

Дана загальна характеристика мікробних біополімерів полігідроксибутирату та полілактату. Описані основні способи їх виробництва та перспективи використання на основі порівняння даних біополімерів та найбільш поширених синтетичних полімерних матеріалів

Ключові слова: полігідроксибутират, полілактат, синтетичні полімерні матеріали

Дана общая характеристика микробных биополимеров полигидроксибутирата и полилактата. Описаны основные способы их производства и перспективы использования на основе сравнения данных биополимеров и наиболее распространенных синтетических полимерных материалов

Ключевые слова: полигидроксибутират, полилактат, синтетические полимерные материалы, массопередача, контактное устройство

General characteristics of microbial biopolymers polyhydroxybutyrate and polylactate is given. Main methods of their production and usage prospects were described on the basis of these biopolymers comparison with the most widely used synthetic polymeric materials

Key words: polyhydroxybutyrate, polylactate, synthetic polymeric materials

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОБНИХ БІОПОЛІМЕРІВ ПОЛІГІДРО- КСИБУТИРАТУ ТА ПОЛІЛАКТАТУ

А.М. Салата*

E-mail: anna_salata@ukr.net

О.С. Салата*

E-mail: sas_salata@gmail.com

Н.О. Федун*

E-mail: nataliafedun@mail.ru

О.А. Васильченко

Кандидат медичних наук, доцент*

E-mail: vasa@ukr.net

*Кафедра біотехнології

Національний авіаційний університет

пр. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03058

1. Вступ

Тривалий час синтетичні полімери використовуються в якості пакувальних матеріалів, однак збільшення їх використання призводить до істотного забруднення навколишнього середовища. Світове виробництво полімерних пластмас перевищує 200 млн тон на рік із щорічним приростом біля 5% [1]. Саме на долю виробництва цих продуктів припадає значна частина споживання нафти і природного газу в світі. До того ж пластикові матеріали є істотним фактором забруднення навколишнього середовища через накопичення побутових відходів. Внаслідок великого різноманіття та широкого діапазону властивостей полімерних відходів, відсутності або недосконалої системи їх збору, слабого розвитку наукової і виробничої бази з переробки полімерів їх кількість постійно зростає. На сьогоднішній день основні напрями утилізації та ліквідації пластмасових відходів наступні: термічне знезараження, піроліз, захоронення, використання як готового матеріалу для інших технологічних процесів. Тільки комплексна, економічно та науково обґрунтована комбінація різних взаємодоповнюючих

програм і заходів у системі утилізації полімерних відходів може сприяти ефективному вирішенню проблеми їх накопичення, що дуже важливо для сучасної екології [2].

2. Порівняльна характеристика полігідроксибутирату та полілактату

Одним із найперспективніших напрямків є створення полімерів з регульованим терміном використання, зокрема біополімерів. Біополімер полігідроксибутират (ПГБ) є полігідроксиалканоатом, належить до класу поліестерів. ПГБ синтезується мікроорганізмами (*Ralstonia eutropha*, *Bacillus megaterium*) у відповідь на умови фізіологічного стресу. Полімер є продуктом асиміляції карбону (джерелом якого є глюкоза чи крохмаль) і використовується мікроорганізмами у формі енергозберігаючої молекули, що метаболізується тоді, коли інші джерела енергії недоступні (рис. 1). Мікробний синтез ПГБ починається з конденсації двох молекул ацетил-КоА, в результаті чого формується ацетоацетил-КоА, який в подальшому перетворюється

на гідрокибутирил-КоА. Ця сполука полімеризується з утворенням ПГБ [3].

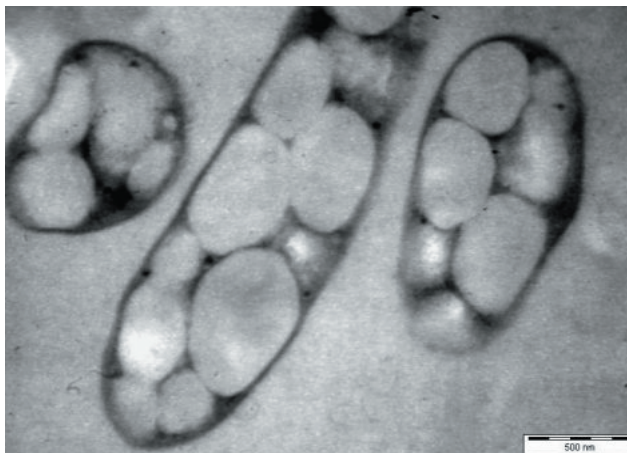


Рис. 1. *Ralstonia eutropha* з гранулами полігидроксибутирату після 48 годин інкубації у термостаті

Полі-β-гідроксибутират (C₄H₆O₂)_n є однією з форм ПГБ та найбільш поширеним видом полігидроксиалканоатів. Це гомополімер D(-)-β-гідроксимасляної кислоти, його формула наведена на рис. 2:

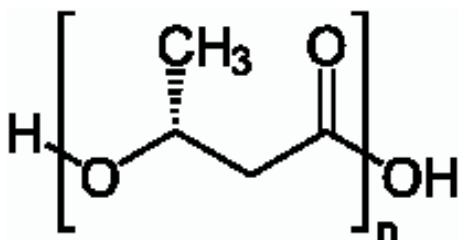


Рис. 2. Структурна формула полі-β-гідроксибутирату

Величина n визначається умовами синтезу полімеру мікробними клітинами, а також методами його екстракції. Наприклад, при екстракції полімеру із клітин нейтральними розчинниками число мономерних ланок в молекулі коливається від 600 до 2500, а молекулярна вага – від 60000 до 250000 г/моль.

Температура плавлення полігидроксибутирату, який синтезують мікроорганізми, коливається: мінімальне значення становить 157°C, максимальне – близько 188°C; питома вага полімеру від – 1,23 до 1,25 г/см³. До складу полігидроксибутирату вхо-

дять вуглець, водень, кисень у співвідношенні 55,81:7,03:37,16.

Полігидроксибутират розчиняється в хлороформі, трихлоретилені, етилацетаті, диметилформальдегіді, фенолі, тіамінгідразині, льодяній оцтовій кислоті, камфорі і NaOH; не розчиняється в метанолі, етанолі, ацетоні, гексані, воді, розведених мінеральних кислотах [4].

За своїми термопластичними властивостями мікробний полігидроксибутират близький до класичних хімічних полімерів (поліетилену та поліпропілену), піддається пресуванню в різні форми, і в зв'язку з цим має широкі перспективи використання.

Здатність до біологічного руйнування під дією позаклітинних мікробних деполімераз до CO₂ і H₂O робить полігидроксибутират надзвичайно перспективним для практики у порівнянні з хімічними полімерами, які не розкладаються і тому накопичуються в навколишньому середовищі [5].

В останні роки зростає інтерес до використання полімерів молочної кислоти – полілактатів (ПЛ), сировиною для виробництва яких є кукурудза, цукровий очерет, рис, картопля та ін. Полілактат – це здатний до біологічного розкладу біосумісний термопластичний аліфатичний поліефір, мономером якого є молочна кислота.

Методом поліконденсації молочної кислоти отримують кристалічні ПЛ; шляхом полімеризації проміжної речовини – лактида – з розкриттям циклу можна одержувати як кристалічні, так і аморфні ПЛ (рис. 3). У промисловості використовується комбінація цих методів. Поліконденсацією молочної кислоти можна отримувати тільки низькомолекулярний полілактид, оскільки в процесі виділяється побічний продукт – вода, відвести яку з реакційної суміші складно, і тому високополімерний ланцюг руйнується. Одержаний низькомолекулярний полілактид деполімеризують до димера молочної кислоти, а потім до лактиду. Отриманий лактид полімеризують при високій температурі з додаванням каталізатора октаноата олова, отримуючи високомолекулярний полілактид.

Вироби з ПЛ характеризуються високою твердістю, прозорістю і блиском, а також більшою здатністю (на 50%) зберігати форму після стиснення і крутіння в порівнянні з поліпропіленом (ПП). Поліпропілен на сьогоднішній день є найбільш поширеним полімерним матеріалом, тому й використовується для порівняння. З ПЛ виготовляють плівку,

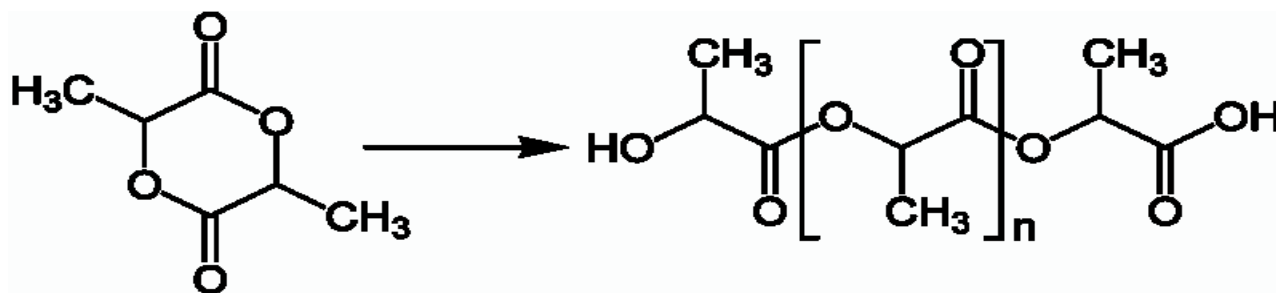


Рис. 3. Полімеризація лактида з розкриттям циклу

пляшки для розливу рідин, контейнери для харчових продуктів, одноразовий посуд. Разом з тим ПЛ поступаються звичайним полімерним матеріалам за термостійкістю, і, як наслідок цього, упаковка з ПЛ не може бути заповнена речовиною з температурою більше 50°C, тому що вона деформується [6]. Один із шляхів підвищення термостійкості ПЛ – радіаційне зшивання полімеру після етапу полімеризації, але цей метод не одержав широкого практичного поширення. Крім того, бар'єрні характеристики ПЛ відносно кисню гірші (у 10 разів), ніж у ПП, поліетилентерефталату (ПЕТ), полівінілхлориду (ПВХ), внаслідок чого тара з ПЛ не може бути використана для упаковки продуктів тривалого зберігання і найчастіше використовується для пакування сухих і деяких заморожених продуктів, а також для розливу молока, фруктових соків, води, рослинної олії. Високий коефіцієнт дифузії CO₂ не дозволяє застосовувати пляшки з ПЛ для розливу газованих напоїв, таким чином обмежує область їхнього використання.

Порівняльна характеристика властивостей полігідроксибутирату, полілактату і поліпропілену наведена у табл. 1 [7].

Таблиця 1

Порівняльна характеристика властивостей полігідроксибутирату, полілактату і поліпропілену

Властивості	Полі-гідрокси-бутират	Полі-лактат	Поліпропілен
Температура плавлення (°C)	180	176	176
Температура склування (°C)	15	60	-20
Прозорість (%)	80	70	70
Молекулярна маса (г/моль)	5·10 ⁵	1·10 ⁵	2·10 ⁵
Модуль згинання (ГПа)	4,0	3,7	1,7
Густина (г/см ³)	1,250	1,290	0,925
Подовження при розриві (%)	5	4	150
Границя міцності на розрив (МПа)	40	43	38
Стійкість до ультрафіолету	висока	висока	низька
Стійкість до органічних розчинників	низька	низька	висока

Таким чином, біополімери на основі ПЛ можуть частково потіснити, а біополімери на основі полігідроксибутирату – цілком замінити поліпропілен. Крім того, енерговитрати при виробництві цих біополімерів на 20-30% нижчі, а викиди CO₂ на 25-30% менші в порівнянні з виробництвом ПП. Створення матеріалів, здатних по закінченні терміну експлуатації розпадатися на фрагменти, що утилізуються в ґрунті, дозволяє істотно знизити навантаження на навколишнє середовище і знизити ризик виникнення техногенних катаклізмів.

Література

1. Siracusa V., Rocculi P., Romani S. et. al. Biodegradable polymers for food packaging: a review // Trends Food Sci. Nutr. 2008. v. 19, p. 634 – 643.
2. Mooney B.P. The second green revolution? Production of plant-based biodegradable plastics // Biochem. J. 2009. v. 418, p. 219 – 232.
3. Johnson R.M. Biopolymers. – Shropshire.: Rapra Technology Limited, 2003. – 160 p.
4. Anderson A. J. Occurrence, metabolism, metabolic role, and industrial use of bacterial polyhydroxyalkanoates. – Birmingham.: Royal Society of Chemistry, 1990. – 472 p.
5. Cornibert J. Physical Properties of Poly-β-hydroxybutyrate: Conformational Analysis and Crystalline Structure. – Chichester.: Wiley, 2002. – 756 p.
6. Scholz C. Polymers from Renewable Resources. – Washington, DC.: American Chemical Society, 2000. – 367 p.
7. Bastioli C. Handbook of Biodegradable Polymers. – Shropshire.: Rapra Technology Limited, 2005. – 566 p.