiv, Ukraine**

Most of the enterprises of food industry dump their wastewater into centralized sewer network, but due to the fact that this liquid waste may contain high concentration of pollutants, their effluents in city sewers are limited to requirements. Acceptance of wastewater in sewer systems is carried out in accordance with "Rules of acceptance of wastewater enterprises in municipal and departmental sewage of cities and settlements of Ukraine" [1].

For example, maximum permissible discharge standards of Kyiv stock water comprise approximately 500 mg O₂/dm³ for the indicators of contamination (COD), while indices of stock water of dairy enterprises exceed these standards in several times.

At the beginning it is necessary to consider the basic principles of wastewater treatment for the food industry. There is a comprehensive technology that ensures the complete limination of contaminants from the food industry wastewater. It combines mechanical, physico-chemical and biological principles. The latest include anaerobic methane fermentation and aerobic oxidation in aerotanks.

Methane fermentation usually filters all or only the most concentrated part of it because a few of the highly contaminated water is diluted in the common flow. Pre-treated water after methane fermentation is sent to the general runoff, which typically is cleared by the aeration [2].

Moreover, the concept of "pre-treatment" refers to a sequence of process, not to its auxiliary character. As the level cleaning of methane fermentation is the main component stage of the chain in all cases, it can reduce the concentration of pollutants by 60 - 95% depending on the substrate (especially its saturation with biogenic elements) and the conditions of the process [3].

Anaerobic technology has a number of significant advantages over aerobic one which is generally accepted.

Nowadays, the enterprises of food and processing industry of almost all developed countries use the methanogenesis as primary stage of purification of concentrated wastewater.

Methane fermentation greatly expands the range of wastewater that is suitable for biological cleaning. It allows effective purification of the wastewater with COD over 2000 mg O₂/dm³, whereas the aerobic fermentation suits only for the water with a BOD no more of 2000 mg O₂/dm³.

The anaerobic process is carried out with less use of biogenic elements, which is important when processing wastewater [4].

Anaerobic fermentation allows obtaining economically valuable biogas which contains 50 - 80% of the gaseous fuel methane [5]. One of the simplest ways of applying the biogas is to burn it.

More promising is the use of biogas to produce electrical energy, which can lead to the formation of our own energy base, which covers 40 - 50% of total energy costs [6].

This is especially significant under conditions of the contemporary energy crisis in Ukraine. In particular it will improve the financial state of the food enterprises that will reflect respectively on the decrease of the cost price of their production.

Comparison between aerobic and anaerobic methods of cleaning showed that anoxic treatment of organic pollution can provide 94 - 96% of biogas in the form of methane and carbon dioxide and only 4 - 6% are converted into biomass. While during the aerobic processing - about 80% of the organic pollutants are converted into biomass and 20% are oxidized to carbon dioxide. There is also destruction of significant amounts of nutrients [7].

References

1. Ukrainian State Committee of building, architecture and housing policy of Ukraine. (2002). Rules of acceptance of wastewater enterprises in municipal and departmental sewage of cities and settlements of Ukraine (in Ukrainian). [Valid from 2002.04.26], Derzhbud of Ukraine, (37), pp. 2.
2. Semenova E. I., Tkachenko T. L., Bubliencko N. A. Biodegradation of pollutants in the effluents of food industry enterprises. *Journal of Water Chemistry and Technology*. 2013. Vol. 35, Issue 2. pp. 86–90.
3. Dychko A. O. (2002). Biotechnology of the local treatment of the fatty wastewaters (in Ukrainian). PhD thesis in Technical Sciences, Ukr. State University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine.
4. Gorban N. S., Matsiuk S. A., Reviakina N. A. (2001). Contemporary methods of the wastewater treatment from the food industry enterprises. Problems of the preservation of nature surroundings and technogenic safety (in Russian). Collection of scientific works, UkrNIIEP, Kharkiv, Ukraine, pp. 177-180.
5. Lukashevich E. A. (2003). Development of biotechnology of wastewater treatment and biogas production on waste dairies (in Ukrainian). PhD thesis in Technical Sciences, Ukr. State University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine.
6. Zapoiski A. K., Ukrainec A. I. (2005). Greening food production (in Ukrainian). High School, Kyiv, Ukraine. – 423 p.
7. Korchyk N. M. (2007). Treatment technologies of the wastewaters from the food industry enterprises (in Russian). IV international conference "Cooperation for resolution of the problem of wastes" Proceedings, Kharkov, Ukraine, pp. 251-254.

ВИБІР ШТАМУ ГАЛОБАКТЕРІЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БАКТЕРІОРОДОПСИНУ

Тарнавська А.О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, tarnavskanna@gmail.com

У сучасній біоелектроніці бактеріородопсин – білок пурпурних мембран мікроорганізмів, що належать до класу галобактерій – широко використовується для створення штучних запам'ятовуючих пристроїв на біологічній основі. Сфера застосування даного білка – оптика, нано-електронні пристрої для біологічного маркування, фотополімери для попередження підробки документів, що не вичерпує подальші перспективи його використання [6].

Галобактерії об'єднують в родину *Halobacteria*, яке налічує два роди – *Halococcus* та *Halobacterium* (*Hbt*) [5]. Під *Halobacterium* охоплює три види: *Halobacterium halobium*, *Halobacterium salinarum*, *Halobacterium cutirubrum*. Останні два види вважають тотожними першому [1]. У зв'язку з тим, що дикі штами мають низький вміст бактеріородопсину, пошук і створення нових високопродуктивних штамів – продуцентів даного білка є актуальною задачею.

Галобактерії – це мікроорганізми, які можуть рости і розвиватися без світла в присутності кисню і органічного субстрату як джерела енергії, а також в достатньо освітленому середовищі при недостатній кількості кисню. У першому випадку галобактерії функціонують як звичайні гетеротрофні мікроорганізми, а в другому – утворюють пурпурові мембрани, які містять бактеріородопсин, і, таким чином, перетворюються у фототрофи. Однак за відсутності кисню в середовищі синтез бактеріородопсину і перехід *b*-каротину в ретиналь пригнічується. Тому для кожного штаму галобактерій необхідний підбір аерації, щоб кількість кисню була достатня для внутрішньоклітинних взаємодій, але не пригнічувала утворення бактеріородопсину.

Важливим є також спектр діючого світла. У клітин, вирощених при дії синього світла, інтенсивно синтезується бактеріородопсин, в той час, як під дією червоного світла він практично не синтезується. Встановлено, що на ріст клітин і вихід бактеріородопсину також впливає концентрація NaCl, при її підвищенні до 30% вміст бактеріородопсину зростає [2].

У реєстрі патентів зазначаються наступні штами галобактерій: *Hbt. salinarum* 353 Пушчинський (ЦМПМ В-1739), *Hbt. salinarum* KCU-97FF (ІМВ В7008), *Hbt. salinarum* ВКПМ В-9451, *Hbt. salinarum* ST 2 (ВКПМ В-10425), *Hbt. salinarum* ST 3 (ВКПМ В-11850), *Hbt. salinarum* D96N (ВКПМ В-11953), *Hbt. salinarum* 353П-1 (ВКПМ В-12794).

Серед проаналізованих штамів – *Hbt. salinarum* 353П-1 – продуцент каротиноїдів. Він характеризується високим виходом біомаси, каротиноїдів та ненасичених жирних кислот, однак має низький вміст бактеріородопсину.

Штами *Hbt. salinarum* ВКПМ В-9451, *Hbt. salinarum* ВКПМ В-9025, *Hbt. salinarum* ВКПМ В-9026, *Hbt. salinarum* ЦМПМ В-1739 є продуцентами бактеріородопсину. Показано, що вихід біомаси та бактеріородопсину при вирощуванні даних штамів на середовищі з NaCl в концентрації 250 г/л становив

16 г/л і 50 мг/л, 6 г/л і 18 мг/л, 3 г/л і 22 мг/л, 9 г/л і 30 мг/л відповідно [4]. Як свідчать дані літератури, продуктивність штаму *Hbt. salinarum* D96N – 17 г/л, а штаму *Hbt. salinarum* ST 2 – 10 г/л при виході бактеріородопсину – 55 мг/л та 35 мг/л відповідно [3].

Таким чином, *Hbt. salinarum* D96N є одним із найбільш перспективних штамів для отримання бактеріородопсину серед продуцентів роду *Halobacterium*.

Список використаної літератури:

1. Андрашко Ю. В. Галофільні мікроорганізми: загальні відомості, класифікація, методика культивування, перспективи застосування в комплексі бальнеогеліотерапії псоріазу // Дерматологія. 2002. № 3. С. 28-31.
2. Балашов С.П., Литвин Ф.Ф. Фотохимические превращения бактериородопсина. М., 1985. 168 с.
3. Штамм бактерій *Halobacterium salinarum* – продуцент бактеріородопсина: пат.RU2558230C1 РФ: С12N 1/20 (2006.01) С12P 1/04 (2006.01) №2014139856/10, заявл. 02.10.2014; опубл. 27.07.2015 Бюл. № 21. ст.6
4. Штамм бактерій *Halobacterium salinarum* – продуцент бактеріородопсина: пат.RU2321627C1 РФ: С12N 1/20 (2006.01) С07K 14/215 (2006.01) С12P 1/04 (2006.01) №2006120750/13, заявл. 15.06.2006; опубл. 10.04.2008 Бюл. № 10. ст.5
5. Чекулаева Л.Н. Галофилы – продуценты бактериородопсина // Светочувствительные биологические компоненты и оптическая регистрация информации: Сб. науч. тр. Пушино, 1985. С. 67-89.
6. Trivedi Seema, Choudhary Om Prakash, Gharu Jitendra. Different proposed applications of bacteriorhodopsin. Recent Patents on DNA & Gene Sequences. 2011. Vol. 5, № 1. P. 35-40.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ *AZOTOBACTER VINELANDII*

Фалендиш П. О., Горго Ю.П.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, falendysh.polina@lil.kpi.ua

Після відкриття у 1903 році бактерія *Azotobacter vinelandii* була прийнята у якості модельного організму для дослідження процесів фіксації азоту, аеробного дихання, фізіології мікроорганізмів, продукції та асиміляції водню, кінетики ферментів, зокрема вивчення структури і механізмів нітрогеназ. Цьому сприяли основні характеристики роду *Azotobacter*: облигатно аеробний спосіб життя, діазотрофність, утворення стійких до висихання цист, продукування полігідроксиалканоатів у якості запасних полімерів, природна компетентність[1].

У роботі було проведено інформаційне дослідження щодо перспектив застосування *A. vinelandii* у різних сферах діяльності людини. *A. vinelandii* має потенціал для використання у різних галузях та комерційного застосування завдяки здатності продукувати велику кількість цінних полімерів, зокрема біопластик та альгінати; здатності до азотфіксації, що може зменшити потребу у використанні синтетичних добрив у сільському господарстві; підвищення врожайності за рахунок сумісного вирощування бактерії з рослинами [1].

Бактеріальні альгінати та полігідроксиалканоати перспективні у галузях тканинної інженерії та біофармакології, у регенеративній медицині. Вони є біосумісними та підлягають біологічному розкладанню, здатні імітувати природний матрикс; мають великий потенціал для розробки гідрогелів, 3D-конструкцій у тканинній інженерії, пов'язок для ран з біологічно активними інкапсульованими сполуками [2]. Альгінат *A. vinelandii* може бути синтезований у промислових масштабах і надалі використовуватись як стабілізатор, загусник, гелеутворювач або плівкоутворюючий агент у харчовій та медичній промисловості. Витримування стерилізації, цитотоксичність та виживаність клітин – важливі характеристики матеріалу для медичних застосувань, які було перевірено для полі- β -гідроксибутирату з молекулярною масою 230 кДа (PHB230), одержаного за допомогою бактеріального синтезу з використанням мутантного штаму *A. vinelandii*. Результати показали, що людські клітини проліферували на плівках та волокнистих скаффолдах з PHB230 і життєздатність клітин була висока, а бактеріальний полімер не проявляв токсичності по відношенню до культури клітин HEK293 [3].

Для мікробного альгінату, отриманого при культивуванні штаму *A. vinelandii* ATCC 9046, виявлено здатність зв'язувати більшу кількість поліморфноядерної еластази і матричних металопротеїназ-2, а також протизапальних цитокінів (TNF- α (фактор некрозу пухлин) та IL-8 (інтерлейкін-8)), порівнюючи з пов'язками з морських альгінатів. Мікробні альгінатні пов'язки мають покращенні гелеутворюючі характеристики завдяки О-ацетилюванню мануронової кислоти – якості, яка може сприяти подальшому неспецифічному зв'язуванню патофізіологічних протеаз [4].

Ліофілізований продукт на основі сидерофорів з культури *A. vinelandii* є можливою альтернативою синтетичним хелатним залізним добривам для

екологічного запобігання хлорозу, спричиненого дефіцитом заліза, у рослин сої, вирощених на вапнякових ґрунтах [5].

В Інституті мікробіології НАН України розроблено і комерціалізовано бактеріальний препарат «Азогран» на основі високоефективних азотфіксуючих бактерій *A. vinelandii* В-7076 і фосфатмобілізувальних бактерій *B. subtilis* ІМВ В-7023, який покращує продуктивність культур рослин, сприяє їх забезпеченню основними елементами живлення і тривалішій роботі асиміляційного апарату [6].

Моделльний організм *A. vinelandii* АТТС 12837 виявився високотолерантним та ефективним у розкладанні хлорпірифосу (за концентрацій 500 мг/л) без накопичення токсичних вторинних метаболітів і має потенціал для покращення продуктивності сільськогосподарських рослин, які вирощуються на ґрунтах, забруднених пестицидами [7].

Для детальнішого вивчення *A. vinelandii* створюють метаболічні моделі в масштабі геному (М-моделі), які є математичними представленнями і містять інформацію про гени, реакції, метаболіти та їх з'єднання; можуть симулювати оптимальне проходження реакцій за різних умов, використовуючи експериментально визначені обмеження. М-модель *A. vinelandii* DJ (iDT1278) складається з 2003 метаболітів, 2469 реакцій та 1278 генів (близько 26% всіх анотованих кодуючих генів у геномі), містить всі реакції та гени, задіяні у фіксації азоту, біосинтезі РНВ та альгінату [8].

Здобуті знання будуть використані для подальшого напрацювання ідей щодо застосування *A. vinelandii* у сферах біотехнології та біомедицини.

Список використаної літератури:

1. Noar, J. D., Bruno-Bárcena, J. M. *Azotobacter vinelandii*: the source of 100 years of discoveries and many more to come. *Microbiology*. 2018. Vol. 164, No. 4. p. 421–436.
2. Lee, K. Y., Mooney, D. J. Alginate: properties and biomedical applications. *Progress in polymer science*. 2012. Vol. 37, No. 1. p. 106–126.
3. Romo-Urbe, A., Meneses-Acosta, A., Domínguez-Díaz, M. Viability of HEK 293 cells on poly- β -hydroxybutyrate (PHB) biosynthesized from a mutant *Azotobacter vinelandii* strain. *Cast film and electrospun scaffolds. Mat. Sci and Engineering: C*. 2017. Vol. 81. p. 236–246.
4. Fischer, M., Gebhard, F., Hammer, T., та ін. Microbial alginate dressings show improved binding capacity for pathophysiological factors in chronic wounds compared to commercial alginate dressings of marine origin. *J. of Biomat. Appl*. 2017. Vol. 31, No. 9. p. 1267–1276.
5. Ferreira, C. M. H., López-Rayó, S., Lucena, J. J., та ін. Evaluation of the Efficacy of Two New Biotechnological-Based Freeze-Dried Fertilizers for Sustainable Fe Deficiency Correction of Soybean Plants Grown in Calcareous Soils. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10, p. 173-181.
6. E.Ulzijjargal, I.O. Skorochod, I.K. Kurdish, A.A. Roy, Yu.P. Gorgo. Antioxidant action of a nanocomposite biological product Azogran on seeds development of different varieties of barley // *International Journal of Scientific and Research Publications-IJSRP*. 2020; Vol.10(4), p.154-158
7. Conde-Avila, V., Peña, C., Pérez-Armendáriz, B., та ін. Growth, respiratory activity and chlorpyrifos biodegradation in cultures of *Azotobacter vinelandii* ATCC 12837. *AMB Express*. 2021. Vol. 11, No. 1. C. 177.
8. Tec-Campos, D., Zuñiga, C., Passi, A., та ін. Modeling of nitrogen fixation and polymer production in the heterotrophic diazotroph *Azotobacter vinelandii* DJ. *Metabolic Engineering Communications*. 2020. Vol. 11. C. e00132.

ГЛИБИННЕ КУЛЬТИВУВАННЯ ШТАМУ *PSEUDOMONAS SYNKHANTHA* УКМ В-399 В ПЕРІОДИЧНОМУ ПРОЦЕСІ

Фарфоламеєва Д.О.¹, Ключко В.В.^{1,2},

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, farfolameieva.diana@iit.kpi.ua

² Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

Використання бактеріальних культур для розробки мікробних препаратів почалося ще у 50-х роках минулого століття і зараз набуло досить широкого вжитку. Основою для таких препаратів виступають ризосферні мікроорганізми, що відносяться до групи PGPR - “Plant Growth Promoting Rhizobacteria”. Дані організми характеризуються тим, що густо населяють прикореневу зону рослин та здатні до стимуляції росту останніх. Найбільш часто зустрічаються PGPR-штами серед родів *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Klebsiella* та ін. [1]. Особливої уваги заслуговують представники роду *Pseudomonas*, зокрема флуоресцентні псевдомонади, через їх здатність до синтезу широкого спектру сполук фітостимулювальної та антимікробної дії, до яких відносяться і такі гетероциклічні сполуки як феназини. Види *P. fluorescens* [2], *P. synxantha* [3], *P. corrugata* [4], *P. chlororaphis* [5], *P. protegens* [6] можуть використовуватися як біологічні агенти для створення мікробних препаратів.

Метою нашої роботи було дослідження процесу глибинного культивування штаму *P. synxantha* УКМ В-399.

Матеріали та методи. Штам *P. synxantha* УКМ В-399 відібрано методом скринінгу з Української колекції мікроорганізмів. Штам характеризувався високою антагоністичною активністю щодо широкого спектру фітопатогенних грибів і бактерій [7]. Для культивування використовувалося рідке поживне середовище Кінг Б №1 наступного складу (%): пептон – 2,0; K_2HPO_4 – 0,15; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,15; гліцерин – 1,0; дистильована вода – 1л. Вирощування проводили в колбах Ерленмейера об'ємом 750 мл на круговій качалці (220 об/хв) за температури $28 \pm 2^\circ C$ протягом 75 год. Ріст культури визначався за оптичною густиною фотокolorиметричним методом.

Результати та обговорення. Нами було встановлено, що процес розвитку *P. synxantha* УКМ В-399 в умовах глибинного культивування на качалках проходить приблизно за 65-68 год, після чого культура переходить в фазу відмирання. Також зазначимо, що активний ріст штаму припиняється після 39-40 год з переходом *P. synxantha* УКМ В-399 в стаціонарну фазу (рис.1). Отримані дані узгоджуються з результатами інших дослідників, де зазначається, що тривалість росту багатьох продуцентів антимікробних сполук складає 48-72 год [8].

Окремо виділимо здатність штаму *P. synxantha* УКМ В-399 в процесі свого культивування змінювати початковий колір

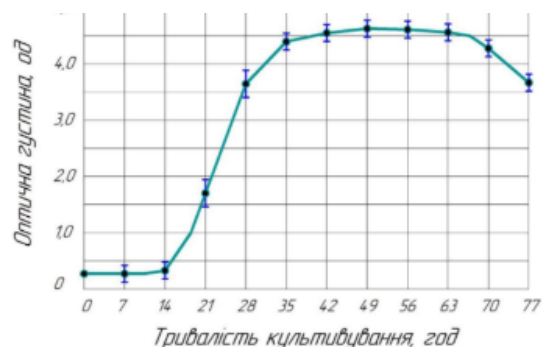


Рис. 1. Динаміка росту *P. synxantha* УКМ В-399 на середовищі Кінг Б

поживного середовища. Так, культуральна рідина в кінці процесу мала жовто-помаранчевий колір за кімнатного освітлення (рис. 2).

Це може бути пов'язано з синтезом похідних феназінів, включаючи їх окиснені форми. УФ-освітлення культуральної рідини надавало їй жовто-зеленого забарвлення. За даними літератури накопичення флуоресцентними псевдомонадами ряду сполук призводить до появи характерного забарвлення поживних середовищ.

За даний колір найчастіше відповідають піовердин, піохелін та комплекс Fe^{3+} з піовердином, що синтезуються штамми псевдомонад [9].

Висновки. За результатами проведених досліджень нами були визначені основні фази росту штаму *P. synxantha* УКМ В-399 в періодичному процесі глибинного культивування. Встановлено часові проміжки тривалості кожної окремої фази. Також була підтверджена наявність флуоресцентних пігментів у культуральній рідині, що є типовою ознакою для групи флуоресцентних псевдомонад, до яких відноситься і *P. synxantha* УКМ В-399. Отримані дані можуть стати основою біотехнологічної розробки мікробного препарату для використання його в сільському господарстві.

Список використаної літератури:

1. Kalita M, Bharadwaz M, Dey T, et al. Developing novel bacterial based bioformulation having PGPR properties for enhanced production of agricultural crops. *Indian Journal of Experimental Biology* 2015; **53**(1):56–60.
2. Mavrodi D V., Parejko JA, Mavrodi O V., et al. Recent insights into the diversity, frequency and ecological roles of phenazines in fluorescent *Pseudomonas* spp. *Environmental Microbiology* 2013; **15**(3):675–686.
3. Wechter WP, Begum D, Presting G, Kim JJ, Wing RA, Kluepfel DA. Physical mapping, BAC-end sequence analysis, and marker tagging of the soilborne nematicidal bacterium, *Pseudomonas synxantha* BG33R. *OMICS A Journal of Integrative Biology* 2002; **6**(1):11–21.
4. Ross IL, Alami Y, Harvey PR, Achouak W, Ryder MH. Genetic Diversity and Biological Control Activity of Novel Species of Closely Related *Pseudomonads* Isolated from Wheat Field Soils in South Australia. *Applied and Environmental Microbiology* 2000; **66**(4):1609–1616.
5. Raio A, Puopolo G. *Pseudomonas chlororaphis* metabolites as biocontrol promoters of plant health and improved crop yield. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 2021; **37**(6):99.
6. Ruiz JA, Bernar EM, Jung K. Production of Siderophores Increases Resistance to Fusaric Acid in *Pseudomonas protegens* Pf-5. Devireddy lax, ed. *PLOS ONE* 2015; **10**(1):e0117040.
7. Ключко ВВ, Зелена ЛБ, Чугунова КО, et al. Штам *Pseudomonas* sp. 2303 — активний антагоніст фітопатогенів та його антибіотичні властивості. *Доповіді Національної академії наук України* 2014; **10**:161–166.
8. Логинов ОН. *Бактерии Pseudomonas и Azotbacter как объекты сельскохозяйственной биотехнологии*. Москва: Наука; 2005.
9. Priska Sacherer, Défago G, Haas D. Extracellular protease and phospholipase C are controlled by the global regulatory gene *gacA* in the biocontrol strain *Pseudomonas fluorescens* CHA0. *FEMS Microbiology Letters* 1994; **116**(2):155–160.

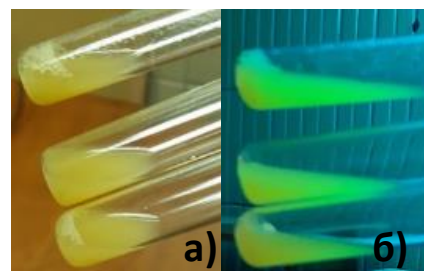


Рис. 2. Культуральна рідина за кімнатного (а) та УФ (б) освітлення

КЕФІРНИЙ ГРИБОК ЯК ДЖЕРЕЛО НОВИХ ПРОБІОТИКІВ

Хабленко А.Д., Яловенко О.І., Дуган О.М.

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, khablenko@gmail.com

Кефір – традиційний кисломолочний напій, споживання якого завжди вважалось корисним для здоров'я [1]. Слово «кефір» походить від турецького «кейф», що означає «гарне самопочуття». Кефір відрізняється від інших кисломолочних продуктів своєю природною закваскою у вигляді «зерен», яка отримала назву кефірного грибка або кефірних зерен (англ. kefir grains) [2].

Кефірний грибок – унікальна закваска, що є симбіотичною асоціацією мікроорганізмів [3]. На сьогодні досліджено велику кількість різних типів кефірного грибка, однак для всіх притаманний певний сталий мікробіологічний склад [4]. Так, для кефірного грибка притаманний наступний спектр мікроорганізмів: дріжджі (*Kluyveromyces*, *Candida*, *Saccharomyces* та *Pichia*), молочнокислі бактерії (родина *Lactobacillaceae*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus*), оцтовокислі бактерії (*Acetobacter*) та бактерії інших родів (*Bacillus*, *Escherichia*, *Bifidobacterium*) [4,5]. Також повідомлялось про присутність таких мікроорганізмів як *Torulaspora*, *Torula* та *Debaryomyces* [6].

Окрім мікроорганізмів кефірний грибок містить велику кількість полісахаридів, білків та ліпідів, що у свою чергу слугує матрицею розміщення для представленої мікробіоти [7].

Загалом, зважаючи на мікробіологічний склад кефірного грибка та на мікробіоту самого напою кефір вважається натуральним пробіотиком [7], а іноді і функціональним продуктом харчування [8]. Сьогодні пробіотики визначаються як «живі мікроорганізми, що при потраплянні в організм у адекватних кількостях надають сприятливий вплив на здоров'я споживача» [9].

Зважаючи на здавна відомі корисні для здоров'я властивості кефіру, кефірний грибок та окремі мікроорганізми симбіотичної асоціації стали об'єктами досліджень на пробіотичні властивості.

Зокрема були досліджені притаманні для кефірного грибка лактобактерії, *Lentilactobacillus kefir*, *Lactobacillus acidophilus* та *Lactiplantibacillus plantarum*. Визначено, що представлені мікроорганізми мають високі показники стійкості до кислого середовища, стійкість до жовчних кислот та високу адгезійну активність [11]. Окрім цього *Lentilactobacillus kefir* має здатність продукувати екзополісахарид кефіран, що демонструє протизапальні та імуностимулюючі властивості у експериментах з тваринами [7,12].

Значна кількість біомаси кефірного грибка – дріжджі родів *Kluyveromyces*, *Saccharomyces*, *Torulaspora*, *Candida* та *Pichia* [2]. Сьогодні відомо, що штам дріжджів *Saccharomyces boulardii*, який іноді виявляють у кефірних зернах, – широкоживаний пробіотик, з великою кількістю терапевтичних властивостей [13]. Окрім *S. boulardii* визначають інші штами дріжджів з потенційними пробіотичними властивостями. Зокрема це: *K. marxianus*, *K. lactis* та *S. cerevisiae* [14]. Визначається, що види, які наявні у кефірних зернах, а саме *K. marxianus* та

S. cerevisiae мають високі значення стійкості до кислотності та високу стійкість жовчних кислот [1,13]. Кефірні грибки також демонструють β -галактозидазну активність [5,10,15]. До інших важливих біологічних активностей дріжджів кефірного грибка відносять антимікробні властивості, зокрема проти *Salmonella enterica* [16] та *C. albicans* [6].

Дослідження мікробіоти кефірного грибка на пробіотичні властивості є досить перспективними, особливо враховуючи такі нові біологічні активності як імунomodуляція [17], вплив на метаболізм холестеролу та інгібування росту пухлин [8,15].

Список використаної літератури:

1. Diosma G. et al. Yeasts from kefir grains: isolation, identification, and probiotic characterization // World J. Microbiol. Biotechnol. 2014. Vol. 30, № 1. P. 43–53.
2. Kesenkaş H., Gürsoy O., Özbaş H. Kefir // Fermented Foods in Health and Disease Prevention. Elsevier, 2017. P. 339–361.
3. Azhar M.A., Munaim M.S.A. Isolation and Molecular Identification of Potential Probiotic Yeast Strains Found in Malaysian Kefir Drinks Samples // Int. J. Pharma Med. Biol. Sci. 2019. Vol. 8, № 4. P. 128–131.
4. Rosa D.D. et al. Milk kefir : nutritional, microbiological and health benefits // Nutr. Res. Rev. 2017. Vol. 30, № 1. P. 82–96.
5. Plessas S. et al. Microbiological Exploration of Different Types of Kefir Grains // Fermentation. 2016. Vol. 3, № 1. P. 1.
6. Silva K.R. et al. Antimicrobial Activity of Broth Fermented with Kefir Grains // Appl. Biochem. Biotechnol. 2009. Vol. 152, № 2. P. 316–325.
7. Shen Y. et al. Nutritional Effects and Antimicrobial Activity of Kefir (Grains) // J. Milk Sci. Biotechnol. 2018. Vol. 36, № 1. P. 1–13.
8. Turkmen N. Kefir as a Functional Dairy Product // Dairy in Human Health and Disease Across the Lifespan. Elsevier, 2017. P. 373–383.
9. FAO/WHO (2001) Joint FAO/WHO expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. Cordoba, Argentina 1–4 October 2001. Available at: <http://www.who.int/foodsafety>.
10. Akal H.C., Öztürkoğlu Budak Ş., Yetisemiyen A. Potential Probiotic Microorganisms in Kefir. 2018. P. 276–296.
11. Zheng Y. et al. Probiotic Properties of Lactobacillus Strains Isolated from Tibetan Kefir Grains // PLoS One / ed. Lobaccaro J.-M.A. 2013. Vol. 8, № 7. P. e69868.
12. Tan K.-X., Chamundeswari V.N., Loo S.C.J. Prospects of kefir as a food-derived biopolymer for agri-food and biomedical applications // RSC Adv. 2020. Vol. 10, № 42. P. 25339–25351.
13. Guluarte C. et al. Probiotic properties and fatty acid composition of the yeast *Kluyveromyces lactis* M3. In vivo immunomodulatory activities in gilthead seabream (*Sparus aurata*) // Fish Shellfish Immunol. 2019. Vol. 94. P. 389–397.
14. Staniszewski A., Kordowska-Wiater M. Probiotic and Potentially Probiotic Yeasts—Characteristics and Food Application // Foods. 2021. Vol. 10, № 6. P. 1306.
15. Farnworth E.R. Kefir: a complex probiotic // Food Sci. Technol. Bull. Funct. Foods. 2005. Vol. 2, № 1. P. 1–17.
16. Gut A.M. et al. Anti-salmonella properties of kefir yeast isolates: An in vitro screening for potential infection control // Saudi J. Biol. Sci. 2022. Vol. 29, № 1. P. 550–563.
17. Vinderola C.G. et al. Immunomodulating capacity of kefir // J. Dairy Res. 2005. Vol. 72, № 2. P. 195–202.



Секція 2.

МАГНІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ
В БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНІ.
БІОІНФОРМАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.
ЕКОЛОГІЧНА
БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОЕНЕРГЕТИКА.
ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ.



ВИЯВЛЕННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ ПРОДУЦЕНТІВ БІОГЕННИХ МАГНІТНИХ НАНОЧАСТИНОК СЕРЕД МІКРОГРИБІВ

Білобловська Д.О., Горобець С.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, biloblovskadiana@gmail.com

Починаючи з 1975 року, після виявлення біогенних магнітних наночастинок (БМН) у мікроорганізмів, досліджувались властивості прокаріотичних та еукаріотичних організмів та їх здатність до синтезу БМН. Проте, наявність БМН у грибів недостатньо вивчена попри потенційну здатність мікрогрибів до синтезу БМН. Тож метою даної роботи було виявити потенційних продуцентів БМН серед мікрогрибів відділу Актиноміцетів.

Вирівнювання білкових послідовностей здійснювали за допомогою програми BLAST аналогічно роботі [1], що дозволило в даній роботі визначити ступінь подібності амінокислотних послідовностей мікрогрибів відділу *Actinomyces* та білків без яких неможлива біомінералізація БМН у магнітотаксисної бактерії *Magnetospirillum gryphiswaldense* MSR-1, для якої генетичний процес біомінералізації БМН вивчено найбільш докладно. Ключовими показниками при вирівнюванні білкових послідовностей є:

E-value, що показує статистичну значимість вирівнювання ($E \leq 0.05$ – послідовності гомологічні);

Ident – показує кількість ідентичних амінокислотних залишків порівнюваних білків (значення більше 45% вказує на високу схожість структури і імовірність спільного походження);

Length – довжина вирівнювання (має бути довше за 100);

функції білків біомінералізації БМН у магнітотаксисної бактерії *Magnetospirillum gryphiswaldense* MSR-1 та представників мікрогриби відділу Аскоміцети.

В таблиця 1 наведено типові вирівнювання послідовностей білків, необхідних для біомінералізації БМН. При цьому необхідно відмітити, що практично всі мікрогриби відділу Аскоміцети, геноми яких розшифровано, є потенційними продуцентами БМН.

З результатів вирівнювання представників Аскоміцетів можна зробити висновок, що дослідженні представники відділу Аскоміцети є потенційними продуцентами зовнішньоклітинних кристалічних БМН відповідно до класифікації, проведеної в роботі [2].

Таблиця 1 Результати вирівнювань послідовностей білків біомінералізації БМН

Досліджуван ий організм, sequence ID	Повнот а геному	Назва білку					
		E-value					
		Ident, %					
		Length					
		Білки <i>Magnetospirillum gryphiswaldense</i> MSR-1					
		MamA	MamB	MamM	MamO	MamE	MamK
<i>Aspergillus flavus</i> AF70, KOC09412.1	Full	hypothetical protein AFLA70_4 4g003680	cation efflux family protein	cation efflux family protein	tryptophan synthase	hypothetical protein AFLA70_352g001 521	actin, gamma
		1e-07	2e-17	7e-14	0,57	0,68	0.013
		24%	27%	24%	28	27	25%
		155	300	306	141	74	175
<i>Penicillium rubens</i> <i>Wisconsin</i> 54- 1255	Full	Pc13g04030	Pc12g05740	Pc12g05740	Pc22g03240	Pc22g02430	gamma-actin act-Penicillium chrysogenum
		8e-10	3e-22	3e-12	1,2	0,42	0,005
		23	26	24	28	38	30
		154	318	327	122	50	69
<i>Trichoderma virens</i> Gv29-8	Full	hypothetical protein TRIVIDRA FT_88351	hypothetical protein TRIVID RAFT_1 17609, partial	hypothetical protein TRIVID RAFT_1 17609, partial	non-ribosomal peptide synthetase	hypothetical protein TRIVID RAFT_2 01746	hypothetical protein TRIVIDRA FT_1854 56
		4e-09	1e-12	3e-08	0,21	0,88	0.008
		28%	25%	25%	23	29	25%
		165	227	240	142	58	175

Список використаної літератури:

1. Dekker Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, 3rd ed. Taylor & Francis, 2014, pp. 300–306
2. O.Yu. Gorobets, S.V. Gorobets, L.V. Sorokina Biomineralization and synthesis of biogenic magnetic nanoparticles and magnetosensitive inclusions in microorganisms and fungi // Functional Materials. – 2014. – No4. – P. 15-21.

ВИКОРИСТАННЯ КОСУБСТРАТИВ ПРИ КОМПОСТУВАННІ ТПВ**Буткова П.В.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, ometof43@gmail.com**

Питання пробики відходів для України стоїть дуже гостро, оскільки зараз більшість побутових відходів, що утворюються, підлягають захороненню навіть без попереднього розділення на фракції, що призводить до низки негативних ефектів для довкілля та марнування енергетичного потенціалу цих відходів. Вже відомо багато методів переробки твердих побутових відходів (ТПВ), а саме: спалювання, компостування, піроліз, газифікація, коферментація та інші [1]. Ці методи використовують різні компоненти ТПВ і дозволяють отримати продукти різного призначення. З точки зору утилізації з отриманням корисних продуктів чи не найціннішою є органічна складова. З усіх утворених ТПВ 40-50% піддаються компостуванню [2]. Наприклад, для м. Житомир встановлено, що фракція, що піддається компостуванню становить 31-34 % від загальної кількості ТПВ, що дорівнює в кг/(люд. рік): харчових відходів – 50; деревини, листя – 14, при співвідношенні C:N = 19:1 [4].

Серед перелічених методів, одним із технологічно найпростіших методів переробки органічної фракції ТПВ є компостування. Час проходження процесу варіюється від 21 дня до 18 місяців і залежить від кліматичних умов та методу компостування [3]. Через велику тривалість процесу компостування існує потреба в його прискоренні та покращенні властивостей отриманого компосту. Тому метою роботи є аналіз косубстратів, які використовують для прискорення компостування та покращення властивостей компосту.

Склад ТПВ залежить від джерел їх отримання. Разом з органічними відходами від життєдіяльності людей є також відходи виробництв. Відходи целюлози, жиру, молочних продуктів, все це впливає на кінцевий склад ТПВ. Стандартні ТПВ, що надходять на звалища, мають високий вміст нітрогену, тому необхідно додавати речовини, для вирівнювання співвідношення C:N [5].

Мікробіологічні процеси, при яких утворюється компост, проходять у широкому діапазоні реакції середовища від рН 5,5 до рН 7,6, але процеси нітрифікації активніше проходять, якщо реакція середовища - рН 6,8-7,3 [5].

Косубстратами називаються речовини, які додаються до основного субстрату для інтенсифікації процесу біорозкладання. Без додавання косубстратів та при температурі навколишнього середовища +20°C, компостування триває 4-6 місяців [6]. В результаті отримуємо компост з стандартним складом (Таб. 1). Інтенсифікація процесу біорозкладання, зменшення тривалості процесу та підвищення якості та цінності добрив забезпечується завдяки кільком властивостям косубстрату: наявності у косубстратах додаткової кількості мікроорганізмів, які беруть участь у біорозкладанні субстрату (зокрема у дріжджових екстрактах, гної, надлишковому активному мулі), зміни співвідношення C:N до оптимального для компостування значення, зміни рН, зміни структури субстрату, яка може забезпечувати кращу проникність повітря в товщу субстрату, що компостується, тощо. Косубстратом можуть слугувати дріжджі з цукром, що скорочує процес з шести місяців до трьох, рН при цьому залишається 7,1, N = 2%, а вміст

органічних речовин 75%. Також як косубстрат можна використовувати суміш шкірки фруктів та овочів (за виключенням цитрусових) та залишки молочних продуктів. З такими добавками отримується компост з рН 7,8, N = 2% та вмістом органічних речовин 74% і триває три місяці. Ці два косубстрати доцільно використовувати на підприємствах з виробництва компосту невеликої продуктивності [7].

Таблиця 1 – Стандартний склад компосту, що утворюється [5]

Органічна речовина на суху масу, %, не менше	40	Вміст, % не більше	
N на суху масу, %, не менше	0,7	Частинок скла розміром 3-5 мм,	1,5
P ₂ O ₅ на суху масу, %, не менше	0,5	Полімерних матеріалів	0,1
K ₂ O на суху масу, %, не менше	0,3	Інших баластових включень (камені, метал, гума)	2
C:N, не більше	30		
Розмір часток компосту, мм, не більше	25	Реакція середовища (рН сольової витяжки), не менше	6

Для промислових масштабів, як косубстрати, використовують гній, послід, стружку, солому, надлишковий активний мул та інше. Ці косубстрати використовують для вирівнювання значення рН та співвідношення C:N. За стандартним вмістом цих елементів, вираховується потрібна кількість субстрату та косубстрату, які потрібно змішати, для отримання необхідного співвідношення. Це сприяє проходженню самого процесу, збільшує кількість компосту та інше. Можливе також їх комбінування, що також підвищує вихід компосту. Наприклад при використанні тільки посліду, як косубстрату, утворюється 0,5 т/га, а при використанні посліду і з соломом – 0,6 т/га [8].

Отже, використання косубстратів є перспективним напрямком дослідження для підвищення ефективності процесу компостування органічної фракції ТПВ. При дотриманні повних умов компостування, співвідношення C:N, аеробного або анаеробного процесів, чистоті ТПВ, можна отримувати компост різного складу та інші продукти такі як метан, органічні кислоти, сірководень та інші сполуки і компоненти.

Список використаної літератури:

1. Охріменко, О. та ін.. Методи переробки твердих побутових відходів. *Таврійський науковий вісник*, 2018, 101: 214-219.
2. Сторощук, У. З.; Мальований, М. С.; Тимчук, І. С. Переробка органічної складової твердих побутових відходів методом компостування. – *Львів : ТзОВ "ЗУКЦ" 2020*, 470.
3. Бялковска, Н. Г., Боголюбов, В. М. Проблеми поводження з твердими побутовими побутовими відходами в сільській місцевості. – *Київ: НАУ*, 2005, 367.
4. Коцюба І. Г. Дослідження сезонної зміни морфологічного складу твердих побутових відходів міста Житомира. *Серія Технічні науки*, 2016, 3.75.
5. Bolognesi S. et al. Bioelectrochemical treatment of municipal solid waste landfill mature leachate and dairy wastewater as co-substrates. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, 28.19: 24639-24649.
6. Гаценко М. В. Компостування органічної речовини. Мікробіологічні аспекти. 2014.
7. Брич К., Василенко І. Розробка ефективної рецептури дозрівання компосту. *Молодий вчений*, 2020, 4 (80): 217-220.
- Скрильник Є., Баланс гумусу в чорноземі опідзоленому важкосуглинковому під впливом курячого посліду і компостів на його основ. *Вісник аграрної науки*, 2020, 98.4: 21-27.

ВИКОРИСТАННЯ ДИФУЗОРІВ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ

Вдовиченко А. А.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, avecobt@gmail.com

Утилізація газових викидів з кожним днем стає все більш актуальною, з огляду на постійне зростання забруднення атмосфери внаслідок дії антропогенних факторів. Тому використання мікроводоростей для знешкодження шкідливих речовин і отримання біомаси набуває все більшої популярності.

Для прогресивного росту і розвитку мікроводоростей *Chlorella vulgaris* в процесі утилізації ними газових викидів необхідно використовувати раціональні концентрації діоксиду вуглецю. В разі перевищення порогового рівня CO_2 відбуватиметься токсичний вплив на клітини за рахунок закиснення культурального середовища, а неспожитий газ повертатиметься в атмосферу. В разі нестачі – приріст біомаси буде уповільнюватись.

Швидкість поглинання CO_2 клітинами мікроводоростей залежить від: швидкості аерації, концентрації газів, спектру та інтенсивності освітлення, щільності клітин, рН, температури, фотоперіоду, типу, розміру і поверхневої площі реактора, вмісту поживних речовин, часу перебування газу в середовищі, часу змішування та балансу $\text{CO}_2 - \text{O}_2$ [1]. Тому необхідно враховувати ці параметри для ефективної утилізації газових викидів.

Метою роботи була інтенсифікація приросту біомаси шляхом пошуку оптимальних параметрів дифузора для розпилювання вуглекислого газу в культуральному середовищі. Для цього розглядалось використання дифузорів з різною кількістю отворів з n (14, 18, 22, 45, 60 шт.) та діаметром d (0,11, 0,12, 0,15, 0,2, 0,25, 0,35, 0,45 мм) при розпилюванні CO_2 для його біосеквестрації в процесі вирощування мікроводоростей. Контролем служив акваріумний дифузор ($D = 2$ см, $d = 0,05\text{-}0,1$ мм).

Найбільш ефективним для насичення середовища вуглекислим газом виявився зразок $n / d = 14 / 0,12$ мм, де концентрація вуглекислого газу за 5 хв. барботування сягнула 0,59 г/л. За той же час контрольний зразок та зразок $n / d = 18 / 0,11$ мм досягли значень 0,46 – 0,47 г/л, а решта зразків варіювались в межах 0,34-0,39 г/л. При цьому, рН протягом 9 діб зростало від 4,9 до 6,3 в усіх зразках. Приріст біомаси при одноразовому насиченні вуглекислим газом був найвищий в зразку з параметрами дифузора $n / d = 14 / 0,12$ мм.

Використання дифузора з визначеними оптимальними параметрами, в сукупності з встановленими режимами подачі газів, дозволить раціонально використовувати газові викиди та ефективно їх утилізувати. Крім того, це забезпечить стабільний приріст біомаси мікроводоростей для подальшого використання в різних галузях промисловості.

Список використаної літератури:

1. Thomas, D. M., Mechery, J., Paulose, S. V. Carbon dioxide capture strategies from flue gas using microalgae: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* (2018) 23 (17), 16926–16940.

УДК: 544.72:547.96.

ГЕНЕТИЧНО ЗАПРОГРАМОВАНА БІОМІНЕРАЛІЗАЦІЯ БІОГЕННИХ МАГНІТНИХ НАНОЧАСТИНОК В МЕЗЕНХІМАЛЬНИХ СТОВБУРОВИХ КЛІТИНАХ

**Горобець О.Ю., Горобець С.В., Герасименко Д.Ю.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, gorobetssv@gmail.com**

Біомінералізація БМН генетично запрограмована в магнітотаксисних бактеріях (МТБ) [1]. Більшість білків, які беруть участь у біомінералізації БМН в МТБ, кодується в магнітосомному островці (МО) і є проявом генів магнітосомного островця [1]. До цих білків належать білки MamA, MamB, MamM, MamE, MamO, без яких неможливий процес біомінералізації БМН в МТБ. Це означає, що білки MamA, MamB, MamM, MamE, MamO утворюють набір незамінних білків для біомінералізації БМН в МТБ. Інші білки МО МТБ належать до регуляторних білків, які відповідають за контроль форми, розміру, кількості БМН в клітині, утворення магнітосомних везикул та формування ланцюжків БМН [2]. Білки-гомологи до всіх незамінних білків для біомінералізації БМН в МТБ були знайдені біоінформаційними методами в протеомі людини [3], а пізніше в протеомах тварин, рослин, грибів та інших багатоклітинних і в ряді одноклітинних немагнітотаксисних організмів з магніточутливими включеннями [4,5]. За результатами дослідження білки гомологи до незамінних білків для біомінералізації БМН в МТБ експресуються в усіх органах і тканинах людини [4]. Численні експериментальні дані щодо виявлення БМН в аналогічних і гомологічних органах організмів різних філогенетичних груп свідчать про існування теоретично передбаченого єдиного генетично запрограмованого механізму біосинтезу БМН у багатоклітинних і ряду одноклітинних організмів [3,4]. Результати роботи [6] підтверджують наявність генетично запрограмованого механізму біосинтезу БМН в стовбурових клітинах людини. Так, у роботі [6] здійснювали спостереження за довготривалими трансформаціями штучних магнітних наночастинок, введених в культуру стовбурових клітин людини, і продемонстровано механізм їх асиміляції. Справді, наночастинок спочатку розкладаються стовбуровими клітинами, а потім нові магнітні наночастинок синтезуються *in situ* з вивільненого заліза. Спочатку штучні магнітні наночастинок розкладаються стовбуровими клітинами і це супроводжується зменшенням намагніченості культури клітин, а через певний час намагніченість знову збільшується (тобто практично відновлюється), що автори роботи пояснюють процесом генетично запрограмованого біосинтезу БМН. Робота [6] також дає прямий експериментальний доказ того, що магнітні наночастинок можуть бути синтезовані клітинами людини. При цьому відновлення намагніченості відбувається в мезенхімальних стовбурових клітинах та в клітинах, які

диференційовані в остеобласти (клітини кісток), міоцити (м'язові клітини) та адипоцити (жирові клітини, які утворюють кістково-жирову тканину). Але відновлення намагніченості, а відповідно і синтез БМН не спостерігався в хондроцитах (хрящових клітинах). При цьому в остеобластах, міоцитах та адипоцитах підвищується експресія білка PEX5, який є гомологом білка MO MTB mamA в процесі відновлення біосинтезу БМН. В той час як в хондроцитах не відбувається підвищення рівня експресії цього білка. Цей результат узгоджується з результатами робіт [4,7], в яких показано, що біомінералізація БМН відбувається в органах і тканинах людини, а саме в стінках капілярів. З цієї точки зору відсутність процесу біосинтезу БМН в хондроцитах можна пояснити відсутність капілярів в хрящовій тканині.

Цей результат є важливим тому, що за останні два десятиліття спостерігається експоненційне збільшення кількості доклінічних досліджень із застосуванням магнітних наночастинок для лікування на основі стовбурових клітин, а також БМН є маркерами нейродегенеративних та онкологічних захворювань.

Список використаної літератури:

1. S. Schubbe, C. Wurdemann, J. Peplies, U. Heyen, C. Wawer, F. O. Gluckner, and D. Schuler, *Transcriptional Organization and Regulation of Magnetosome Operons in Magnetospirillum Gryphiswaldense*, Appl. Environ. Microbiol. **72**, 5757 (2006).
2. A. Lohße, S. Ullrich, E. Katzmann, S. Borg, G. Wanner, M. Richter, B. Voigt, T. Schweder, and D. Schüler, *Functional Analysis of the Magnetosome Island in Magnetospirillum Gryphiswaldense: The MamAB Operon Is Sufficient for Magnetite Biomineralization*, PLoS One **6**, e25561 (2011).
3. O. Y. Gorobets, S. V. Gorobets, and Y. I. Gorobets, *Biogenic Magnetic Nanoparticles. Biomineralization in Prokaryotes and Eukaryotes*, in *In Dekker Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, Third Edition*. CRC Press: New York (2014), pp. 300–308.
4. S. V. Gorobets, O. V. Medvediev, O. Y. Gorobets, and A. Ivanchenko, *Biogenic Magnetic Nanoparticles in Human Organs and Tissues*, Prog. Biophys. Mol. Biol. **135**, (2018).
5. O. Y. Gorobets, S. V. Gorobets, and L. V. Sorokina, *Biomineralization and Synthesis of Biogenic Magnetic Nanoparticles and Magnetosensitive Inclusions in Microorganisms and Fungi*, Funct. Mater. **21**, (2014).
6. A. Van de Walle, A. Plan Sangnier, A. Abou-Hassan, A. Curcio, M. Hémadi, N. Menguy, Y. Lalatonne, N. Luciani, and C. Wilhelm, *Biosynthesis of Magnetic Nanoparticles from Nano-Degradation Products Revealed in Human Stem Cells*, Proc. Natl. Acad. Sci. **116**, 4044 (2019).
7. S. Gorobets, O. Gorobets, Y. Gorobets, and M. Bulaievska, *Chain-Like Structures of Biogenic and Nonbiogenic Magnetic Nanoparticles in Vascular Tissues*, Bioelectromagnetics **43**, 119 (2022).

МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ МАГНІТНИХ НАНОЧАСТИНОК

Горобець О.Ю., Ковальова С.О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Svitlayak@gmail.com

Наночастинки (НЧ) – це субмікронні фрагменти з діаметром від 1 до 100 нм, виготовлені з неорганічних або органічних матеріалів, які мають багато важливих властивостей у порівнянні з об'ємними матеріалами [1]. Магнітні наночастинки (МНЧ) мають унікальні фізико-хімічні властивості, зокрема малий розмір, суперпарамагнетизм, низьку токсичність, біосумісність, хімічну стабільність, велике відношення поверхні до об'єму і відповідно високу поверхневу енергію. Найбільш широко вивчаються та застосовуються магнітні наночастинки Fe (магнетит, магеміт, вюстит), Ti, Zn, Co, Ni, Ag, Au [2].

Актуальним науковим спрямування останніх років є удосконалення відомих та пошук нових методів отримання магнітних МНЧ. Головною задачею у нових та вдосконалених методах синтезу є отримання гомогенних за розмірами, стабільних наночастинок контрольованої геометричної форми [3].

Загалом існуючі методи отримання МНЧ можна поділити на фізичний хімічний та біологічний синтез. До фізичних методів відносять метод механічного кулькового подрібнення, метод лазерного випаровування та електровибух (метод вибуху дроту) [4].

Найуживанішими методами синтезу є хімічні, зокрема широкого застосування знайшов метод співосадження. В його основі лежить хімічна реакція співосадження з водних розчинів оксидів двох- та трьохвалентного заліза з їх солей шляхом додавання луку в інертній атмосфері при кімнатній або при високій температурі [5]. Також до хімічних методів відносяться термічне розкладання, мікроемульсійний синтез, гідротермальний синтез та золь-гель метод. Альтернативним сучасним підходом до отримання МНЧ є метод біологічного (зеленого) синтезу. Суть методу полягає в використанні живих організмів для синтезу МНЧ.

Для біологічного синтезу використовують різноманітні живі організми, такі як рослини, вищі гриби та мікроорганізми (гриби, дріжджі, віруси, бактерії). Цим методом можна отримувати МНЧ контрольованих розміру та форми, окрім того вони є біосумісними та придатними для застосування в біомедичній галузі. Перевагами цього методу є його ефективність, екологічність та чистота процесу. Однак механізм утворення МНЧ за допомогою мікроорганізмів і рослин недостатньо вивчений. На сьогодні запропоновано три механізми біологічного синтезу – активність нітрат редуктази, перенос електронів хінонів та змішаний механізм [6].

Найчастіше у біологічному синтезі в якості продуцентів МНЧ використовують магнітотаксисні бактерії (МТБ), але зважаючи на складність створення умов для їх культивування, вирощувати МТБ в лабораторних чи промислових умовах важко [7]. Тому для біологічного синтезу МНЧ також можуть бути використані інші різноманітні організми, які мають генетично

запрограмований процес біомінералізації. Водночас були знайдені способи для збільшення природних феромагнітних властивостей живих організмів, до яких відносяться вирощування в зовнішньому магнітному полі або на модифікованому поживному середовищі чи шляхом комбінації цих двох методів [8]. МНЧ знайшли широке застосування в різноманітних галузях, зокрема використовуються для: магнітомічення сорбентів та біосорбентів, очищення стічних вод, у магнітно-рідинній гіпертермії, тканинній інженерії, магнітній сепарації біологічних об'єктів, для виробництва наносенсорів, магнітній діагностиці, в якості нанодобрив в сільському господарстві, для ремедіації ґрунтів, цілеспрямованій векторній доставці ліків та генів, в таргетній медицині, тощо [3]. Векторна доставка, застосовується для цілеспрямованої доставки лікарських засобів, що використовується для лікування різноманітних хвороб людей та тварин. Водночас властивості наночастинок дозволяють накопичувати і спрямовувати їх до певних ділянок з наступним вивільненням необхідного агента для обробки рослин. МНЧ можна також використовувати для систематичної адресної доставки регуляторів росту, добрив, гербіцидів, пестицидів для рослин [9].

Отже, методи отримання МНЧ – актуальна сфера досліджень, оскільки МНЧ знайшли своє застосування в різноманітних галузях. Великий інтерес у дослідників викликає метод біологічного синтезу МНЧ, оскільки він дозволяє отримати біосумісні наночастинки, контрольованої форми та розміру. Технологію векторної доставки, з використанням МНЧ, можна застосовувати не тільки для лікування людей та тварин, але і для обробки рослин.

Список використаної літератури:

1. Wu, W., He, Q., and Jiang, C. (2008). Magnetic Iron Oxide Nanoparticles: Synthesis and Surface Functionalization Strategies. *Nanoscale Res. Lett.* 3, 397–415.
2. Shabatina, T. I., Vernaya, O. I., Shabatin, V. P., & Melnikov, M. Y. (2020). Magnetic Nanoparticles for Biomedical Purposes: Modern Trends and Prospects. *Magnetochemistry*, 2020. 6(3), 30.
3. Nosrati, H., Salehiabar, M., Davaran, S., Ramazani, A., Manjili, H. K., and Danafar, H. (2017). New Advances Strategies for Surface Functionalization of Iron Oxide Magnetic Nano Particles (IONPs). *Res. Chem. Intermed.* 43
4. Ali A, Review on Recent Progress in Magnetic Nanoparticles: Synthesis, Characterization, and Diverse Appl. *Front Chem.* 2021.
5. Chaudhary, Varun & Chaudhary, Richa. (2018). Magnetic Nanoparticles: Synthesis, Functionalization, and Applications.
6. Gahlawat, Geeta & Roy Choudhury, Anirban. (2019). A review on the biosynthesis of metal and metal salt nanoparticles by microbes. *RSC Advances*. 9.
7. Kuzajewska D, Wszolek A, Żwierzeło W, Kirczuk L, Maruszewska A. Magnetotactic Bacteria and Magnetosomes as Smart Drug Delivery Systems: A New Weapon on the Battlefield with Cancer?. *Biology (Basel)*. 2020;9(5):102.
8. Gorobets S. Control of magnetic susceptibility of probiotic strain *Lactobacillus Rhamnosus* GG / S. Gorobets, O. Gorobets, L. Kuzminykh. // *arXiv*. – 2022. – С. 1–7.
9. Spanos A, Athanasiou K, Ioannou A, Fotopoulos V, Krasia-Christoforou T. Functionalized Magnetic Nanomaterials in Agricultural Applications. *Nanomaterials (Basel)*. 2021 Nov 18;11(11):3106.

**МАГНІТНА ГІПЕРТЕРМІЯ *SACCHAROMYCES BOULARDII* CNCM I-745
ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ВЕКТОРНІЙ ДОСТАВЦІ**

Горобець С.В., Кузьмініх Л.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, gorobetssv@gmail.com, l.kuzminykh-2022@kpi.ua

Останнім часом досліджують способи знешкодження патогенних мікроорганізмів магнітною гіпертермією (МГТ) [1–4]. Також інтерес становить використання МГТ у комплексі із адресною доставкою ліків [5].

Одними із найбільш досліджуваних штамів є *S. boulardii* CNCM I-745 та *S. cerevisiae* HANSEN CBS 5926, що використовується у пробіотичному препараті Ентерол для профілактики та у комплексному лікуванні гострого гастроентериту та антибіотико-асоційованої діареї [6]. *S. boulardii* використовували як вектор доставки ліків при лікуванні виразкового коліту [7]. Окремі штами *S. cerevisiae* синтезують магніточутливі сполуки, тобто біогенні магнітні наночастинки (БМН) [8]. БМН активно досліджують як вектори для діагностики, для доставки ліків [9], для дослідження пухлин [10]. Для збільшення кількості БМН мікроорганізмами використовують різні способи модифікації середовищ, зокрема додають солі чи хелати заліза, а також впливають постійним магнітним полем (ПМП) під час культивування [11].

Знешкодження МГТ *S. boulardii* CNCM I-745 проводили із двома зразками: вирощеними за стандартних умов (*S. boulardii* к.) та вирощених із підсиленням природних магнітокерованих властивостей за допомогою хелату заліза та ПМП (Sb+Fe+M). Для збільшення природної магнітної сприйнятливості дріжджів до агаризованого середовища додавали хелат заліза в концентрації 64 мг/л і культивували у ПМП. МГТ *S. boulardii* проводили *in vitro* протягом 1 год, використовуючи змінне магнітне поле (ЗМП) частотою 160 кГц та напруженістю 100 Е. Для створення ефекту магнітної гіпертермії до дріжджової суспензії додавали магнітну рідину (МР) в концентрації 0,1 мл/мг. Суспензію готували, використовуючи стерильні фізіологічні розчини глюкози 5% та розчину натрію хлориду 0,9% у пропорції 1:1, у суспензію вносили певну кількість дріжджів.

Проводили серію контрольних дослідів, щоб пересвідчитись, що отримані результати не були випадковими. Контрольні досліди полягали у дослідженні ефектів впливу на дріжджову суспензію ЗМП без МР; впливу температури при МГТ без ЗМП із МР та без МР; впливу експозиції дріжджів при кімнатній температурі без МР та з МР. Також перед початком експозиції дріжджову суспензію перевіряли на життєздатність. При цьому досліджували 2 варіанти суспензії – з додаванням МР та без МР. Ефективність МГТ оцінювали мікроскопічним методом: підрахунком у полі зору мертвих та живих дріжджових клітин. Суспензію розводили та забарвлювали трипановим синім 0,06% безпосередньо перед мікроскопією у співвідношенні суспензія : барвник як 1:1. Для внесення у рахункову камеру відбирали 5 мкл суспензії та 5 мкл барвника. Щоб результати не були хибними – протягом 10 хв із моменту забарвлення робили серію фотографій забарвлених клітин дріжджів під мікроскопом при

збільшенні у 600 разів. При цьому отримували 20-30 фотографій та пізніше обраховували відсоток знешкоджених клітин.

Ефективність знешкодження МГТ *S. boulardii* к. – 22 %, а *S. Boulardii* + Fe + М – 32%. Отже, можна зробити висновок, що ефективність знешкодження дріжджів зі збільшеною магнітною сприйнятливістю зростає порівняно із тими, що вирощували без додавання хелату заліза та дії ПМП. Це може бути корисним при розробці векторів для доставки ліків для подвійної дії – лікувальної гіпертермії та таргетної терапії.

Список використаної літератури:

1. Chen C. et al. Killing of *Staphylococcus aureus* via Magnetic Hyperthermia Mediated by Magnetotactic Bacteria // *Appl. Environ. Microbiol.* / ed. Elkins C.A. 2016. Vol. 82, № 7. P. 2219–2226.
2. Banobre-Lopez M. et al. Control of Bacterial Cells Growths by Magnetic Hyperthermia // *IEEE Trans. Magn.* 2013. Vol. 49, № 7. P. 3508–3511.
3. Singh S., Barick K.C., Bahadur D. Inactivation of bacterial pathogens under magnetic hyperthermia using Fe₃O₄–ZnO nanocomposite // *Powder Technol.* 2015. Vol. 269. P. 513–519.
4. Gorobets S. et al. Магнітна гіпертермія мікроорганізмів з природними феримагнітними властивостями // *Proc. Natl. Aviat. Univ.* 2019. Vol. 79, № 2. P. 76–84.
5. Fang C.-H. et al. Magnetic hyperthermia enhance the treatment efficacy of peri-implant osteomyelitis // *BMC Infect. Dis.* 2017. Vol. 17, № 1. P. 516.
6. Dinleyici E.C. et al. *Saccharomyces boulardii* CNCM I-745 in different clinical conditions // *Expert Opin. Biol. Ther.* 2014. Vol. 14, № 11. P. 1593–1609.
7. Singh A., Mandal U.K., Narang R.K. Development and characterization of enteric coated pectin pellets containing mesalamine and *Saccharomyces boulardii* for specific inflamed colon: In vitro and in vivo evaluation // *J. Drug Deliv. Sci. Technol.* 2021. Vol. 62. P. 102393.
8. Vainshtein M. et al. Synthesis of magneto-sensitive iron-containing nanoparticles by yeasts // *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2014. Vol. 41, № 4. P. 657–663.
9. Чехун В.Ф. et al. Магнітні наноструктури в пухлинних клітинах (Застосування методів скануючої зондової мікроскопії для дослідження структурної організації магніточутливої фази в пухлинних клітинах карциноми Ерліха) // *Вісник НАН України.* 2011. Vol. 11. P. 13–20.
10. Gorobets O., Gorobets S., Koralewski M. Physiological origin of biogenic magnetic nanoparticles in health and disease: from bacteria to humans // *Int. J. Nanomedicine.* 2017. Vol. Volume 12. P. 4371–4395.
11. Vainshtein M. et al. Synthesis of magneto-sensitive iron-containing nanoparticles by yeasts // *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2014. Vol. 41, № 4. P. 657–663.

**ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ
ТА ПРОЄКТУВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД****Гриневич А.О., Саблій Л.А.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, abarabaha@gmail.com**

З моменту відкриття властивостей активного мулу на початку 20 сторіччя, одним із найбільш актуальних питань поставало створення динамічної моделі мулу, за допомогою якої можна було б досліджувати біологічні процеси, та вплив на них зміни показників стічної води. Протягом наступних років було створено групу математичних моделей ASM (Activated sludge model), що включали в себе узагальнення усіх попередніх досліджень у цій сфері. Такі моделі описували прогнозування приросту мулу, споживання кисню, ефективність видалення сполук азоту, фосфору, та дозволяли визначити кінетику біологічних процесів при змінних параметрах, таких як, наприклад: температура, рН, аерація, тощо[1].

Метою даної роботи є проведення аналізу сучасних моделей активного мулу та платформ, створених на їх основі, визначення задач, які вони виконують, та сфери їх практичного застосування.

Практичного застосування у біотехнологіях такі моделі набули після їх реалізації у якості комп'ютерного програмного забезпечення, у якості платформ моделювання. Найбільш відомі сучасні платформи: ASIM, BioWin, GPS-X, SIMBA, STOAT та WEST [2].

Їх застосування охоплює багато різних сфер, наприклад: оптимізація процесу очищення, що включає в себе підбір параметрів, задля зниження витрат на обслуговування або підвищення ефективності процесу; при розробці проєкту розширення та покращення існуючих очисних систем, задля прогнозування ефекту від внесених змін; розробка нових очисних споруд або методів очищення стічних вод. Оптимізація існуючих об'єктів та розробка нових проєктів – сфери, у яких дані моделі дозволяють вирішити більшість основних задач.

Отримавши основні параметри: фізико-хімічні параметри стоків та очищеної стічної води, розміри та характеристики очисних споруд, характеристику активного мулу працюючого підприємства, за застосування таких платформ можливо скоригувати зміну швидкості потоку, розмір рециркуляції, навантаження на об'єкти, витрату повітря, тривалість перебування у споруді, дозування реагентів, і, як результат, зменшити експлуатаційні витрати, та досягти необхідних кінцевих показників стічної води, без необхідності проводити зміни у конструкції споруди або додавання нових очисних споруд, тим самим знижуючи необхідність у нових грошових інвестиціях у проєкт. Аналогічно, використання комп'ютерних симуляцій дозволяє визначити ефект від введення у технологію нового процесу, або заміну одної із ланок, та підібрати необхідні параметри даного процесу, одночасно провівши такий аналіз різних технологій, які можуть бути впроваджені для можливості порівняння [2, 4].

При проєктуванні нової очисної споруди, основна роль таких комп'ютерних моделей полягає у спрощенні розрахунку основних параметрів об'єкту. Окрім

того, використовуючи такі платформи, можна порівняти альтернативні технології очистки, оцінити вплив можливих змін параметрів стічної води, включаючи нерівномірність витрат, на роботу споруди, та визначити прогнозовану ефективність такого процесу [2].

Прикладом доцільності практичної реалізації може слугувати дослідження [3], в якому було проведено калібрування комп'ютерної моделі на платформі GPS-X, на базі моделі активного мулу Mantis2 та ASM2d, використовуючи параметри очисної споруди “Wschód”, Польща. У результаті роботи було визначено, що при достатньому калібруванні моделі, отримана оцінка потужності та ефективності процесу, цілком відповідає параметрам реального об'єкту, тим самим, доводячи доцільність застосування комп'ютерних симуляцій для прогнозування енергетичного балансу існуючих об'єктів, включаючи порівняння ефективності різних стратегій очистки стічних вод для видалення сполук азоту та фосфору.

Іншим прикладом практичної реалізації є дослідження [4] вчених університету Александрії, метою якого було розроблення трьох різних конфігурацій очисних станцій біологічного очищення, включаючи очищення в аеротенку, поглиблене видалення азоту біологічним методом в процесі А/О, та використання іммобілізованих мікроорганізмів. Дослідження проводили в два етапи – розробка та розрахунок технологій та їх верифікація за використання платформи GPS-X. Як підсумок роботи, авторами зазначено, що використання даного інструменту спрощує проектування очисних станцій, допомагаючи визначити продуктивність очисних споруд в різних умовах, провести порівняння різних методів очистки та загального розуміння впливу різноманітних факторів у кожному конкретному випадку.

Підводячи підсумок, варто зазначити, що використання моделей активного мулу у вигляді комп'ютерного програмного забезпечення дозволяє спростити вирішення багатьох питань, що виникають у процесі проектування біотехнологій очищення стічних вод, вирішуючи задачі оптимізації, розробки та впровадження нових та існуючих технологій.

Список використаної літератури:

1. Modeling of Wastewater Treatment Processes in Membrane Bioreactors Compared to Conventional Activated Sludge Systems / Marta Bis, Agnieszka Montusiewicz, Adam Piotrowicz, Grzegorz Łagód. // MDPI Processes. – 2019. – №7. – С. 285–296.
2. Jacek Makinia. Mathematical Modelling and Computer Simulation of Activated Sludge Systems / Jacek Makinia, Ewa Zaborowska. – London: IWA Publishing, 2020. – 670 с. – (2).
3. Jakub Drewnowski. Computer Simulation in Predicting Biochemical Processes and Energy Balance at WWTPs / Jakub Drewnowski, Ewa Zaborowska, Carmen Hernandez De Vega. // E3S Web of Conferences. – 2018. – №30. – С. 1–12.
4. Alaa Uldeen Athil Arif. Design and Comparison of Wastewater Treatment Plant Types (Activated Sludge and Membrane Bioreactor), Using GPS-X Simulation Program: Case Study of Tikrit WWTP (Middle Iraq) / Alaa Uldeen Athil Arif, Mohamed Tarek Sorour, Samia Ahmed Aly. // Journal of Environmental Protection. – 2018. – №6. – С. 636–651.

ВИДАЛЕННЯ СПОЛУК ФОСФОРУ ЗІ СТІЧНИХ ВОД**Грищенко Ю.С., Зубченко Л.С.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, uragrisenko90@gmail.com**

Однією з найважливіших проблем, що виникають при очищенні стічних вод, є очистка від сполук фосфору. Більшість діючих споруд очищення міських стоків, заснована на вживанні традиційної біотехнології, що дають низьку ступінь вилучення фосфатів (до 20-30%) та призначена для видалення, здебільшого органічного вуглецю. Видалення сполук фосфору зі стічної води є важливим завданням з декількох причин:

- присутність у стічних водах такого біогенного елементу, як фосфор спричинює процеси цвітіння та евтрофікації водойм;
- евтрофіковані водойми характеризуються підвищеним вмістом біогенних елементів та органічних речовин, зниженим рівнем розчиненого у воді кисню, появою анаеробних зон в придонному шарі та розвитком патогенних мікроорганізмів, неприємним запахом;
- сполуки азоту і фосфору спричиняють біологічне обростання трубопроводів, колекторів, інших каналізаційних устаткувань [1].

Сполуки фосфору містяться у складі миючих засобів і пральних порошків, сільськогосподарських добрив, перегної. Встановити законодавчий контроль за кількістю фосфору, що надходить у стічні води неможливо, а тому мають бути передбачені надійні технології, що могли б забезпечити видалення сполук фосфору до допустимої концентрації.

На сьогоднішній день існують фізичні, фізико-хімічні, біологічні та комбіновані методи видалення фосфору зі стічних вод.

Фізичні методи видалення сполук фосфору зі стічної води засновані на використанні фізичних явищ, пов'язаних з магнітним полем чи сорбцією. Наприклад, магнітна сепарація полягає у збільшенні швидкості злипання частинок під дією магнітного поля та їх осадженню. Процес складається з трьох стадій: перетворення сполук фосфору у нерозчинні сполуки, дією реагентів (солей заліза (III) або алюмінію), додавання до розчину феромагнітного порошку та обробка в магнітному полі. За допомогою цього методу можна довести концентрацію фосфору до значення менше ніж 0,5 мг/дм³. Метод сорбції полягає у використанні спеціальних матеріалів, здатних поглинати (абсорбувати) чи накопичувати на поверхні (адсорбувати) дисперсну фазу із води з подальшим відділенням сорбенту від розчину [2].

До фізико-хімічних методів видалення фосфору відносяться: метод осадження з кристалізацією, хімічне осадження з використанням реагентів, іонний обмін. Осадження кристалізацією – переведення сполук фосфору у кристалічний стан на фільтрах, що покриті шаром завантажувального матеріалу (наприклад фосфатом кальцію) та виділення утворених кристалів з розчину. Реагентний метод – передбачає переведення сполук фосфору у нерозчинний стан за допомогою реагентів ($Al_2(SO_4)_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$, $FeCl_3$, CaO). При цьому реагенти, реагуючи з лугами, що містяться у воді утворюють малорозчинні гідроксиди, на розвинутій поверхні яких і адсорбуються нерозчинні сполуки фосфору. Далі утворений осад видаляють з води. Даний метод є досить ефективним (ефективність може сягати 96 %), але не вигідний, через великі

витрати реагенту Іонобмінний метод полягає в застосуванні іонобмінних смол для адсорбції іонів фосфату з води. Метод є дуже ефективним, але дорогим [1;2].

Електрохімічний метод очищення від фосфору полягає у використанні електролізерів із розчинними анодами, виготовленими з алюмінію чи заліза. Сутність методу заключається в тому, що в результаті електрохімічної реакції на аноді, іони металу переходять в розчин та утворюють нерозчинні гідроксиди, що здатні адсорбувати на собі дисперсні частинки. Ефективність методу сягає понад 98% [1]. Використання фізичних та фізико-хімічних методів передбачає утворення осадів та відходів, які містять окрім сполук фосфору ще інші хімічні речовини, що ускладнює їх переробку та утилізацію.

Біологічний метод очистки полягає у здатності деяких мікроорганізмів до накопичення сполук фосфору у своїх клітинах у вигляді поліфосфатів у більшій кількості, ніж це необхідно для їхньої життєдіяльності. Таку властивість мають бактерії *Acinetobacter*, *Acetobacter*, *Nocardia*. За аеробних умов, вони здатні акумулювати фосфор з води та використовувати його, як джерело енергії за несприятливих умов, створених штучно. Тому в даному процесі є важливим дотримання чергування аеробних та аноксидних умов. Технологія дозволяє видалити до 90% фосфатів, наявних у воді [3,4].

Біологічні методи не потребують використання додаткових реагентів, та можуть бути втілені на існуючих спорудах біологічного очищення стічних вод шляхом їх модернізації. Надлишковий активний мул, що утворюється, містить підвищений вміст сполук фосфору та, за умови відповідності санітарним нормам після стабілізації може використовуватися як добриво, або як добавка при компостуванні відходів.

У випадку з комбінованими методами очистки маємо поєднання біологічного та реагентного методів. Суть методу полягає у обробці реагентами води, очищеної біологічним методом, з метою доочищення від сполук фосфору. Як реагент може бути використаний Fe_2O_3 або сірчаноокислий алюміній [1].

Видалення сполук фосфору з стічних вод є важливим завданням, оскільки підвищені концентрації цього біогенного елементу може спричинити зміну фізико-хімічних умов водного середовища та, як наслідок, зміни у видовому складі водних тварин та рослин. Серед існуючих методів очистки стічних вод від сполук фосфору використання біологічних або комбінованих методів є одним з найбільш безпечних, оскільки при його використанні не утворюються відходи, які важко переробити, а за умови правильного впровадження ефективність біологічного очищення близька до ефективності фізико-хімічних чи фізичних методів.

Список використаної літератури:

1. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Спецкурс з очистки стічних вод» /Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 90 с.
2. Вивчення впливу біогенних речовин у міських стічних водах, що скидаються, на поверхневі водойми / Т. О. Шевченко // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. - 2016. - Вип. 27. - С. 437-445.
3. N. Matsche, G. Usrael, C. Ludwig. Die biologische phosphorentfernung mit dem belebungskerfahren am beispiel von klarahlagen im eihzugsgebiet des neusiedler sees // *Osterreichische Wasserwirtschaft*, 1982. 34. № 9–10. С. 219-227.
4. Кримець Г. В., Астрелін І. М., Федоров О. С. Очистка стічних вод від фосфоровмісних полютантів. Праці Одеського політехнічного університету - 2013.- Вип. 3. - С. 278 – 280.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОТКОТРИВАЛОГО ВПЛИВУ ПОСТІЙНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ПРОРОЩУВАННЯ НАСІННЯ ТА РІСТ РОСЛИНИ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ *TRITICUM DURUM*

Гудзовський А.О., Дем'яненко І.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, lalarusada@gmail.com

На тлі гуманітарної та харчової кризи у світі пошук шляхів підвищення врожайності сільськогосподарських рослин є актуальним питанням. Одним з методів є використання магнітного поля, який підвищенню врожайності, зміні біохімічних показників, зменшенню захворюваності рослин. Магнітне поле здатне широко впливати на різноманітні біологічні процеси в живих клітинах тварин та рослин [1,2]. Це обумовлено зі змінами швидкості хімічних реакцій, проникності мембран, іонного транспорту, водопоглинання насіння та концентрації кисню в клітинах. Рівень та вид змін залежить від характеристик магнітного поля (градієнта магнітного поля, квадрата магнітної індукції) та часу впливу.

В роботі досліджено короткотривалий вплив постійного магнітного поля індукцією 40 мТл на проростання насіння пшениці твердої *Triticum durum*. Для постановки експерименту було обрано такі часові параметри: 1 хв, 2, хв 3 хв, 4 хв, 5 хв. Вибір часу пов'язаний з можливістю використовувати даний метод для промислової підготовки посівного матеріалу. Дослідження морфологічних показників проводили протягом 15 діб. Група насінин складалась з 10 одиниць.

Найбільший позитивний ефект постійного магнітного поля індукцією 40 мТл спостерігали у насінин пшениці, що піддавалися його впливу протягом 5 хвилин (рис. 1). У цієї групи спостерігали суттєве збільшення розміру пророслого стебла (на 38%) порівняно з контролем більшу виживаність (на 20 %) та більш розвинутий корінець.

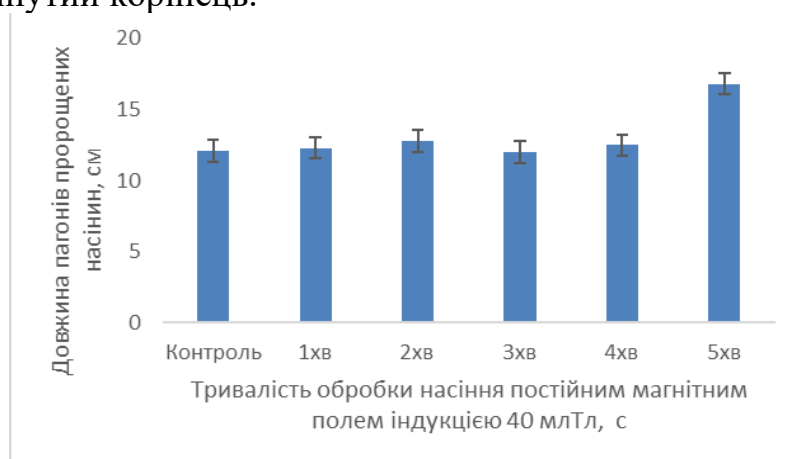


Рисунок 1 – Вплив часу обробки магнітним полем індукцією 40 мТл на довжину стебла пророщеного насіння

Отримані результати дають підстави для продовження досліджень з обробки насіння магнітним полем під час їх підготовки до посіву. Для оцінки впливу магнітного поля на ріст та розвиток дорослих рослин, отриманих з пророщеного насіння, необхідно провести польові дослідження.

Список використаної літератури:

1. Savchenko, V. V., Sinyavsky, A. Yu. Vodopogloshcheniye semyan zernovykh kul'tur pri predposevnoy obrabotke v magnitnom pole [Water absorption of seeds of grain crops during presowing treatment in a magnetic field]. Innovatsii v sel'skom khozyaystve. 2017. Vol.2. - Page 89 – 93
2. Savchenko, V. V., Sinyavsky, A. Yu. Vplyv mahnitnoho polia na dyfuziiu molekul kysniu cherez klitynnu membranu [Influence of the magnetic field on the diffusion of oxygen molecules through a cell membrane]. Enerhetyka ta komp'iuterno-intehrovani tekhnolohii v APK. 2014. No 2 (2). - Page 31 - 32.

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ БІОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ БАКТЕРІЙ ТА ВАРІАЦІЙ ГЕОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

Дробот Г.Ю.¹, Грецький І.О.², Громозова О.М.², Горго Ю.П.¹

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, yugorgo@ukr.net

²Інститут мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

Відомо, що сонячна активність викликає наднизькі коливання (ULF) геомагнітного поля в діапазоні частот 10^{-3} - 10^{-2} Гц. Моніторинг геомагнітної активності з використанням мікробіологічних біосенсорів дозволяє дослідити біологічний ефект варіацій геомагнітного поля. Біодатчики з використанням люмінесцентних бактерій привертають при цьому особливу увагу. Бактеріальна люмінесценція є ферментативним процесом, пов'язаним із загальним метаболізмом клітини, який реагує на зміни навколишнього середовища [1].

Дане дослідження пов'язане з можливістю проведення біологічного моніторингу для збору та аналізу даних геомагнітних збурень в магнітосфері та змін інтенсивності люмінесценції *Photobacterium phosphoreum*. У дослідженні використано люмінесцентні морські бактерії *P. phosphoreum* IMB B-7071 з колекції культури Інституту мікробіології та вірусології ім. Д.К.Заболотного НАН України. Для оцінки інтенсивності люмінесценції використовували фотопомножувач ФЕП-115. Геомагнітну активність оцінювали за ступенем варіацій значень X, Y та Z-компонент магнітного поля Землі, це дані Інституту геофізики НАН України (<http://www.igph.kiev.ua>) [1,2].

Розраховані кореляційні зв'язки між варіаціями геомагнітної активності і специфічної інтенсивності люмінесценції показали статистично значущу залежність з коефіцієнтом кореляції $R = 0,69$ ($p < 0,001$). Проте вивчення специфічного впливу геомагнітного поля на інтенсивність бактеріальної люмінесценції вимагає автоматизованих тривалих паралельних вимірювань в реальному часі. Для розробки такого моніторингу було створено комплекс безперервного культивування бактерій *P. phosphoreum* IMB-7071 [2]. При цьому використання цифрового мультиметру UNI-T UT171A дало можливість підключити персональний комп'ютер для реєстрації даних. Статистична обробка отриманих при моніторингу даних вимагає розробки спеціального програмного забезпечення.

Була розроблена програма розрахунку варіацій геомагнітного поля та інтенсивності біолюмінесценції. Програма реалізована на мові програмування R. Для роботи програми використано базову версію інтерпретатору R та додатково встановлено пакет “Seewave-1.7.6”, що має у залежностях пакети “fft” та “signal”, які дозволяють працювати з дискретними сигналами, в тому числі їх моделювати, фільтрувати, та проводити Фур'є перетворення. Всі залежності були вільно встановлені з репозиторіїв CRAN за допомогою команди `install.package`.

Дані про магнітні бурі за 2010-2014 рр. отримані із файлу World Data Center for Geomagnetism. Ми вибирали сумарні добові значення напруженості МПЗ у дні магнітних бур, з якими ми порівнювали розраховані значення. Були

обчислені відхилення від середнього значення для коливань МПЗ на всіх частотах і для обчислених цих значень застосовано фільтр низьких частот з пакету для частот 0.1, 0.5, 0.01, 0.05, 0.001, 0.0001 Гц. Програма дозволяє розраховувати флуктуації МПЗ на вибраній частоті і в будь-якому вибраному періоді доби при не збурених станах магнітного поля та під час магнітних бур і передбачена адаптація програми до таких завдань.

Було проведено вибірку всіх днів, в яких проходили магнітні бурі за 2012-2014 роки, сформовано масив сумарних добових значень A_p та проведено їх кореляційний аналіз із визначеними середньо добовими значеннями інтенсивності ІНМПЗ на частоті 0.0001 Гц в ці дні. Отримані нами дані дозволили підтвердити, що зі зменшенням частоти збільшується інтенсивність МПЗ (з 0,03 нТл до 10 мкТл).

Визначення кореляцій проводилось у дні магнітних бур та зі зміщенням на 1 та 2 доби від дня магнітної бурі для визначення біоастрономічного ефекту Чижевського-Вельховера. Визначено також, що динаміка змін біolumінесценції зберігає високу ступінь подібності з контролем при екрануванні, що дозволяє припустити відсутність провідної ролі зовнішніх наведених електромагнітних полів на дію геомагнітного поля на біolumінесценцію.

Отримані дані моніторингу свідчать про наявність позитивного кореляційного зв'язку між показниками геомагнітної активності Землі та люмінесценцією фотобактерій *P. phosphoreum*. Розробка програми по округленню значень біolumінесценції по хвилинах, по годинах та по 3-х часових інтервалах дозволить порівнювати зміни функцій біологічних об'єктів при впливах різних фізичних факторів середовища.

Проведене порівняння коефіцієнтів кореляцій (за методами Пірсона, Кендалла та Спірмена) між інтенсивністю біolumінесценції та компонентами геомагнітного поля дозволило визначити, що розрахунки коефіцієнтів кореляцій при моніторингу даних в недетермінованих системах слід проводити методами Пірсона та Спірмена.

Розроблений програмний код на мові Python забезпечує автоматизоване отримання значень компонент геомагнітного поля з веб-сайтів обсерваторій у необхідному часовому періоді, що виключає похибки та збільшує швидкість оцифровки і процеси розрахунку коефіцієнтів кореляції моніторингових значень біolumінесценції та магнітного поля Землі.

Список використаної літератури:

1. Горго Ю.П., Грецький І.О., Демидова О.І. Використання біolumінесценції бактерій *Photobacterium Phosphoreum* для біоіндикації геомагнітної активності. Innovative Biosystems and Bioengineering, 2018, vol.2, no. 4, 144-148. doi: 10.20535/ibb.2018.2.4.151459
2. Drobot Heorhii, Ihor Hretskyi, Yuriy Gorgo. Study of influence of geomagnetic field fluctuations on bacterial bioluminescence. Мат. XIV міжн. конф. по біоніці і прикладній біофізиці, 4-5 11 2021, Київ, 2021, с. 25-26.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОБУТАНОЛУ

Дуднік А.С., Зубченко Л.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, dudnik.anna@iit.kpi.ua

Біобутанол – це рідке біопаливо, яке отримують найчастіше шляхом ацетонобутилового бродиння. Енергоємність біобутанолу вища ніж біоетанолу. Його можна змішувати з бензином у вищих пропорціях в порівнянні з біоетанолом, при цьому немає необхідності у модернізації двигуна. Біобутанол при згоранні не утворює оксидів Сульфуру та Нітрогену, тому додавання його до палив, виготовлених з нафтопродуктів, чинить позитивний вплив на стан довкілля.

На сьогодні встановлено можливість використання для виробництва біобутанолу великої кількості видів різноманітної сировини в основному рослинного походження. Основними компонентами сировини, яку використовують для біосинтезу бутанолу, є цукри (зокрема глюкоза та сахароза), тому сировина, що містить прості цукри або може бути відносно легко до них розкладена, підходить для його виробництва. Також для біосинтезу бутанолу може використовуватися гліцерол. В залежності від використаної сировини отримане біопаливо прийнято розділяти на три групи: біобутанол першого, другого та третього покоління.

Метою даної роботи є порівняльний аналіз перспектив використання сировини різних типів та різних продуцентів для виробництва біобутанолу.

Головним недоліком сировини першого покоління є те, що її можна також використовувати для виготовлення продуктів харчування, що створює значну конкуренцію біоенергетики та харчової промисловості і, безперечно, є неетичним з огляду на розподіл харчових ресурсів у світі. Вихід біобутанолу для такої сировини зазвичай найвищий, наприклад, при використанні цукрової меляси як сировини і *Clostridium beijerinckii* як продуцента вихід біобутанолу становив 6 г/дм^3 ($0,30 \text{ г/г}$ вуглеводів) [1].

Вихід біобутанолу з сировини другого покоління також достатньо високий. Так, при використанні рисової соломи як субстрату та продуцента *Clostridium sporogenes* BE01, вихід біобутанолу становив $5,52 \text{ г/дм}^3$ [2]. Недоліком використання сировини другого покоління є необхідність оцукрювання лігніноцелюлози за допомогою специфічних ферментів або хімічних реагентів, що ускладнює процес отримання біобутанолу та підвищує його собівартість.

Біобутанол третього покоління отримують з використанням макро- та мікроводоростей як субстрату. Найчастіше використовують біомасу мікроводоростей, яка залишилась після виробництва біодизеля (екстракції ліпідів), проте це також може бути біомаса від інших технологічних процесів, таких як: виробництво антоціанів і каротиноїдів, доочищення стічних вод за допомогою мікроводоростей тощо. Наприклад, при використанні змішаної біомаси мікроводоростей, в якій переважно домінували *Scenedesmus*, *Chlorella* та

Micromonas, вихід біобутанолу становив 3,74 г/дм³, при цьому ферментацію здійснювали за допомогою *Clostridium saccharoperbutylacetonicum* N1-4 [2]. З використанням *Clostridium acetobutylicum* для ферментації отримані близькі до попередніх за значенням результати – 3,86 г/дм³ (0,13 г/г вуглеводів) [3]. Використання надлишкової біомаси *Chlorella sp.*, яка накопичується при доочищенні стічних вод від неорганічних сполук Нітрогену і Фосфору, дозволяє отримати вихід біобутанолу до 6,23 г/ дм³ (0,16 г/г вуглеводів) [4].

Як правило, попередній ферментативний, хімічний або термічний гідроліз біомаси водоростей значно підвищує вихід біобутанолу, оскільки гідроліз сприяє вивільненню моносахаридів з полісахаридів, які присутні в клітинах водоростей як запасні речовини чи компоненти клітини (клітинна стінка). Зокрема, при використанні ферментативної обробки біомаси мікроводоростей перед ферментацією вихід суміші біобутанолу, ацетону і етанолу становив 7,27 г/дм³ в порівнянні з 2,74 г/дм³, отриманим при кислотному гідролізі [2]. Проте, багато представників роду *Clostridium* мають здатність до ферментативного гідролізу полісахаридів, у разі використання цих організмів можливе отримання біобутанолу з біомаси водоростей без попередньої обробки [5].

Також перспективною сировиною для отримання біобутанолу є гліцерол, при ферментації якого бактеріями *Clostridium pasteurianum* GL11 можна досягнути виходу біобутанолу 14,7 г/дм³ (0,41 г/г гліцеролу) [5].

Хоча очевидно, що при використанні як субстрату біомаси мікроводоростей, вихід біобутанолу є майже в два рази нижчий, в порівнянні з іншою сировиною, обравши сировину третього покоління та продуцента, який має здатність до ферментивного гідролізу полісахаридів, ми не тільки отримаємо новий енергоємний продукт, але й вирішимо проблему утилізації відходів виробництва біодизеля. Враховуючи, що гліцерол також є одним з відходів виробництва біодизеля, доцільною є сумісна переробка гліцеролу та біомаси водоростей з отриманням біобутанолу. Дана стратегія дозволяє не тільки отримати два типи продукту в одному технологічному процесі, але й наблизити виробничий процес до «zero-waste» технології.

Список використаної літератури:

1. Kim, M. & Day, Donal. Butanol production from sugarcane juices. International Sugar Journal. 2010. 112:601-605.
2. Ndaba B, Chiyanzu I, Marx S. n-Butanol derived from biochemical and chemical routes: A review. Biotechnol Rep (Amst). 2015;8:1-9.
3. Cheng H.H., et. al. Biological butanol production from microalgae-based biodiesel residues by *Clostridium acetobutylicum*. Bioresour. Technol. 2015;184:379–385.
4. Onay M. Investigation of Biobutanol Efficiency of *Chlorella sp.* Cultivated in Municipal Wastewater. Journal of Geoscience and Environment Protection, 2018; 6: 40-50.
5. Xin F. et. al. Comprehensive investigations of biobutanol production by a non-acetone and 1,3-propanediol generating *Clostridium* strain from glycerol and polysaccharides. Biotechnology for Biofuels. 2016. 9:220.

ЯКІСНА ОЦІНКА МЕТАХРОМАТИЧНОЇ РЕАКЦІЇ ВОЛЮТИНОВИХ ГРАНУЛ ДРІЖДЖІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖКалініченко Є.О.¹, Громозова О.М.², Грецький І.О.², Горго Ю.П.¹¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, yugorgo@ukr.net²Інститут мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

Явище метахромазії проявляється в характерній зміні кольору в процесі фарбування, що відбувається в біологічних тканинах чи окремих клітинах, завдяки йому барвник може поглинати світло на різних довжинах хвиль залежно від його концентрації та середовища. Метахроматичне забарвлення волютинових гранул характерне як для прокаріотів, так і еукаріотичних мікроорганізмів. Встановлено, що метахроматична реакція волютинових гранул є потенційним біоіндикатором геофізичних подій, проте сучасні методи моніторингу метахроматичної реакції не здатні до швидкої, автоматичної обробки даних [1]. Застосування методів нейронних мереж дозволить в автоматичному режимі ефективно проводити оцінку кількості клітин та інтенсивності їх забарвлення для моніторингових досліджень впливу геофізичних факторів на метахроматичну реакцію волютинових гранул дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. Одним із важливих завдань, пов'язаних з масштабними сучасними дослідженнями метахромазії волютинових гранул, є розробка інструментальних методів обліку реакції. На жаль, ступінь метахромазії не можна виміряти колориметричними методами, оскільки водні розчини барвника (метиленового синього) не підкоряються закону Бера. Тому точна оцінка кількісних та якісних проявів метахроматичної реакції волютинових гранул дріжджів *S. cerevisiae* є актуальною задачею для моніторингових досліджень метахроматичної реакції для визначення впливу на цю реакцію геофізичних факторів.

Метою роботи було створення програмних засобів за допомогою мови програмування Python, із застосування методів нейронних мереж, для оцінки кількості клітин та інтенсивності їх забарвлення в препаратах при дослідженнях впливу геофізичних факторів на метахроматичну реакцію волютинових гранул дріжджів *S. cerevisiae* УКМ Y-517. Для досягнення поставленої мети використовували наступні методи визначення загальної кількості клітин дріжджів *S. cerevisiae* автоматичним та ручним методами; методи програмування на мові Python; методи нейронних мереж. Використання нейронних мереж дає значну кількість переваг для досліджень метахроматичної реакції, тому що дозволяє значно скоротити тривалість та збільшити якість таких досліджень. Однак, на даний час не існує єдиної технології нейронних мереж, яка б успішно справлялася з такою задачею. Тому нейронні мережі постійно змінюють відповідно до задач досліджень і в залежності від типу вхідних даних.

У роботі використовувався датасет з двадцяти фотознімків клітин *S. cerevisiae* УКМ Y-517 забарвлених метиленовим синім по Лефлеру. Для побудови нейронної мережі використовувалась мова програмування Python та

відкрита нейромережева бібліотека – Keras. В якості архітектури нейромережі були взяті моделі Inception v3 та Unet. Модель Inception v3 розроблялася для задач класифікації та сегментації об'єктів на зображенні. Модель Unet була розроблена для сегментації клітин на медичних зображеннях. В роботі було визначено програмний код нейромережі на основі архітектури Inception v3 та програмний код на основі архітектури Unet для сегментації і класифікації клітин дріжджів *S. cerevisiae* при метакроматичній реакції [2].

Встановлено, що архітектура штучних нейронних мереж Inception v3 не здатна ефективно виконувати завдання сегментації клітин, а оптимальною є архітектура – Unet. Остаточний підрахунок класифікованих і сегментованих клітин здійснювався нерекурсивним алгоритмом розмітки. Для автоматичного підрахунку клітин була створена модель регресії, яка визначає залежність між клітинами з ознаками наявності та відсутності реакції метакромазії, з точністю визначення в задачах сегментації на рівні 89,9%, а в задачі виявлення метакроматичної реакції – 86,7%.

Застосовуючи методи математичної статистики встановлено, що відносна похибка роботи створеного програмного забезпечення не перевищує 4.53% та в середньому складала 3.85%. Зважаючи на результат робіт обох архітектур, U-net має нижче значення похибки при визначенні клітин. Нейронна мережа на основі архітектури Unet здатна більш ефективно і оптимально, порівняно з архітектурою Inception v3, виконувати завдання сегментації і класифікації клітин дріжджів *S. cerevisiae* при метакроматичній реакції.

Архітектура згорткової нейронної мережі ResNet є оптимальною для створення програмного засобу для аналізу структурних і світлових змін в клітинах із показником ефективності >80%, що свідчить про достатній рівень навченості нейронної мережі.

Отриманні результати можуть бути застосовані у подальших глобальних моніторингових досліджень впливу геофізичних факторів на метакроматичну реакції волютинових гранул дріжджів. Програмне забезпечення, створене із врахуванням властивостей навчання нейронних мереж, можна використовувати для вивчення особливостей кількісних та якісних змін клітинних процесів у різних мікроорганізмів. Використання нейронних мереж дає значну кількість переваг для біотехнології, так як дозволяє значно скоротити тривалість досліджень та їх оцінки.

Список використаної літератури:

1. Gromozova E.N. [та ін.]. Research of Metachromatic Reaction of *Saccharomyces cerevisiae* // Mikrobiolohichniy zhurnal (Kiev, Ukraine : 1993). 2016.
2. Xue & Yao Ray, Nilanjan Hugh, Judith Bigras, Gilbert. Cell Counting by Regression Using Convolutional Neural Network. 9913–2016. p.274-290.

**ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОСТІ ДЕГІДРОГЕНАЗ АКТИВНОГО МУЛУ
ЗАЛЕЖНО ВІД ТРИВАЛОСТІ ВЗАЄМОДІЇ З АНТИБІОТИКОМ****Кіка Л.С., Саблій Л.А.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, kika.lyuba@gmail.com**

Велику роль в забрудненні навколишнього середовища грають фармацевтичні підприємства, які утворюють у процесі виробництва забруднені стічні води. Загальний обсяг стічної води з виробничої ділянки твердих лікарських форм площею близько 300 м² варіюється від 4 до 6 м³/добу, у залежності від технологічних процесів миття обладнання [1].

Основним методом доведення концентрації стічних вод фармацевтичних підприємств до гранично допустимої є розведення. Однак, даний спосіб ефективний тільки з точки зору дотримання вимог законодавчої бази, але ніяк не вирішує проблему накопичення лікарських речовин в біосфері, тому такий спосіб є неприйнятним.

Крім того, стоки будь-якого фармацевтичного підприємства комбінують у собі різні забруднюючі речовини. Дана особливість обмежує можливість застосування традиційних методів, таких як біологічна очистка / хімічні методи очищення, засновані на використанні одного окисника / фізико-хімічні методи очищення, засновані на використанні одного виду впливу, і спонукає шукати універсальне рішення для видалення повного спектру забруднювачів.

Так, вивчення впливу фармацевтичних препаратів на активний мул (далі – АМ) та розробка ефективних методів очищення стічних вод фармацевтичних підприємств є важливою і вкрай актуальною проблемою для науки [2].

Метою роботи стало вивчення впливу антибіотику цефалоспоринового ряду на властивості активного мулу при біологічному очищенні міських стічних вод.

Даний вплив досліджувався за рахунок визначення дегідрогеназної активності активного мулу. Принцип цього методу обумовлений відновленням безколірної окисненої форми трифенілтетразолію хлористого у червоний формазан, нерозчинний у воді, але розчинний в етанолі, ацетоні, бензолі та інших речовинах. Кількість утвореного формазану (судять по інтенсивності забарвлення) пропорційна активності дегідрогеназ [3], сумарна активність яких представляє собою показник загальної біологічної активності мулу.

Для дослідження було обрано лікарський засіб «Цефуроксим САНДОЗ», що належить до групи бета-лактамних антибіотиків. Даний препарат – цефалоспориновий антибіотик II покоління, виявляє бактерицидну дію за рахунок інгібування синтезу клітинної стінки бактерій, володіє широким спектром антимікробної дії та стійкий до дії більшості бета-лактамаз. Препарат високоактивний щодо стафілококів, включаючи штами, стійкі до пеніциліну.

На рисунку 1 для порівняння впливу концентрацій цефалоспорину 10 та 20 мг/дм³ на дегідрогеназну активність (далі – ДА) активного мулу зображений графік залежності дегідрогеназної активності від тривалості взаємодії антибіотику з активним мулом у порівнянні зі значеннями ДА активного мулу.

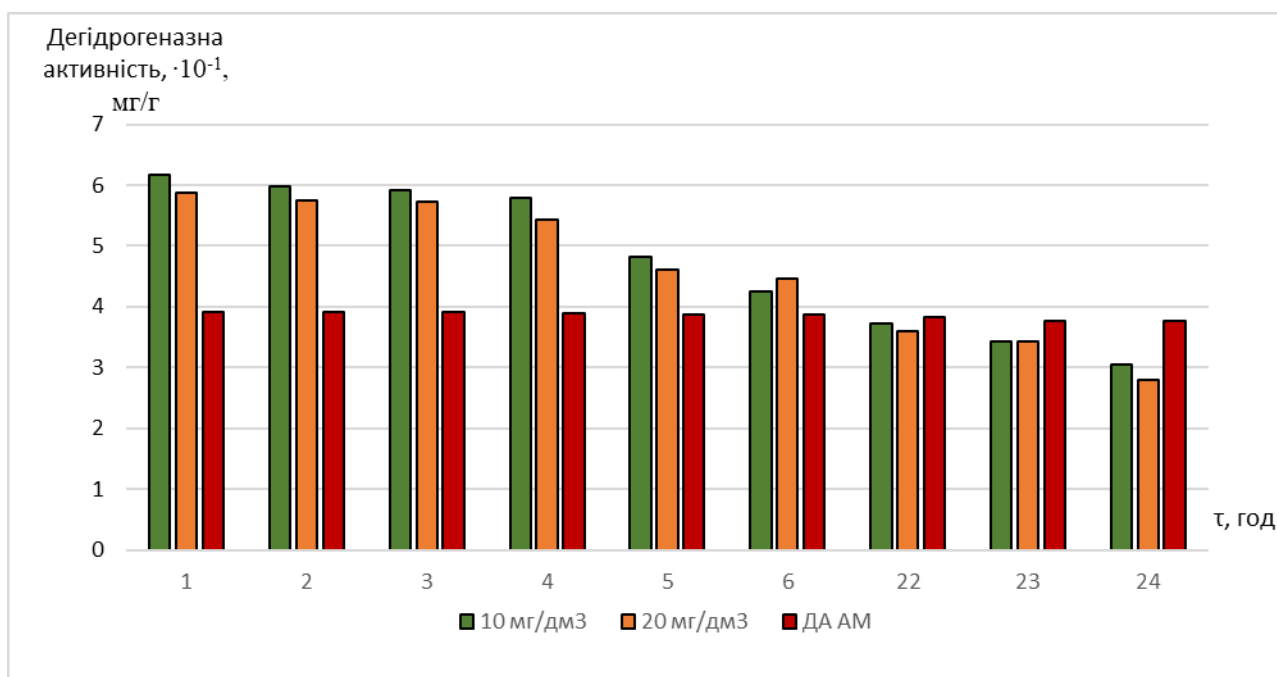


Рис. 1. Залежність дегідрогеназної активності активного мулу при концентраціях антибіотику 10 та 20 мг/дм³ від значень ДА активного мулу

До 6 години включно взаємодії цефалоспорино з активним мулом спостерігаємо вищі значення дегідрогеназної активності активного мулу відносно ДА «чистого» АМ (який не взаємодіяв з антибіотиком), після цієї часової точки дегідрогеназна активність активного мулу, що взаємодіяв з антибіотиком, нижча у порівнянні з показниками ДА «чистого» АМ. Як бачимо, концентрація цефалоспорино 20 мг/дм³ більше стимулює пригнічення активності дегідрогеназ протягом усього експерименту (1-24 год), ніж концентрація 10 мг/дм³.

Таким чином, можна зробити висновок, що антибіотик виступає у якості каталізатора процесу біологічного окиснення, проте з часом (після 6 години взаємодії АМ з цефалоспорином) інгібує процес очищення стічної води від органічних забруднень. До того ж, чим більша концентрація антибіотику, тим більший негативний вплив на мікроорганізми активного мулу несе даний лікарський засіб.

Список використаної літератури:

1. Краснюк И.И., Михайлова Г.В., Чижова Е.Т. Фармацевтическая технология: Технология лекарственных форм: Учебник для студ. сред.проф. учеб. заведений. М.: Академия; Москва: 2004. 464 с.
2. N. Jendrzewska; E. Karwowska. The influence of antibiotics on wastewater treatment processes and the development of antibiotic-resistant bacteria // Water Sci Technol (2018) 77 (9): 2320–2326. Available at: <https://doi.org/10.2166/wst.2018.153>.
3. Роговская Ц. И., Костина Л. М. Рекомендации по методам производства анализов на сооружениях биохимической очистки промышленных сточных вод. М., Стройиздат, 1970.

ВПЛИВ ЦЕФАЛОСПОРИНУ НА АКТИВНИЙ МУЛ ПРИ БІОЛОГІЧНОМУ ОЧИЩЕННІ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД

Кіка Л.С., Саблій Л.А.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, kika.lyuba@gmail.com

Останнім часом усе більший спектр лікарських засобів та їх метаболітів знаходять в навколишньому середовищі [1]. Так виділяється новий клас органічних забруднювачів, різноманітних за хімічною структурою.

Усі живі організми залежать від стану довкілля, тому навіть незначні концентрації можуть мати певний вплив на стан біогеоценозу.

Основним джерелом надходження в екосистему лікарських засобів є діяльність фармацевтичних підприємств, які у свою чергу з економічних чи технічних ускладнень використовують метод «розбавлення» замість усунення зі стічних вод специфічних для даного заводу фармацевтичних препаратів. Так, стоки, що надходять на водоочисні станції, містять величезну кількість забруднюючих речовин невідомого складу, що зумовлює пошук технології, яка дозволить знешкодити увесь діапазон забруднень.

Виходячи з вищевикладеного, вивчення впливу лікарських засобів на активний мул та розробка ефективних методів очищення стічних вод від фармацевтичних препаратів є важливою та актуальною темою для науки.

Метою роботи стало вивчення впливу антибіотику цефалоспоринового ряду на властивості активного мулу при біологічному очищенні міських стічних вод.

Мікроорганізми активного мулу очищують стічну воду від органічних забруднень за рахунок того, що виділяють каталізatori білкової природи та ферменти, активність яких визначає швидкість та якість біологічного окиснення. Сумарна активність ферментів дегідрогеназ представляє собою показник загальної біологічної активності мулу. Дегідрогеназна активність мулу обумовлена активністю самих мікроорганізмів, а також кількістю та ступенем забруднення стічних вод [2].

Для вивчення впливу антибіотику на дегідрогеназну активність мулу було обрано антибіотик «Цефуроксим САНДОЗ». Даний лікарський засіб належить до групи бета-лактамних антибіотиків цефалоспоринового ряду, особливостями якого є широкий спектр дії, висока бактерицидність, відносно висока у порівнянні з пеніцилінами резистентність по відношенню до бета-лактамаз [3].

Результати розрахунків ступеня впливу цефалоспорину на дегідрогеназну активність мулу в залежності від концентрацій антибіотику, внесеного у активний мул, та тривалості взаємодії активного мулу з антибіотиком представлені у таблиці 1. Даний показник показує у відсотковому співвідношенні наскільки ефективно чи неефективно проходить процес очищення стічної води.

Таблиця 1 – Ступінь впливу антибіотиків на дегідрогеназну активність мулу

Порівняння показників дегідрогеназної активності мулу при концентрації антибіотику	Тривалість взаємодії, год								
	1	2	3	4	5	6	22	23	24
	Ступінь впливу, %								
10 мг/дм ³ у порівнянні з показниками без введення антибіотиків	57.1	52.6	50.8	48.7	24.8	9.8	-2.6	-9.3	-19.4
20 мг/дм ³ у порівнянні з показниками без введення антибіотиків	50.0	46.7	46.2	39.2	18.9	15.5	-5.8	-9.3	-26.0
10 мг/дм ³ у порівнянні з показниками при 20 мг/дм ³	4.76	4.00	3.1	6.8	5.0	-4.9	3.3	0.0	9.0

Як бачимо, цефалоспориновий антибіотик «Цефуроксим САНДОЗ» активізує процес виділення ферментів до 6 години включно, а отже, процес біологічного окиснення проходить більш інтенсивно. Після 6 години взаємодії антибіотику з активним мулом процес сповільнюється.

Так, кількість дегідрогеназ збільшується на 57 % при взаємодії протягом 1 години активного мулу з цефалоспорином, концентрація якого у розчині становить 10 мг/дм³. При більшій концентрації антибіотику (20 мг/дм³) процес виділення ферментів протікає менш інтенсивно, проте для першої години взаємодії становить 50 %.

Для загальної тривалості дослідження виділення ферментів знижується на 19.4 % при введенні в активний мул розчину антибіотику концентрацією 10 мг/дм³ та на 26 % – при 20 мг/дм³.

Список використаної літератури:

1. Desbiolles, F., Malleret, L., Tiliacos, C., Wong-Wah-Chung, P., & Laffont-Schwob, I. (2018). Occurrence and ecotoxicological assessment of pharmaceuticals: Is there a risk for the Mediterranean aquatic environment? *Science of the Total Environment*, 639, 1334-1348. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.351.
2. Роговская Ц. И., Костина Л. М. Рекомендации по методам производства анализов на сооружениях биохимической очистки промышленных сточных вод. М., Стройиздат, 1970.
3. Клинико-фармакологическая классификация лекарственных средств: учебно-методическое пособие / М. К. Кевра и др. – Минск: БГМУ, 2009. – 64 с.

ВИРОБНИЦТВО БІОПАЛИВА ТРЕТЬОГО ПОКОЛІННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ

Клим З.Т.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, zakhar.klym@gmail.com

Сучасна енергетика базується на використанні невідновлювальних джерел енергії. Частка викопного палива в забезпеченні світових потреб сягає 88–89%, а його запаси, згідно з оцінками експертів, будуть невдовзі вичерпані, що погрожує людству енергетичною кризою. Тому сьогодні стала та зелена енергетика є міцною основою для росту та розвитку економіки будь-якої країни світу. За останнє десятиліття біопаливо стало привабливою альтернативою газу, нафті та продуктам її переробки.

Біомаса мікроводоростей, є найбільш перспективною для задоволення глобальних потреб в енергії. Мікроводорості були запропоновані як сировина для виробництва біодизеля, оскільки їх використання пом'якшує викиди CO₂ в атмосферу, вони прості в утриманні, швидко ростуть, та здатні з високою продуктивністю накопичувати ліпіди, вміст яких в 15-20 разів вище, ніж в інших наземних олійних культур.

В якості продуцентів найчастіше використовуються такі види водоростей: *Botryococcus braunii*, *Clostridium saccharoperbutylacetonicum*, *Sargassum*, *Gracilaria*, *Prymnesium parvum*, *Euglena gracilis*. (1)

Одним з наймасштабніших проєктів є програма "Aquatic Species Program" (США), що передбачає апробацію можливості отримання біодизелю з мікроводоростей у промислових масштабах. Проводились тривалі великомасштабні культивування мікроводоростей з набору 3000 штамів у відкритих ставках. Продуктивність біомаси склала у середньому від 30 до 60 г/м²/добу при вмісті 40% олії, або 73 т/га/рік. На основі даних проєкту була проведена економічна оцінка вартості біодизелю, що може складати від 39 до 127 дол. за барель або 26-86 центів за літр.

В ході даної програми одним з об'єктів культивування було вибрано *Haematococcus pluvialis*. В результаті двостадійного культивування з збільшенням освітлення та подальшим обмеженням в поживних речовинах підсумкова продуктивність збільшилась від 38,1 до 91,8 т/га/рік. Вміст олії в умовах стресу досягав у середньому 25 - 30%. При двосторонньому культивуванні оцінка собівартості біодизелю дала результати в 56 дол. за барель (близько 40 центів/л). (2)

Сьогодні лідерами галузі виробництва біодизелю із мікроводоростей є Нідерланди, Німеччина, ПАР, а також США й Австралія. Однак, для забезпечення масштабного виробництва зазначеного виду біопалива наразі продовжуються розробки нових штамів мікроводоростей, удосконалюються технології, пов'язані з збільшенням вмісту ліпідів у їхній біомасі та зниженням витрат енергії в процесі їх культивування.

Список використаної літератури:

1. Pittman J. K.; Dean A. P.; Osundeko O. (2011) "The potential of sustainable algal biofuel production using wastewater resources"
2. Zhu L. D.; Hiltunen E. (2016) "Strategies for Lipid Production Improvement in Microalgae as a Biodiesel Feedstock"

ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД СПОЛУК НІТРОГЕНУ ТА ФОСФОРУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ СЕЗОННОЇ РОБОТИ

Коваленко Г.Є., Саблій Л.А.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, kovalenko.hanna@iit.kpi.ua

Наразі актуальною проблемою в галузі очищення стічних вод постають застарілі технології біологічного очищення міських стічних вод, які не спроможні доводити показники забрудників за нітрогеном і фосфором до вимог скиду в річки, що призводить до зростання забруднення в них. Ефективним вирішенням такої проблеми є використання біологічного очищення з іммобілізованими на інертному носії мікроорганізмами.

Мета – розглянути і провести аналіз технологій очищення стічних вод підприємств сезонної роботи за допомогою іммобілізованих мікроорганізмів.

Іммобілізація мікробних клітин викликає все більший інтерес у сфері очищення стічних вод, оскільки метод підвищує ефективність біопроцесу. Порівняно з вільними клітинами, використання іммобілізованих клітин має кілька переваг: збільшується швидкість біодеградації за рахунок більшого завантаження клітин; легше керується біопроцес; безперервний процес відбувається за будь-якого потоку рідини без вимивання клітин тощо [1, 2]. Найбільшу увагу заслуговує іммобілізація на штучних інертних носіях, оскільки вона розширює можливості застосування самого методу.

Рішення з іммобілізацією є особливо нагальним для підприємств сезонної роботи (баз відпочинку, санаторно-курортних комплексів, Шацького національного парку тощо). Сезонність роботи об'єктів водовідведення робить неможливим використання технології біологічного очищення стічних вод з активним мулом через труднощі нарощування біомаси та її адаптації до очищення (потрібно не менше 1 місяця). Однак використання технологій з іммобілізованими мікроорганізмами на носіях на кшталт капронової нитки ВІЯ, пластмасових елементів (блоки, колеса, диски) дозволяє зупиняти роботу очисних споруд. Останнє передбачає повне видалення води; висушування носія з іммобілізованою біомасою; зберігання у висушеному стані протягом періоду зупинки очисних споруд – 5-7 місяців. Термін відновлення роботи становить 6-8 діб. До того ж дані, взяті з дослідження професора Саблій Л.А., демонструють хороші показники очищення після відновлення роботи очисних споруд [3]: зниження концентрації амонійного азоту становить, мг/дм³: від 20-28 до 1,1-2; фосфатів від 18-28 до 1,2-1,5; концентрація нітратів в очищеній стічній воді – 15-17. Показники очищеної води за нітрогеном і фосфором відповідають нормам.

Отже, технологія з іммобілізацією мікроорганізмів на носіях забезпечує високоефективне очищення стічних вод від забруднень органічними речовинами, сполуками N і P, а також кожен процес очищення – денітрифікацію чи нітрифікацію, відповідними бактеріями, що здійснюють трансформацію сполук нітрогену.

Список використаної літератури:

1. ZHANG, L., WU, W., & WANG, J. (2007). Immobilization of activated sludge using improved polyvinyl alcohol (PVA) gel. *Journal of Environmental Sciences*, 19(11), 1293–1297.).
2. Экологическая биотехнология: Пер. с англ. / Под ред. К.Ф. Форстера, Д.А. Вейза. Л.: Химия, 1990. - Пер. изд.: Великобритания, 1987. -384 с.
3. Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія. - Рівне: НУВГП, 2013. – 292 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОДУКУВАННЯ СТРУМУ В ПОВНИХ МІКРОБНИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТАХ ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ФОТОСИНТЕЗУ

Колтишева Д.С., Щурська К.О., Кузьмінський Є.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, dinakoltisheva@gmail.com

Вичерпання викопного палива та пов'язаний з його використанням негативний вплив на довкілля зумовили необхідність пошуку відновлювальних джерел енергії. Одним з таких джерел енергії є повний мікробний паливний елемент з мікроводоростями в катодному напівелементі. Повний мікробний паливний елемент (МПЕ) являє собою біоелектрохімічну систему, що здатна перетворювати енергію хімічних зв'язків органічних сполук в електричну енергію. В катодному напівелементі з мікроводоростями повного МПЕ кінцевим акцептором електронів є кисень, що продукується фотосинтетичним шляхом [1]. Отже, одним із лімітуючих факторів продукування струму в МПЕ є ефективність фотосинтезу мікроводоростей за умов сталої роботи біоанодного напівелементу. Метою роботи є встановлення впливу абіотичних факторів на ефективність фотосинтезу для підвищення ефективності продукування струму повних мікробних паливних елементів.

Таблиця 1 – Вплив факторів на інтенсивність фотосинтезу в мікроводоростях в повному мікробному паливному елементі

Фактор впливу	Інтенсивність фотосинтезу/ Ефективність продукування струму	
	Зі зростанням значення фактору	Зі зменшенням значення фактору
Довжина хвилі світла, нм [2] (в діапазоні видимого світла)	Збільшується. При 620–750 нм – густина потужності 12,947 мВт/м ² (при інтенсивності 900 лк)	Зменшується. При 450–495 нм – густина потужності 4,741 мВт/м ² (при інтенсивності 900 лк)
Інтенсивність світла, лк (в діапазоні 1500-3500 лк) [3]	Зростає. При 3500 лк 103,88 мВт/м ²	Зменшується. При 1500 лк 66,06 мВт/м ²
Режими освітлення (світло:темрява) (режими: 18:6, 12:12, 6:18) [4]	Збільшується і стабілізується. При режимі 18:6 - напруга 0,30В протягом всього часу	Зменшується та під час темряви фази опускається до 0 мВ. При 6:18 напруга під час освітлення 0,23В
Температура (в діапазоні 5-35°C) [4, 5, 6]	Збільшується	Зменшується
pH (відносно pH=7) [5]	Зменшується	Зменшується
Концентрація CO ₂ (в діапазоні 0,03-10%) [7]	Збільшується	Зменшується

До факторів, що впливають на ефективність фотосинтезу належать інтенсивність, довжина хвилі світла, режим освітлення, pH, температура, концентрація вуглекислого газу (табл.1). При підвищенні температури понад 35°C у багатьох видів спостерігається зниження ефективності фотосинтезу, що пов'язують з деактивацією білків фотосистеми II [5]. При підвищенні температури зростає швидкість біохімічних реакцій, зростає іонна провідність,

що зменшує опір, внаслідок чого підвищується ефективність продукування струму в повному МПЕ [4, 5, 6].

Висока концентрація вуглекислого газу (>15%) зменшує рН, що знижує активність карбоангідрази, фіксацію вуглекислого газу та інтенсивність фотосинтезу [7]. Оптимальне рН 7 ± 1 , при зниженні та підвищенні - гальмуються біохімічні реакції фотосинтезу [6, 8].

Отже, при виборі умов функціонування повного МПЕ необхідно враховувати фактори, що впливають на інтенсифікацію фотосинтезу мікроводоростями. Наприклад, зміна рН протягом функціонування повного МПЕ, у зв'язку з переходом протонів з анодного в катодний напівелемент та виділенню мікроводоростями продуктів метаболізму в католіт, може негативно вплинути на інтенсивність фотосинтезу, в такому випадку може бути передбачена часткова заміна католіту або використання буферних розчинів. Крім вищенаведених факторів на ефективність фотосинтезу впливає склад католіту а також біологічні фактори: вид мікроводоростей, концентрація клітин, вік культури тощо, що має бути враховано для збільшення ефективності МПЕ.

Список використаної літератури:

1. Koltysheva D., Shchurska K., Kuzminskyi Y. Microalgae and cyanobacteria as biological agents of biocathodes in biofuel cells. *BioTechnologia*. 2021. Vol. 102, no. 4. P. 437–444.
2. The impact of monochromatic blue and red LED light upon performance of photo microbial fuel cells (PMFCs) using *Chlamydomonas reinhardtii* transformation F5 as biocatalyst / J. C.-W. Lan et al. *Biochemical Engineering Journal*. 2013. Vol. 78. P. 39–43. URL:
3. Light intensity affects the performance of photo microbial fuel cells with *Desmodesmus* sp. A8 as cathodic microorganism / Y.-c. Wu et al. *Applied Energy*. 2014. Vol. 116. P. 86–90.
4. Kakarla R., Min B. Sustainable electricity generation and ammonium removal by microbial fuel cell with a microalgae assisted cathode at various environmental conditions. *Bioresource Technology*. 2019. Vol. 284. P. 161–167.
5. Effect of the temperature, pH and irradiance on the photosynthetic activity by *Scenedesmus obtusiusculus* under nitrogen replete and deplete conditions / J. Cabello et al. *Bioresource Technology*. 2015. Vol. 181. P. 128–135. URL:
6. Ceramic Soil Microbial Fuel Cells Sensors for Early Detection of Eutrophication / L. G. Olias et al. *Proceedings*. 2020. Vol. 60, no. 1. P. 64.
7. Enhancement of CO₂ biofixation and bioenergy generation using a novel airlift type photosynthetic microbial fuel cell / M. Li et al. *Bioresource Technology*. 2019. Vol. 272. P. 501–509.
8. Recent insights into microalgae-assisted microbial fuel cells for generating sustainable bioelectricity / M. E. Elshobary et al. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2021. Vol. 46, no. 4. P. 3135–3159.

ВИКОРИСТАННЯ ІММОБІЛІЗОВАНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Коцюба А.В., Саблій Л.А.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, akotsiuba17@gmail.com

У процесі використання анаеробно-аеробних технологій біологічного очищення стічних вод, часто стикаються з такими проблемами, як недостатнє очищення стічних вод, винесення активного мулу, спухання активного мулу, недостатня кількість біомаси мікроорганізмів, потреба у рециркуляції активного мулу. Дані проблеми вирішуються у випадку використання замість активного мулу іммобілізованих мікроорганізмів.

Метою даної роботи є аналіз результатів використання іммобілізованих мікроорганізмів для інтенсифікації очищення стічних вод та вибір найбільш ефективного методу іммобілізації.

Для іммобілізації мікроорганізмів використовують такі методи: адсорбція, вбудовування, попереднє зшивання та гранулювання [1].

Метод адсорбції заснований на електростатичній адгезії, поверхневому натягу та на адгезії між мікроорганізмами та носієм, завдяки чому клітини фіксуються на поверхні носія, утворюючи біоплівку з іммобілізованими мікроорганізмами. Даний метод є простим, мало впливає на мікробну активність, проте має певні обмеження видах носіїв, площі їх поверхні [2].

Інший метод – вбудовування, характерний тим, що мікробні клітини проникають у поровий простір нерозчинної у воді полімерної структури в процесі полімеризації або осадження, або за допомогою іонної дії, зміни рН, температури, виду розчинника. Цей метод іммобілізації простий, може підтримувати мультиферментну систему, утворювати мікросфери з високою міцністю фіксації, найбільш поширений.

Метод зшивання здійснюють з використанням подвійного або багатофункціонального реагенту, який взаємодіє з реакційними групами на поверхні клітини з утворенням ретикулярної структури іммобілізованих клітин шляхом перехресного зшивання з утворенням ковалентного зв'язку. Мікроорганізми поєднуються з високою міцністю, стабільністю і стійкістю до зміни рН та температури [2].

При використанні методу гранулювання іммобілізація мікроорганізмів відбувається шляхом флокуляції, за певних умов потоку у вигляді гранул. При цьому не використовується штучний носій, або середовище для вбудовування, а час, необхідний для іммобілізації, залежить від умов зовнішнього середовища. Гранульований мул найчастіше використовують для очищення стічних вод з високим вмістом органічних забрудників.

Для очищення стічних вод метод іммобілізації має бути простим у використанні, дешевим, мати довгий строк служби, забезпечувати утримання достатньої біомаси мікроорганізмів. Матеріал носія повинен бути нерозчинним у воді, мати велику площу поверхні для прикріплення мікроорганізмів.

У експериментальному досліді [1] було описано очистку стічних вод з високим вмістом Cu(II) за використання іммобілізованих методом адсорбції мікроорганізмів у порівнянні із не іммобілізованими мікроорганізмами з метою встановлення ефективності очищення від іонів купруму. У результаті ефективність очистки іммобілізованими мікроорганізмами була в рази вища, ніж вільно плаваючим активним мулом. Максимальна ефективність очищення стічної води від іонів купруму іммобілізованими мікроорганізмами склала 96,8%.

У дослідженнях [3] було виявлено, що використання іммобілізованих мікробіоценозів дозволяє досягти значних концентрацій хемолітотрофних бактерій (до 600мг абсолютно сухої маси бактерій на 1 г волокна «Вія» через 12 місяців роботи споруди), що дозволило досягти ефективності видалення ХСК до 95%, зокрема, окислення неорганічних сполук (сульфідів) до 98%.

Іншим прикладом є робота [4], у якій було досліджено очистку стічної води з високим вмістом Pb^{2+} - 200 мг/дм³, за використання іммобілізованих мікроорганізмів *Gelidium amansii*. Було досягнуто 100% ефект очищення від Pb^{2+} , за оптимальних умов - рН=4,5; температура – 45°C.

Використання різних методів іммобілізації дозволяє інтенсифікувати процес очищення стічних вод з різними параметрами, наприклад, за нестабільних значень рН та температури метод зшивання нівелює вплив даних показників на ефективність очищення, тоді як за наявності високої концентрації органічних сполук застосування методу гранульованого мулу є найбільш доцільним. Отже, можна стверджувати, що використання іммобілізованих мікроорганізмів не тільки забезпечує ефективну очистку стічних вод, а і дозволяє інтенсифікувати очистку, за значної ефективності процесу, враховуючи ХСК, та видалення важких металів.

Список використаної літератури:

1. The Application of Immobilized Microorganism Technology in Wastewater Treatment / Xiaofan Zhang et al. 2nd International Conference on Machinery, Materials Engineering, Chemical Engineering and Biotechnology. 2015. MMECEB. P. 103–106.
2. Mingzhong Hu, Yanan Tang, Xiaoyu Wang. Immobilized microorganism technology and the application of wastewater treatment. Advanced Materials Research Vols Trans Tech Publications. 2014. No. 955-959. P. 383–386.
3. Удосконалення технології біологічної очистки стічних вод / М.Д Волошин та ін. Дніпродзержинськ, 2009. 231 с.
4. Noura El-Ahmady El-Nagggar, Ragaa A. Hamouda, Ibrahim E. Mousa. Biosorption optimization, characterization, immobilization and application of *Gelidium amansii* biomass for complete Pb^{2+} removal. Scientific Reports. 2018. No. 8(1). P. 1–19.

БІОІНФОРМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ БІЛКІВ БІОМІНЕРАЛІЗАЦІЇ БІОГЕННИХ МАГНІТНИХ НАНОЧАСТИНОК У ПРОБІОТИКІВ

Мізюрко Л.А., Горобець С.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, liliamizyrko29.01@gmail.com

Магнітні наночастинки (МНЧ) широко використовуються в медицині для адресної доставки ліків і їх контрольованого вивільнення, в тканинній інженерії і регенеративній медицині, для детектування антитіл і ранньої діагностики хвороб, магнітної гіпертермії злоякісних пухлин тощо [1].

Отримати МНЧ можна хімічними, фізичними або біологічними (зеленими) методами. Підходи до зеленого синтезу забезпечують стійкий, економічний і менш жорсткий метод синтезу наночастинок порівняно з хімічними або фізичними методами. Крім того, біологічний синтез забезпечує контроль над розміром і формою для необхідних застосувань. Такі організми, як бактерії, гриби, дріжджі, віруси та водорості, досліджуються як відновники або стабілізуючі агенти для синтезу наночастинок металів, таких як золото, срібло, мідь, кадмій, платина, паладій, титан, цинк, залізовмісні сполуки тощо [2]. Серед бактерій для біологічного синтезу наночастинок металів найбільш широко використовуються магнітотаксисні бактерії (МТБ), так як вони синтезують магнітокеровані магнітосоми, які без додаткової модифікації можна використовувати в системах векторної доставки ліків [3]. МТБ зустрічаються в різних філогенетичних лініях бактерій та незважаючи на повсюдне поширення та велику різноманітність, вирощування МТБ у лабораторіях є складним процесом. Проблеми виникають внаслідок способу життя, який адаптований до хімічно специфічних водних середовищ існування, які важко імітувати в лабораторних умовах. Оскільки не достатньо вивчені умови селективного росту для вирощування МТБ, ефективне відділення магнітотаксисних клітин від немагнітних забруднень, яке є вирішальним для їх ізоляції. На даний час в чистій культурі було виділено лише кілька штамів МТБ, і більшість ізолятів погано характеризуються з точки зору умов росту та фізіології. Також МТБ здебільшого є патогенними для людини.

МНЧ можна отримувати за допомогою мікроорганізмів, зокрема пробіотиків. Пробіотичні мікроорганізми є безпечними для людини, тому з ними можна працювати без спеціальних умов. Для виявлення потенційних продуцентів МНЧ серед пробіотичних мікроорганізмів було використано програму «BLAST» аналогічно роботі [4]. Для порівняння обиралися білки групи Mam (MamA, MamB, MamM, MamO, MamE, MamK) бактерії *Magnetospirillum gryphiswaldense* MSR-1, для якої генетичний процес біомінералізації БМН вивчено найбільш докладно. Для оцінки гомології порівнювались параметри: E-value – статистична значимість вирівнювання ($E \leq 0.05$ – послідовності гомологічні); Ident – кількість ідентичних амінокислотних залишків порівнюваних білків (значення від 24 до 45% вказує на можливу гомологію); Length – довжина вирівнювання (має бути довше за 100); функції білків

біомінералізації БМН у магнітотаксисної бактерії *Magnetospirillum gryphiswaldense* MSR-1 та представників пробіотиків.

Результати вирівнювання представлені в таблиці 1. Згідно отриманих результатів досліджені пробіотичні мікроорганізми є потенційними продуцентами МНЧ. Оскільки згідно дослідження параметри мають значення: Е-число від 10^{-10} до 0,05, Ident (I) – від 24% до 45%, Length більше 100, функції білків подібні.

Таблиця 1 – Результати вирівнювання пробіотичних мікроорганізмів.

Штам мікроорганізму	Повно та генному	Е-число, Identity (%), Length					
		Білки <i>Magnetospirillum gryphiswaldense</i> MSR-1					
		MamA	MamB	MamM	MamO	MamE	MamK
<i>Lactobacillus. casei</i> <i>ssp. casei</i> CCM 7088	повний	1.1 24.59% 879	5e-15 25.4% 314	2e-18 27.2% 314	2e-04 26.7% 442	3e-23 39.7% 442	2e-11 28.1% 329
<i>Bacillus licheniformis</i> DSM 13	повний	2e-07 26.2% 216	3e-30 28.3% 290	5e-31 29.2% 290	1e-04 25.6% 456	1e-28 39.8% 456	1e-11 25.5% 336
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> ATCC 15820	повний	1.7 27.78% 721	2e-15 25.4% 314	8e-19 26.8% 314	8e-04 25.5% 444	1e-21 38.3% 444	3e-11 26.6% 329
<i>Bacillus subtilis</i> 168	повний	1e-07 25.8% 423	1e-46 33.8% 297	1e-32 29.7% 290	4e-05 21.7% 400	8e-27 38.6% 449	8e-12 25.2% 337
<i>Escherichia coli</i> k12	повний	0.003 24.8% 1266	6e-19 28.9% 307	1e-12 22.9% 300	7e-12 28.9% 456	3e-36 39.7% 245	8e-05 24.5% 367
<i>Lactobacillus acidophilus</i> DSM 20079 = JCM 1132	повний	0.002 26.2% 210	1e-08 22.8% 299	6e-09 23.1% 299	5e-07 24.4% 412	5e-24 39.4% 412	3e-13 26.7% 334
<i>Saccharomyces boulardii</i> CNCM I-745	повний	2e-07 18.3% 746	3e-15 26.2% 484	7e-14 26.4% 484	1.4 21.5% 590	0.76 32.7% 523	2e-04 21.6% 375

Список використаної літератури:

1. Veisheh O., Gunn J.W., Zhang M. Design and Fabrication of Magnetic Nanoparticles for Targeted Drug Delivery and Imaging // Adv. Drug Deliv. Rev. 2010. Vol. 62. P. 284.
2. Senapati S, Mandal D, Ahmad A, Khan MI, Sastry M, Kumar R (2004) Fungus mediated synthesis of silver nanoparticles: a novel biological approach. Indian J Phys 78A:101–105
3. Kuzajewska D. et al. Magnetotactic Bacteria and Magnetosomes as Smart Drug Delivery Systems: A New Weapon on the Battlefield with Cancer? Biology (2020)
4. Gorobets O. Yu. Dekker Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, 3rd ed. Taylor & Francis, 2014, pp. 300–306.

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ОЛІЇ РИСОВИХ ВИСІВОК ЯК
АЛЬТЕРНАТИВНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ СИНТЕЗУ БІОДИЗЕЛЯ****Нестеренко В. П.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, nesterenko.valentyna@lil.kpi.ua**

Підвищення рівня споживання традиційного викопного палива після промислової революції в 19 столітті призвело до різкого зростання концентрації парникових газів в атмосфері та, як наслідок, викликало зростання глобальної середньої температури на планеті, погіршення умов навколишнього середовища, порушення екологічної рівноваги поглиблення проблем сталого розвитку. Вчені та політики звертають все більше уваги на використання біопалива через його переваги такі як структура, подібна до дизелю, і нижчий рівень викидів при спалюванні. Однак вартість виробництва біодизелю та масштаби використання їстівних олій для синтезу в умовах світової продовольчої кризи значно знижують його ефективність [1].

Відходи виробництва рису як дешева альтернативна сировина для синтезу біодизеля можуть допомогти знизити його вартість. Олія рисових висівок — це неїстівна олія, що виготовляється з твердих зовнішніх шарів рисового зерна. Рисові висівки мають високий вміст білку (14-16%), тому після екстракції олії їх можна використовувати в якості корму для тварин. Олія не придатна для харчування через підвищену кислотність навіть на початкових термінах зберігання.

Китай та Індія лідирують у світовому виробництві олії рисових висівок з річними темпами виробництва 6 000 000 і 1 000 000 тонн відповідно. Залежно від сорту рису та ступеня подрібнення рисові висівки містять 16-32 мас.% олії, що складається приблизно з 68-71% триацилгліцеринів, 2-3% дигліцеринів, 5-6% моногліцеринів і 2-3% вільних жирних кислот. Через наявність у висівках активних ліпаз вміст вільних жирних кислот в олії рисових висівок співвідносний з іншими харчовими оліями (Таблиця 1) .

Таким чином, існує потенціал для значного глобального розширення виробництва та застосування олії рисових висівок як сировини для виробництва біодизеля [2, 3].

Синтез біодизелю з олії рисових висівок не потребує розроблення особливих дороговартісних методів чи установок. Виготовлення біодизелю здійснюється шляхом добре відомої етерифікації та переетерифікації *in situ* з використанням лугу, кислоти чи ліпази як каталізатора, а також некаталітичні методи за надкритичних умов [1].

Дослідження показують, що властивості біодизельного палива отриманого з рисових висівок (кислотне число, теплотворча здатність, густина, стабільність до окислення та температура спалаху) відповідають стандартам Американського товариства випробувань і матеріалів (ASTM) D6751 та Європейському стандарту біодизельного палива EN 14214, за винятком кінематичної в'язкості, що становить від 8,061 до 22,791 мм².с⁻¹. Ці дані демонструють реальну можливість

виробляти повністю відновлюване та стійке біодизельне паливо в соціально-економічному, екологічному та сільськогосподарському контексті [3].

Таблиця 1 - Цетанове число та масовий склад жирних кислот рослинних олій [4]

	Лауринова кислота	Міристинова кислота	Пальмітинова кислота	Стеаринова кислота	Пальмітолеї- нова кислота	Олеїнова кислота	Лінолева кислота	Ліноленова кислота	Цетанове число
Кукурудзяна олія	0	0	11,81	2,13	0.12	27,35	57,74	0,63	52,5
Соняшникова олія	0	0.04	6,26	3,93	0.06	20,77	67,75	0,15	51,9
Оливкова олія	0	0.05	11,47	2,83	0.9	74,52	9,54	0,51	58,9
Пальмова олія	0,37	1,13	42.39	4,2	0,17	40,91	9,7	0,29	61,2
Рапсова олія	0	0,04	4.07	1,55	0,23	62,24	20,61	8,72	54,1
Соєва олія	0.08	0.12	11.44	4.14	0.16	23.47	53.46	6.64	51.8
Олія рисових висівок	0	0.51	9.39	9.41	0.13	24.22	38.12	17.54	50.4

Список використаної літератури:

1. Rice bran oil-based biodiesel as a promising renewable fuel alternative to petrodiesel: A review / A. T. Hoang et al. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2021. Vol. 135. P. 110204. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110204> (дата звернення: 03.05.2022).
 2. Rice bran oil based biodiesel production using calcium oxide catalyst derived from *Chicoreus brunneus* shell / H. Mazaheri et al. Energy. 2018. Vol. 144. P. 10–19. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.073> (дата звернення: 03.05.2022).
 3. Investigation of ethyl biodiesel via transesterification of rice bran oil: bioenergy from residual biomass in Pelotas, Rio Grande do Sul - Brazil / V. A. Lourenço et al. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2021. Vol. 144. P. 111016. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111016> (дата звернення: 03.05.2022).
- Giakoumis E. G., Sarakatsanis C. K. Estimation of biodiesel cetane number, density, kinematic viscosity and heating values from its fatty acid weight composition. Fuel. 2018. Vol. 222. P. 574–585. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.187> (дата звернення: 03.05.2022).

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД МОЛОКОЗАВОДУ
ВІД СПОЛУК АЗОТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ІММОБІЛІЗОВАНИХ
МІКРООРГАНІЗМІВ****Проніна Я.А., Саблій Л.А.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, proninayana1999@gmail.com**

На підприємствах молочної промисловості забруднення стічних вод складаються з відходів, що утворюються при виробництві молока та молочної продукції. Стічні води підприємств молокопереробної промисловості характеризуються нерівномірністю водовідведення, показники їх складу коливаються в межах: температура – 25-70°C; ХСК – 2000-15000 мг/дм³; БСК_{повн} – 800-3500 мг/дм³; завислі речовини – 300-1500 мг/дм³; жири – 100-450 мг/дм³; сполуки азоту – 50-60 мг/дм³; фосфору – 15-25 мг/дм³; рН – 3,5-11,5 [1].

Метою роботи є встановлення оптимальних величин параметрів біологічного очищення стічних вод від різних сполук азоту з використанням іммобілізованих на носіях мікроорганізмів в аеробних умовах для підвищення ефективності очищення від сполук азоту.

Очищення стічних вод молокозаводу від сполук азоту проводили в лабораторних умовах в аноксидному та аеробному біореакторах. Дослідження очищення стічних вод молокозаводу від сполук азоту були проведені за наступними показниками: тривалості аноксидного процесу – 8 год (І ступінь – 4 год., II ступінь – 4 год), тривалості аеробного процесу – 4 год, рН – 7,6-8, концентрації розчиненого кисню у стічній воді: в аноксидних умовах – 0,1-0,2 мг/дм³, в аеробних – 1,5-2,0 мг/дм³, концентрації біомаси іммобілізованих мікроорганізмів – в аноксидних умовах 25-30 г/дм³, в аеробних – 15-20 г/дм³ [2].

Визначено технологічні параметри очищення стічних вод в експериментальному біореакторі з активним мулом, такі як: питоме навантаження за сполуками азоту на активний мул, питома швидкість окиснення органічних речовин, окисна потужність експериментального біореактора. Навантаження на мул за $N_{\text{заг}}$ змінювалося у межах 0,96-4,7 мг/(г·год) в аноксидному біореакторі I ступеня, 0,75-4,56 мг/(г·год) в аноксидному біореакторі II ступеня та 0,61-4,37 мг/(г·год) в аеробному біореакторі. Окисна потужність за $N_{\text{орг}}$ змінювалося у межах 3,36-30,6 г/(м³·добу) в аноксидному біореакторі I ступеня, 3,51-14,12 г/(м³·добу) в аноксидному біореакторі II ступеня та 0,88-5,72 г/(м³·добу) в аеробному біореакторі. Швидкість окиснення $N_{\text{орг}}$ змінювалася від 0,07 мг/(г·год) до 0,61 мг/(г·год) в аноксидному біореакторі I ступеня, у межах 0,08-0,33 мг/(г·год) аноксидному біореакторі II ступеня та у межах 0,02-0,16 мг/(г·год) в аеробному біореакторі.

Концентрації азоту загального на вході змінювали в аноксидному біореакторі I ступеня від 53,6 мг/дм³ до 33 мг/дм³ в аеробному біореакторі, азоту органічного на вході в аноксидний біореактор I ступеня від 12,3 мг/дм³ до 3,8 мг/дм³ у аеробному біореакторі.

В аноксидних умовах найбільший ефект видалення сполук азоту загального склав 32,4% при початковій концентрації $N_{\text{заг}}^{\text{поч}} = 12,6$ мг/дм³, азоту органічного 53% при початковій концентрації $N_{\text{орг}}^{\text{поч}} = 6,6$ мг/дм³. В аеробних умовах ефект очищення стічних вод від сполук азоту загального склав 21% при початковій концентрації $N_{\text{заг}}^{\text{поч}} = 33$ мг/дм³, азоту органічного 50% при початковій концентрації $N_{\text{орг}}^{\text{поч}} = 0,06$ мг/дм³ [2].

Отже, в результаті проведених досліджень встановлено, що при використанні технології біологічного очищення стічних вод молокозаводу від сполук азоту за допомогою іммобілізованих на носіях «ВІЯ» мікроорганізмах найбільш ефективним виявлено аеробне очищення з використанням аноксидних та аеробного біореакторів. Ефект видалення азоту органічних сполук при 4 годинах роботи установки досягає 50%. Концентрації в очищеній воді, мг/дм³, на виході з останнього – аеробного біореактора складали: азоту амонійного до 0,5-1,8 (норма – 2 мг/дм³), нітритів до 0,03-0,25 (норма - 1 мг/дм³) і нітратів до 3,5-24 (норма – 10,15 мг/дм³). Отримані показники відповідають гранично допустимим концентраціям забруднюючих речовин у водних об'єктах господарсько-питного та комунально-побутового водокористування.

Список використаної літератури:

1. Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук. Київ, 2011. - 40 с.
2. Патент України на винахід № 94856, МПК C02F 3/30. Спосіб біологічного очищення стічних вод / Гвоздяк П.І., Кузьмінський Є.В., Саблій Л.А., Жукова В.С. № а 2010 06126; заявл. 20.05.10, опубл. 10.06.11, Бюл. № 5.

АНТИБІОТИКИ В ҐРУНТОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ: МЕТОДИ ВІЯВЛЕННЯ ТА БІОРЕМЕДІАЦІЇ

Пюрко З.М.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, zoryanapyurko38@gmail.com

У країнах, що розвиваються, використання антибіотиків допомогло знизити рівень смертності за рахунок мінімізації смертей, спричинених патогенними інфекціями. Проте, надходження антибіотиків у навколишнє середовище, яке виникає при виробництві та використанні, створює складну екологічну проблему [1]. Антибіотики впливають на ґрунтові мікроорганізми, змінюючи їх ферментну активність і здатність метаболізувати різні джерела вуглецю, а також змінюючи загальну мікробну біомасу та відносну кількість різних груп у мікробних спільнотах.

Для виявлення антибіотиків використовують: хроматографічні методи, електрофорез або імуноферментний аналіз (ELISA), сенсори на біологічній основі, аналітичні технології (такі як мас-спектрометрія та рідинна хроматографія/мас-спектрометрія) [1,2].

Оскільки багато абіотичних і біотичних факторів впливають на деградацію антибіотиків, різні групи цих фармацевтичних препаратів відрізняються за швидкістю деградації в ґрунті, про що свідчить великий діапазон періодів напіврозпаду в ґрунті, від <1 до 3466 днів [2].

Основними організмами, які здійснюють біоре mediaцію ґрунтів, забруднених антибіотиками, є бактерії і гриби. Бактерії, які будуть використовуватися в процесі біоре mediaції, повинні бути здатними виживати в екстремальних умовах (волога, рН, осмотичні фактори і т.д.) [2,3].

Встановлено велику кількість бактерій, здатних до біодеградації антибіотиків, зокрема бактерії родів *Microbacterium*, *Burkholderia*, *Stenotrophomonas*, *Labrys*, *Ochrobactrum* та *Escherichia* здатні розкласти сульфаметазин, пеніцилін G, тетрациклін, еритроміцин та доксициклін відповідно у рідких культурах. Інші бактерії, що належать до родів *Klebsiella*, *Acinetobacter*, *Escherichia*, *Microbacterium*, *Labrys* і *Bacillus* здатні руйнувати хлорамфенікол, сульфапіридин, сульфаметазин, ципрофлоксацин, норфлоксацин і цефтіофур. Зокрема, встановлено, що при внесенні в ґрунт *Microbacterium sp.* мінералізація сульфаметазину підвищилася на 44 – 57% [1,3].

Зважаючи на велику кількість перспективних агентів біодеградації, біоре mediaція за участі бактерій може стати цінним і екологічно безпечним способом видалення антибіотиків з навколишнього середовища.

Список використаної літератури:

1. [Cycoń M.](#), [Mrozik A.](#) Antibiotics in the Soil Environment—Degradation and Their Impact on Microbial Activity and Diversity. *Front. Microbiol.* 2019
2. Koch N. Environmental antibiotics and resistance genes as emerging contaminants: Methods of detection and bioremediation. [Current Research in Microbial Sciences](#). 2021. [Vol. 2](#), 100027
3. Jagtap U.B. Bioremediation Strategies for Removing Antibiotics from the Environment. *Antibiotics and Antimicrobial Resistance Genes*. 2020. P. 319 – 337. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40422-2_15

ПОРІВНЯННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ СОАПСТОКУ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ БІОДИЗЕЛЮ

Салацький Є.А., Саблій Л.А.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Одним із напрямків забезпечення енергетичної незалежності України від постачальників рідкого пального (дизель, бензин) є створення технологій одержання біодизелю, що зможе покрити частину потреб держави. Проблема виробництва біодизелю полягає в рослинній сировині, що використовують для його отримання. При використанні з цією метою олій, або жирних кислот цих олій, необхідно задіяти орні території, що задовольняють потреби населення у їжі, тож вирощування ріпаку на зазначеній території є недопустимим. Компромісом буде використати продукти очистки соапстоку виробництва харчових олій, що є відходом, який не використовують як харчовий продукт.

Мета – розглянути можливі методи переробки соапстоку для одержання біодизелю та порівняти для вибору більш економічно доцільного варіанту.

Соапстоки містять значну частку жиру (більше 60%), тож буде доцільним отримувати з них жирні кислоти для подальшого використання у виробництві біодизелю. Основним методом для цього є розклад жиру соапстоку в присутності сірчаної кислоти на гліцерол та шукані жирні кислоти. Виникає необхідність знайти серед економічно доцільних умов процесу оптимальний варіант. На теренах України подібне є актуальним для виробництв харчових олій, наприклад, соняшникової олії. У дослідженні [1] обрали соапсток з неї, що за якостями відповідав ДСТУ 5033. Якість отриманих жирних кислот оцінювали за омилювальним числом. Проводили аналіз умов перебігу процесу при концентрації сірчаної кислоти в реакційній масі в межах 20-100%, та концентрації сірчаної кислоти в розчині – 20-80% та отримали, що економічно доцільні умови були при 80% та 50% відповідно; омилювальне число складало 186,4 (мг КОН)/г. Процес протікав впродовж 40 хв при 90-95°C. Вміст жирних кислот при цьому складав 97,0%, проте в дослідженні не прив'язали до конкретного вмісту сірчаної кислоти, тож необхідне додаткове дослідження [1].

Подібний процес переробки соапстоку виконали в досліді [2] для створення біодизелю з соапстоку рису з вмістом перед безпосередньо естерифікацією вільних жирних кислот у 90,94%. В цьому дослідженні вихід біодизелю складав 91,5% за оптимальних умов (40°C). Можна використати наведений досвід для отримання пального з переробленого соапстоку з соняшника.

В дослідженні [3] розробили метод переробки соапстоку, сутність якого полягає в отриманні вільних жирних кислот з соапстоку (як в дослідах [1, 2]) з подальшим каталітичним крекінгом отриманих жирних кислот з використанням калій карбонату, з подальшою ізомеризацією та гідрогенізацією на цеолітах Ce-Pt/SAPO-11 та Ce-Pt/ZSM-5, та остаточною гідрогенізацією на платині. При цьому вміст алканів буде складати приблизно 47%, що дозволить витратити менше реагентів на естерування.

Переробка соапстоку в вільні жирні кислоти для безпосереднього використання при отриманні біодизелю є більш дешевим способом, ніж переробка за технологією з використанням каталітичного крекінгу, ізомеризації та гідрогенізації, бо не потребує значних температур (95°C - пікова температура[1], у той час як ізомеризація на цеоліті потребує більше 320°C, а каталітичний крекінг – ще вище [3]), проте у другій технології переробки якість отриманого біодизелю буде вище за рахунок підвищеного цетанового числа (через вже наявні алкани) та відповідно меншого накопичення кіптяви через коротші карбонові ланцюги, ефективність та швидкість згорання яких буде вище, ніж при більш довгих ланцюгах; якість буде також вище через більшу ступінь насиченості через гідрогенізацію вільних жирних кислот.

На підставі розглянутої інформації провели порівняння технологій переробки соапстоку для одержання біодизелю, та встановили, що якість пального буде вище при використанні процесу з додатковим використанням каталітичного крекінгу, ізомеризації та гідрогенізації за рахунок отримання алканів (47% від маси результату переробки соапстоку), що потребує значних витрат теплової енергії. Біодизель, отриманий наведеним методом, буде значно дорожче за біодизель, отриманий з лише окисдованих соапстоків. Доцільно буде використовувати соапстоки соняшникової олії, що отримують в найбільших кількостях через масштаб вирощування соняшника на теренах України, в той час як другий дозволить більше знизити залежність від постачальників рідкого пального, надаючи відновлювальне джерело алканів у суміші з естерами.

Список використаної літератури:

1. Kalyna V., Stankevych S., Myronenko L. Improvement of the technology of fatty acids obtaining from oil and fat production waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 2, No 6 (116). P. 6-12.
2. Muanruksa P., Wongsirichot P., Winterburn J. Valorization of palm oil soap stock waste toward for biodiesel production: Process optimization under zero waste concept. *Biomass and Bioenergy*. 2021. Vol. 154, A. 106231.
3. Jiang X., Long F., Zhai Q. Catalytic cracking of acidified oil and modification of pyrolytic oils from soap stock for the production of high-quality biofuel. *New Journal of Chemistry*. 2022. Vol. 46, P. 1770-1778.

ОПТИМІЗАЦІЯ СТВОРЕННЯ БІОСЕЛЕКТИВНОГО ЕЛЕМЕНТУ ППР-БІОСЕНСОРА ДЛЯ ДЕТЕКЦІЇ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ ОЛІГОНУКЛЕОТИДІВ ФІЛАДЕЛЬФІЙСЬКОЇ ХРОМОСОМИ

Соболевський М.С.¹, Самойлов А.В.², Ушенін Ю.В.², Солдаткін О.П.¹

¹Інститут молекулярної біології та генетики НАН України,

maxim.sobolevskiy@gmail.com

²Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова

Однією з нагальних проблем у діагностиці хронічної мієлоїдної лейкемії є розробка таких методів детекції філадельфійської хромосоми, які матимуть меншу вартість виготовлення та експлуатації апаратів і більшу швидкість аналізу, ніж ПЛР та FISH. Перспективним напрямом у детекції олігонуклеотидів гібридного гена *BCR-ABL1* філадельфійської хромосоми є розробка гібридизаційних ДНК-біосенсорів на основі спектрометрії поверхневого плазмонного резонансу (ППР).

Метою даної роботи була оцінка впливу послідовності цільового олігонуклеотида та умов іммобілізації зондового олігонуклеотида на селективність ППР-біосенсора у разі гібридизації іммобілізованих олігонуклеотидів з олігонуклеотидами-мішенями. Оскільки в структурі гена *BCR-ABL1* можуть відбуватись спонтанні точкові мутації, було також вирішено провести дослід з селективної гібридизації ДНК-мішеней, що відрізняються між собою точковими замінами одного або двох нуклеотидів.

Дослід з детекції олігонуклеотидів-мішеней виконували на ППР-спектрометрі «Плазмон-6», що розроблений Інститутом фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України. Для цього на сенсорній поверхні було іммобілізовано зондові одноланцюгові молекули ДНК *mod-Ph*, що повністю комплементарні до 24-основного фрагменту гібридного гена *BCR-ABL1* у разі перебудови e13a2 [1]. Розчини, в яких проводили їх іммобілізацію, обрано з тих міркувань, що за низької концентрації йонів у середовищі збільшується електростатичне відштовхування між ДНК-зондами, що приводить до зменшення кількості молекул, іммобілізованих на сенсорній пластинці та зменшення стеричних перешкод для їх подальшої гібридизації з цільовими молекулами ДНК [2]. Селективність отриманих біосенсорів визначали як відношення сенсорних відгуків у разі гібридизації *mod-Ph* із повністю комплементарною мішенню та з частково комплементарним олігонуклеотидом, що відповідає ділянці гена *BCR* за відсутності розриву між 13 та 14 екзонами [1].

Імобілізацію *mod-Ph* проводили за методикою Herne і Tarlov [3] у середовищі таких буферних розчинів: KH_2PO_4 (рН 4) концентрацією 0,5 М та цитратного буферного розчину (рН 3) концентраціями 0,02, 0,1 та 0,25 М.

З метою визначення селективності ППР-біосенсорів для детекції точкових замін нуклеотидів було проведено досліди з гібридизації трьох 21-основних зондових олігонуклеотидів, послідовності яких відрізняються між собою однією або двома азотистими основами, із відповідними цільовими олігонуклеотидами. Середовище імобілізації зондів – 0,5 М KH_2PO_4 (рН 4).

В результаті проведених нами досліджень та отриманих даних можна зробити такі висновки:

1. Встановлено, що найвищі значення сенсорного відгуку даних модифікацій ППР-біосенсора спостерігаються для концентрацій цільових олігонуклеотидів, вищих за 200 нМ.
2. Виявлено, що середовищем для імобілізації, що дає змогу для зв'язування із сенсорною поверхнею найбільшої кількості зондових молекул *mod-Ph*, є 0,5 М розчин KH_2PO_4 .
3. Оцінено, що найменшою детектованою концентрацією олігонуклеотидів-мішеней для досліджених модифікацій ППР-біосенсора є 50 нМ.
4. Показано, що ППР-біосенсор, модифікований зондами *mod-Ph* у цитратному буферному розчині, демонструє значення селективності (2,2-2,3 відносні одиниці) вищі, ніж значення селективності біосенсора, модифікованого відповідними зондами у середовищі 0,5 М KH_2PO_4 (1,6 відносних одиниць).
5. Встановлено, що селективність ППР-біосенсора для детекції одонуклеотидних замін у цільовому олігонуклеотиді становила від 1,2 до 2,9 відносних одиниць.

Список використаної літератури:

1. Ross, D., O'Hely, M., Bartley, P. et al. Distribution of genomic breakpoints in chronic myeloid leukemia: analysis of 308 patients. *Leukemia*. 2013. № 27, P. 2105–2107.
2. Peterson A.W., Heaton R.J., Georgiadis R.M., The effect of surface probe density on DNA hybridization. *Nucleic Acids Res.* 2001, Vol. 29, №24, P. 5163-5168.
3. T. Herne, M. Tarlov. Characterization of DNA Probes Immobilized on Gold Surfaces. *Journal of the American Chemical Society*. 1997. Vol. 119, №38. P. 8916–8920.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ ГОМОЛОГІВ МАМ-БІЛКІВ МАГНІТОТАКСИСНИХ БАКТЕРІЙ У ЛЮДИНИ З ОНКОЛОГІЧНИМИ ТА НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ

Спірідонова А.В., Горобець С.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, pitbm@ukr.net

Поява та розвиток онкологічних і нейродегенеративних захворювань супроводжується підвищенням рівня заліза в тканинах. Показано, що накопичення заліза не обумовлене змінами рівня феритину або трансферину, а надлишок заліза присутній у формі магнетиту – магнітного оксиду заліза, що був виявлений у зразках пухлинних тканин та тканин мозку людей, хворих на нейродегенеративні захворювання [1,2].

В роботах [3,4] показано зв'язок між розвитком онкологічних та нейродегенеративних захворювань та підвищенням рівня біогенних магнітних наночастинок в уражених тканинах, що може слугувати прогностичним індикатором. Таким чином, можна припустити, що визначення закономірностей зміни експресії гомологів основних мам-білків магнітотаксисних бактерій у людини та пошук їх зв'язків з онкологічними і нейродегенеративними захворюваннями дозволяє визначити серед відомих гомологів основні, відповідальні за підвищення кількості біогенних магнітних частинок при цих захворюваннях.

З огляду на функціональне призначення, білки магнітосомного острівця можна поділити на два класи: білки без яких не відбувається процес біомінералізації магнетиту (MamA, MamB, MamM, MamE, MamO) та регуляторні білки, які задіяні в контролі форми, розмірів та структурної організації БМН в МТБ (MamQ, MamL, MamI, MamK, MamJ, MamD, MamF, MamC, MamG, MamY, MamX, MamZ, MamP, MamT, MamR та MamS) [5].

При пошуку гомологів мам-білків МТБ у людини за допомогою веб-сервісу BLAST було визначено 16 гомологів основних мам-білків МТБ з найкращими вагою вирівнювання послідовностей та значенням E-value: PEX5, ANAPC7, CDC23, CDC27, DPAGT, SGTA (гомологи MamA); SLC30A4, SLC30A9, SLC39A3, SLC39A4 (гомологи MamB та MamM), HTRA1, HTRA2, HTRA3, HTRA4 (гомологи MamE та MamO); SCRIB, PDZD3, PDZK1 (гомологи MamE) [6].

За допомогою інформації про рівень експресії гомологів мам-білків МТБ при онкологічних захворюваннях, представлений в базі даних The Cancer Genome Atlas, визначено закономірне зростання рівня експресії при 16 видах раку для білків PEX5 та ANAPC7 (гомологи MamA), SLC39A3 та SLC39A4 (гомологи MamB та MamM), HTRA4 (гомолог MamO та MamE) та SCRIB (гомолог MamE). При дослідженні локалізації гомологів мам-білків МТБ у людини за допомогою бази даних Ensemble встановлено пари генів SCRIB-SLC39A4, DPAGT-PDZD3 та SLC39A3-SGTA, які потенційно можуть бути зчепленими генами. Аналіз мутацій в консервативних доменах за допомогою веб-сервісу ClinVar показав

зв'язок з нейродегенеративними захворюваннями білків PEX5, DPAGT, HTRA1, HTRA2 та SCRIB, а також зв'язок HTRA2 з онкологічними захворюваннями за умови мутацій у відповідних генах. В контексті асоціацій з онкологічними та нейродегенеративними захворюваннями, при аналізі метаболічних шляхів, представлених в базі даних KEGG, найбільшу увагу привертають гени CDC23, CDC37 та ANAPC7, залучені до регуляції клітинного циклу та метаболічного шляху розвитку вірусу Т-клітинної лімфоми типу 1, ген SLC39A4, що приймає участь в поглинанні мінеральних речовин, гени HTRA2 та SCRIB, залучені до регуляції апоптозу, ген HTRA2, залучений до розвитку нейродегенеративних захворювань, та SCRIB, що обумовлює розвиток вірусного карциногенезу та гострого мієлоїдного лейкозу за умови мутацій у відповідних генах.

За сукупністю отриманих даних, серед проаналізованих гомологів найбільша кількість асоціацій з онкологічними та нейродегенеративними захворюваннями спостерігається для білків PEX5 (гомолог MamA), ANAPC7 (гомолог MamA), HTRA4 (гомолог MamE та MamO), SCRIB (гомолог MamE) та SLC39A3 (гомолог MamB та MamM) та SLC39A4 (гомолог MamB та MamM) за умови мутацій у відповідних генах. Отримані дані дозволяють зробити припущення, що білки PEX5, ANAPC7, SGTA, SLC39A3, SLC39A4, HTRA4 та SCRIB є основними гомологами mam-білків магнітотаксисних бактерій у людини та зумовлюють підвищення рівня БМН при онкологічних та нейродегенеративних захворюваннях. Виявлені білки є не тільки маркерами білків біомінералізації БМН у людини, а і маркерами злоякісних новоутворень при діагностиці і терапії онкологічних захворювань та маркерами нейродегенеративних захворювань.

Список використаної літератури:

1. Hautot D. et al. Preliminary evaluation of nanoscale biogenic magnetite in Alzheimer's disease brain tissue // *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 2003. Vol. 270, № suppl_1.
2. Kobayashi A. et al. Studies of Inorganic Crystals in Biological Tissue: Magnetic in Human Tumor. // *Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy*. 1997. Vol. 44, № 3. P. 294–300.
3. Moos T., Morgan E.H. The metabolism of neuronal iron and its pathogenic role in neurological disease: review. // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2004. Vol. 1012. P. 14–26.
4. Brem F. et al. Magnetic iron compounds in the human brain: a comparison of tumour and hippocampal tissue. // *Journal of the Royal Society, Interface*. 2006. Vol. 3, № 11. P. 833–841.
5. Gorobets S. et al. Biogenic magnetic nanoparticles in human organs and tissues / // *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. – 2018. – Vol. 135. – P.49-57
6. Richter M. et al. Comparative genome analysis of four magnetotactic bacteria reveals a complex set of group-specific genes implicated in magnetosome biomineralization and function // *J Bacteriol*. 2007. Vol. 189, № 13. P. 899–910

**МОДЕЛЮВАННЯ ПЛАЗМІДИ ДЛЯ ШТАМУ-ПРОДУЦЕНТУ
CLOSTRIDIUM SP. IMB B-7570 З НАДЕКСПРЕСІЄЮ ГЕНУ *bdhA***

Тігунова О.О.¹, Братішко В.В.², Прийомов С. Г.¹, Шульга С.М.¹

¹ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки» НАН України,
shulga5@i.ua

²Національний університет біоресурсів та природокористування України

Бутанол важлива хімічна сировина, яка використовується в промисловому синтезі багатьох органічних сполук та як альтернативне паливо [1]. Бутанол виробляють з нафти гідролізом галогеналканів чи гідролізом і гідратацією алкенів. В останні роки поновився інтерес до мікробіологічного процесу отримання бутанолу як альтернативного палива, оскільки за прогнозами об'єми використання біопалива на ринку пального в найближчі роки сягне 30% [2]. Тому, пошук, створення та ідентифікація нових штамів-продуцентів бутанолу, оптимізація етапів культивування з використанням нехарчової сировини як субстрату є актуальним завданням [3].

Метою даної роботи є моделювання плазмиди для штаму-продуценту *Clostridium sp. IMB B-7570* з надекспресією гену *bdhA*.

Для досліджень використовували штам-продуцент бутанолу *Clostridium sp. IMB B-7570* з «Колекції штамів мікроорганізмів та ліній рослин для сільськогосподарської та промислової біотехнології» ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України». Для встановлення необхідних праймерів було використано програми Primer-BLAST, NEBcutter V2.0, для підбору плазмиди була використана база даних Addgene, GeneBank. Для моделювання плазмиди було використано програму SnapGene. Для оцінки результатів впливу генів на метаболізм використовували «аналіз балансу потоку». Для проведення аналізу потоків метаболізму використано алгоритми лінійного програмування COBRA Toolbox11. Для оптимізації розрахунків та моделювання використано програму MetNetMaker. Експресію гену бутанолдегідрогенази у відповідний фермент було відстежено у віртуальному середовищі методом FBrAtio.

Методами комп'ютерного моделювання SnapGene проведено конструювання плазмиди для внесення гену бутанолдегідрогенази *bdhA* в *Clostridium sp. IMB B-7570* на основі модифікованої плазмиди pUC19 *E.coli*. На першому етапі було зроблено заміну частини плазмиди Sall-BamHI на сайтвмістну вставку олігону Saii-DraI-HpyCH4IV-BamHI. Отриману модифіковану плазмиду використовували, як модель вектора для гена бутанолдегідрогенази за сайтами DraI-HpyCH4IV. В результаті дослідження отримано мапу модифікованої плазмиди pUC19, яка містила ген *bdhA* (рис 1).

Проведене моделювання плазмиди для штаму-продуценту *Clostridium sp. IMB B-7570* з геном *bdhA*, виконане методом FBrAtio, дало змогу відстежити експресію цього гену у відповідний фермент у віртуальному середовищі.

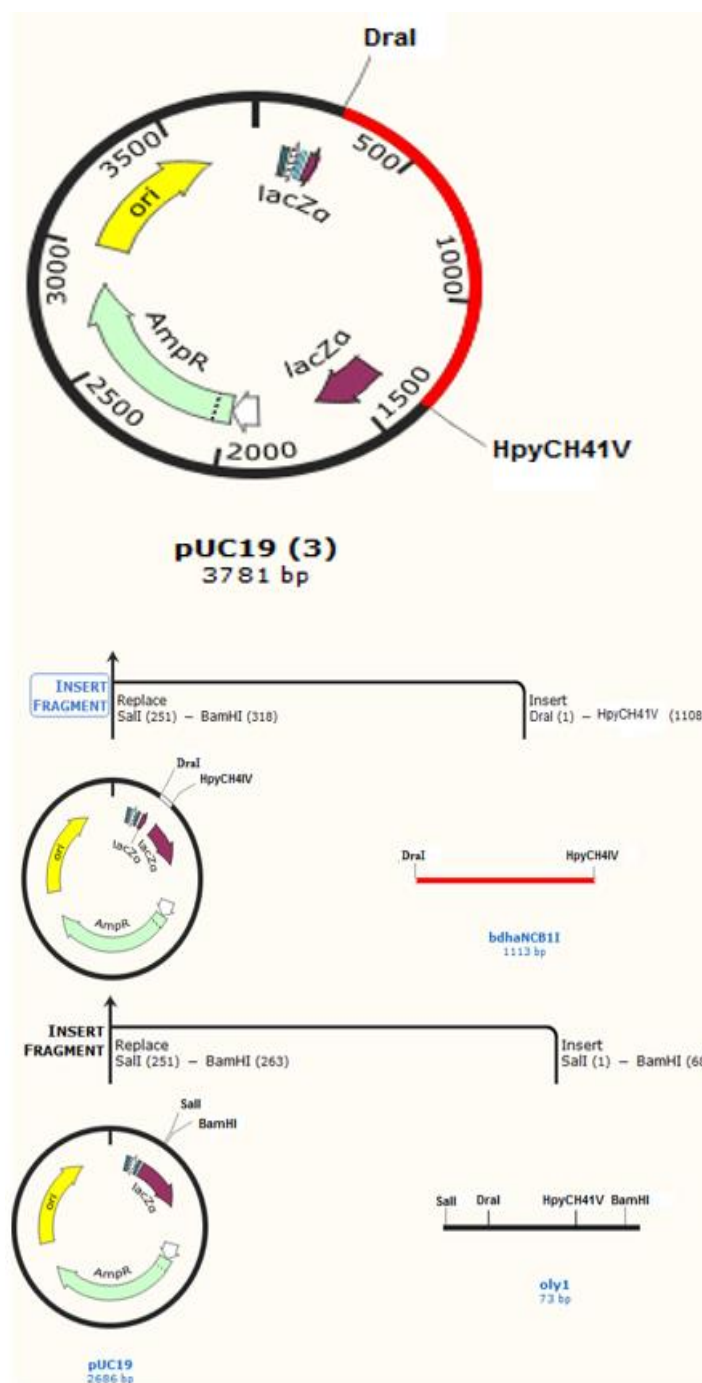


Рис.1. Конструювання плазміди з геном *bdhA* (<https://www.snapgene.com/>)

Список використаної літератури:

1. Hussain A., Shahbaz U., Khan S., Basharat S., Ahmad K., Khan F., Xia X. Advances in microbial metabolic engineering for the production of butanol isomers (isobutanol and 1-butanol) from a various biomass. Bioenerg. Res. 2022. <https://doi.org/10.1007/s12155-022-10410-8>
2. Abdelaal A.S., Yazdani S.S. Engineering *E.coli* to synthesize butanol. Biochem Soc Trans. 2022. <https://doi.org/10.1042/BST20211009>
3. Tigunova O. O., Kamenskyh D. S., Tkachenko T. V., Yevdokymenko V. A., Kashkovskiy V. I., Rakhmetov D. B., Blume Y. B., Shulga S. M. **Biobutanol Production from Plant Biomass**. Open Agriculture Journal. 2020, 14, 187-197. DOI: [10.2174/1874331502014010187](https://doi.org/10.2174/1874331502014010187)



Секція 3.

БІОТЕХНІКА. ОБЛАДНАННЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ. УЛЬТРАЗВУК В БІОТЕХНОЛОГІЇ



ОСОБЛИВОСТІ ІММОБІЛІЗАЦІЇ КЛІТИН СФЕРИЧНОЇ ФОРМИ ЗА МЕТОДОМ ЗАХОПЛЕННЯ В ПОРИСТИХ МАТРИЦЯХ

Воробйова О.В., Корнієнко К.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, volya020786@gmail.com

До носіїв іммобілізованих клітин відносять такі основні вимоги:

- Висока хімічна і біологічна стійкість.
- Висока механічна міцність.
- Велика питома поверхня, висока ємність, пористість і достатня проникливість для субстрату.
- Можливість отримання у вигляді зручних у технологічному плані форм.
- Легке переведення в реакційноздатну форму.
- Висока гідрофільність, що забезпечує можливість проведення реакції зв'язування клітин з носієм у водному середовищі.
- Низька собівартість [1].

Носії для іммобілізації можуть мати зернисту структуру, бути виконані у вигляді волокон, плівок, пустотілих трубок, мембран тощо. Зазвичай, носії використовують у вигляді порошків, дрібних кульок і гранул. Інколи, для зниження гідродинамічного опору – у формі монолітів, пронизаних великою кількістю вузьких паралельних каналів, розділених тонкими стінками. Важливими характеристиками носіїв є питома поверхня, розмір пор, механічна і хімічна стійкість [2].

За ознакою фізичної локалізації та характеру мікросередовища іммобілізовані клітинні системи можна розділити на чотири категорії (рис. 1).

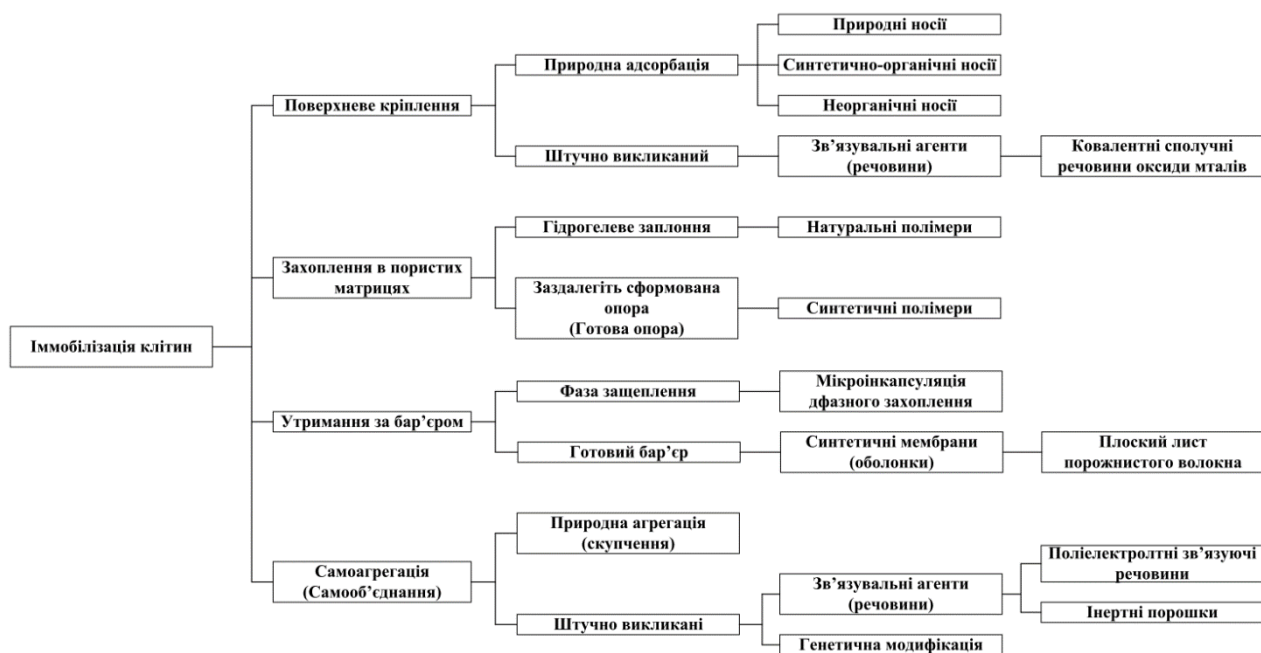


Рис. 1. Класифікація іммобілізованих клітинних систем відповідно до фізичної локалізації та природи мікросередовища

Першим кроком взаємодії клітини з поверхнею залежних від закріплення клітин є прикріплення, при якому клітини зберігають округлу форму, якою вони

володіли у суспензії. Клітини зазнають конформаційних змін, відомих як розповсюдження, при яких клітини збільшують свою поверхню перед прикріпленням до поверхні.

Кінетику прикріплення та розповсюдження було визначено шляхом вимірювання ефективного показника заломлення хвилеводу, кількості осередків на одиницю площі та параметра, що однозначно характеризує їх форму, наприклад площі контакту з поверхнею [3, 4].

Метод захоплення клітин (рис. 2) може забезпечувати вищу щільності, в порівнянні з поверхневою іммобілізацією, забезпечуючи клітинам захист при русі рідини. Однак ці щільні упаковки клітин частково можуть призвести до обмежень масообмін.

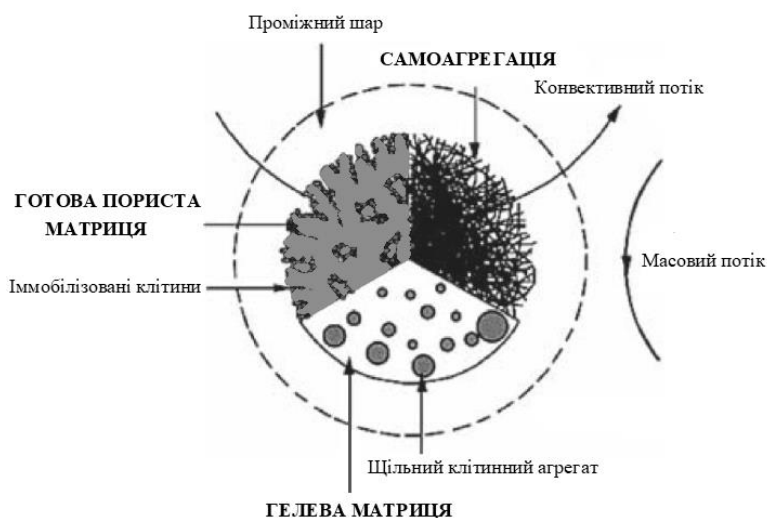


Рис. 2. Сферична частинка, що показує три методи іммобілізації:

- іммобілізація клітин у попередньо сформованій пористій частинці (верхній лівий);
- іммобілізація шляхом самоагрегації (тобто грибова гранула);
- іммобілізація в гелевому матриці (нижня частина).

Список використаної літератури:

1. Воробйова О.В., Корнієнко К.В., Шафаренко М.В. Дослідження ефективного рівня швидкості перемішування в біореакторі. Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки. 2021. Випуск 22, С. 39-49.
2. Грегірчак Н.М., Антонюк М.М. Іммобілізовані ферменти і клітини в біотехнології: Конспект лекцій для студ. спец. 8.05140101 «Промислова біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. Київ: НУХТ, 2011. 59 с.
3. Patent № CN101348782B - 2008. Macroreticular polyvinyl alcohol bead carrier and preparation thereof. <https://patents.google.com/patent/CN101348782B/zh?q=CN101348782B>
4. Willaert, R. G. Cell immobilization and its applications in biotechnology: Current trends and future prospects. Fermentation Microbiology and Biotechnology. 2011. Third Edition P. 313-368.

FILM EVAPORATOR OF PLATE TYPE WITH ELECTRIC HEATING ELEMENTS

Haniev K.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, kirillganev9@gmail.com

Evaporation processes are quite common in chemical, food and pharmaceutical industries. It is known that evaporation requires significant energy costs. One of the ways to reduce energy consumption during evaporation is to improve the design of evaporators, thereby increasing the intensity of boiling of the solution and, as a result, reduction in energy consumption. In this direction, the use of evaporators with a plate heating chamber is quite promising. Plate heating elements have high heat transfer coefficients, low metal content and high reliability.

The plate evaporator has a housing, separator and plate heating chamber which is a package of plates located between the clamping plates, as well as fittings for evaporating solution input, fittings for output evaporated solution, secondary steam and condensate. The use of heating steam requires the cost of its formation, and a large number of repeated cycles of evaporation can take a long time, and to remove steam requires a separator that is quite metal content.

A new design solution is proposed to replace the standard system of steam supply to the heating chamber for heating the evaporating solution with a system of electric heating elements built into the clamping plates.

The solution will be fed from the vertical collectors in the end part of the plates through which the film will flow down the plates. The heating elements will be switched on and off automatically as a thermostat to maintain a constant temperature on the surface of the plate walls. The evaporated solution will be pumped by a vacuum pump to repeat the evaporation process, forming a closed cycle, it will be continued until the formation of the required concentration of the solution. [1]

Components of the plate heating chamber (Fig. 1). The heating chamber consists of a package of welded flat plates 3, which are clamped between the plates 1 with bolts 5 and nuts 6, in the clamping plates made recesses for installing heating elements 2 on both sides of the plates, the plate system is connected by pins 4.

The advantage of using electric heating elements in the construction of plate evaporator is the reduction of energy costs for heating the solution and uniform temperature distribution over the entire surface of the plates, as well as the formation of the continuous flow film.

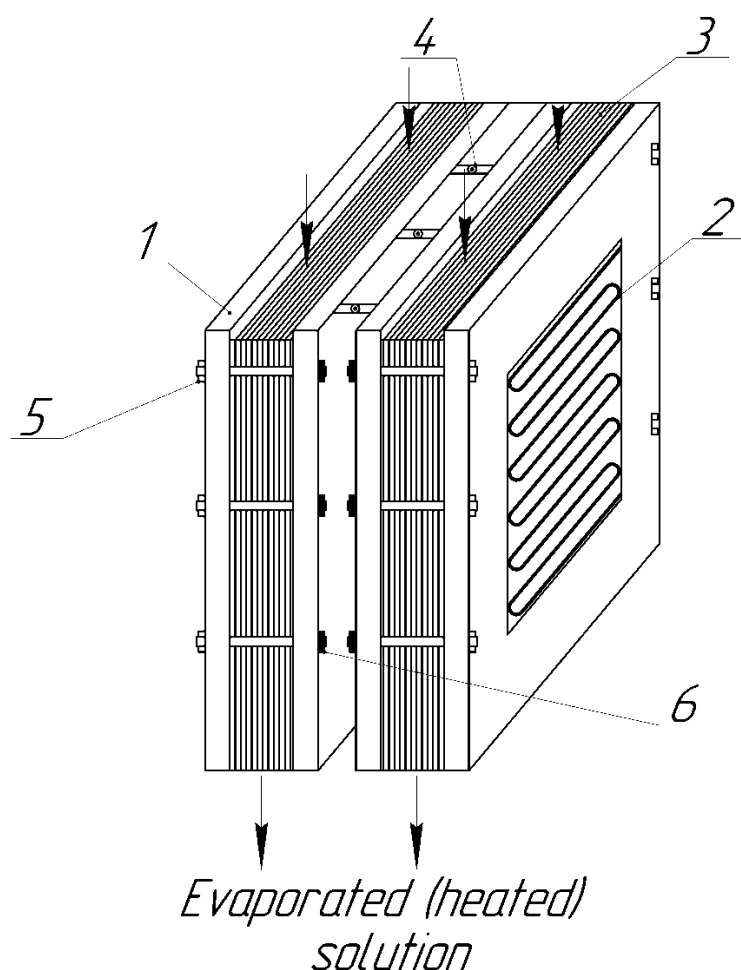


Fig. 1. Collapsible heating chamber of lamellar type, general view

The next stage of the work will be mathematical modeling of the proposed design to determine the values of heat transfer coefficients and optimization of design for specific production conditions. Also, the improvement of the device can be done through the use of mobile devices with vertical and rotational drives and replaceable nozzles. Or the use of systems for washing plates and movable blades, which will form a uniform film on the surface of the plates, thus helping to reduce film breaks.

References:

1. Д. І. Дмитрієвський. Технологія лікарських препаратів промислового виробництва. Вінниця : Нова кн., 2008. 280 с.
2. Пластинчатий випарний апарат : пат. 88836 Україна : B01D 1/00 B01D 1/22 F28D 9/00. № а200805791 ; заявл. 05.05.2008 ; опубл. 25.11.2009, Бюл. № 22/2009. 3 с.

INCREASING THE MIXING SPEED BY UPGRADING THE MIXING DEVICE

Hunchenko D.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, dgunchenko943@gmail.com

The main purpose of such industries as biotechnology, chemical, and food is to improve the quality of human life and increase its duration. One of the elements of any process scheme is usually a reactor. As a rule, the choice of its design is determined by the specifics of the processes that take place in it and the productivity of production. High product yield, the maximum degree of raw material conversion, and the highest selectivity of the process are the main requirements provided by the selection of optimal process parameters.

Mechanical stirrers cause adjacent layers of the liquid medium to move at different relative speeds. Depending on the device, the agitator blades can be divided into the following four groups: flat blade blades, propeller blades with screw blades, turbine stirrers, and special stirrers. The most common are turbine stirrers, with open blades in structure and principle of operation more like blade stirrers, and in mixing efficiency occupy an intermediate place between blade and turbine stirrers closed type. In the turbulent mode of motion, mixing is the result of two processes that take place simultaneously: 1) convective transfer of large volumes of flow with the directed fluid flow; 2) superimposed on its pulsating movements of different speeds and energy.

Based on the analysis of literature sources, one of the most effective ways to increase the efficiency of mixing is to change the angle of the blades, so it was proposed to modernize the design of the turbine mixing device for homogenization of the medium in the reactor. With the subsequent research on the influence of the geometry of the blades of the stirring device and their location in space on the velocity of fluid flows in the reactor. The research was implemented in the universal software system of finite element analysis ANSYS, namely the module Fluid Flow CFX.

The results of the simulation for a fermenter with a standard and modernized stirring device are shown in Fig. 1. According to the results of the research, the mixing speed of the modernized mixer is much higher. The speed for the standard mixer was $1,221 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, while for the modernized - $1,949 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. For demonstration, the highest maximum speed was chosen among the two given. According to the given scheme, the device with the modernized stirrer velocity vectors is on all devices, unlike the device with the standard stirrer. Therefore, the mixing is more extensive, which reduces stagnant areas.

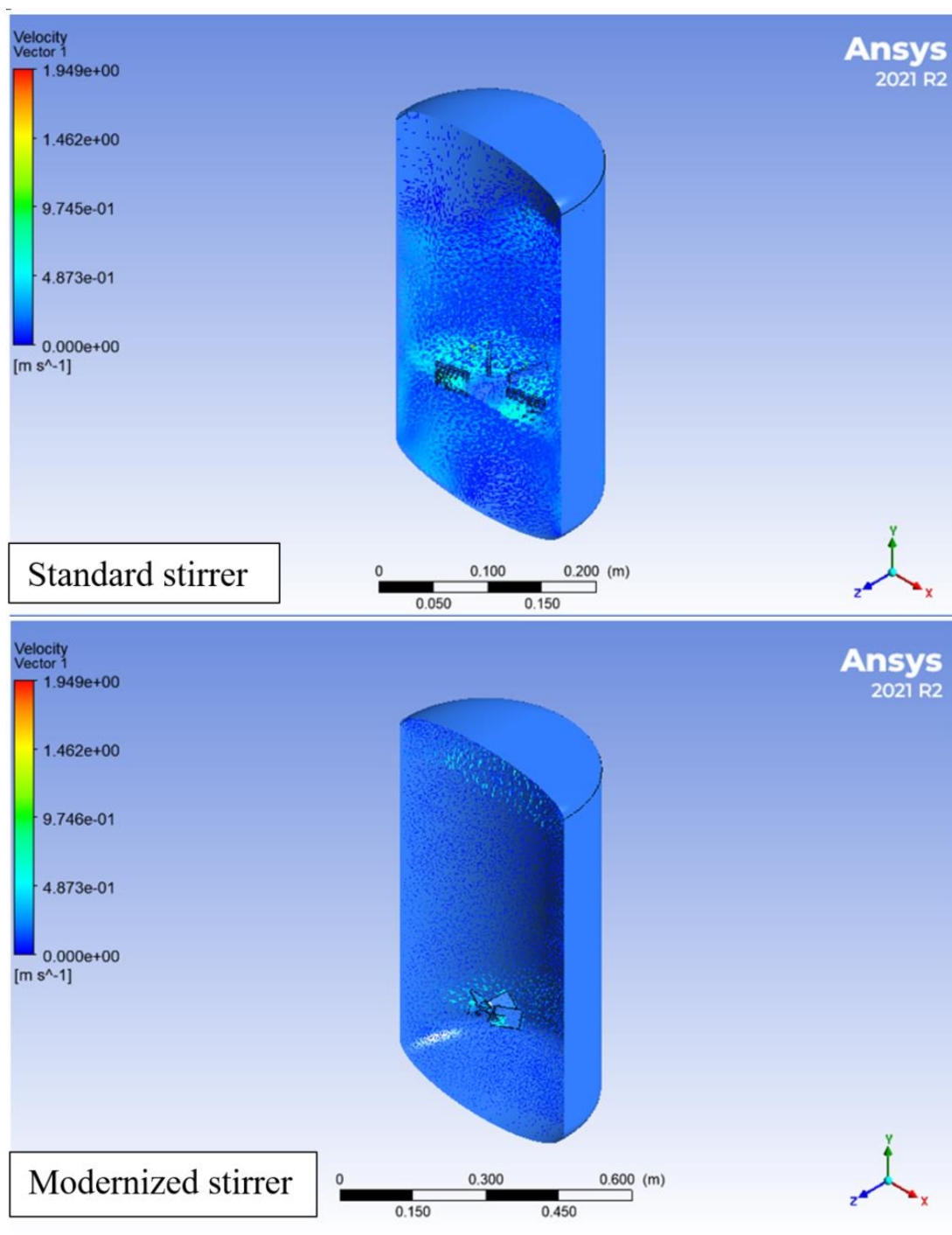


Fig. 1 Fluid flow rate depending on the type of stirrer

Therefore, when using the modernized design of the mixing device, the mixing speed increases. This provides more intensive mixing compared to a standard turbine stirrer. This design of the mixing device can be used in the production of lysine. It will provide more intensive mass transfer and homogenization of the environment.

References:

1. Гидродинамика, массообмен и энергозатраты в полостных аппаратах с мешалкой / Д. А. Казенин та ін. Теоретические основы химической технологии. 2008. Т. 42, № 2. С. 128–134.
2. Технологічне обладнання фармацевтичної та біотехнологічної промисловості / М. Стасевич та ін. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 410 с.

MODEL OF SPEEDS AND VOLUME OF CO₂ IN THE LABORATOR PHOTOBIOREACTOR

Kosova V., Maksymenko K.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, vera_62@ukr.net

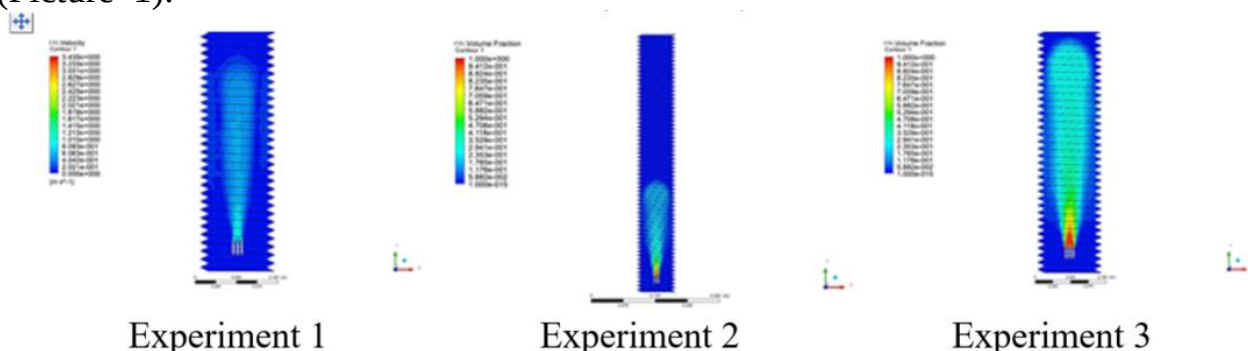
To study the work of the barboter in the photobioreactor, first of all, it is necessary to build a computer model, which will make it possible to evaluate the work of the barboter in the medium that is being studied. Creation of computer model is based on selection of equations for process description and setting conditions of uniqueness. Such conditions of uniqueness, in general case, are: geometrical, physical, limiting and initial conditions.

Geometric conditions of uniqueness. Providing geometric conditions of uniqueness is to create a 3D model of the objects that are studied. With the help of Solidworks software a 3D model was built, which consists of the volume of the photobioreactor and the model of the barboter.

Physical conditions of uniqueness. Each of the constructed volumes possesses certain physical properties, the determination of which is the establishment of the conditions of uniqueness.

Limiting conditions of uniqueness. The single-valuedness limit conditions determine the peculiarities of interaction of the system elements at the contact boundaries of volumes and outer faces.

In order to calculate the internal pressure load of the apparatus body, it is necessary to calculate the pressure that will be created by feeding a mixture of air and CO₂ (Picture 1).



Experiment one. The target speed is 1.5 m/s. Experiment two. Set speed - 4 m/s. Experiment three. Set speed - 5.5 m/s. Time of experiment is 1 second. Among the variety of modules used in ANSYS, Fluid Flow (CFX) and Static Structure were chosen. ANSYS Fluid Flow (CFX) allows the analysis of fluid flow, unstressed and stippled fluid, as well as heat transfer, in complex geometries [1].

References:

Лабораторний фотобіореактор : пат. 102777 Україна : С12М 1/00, 1/04. № u201502888 ; заявл. 30.03.2015 ; опубл. 25.11.2015, Бюл. № 22. 3 с.

ЗНАЧЕННЯ ДИСПЕРСНОСТІ СУПЕНЗІЇ ГРИБА ШИЇТАКЕ ПРИ РОЗПИЛЮВАЛЬНОМУ СУШІННІ

Костянець Л.О., Турчина Т.Я., Козак М.М.

Інститут технічної теплофізики НАН України, tbds_ittf@ukr.net

Використання всього плодового тіла базидіального гриба шиїтаке при виготовленні сухої порошкової форми харчової дієтичної добавки лікувального призначення сприяє створенню безвідходного виробництва і збільшенню потенційних ресурсів цінної біологічно активної сировини. Безвідходність при переробці гриба відрізняє розроблену інноваційну технологію від відомих [1], де використовуються певні групи поживних речовин. Наприклад, використовується полісахаридний комплекс гриба, що має виражену онкостатичну дію. Найчастіше вилучення відбувається за допомогою хімічної модифікації. В результаті під впливом глибинної хімічної дії на структуру плодів втрачаються усі інші цінні речовини гриба.

Підготовка гриба шиїтаке до розпилювального сушіння включає технологічні процеси подрібнення, диспергування та гомогенізації водної грибної суспензії, де важливим критерієм її готовності до подачі в сушарку вважається ступінь дисперсності і реологічні властивості гетерогенної системи [2, 3].

Мета роботи полягала у вивченні впливу ступеня дисперсності часток нерозчинних фракцій гриба шиїтаке у водній суспензії на процес розпилювального сушіння та характеристики висушеного порошку.

Як показали експериментальні дослідження на розпилювальній сушарці РЦ-1,3 ефективність сушіння та якість висушеного порошку цілком залежить від дисперсійних параметрів та реологічних властивостей рідинної гетерогенної системи, обумовлених хімічним складом та структурною будовою сировинного продукту, технічними параметрами обладнання та режимами її гідродинамічної обробки.

Проведений мікроструктурний аналіз дослідних водних суспензій з цілого плодового тіла гриба шиїтаке або окремо взятих частин гриба, що проходили гідродинамічну обробку в циліндричному роторно-пульсаційному апараті проточного типу без добавок або з додаванням декстринвмісної структуруючої добавки. Встановлено, що використання шапинок гриба і декстринвмісної добавки дозволяє отримати достатньо стійку до розшарування суспензію із заданим ступенем дисперсності, де максимальні розміри часток нерозчинних фракцій складають $\leq 100-150$ мкм. За таких умов забезпечується однорідність дисперсного складу крапель у факелі розпилю і рівномірність їх висушування до низької вологості (4-5%), високому виходу порошку до 93% і відсутністю відкладень в розпилювальній камері сушарки. Термін зберігання сухої порошкової форми харчової дієтичної добавки лікувального призначення до 1 року. Біодоступність лікувального полісахаридного комплексу онкостатичної та

імуномодулюючої дії у отриманому порошку досягає 18%, що вище за показники для свіжого гриба у 6 разів.

Список використаної літератури:

1. Solomon P. Wasser. Shiitake. Encyclopedia of Dietary Supplements. Second Edition. Informa UK Ltd. 2010. P. 719-726.
2. Шаркова Н. О., Турчина Т. Я., Жукотский Е. К., Декуша Г. В. Мікроструктурний аналіз грибної суспензії на стадії підготовки до розпилювального сушіння. Наукові праці НУХТ. 2018. Т. 24, № 6. С. 240-247.
3. Шаркова Н. О., Жукотський Е. К., Декуша Г. В., Костянець Л. О. Дослідження динамічної в'язкості водної суспензії плодового тіла гриба шиїтаке. Наукові праці НУХТ. 2017. Т. 23, № 6. С. 219-225.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗЧИНЕННЯ СУХОЇ КРИСТАЛІЧНОЇ РЕЧОВИНИ КАВІТАЦІЄЮ

Криворучко Б.А., Мельник В.М.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, bogdankryvoruchko0@gmail.com

Дослідження процесу сушіння проводиться для вологої тритураційної маси, дія ультразвукової кавітації відбувається в сушарці.

Експериментальна установка (рис. 1) складається з ультразвукового генератора 1 та ультразвукового перетворювача 2. Ультразвуковий перетворювач являє собою заглиблений блок, який встановлюється в ємність 3 з робочою рідиною. На штативі 4 встановлена ємність (сушарка) 5.

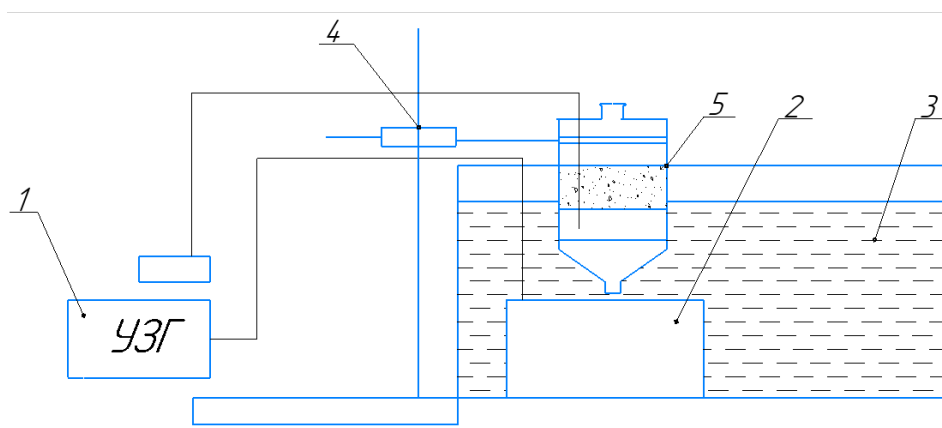


Рис. 1. Принципова схема експериментальної установки:

1 – ультразвуковий генератор - УЗП-6-1 (Україна); 2 – ультразвуковий перетворювач; 3 – ємність; 4 – штатив; 5 – сушарка.

Експериментальні дослідження проводилися, як із використанням розчинника (експеримент 1), так, і без додавання розчинника (експеримент 2).

Для експериментального дослідження 1 використовувався розчинник – проточна вода. В якості сировини використовувались кристалічні гранули (рис. 2). Для отримання результату дії ультразвуку використовувалась ультразвукова установка УЗП-6-1. Результати досліджень наведені в табл. 1.



Рис. 2. Сировина – кристалічні гранули

Результати експериментальних досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Умови	Сировина	Час кавітації, хв	Маса сировини, г	Маса проточної води, г	Час розчинення сировини, хв
Без ультразвуку	Дрібнокристалічний порошок	15	5	50	Не відбулося
Ультразвук	Дрібнокристалічний порошок	15	5	50	2

Експеримент 2 проводився для дослідження процесу руйнування сухої кристалічної речовини без додавання розчинника (рис. 3, рис.4).

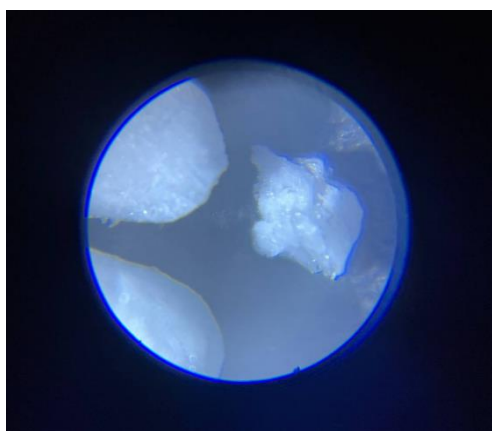


Рис.3. Результат до кавітації під мікроскопом x70

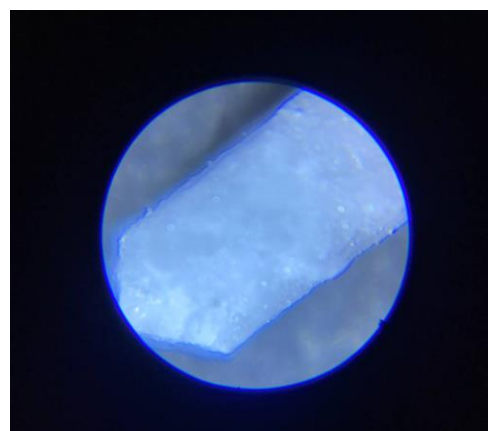


Рис. 4. Результат після кавітації під дією ультразвукового впливу

В результаті проведення процесу кавітації під дією ультразвуку, кристалічна речовина розчинилась протягом 2 хвилин, тобто бульбашки, які утворились в рідині, створили перемішування середовища, інтенсифікуючи процес, внаслідок чого кристали швидше розчинились.

В результаті проведення експерименту процесу кавітації без дії ультразвуку речовина не піддалась розпаду.

Отже, під впливом ультразвуку, відбувається процес руйнування кристалів, що підтвердилось дослідом №2 та швидке розчинення вологої маси.

INTENSIFICATION OF THE BOILING PROCESS WHEN CHANGING THE GEOMETRY OF HEATING PIPES IN THE EVAPORATOR

Kruchok I.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, irakruchok1103@gmail.com

In the modern world, there are about 100 different designs of evaporators (EV). Depending on the substance and the method of concentration, the appropriate design is used. First of all, EV must meet a number of general requirements, namely: have a high intensity of heat transfer and ensure high performance with the smallest possible volume of the device; the cost of metal for its manufacture – minimal; simplicity of construction and reliability in operation [1].

For the lysine concentration process, it was proposed to improve the design of the EV by replacing the heat exchange tube. In order to intensify the heat transfer process in EV, it is proposed to use corrugated pipes, which, in comparison with smooth pipes, have a larger heat transfer surface per unit length. The study was conducted in the ANSYS program.

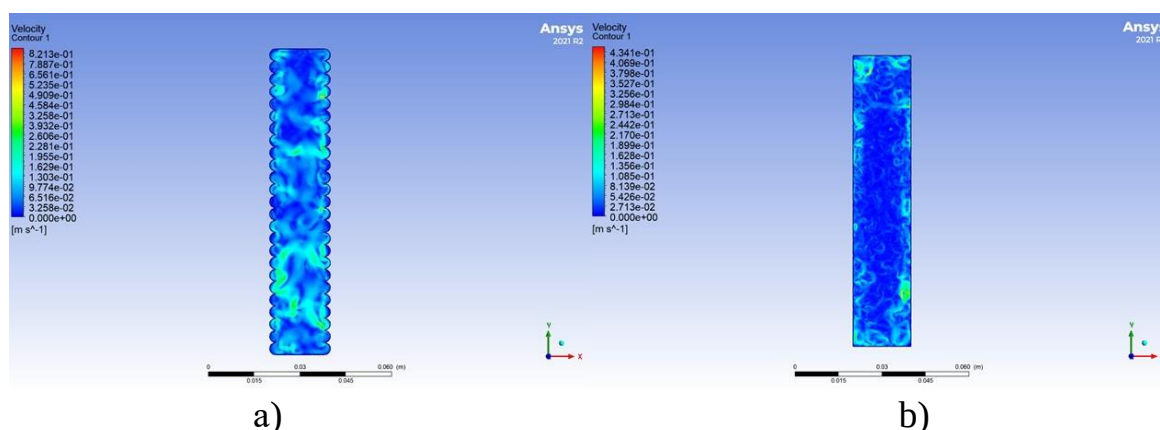


Fig. 1 Speed diagram a) in corrugated; b) in a smooth pipe

Figure 1 a, b simulates the boiling process, with the establishment of the following limit and initial conditions: initial wall temperature – 150 °C, initial liquid temperature – 98 °C, phase transition temperature – 100 °C. As can be seen from the diagram, the heat transfer rate in the corrugated pipe – 0.82 m/s⁻¹, which is almost twice as high as in the smooth 0.43 m/s⁻¹. Accordingly, the turbulence of the fluid flow increases and the surface is updated faster to supply a new portion of the solution. It should be noted that the rate of circulation of the solution in the corrugated pipe is higher than in the smooth, which has a positive effect on reducing deposits on the surface of the pipes.

References:

1. Технологічне обладнання фармацевтичної та біотехнологічної промисловості / М. Стасевич та ін. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 410 с.

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШКИ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ СУМІСНИХ З ОДНОЧАСНИМ ДИСПЕРГУВАННЯМ В РОТОРНИХ АПАРАТАХ

Ляшенко А.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України, A.Lyashenko@ukr.net

Літературний огляд і аналіз показують перспективність застосування установок, які працюють з одночасною сушкою і диспергуванням в одній робочій камері. В них створюються великі поверхні тепломасообміну, збільшується в порівнянні наприклад, з барабаними установками питома продуктивність, зменшуються капітальні витрати і енерговитрати на випаровування води.

На основі отриманих результатів експериментальних досліджень при різних режимах сушки термолабільних матеріалів (курячого посліду, рибного борошна та ін.) розроблені технології та обладнання для їх обробки.

Автор експериментально доводить можливість досягнення наступних теплотехнічних величин в камері: початкової температури теплоносія в межах 600 – 800°C; коефіцієнта тепловіддачі в межах 900 – 1200 Вт/(м²•град); середньої кількості теплоти на випаровування води в межах 3500 – 4000 кДж /кг випареної води; середньої напруги камери по випареній воді 350 – 400 кПа (м³ • год).

Підсумком обробки та узагальнення отриманих результатів стала розробка методики інженерного розрахунку установки, підібрано обладнання для формування технологічної лінії по виробництву комплексних добрив на основі курячого посліду та можливість використання даної інженерної методики для розрахунку установок сумісних процесів сушіння та подрібнення при їх використанні на інших подібних матеріалах (органічні шлами, відходи шкір та цукрових виробництв та ін.).

Висновки

Автором експериментально доведено, що розпорошення на елементи малих розмірів, яке організовано в одній камері дозволить штучно підтримувати температуру поверхні матеріалу близької до температури мокрого термометра, тим самим зводячи знаходження матеріалу в другому періоді до мінімуму.

Отримані орієнтовні термодинамічні показники вказують на перспективність застосування камер одночасного сушіння і диспергування при обробці термолабільних матеріалів.

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні енергоефективного сушильного обладнання для технологічних ліній з переробки органічних термолабільних матеріалів.

**РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ
ВІДХОДІВ ДЕРЕВИННОЇ БІОМАСИ****Ляшенко А.В.****Інститут технічної теплофізики НАН України, A.Lyashenko@ukr.net**

В результаті господарської діяльності лісових господарств утворюються відходи деревинної біомаси, які можна використовувати, у тому числі, для отримання теплової енергії. Таким чином стає питання в розробці енергоефективних способів з підготовки та сушіння тріски паливної для подальшого її використання в народному господарстві.

В якості досліджуваного матеріалу були використані дерева різних порід, що розташовані на території ІТТФ НАНУ. Тріску паливну заготовляли безпосередньо перед початком проведення експериментів за допомоги гілкоподрібнювача. В якості сировини використовували зрублені паростки довжиною від 1,5 до 2,5 м та товщиною від 0,5 см до 2,5 см.

Для експериментального дослідження процесу конвекційного сушіння тріски паливної був розроблений експериментальний стенд та методика проведення експерименту. Підготовлений стенд має затверджений в ІТТФ НАНУ паспорт: «Експериментальний стенд по дослідженню сушки в киплячому стані».

На другому етапі досліджень автором була проведена розробка технічного завдання на експериментальний пристрій для сушіння твердих дисперсних матеріалів у щільному шарі в умовах вертикального примусового спрямування газоподібного агента сушіння по відношенню до шару матеріалу з періодичною зміною напрямку на протилежний.

Запропоновані вимоги і технічні рішення щодо згаданої модернізації були проведені на існуючому стенді: «Експериментальний стенд по дослідженню сушки в киплячому стані».

Проведені дослідження другого етапу показали, що наприклад, якщо взяти тріску з початковою вологістю 55% та кінцевою вологістю 15% при швидкості руху транспортера $v_{тр.}=0,5$ м/хв., необхідна кількість зон сушарки складе 15 шт., час сушіння 1,5 години (90 хв.), а довжина зони сушки сушарки відповідно становитиме 45 м. Наразі дослідження другого етапу тривають.

Висновки

Енергоефективна переробка відходів діяльності лісових господарств дасть можливість отримувати якісний кінцевий продукт (тріску паливну) з подальшим її використанням в народному господарстві.

Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що можливо, організувати такий режим процесу сушіння при якому, витрати тепла можна звести до мінімуму ($q=3000...3500$ кДж/кг випареної води) з отриманням кінцевого готового продукту високої якості. Одним з таких способів є організація процесу сушіння в вихровій камері, в якій, за допомоги механічного ротору можливе створення розвинутої поверхні контакту фаз.

ОГЛЯД НОВІТНІХ МЕТОДІВ ЕКСТРАГУВАННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Макаренко А.А., Авдєєва Л.Ю.

Інститут технічної теплофізики НАН України, tbds_ittf@ukr.net

Використання препаратів на основі екстрактів лікарської рослинної сировини постійно зростає у медичній, фармацевтичній, хімічній і харчовій промисловості. Це пов'язано з високим вмістом біологічно активних речовин (БАР) з широким спектром їх дії, багатокомпонентним складом та економічною доступністю в рослинних екстрактах. Значний попит на екстракти викликає необхідність використання енергоефективного обладнання, сучасних методів обробки рослинної сировини для інтенсифікації процесів масообміну і створення та подальше впровадження інноваційних технологій переробки рослинної сировини.

Вилучення БАР з рослинної сировини відбувається різними методами екстракції. Всі способи екстрагування можна розподілити на статичні, динамічні та змішані, де поєднуються як статичні так і динамічні методи. У статичних методах сировину періодично заливають екстрагентом та настоюють її певний час. Динамічні методи екстрагування передбачають постійну зміну екстрагенту або екстрагента і сировини. Статичні і динамічні методи екстрагування можуть бути періодичними або безперервними в залежності від подачі сировини або екстрагента.

Відомими статичними способами екстракції, які широко використовуються, є мацерація та ремацерація. До переваг можна віднести простота методу та обладнання. До недоліків відноситься недостатнє вилучення цільових речовин, велика тривалість процесу, підвищений вміст баластних речовин в БАР та трудомісткість процесу.

В даний час прослідковується використання нових методів екстракції з прискоренням всіх дифузійних процесів. Прикладами таких методів є: відцентрова та вихрова екстракція (турбоекстракція), акустична екстракція, електроімпульсна та інші методи імпульсної обробки сировини.

Для інтенсифікації процесів масообміну і прискорення стадії екстрагування біологічно активних сполук успішно застосовуються пульсаційні методи обробки рослинної сировини при диспергуванні, гомогенізації та перемішуванні, а також розчиненні важкорозчинних речовин. Під час пульсації потоком рідини, що протікає через шар сировини, відбувається турбулізація прикордонного шару, зменшення його товщини, руйнування застійних зон у точці дотику частинок.

Для реалізації пульсаційних методів екстракції часто застосовують роторно-пульсаційні апарати (РПА), в яких активний гідродинамічний режим, високочастотні коливання в широкому діапазоні і інші явища поєднуються з одночасними механічними впливами на частинки дисперсної фази. Ці апарати поєднують в собі принципи роботи колоїдних млинів, дисмембраторів, насосів, змішувачів і екстракторів. Під час роботи РПА виникають: пульсація

швидкостей потоку, турбулізація рідини, кавітаційні процеси і віджимання сировини.

Важливим напрямком збільшення ефективності існуючих технологій екстрагування є впровадження інтенсивного диспергування і змішування, яке забезпечує суттєве збільшення концентрації значної кількості енергії в малих об'ємах, що призводить в свою чергу до зменшення частинок твердої фази і збільшення площі поверхні розподілу компонентів екстрагування. Таке інтенсивне змішування можливе при використанні явищ кавітації. Одним із сучасних методів екстрагування БАР з рослинної сировини під дією гідродинамічної кавітації є метод Negative Pressure Cavitation (NPC). Високоефективне екстрагування та збільшення масообміну досягається за рахунок інтенсивного диспергування і перемішування у системі «рідина - тверда речовина», що зумовлене явищем гідродинамічної кавітації, яка створюється за рахунок різкого місцевого зниження тиску. При порівнянні з традиційними методами екстрагування метод NPC має кілька важливих переваг: екологічність, економічна та енергоефективність, масштабованість, невелика тривалість процесу та м'які умови екстракції (відносно низька температура процесу).

Висновки. Процеси екстрагування займають важливе місце у виробничих технологіях різних галузей промисловості. Основними недоліками існуючих технологій є значна тривалість, низька швидкість масообміну і висока енергоємність процесів. Одним з перспективних способів інтенсифікації процесів екстрагування є використання гідродинамічної кавітації. Це дозволяє значно прискорити масообмін, знизити собівартість і підвищити якість готової продукції.

Список використаної літератури:

1. Subhash C. Mandal, Vivekananda Mandal, Anup Kumar Das, Essentials of Botanica Extraction, Academic Press, 2015, 207 p.
2. Хохленкова Н.В., Буряк М.В. Аналіз сучасних методів екстракції лікарської рослинної сировини <https://sworld.com.ua/simpoz11/9.pdf>
3. Shahin Roohinejad, Mohamed Koubaa, Francisco J. Barba, Ralf Greiner, Vibeke Orlien, Nikolai I. Lebovka, Negative pressure cavitation extraction: A novel method for extraction of food bioactive compounds from plant materials, Trends in Food Science & Technology, Volume 52, 2016, P.98-108

DESIGN FEATURES OF THE VIBRATING-ACOUSTIC EXTRACTOR**Maksymenko K., Kosova V.****Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, vera_62@ukr.net**

Various methods of carrying out the process of extraction differ in several factors: the way of interaction of phases, their ratio, the method of preparation of raw materials, the influence of the structural elements of the apparatus on the stability of the movement of phases, and the like. The choice of apparatus design is carried out on the basis of technological operation, which is carried out in this apparatus, namely the process of extraction, which belongs to the mass-transfer processes, in which the mass-transfer occurs in the systems of solid-liquid.

The operating principle of the submersible unit is based on the use of the cavitation effect in the liquid. The submersible ultrasonic emitter unit consists of an ultrasonic emitter unit made of stainless steel and an ultrasonic generator. The ultrasonic emitters, which convert electrical energy into ultrasonic vibrations, are located on the cover of the unit inside the housing. On the back wall there is a power cord outlet. The submersible unit is connected to the ultrasonic generator [1].

The vibrating acoustic extractor works as follows. Before each cycle of operation the vibrating acoustic extractor is cleaned from the raw material residues, washed with detergents, rinsed with water, if necessary, sterilized with sharp steam. The baskets are loaded with raw material outside the vibrating acoustic extractor and fixed in the working position. During the reciprocating motion of the rod with the baskets with solids fixed on it, the extractant passes through the mesh bottoms in the baskets and washes the solids of raw materials placed in the baskets. Changing the direction of movement of the rod leads to the destruction of the extractant near the surface of the solid particles, intensifying the process of mass extraction. Ultrasonic vibrations in the vibration-acoustic extractor intensify the process of penetration of the extractant into the pores of solids, ultrasonic cavitation destroys the surface of the particles, opens new pores, contributes to the transport of the extractant in the capillaries of solids, improving the process of mass transfer in the solids and increasing the yield of the target product.

The rate of the extraction process depends significantly on the properties of the component that is extracted, the nature of interaction of the plant raw material particles with the component that is extracted, the structure of the porous material, as well as the equilibrium conditions and the kinetics of the process.

References:

1. Вібраційно-акустичний екстрактор : пат. 128749 Україна : B01D 11/02. № у 2018 02722 ; заявл. 19.03.2018 ; опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19/2018. 3 с.

**ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ
ЦИРКУЛЯЦІЙНО-АКУСТИЧНОГО ЕКСТРАКТОРА
ДЛЯ ЕКСТРАКЦІЇ БАР З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

Остапенко Ж.І., Фесенко В.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, zhanna.ost@gmail.com

Вдосконалення виробництва різних продуктів на основі інноваційних методів ведення технологічних процесів вимагає розроблення нових конструкцій обладнання. Однією з проблем, на вирішення якої направлені інноваційні методи і технології, є максимальне вилучення корисних продуктів з сировини. Це стосується екстракції корисних речовин з рослинної сировини.

У літературі повідомляється про різні методи екстракції біологічно активних речовин (БАР) з рослинної сировини, такі як звичайна екстракція розчинником, екстракція Сокслета та екстракція за допомогою ферментів. Крім того, представлено передові методи екстракції, засновані на мікрохвильовій екстракції, екстракції надкритичною рідиною двоокису вуглецю, екстракції високовольтними електричними розрядами та екстракції за допомогою ультразвуку.

Екстракція за допомогою ультразвуку оцінюється як простіша та ефективніша альтернатива звичайним методам екстракції для вилучення БАР із природного продукту. Цей метод є «зеленим» процесом, який споживає менше енергії та часу і забезпечує більший вихід екстракту.

Були проведені дослідження процесу екстракції продукту з рослинної сировини для циркуляційно-акустичного екстрактора. В процесі роботи генератора ультразвукового випромінювання виділяється теплова енергія що підвищує температуру середовища в екстракторі. Екстракція здійснюється метиленхлоридом, який має низьку температуру кипіння і при нагріванні починає інтенсивно випаровуватись.

Для підтримки температури процесу екстракції необхідно забезпечити охолодження екстрагенту. Існують різноманітні способи охолодження, такі як розміщення змієвика для підведення охолоджуючої рідини всередині екстрактора, оснащення корпусу екстрактора сорочкою та використання виносних теплообмінних елементів, в яких циркулює екстрагент.

Були проведені розрахунки для порівняння стандартного виносного теплообмінного елементу типу «труба в трубі» та запропонованої конструкції виносного теплообмінного елементу змієвикового типу для підтримки оптимальної температури процесу.

Схему потоків теплоносія (екстрагенту) і температур холодоносія (води) виносних теплообмінних елементів типу «труба в трубі» та змієвикового типу показано на рисунках 1 та 2 відповідно.

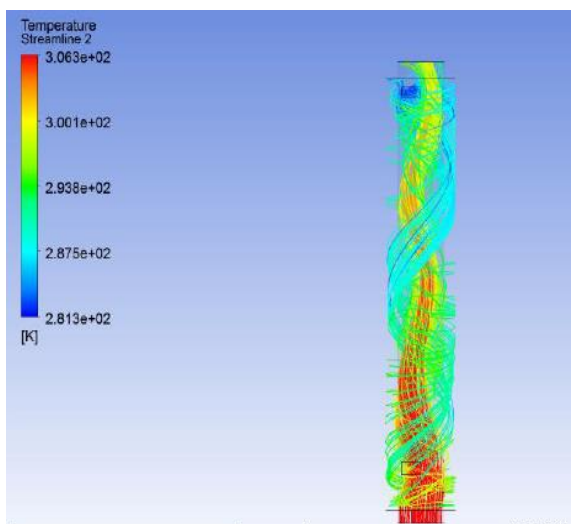


Рис.1. Схема потоків екстрагенту та води у виносному теплообмінному елементі типу «труба в трубі»

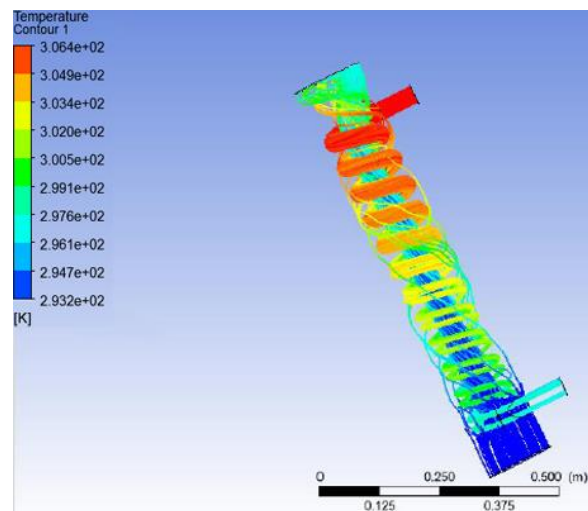


Рис.2. Схема потоків екстрагенту та води у виносному теплообмінному елементі змієвикового типу

Результати дослідження показали, що при використанні виносного теплообмінного елементу змієвикового типу температура екстрагенту на виході знизилась на 4°C в порівнянні з виносним теплообмінним елементом типу «труба в трубі». Це обумовлено тим, що внутрішня труба, виконана у вигляді змієвика та за рахунок витків, має більшу довжину, що призводить до збільшення площі контакту змієвика з теплоносієм.

Використання виносного теплообмінного елементу змієвикового типу дозволяє оптимізувати процес ультразвукової екстракції. Так як екстрагентом є летка, вибухонебезпечна та отруйна речовина, яка під дією ультразвуку нагрівається до високих температур, процес охолодження дозволяє забезпечити безперервну циркуляцію екстрагенту в контурі апарату.

Список використаної літератури:

1. Шибецький В.Ю., Остапенко Ж.І., Фесенко В.В. Дослідження гідродинаміки і теплообміну у виносних теплообмінних елементах екстракторів. Вібрації в техніці і технологіях. 2022. №1 (104). с. 132-137.
2. J. Liao, Zh. Guo, G. Yu. Process intensification and kinetic studies of ultrasound-assisted extraction of flavonoids from peanut shells. Ultrasonics Sonochemistry. 2021. 76. Article №105661.
3. J. E. Rodríguez-Chanfrau, M. Robaina-Mesa, Z. Rodríguez-Riera, U. Jauregui-Haza. Ultrasound-assisted extraction of coumarin from Justicia pectoralis Jacq. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas. 2016. 4. p. 97-104.
4. Karachun V., Ruzhinska L., Ostapenko Zh. Research of influence of ultrasound on the extraction process of vegetable oil. Technology audit and production reserves. 2019. №1/3(45), pp. 33-35.
5. Korobiichuk, I., Shybetskyi, V., Kostyk, S., Kalinina, M., Tsytsiura, A., Ways to Reduce the Creation of Vortex During Homogenization of Liquid Products, in: Szewczyk, R., Zieliński, C., Kaliczyńska, M. (Eds.), Automation 2022: New Solutions and Technologies for Automation, Robotics and Measurement Techniques. Springer International Publishing, Cham. 2022. p. 329–343.

SIMULATION OF FLUID MOTION IN A TUBES OF DIFFERENT CROSS-SECTIONS**Ruzhanskyi A., Kostyk S., Shybetskyi V.****Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, anrux@protonmail.com**

The geometry of heat exchange elements is a very important factor that significantly affects the parameters of convective heat transfer. Selection of optimal and rational geometric parameters of heat exchange elements, as a rule, is carried out experimentally. As a result of experimental research, a sample of significant factors and physical quantities are selected, which allow to determine the coefficients of the Nusselt criterion equations to determine the heat transfer parameters. The methodology described above is a rather complex, time-consuming and expensive process [1]. The alternative is a modeling using computer-aided design (CAD) systems. The use of such systems reduces the cost of resources for the production and conduct of pilot studies.

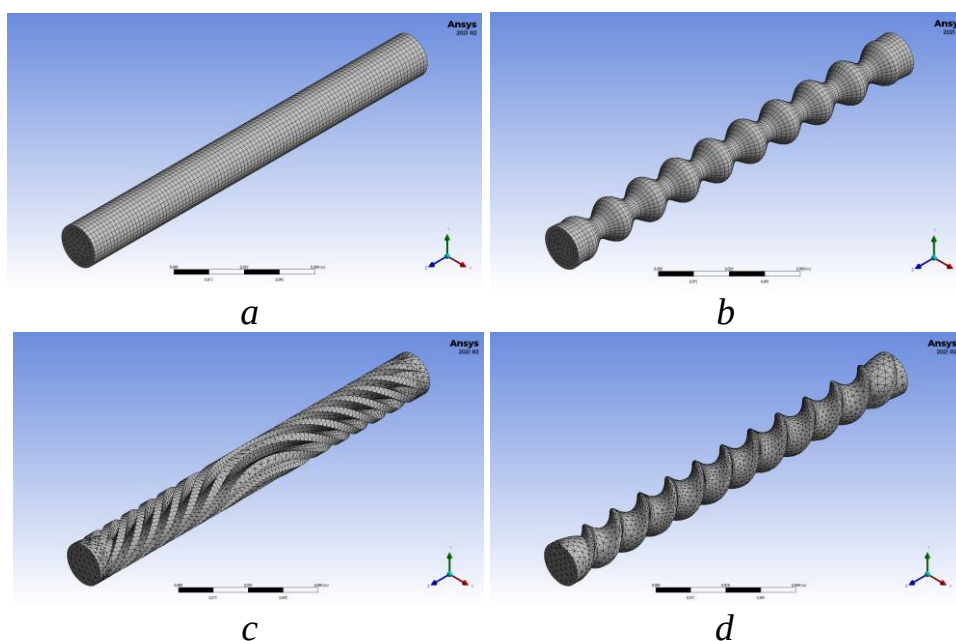


Fig. 1 Scheme of geometry of heat exchange tubes: a – round cross-section, b – spherical cross-section, c – star-reversible cross-section, d – helical cross-section

Features of the cross-sectional shape of the channel through which the fluid moves affects the change in its velocity and in turn can change the mode of flow from laminar to turbulent. Turbulence of the coolant flow has a positive effect on the efficiency of heat transfer. This study demonstrates a comparative analysis of the results of computer simulation of fluid motion in the channel of a tubular heat exchange element of different cross-section (Fig. 1).

Using the universal software system for finite element analysis ANSYS, the movement of fluid in pipes of different cross-sections was simulated. The contours of the velocity distribution and the trajectory of the fluid motion are obtained (Fig. 2).

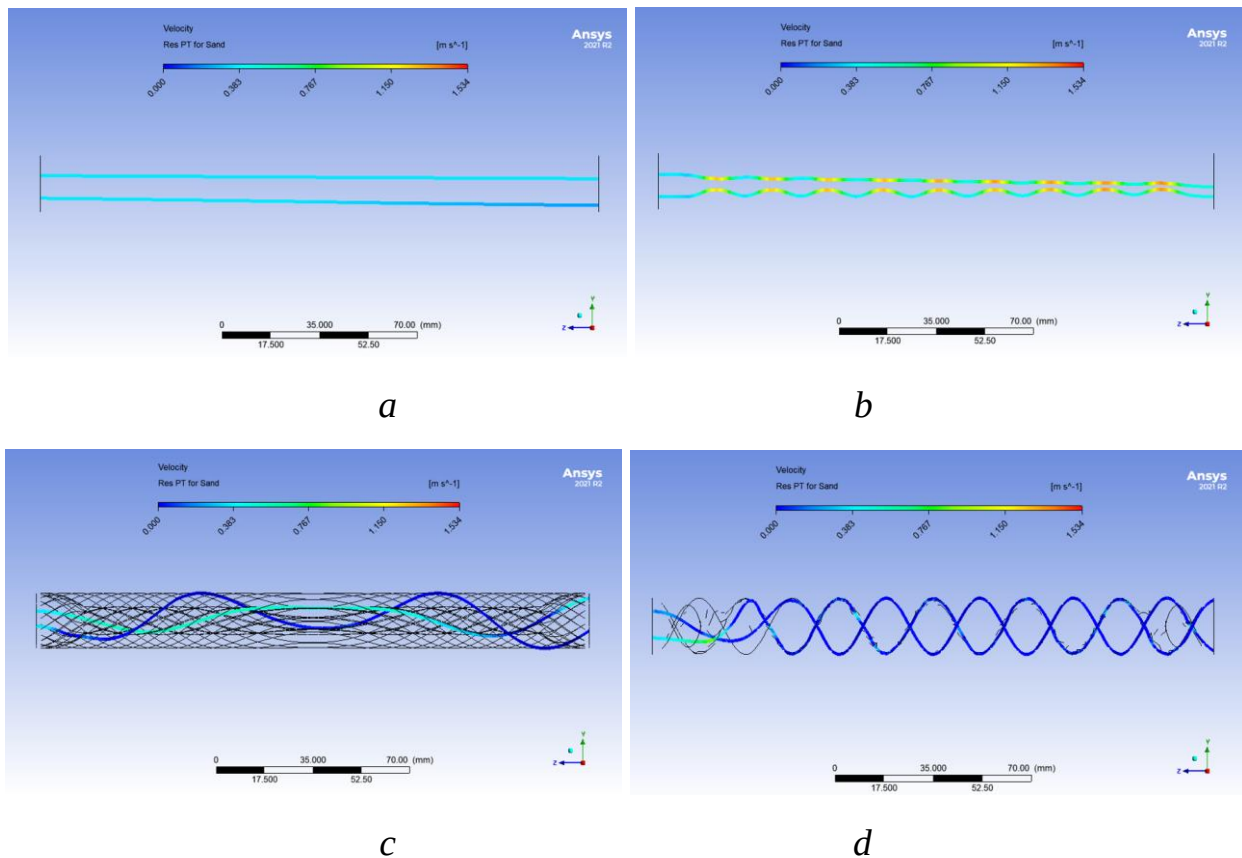


Fig. 2 Velocity trajectory of liquid points in a pipe: a - round cross-section, b - spherical cross-section, c - star-reversible cross-section, d - helical cross-section

The analysis of the simulation results allows to qualitatively estimate the turbulence of the coolant flows and to quantify the fluid flow velocities. Estimation of parameters of heat exchange process by means of CAD deserves special attention and is one of perspective directions in designing of heat exchange equipment.

References:

1. Kostyk, S.I., Shybetskyi, V.Yu., Plashykhin, S.V., Bykoriz, Y.O. Determination of heat transfer efficiency in the conditions of forced convection from pipes with special ribs. TTPE. 2021. 43. P. 21–29.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ БАР З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В УМОВАХ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Ружинська Л.І., Остапенко Ж.І.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, zhanna.ost@gmail.com

Доведено, що ультразвук сприяє підвищенню ефективності екстракції біологічно активних речовин (БАР) з рослинної сировини і поліпшенню масообміну в рідкому середовищі. Підвищення швидкості екстракції пов'язано з явищем, яке називається акустичною кавітацією, що може спричинити різке руйнування клітинної стінки і клітинної мембрани рослинної сировини. Крім того, деякі позитивні ефекти, такі як потоки циркуляції рідини та турбулентність, що утворюються в результаті кавітації, полегшують проникнення розчинника у клітинні матеріали, що призводить до значного покращення швидкостей масообміну, що сприяє підвищенню виходу екстракції.

Процес екстракції, згідно існуючим нині уявленням, полягає в наступному:

1. Проникнення розчинника (екстрагента) між частинками сировини і розчинені в ньому БАР, які знаходяться на зовнішній поверхні частинок сировини.

2. Проходження екстрагента всередину твердих частинок сировини і розчинення БАР, що знаходяться всередині.

Встановлено, що наявність незруйнованих клітин і вторинних перегородок всередині твердих частинок погіршує процес екстракції. Руйнівні явища, викликані дією ультразвукової кавітації сприяють інтенсифікації внутрішнього масопереносу. Крім того, кавітація призводить до виникнення додаткових мікротріщин на поверхні сировини і збільшує тиск, що в свою чергу інтенсифікує процес проникнення розчинника в пори твердих частинок.

Екстракції БАР з рослинної сировини органічними розчинниками, такими як екстракційний бензин, метиленхлорид, дихлоретан, здійснюється за рахунок масопереносу, зокрема за рахунок конвективної дифузії на поверхні частинок твердої сировини та молекулярної дифузії всередині частинок. Процес дифузії залежить від величини частинок сировини, температури, властивостей розчинника (в'язкість і коефіцієнт дифузії БАР всередині і зовні твердих частинок).

Збільшення температури розчинника в процесі ультразвукової дії зменшує в'язкість екстрагента і покращує його рух, як всередині пор сировини так і в примежовому шарі і підвищує швидкість дифузії.

Розчинення цільового продукту, що знаходиться на стінках зруйнованих клітин залежить від гідродинамічних умов омивання частинок сировини екстрагентом.

Перенос цільового продукту через стінку рослинних клітин розглядається як процес масопереносу через напівпроникну мембрану.

Масоперенос з поверхні твердих частинок в розчин цільового продукту в екстрагенті залежить від гідродинамічних умов омивання частинок розчином і відбувається головним чином за рахунок конвективної дифузії. При створенні

інтенсивного руху розчину через шар частинок сировини вплив молекулярної дифузії є незначним. Для інтенсифікації процесу масопереносу з поверхні твердих частинок в розчин, що характеризується коефіцієнтом масовіддачі, необхідно забезпечити проникання розчину крізь частинки, попередити злежування твердих частинок в шарі, блокування поверхні частинок іншими частинками, зміну положення частинок в шарі, що досягається не тільки рухом розчину через шар, а й дією ультразвукового генератора.

ВИКОРИСТАННЯ ХІТОЗАНУ В БІОРЕАКТОРАХ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННІ ОПОРНОЗАЛЕЖНИХ КЛІТИН

Семенюк С.М. Поводзинський В.М.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, sem2mn@gmail.com

Масове культивування біологічних агентів (БА) таких як клітини мікроорганізмів, як правило спрямоване на отримання значних кількостей біомаси та метаболітів для застосування в технічній мікробіології. Сучасна фармацевтична біотехнологія, як приклад ексклюзивного культивування широкого спектру БА значну увагу приділяє культивування клітинних популяцій ссавців (Metazoa) [1].

Ефективне культивування клітинних популяцій суттєво стримується відсутністю типових апаратурних рішень для біореакторів. Конструювання біореакторів, зважаючи на існування 2 типів систем клітинних популяцій – 2D, 3D повинно враховувати, ефективність іммобілізації/адгезії клітин на конструкційних поверхнях біореакторів та мікроносіїв.

Для забезпечення ефективною адгезії доцільним є використання плівкових шарів на поверхнях культивування опорнозалежних клітинних популяцій.

Хітозан, отриманий шляхом деацетилювання хітину активно досліджується та використовується в тканинній інженерії, біомедичній та фармацевтичній галузі. Можливість виготовлення хітозану у вигляді мембрани, волокон, плівок, гелю в поєднанні з високою біосумісністю дозволяє застосовувати матеріал як основу поверхні для культивування опорнозалежних клітинних популяцій.

Використання плівок на основі модифікованих форм хітозану для поверхневого культивування клітин (2D) набуло (рис. 1 а) широкого застосування в галузі тканинної інженерії з використанням клітинних культур. Серед перспективних композицій варто виділити кератин-хітозанову мембрану, мембрану на основі полівінілового спирту з хітозаном, колаген-хітозанову мембрану, мембрану зі стабілізованого хітозану в епіхлоргідрині. Проведені дослідження показали високу ступінь адгезії та проліферації клітин фібробластів на кератин-хітозанових мембранах [2].

Використання 3D структур (рис. 1 б, в) *in vitro* дозволяє наблизити природні умови *in vivo* для культивування клітинних культур.

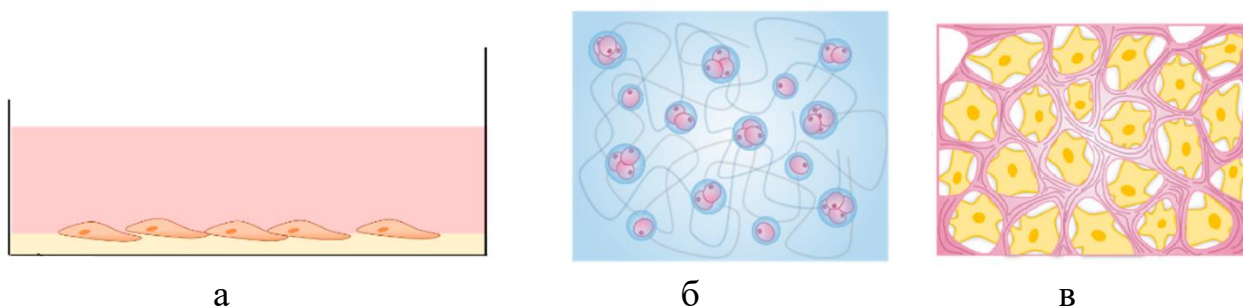


Рис. 1. Схематичні зображення основних типів структур при культивуванні клітин:
а – 2D структура (моношар), б – 3D структура гідрогель, в – 3D структура
пористий/волокнистий матеріал

Один із критичних аспектів використання 3D матриксів для культивування являється доставка або доступність поживних речовин, необхідних для виживання/проліферації клітин у зв'язку з тим, що пасивна дифузія не забезпечує достатньої підтримки для клітин у глибоких шарах матриксу.

Застосовуючи метод електропрядіння волокон, було отримано багатопорову 3D структуру на основі PCL (полікапролактон))/хітозан/PCL із задовільними показниками дифузії поживних речовин та високими показниками адгезії та поліферації клітин остеосаркоми SaOs-2 [3].

Використання гідрогелю виготовленим методом фотозшиваємого хітозану, показав позитивні результати при спільному культивуванні двох клітин різних видів (гепатобластоми людини, *Her G2* та фібробластів *NIH-3T3*) [4].

Застосування хітозану в якості основи для компонентів мембран та 3D матриксів дозволяє отримувати нові матеріали з унікальними властивостям для проведення культивування клітинних культур. Тим не менше, велика частина напрацювань матеріалів потребують значних досліджень та вдосконалення для використання в промислових масштабах.

Використання хітозану в якості плівкової поверхні в конструкціях біореакторів або мікроносіїв є перспективним рішенням для сучасних конструкційних рішень біореакторів при культивуванні клітинних популяцій.

Список використаної літератури:

1. Korobiichuk, I., Semeniuk, S., Shybetskyi, V., Kostyk, S., Povodzinsky, V. Development of a Bioreactor Design for Cultivation of Cell Cultures. In: Szewczyk, R., Zieliński, C., Kaliczyńska, M. (eds) Automation 2022: New Solutions and Technologies for Automation, Robotics and Measurement Techniques. AUTOMATION 2022. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2022. 1427. Springer, Cham
2. Tanabe, T., Okitsu, N., Tachibana, A., and Yamauchi, K. Preparation and characterization of keratin-chitosan composite film. *Biomaterials*. 2002. 23. P. 817–825.
3. Sasmazel, H. T. Novel hybrid scaffolds for the cultivation of osteoblast cells. *Int. J. Biol. Macromol.* 2011. 49. P. 838–846.
4. Fukuda, J., Khademhosseini, A., Yeo, Y., Yang, X. Y., Yeh, J., Eng, G., Blumling, J., Wang, C. F., Kohane, D. S., and Langer, R. Micromolding of photocrosslinkable chitosan hydrogel for spheroid microarray and co-cultures. *Biomaterials*. 2006. 27. P. 5259–5267.

ОСОБЛИВОСТІ КОНДЕНСАЦІЇ ПАРИ З ПАРОГАЗОВОЇ СУМІШІ**Шафаренко М. В., Воробйова О.В.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, volya020786@gmail.com**

Багато процесів теплообміну супроводжуються переносом маси одного компонента відносно маси другого. Так відбуваються при конденсації пари з парогазової суміші. Робоче середовище складається з пари та газів. Температура насиченої пари вище температури поверхні стінки, а температура насичення газів значно нижча за неї. Внаслідок цього пара конденсуватиметься, а гази - не будуть. Таким чином гази, що не конденсуються, накопичуються біля стінки апарату і частинкам пари доводиться дифундувати через шар парогазового середовища. Таким чином, у ситуації виникає додатковий термічний опір, який значно знижує інтенсивність теплообміну. Так, за наявності в водяній парі, що конденсується, 2% повітря значення коефіцієнта тепловіддачі зменшується втричі в порівнянні зі значенням коефіцієнта тепловіддачі при конденсації чистої пари.

Коли стінка непроникна, то її температура t_c нижча за температуру парогазової суміші t_{no} і по сторінці тече плівка конденсату, то питома кількість теплоти, яка передається поверхні плівки, дорівнює [1]:

$$q = \alpha(t_{no} - t_{n,нов}) + j_{n,нов} \cdot i_{n,нов}, \quad (1)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі від парогазової суміші до плівки конденсату; $t_{n,нов}$ – температура парогазової суміші біля плівки конденсату; $j_{n,нов}$ – густина потоку маси; i – ентальпія.

Якщо знехтувати переохолодженням конденсату, то густину теплового потоку на стінці можна описати наступним рівнянням [1]:

$$q_c = \alpha(t_{no} - t_{n,нов}) + r \cdot j_{n,нов}, \quad (2)$$

де r – теплота фазового переходу.

При розрахунку q_c можна використати рівняння [1]:

$$q_c = \alpha_{cm}(t_{no} - t_c). \quad (3)$$

Коефіцієнт тепловіддачі α_{cm} враховує різні термічні опори (термічний опір фазового переходу R_ϕ , термічний опір конденсату R_κ , дифузійний термічний опір R_δ).

Якщо прийняти $R_\phi = 0$ та $R_\kappa = 0$, тоді коефіцієнт тепловіддачі дорівнює:

$$\alpha_{cm} = \frac{1}{R_\delta + \frac{1}{\alpha}}, \quad (4)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі при конвективному теплообміні.

Дифузійний термічний опір розраховується [2]:

$$R_o = \frac{t_{no} - t_{n,нов}}{\alpha(t_{no} - t_{n,нов}) + r \cdot \beta(\rho_{no} - \rho_{n,нов})}, \quad (5)$$

де ρ – густина парогазової суміші.

Середній коефіцієнт масовіддачі [2]:

$$\beta = \frac{Nu_d \cdot D}{d}, \quad (6)$$

де D – коефіцієнт дифузії; де d – лінійний розмір поверхні стінки.

Дифузійний критерій Нуссельта [2]:

$$Nu_d = c \cdot Re^{0.5} \cdot y^{-0.6} \cdot \pi_D^{-0.33}, \quad (7)$$

де Re – критерій Рейнольдса; y – вміст газу в паровій суміші;

$$\pi_D = \frac{p_{no} - p_{n,нов}}{p}, \quad (8)$$

де p – тиск парової суміші [1].

З рівняння (4) випливає, що коефіцієнт тепловіддачі α_{cm} залежить від інтенсивності взаємозв'язаних процесів тепло- та масообміну в парогазовій суміші та в плівці.

Практично важливим завданням є процес тепло- і масообміну при плівковій конденсації пари з пароповітряної суміші, що рухається, на горизонтальних одиночних трубах і трубах, зібраних в пучок. У формулі (7) множник c має чисельне значення: для одиночної труби $c = 0,47$; для першого ряду пучка труб $c = 0,53$; для наступних: $c = 0,82$. Критерій Рейнольдса знаходиться за швидкістю парогазової суміші, яка омиває трубу (або ряд труб). Визначальним розміром є зовнішній діаметр труб, визначальною температурою температура суміші.

Список використаної літератури:

1. Вопросы теплоотдачи и гидравлики двухфазных сред. Сборник статей / ред. С. С. Кутателадзе. Ленинград : Госэнергоиздат, 1961. 392 с.
2. Филимонов С. С. Двухфазные потоки и вопросы теплообмена: сборник / ред. И. Т. Аладьев. Москва : Наука, 1970. 162 с.

ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ МАСООБМІНУ В РІДИННІЙ ФАЗІ ПЛІВКОВИХ КОЛОН

Шафаренко М. В.¹, Воробйова М.І.²

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, shafarenko.nikolai@iit.kpi.ua

² Національний університет харчових технологій

Масообмін в рідкій фазі визначається гідродинамікою, яка утворюється при стіканні плівки рідини. Безпосередньо інтенсивність процесу залежить від режиму її течії.

Конвективний масоперенос в хвильових плівках здійснюється за механізмом турбулентних пульсацій. Масообмін для нескінченно-малого елемента рідинної плівки описується системою диференціальних рівнянь конвективної дифузії, Нав'є-Стокса і нерозривності. Точний розв'язок цієї системи неможливий через недостатню вивченість проблеми турбулентності.

Разом з тим наближене рішення цієї системи призводить до встановлення взаємозв'язку між швидкістю масовіддачі і ступіню турбулентності плівки, яка характеризується числом Рейнольдса:

$$k_x \sim \text{Re}_x^\alpha. \quad (1)$$

Умови масовіддачі по висоті зрошуваного каналу не являються однаковими.. Поблизу вхідної ділянки масовіддача протікає в 4-5 разів більш інтенсивно, чим при сталому режимі. Довжина шляху стабілізації в рідинній плівці описується залежністю:

$$x \approx 0,12 \cdot \text{Re}_x \cdot \text{Pr}_x \cdot \bar{\delta}. \quad (2)$$

При розрахунку процесу масопередачі по всій довжині каналу можна користуватися залежністю:

$$k_x \sim \left(\frac{\bar{\delta}}{l} \right)^p. \quad (3)$$

На швидкість масовіддачі суттєвий вплив здійснює хвилеутворення на поверхні плівки рідини. Виникнення хвиль призводить до зростання k_x в 1,5-2 рази в порівнянні з гладкою плівкою.

При оцінюванні впливу гідродинаміки течії плівки рідини на масообмін необхідно враховувати також поздовжнє перемішування. На основі розробленого методу визначення ефективного коефіцієнта дифузії в ламінарному потоці рідини одержано рівняння, яке необхідно врахувати в якості поправочного члена при розрахунку коефіцієнта масовіддачі k_x або висоти одиниці переноса в рідкій фазі h_x :

$$\frac{D_{eff}}{\bar{w}} = 5,9 \cdot 10^{-3} \cdot \nu \cdot \text{Re}_x^{4/3} \cdot \text{Sc}_x \quad (4)$$

Список використаної літератури:

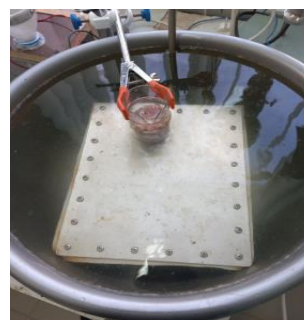
1. Романков П. Г., Фролов В. Ф. Массообменные процессы химической технологии: Системы с дисперсной твердой фазой. Ленинград : Химия, 1990. 384 с.

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ВПЛИВ НА М'ЯСНУ СИРОВИНУ**Швиденко В.В., Мельник В.М.****КПІ ім. Ігоря Сікорського, shvydenkovitalik@ukr.net**

Одним із перспективних напрямків удосконалення та інтенсифікації технологічних процесів виробництва їжі є застосування ультразвуку. Сучасні дослідження показують, що ультразвукові технології можуть відігравати важливу роль на всіх стадіях життєвого циклу харчової продукції. Діапазон застосування ультразвуку в процесі виробництва м'ясопродуктів промисловим способом, на сьогодні, є доволі широким і включає: прискорення дозрівання м'ясної сировини, тендеризацію м'яса, його посол, теплову обробку. Розрив клітинних мембран і порушення механічної цілісності клітин, а також пошкодження ДНК — найбільш очевидний із можливих наслідків ультразвукового впливу на мікроорганізми, що викликає їхню загибель [1]. Механізм бактерицидної дії ультразвуку на мікроорганізми пояснюється двома теоріями: кавітаційно-механічної та кавітаційно-електрохімічної.

Сутність процесу тендеризації м'яса за допомогою ультразвуку полягає в застосуванні ультразвукових коливань з метою руйнування сполучних тканин м'яса, внаслідок чого збільшується його ніжність незалежно від процесу дозрівання м'яса, від його вигляду або умов обробки. Часткове руйнування та пом'якшення тканинних структур дає можливість поліпшити консистенцію, соковитість, збільшити проникність речовин соління та прискорити ферментативні процеси.

При проведенні експериментальних досліджень було з'ясовано структуру білка після впливу ультразвуку на м'ясну сировину. Вплив тривалості оброблення м'ясних напівфабрикатів ультразвуком визначали в ультразвуковій ванні заводського виробництва з частотою УЗ коливань 36 кГц протягом 10, 15 та 20 хв.

**а****б**

**Рис. 1. Контрольний зразок: а) зважування контрольного зразку;
б) експериментальна установка**

Підготовлений зразок закріпили в штативі та помістили в ультразвукову установку (рис. 1). Вмикаємо ультразвукову установку та фіксуємо 10 хв на таймері. Після десяти хвилинного впливу ультразвукових коливань, вмикаємо установку та відбираємо зразок №1 для подальшого дослідження (рис. 2).

Візуально спостерігаємо за зміною прозорості рідини. Це свідчить про тендеризацію білкових волокон з високим вмістом сполучної тканини. Як наслідок, на клітинному рівні з'являються розриви, які частково заповнюються водою, про що свідчить зниження прозорості рідини.

Для аналізу результатів, повторюємо дослід двічі. Тривалість наступних експериментів 15 хв. (рис. 3) та 20 хв (рис. 4).



Рис.2. Контрольний зразок після 10 хв. впливу ультразвуку



Рис.3. Контрольний зразок після 15 хв. впливу ультразвуку



Рис.4. Контрольний зразок після 20 хв. впливу ультразвуку

Мікроскопічне дослідження усіх зразків фаршу свинити без впливу УЗ (рис. 5) та під впливом УЗ можна побачити на рис. 6, рис. 7 та рис. 8.

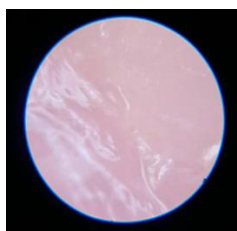


Рис.5. Контрольний зразок без впливу ультразвуку



Рис.6. Контрольний зразок після 10 хв. впливу ультразвуку



Рис.7. Контрольний зразок після 15 хв. впливу ультразвуку

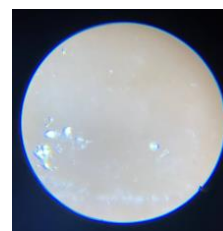


Рис.8. Контрольний зразок після 20 хв. впливу ультразвуку

Дія на м'ясо ультразвукової вібрації (частотою більшою 15 кГц протягом 1–30 хв) призводить до порушення цілісності м'язових волокон і елементів сполучної тканини. Сутність процесу тендеризації м'яса за допомогою УЗК полягає в застосуванні ультразвукових коливань з метою руйнування сполучних тканин м'яса, внаслідок чого збільшується його ніжність, незалежно від процесу дозрівання м'яса, від його вигляду, або умов обробки. Можна застосовувати ультразвукові коливання за межами звукових частот від 15 кГц.

Список використаної літератури:

1. Midgley J., Small A. Review of new and emerging technologies for red meat safety// Final report Meat & Livestock Australia.2006. p. 38-39.

COMPUTER SIMULATION OF ULTRASONIC OSCILLATION DISTRIBUTION IN AIR PURIFICATION SYSTEMS OF PHARMACEUTICAL PRODUCTION

Shybetskyi V., Kalinina M.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, v.shybetsky@gmail.com

To ensure the proper functioning of any pharmaceutical production, every technological process must meet the requirements of Guideline 42-4.0: 2020 "Medicines. Good manufacturing practice ". The guideline regulates the creation of controlled production conditions to obtain products of appropriate quality. One of the most important control parameters is the quality of ventilation air. The air must be cleaned of bacterial contaminants, the average content of which is 1000-100 cells per 1 m³, but can rise to 10⁴, and dust of organic and inorganic nature, water vapor. The total amount of pollutants can reach 10⁹ in 1 m³.

The separation of the smallest particles requires the largest investment. Therefore, the question of finding ways to reduce the load on the sterilization filters in order to increase the service life of the filter baffles and reduce the value of hydraulic resistance arises. The solution to this problem may be pre-treatment of air that goes to filtration by acoustic fields of high intensity or frequency, in order to coagulate aerosols.

But for the full implementation of acoustic coagulation technology in the technological schemes of air purification of pharmaceutical industries, it is necessary to go a long way from the concept to the existing equipment. Computer simulation is required to reduce the cost of implementing such equipment before conducting physical experiments [1].

To study the effect of ultrasonic oscillations on the process of coagulation of airborne particles, it is necessary to build a computer model that could assess the degree of influence of various factors on the formation of the acoustic picture in the environment under study. The creation of a computer model is based on the choice of equations to describe the process and specify the conditions of unambiguity. Such conditions of unambiguity in the general case are: geometric, physical, boundary and initial conditions.

One of the most popular software proposals for modeling various physical processes is the universal software system of finite element analysis ANSYS. This system is used in the field of automated engineering calculations (CAD or CAE) and finite element solutions of linear and nonlinear, stationary and nonstationary spatial problems of deformed solid mechanics and structural mechanics, fluid and gas mechanics, heat transfer, electrodynamics, acoustics, and acoustics of related fields. Harmonic Response was chosen for modeling from all the variety of modules used in ANSYS [2].

The first stage of modeling was to develop a 3-D model for further simulation.

The model consists of an emitter, which is represented by an annular cylindrical piezoelectric element, and an acoustic medium – a parallelepiped with the dimensions of an air duct.

The oscillations in the system are modeled by applying a conditional voltage to the outer and inner cylindrical surfaces of the emitter using the boundary condition “Voltage”. The acoustic environment was created by the “Acoustic Body” with the following physical properties, density $\rho=1.2041 \text{ kg/m}^3$, speed of sound in the environment $v=343.24 \text{ m/s}$. For the system, the maximum value of the oscillation frequency is 25 kHz, and the solution method is “Full”.

As a result of modeling, contours of Acoustic Pressure distribution in the air duct section of the ventilation system are obtained (Fig. 1). The maximum value of acoustic pressure is 5.65 Pa, and the minimum is -7.168 Pa. The distribution of oscillations corresponds to the propagation of a spherical wave. In the inner cavity of the radiator there is a significant zone of rarefaction, and the highest pressure is near the inner walls of the radiator and under it.

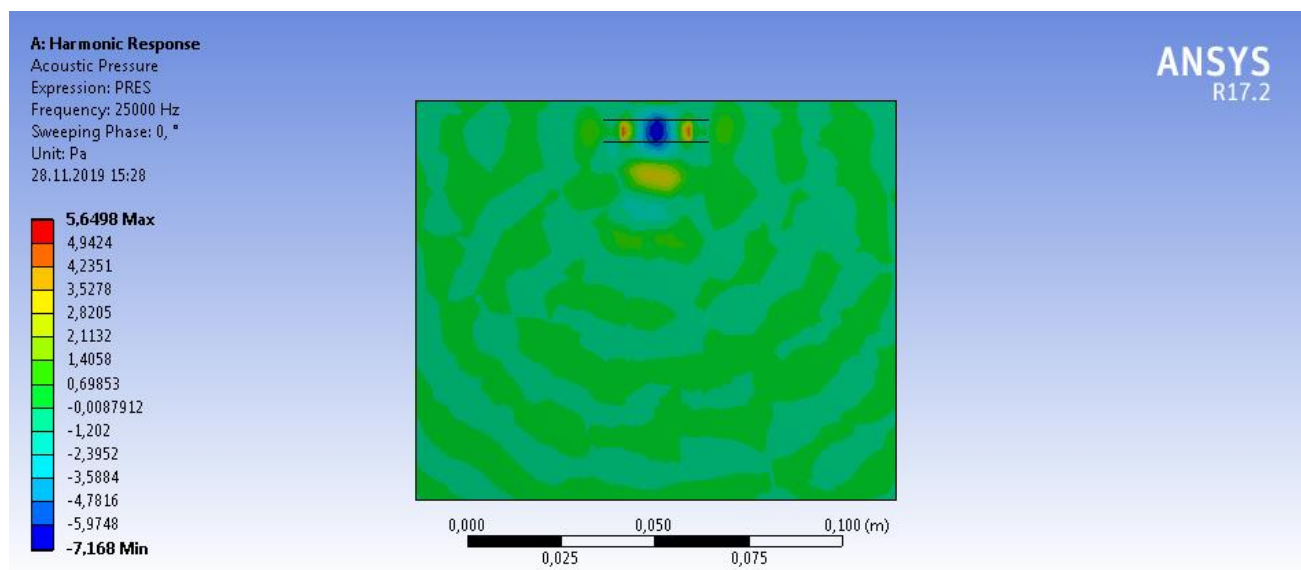


Fig. 1 Acoustic pressure distribution contour

The next stage of this work is to analyze the influence of the parameters of the channel and the emitter on the establishing of optimal coagulation conditions.

References:

1. Korobiichuk, I.; Mel'nick, V.; Shybetskyi, V.; Kostyk, S.; Kalinina, M. Optimization of Heat Exchange Plate Geometry by Modeling Physical Processes Using CAD. *Energies* 2022. 15. 1430.
2. Korobiichuk, I., Shybetskyi, V., Kostyk, S., Kalinina, M., Tsytsiura, A. Ways to Reduce the Creation of Vortex During Homogenization of Liquid Products, in: Szewczyk, R., Zieliński, C., Kaliczyńska, M. (Eds.), *Automation 2022: New Solutions and Technologies for Automation, Robotics and Measurement Techniques*. Springer International Publishing, Cham. 2022. p. 329–343.

**ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ РЕАКТОРІВ КАВІТАЦІЙНИХ
ЗМІШУВАЧІВ****Щенский Д. І.¹, Макаренко А.А.², Авдєєва Л.Ю.²**¹ КПП ім. Ігоря Сікорського² Інститут технічної теплофізики НАН України, tbds_ittf@ukr.net

Практично всі процеси, пов'язані з обробкою складних гомогенних і гетерогенних дисперсних систем, представляють собою сукупність декількох типових видів впливів: механічних, гідродинамічних, термічних та ін. Для диспергування та гомогенізації рідких дисперсних систем використовуються здебільшого гідромеханічні процеси [1, 2].

Інтенсифікація гідромеханічних, тепло- і массообмінних процесів в багатокомпонентних дисперсних системах здійснюється за рахунок ефективного використання підведеної зовнішньої енергії. Енергія вводиться в апарат для механічного перемішування, ежектування потоків, ініціювання механічних вібрацій, використання відцентрових сил, акустичних або імпульсних впливів, потужних електричних розрядів та ін. Для досягнення мінімальних витрат енергії при диспергуванні необхідно перетворити введену енергію у форму коротких потужних імпульсів протягом короткого часу. Імпульсне введення енергії найбільш ефективно в процесах подрібнення дисперсної фази. [1, 3].

Доведено, що гідродинамічна кавітація є ефективним способом локальної концентрації енергії для створення потужних динамічних ефектів. Цей вид кавітації широко застосовується для інтенсифікації багатьох енергоємних процесів в харчовій, хімічній, мікробіологічній промисловості, енергетиці та ін. Найбільшу цікавість викликають гідродинамічні змішувачі статичного типу, які характеризуються простотою конструкції і високою надійністю роботи. При їх роботі в потоці оброблюваної багатокомпонентної системи в критичній точці при різкій зміні геометрії течії утворюється місцеве різке зниження тиску і розвиваються кавітаційні ефекти. Ефективними елементами статичних кавітаторів є перегородки з отворами різних геометричних параметрів. Наприклад, перегородка може бути виконана у формі сопла, крильчатки або диску з одним або кількома каналами для проходження рідини. Зазвичай канали рівномірно розподілені на робочій поверхні диска і можуть мати різну форму та різний розмір. Конструкція кавітаційних реакторів має значний вплив на характеристики гідродинаміки потоку і інтенсивність кавітаційних ефектів [2, 3].

Висновки

Незважаючи на широке розповсюдження кавітаційних технологій, вплив різних геометричних та конструкторських параметрів кавітаційних реакторів на виникнення ефектів кавітації ще недостатньо вивчений і вимагає проведення додаткових аналітичних, із застосуванням засобів математичного і комп'ютерного моделювання, а також експериментальних досліджень.

Список використаної літератури:

1. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Тепломассообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах. Киев, Наукова думка. 2008. 382 с.
2. Федоткин И.М., Гулый И.С. Кавитация, кавитационная техника и технология, их использование в промышленности (теория, расчеты и конструкции кавитационных аппаратов). Ч.І. Киев, Полиграфкнига. 1997. 838 с.
3. Долінський А.А., Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А. Кавітаційні технології для виробництва нанопрепаратів. Київ, Наукова думка. 2020. 112 с.