

А. А. Рядовых

A. A. Ryadovych

alexander.ryadovych@yandex.ru

И. Ю. Калугина

I. Yu. Kalugina

kalu-inna@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Уральский государственный
экономический университет», г. Екатеринбург
Ural State University of Economics, Ekaterinburg

**БИОХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА
В ВАНИЛИН**
**BIOCHEMICAL TECHNOLOGY FOR PROCESSING POLYETHYLENE
TEREPHTHALATE INTO VANILLIN**

Аннотация: в работе рассматривается биохимическая технология переработки полиэтилентерефталата в ванилин. Обоснована целесообразность и практическая ценность данного метода в решении проблем экологической безопасности человека. Описан процесс выбора гидролаз для эффективного получения синтетического ванилина из полиэтилентерефталата.

Abstract: the paper considers the biochemical technology of processing polyethylene terephthalate into vanillin. The expediency and practical value of this method in solving the problems of human environmental safety is substantiated. The process of selecting hydrolases for the effective production of synthetic vanillin from polyethylene terephthalate is described.

Ключевые слова: экологическая безопасность, полиэферы, поликонденсация, этиленгликоль, терефталевая кислота, полиэтилентерефталат (ПЭТ), переработка ПЭТ, гидролаза, синтетический ванилин.

Keywords: environmental safety, polyesters, polycondensation, ethylene glycol, terephthalic acid, polyethylene terephthalate (PET), PET processing, hydrolase, synthetic vanillin.

Процесс жизнедеятельности человека приводит к накоплению различных бытовых отходов, поэтому актуальной является проблема их утилизации и переработки.

Полиэтилентерефталат (ПЭТ) — наиболее распространённый термопластичный полимер, относящийся к классу полиэфиров. Получают его по реакции поликонденсации этиленгликоля и терефталевой кислоты. Одна пятая мирового пластика приходится на полиэтилентерефталат и спрос на него с каждым годом неуклонно растёт.

Производство ПЭТ за последние 20 лет выросло до 60 млн. тонн в год [1]. Специалисты считают, что ПЭТ обладает большим спектром ценных свойств в сочетании с низкой стоимостью [1].

Актуальной становится проблема переработки популярного полимерного материала.

Распространенными способами вторичной переработки ПЭТ являются: захоронение, сжигание, метод радиационной деструкции с помощью ускоренных нейтронов, гамма-излучения, бета-частиц, термическое разложение, химический рециклинг, механико-химический метод.

Ученые ищут экологически безопасные и эффективные способы как переработки ПЭТ, так и получения важных для человечества душистых веществ. Одним из ярких примеров являются разработки биохимиков из Шотландии, которые при помощи сконструированной кишечной палочки *Escherichia coli*, превратили терефталевую кислоту, полученную из ПЭТ бутылок, в ванилин.

Важным ароматобразующим компонентом ванили является 3-метокси-4-гидроксибензальдегид (ванилин), получаемый путем экстракции из стручков *Vanilla planifolia*. Ванилин является одним из наиболее распространенных душистых веществ в производстве кондитерских изделий, напитков, парфюмерии, косметики, а также лекарственных препаратов.

В настоящее время ежегодный рыночный спрос на ванилин составляет 10000 тонн и обеспечивается в большей степени химическим производством синтетического аналога. Ванилин природного происхождения обеспечивает 1 % спроса и его производство составляет 20 тонн в год [2].

Природный ванилин выделяют из плодов вида *Vanilla planifolia*, лозы орхидей родом из Мексики. Синтетический способ производства ванилина из нефтепродуктов включает в себя следующие стадии. Гваякол реагирует с глиоксиловой кислотой, а образующаяся ванилилминдальная кислота окисляется до 4-гидрокси-3-метоксифенилгликолевой кислоты, при декарбоксилировании которой и образуется ванилин.

Французским ученым из Университета Тулузы удалось синтезировать усовершенствованную гидролазу, которая работала эффективнее фермента из *Ideonella sakaiensis*. Гидролаза смогла расщепить до 90 процентов ПЭТ на мономеры за 10 часов. Из листового компоста был получен фермент кутиназа LCC. Ученые обнаружили, что LCC в 33 раза эффективнее других ферментов гидролизует ПЭТ до терефталевой кислоты. В ходе дальнейших исследований ученые попытались дополнительно улучшить термостабильность и ферментативную активность LCC с помощью генной инженерии. В итоге специалисты остановились на версии ПЭТ-гидролазы, которая расщепляет 99,8 % ПЭТ на мономеры. Применение модифицированной кишечной палочки позволила биохимикам из Эдинбургского университета превратить терефталевую кислоту в ванилин [3].

Биохимическая технология переработки ПЭТ, является экологически безопасным и перспективным методом переработки бытовых отходов и превращения их в востребованные душистые вещества. Такой подход позволяет комплексно решать ряд актуальных проблем: утилизацию использованных полимерных материала, восполнение недостающих ресурсов, обеспечение экологической безопасности человека.

Список литературы

1. Калдашева Э. Н. Вторичная переработка полиэтилентерефталата (ПЭТ) // Вестник магистратуры. 2017. № 7 (70). С. 35–37.
2. Tilay A., Bule M., Annapure U. Production of biovanillin by one-step transformation using fungus *Русноporus cinnabarinus* // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2010. Vol. 58, iss. 7. P. 4401–4405. <https://doi.org/10.1021/jf904141u>.