

Інновації біодруку: технології та перспективи

Іншина Наталія Миколаївна

к.б.н., доцент

Сумський національний аграрний університет

Разінькова Еліна Едуардівна

здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої рівня

Сумський національний аграрний університет

Біодрук — це новітня технологія, яка пов'язана з використанням життєздатних клітин, біоматеріалів та біологічних молекул для заміни пошкоджених або хворих органів, шляхом 3-D друку. Ці відносно новий підхід, який забезпечує високу відтворюваність і точний контроль над виготовленими конструкціями автоматизованим способом, потенційно дозволяючи високопродуктивне виробництво [1].

На сьогодні застосовується широкий діапазон технологій біодруку, найбільш поширеними і доступними з яких є струменевий, екструзійний та лазерний біодрук. У струменевому біодруці використовують краплі певного матеріалу, тому цей метод також називають краплинним. Струменевий друк забезпечує високу роздільну здатність (до 50 мкм). Перевагами такого методу є висока швидкість друку, низька вартість і доступність. Однак, нерегульований викид крапель та ненадійна інкапсуляція клітин можуть призвести до деструкції друкованих біоматеріалів.

Екструзійний біодрук полягає у створенні конструкцій з біочорнил, що під тиском продавлюються через отвір і набувають форму ниток. Роздільна здатність такого методу дуже обмежена, оскільки мінімальний розмір елемента зазвичай перевищує 100 мкм. Основною перевагою екструзійного друку є можливість одержувати біоконструкції з дуже високою щільністю комірок, тому даний метод застосовують для тривимірного друку дуже щільних органів. До недоліків екструзійного друку варто віднести його невисоку швидкість та низький відсоток життєздатних клітин у складі біоконструкцій.

У лазерному біодруці застосовують лазер як джерело енергії для точного нанесення біоматеріалів на підкладку. Роздільна здатність методу коливається в межах 10–50 мкм. Перевагою даного методу є великий відсоток життєздатних клітин у складі друкованих біоконструкцій [2].

Незважаючи на активний розвиток технологій біодруку, їх застосування дещо обмежене, перш за все, наявністю біочорнил з біоактивністю різних типів клітин. Зазвичай біочорнила являють собою в'язкі розчини, що можуть розріджуватися під час друку, а після нанесення здатні затвердіти. У більшості випадків біочорнила зазнають подальшої стабілізації та зшивання, наприклад,

під дією світла (фотозшивання), температури (термічна стабілізація) або хімічної реакції (реакції обміну, сполучення та ін.). Залежно від технології біодруку, а також цільової біоконструкції (клітини, тканина, біокаркас) використовують біочорнила різних типів [1, 2].

Найпоширенішими матеріалами у складі біочорнид є полімери. Розрізняють природні, синтетичні та природно-синтетичні гібридні полімери. Серед природних полімерів найчастіше застосовують альгінат, хітозан, колаген, желатин, фібрин, серед синтетичних - поліетиленгліколь, поліуретан та ін. Прикладами природно-синтетичних гібридних полімерів у складі біочорнил є желатин-метакрилоїл, желатин-поліуретан, гіалуронова кислота-поліетиленгліколь. Синергічний ефект природних і синтетичних полімерних компонентів дозволяє одержувати стабільні біоконструкції з високою життєздатністю клітин і покращеними механічними властивостями. Головною вимогою для матеріалів, що застосовуються для біодруку, є їх біосумісність.

На сьогодні технологія біодруку активно використовується у галузі регенеративної медицини для відновлення пошкоджених органів і тканин. Численні дослідження спрямовані на розробку технологій біодруку медичних імплантів для відновлення кісткової тканини, шкіри, судин та ін. У 2022 р. компанія 3DBio Therapeutics провела клінічне дослідження з реконструкції людського вуха за допомогою технології біодруку.

У фармацевтичній та косметичній галузях тестування нових ліків та косметичної продукції здійснюють на біодруківаних моделях тканин, що дозволяє уникнути використання тварин в експериментах, а також забезпечує високу точність досліджень. Так, наприклад, компанія L'Oréal, використовує біодруківану шкіру для тестування косметичних засобів [3, 4].

Таким чином, біодрук має величезний потенціал для розвитку в майбутньому, оскільки дана технологія дозволить суттєво покращити здоров'я і підвищити тривалість життя людей. Очікується, що біодрук стане ключовим елементом у трансплантології, регенеративній медицині і терапії, фармакології, сприяючи значному підвищенню якості медичних послуг.

Список літератури:

1. Bioinks for 3D bioprinting: an overview / P. S. Gungor-Ozkerim et al. *Biomaterials Science*. 2018. Vol. 6, no. 5. P. 915–946. URL: <https://doi.org/10.1039/c7bm00765e>.
2. Bioprinting for the Biologist / A. C. Daly et al. *Cell*. 2021. Vol. 184, no. 1. P. 18–32. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.12.002>.
3. L'Oréal 3D друкує людську шкіру. URL: <https://monofilament.com.ua/ua/blog-novini-3d-druku-ta-additivnih-tehnologij/loréal-3d-drukuje-ljudsku-shkiru>.
4. An Introduction to 3D Bioprinting: Possibilities, Challenges and Future Aspects / Ž. Kačarević et al. *Materials*. 2018. Vol. 11, no. 11. P. 2199. URL: <https://doi.org/10.3390/ma11112199>.