

опытные образцы ферментных препаратов ГО с удельной активностью 85,3-92,7 ед/мг белка. Основные отличия свойств отмечены по показаниям термостабильности ферментов.

*Работа выполнена в рамках проекта Б19АРМ-018, финансируемого БРФФИ.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Glucose oxidase – an overview / S.B. Bankar [et al.] // *Biotechnol. Adv.* – 2009. – Vol. 27. – P. 489-501.
2. Uppor, R., Niebergall, P., James, E. The antioxidant system  $\beta$ -D(+)-glucose-glucose oxidase-catalase: tests for pyrogenicity and antigenicity / R. Uppor, P. Niebergall, E. James // *Pharm. Dev. Technol.* – 2001. – Vol. 6. – P. 31-38.
3. Wong, Ch.M., Wong, K.H., Chen, X.D. Glucose oxidase: natural occurrence, function, properties and industrial applications / Ch.M. Wong, K.H. Wong, X.D. Chen // *Appl. Microb. Biotechnol.* – 2008. – Vol. 78. – P. 927-938.

УДК 655.22

А. В. Криховец, доц., канд. хим. наук;

В. Г. Слободяник, ст. преп., канд. техн. наук (УАП, г. Львов, Украина)

#### **УПАКОВОЧНЫЕ ПЛЕНКИ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА**

Одно из важных мест в современной упаковочной индустрии занимают пленочные материалы, объёмы производства которых возрастают ежегодно. Это в свою очередь приводит к увеличению количества бытовых отходов. Загрязнение почвы и вод мирового океана отходами пластика приобрели угрожающих масштабов. Поэтому усилия ученых направлены на поиски новых материалов для изготовления упаковки, способной разлагаться в естественной среде в короткий промежуток времени.

В качестве биодegradабельных упаковочных материалов находят широкое применение пленки на основе поливинилового спирта. Эти пленочные материалы владеют высокими барьерными свойствами и могут использоваться в пищевой отрасли, медицине, химической промышленности. С целью улучшения функциональных характеристик и расширения областей применения разрабатываются разнообразные композитные материалы на основе ПВС. Перспективными среди них являются поиски экологических пленочных материалов с бактерицидными свойствами.

Поливиниловый спирт разрешен к использованию в пищевой отрасли как добавка E 1203 на территории Украины и ЕС, поскольку не установлено неблагоприятного влияния его на организм человека. В пищевой промышленности ПВС применяют для связывания воды, как глазирующий агент, как основа съедобных упаковочных пленок [1]. Для улучшения защиты и устойчивости к влаге пищевых продуктов предлагаются пленки на основе ПВС с добавлением полисахарида пулулана, крахмала, целлюлозы с протеинами. С целью предоставления определенных вкусовых и эстетических качеств вводят натуральные красители, лимонную кислоту, глицерин, целлюлозосодержащие наполнители с дрожжами, из которых удалены нуклеиновые кислоты. Такие пленки предлагаются для покрытия замороженных продуктов, фруктов и овощей. В качестве пластификатора также рассматривают добавку естественного происхождения пектин. Пектин содержится в растительном сырье, плодах, овощах и принадлежит к растворимым пищевым волокнам.

Авторы [2] создали антибактериальный композит на основе ПВС, содержащий пектин, глицерин и  $TiO_2$  и предложили использовать его для получения пленки, предотвращающей микробиологическую порчу пищевых продуктов, в частности хлебобулочных изделий. Такая упаковка кроме антибактериальных имеет хорошие механические свойства и способна к биодegradации [2].

На основе ПВС получены полимерные композиционные материалы с антибактериальными свойствами, содержащие дисперсные биосовместимые неорганические наполнители с наночастицами серебра [3]. Высокая антибактериальная эффективность наблюдалась при содержании наночастиц серебра около 0.018%. Кроме того, наночастицы серебра уменьшают температуру начала процесса термодеструкции и существенно замедляют скорость образования летучих продуктов разложения полимера.

Композиционные материалы, содержащие наночастицы сульфида цинка  $ZnS$ , были синтезированы с помощью метода совместного осаждения с использованием поливинилпирролидона, поливинилового спирта и полиэтиленгликоля. Авторы работы [4] показывают, что антибактериальный эффект наночастиц  $ZnS$  имеет прямую связь с концентрацией, а концентрация 150 мкг/мл показывает самый высокий антибактериальный эффект по сравнению с другими.

Среди пленок на основе натуральных полимеров авторы [5] рассматривают композит на основе поливинилового спирта и модифицированного крахмала в соотношении 1: 1 с добавлением как пластификаторов глицерина или молочной кислоты. Этот композит мо-

жет быть использован для получения трансдермальных терапевтических систем с последующим добавлением биологически активных веществ и лекарственных средств, что позволит увеличить эффективность лечения инфицированных ран [5]. Биосовместимые композиционные нановолокнистые нетканые материалы с антисептическими свойствами также получили методом электроформирования композиций хитозана с поливиниловым спиртом и поливинилацетатом. Биологическая активность хитозана и нетоксичность ПВС делают такие композиты перспективными для применения в медицине и фармакологии. В качестве пропитывающих смесей для повышения бактерицидных свойств частей производственной одежды, подвергающихся микробным загрязнениям, разработаны композиты, содержащие поливиниловый спирт, ортоборатную кислоту и глицерин. Создание плёночных антибактериальных композитов становится особенно актуальным в связи с непростой ситуацией мировой пандемии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Черная А.И., Шульга О.С., Арсеньева Л.Ю., Кобилинский С.М. Упаковочные биodeградебельные пленки на основе поливинилового спирта / А.И. Черная. Упаковка. – № 6. – 2016. – С. 32-35.
2. Композиція антибактеріальної біodeградованої плівки: пат 110866 Україна. № 2016 03669; заявл. 06.04.2016; опубл. 25.10.2016, Бюл. № 20. – 4 с.
3. Толстов А.Л., Маланчук О.Н., Бей И.Н., Климчук Д.А. Получение и свойства антибактериальных полимерных композитов на основе поливинилового спирта и наночастиц серебра. / А.Л Толстов. Полімер. журн. – 2013. –Т. 35 (№ 4). – С. 343-349.
4. Ehsan Nabi Abdolyousefi, Ghasem Rahimi, Azita Mohammadbeygi, Hamideh Dehghani, Masoud Negahdary. Antibacterial Assessment of Zinc Sulphide Nanoparticles Against Streptococcus pyogenes and Acinetobacter baumannii / Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii. – 2020. – Т. 18 (№ 1). – С. 171–188.
5. Іщенко О.В., Ресницький І.В., Коляда М.К., Ляшок І.О., Шинкарьова К.В., Швидка К.М. Плівки медичного призначення на основі природних полімерів. /О.В. Іщенко. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. – 2017. – № 1 (106). – С. 76-86.