Создание биоразлагаемых полимеров на основе ферментативного гидролизата кератинсодержащего сырья

Филимонов И.С., Логинов Д.С., Трушкин Н.А., Пономарева О.А., Королева О.В.
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимии им. А.Н.Баха РАН, Международный биотехнологический центр МГУ имени М.В.Ломоносова

В настоящее время одними из наиболее распространенных материалов в мире являются пластмассы, получившие широкое применение в промышленности и быту. Такие свойства пластмасс как износоустойчивость, длительный срок службы, низкая плотность и химическая стабильность позволяют им не только конкурировать с металлом, деревом и прочими материалами, но в некоторых случаях и превосходить их. Однако те же самые свойства создают значительные проблемы при переработке пластмасс, приводя к образованию значительных количеств отходов. В результате образуются свалки пластикового мусора, загрязняющие окружающие среду. Одним из наиболее перспективных решений данной проблемы является создание биоразлагаемых полимеров, в том числе на основе отходов агропромышленного комплекса.

Цель настоящей работы - разработка подходов к получению биоразлагаемых полимеров на основе ферментативного гидролизата кератинсодержащих отходов.

Для получения ферментативных гидролизатов (ФГ) из кератинсодержащего сырья была использована новая технология, включающая в себя кратковременный высокотемпературный гидротермический гидролиз сырья при температуре 200°С и последующую ферментативную обработку ферментным препаратом протеолитического действия. Полученные в результате этой обработки ФГ представляет собой белково-пептидную смесь, и характеризуются широким молекулярно-массовым распределением (<3 кДа -34.3-36.3%, 3-10 кДа 57.6-58.5 кДа, >10 кДа – 6.1-7.3%).

Для получения биоразлагаемых пластиков на основе ФГ было использовано три подхода: полимеризация пептидов в составе ФГ с помощью химических реагентов (глутаровый альдегид, карбодиимид), биокаталитическую полимеризацию ФГ с использованием лакказы и получение композитных материалов с использованием ФГ в качестве наполнителя.

В ходе реализации первого подхода было установлено, что добавление глутарового альдегида к раствору ФГ приводит к существенному увеличению вязкости последнего и, как следствие, получению пластичной массы. Однако после сушки образцы теряли свою пластичность, образуя хрупкие пленки. Поэтому для получения материалов, сохраняющих пластичность необходимо введение соответствующих пластификаторов.

Второй подход основан на использовании биокаталитического способа получения биоразлагаемых полимеров на основе ФГ. В качестве биокатализатора был использован фермент лакказа (п-дифенол: кислородоксидоредуктаза, КФ 1.10.3.2). Добавление лакказы к водному раствору ФГ приводило к увеличению средней молекулярной массы в 3 раза, что свидетельствует о протекании процессов полимеризации. Однако, образующийся продукт не отвечал всем критериям полимера. Исследование процесса полимеризации, катализируемого лакказой на модельных пептидах показала преимущественное протекание реакции полимеризации по остаткам тирозина. Идентификация пептидов в составе ФГ показала, что содержание тирозина в составе ФГ составляет около 2% по массе, что является недостаточным для получения полимеров.

При разработке третьего подхода, были получены композиционные материалы с различным содержанием ФГ. В качестве эластичных матриц использовали широко распространенные термопласты: сэвилен и полиэтилен. Анализ свойств полученных образцов показал, что введение в состав композитов ФГ в количестве до 50% позволяет получить технологичные образцы. При этом увеличение содержания ФГ приводило к возрастанию значений модуля упругости образцов и понижению их деформационно-прочностных характеристик. Таким образом, варьирование количества ФГ в составе композитов позволяет получать материалы с заданными свойствами.

В результате проведенной работы было показано, что наиболее эффективным подходом создания биоразлагаемых полимеров на основе ФГ является компаундирование. В этом случае возможно получение образцов с содержанием ФГ до 50%. Использование сшивающих агентов для получения полимеров осложняется невозможностью предсказания пути реакции полимеризации из-за сложности состава ФГ, а биокаталитический подход не позволяет получить развитую полимерную сеть.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и образования Российской Федерации (ГК 16.512.11.2272).