

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИЛАКТИДА

Карякин Д.Д., Манеева Э.Ш., канд. биол. наук
Попов В.П., канд. техн. наук, доцент, Зинюхин Г.Б., канд. техн. наук
Оренбургский государственный университет

В настоящее время существует глобальная проблема загрязнения окружающей среды, связанная с накоплением не утилизируемых полимеров. Эта категория отходов практически не подвергается гниению и саморазрушению. Они накапливаются, занимая земельные площади и загрязняя населенные пункты и водоемы. При их утилизации сжиганием выделяют ядовитые газы. Таким образом, промышленные и бытовые отходы полимерных изделий представляют экологическую опасность [1].

Одним из путей решения данной проблемы является замещение полимерных материалов устойчивых к воздействию окружающей среды на биоразлагаемые «экологически чистые» аналоги.

К категории биоразлагаемых относят полимеры, которые разлагаются после применения по назначению с образованием естественных побочных продуктов: диоксида углерода, азота, воды, биомассы и неорганических солей. Такие полимеры могут быть природными и синтетическими. Чаще всего они имеют эфирные, сложно-эфирные и амидные функциональные группы [2, 3].

Одним из наиболее перспективных биоразлагаемых полимеров является полилактид. Полилактид - это алифатический сложный полиэфир, мономером которого является молочная кислота. Молочную кислоту получают микробиологической ферментацией сахаров, которые предварительно получают гидролизом полисахаридов и экстракцией из растительного сырья.

Благодаря наличию в своем составе сложноэфирной группы, полилактид способен постепенно гидролизироваться в относительно мягких условиях. При гидролизе полилактида образуется молочная кислота. Поэтому считается, что использование материалов на основе полилактида не наносит ущерб биосфере. Полимер быстро разлагается в природной среде под действием бактерий, образуя в конечном итоге воду и диоксид углерода [2, 4].

К достоинствам полилактида можно отнести следующие особенности:

- полилактид имеет высокие скорости разложения в биологических средах, как в аэробных, так и в анаэробных условиях;
- полилактид и продукты его разложения не токсичны для организма человека;
- полилактид получают из возобновляемого природного сырья;
- для получения полилактида затрачивается почти в два раза меньше энергии, чем для производства полимеров на нефтяной основе.

Существует два основных пути получения полилактида: поликонденсация молочной кислоты и полимеризация циклических эфиров молочной кислоты с раскрытием цикла. Полимеризация с раскрытием цикла циклических эфиров проводится в присутствии инициаторов, в роли которых выступают спирты [2, 5].

Преимущество конденсационного метода в простоте исполнения, но получающийся с помощью данного метода полилактид является низкомолекулярным из-за обратимости реакции. Для смещения равновесия и получения высокомолекулярного продукта используется отгонка или химическое связывание образующейся в процессе воды [2, 5].

Другим способом промышленного получения полилактида является полимеризация с раскрытием цикла дилактида - циклического диэфира молочной кислоты [2]. Поскольку молочная кислота очень гигроскопична, поэтому обычно вместо нее используют лактиды. Для осуществления данного метода требуется реализация следующих этапов: олигомеризация молочной кислоты; деполимеризация олигомеров с получением лактида; очистка лактида; полимеризация лактида путем раскрытия цикла с применением катализатора – карбоксилаты или алкоголяты олова (II). Этот процесс практически безотходен, основная масса отходов возникает при производстве молочной кислоты (биомасса после ферментации при получении глюкозы), которые утилизируются без затруднений [2, 5].

Молочная кислота и полилактид являются оптически активными веществами, то есть существуют в виде двух L- и D- стереоизомеров. При этом можно получить: поли-D-молочную кислоту - кристаллический материал; поли-L-молочную кислоту – полукристаллический с регулярной структурой цепи; поли-D, L-молочную кислоту - с аморфной структурой. Химическая структура, конфигурация, конформация являются важными параметрами, которые определяют свойства полилактида [3, 5].

К основным недостаткам полилактида относят низкую пластичность и недостаточно высокую скорость разложения. С целью улучшения механических свойств, гидрофильности, молекулярной массы, скорости деградации, технологичности и степени кристалличности полилактида применяют методы блочной модификации. Включение в состав полилактида других сомономеров (карбонатов, лактонов, гликолидов) позволяет изменять механические свойства полимера и его способность к биоразложению [2].

Полилактид может быть переработан в волокна, пленки, другие изделия и материалы с помощью экструзии, литья и выдувного формования. В основном его применяют в медицине для производства ортопедических имплантов, хирургических устройств, шовных материалов, в тканевой инженерии. Волокна полилактида используются для изготовления больничной спецодежды и гигиенических средств. Так же данный полимер применяется для изготовления упаковочных материалов, пищевых пленок, столовых приборов, одноразовой посуды и в качестве материала для печати на 3D-принтерах [6-8].

Свойства полилактида близки к полипропилену, поликапроамиду и полиэтилентерефталату, поэтому процессы получения полилактидных волокон и нитей, а также применяемое оборудование аналогичны. Однако затраты на оборудование для производства полилактида довольно большие, вследствие чего цена за биополимер тоже высока. Эта одна из причин сдерживания широкого внедрения полилактида как замены традиционных полимеров [9, 10].

Таким образом, полилактиды являются перспективными биополимерами, имеющими широкий спектр применения. Но при этом высокая себестоимость этих биополимеров затормаживает их внедрение как полимера бытового и технического назначения. В настоящее время ведутся различные исследования, направленные на улучшение их свойств, упрощение и удешевление технологии синтеза.

Список литературы

1. Касьянов, Г. И. Биоразрушаемая упаковка для пищевых продуктов / Г. И. Касьянов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 1–8.
2. 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 / А. В. Шляхтин. – Москва, 2014. – 118 с.
3. Бессонова, В. А. Сложные полиэфиры: полилактид и поликапролактон / Бессонова, В. А. // Современные научные исследования и инновации. – [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://web.snauka.ru/issues/2017/01/77253> (дата обращения 20.12.2017).
4. Глотова, В. Н. Усовершенствование технологии синтеза и очистки лактида : дис. ...канд. техн. наук: 05.17.04 / В. Н. Глотова – Томск, 2016. – 129 с.
5. Волова, Т. Г. Материалы для медицины, клеточной и тканевой инженерии [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Т. Г. Волова, Е. И. Шишацкая, П. В. Миронов. – Электрон. дан. (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 262 с.
6. Марычев, С. Н. Полимеры в медицине: Учеб. пособие / С. Н. Марычев, Б. А. Калинин. - Владимир : Владим. гос. ун-т, 2001. –68 с.
7. Штильман, М. И. Полимеры медико-биологического назначения / М. И. Штильман. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2006. – 400 с.
8. Перепелкин, К. Е. Волокна и пленки из микробных полимеров / К. Е. Перепелкин // Химия и жизнь. – 2007. – № 2. - С. 18–21.
9. Жмыхов, И. Н. Процессы и оборудование производства волокнистых и пленочных материалов: учебное пособие / И. Н. Жмыхов [и др.]. – Минск: Высшая школа, 2013. – 587 с. - ISBN 978-985-06-2310-2.
10. Коротеева, Л. И. Технология и оборудование для получения волокон и нитей специального назначения: учебное пособие / Л. И. Коротеева, Е. Ю. Коротеева. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 288 с. - ISBN 978-5- 16-010428-7.