

смещением максимумов полос по сравнению с положением полос при 20 °С (кривая 1). Охлаждение образца до исходной температуры (20 °С) практически восстанавливает спектр люминесценции (кривая 3), за исключением изменения соотношения пиковых интенсивностей полос (сравни кривые 1 и 3).

Температурное поведение спектров люминесценции  $\text{Eu}[\text{D}(\text{Br-B})\text{M}]_3 \cdot \text{Фен}$  в ФТМОС+МТМОС/ГПТМОС матрице демонстрирует рисунок 3б. В принципе, поведение аналогичное предыдущему комплексу – при 120 °С спектр уширяется со смещением полос. Отличие в том, что до и после нагревания спектры люминесценции практически идентичны (сравни кривые 1 и 3 на рисунке 3б).

Полученные экспериментальные температурные данные демонстрируют реальные возможности тушащего действия молекул воды, указывают на эффективные внутри- и внекомплексные способы ее вытеснения из ближайшего к иону  $\text{Eu}^{3+}$  окружения.

Результаты, полученные в настоящей работе позволяют приблизиться к пониманию механизмов динамики обменных процессов в координационной сфере европиевых комплексов на молекулярном уровне, понять особенности их фото- и термопревращений и стимулировать дальнейшие исследования в этой области.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект №Ф17-005).

#### Список использованной литературы

1. Станишевский И.В., Павич Т.А., Арабей С.М. // Оптика и спектроскопия, 2019, т. 126, №2. – С. 133–139.
2. Eliseeva S.V., Bünzli J.-C.G. // Chem. Soc. Rev., 2010, V. 39, № 18, P. 189.
3. Жердева В.В., Савицкий А.П. // Успехи биол. химии., 2012, Т. 52, С. 315.
4. Павич Т.А., Воробей А.В., Арабей С.М., Соловьев К.Н. // Журнал прикладной спектроскопии, 2012, Т. 79, № 4, С. 664–668.
5. Lovgren T., Pettersson K., in: K. Van Dyke, R. Van Dyke (Eds.), Luminescence Immunoassay and Molecular Application, CRC Press, Florida, 1990, 233 p.

УДК 636.085.6

**Антонишин Ю.Т., кандидат технических наук, доцент, Турцевич Е.Ф.**  
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

### **КОМПОЗИЦИОННЫЙ ПЛАСТИК ИЗ ПЕРЬЕВ КУР**

Пластмассы – это материалы, полученные на основе синтетических или естественных полимеров (смола). Синтезируются полимеры путем полимеризации или поликонденсации мономеров в присутствии катализаторов при строго определенных температурных режимах и давлениях.

В полимер с различной целью могут вводиться наполнители, стабилизаторы, пигменты, могут составляться композиции с добавкой органических и неорганических волокон, сеток и тканей.

Таким образом, пластмассы в большинстве случаев являются многокомпонентными смесями и композиционными материалами, у которых технологические свойства в основном определяются свойствами полимера.

Почти все известные виды полимерных соединений и пластмасс производятся из каменного угля, природного газа и нефти. Если быть точнее, процентное соотношение достигает отметки в 99 %. Следовательно, окружающие нас привычные вещи, такие как упаковочные и строительные материалы, элементы автомобилей, некоторые виды текстиля, детали электронных устройств изготавливаются из невозобновляемых ресурсов. Однако еще во второй половине XX века были придуманы технологии по получению полимеров из сырья растительного происхождения: кукуруза; пшеница и другие зерновые культуры; картофельный крахмал;

сахарный тростник. Известно более тысячи патентов получения пластиков из возобновляемых источников биомассы, таких как растительные жиры и масла, кукурузный крахмал или микробиоматерия. К сожалению, в отличие от продукции из углеводородных соединений, биопластмассы имеют высокую себестоимость, что сдерживает их внедрение в производство.

Каким образом превратить кукурузу или другую агрокультуру в пластиковую тару под молоко? Для этого необходимо: вырастить специализированный клубневый картофель, зерновую пшеницы, а также сахарную свеклу и тростники, имеющие повышенное содержание крахмала или сахара, извлекаемых впоследствии из общей биомассы; из таких культур, как соевые, клещевина и рапс добыть особые сложные эфиры глицерина – триглицериды; после того как добыто основное сырье провести переработку, при помощи методов ферментации и применения микроорганизмов, а также различных химических манипуляций, причем для каждого вида продукта технологическая цепочка индивидуальна; получить мономеры (полиэтилен, полиамид, полиэфир, а также молочная кислота), либо природную биологическую молекулу без примесей (крахмал), которые подвергаются технологиям модификации и полимеризации.

Сейчас уже начали производить пластик из бананов и ананасов, а теперь дошла очередь и до перьев куриц, в большом количестве выращиваемых на птицефабриках. Люди редко задумываются, сколько побочных продуктов остается после создания замороженной тушки, продающейся в магазине. Между тем, по некоторым оценкам, каждый год одних только перьев предприятия Беларуси производят сотни тысяч тонн.

Профессор из университета Небраски, как и многие другие материаловеды мира, создал достойную альтернативу пластикам, получаемым из нефтепродуктов. Ученые ищут натуральный и возобновляемый источник, а потому часто исходным материалом становятся отходы сельскохозяйственной промышленности.

Никто из исследователей и инженеров пока не придумал достойного применения всему этому добру, и чаще всего оперение птицы просто выбрасывают на свалку. Однако перо состоит в основном из кератина, довольно прочного белка, встречающегося также в волосах, ногтях, рогах и шерсти животных.

Созданный на основе измельченного пера пластик обладает отличными прочностными характеристиками. Другие основы (например, модифицированный крахмал и белки растительного происхождения), по мнению специалистов, с таким продуктом тягаться не могут. Полагаем, что материаловеды знают, о чем говорят, ведь уже не первый год экспериментируют с самыми разными природными веществами и композитами.

Другие исследователи также пытались получить термопласты из птичьего оперения, но механические свойства конечного материала портились, как только он попадал в воду или когда жидкость попадала на него.

Чтобы создать водостойчивый термопласт, американцы обработали перо птиц химическим составом, включающим метилакрилат (образует бесцветный полимер, используемый в лаках для ногтей). В результате ученые получили пленки, которые были прочнее на разрыв, чем пластики, созданные на основе крахмала и белков сои.

Отметим, что термопласты являются одним из двух основных видов пластиков, используемых для производства тысяч самых разных товаров (от бутылок для бытовой химии и напитков до бамперов и панелей автомобилей). Они удобны в производстве, обработке и переработке: чтобы придать им форму, достаточно нагреть вещества или же воздействовать на них химическими реагентами.

В основе нового пластика лежит белок кератин из перьев птиц. Изменив аминокислотный состав кератина, придали полимеру прочность и долговечность, а его вязкость теперь можно регулировать при помощи сульфата натрия, который является восстанавливающим реагентом.

В традиционном процессе переработки пера используют вакуумные горизонтальные котлы, в которых слой сырья в течение 30–120 мин нагревается до критической температуры стерилизации (120 °С), при которой погибает основная масса спор термостойких бактерий. Длительность процесса получения кормовой муки составляет 6–12 ч. Главный недостаток

этой технологии – большие затраты энергии и времени на термообработку. При этом часть сырья быстро нагревается до температуры стерилизации и затем перегревается, приводя к необратимым денатурационным изменениям. Потери наиболее биологически ценного белка (растворимого) составляют около 17 %.

Технологический процесс переработки отходов птицы, в основу, которого положен высокотемпературный кратковременный способ деформации в условиях высоких давлений. Высокотемпературное воздействие длится 1–1,5 мин, при этом происходят детоксикация и желатинизация сырья, разрыв клеточных стенок и пептидных связей самых термостойких белков.

Предлагаемая технология (экструзия пера) включает три этапа: сушка сырья до 20 % влажности и очистка пера от механических примесей. На втором этапе перо подается в экструдер, где постепенно поднимается температура и возрастает давление. Перо из твердого состояния переходит в плавкое. Деформация расщепляет в кератиновом белке пера дисульфидную связь между аминокислотами, содержащими атом серы, и пептидную связь между аминокетильными группами одних аминокислот с карбоксильными группами других. Неусваиваемый белок пера превращается в поливидовую аминокислоту с содержанием 86,56 % усваиваемого сырого протеина при полном обеззараживании продукта. На третьем этапе перо измельчают до размеров муки.

Рассмотрев методы получения гидролизата, отмечается, что необходимый эффект достигается при ферментативной обработке субстрата, так как при химическом и гидротермическом способах происходят нежелательные явления, связанные с разрывом связей в белке, разрешение и рацемация отдельных аминокислот.

Экструзия при температуре от 110 до 200 °С и давлении от 12 до 20 МПа приводит к термостерилизации, снижению микробиологической обсемененности гнилостными бактериями. Обработка в экструдере активно влияет на молекулу белка, «раскрывает» ее, превращая неусваиваемый белок пера в поливидовую аминокислоту с содержанием 86,56 % усваиваемого сырого протеина при полном обеззараживании продукта.

Преимущества ферментативной деструкции при экструзии с мягкими режимами обработки обусловлены получением обособленных гидролизатов, максимально сохраняющими набор аминокислот нативных кератинов.

УДК 547.732

**Кожич Д.Т., кандидат химических наук, доцент,**

**Арабей С.М., доктор физико-математических наук, доцент,**

**Слонская С.В., кандидат химических наук, доцент, Лелевич А.А.**

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

#### **АНАЛИЗ ПРЕПАРАТИВНЫХ МЕТОДОВ СИНТЕЗА ПРОИЗВОДНЫХ ТИОФЕНА**

Рост численности населения и хозяйственной деятельности человечества приводит к увеличению потребления энергии, получение которой традиционными способами путем сжигания природных материалов приводит к увеличению загрязнения окружающей среды продуктами сгорания и истощению природных ресурсов. Как альтернативу этим негативным последствиям концепция устойчивого развития предусматривает расширение использования возобновляемых источников энергии, одним из которых является солнечная энергия. Наиболее динамичным практическим направлением ее преобразования в электрическую энергию являются солнечные элементы. При этом для их создания предпочтение отдается органическим соединениям над неорганическими, что обусловлено их специфическими физико-химическими свойствами, позволяющими в широких пределах варьировать их структуры в целях получения необходимых характеристик. Кроме того, органические соединения отличаются большей экологичностью, экономичностью и простотой технологии синтеза [1]. Поэтому разработка новых и оптимизация получения уже существующих органических фотосенсибилизаторов, активных в видимой и ближней ИК областях спектра, является актуальной задачей фотовольтаики.