

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ В БІОТЕХНОЛОГІЇ АКТИНОМІЦЕТІВ

К.О. Ковальницька, В.А. Гаврютіна, А.П. Белінська

Національний технічний університет «ХПІ»
Kateryna.Kovalnytska@ihti.khpi.edu.ua

Актиноміцети – це клас міцеліальних грибів, що є продуцентами багатьох біологічно активних речовин. Ці мікробні фабрики можуть бути використані як платформа для виробництва органічних кислот, етанолу, вітамінів, білків, каротиноїдів, шкіроподібних матеріалів, а також багатих на поживні речовини кормів для тварин. Також було продемонстровано біосинтез наночастинок за допомогою нитчастих грибів, таких як платина, срібло та золото [1]. Такі наноматеріали можуть бути використані у виробництві фотоелектричних пристроїв, сонячних елементів та каталізаторів. Крім того, деякі гриби, як *A. terreus* та *A. niger var. taxi*, мають важливе значення для фармацевтичної промисловості завдяки їхньому потенціалу виробляти різні компоненти, наприклад І-аспарагіназу та таксол, відповідно.

Вирощування міцеліальних грибів – складний та багатоступінчастий процес, що потребує постійного контролю та керування з дотриманням параметрів технологічного процесу. Інструменти автоматизації дозволяють краще контролювати протікання реакцій, а також проводити швидку оптимізацію з підвищеною точністю [1]. Такі інструменти мають ряд переваг, наприклад, прискорення швидкості генерації даних і значна мінімізація невідповідностей, спричинених людськими помилками. Частково це пояснюється тим, що, на відміну від людей, автоматизовані системи не схильні до відволікання уваги, розумової чи фізичної втоми. Створення біопроцесів з можливостями моніторингу за допомогою розумних датчиків і приводів є ефективним способом підвищення загальної продуктивності процесу і буде дуже корисним для вирішення проблем [2].

У системах культивування нитчастих грибів ефективно управління біопроцесами має на меті максимізувати вихід продукції при мінімізації витрат на процес і впливу на навколишнє середовище. Зі стрімким розвитком штучного інтелекту в останні роки з'явилися можливості для автоматизації різних фаз біопроцесів у біотехнології міцеліальних грибів.

Однією з головних цілей управління процесом є створення повторюваних умов, які гарантують надійне виробництво бажаного продукту. Дійсно, підтримка оптимальної метаболічної активності нитчастих грибів вимагає, щоб конкретні умови процесу, такі як розчинений кисень, рН, температура, тиск і склад середовища, утримувалися в певних сприятливих межах. Для цього зазвичай проводять моніторинг процесу шляхом безперервного аналізу зразків через заздалегідь визначені проміжки часу. Раніше подібні процеси вимагали значної кількості ручної праці, проте завдяки стрімкому розвитку технологій, вдалось автоматизувати їх завдяки аналітичному обладнанню, наприклад, газовим хроматографам, оснащеним функцією автоматичного відбору зразків, які можуть аналізувати карбонові кислоти, отримані з грибів. Ці датчики можна використовувати для моніторингу в режимі реального часу, шляхом отримання даних про процес у режимі онлайн за допомогою програмного забезпечення.

У біопроцесах на основі грибів сенсори здатні безпосередньо вимірювати різні компоненти, такі як зміни рівня субстрату та продукування метаболітів. Вони також можуть опосередковано кількісно оцінювати поведінку метаболізму, визначаючи зміни у складі відхідних газів. Як наслідок, можна досягти автоматичного коригування режимів подання поживних компонентів та логічного створення протоколів масштабування [1]. Крім того, онлайн-калориметричні датчики можна використовувати для моніторингу метаболічного тепла, яке пов'язане з фізіологією, морфологією та ростом клітин.

За останні роки досягнуто значного прогресу в автоматизації вимірювань мікробного росту. Зокрема, автоматизація аналізу зображень дозволяє оперативно отримувати дані щодо конкретних параметрів, які оцінюються, і в конкретні бажані моменти процесу ферментації. Досягнення в мікроскопії полегшили моніторинг, контроль і поглиблену оцінку систем культивування грибів на основі зображень з використанням різних типів інструментів. Мікроскопія також є ефективним інструментом для оцінки біосинтезу матеріалів грибами.

Для оцінки зображень нитчастих грибів було створено кілька програм. Наприклад, ImageJ успішно застосовується для автоматизованого аналізу грибкових процесів [2]. За допомогою цього програмного забезпечення було успішно проаналізовано спори грибів, що проростають, в режимі реального часу. Програмне забезпечення MATLAB також використовувалося для кількісної оцінки морфології грибів у поєднанні з повністю автоматизованим підходом до мікроскопії. Крім того, для картографування ключових особливостей нитчастих грибів, таких як кількість гіфальних кінчиків, кількість спор і морфологія спор, було розроблено потужне програмне забезпечення Fungal Feature Tracker (FFT) для автоматичного аналізу зображень [1]. Цей інструмент також допоміг описати фенотипи грибів у точний та об'єктивний спосіб.

Таким чином можна дійти до висновку, що використання засобів автоматизації сприяє кращому контролю та моніторингу біопроцесів на основі грибів. Серед переваг таких інструментів – прискорення швидкості генерації даних, мінімізація невідповідностей, спричинених людськими помилками, підвищення продуктивності процесу та покращення якості продукції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Wainaina S. Automation and artificial intelligence in filamentous fungi-based bioprocesses: a review / S. Wainaina, M. J. Taherzaden // *Bioresour. Technol.*, 2023. – V. 369. – P. 1–12.
2. Posch A. E. Science-based bioprocess design for filamentous fungi / A. E. Posch, C. Herwig, O. Spadiut // *Trends in biotechnology*, 2013. – V. 31. – № 1. – P. 37–44.

ВИРОБНИЦТВО ЙОГУРТУ З ДОДАВАННЯМ СИРОПУ ROASTED HAZELNUT

О.Г. Степашко, С.В. Дігтяр

Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського
dontomato231@gmail.com

Вступ. В наш час пересічний споживач все частіше стикається із проблемою вибору серед значної кількості харчових продуктів приблизно однакової якості в одному ціновому сегменті. Особливо це характерно для молочних та кисломолочних продуктів, зокрема йогуртів. Зважаючи на це, слід очікувати, що продукт з новими смаковими властивостями буде мати значно більше шансів опинитися у кошиках споживачів. Аналіз харчування громадян України вказує на його невідповідність вимогам нутріціології внаслідок недостатнього споживання білків, мінеральних речовин, вітамінів та перевантаження вуглеводами. Сучасний раціон харчування потребує вдосконалення виробництва продукції за пріоритетними напрямками: функціональних та низькожирних харчових продуктів, зі зниженим вмістом цукру або без цукру і з низьким глікемічним індексом [1]. Одним із напрямків харчової біотехнології є розроблення нових видів кисломолочних напоїв, які мають забезпечувати відповідність хімічного складу харчових раціонів фізіологічним потребам організму, а також підтримувати і регулювати конкретні фізіологічні функції, зберігати та покращувати здоров'я [2].