

ПОЛІЛАКТИД. ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ.

Зелена хімія, або іншими словами хімія, яка є екологічною — це процес утворення нових реагентів, продуктів, процесів, які в майбутньому нададуть можливість зменшити використання та виробництво шкідливих речовин до мінімуму.

Завдяки науковому прогресу у сфері хімії та біохімії на сьогоднішній день одна з найглобальніших проблем, що стосується розкладання поліетилену, вже на стадії розв'язання. У складі знайомих нам хірургічних ниток та штифтів використовується полілактид. Навіть упаковки для ліків у розвинених фармацевтичних компаніях виготовлюються з цього матеріалу.

Одним із актуальних біосумісних, термопластичних матеріалів є полілактид $(C_3H_4O_2)_n$ або $[-(O-C(CH_3)-CO-)_n]$ – аліфатичний поліестер. Полілактид – біорозкладний, біосумісний, термопластичний, аліфатичний полієфір, мономером якого є молочна кислота. Сировиною для виробництва служать щорічно поновлювані ресурси, такі як кукурудза і цукрова тростина. Встановлено, що полілактид руйнується як в аеробних, так і в анаеробних умовах, а швидкість цього процесу визначає температура.

Виробництво полілактиду, а також волокон і плівок з нього вимагає енергії, і при цьому потрапляння вуглецевий газу в атмосферу вдвічі менше в порівнянні з виробництвом традиційних полімерів.

Мономером полілактиду є молочна кислота. Її отримують мікробіологічною ферментацією цукрів, які попередньо отримують гідролізом і екстракцією з рослинних продуктів: крохмалю (маїсовий, кукурудзяний, картопляний, злаковий) або меляси, одержаної при виробництві цукру з цукрового буряка або цукрової тростини. Молочна кислота дуже гігроскопічна, тому зазвичай замість неї використовують лактиди. Існує два способи синтезу полілактиду: поліконденсація молочної кислоти та полімеризація лактиду. У промисловості використовуються обидва способи. Поліконденсацією молочної кислоти можна отримувати тільки низькомолекулярний полілактид, так як в процесі виділяється побічний продукт - вода, відвести яку з реакції складно, і

тому зростаючий полімерний ланцюг руйнується. Найбільш часто для синтезу полілактиду застосовується спосіб полімеризації з розкриттям циклу, оскільки це дозволяє отримати високомолекулярний полілактид, а також різні сополімери на його основі. Для синтезу полілактиду з молочної кислоти потрібні реалізації декількох стадій: олігомеризація молочної кислоти; деполімеризація олігомерів з отриманням лактиду, очищення лактиду, полімеризація лактиду шляхом розкриття циклу із застосуванням каталізатора – октаноату олова. Цей процес зазвичай безвідходний, основна маса відходів виникає при виробництві молочної кислоти (біомаса після ферментації при отриманні глюкози), які утилізуються без затруднень.

Октаноат олова – каталізатор, який сприяє стабілізації полімерів, що здатен до біорозкладання. Це суміш солі олова та 2-етилгексанової кислоти з формулою $\text{Sn}(\text{C}_4\text{H}_9\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{COO})_2$. Щодо безпеки цього матеріалу, то за стандартами «NFPA 704: Стандартизована система для ідентифікації небезпечних матеріалів при ліквідації надзвичайних ситуацій» у графі «Здоров'я» має показник 0. Ця позначка вказує на те, що полілактид не несе ніякої небезпеки для здоров'я. У графі «Реакційність/нестабільність» також 0, бо полілактид стабільний, навіть за умови дії полум'я та не взаємодіє із водою. У графі «Горючість» має показник 1, це вказує на те, що матеріал потребує значного нагрівання, яке перевищує температуру навколишнього середовища, перш ніж може розпочатися загоряння та горіння.

Тож, якщо полілактид використовують для одноразового посуду, упаковок та засобів особистої гігієни, то чому б не використовувати його і для інших медичних приладів. Наприклад, одноразових ампул для шприців, лор- та гінекологічну продукцію, піпетки та інші ємності.

Набуває популярності використання суміші ПЛА та крохмалю, щоб сумістити механічну властивість ПЛА і низьку вартість крохмалю. Проте суміш ПЛА/крохмаль є незавжди стійкою, над цим зараз працюють науковці.

Густина полілактиду $1,290\backslash 1,248 \text{ г/см}^3$, він є прозорим матеріалом, але при нашаруванні може приймати білувато-молочний колір. Температура плавлення складає $170\text{-}190 \text{ }^\circ\text{C}$ і цей поліестер, звичайно, нерозчинний у воді.

Полілактид не поступається своїми характеристиками свої синтетичним аналогам, а навіть має переваги завдяки своїй екологічності та не надто складній технології виробництва, але через високу вартість не використовується так широко. Тому компанії по всьому світу намагаються опустити ціну різними способами. Вдосконаленням технологій виробництва молочної кислоти активно займається американська фірма «Cargill Inc», яка виробляє ПЛА шляхом ферментування глюкози кукурудзи. Голландська компанія «CSMN» активно використовує ПЛА в різних галузях. Компанія «Mitsui Toatsu» (Японія) винайшла спосіб отримання полілактиду в одну стадію.

У медицині полілактид наразі використовується в якості хірургічних ниток, та проводяться багато дослідів, метою яких є встановити доцільність використання ПЛА в якості імплантів. На сьогодні визначено, що можна ставити фрагменти ПЛА на термін не більше місяця. У випадках, коли фрагмент ПМК має гострі краї, формується товста капсула з вираженою запальною інфільтрацією і склерозом навколишніх тканин. Якщо імплантат не має гострих країв, утворюється тонка капсула, рівень запалення мінімальний.

ФІТОЕКСТРАКЦІЯ. ЇЇ МЕХАНІЗМ

У зв'язку з швидким розвитком енергетики, промисловості, освоєнням великих територій під сільськогосподарські угіддя, активним використанням синтетичних добрив і халатністю фермерів відбувається підвищене забруднення навколишнього середовища, особливо ґрунту. Одним з головних забруднюючих факторів є важкі метали (група хімічних елементів, які мають властивості металів, високу атомну масу або густину). З біологічної точки зору важкі метали є дуже токсичними. В організм людини вони потрапляють разом з рослинними продуктами харчування, а ті в свою чергу беруть їх з ґрунту. Це явище небезпечне тим, що важкі метали дуже неохоче виводяться з організму

людини, оскільки осідають в селезінці, шлунку, сечоводах, нирках, викликають патогенні новоутворення. У зв'язку з цим почали розвиватися способи виведення сполук важких металів з ґрунту шляхом використання рослин, здатних акумулювати в собі велику концентрацію цих речовин. Найбільш цікавим методом для цього є фітоекстракція. Це є комплексний метод, завдяки якому можна не тільки звільнити ґрунт від солей важких металів, а й налагодити промисловий спосіб їх видобування. Наприклад, в США щорічно витрачається близько 150 мільйонів доларів на звільнення від полютантів, а в Австралії та Новій Зеландії добувають золото завдяки гірчиці(вегетаційні досліді показали, що при наявності солюбілізуєчого агенту з сухої маси 1 кг рослин накопичується близько 20 мг золота) , соняшнику та тютюну. Частіше за все ВМ(важкі метали) потрапляють до організму рослин завдяки мембранній проникності кореня, а накопичуються в зеленій фітомасі рослини. Цей процес забезпечують спеціальні транспортні агенти: АТФ-ази двох типів та CDF-переносники (білки, які пришвидшують дифузію катіонів, найчастіше Zn, Co, Cd) які зв'язуються з важкими металами та переносять їх крізь мембрану. Фітоекстракція буває двох типів: індукована – з використанням хімічних каталізаторів, та неперервна – використання рослин гіперакумуляторів. Головним завданням хімії, яка контролює забрудненість довкілля є зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище, тому в пріоритеті є зниження кількості хімічних агентів таких як: ЕДТА (Етилендіамінтетраоцтова кислота), ГЕДТА (етилдіаміндігідроксифенілуксусная кислота), тобто хелатування. Це дає змогу підвищити поглинання приблизно на 20% в залежності від культури. Після накопичення потрібної концентрації металів в рослині, її прибирають з плантації та спалюють. Процес згоряння можна використовувати в процесі газифікації – отримання теплової енергії, а залишкову біомасу використовують як сировину для вторинного використання. Фітотремідація (комплекс методів, який використовується для зниження забруднення довкілля з використанням зелених рослин) плантацій має позитивний вплив з оглядом на медичні аспекти. Так, вчені з Нью-Джерсі очистили плантацію від свинцю, використовуючи

Brassica juncea. Це дає потужний поштовх для зниження концентрації ВМ в рослинах, що ростуть на цій плантації, а вже цей фактор впливає на процент захворюваності людей на прилеглий території.

Отже, фітоекстракція дає змогу покращити стан навколишньої середовища без шкоди для інших біосистем. Крім того, цей напрям використовується для комерційних інтересів. І саме завдяки підвищеному інтересу до хімії зовнішнього середовища в останні роки – цей спосіб знайде широке застосування в розвинених країнах.

Список літератури:

1. Волова, Т.Г. Современные биоматериалы: мировые тренды, место и роль микробных полигидроксиалканоатов / Т. Г. Волова // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. - 2014. - С. 103-133.
2. Перепелкин, К.Е. Волокна и пленки из микробных полимеров / К.Е. Перепелкин // Химия и жизнь. - 2007. - С. 18-21.
3. Шляхтин, А.В. Влияние среды на реакционную способность мономеров в синтезе полилактидов и сополимеров акрилонитрила: дис. канд. хим. наук: 02.00.03, 02.00.06 / МГУ; Шляхтин Андрей Владимирович. - Москва, 2014. - 118 с.
4. 1.А.В. Мартынячев Фитоэкстракция как способ фиторемедиации почв сельскохозяйственного назначения\Вестник НГИЭИ 2013\ с.88
5. Серегин И.В. Фитохелатины и их роль в детоксикации кадмия у высших растений // Успехи биол. хим. – 2001. – Т. 41. – С. 283-300.
6. В.А. Львова, И. С. Коротченко Применение ЭДТА, Янтарной кислоты, в процессе фитоэкстракции никеля и кадмия из загрязненных почв\Вестник КрасГАУ 2017\
7. S. Donahue\ UAuburn, AL 36832 334-844-4741 X-177 Urban Technical Note No. 3 September, 2000.
8. Anders Södergård; Mikael Stolt. "3. Industrial Production of High Molecular Weight Poly(Lactic Acid)". In Rafael Auras; Loong-Tak Lim; Susan E. M.

- Selke; Hideto Tsuji. Poly(Lactic Acid): Synthesis, Structures, Properties, Processing, and Applications
9. Koh JJ, Zhang X, He C. Fully biodegradable Poly(lactic acid)/Starch blends: A review of toughening strategies. *Int J Biol Macromol.* 2017 Dec 14;109:99-113.
 10. Kricheldorf, Hans R.; Jonté, J. Michael (1983). "New polymer syntheses". *Polymer Bulletin.* 9 (6–7).
 11. Майбородин И.В., Кузнецова И.В., Береговой Е.А., Шевела А.И., Майбородина В.И., Манаев А.А., Баранник М.И. Отсутствие полной резорбции полилактидного материала в организме
 12. Пряхина М.Ю., Пантюхов П.В., Перспективы использования полилактида в легкой промышленности и медицине. - ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»
 13. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.matbase.com/material-categories/natural-and-synthetic-polymers/thermoplastics/agro-based-polymers/material-properties-of-polyactic-acid-copolymer-pla-c.html>