

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПЛОДОВО-ОВОЧЕВИХ ВИРОБНИЦТВ ЯК СУБСТРАТУ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ГРИБА *LENTINULA EDODES*

I.P. Клечак¹, Н.А. Бісько², О.О. Сироїд^{1*}

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

²Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, Київ, Україна

*Corresponding author: silenceinthelibrary1@gmail.com

Received 25 August 2019; Accepted 27 November 2019

Проблематика. Існує низка взаємопов'язаних проблем: глобальний голод і недоїдання, виснаження природних ресурсів, значні втрати продовольства й істотне збільшення агропромислових відходів (сільського господарства і харчової промисловості). Використання відходів агропромислового комплексу як субстрату для культивування базидієвих грибів є одним зі шляхів вирішення цих проблем. До трійки світових лідерів за обсягами вирощування входить популярний їстівний гриб шіітаке (*Lentinula edodes*), тому розробка технології його вирощування з використанням сировинної бази і відходів рослинництва є актуальною для вирішення як екологічних проблем, так і проблем харчування.

Мета. Встановлення можливості біотехнологічного використання лігновмісних відходів переробки яблук і винограду за рахунок біоконверсії міцелієм *L. edodes*.

Методика реалізації. Досліджували принципіву можливість росту *L. edodes* на відходах переробки яблук і винограду. Інокуляцію посівною культурою та визначення швидкості обростання здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик. Для оптимізації підготовки живильного середовища було вибрано метод латинських ортогональних прямокутників.

Результати. Штам *L. edodes* 22 продемонстрував найкращий результат за швидкістю росту на виноградних вичавках, штам *L. edodes* 29 краще ріс на відходах переробки яблук, штам *L. edodes* 24 показав середній результат на всіх досліджуваних середовищах, тому для подальших досліджень було вибрано штами *L. edodes* 22 і 24. З використанням методу латинських ортогональних прямокутників було встановлено, що для штаму *L. edodes* 22 оптимальним середовищем для підготовки посівного матеріалу і для основного культивування є виноградні неекстраговані вичавки; для штаму *L. edodes* 24 найоптимальнішим середовищем для підготовки посівного матеріалу і для культивування міцелію є виноградні екстраговані вичавки.

Висновки. Натуральні живильні середовища забезпечують високу швидкість росту культур роду *L. edodes* на різних агаризованих середовищах. За швидкістю росту на відходах переробки яблук і винограду для подальших досліджень було відібрано два штами – 22 і 24. Використання запропонованих алгоритмів підготовки посівного матеріалу та основного субстрату дає змогу на 20 % зменшити час обростання субстрату, що не лише скорочує весь цикл підготовки до культивування на 10 %, а й знижує ризик контамінації субстрату за рахунок підвищення конкурентоспроможності *Lentinus edodes*.

Ключові слова: *Lentinus edodes*; виноградні вичавки; яблучні вичавки; біоконверсія; відходи; базидієві гриби.

Вступ

На сьогодні існує низка взаємопов'язаних проблем: нестача харчових ресурсів на фоні виснаження природних запасів, катастрофічні втрати продовольства унаслідок неефективної культури споживання і значне збільшення агропромислових відходів. Штучне культивування вищих грибів на відходах агропромислового комплексу посідає чільне місце серед доцільних шляхів вирішення означених проблем. Цей процес дає можливість отримувати високобілкову їжу, покращуючи екологічну ситуацію.

Варто відзначити, що традиційно субстратом для вирощування грибів є деревні відходи,

зокрема тирса. Використання цих відходів для вирощування грибів має певні недоліки. Деякі дослідники вказують на більш низькі врожаї та поживну цінність грибів, вирощених на тирсі, порівняно з результатами, отриманими при використанні як живильного середовища агропромислових відходів [1, 2]. Існують також дані про токсичність і алергенність дії низки порід дерев [10].

Зростання кількості відходів харчової промисловості в останні десятиліття минулого століття і на початку нинішнього привертає увагу дослідників до цього різновиду потенційно дешевих субстратів для отримання кормового білка та плодівих тіл грибів. Узагальнені в праці

Porre [1] понад 150 видів відходів підходять для отримання плодкових тіл 45 видів їстівних базидієвих грибів.

До трійки світових лідерів за обсягами вирощування входить популярний їстівний гриб *Lentinula edodes*, тому розробка технології його вирощування з використанням сировинної бази і відходів рослинництва, характерних для України, є актуальною для вирішення як екологічних проблем, так і проблем харчування. Основними відходами, що утворюються після виробничого циклу плодпереробних заводів, є вичавки [1].

Промислова переробка винограду передбачає комплексний підхід до утилізації виноградної вичавки. Комплексна схема утилізації вичавок дає можливість отримувати етанол, виноградне масло, кормове борошно та добрива [3, 4]. Для реалізації безвідходного виробництва яблучні вичавки (28–39 % від маси вихідної сировини) використовують як корм худобі у свіжому вигляді.

Особливим напрямом стало використання виноградних і яблучних вичавок як нового біологічного субстрату для отримання повноцінної білкової їжі через пряму біоконверсію їх у кормовий і харчовий білок за допомогою базидієвих грибів [5]. А використання інтенсивного способу культивування гриба *L. edodes* дає змогу створити замкнений цикл у біотехнологічних системах життєзабезпечення людини, що істотно знижує дефіцит білка і уможливорює утилізацію великотоннажних відходів із переробки винограду та яблук, які забруднюють навколишнє середовище [4–6].

Метою нашої роботи було встановлення можливості біотехнологічного використання лігновмісних відходів переробки яблук і винограду за рахунок біоконверсії міцелієм гриба *L. edodes*.

Матеріали і методи

У роботі було використано три штами *L. edodes* – 22, 24, 29, які були відібрані на попередніх етапах досліджень з огляду на високу швидкість обростання субстрату. Штами *L. edodes* отримано з Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (ІБК).

Культури базидієвих грибів зберігають на сусло-агарі за температури 4–10 °С, пересівають їх один раз на 12 місяців [9]. Робочі культури для досліджень вирощують на скошеному сусло-агарі за 28 ± 1 °С у пробірках.

Для дослідження принципової можливості росту на відходах переробки яблук і винограду були використані середовища такого складу: сусло-агар (контрольне середовище); агаризовані неекстраговані виноградні вичавки; агаризовані екстраговані виноградні вичавки; агаризовані неекстраговані яблучні вичавки; агаризовані екстраговані яблучні вичавки; агаризована промивна вода після отримання пектину з яблучних вичавок; екстракт виноградних вичавок агаризований, екстракт виноградних вичавок.

Для дослідження впливу способу підготовки посівного матеріалу на подальше обростання субстрату міцелієм як субстрат були використані виноградні, яблучні вичавки та сусло-агар як контроль для підготовки посівного матеріалу. Сухі вичавки замочували водою на 12 год, після чого фільтрували через марлю. Вологий субстрат розкладали в чашки Петрі й автоклаували протягом 40 хв за 1,5 атм. Субстрат після відповідної обробки (замочування, корегування рН до 4–4,5; стерилізація) охолоджували до 25–28 °С.

Інокуляцію посівною культурою здійснювали відповідно до методики [9].

У дослідженні аналізувалася швидкість обростання субстрату. Швидкість лінійного росту міцелію штамів *L. edodes* досліджували протягом 30 діб за температури 26 ± 1 °С, досліди проводили в трикратній повторності. Інокуляцію проводили агаровим диском ($d = 10$ мм) з міцелієм гриба, попередньо вирощеним за температури 26 ± 1 °С на сусло-агарі. Культуру гриба інокулювали на живильне середовище у центр чашки Петрі та інкубували за вказаної вище температури. Радіуси колоній вимірювали у двох взаємно перпендикулярних напрямках через добу, починаючи з 2-ї доби після інокуляції до повного обростання середовища.

Для оптимізації підбору способу підготовки живильного середовища було вибрано метод латинських ортогональних прямокутників [12]. Метод включає в себе проведення багатофакторного експерименту та розрахунку ефекту впливу кожного з факторів. У нашому дослідженні першим фактором був спосіб підготовки посівного матеріалу, другим – субстрат для культивування міцелію. Ефект впливу розраховується за швидкістю обростання субстрату і являє собою різницю між середнім арифметичним швидкості обростання, що обумовлювалася способом підготовки субстрату, і середнім арифметичним швидкості обростання субстрату.

Результати

На першому етапі досліджень необхідно було встановити можливість використання для біоконверсії яблучних і виноградних вичавок штамів *L. edodes*.

З цією метою оцінювали штами *L. Edodes*, відібрані за результатами попередніх досліджень за їх здатністю рости на агаризованих живильних середовищах із різними відходами переробки винограду та яблук.

Порівнюючи швидкість росту досліджуваних штамів *L. edodes* на відходах переробки винограду (агаризований екстракт із виноградних вичавок, агаризовані екстраговані та неекстраговані виноградні вичавки) слід відзначити, що

агаризована екстрагована виноградна вичавка забезпечує повне обростання чашки Петрі досліджуваними штамми (на 13-ту добу для штамів 22 і 24 та на 15-ту добу для штаму 29). Дещо повільніше росли досліджувані штами на агаризованому екстракті з виноградних вичавок (15 і 17-та доба для штамів 22 і 24 відповідно та 28-ма доба для штаму 29) (рис. 1в). Агаризована неекстрагована виноградна вичавка забезпечує середній результат (13 і 15-та доба для штамів 22 і 24 та 28-ма доба для штаму 29) (рис. 1б).

Особливості росту *L. edodes* на відходах переробки яблук (агаризована промивна вода, екстраговані та неекстраговані яблучні вичавки) показані на рис. 2. На агаризованій промивній воді строк повного обростання чашки Петрі для

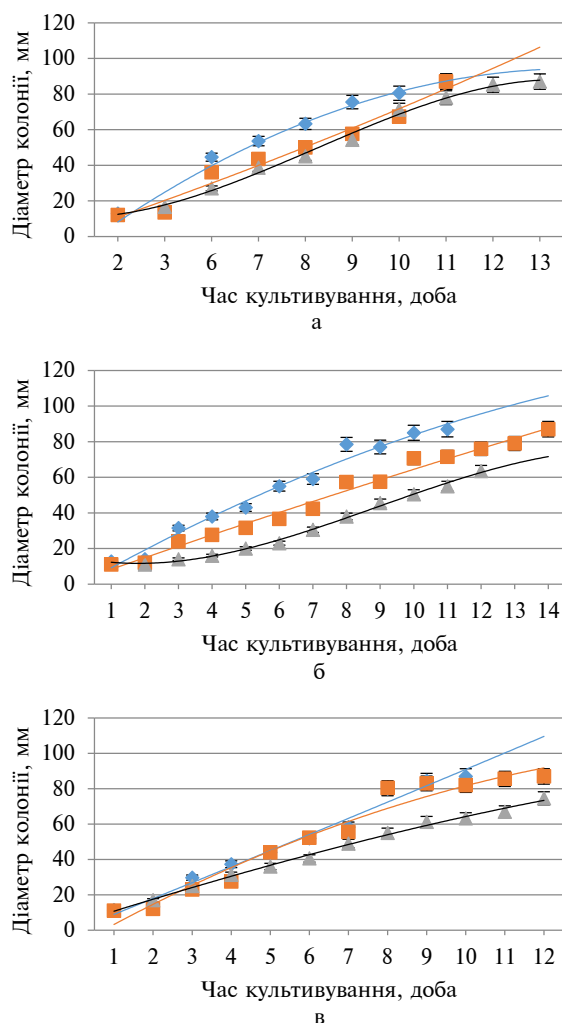


Рисунок 1: Ріст штамів *L. edodes* на відходах переробки винограду: на середовищі, що містить екстраговані виноградні вичавки (а); на середовищі, що містить неекстраговані виноградні вичавки (б); на середовищі, що містить екстракт виноградних вичавок (в) ($p < 0,05$); ◆ – штам 22; ■ – штам 24; ▲ – штам 29

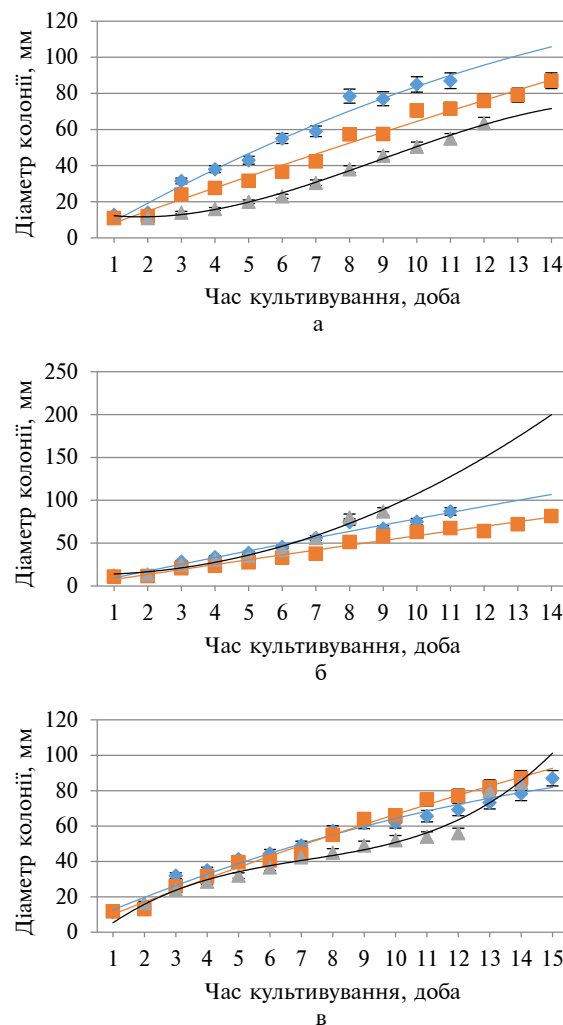


Рисунок 2: Ріст штамів *L. edodes* на відходах переробки яблук: на середовищі, що містить неекстраговані яблучні вичавки (а); на середовищі, що містить екстраговані яблучні вичавки (б); на середовищі, що містить агаризовану промивну воду після яблучних вичавок (в) ($p < 0,05$); ◆ – штам 22; ■ – штам 24; ▲ – штам 29

всіх 3-х досліджуваних штамів становив майже 30 діб і був практично синхронним. Відзначимо штам *L. edodes* 29: міцелій обростав чашку Петрі з екстрагованою яблучною вичавкою за 14 діб, і це найкращий результат серед досліджених штамів (рис. 2б). Для штаму 24 цей показник становив 16 діб, а для штаму 22 – 29 діб. На агаризованому середовищі з неекстрагованими яблучними вичавками штам *L. edodes* 22 продемонстрував максимальну швидкість обростання чашки Петрі – на 13-ту добу, а штами 29 і 24 – на 15 і 21-шу добу відповідно (рис. 2а).

На наступному етапі досліджень було встановлено вплив способу підготовки посівного матеріалу на швидкість освоєння субстрату. Для цього етапу, виходячи з попередніх досліджень, були відібрані штами *L. edodes* 22 і 24.

Метод латинських ортогональних прямокутників дає можливість розрахувати ефект впливу кожного фактора на швидкість обростання основного субстрату, тобто підібрати оптимальні середовища для підготовки посівного матеріалу і культивування міцелію, що забезпечать найвищу швидкість обростання субстрату [13]. Використання цього методу дає змогу мінімізувати кількість проведених експериментів та отримати при цьому найбільш економічно вигідний результат.

На першому етапі було проведено низку експериментів з вирощування *L. edodes* на різних типах середовищ для отримання посівного матеріалу та на різних субстратах для культивування міцелію (табл. 1). У дослідженні була проаналізована швидкість обростання основного субстрату (виражається в кількості діб). Результати наведені в табл. 2 і 3 для штамів 22 і 24 відповідно.

Фактори варіювали у таких діапазонах:

Фактор 1 (вичавки): яблучні екстраговані, яблучні неекстраговані, виноградні екстраговані, виноградні неекстраговані, сусло-агар.

Фактор 2 (вичавки): яблучні екстраговані, яблучні неекстраговані, виноградні екстраговані, виноградні неекстраговані.

На наступному етапі розраховано середні арифметичні значення швидкості обростання субстрату міцелієм для кожного досліду. Для штаму *L. edodes* 24 вона становила 18 діб, для штаму *L. edodes* 22 – 16 діб.

Далі було розраховано середню швидкість обростання субстрату міцелієм окремо для кожного способу підготовки посівного матеріалу та

Таблиця 1: Схема планування експерименту з дослідження впливу способу підготовки посівного матеріалу та складу субстрату на швидкість обростання субстрату міцелієм *L. edodes*: 2 фактори на 5 рівнях

№	Рівні	Фактори	
		X ₁	X ₂
1		1	1
2		1	3
3		1	4
4		2	4
5		2	1
6		3	3
7		3	4
8		3	2
9		4	3
10		4	4
11		4	2
12		5	1
13		5	3
14		5	4

для всіх типів субстрату для основного культивування. Зведені результати наведені в табл. 4 і 5 для штамів 22 і 24 відповідно.

Заключним етапом обробки є визначення ефекту впливу для кожного зі способів підготовки посівного матеріалу та різних типів кінцевого субстрату. Вони розраховуються як різниця між середніми значеннями швидкості обростання для кожного фактора і середнього арифметичного швидкості обростання. Чим меншим є значення різниці між цими двома показниками, тим сильніше спосіб підготовки посівного матеріалу вплинув на кінцеву швидкість обростання субстрату. Дані наведені в табл. 4 і 5 для штамів 22 і 24 відповідно.

Так, для штаму *L. edodes* 22 значення ефекту впливу “-1,41” для способу підготовки посівного матеріалу відповідає виноградним неекстрагованим вичавкам, які визначено оптимальним субстратом для підготовки посівного матеріалу. Для культивування міцелію на субстраті найвищий ефект впливу дають неекстраговані виноградні вичавки – “-1,2”.

Для штаму *L. edodes* 24 найвищий ефект впливу як субстрату для підготовки посівного матеріалу дають виноградні екстраговані вичавки – “-3,36”, оптимальним субстратом для основного культивування є екстраговані виноградні вичавки, ефект впливу яких становив “-1,36”.

Таблиця 2: Швидкість обростання основного субстрату для штаму *L. edodes* 22

Спосіб підготовки посівного матеріалу (вичавки) – X 1	Субстрат для культивування міцелію (вичавки) – X 2	Швидкість обростання, доба
Яблучна неекстрагована	Яблучна екстрагована	Відсутність росту
Яблучна неекстрагована	Виноградна екстрагована	Відсутність росту
Яблучна неекстрагована	Виноградна неекстрагована	15
Яблучна екстрагована	Виноградна неекстрагована	14
Яблучна екстрагована	Яблучна екстрагована	19
Виноградна неекстрагована	Виноградна екстрагована	14
Виноградна неекстрагована	Виноградна неекстрагована	15
Виноградна неекстрагована	Яблучна неекстрагована	14
Виноградна неекстрагована	Виноградна екстрагована	15
Виноградна екстрагована	Виноградна неекстрагована	14
Виноградна екстрагована	Яблучна неекстрагована	21
Сусло-агар	Яблучна екстрагована	14
Сусло-агар	Виноградна екстрагована	19
Сусло-агар	Виноградна неекстрагована	15
Середня швидкість росту		15,7

Таблиця 3: Швидкість обростання основного субстрату для штаму *L. edodes* 24

Спосіб підготовки посівного матеріалу (вичавки) – фактор 1	Субстрат для культивування міцелію (вичавки) – фактор 2	Швидкість обростання, доба
Яблучна неекстрагована	Яблучна екстрагована	Відсутність росту
Яблучна неекстрагована	Виноградна екстрагована	19
Яблучна неекстрагована	Виноградна неекстрагована	21
Яблучна екстрагована	Виноградна неекстрагована	21
Яблучна екстрагована	Яблучна екстрагована	19
Виноградна неекстрагована	Виноградна екстрагована	Відсутність росту
Виноградна неекстрагована	Виноградна неекстрагована	16
Виноградна неекстрагована	Яблучна екстрагована	21
Виноградна неекстрагована	Виноградна екстрагована	15
Виноградна екстрагована	Виноградна неекстрагована	15
Виноградна екстрагована	Яблучна неекстрагована	15
Сусло-агар	Яблучна екстрагована	Відсутність росту
Сусло-агар	Виноградна екстрагована	19
Сусло-агар	Виноградна неекстрагована	21
Середня швидкість росту		18,3

Таблиця 4: Значення середньої швидкості обростання різних за складом субстратів за різних способів підготовки посівного матеріалу та ефекту впливу для штаму *L. edodes* 22

Тип субстрату	Середня швидкість обростання	Ефект впливу
Для способів підготовки посівного матеріалу		
Сусло-агар	16	0,25
Яблучна неекстрагована	15	-0,75
Яблучна екстрагована	16,5	0,75
Виноградна неекстрагована	14,3	-1,41
Виноградна екстрагована	16,7	0,91
За субстратом для культивування міцелію		
Яблучна екстрагована	16,5	0,75
Яблучна неекстрагована	17,5	1,75
Виноградна екстрагована	16	0,25
Виноградна неекстрагована	14,6	-1,15

Таблиця 5: Значення середньої швидкості обростання різних за складом субстратів за різних способів підготовки посівного матеріалу та ефекту впливу для штаму *L. edodes* 24

Тип субстрату	Середня швидкість обростання	Ефект впливу
Для способів підготовки посівного матеріалу		
Сусло-агар	20	1,63
Яблучна неекстрагована	20	1,63
Яблучна екстрагована	20	1,63
Виноградна неекстрагована	18,5	0,14
Виноградна екстрагована	15	-3,36
За субстратом для культивування міцелію		
Яблучна екстрагована	19	0,63
Яблучна неекстрагована	18	-0,37
Виноградна екстрагована	17	-1,36
Виноградна неекстрагована	18,8	0,43

Обговорення

Для дослідження принципової можливості росту на відходах переробки яблук і винограду нами було проаналізовано 3 штами *L. edodes*, що росли на твердих та рідких відходах переробки яблук і винограду. На середовищах переробки винограду, зокрема на середовищах, що містили екстраговані та неекстраговані вичавки, найкращий результат за швидкістю росту продемонстрував штам *L. edodes* 22, а штам *L. edodes* 29 краще ріс на відходах переробки яблук. Штам *L. edodes* 24 показав середній результат за швидкістю обростання на всіх досліджуваних середовищах. При цьому агаризовані рідкі відходи переробки винограду та яблук виявились недостатньо збалансованими для росту вибраних штамів, тоді як агаризовані середовища, що містили лігноцелюлозні відходи переробки, забезпечували досить високий рівень швидкості росту вегетативного міцелію для всіх досліджених штамів *L. edodes*. Отримані результати пов'язані з доступністю потенційних джерел живлення у вигляді целюлози та лігніну, що в значній кількості містяться у виноградних та яблучних вичавках.

Слід зазначити, що швидкість росту штамів *L. edodes* залежить від особливостей штаму та характеристик живильного середовища. Так, штами, які росли на середовищі з виноградними вичавками, мали низькі або середні значення коефіцієнта росту, що є характерним для культивування на твердих субстратах [5, 6, 10].

Також дослідження демонструють, що штами *L. edodes* у перші 4 доби виявляють меншу швидкість обростання субстрату – в межах 5 мм/добу порівняно з *P. ostreatus* [5, 7]. Починаючи з 6-ї доби, швидкість обростання збільшується до 10–12 мм/добу. Дані спостереження дають змогу припустити, що штами *L. edodes* повільніше адаптуються до виноградної вичавки, ніж раніше вивчена культура *P. ostreatus*, що своєю чергою впливає на строки отримання посівного міцелію, подовжуючи їх на 4–5 діб [5, 11], тому важливість пошуку оптимального способу підготовки посівного матеріалу залишається актуальною.

Важливим етапом для налагодження технології культивування грибів є підготовка посівного матеріалу, оскільки процес обростання основного субстрату міцелієм є одним із ключових моментів процесу культивування базидієвих грибів, тому що саме в цей період високим є ризик контамінації середовища. З огляду на наведені вище результати для подальшого

відпрацювання основних технологічних параметрів, а саме впливу способу підготовки посівного матеріалу на освоєння субстрату культивування їстівного гриба *L. edodes* на виноградних і яблучних вичавках, було відібрано два штами – 22 і 24. Обидва штами показали можливість росту на виноградних та яблучних вичавках, проте слід зазначити, що вказані штами *L. edodes* належать до тих, що ростуть повільно (ростовий коефіцієнт менше 50), тому інтенсифікація процесу обростання субстрату є важливим моментом у процесі оптимізації факторів росту гриба.

Результати проведених експериментів свідчать про те, що для штаму *L. edodes* 22 субстратом як для посівного матеріалу, так і для культивування міцелію є виноградні неекстраговані вичавки, що дасть можливість скоротити строк усього виробничого процесу.

Для штаму *L. edodes* 24 найкращим субстратом є виноградні екстраговані вичавки. Це може бути пов'язано з адаптацією культури до субстрату, що впливає на швидкість обростання основного субстрату. Отже, використання виноградних екстрагованих вичавок для штаму *L. edodes* 24 дасть змогу на 20 % скоротити час обростання основного субстрату.

Варто зазначити, що відсутність росту для обох штамів на деяких середовищах пов'язана з адаптивною поведінкою цих штамів до кожної з комбінацій вибраних середовищ та може бути викликана впливом кількох чинників. Так, відсутність росту штамів на середовищах із неекстрагованими вичавками може обумовлюватися інгібуванням процесів росту речовинами, які містяться в них, а у випадку з екстрагованими вичавками цей субстрат міг бути недостатньо збалансованим для ростових потреб вибраних штамів.

Також для обох штамів спостерігається тенденція до підвищення швидкості обростання субстрату міцелієм при використанні однакових субстратів як для культивування посівного матеріалу, так і для основного культивування. Це може бути пов'язано з тим, що культура гриба адаптується до середовища вже на стадії отримання посівного матеріалу. А оскільки швидкість обростання основного субстрату є вищою при використанні виноградних вичавок порівняно із сусло-агаром, що виступає контрольним середовищем для нарощування посівного матеріалу, то їх більш економічно вигідно використовувати на всіх етапах процесу культивування.

Висновки

Отже, використані в роботі натуральні живильні середовища забезпечують високу швидкість росту культур виду *L. edodes* на різних агаризованих середовищах. Це свідчить про те, що досліджений гриб підходить для використання як активний біодеструктор лігно- та целюлозовмісних відходів плодово-овочевих виробництв. За швидкістю росту на відходах переробки яблук і винограду для подальших досліджень було відібрано два штами *L. edodes* – 22 і 24.

За значеннями швидкості обростання основного субстрату для обох штамів спостерігається тенденція до підвищення цього показника при використанні однакових субстратів як для культивування посівного матеріалу, так і для основного культивування. Це може бути пов'язано з тим, що культура гриба адаптується до середовища вже на стадії отримання посівного матеріалу.

Для штамму *L. edodes* 22 оптимальним середовищем для підготовки посівного матеріалу і для культивування міцелію є виноградні неекстраговані вичавки, а для штаму *L. edodes* 24 – виноградні екстраговані вичавки.

Використання відібраних штамів *L. edodes* 22 і 24 для біодеструкції неекстрагованих та екстрагованих виноградних вичавок відповідно дає змогу на 20 % скоротити час обростання субстрату міцелієм, що не лише скорочує весь цикл підготовки до культивування на 10 %, а й знижує ризик контамінації субстрату за рахунок підвищення конкурентоспроможності *L. edodes*.

Фінансування

Робота виконана на кафедрі промислової біотехнології КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках ініціативно-пошукової теми “Біосинтетична діяльність вищих базидіальних грибів” 01/5-17.

References

- [1] Barshtein VY, editor. Bioconversion of waste of agro-industrial complex. Novosibirsk: ANS "Si-BAK"; 2016. 88 p.
- [2] Koroban LP. Biological features of the mushroom *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. with intensive cultivation on lignocellulosic waste in Moldova [dissertation]. Moscow; 2004. 133 p.
- [3] Minakov DV. Influence of ecological and biochemical parameters of bio-conversion of plant material on yield of biomass of fruit bodies of xylothrophic basidiomycetes [dissertation]. Moscow; 2018. 156 p.
- [4] Bogolytsyn KG. "Green" chemistry of lignin – new aspects of Arkhansksgelsk: AGTU; 2007. 21 p.
- [5] Tanashchuk TN. Development of biotechnology for edible fungus *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. on wastes of wine-city processing [dissertation]. Yalta; 1997. 135 p.
- [6] Bisko NA, Babitskaya VG, Bukhalo AS, Krupoderova TA, Lomborg MV, Mikhailova OB, et al. Biological properties of medicinal macromycetes in culture. Kyiv: Altpress, 2011; 212 p.
- [7] Obolenskaya AV, El'nitskaya, ZP, Leonovich AA. Laboratory works on wood and cellulose chemistry. Moscow: Ecology; 1991. 320 p.
- [8] Kononov GN. Chemistry of wood and its main components. Moscow: MSFU; 1999. 247 p.
- [9] Bilai VI, editor. Methods of experimental mycology. Kyiv: Naukova Dumka; 1982. 550 p.
- [10] Belova NV. Prospects for the use of biologically active compounds of higher basidiomycetes in Russia. Mycology and Phytopathology; 2004;38(2):1-5.
- [11] Rabinovich ML. Theoretical foundations of biotechnology of wood composites. Moscow: Science; 2001. Book 1, Wood and the mushrooms that destroy it; 262 p.
- [12] Kononyuk AE. Fundamentals of scientific research (general theory of experiment). Kyiv: Osvita Ukrainy; 2011. Book 1; 235 p.
- [13] Kononyuk AE. Fundamentals of scientific research (general theory of experiment). Kyiv: Osvita Ukrainy; 2011. Book 3; 228 p.

.....
И.Р. Клечак, Н.А. Бисько, О.О. Сыроид

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПЛОДОВООВОЩНЫХ ПРОИЗВОДСТВ В КАЧЕСТВЕ СУБСТРАТА ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ГРИБА *LENTINULA EDODES*

Проблематика. Существует ряд взаимосвязанных проблем: глобальный голод и недоедание, истощение природных ресурсов, значительные потери продовольствия и значительное увеличение агропромышленных отходов (сельского хозяйства и пищевой промышленности). Использование отходов агропромышленного комплекса как субстрата для культивирования базидиальных грибов является одним из путей решения этих проблем. В тройку мировых лидеров по объемам выращивания входит популярный

съедобный гриб шиитаке (*Lentinula edodes*), поэтому разработка технологии его выращивания с использованием сырьевой базы и отходов растениеводства является актуальной для решения как экологических проблем, так и проблем питания.

Цель. Установление возможности биотехнологического использования отходов переработки яблок и винограда путем биоконверсии мицелием *L. edodes*.

Методика реализации. Исследовали принципиальную возможность роста *L. edodes* на отходах переработки яблок и винограда. Инокуляцию посевной культурой и определение скорости обрастания осуществляли согласно общепринятым методикам. Для оптимизации подготовки питательной среды был выбран метод ортогональных латинских прямоугольников.

Результаты. Штамм *L. edodes* 22 продемонстрировал лучший результат по скорости роста на виноградных выжимках, штамм *L. edodes* 29 лучше рос на отходах переработки яблок, штамм *L. edodes* 24 показал средний результат на всех исследуемых средах, поэтому для дальнейших исследований были выбраны штаммы *L. edodes* 22 и 24. С использованием метода ортогональных латинских прямоугольников было установлено, что для штамма *L. edodes* 22 оптимальной средой для подготовки посевного материала и для основного культивирования являются виноградные неэкстрагированные выжимки; для штамма *L. edodes* 24 самой оптимальной средой для подготовки посевного материала и для культивирования мицелия являются виноградные экстрагированные выжимки.

Выводы. Натуральные питательные среды обеспечивают высокую скорость роста культур рода *L. edodes* на разных агаризованных средах. По скорости роста на отходах переработки яблок и винограда для дальнейших исследований были отобраны два штамма – 22 и 24. Использование предложенных алгоритмов подготовки посевного материала и основного субстрата позволяет на 20 % уменьшить время обрастания субстрата, что не только сокращает весь цикл подготовки к культивированию на 10 %, но и снижает риск контаминации субстрата за счет повышения конкурентоспособности *Lentinus edodes*.

Ключевые слова: *Lentinus edodes*; виноградные выжимки; яблочные выжимки; биоконверсия; отходы; базидиевые грибы.

I.R. Klechak, N.A. Bisko, O.O. Syroid

RESEARCH ON THE POSSIBILITY OF BIOTECHNOLOGICAL USING WASTES OF FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS AS A SUBSTRATE FOR *LENTINULA EDODES*

Background. There are a number of interrelated problems: global hunger and malnutrition, depletion of natural resources, significant food losses and a significant increase in agro-industrial waste (agriculture and food processing). The use of agro-industrial waste as a substrate for the cultivation of basidium fungi is one of the ways to solve these problems. Popular edible mushroom shiitake (*Lentinula edodes*) is one of top three world leaders in terms of cultivation, so the development of technology for its cultivation using raw materials and crop waste is relevant for solving both environmental and nutrition problems.

Objective. The purpose of the paper is establishing the possibility of biotechnological use of waste from the processing of apples and grapes by bioconversion with fungi of the species *L. edodes*.

Methods. The principal growth potential at processing waste from apple and grape was investigated. Inoculation of sowing culture and determination of aphid speed were carried out according to standard methods. The method of Latin orthogonal rectangles was chosen to optimize the selection of a method for preparing a nutrient medium.

Results. *L. edodes* strain 22 showed the best result in growth rate on grape pomace, *L. edodes* strain 29 grew better on apple processing waste, *L. edodes* strain 24 showed an average result on all studied media, therefore, for further studies *L. edodes* strains 22 and 24 were selected. Using the method of Latin orthogonal rectangles, the following results were obtained: for *L. edodes* strain 22, grape non-extracted pomace are the most optimal medium for the preparation of the sowing material and for the main cultivation; for *L. edodes* strain 24, grape extracted pomace are the most optimal medium for the preparation of sowing material and for the main cultivation.

Conclusions. Natural nutrient mediums provide a high growth rate of *L. edodes* cultures on various agar medium. Taking into account the growth rate at processing waste from apple and grape, two strains were selected for further research – 22 and 24. Using the proposed algorithms for the preparation of the seed material and the main substrate allows to reduce the substrate growth time by 20%, which not only reduces the entire cultivation preparation cycle by 10%, but also reduces the risk of contamination of the substrate by increasing the competitiveness of the *Lentinula edodes*.

Keywords: *Lentinus edodes*; grape pomace; apple pomace; bioconversion; waste; basidium fungi.