

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ГРИБІВ НА ОСНОВІ НАТУРАЛЬНИХ БІОПОЛІМЕРІВ

Сердюк М.Є., Прісс О.П.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра
Моторного, м. Запоріжжя*

Сучасна харчова промисловість перебуває у стані активного пошуку сталих і безпечних технологічних рішень, що не лише забезпечують якість та мікробіологічну безпеку харчової продукції, а й відповідають принципам екологічної безпеки [1].

Особливо актуальним є вдосконалення технологій зберігання швидкопсувних продуктів, зокрема грибів, які характеризуються високим вмістом вологи, чутливістю до механічних пошкоджень, швидким розвитком мікрофлори та інтенсивними біохімічними змінами після збирання.

Традиційні методи пакування за участі полімерів на основі нафти, хоча й ефективні з точки зору бар'єрного захисту, мають значні екологічні недоліки, пов'язані з утворенням пластикових відходів та забрудненням довкілля. У цьому контексті особливого значення набувають екологічно безпечні технології зберігання, які базуються на використанні натуральних біополімерів – природних макромолекул, здатних утворювати біоактивні плівки та покриття, що забезпечують збереження якості продукції без шкоди для природи [2].

Натуральні біополімери – це високомолекулярні сполуки природного походження, структура яких зумовлює їхню здатність до формування гідрофільних або гідрофобних плівок, утворення гелів, взаємодії з іншими біомолекулами, а також утримання активних компонентів (антиоксидантів, антимікробних агентів) [3].

До найбільш перспективних з точки зору зберігання грибів належать хітозан, альгінати, пектин, карбоксиметилцелюлоза та крохмаль. Ці біополімери демонструють сумісність з харчовою сировиною, біодеградабельність, нетоксичність, а також широкі функціональні можливості у створенні захисних бар'єрів до вологи, кисню, світла та мікроорганізмів [3].

Хітозан – катіонний полісахарид, що утворюється внаслідок часткового деацетилювання хітину, основного структурного компонента клітинної стінки грибів та екзоскелетів ракоподібних. Його структура складається з β -(1 $\rightarrow$ 4)-зв'язаних залишків D-глюкозаміну та N-ацетил-D-глюкозаміну (рис.1).

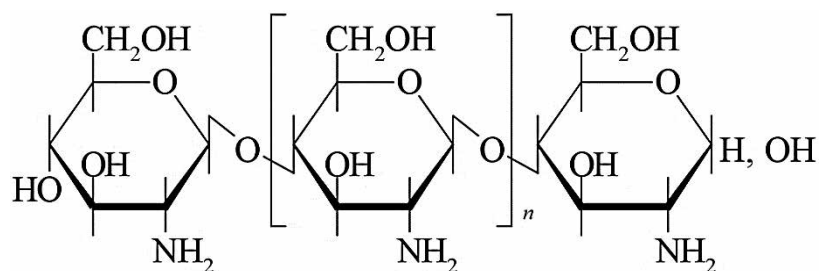


Рис. 1. Структурна формула молекули хітозану.

Завдяки наявності вільних аміногруп хітозан здатен формувати водорозчинні плівки у кислому середовищі, а також демонструє виражену антимікробну активність проти широкого спектру бактерій і грибів. Механізм цієї дії пов'язаний з електростатичною взаємодією між катіонними групами хітозану та аніонними компонентами мікробних клітин, що призводить до порушення цілісності клітинної стінки та зниження життєздатності мікроорганізмів. Крім того, хітозан має антиоксидантні властивості, зумовлені здатністю зв'язувати вільні радикали, що є ключовим чинником у гальмуванні окислювального потемніння грибів [1].

Альгірати – це солі альгінової кислоти, переважно натрієві або кальцієві, які екстрагуються з бурих водоростей (*Laminaria*, *Ascophyllum*). Структурно альгірати складаються з β -D-мануронової та α -L-гулурунової кислот, з'єднаних у лінійні блоки (рис.2).

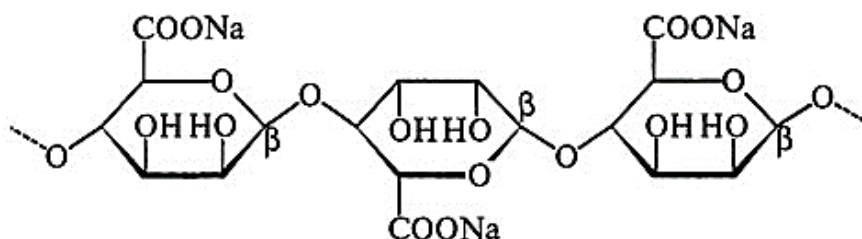


Рис. 2. Структурна формула альгірату натрія.

Саме співвідношення цих залишків зумовлює механічні властивості гелів та плівок. Альгірати формують гелі у присутності двовалентних катіонів (наприклад, Ca^{2+}) за механізмом "яєчного ящика" (*egg-box*), що забезпечує стабільність плівки та її здатність утримувати вологу. Альгіратні покриття знижують інтенсивність транспірації, зменшують дихальну активність грибів, уповільнюють розповсюдження мікрофлори, а також можуть служити матрицею для інкапсуляції біоактивних сполук [2].

Пектин – це гетерополісахарид, що складається переважно з α -(1 $\rightarrow$ 4)-зв'язаних залишків D-галактурунової кислоти, частково метилованої, а також включає бокові ланцюги арабінози та галактози. Основним джерелом пектину є яблучні вичавки та цитрусові шкірки. Пектин має виражену гелеутворювальну

здатність у присутності цукру й кислоти або кальцію (низькоестерифіковані форми), що дозволяє створювати стабільні покриття з високою бар'єрною здатністю до втрат вологи та проникнення газів. Пектинові плівки також демонструють здатність до утримання антиоксидантів та мають високу біосумісність із поверхнею грибів [4].

Карбоксиметилцелюлоза (КМЦ) є водорозчинним аніонним полісахаридом, утвореним шляхом часткової естерифікації целюлози монохлоруксусною кислотою. Її структура зумовлює високу в'язкість розчинів навіть при низьких концентраціях, що робить КМЦ ефективним загущувачем, стабілізатором та плівкоутворювачем. Плівки на основі КМЦ прозорі, мають добрі бар'єрні властивості щодо кисню та запахів, проте відносно чутливі до вологи. В комбінації з іншими біополімерами або гідрофобними добавками їх функціональність значно розширюється [4].

Крохмаль – складний вуглевод, що складається з амілози та амілопектину, які формують гранули з напівкристалічною структурою. У водному середовищі за нагріванням він утворює пасту, яка при висиханні формує плівку. Крохмальні покриття біорозкладні, безпечні, мають добрі бар'єрні властивості щодо газів, але низьку стійкість до вологи. Їх ефективність може бути покращена шляхом модифікації або комбінації з білковими або жиророзчинними компонентами. Крохмаль також може служити носієм біоактивних речовин, зокрема фенольних сполук або екстрактів прянощів, які подовжують термін зберігання грибів [2].

Усі згадані біополімери мають суттєві переваги в аспекті створення їстівних або біоактивних покриттів, які здатні підтримувати якість грибів упродовж зберігання. Особливо перспективними є багатокомпонентні системи, в яких полімерна матриця збагачена ефірними оліями, екстрактами пряно-ароматичних рослин, вітамінами, органічними кислотами, що посилюють антимікробний та антиоксидантний захист. Такі покриття не лише зменшують активність ферментів поліфенолоксидази і пероксидази, а й пригнічують розвиток пліснявих грибів та бактеріальної мікрофлори, знижуючи темпи псування продукції [3].

Таким чином, використання натуральних біополімерів як функціональних матеріалів для зберігання грибів відкриває нові можливості у напрямі розробки екологічно безпечних, біоактивних пакувальних рішень. Це дозволяє не лише зберігати високу якість продукції без застосування синтетичних консервантів, а й сприяти формуванню харчових систем з низьким впливом на навколишнє середовище.

Подальші наші дослідження у цьому будуть спрямовані на оптимізацію складу біополімерних композицій, визначення їх реологічних, бар'єрних і антибактеріальних характеристик, а також інтеграцію у промислові ланцюги зберігання грибів.

Список використаних джерел

1. Zhang Y., Feng X., Shi D., Ibrahim S. A., Huang W., Liu Y. Properties of modified chitosan-based films and coatings and their application in the preservation of edible mushrooms: a review. *International J. of Biological Macromolecules*. 2024. C. 132265.
2. Zhang Y., Feng X., Shi D., Ibrahim S. A., Huang W., Liu Y. Properties of modified chitosan-based films and coatings and their application in the preservation of edible mushrooms: a review. *International J. of Biological Macromolecules*. 2024. C. 132265.
3. Kalita P., Kalita T., Bora N. S., Roy P. K., Pachua L., Roy S. A review on natural polymer-based film/coating in postharvest mushroom preservation. *Food Control*. 2025. C. 111185.
4. Karnwal A., Kumar G., Singh R., Selvaraj M., Malik T., Al Tawaha A. R. M. Natural biopolymers in edible coatings: Applications in food preservation. *Food Chemistry: X*. 2025. C. 102171.



Національний університет біоресурсів і природокористування України
Національна академія аграрних наук України
Інститут сільського господарства Полісся НААН України
Інститут продовольчих ресурсів НААН України
Інститут садівництва НААН України
Актюбінський регіональний державний університет ім. К.Жубанова
RAGT Semences
Lulea University of Technology
Університет прикладних наук Вайєнштефан-Тріздорф
International Academy of Applied Sciences in Lomza

**Матеріали МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
«ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА, ЛОГІСТИКИ ТА
ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА»**

*присвяченої 110-річчю від дня народження видатного вченого,
основоположника кафедри технології зберігання, переробки та
стандартизації продукції рослинництва,
завідувача кафедри з 1968 по 1987 рр.,
доктора сільськогосподарських наук, професора
ЛЕСИКА БОРИСА ВАСИЛЬОВИЧА
2-3 червня 2025 року*

Київ - 2025

Матеріали доповідей міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології виробництва, логістики та переробки продукції рослинництва» присвяченої 110-річчю від дня народження видатного вченого, основоположника кафедри технології зберігання, переробки та стандартизації продукції рослинництва, завідувача кафедри з 1968 по 1987 рр., доктора сільськогосподарських наук, професора Лесика Бориса Васильовича, 2-3 червня 2025р./ Редкол.: Подпрятів Г.І. (відп. ред.) та ін. Київ, 2025. 260 с.

Матеріали доповідей подані в авторській редакції учасників конференції

Відповідальний редактор: Г.І. Подпрятів

Технічне редагування, комп'ютерна верстка: В.І.Войцехівський

Адреса установи:

Національний університет біоресурсів і природокористування України
(НУБіП України)

вул. Героїв оборони, 15, м. Київ

03041, Україна

<https://nubip.edu.ua>

Агробіологічний факультет: <https://nubip.edu.ua/structure/abf>

Кафедра технології зберігання, переробки та стандартизації продукції
рослинництва ім. проф. Б.В. Лесика:

<https://nubip.edu.ua/node/1106>

<https://nubip.edu.ua/node/25814>