

ПУСТОВА З.В.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

ПУСТОВА Н.В.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

м. Кам'янець-Подільський, Україна

МІЦЕЛІАЛЬНІ ГРИБИ В АЛЬТЕРНАТИВНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

Світова економіка тісно пов'язана з енергетичними ресурсами, де паливо відіграє центральну роль у забезпеченні промислового розвитку, транспорту та щоденного життя мільярдів людей.

Однак ця залежність від обмежених і вичерпних ресурсів призвела до значних екологічних проблем і геополітичних конфліктів, викликаючи потребу в пошуку сталих альтернативних джерел енергії, які можуть забезпечити майбутні покоління [1, 3, 4].

Пошуку екологічно чистих та економічно ефективних альтернатив викопним паливам, що сприятиме зниженню викидів парникових газів і підвищенню енергетичної незалежності. Одним із перспективних напрямів є виробництво біодизеля з ліпідів міцеліальних грибів, яке має потенціал зменшити витрати на сировину та забезпечити стабільність постачання біопалива.

Міцеліальні гриби, чия роль у біоконверсії та розкладанні органічних матеріалів досліджується все активніше, є перспективним напрямком для виробництва біодизельного палива. Вони здатні розкладати лігнін, складний полімерний компонент рослин, і перетворювати його на корисні продукти, включаючи жирні кислоти, які використовуються для біодизеля. Використання міцеліальних грибів для цієї мети може знизити витрати на виробництво та підвищити екологічну стійкість процесу [5 - 10].

З точки зору екології, біопаливо є вуглецево-нейтральним і сприяє зменшенню викидів парникових газів, що робить його привабливим у контексті боротьби зі зміною клімату. Розробка ефективних технологій виробництва біодизеля, включаючи використання міцеліальних грибів, стає ключовим завданням сучасної біотехнології, спрямованої на сталий розвиток енергетики.

Багато видів пліснявих грибів, дріжджів та водоростей здатні накопичувати внутрішньоклітинні ліпіди, що становлять понад 70% їхньої біомаси під час періодів метаболічного стресу.

Продуцентом є унікальний мікроміцет – муковий гриб *Cunninghamella* японіса, здатний утворювати до 50% триацилгліцеринів.

Вирощування біомаси гриба триває протягом 4-5 діб. Вихід біомаси становить 112 г/л середовища (маса сирого міцелію) і 16 г/л середовища (вага сухого міцелію). Вміст ліпідів у біомасі становить 46- 50%, а в 1 літрі середовища міститься 7 г ліпідів

Починаючи з вибору відповідних олеагінозних штамів грибів, важливо обирати ті, які відомі своєю високою здатністю накопичувати ліпіди в своїй біомасі. Це можуть бути штами з родини *Mucorales* або інших родин, що відповідають вимогам для інтенсивного виробництва біодизеля [11, 12].

Після вибору штамів грибів наступним кроком є оптимізація складу середовища культивування. Це включає в себе підбір оптимальних джерел вуглецю (наприклад, глюкоза, відходи виробництва олії або інші вуглеводні сполуки) та джерел азоту (таких як амінокислоти, амонійні солі або інші мінеральні речовини). Цей етап критично важливий для забезпечення належного росту грибів і накопичення ліпідів.

Після культивування грибів і накопичення відповідної кількості біомаси, проводиться екстракція ліпідів. Цей процес може включати застосування різних методів, таких як використання органічних розчинників або суперкритичний вуглецевий діоксид, для вилучення ліпідів з міцелію грибів. Після екстракції ліпідів проводиться їх перетворення в біодизель за допомогою трансестерифікації. Цей процес включає реакцію ліпідів з метанолом чи етанолом у присутності каталізатора (зазвичай луги, такі як NaOH або KOH), що призводить до утворення метилових (або етилових) естерів жирних кислот, які є основними компонентами біодизеля.

Один зі способів отримання мікроорганізмів із ідеальним жирнокислотним складом для виробництва біодизеля може бути за допомогою генетичної маніпуляції ключових генів. Гриб *Mucor circinelloides*, який був використаний для першої комерційної виробництва мікробних ліпідів [5, 7, 11].

Накопичення ліпідів у міцеліальних грибів відбувається, коли поживна речовина в середовищі (наприклад, джерело азоту або фосфору) стає обмеженою, а джерело вуглецю присутнє в надлишку. Обмеження азоту є

найбільш ефективною умовою для індукції ліпогенезу. Під час фази росту азот необхідний для синтезу білків і нуклеїнових кислот, тоді як потік вуглецю розподіляється між енергетичними та анаболічними процесами, утворюючи вуглеводи, ліпіди, нуклеїнові кислоти та білки. Коли азот стає обмеженим, швидкість росту сповільнюється, а синтез білків і нуклеїнових кислот припиняється. У неолійних видів надлишок вуглецю залишається невикористаним або перетворюється на запасні полісахариди, тоді як у олійних видів він переважно спрямовується на синтез ліпідів, що призводить до накопичення тригліцеридів у внутрішньоклітинних ліпідних тілах.

Висновки

- більшість грибів можна культивувати на недорогій сировині, такій як патока, стічна вода, відходи харчової промисловості тощо.
- для використання у виробництві підходять як дріжджові гриби так і міцеліальні.
- метаболізм даних досліджуваних видів добре вивчений, а вчені продовжують відбирати та модифікувати різні штами для збільшення виробництва ліпідів.
- їм властиві такі переваги як: висока швидкість росту, легкість культивування, використання різноманітних субстратів для росту, можливі генетичні або метаболічні модифікації.

Недоліки:

- висока вартість виробництва є основною перешкодою для великомасштабного виробництва. Однак можливість зниження ціни існує за рахунок використання дешевшої сировини. Адже вартість субстрату складає близько 70% вартості біодизеля.

Список використаних джерел

1. Yermakov S., Hutsol T., Slobodian S., Komarnitskyi S., Tysh M. Possibility of Using Automation Tools for Planting of the Energy Willow Cuttings. Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation. 2018. pp. 419–429. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-13888-2_42
2. Kucher O., Hutsol T., Zavalniuk K., Pantsyr Y., Harasymchuk I., Mudryk K., Jewiarz M. Marketing strategies and prognoses of development of the Renewable Energy market in Ukraine. Scientific Achievements In Agricultural Engineering Agronomy And Veterinary Medicine. Traicon SC, Vol. II, No. 1, 2017. pp. 100–

-
121. <http://188.190.33.56:7980/jspui/bitstream/123456789/905/4/SAAEAVM-100-121.pdf>
3. Kucher O., Prokopchuk L. The Development of the Market of Renewable Energy in Ukraine. *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation*. Springer International Publishing AG, 2018. pp. 71–82.
4. Misiuk M., Kucher O., Zakhodym M., Ievstafieva Y. Marketing Concepts in the Formation of the Biomass Market in Ukraine. *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation*. ICORES, 2018. pp. 209–216.
5. Pustova Z., Pustova N., Komarnitskyi S., Tkach O., Zamoiskyi S., Olenyuk A. Influence of biopreparations on biomass yield and grain efficiency of energy corn. *E3S Web of Conferences*, vol. 154, EDP Sciences. p. 01008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015401008>
6. Al Nadzhar F., Pustova Z., Pustova N., Horetska I., Hutsol T., Slobodian S. The straw of millet as a source of energy. *Transition to Knowledge Economy. Challenges, Smart Opportunities and Innovation*, 2020. p. 39. <http://188.190.33.55:7980/jspui/handle/123456789/7722>
7. Bulski K., Ostafin M., Czuszkiewicz J., Kurek T., Falkiewicz-Dulik M., Suprovych T., Pustova Z. The microbiological air quality in the St. Benedict church in Cracow. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2016. Вип. 25. С. 9–13.
8. Kucher O., Pustova Z., Pustova N., Tkach O. The role of biomass in the bioeconomic policy of Ukraine and its legal regulation. <https://doi.org/10.22630/ESARE.2020.4.11>
9. Pustova Z. Current Trends of Biohydrogen Production from Biomass – Green Hydrogen. <http://dglb.nubip.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/8103>
10. Khomina V., Lapchynskyi V., Pustova Z., Nebaba K., Plahtiy D. Microbial inoculants as a means of improving soil and crop yields. 2024.
11. Nowak C., Pustova Z., Nedilska U., Yermakov S. Agrobiomass as the energy potential of Ukraine. *Варшава: Форсайт розбудови України: економіко-правовий та управлінський виміри*. 2024.
12. Kucher O., Mykhailova L., Pustova Z., Yermakov S., Mazur V. Management of the solar power development in households of Ukraine. *Environment. Technology. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Vol. 1, 2024. pp. 222–226.