

Біодеградабельні плівки, що запобігають мікробіологічному псуванню продукції

А.І. Чорна, О.С. Шульга, к.т.н., Л.Ю. Арсеньева, д.т.н., Н.М. Грегірчак, к.т.н., К.В. Зусько, НУХТ, м. Київ

Європейська комісія (ЄК) затвердила рекомендації щодо офіційного визначення і використання терміна «наноматеріал». За пропозицією ЄК, наноматеріал – це матеріал природного або штучного походження, що містить частинки, понад 50 % яких мають лінійний розмір у межах 1–100 нм. Термін «нанотехнологія» почали застосовувати американці у 80–90-ті рр. минулого століття. «Нано» (карликовий, дрібний) означає мільярдну частину [1]. Нанопродукцію вже застосовують в енергетиці, хімічній і будівельній промисловості, виробництві косметики. Перспективним є також використання нанотехнологій і наноматеріалів у харчовій промисловості та охороні довкілля [2–5].

Відомо, що порошок TiO_2 набуває антибактеріальних властивостей під впливом УФ світла [6, 7]. Структурно-морфологічні особливості та хімічні різновидності TiO_2 , які залежать від технологічних умов синтезу та поверхневих модифікацій, обумовлюють його властивості. Визначення інгібуючої дії щодо різних видів мікроорганізмів нанодисперсного порошку TiO_2 визначали поверхневим методом. Як об'єкти дослідження використовували бактеріальні штами: *E. coli* ІЕМ-1, *B. subtilis* БТ-2, *C. albicans* Д-6, *A. niger* Р-3. Для визначення бактерій використовували МПА-середовище, для грибів та дріжджів – середовище Сабуро. Для встановлення антибактеріальних властивостей порошку TiO_2 використовували різні концентрації (2,5; 5; 10 %). Якщо мікроорганізмів не було виявлено, то відповідно, це означало, що TiO_2 пригнічує ріст і розвиток певного мікроорганізму. Результати досліджень наведено в табл. 1.

Таблиця 1.
Інгібуюча дія розчинів TiO_2 різних концентрацій на мікроорганізми

Культури	Загальне мікробне число, КУО/г					
	Термостат 30 °С			УФ-опромінення		
	2,5 %	5 %	10 %	2,5 %	5 %	10 %
<i>E. coli</i>	$8,7 \times 10^4$	$4,9 \times 10^4$	+	+	+	+
<i>B. subtilis</i>	$9,7 \times 10^4$	$5,5 \times 10^4$	+	+	+	+
<i>C. albicans</i>	$7,4 \times 10^6$	$3,2 \times 10^6$	$2,5 \times 10^6$	$4,4 \times 10^6$	5×10^6	$4,2 \times 10^6$
<i>A. niger</i>	2×10^5	$1,6 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$	1×10^5	$5,2 \times 10^4$

Примітка. «+» – пригнічує повністю; «К» – початкові концентрації мікроорганізмів без TiO_2 : *E. coli* – $1,6 \times 10^6$, *B. subtilis* – $5,7 \times 10^6$, *C. albicans* – $1,8 \times 10^7$, *A. niger* – $2,3 \times 10^5$

Загальне мікробне число культур (*C. albicans* Д-6, *A. niger* Р-3) за різних концентрацій TiO_2 в різних умовах знаходиться в майже близьких межах, оскільки значної різниці в значеннях не помітно (допускається похибка 10 %).

Незначна різниця в значеннях може бути пов'язана з можливим відбором проб з меншим вмістом TiO_2 , ніж в інших, чи навпаки. Найоптимальнішим варіантом є оброблення TiO_2 УФ-випромінюванням, адже таким чином можна використовувати 2,5 % суспензію TiO_2 . Якщо не використовувати УФ, то потрібно брати 10 % суспензії TiO_2 . Варто зазначити, що розчини з порошком TiO_2 не пригнічують дію грибів і дріжджів.

Для виготовлення біодеградабельних плівок, що запобігають мікробіологічному псуванню, використовували полівініловий спирт, пектин яблучний, гліцерин. Формували плівки на тефлоновій поверхні виливанням з розчину і подальшим сушінням за температури 25 °С. Найоптимальнішим встановлено співвідношення компонентів у системі «ПВС–пектин–гліцерин»: 60:10:30 % мас. Досліджували фізико-механічні властивості, а саме: відносне подовження і міцність при розриві на розривній машині F-1000 без попереднього кондиціювання зразків.

Склад плівок та їх фізико-механічні характеристики наведено в табл. 2.

Таблиця 2.

Складові та показники якості плівок з нанодисперсним порошком TiO_2

Складові, %				ϵ_p , %	σ_p , МПа
ПВС	Пектин	Гліцерин	TiO_2		
60	10	30	1,0	384	48,3
60	10	30	2,0	380	52,7

Введення додатково дисперсного наповнювача для значення відносного подовження та міцності на розрив були цілком прийнятними. Міцність на розрив перевищувала міцність поліетиленової плівки (46,7 МПа).

Визначення антибактеріальних властивостей плівки з порошком TiO_2 проводили методом агарових дисків. Результати досліджень наведені в табл. 3.

Таблиця 3.

Антибактеріальні властивості плівок з порошком TiO_2

Культури	Зона затримки нанесеної плівки, мм			
	К	К	Zp_1	Zp_2
<i>E. coli</i>	0,00	0,00	9,00	15,00
<i>B. subtilis</i>	0,00	4,00	6,00	7,00
<i>C. albicans</i>	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>A. niger</i>	0,00	0,00	0,00	0,00

Примітка. К – контрольний зразок ПВС–пектин–гліцерин 60:10:30; Zp_1 , Zp_2 – з додаванням до контрольного зразку 1 і 2 % TiO_2 відповідно

Результати табл. 3 підтверджують, що плівки з TiO_2 пригнічують розвиток бактерій (*E. coli* ІЕМ-1, *B. subtilis* БТ-2): спостерігається затримка їх росту. На життєдіяльність грибів та дріжджів плівка з TiO_2 не впливає.

Ще однією перспективною сировиною, що запобігатиме мікробіологічному псуванню, є такий природний матеріал, як базальтовий туф (БТ). Середньостатистичні результати аналізу хімічного складу туфу, виражені через масові відсотки оксидів, наведено в табл. 4.

Таблиця 4.

Хімічний склад базальтового туфу родовища «Полицьке-2»

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
67,44	1,75	12,82	10,14	0,09	5,02	0,46	0,94	1,06	0,12	0,11

Узагальнення результатів аналізу показує, що БТ є алюмосилікатами з масовим співвідношенням Si/Al = 4,7÷5,9, які містять Ферум у кількості 68÷74 г/кг. Досліджувані туфи містять також мікроелементи: Манган, Цинк, Купрум, Ніколь, Кобальт у кількостях 0,71÷0,08 г/кг [8]. Отримана плівка має незначне забарвлення залежно від дозування алюмосилікатів, проте зберігає прозорість. Отже, використання TiO₂ та базальтового туфу дозволяє отримувати плівки, які запобігатимуть мікробіологічному псуванню виробів, що сприятиме подовженню терміну зберігання продукції.

Література

1. Євросоюз затвердив офіційне позначення наноматеріалів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://dt.ua/SCIENCE/evropeyskiy_soyuz_viznachivsyu_z_nanomaterialami-90481.html
2. Балабанов В.И. Нанотехнологии / В.И. Балабанов // Наука будущего. – М.: Эксмо, 2009. – С. 215–220.
3. Ситар О.В. Нанотехнології в сучасному сільському господарстві / О.В. Ситар, Н.В. Новицька, Н.Ю. Таран [та ін.] // Фізика живого. – 2010. – № 18. – С. 113–116.
4. Фастовець П.М. Класифікація наноструктурованих матеріалів для інженерії поверхні деталей машин / П.М. Фастовець // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 5 (57). – С. 19–25.
5. The water-soluble fullerene derivative «radical sponge» exerts cytoprotective action against UVA irradiation but not visible-light-catalyzed cytotoxicity in human skin keratinocytes / L. Xiao, H. Takada, X. Gan, N. Miwa // Bioorg. Med. Chem. Lett. – 2006. – № 16. – P. 1590–1595.
6. Pham H.N. Toxic Hazard / H.N. Pham, T. Mc Dowell, E. Wilkins // J. Environ. Sci. Eng. Health. – 1995. – № 30. – P. 627.
7. Wills R.W. Synergism between porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) and salmonella choleraesuis in swine / R.W. Wills, J.T. Gray, P.J. Fedorka-Cray, K.J. Yoon, S. Ladely and J.J. Zimmerman, J. // Vet. Med. Sci. – 2000. – № 71. – P. 177–192.
8. Цимбалюк В.В. Адсорбційні та каталітичні властивості матеріалів на основі базальтового туфу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. хім. наук: спец. 02.00.04 «фізична хімія» / Цимбалюк Валентина Василівна. – Чернівці, 2011. – 24 с.