

# СТРАТЕГІЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ БІОПОЛІМЕРНИХ НОСІЇВ З ВИСОКИМ ЗАВАНТАЖЕННЯМ ЛЕТКИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Наконечний В. І., Гавриляк В. В.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

[vnakon@gmail.com](mailto:vnakon@gmail.com)

До споживчих властивостей ароматизованих плівок і пластин є важливими такі вимоги, як відсутність крихкості, довгий термін зберігання й експлуатації, зменшення впливу зовнішнього середовища на реологічні параметри. Зі зростанням завантаження летких органічних сполук у носій, зокрема, ефірних олій, полімерна матриця зазвичай втрачає жорсткість і форму, тому одним з ключових завдань є поєднання високого завантаження із структурною стабільністю носія. Аналіз літератури свідчить, що найефективніші рішення базуються на поєднанні декількох підходів до фіксації летких молекул у носіях, а саме на виборі компонентів, таких як желатин, хітозан, циклодекстрини, монтморилонітових глин та форм - як багатошаровості чи інкапсуляції. Найбільше завантаження спостерігається при інкапсуляції ефірних олій на полімерні матриці чи мікрокапсули що дозволяє отримувати до 50-80% завантаження леткими молекулами в залежності від подальшої їх фіксації та розмірів мікрокапсул. При малих розмірах та потребі іммобілізації на пластинах чи поверхнях загальний об'єм може бути меншим. Іншим варіантом є завантаження ефірних олій в пористі носії, такі як цеоліти, активоване вугілля чи інші пористі мінерали. Перевагою таких носіїв є те, що після абсорбції їх реологічні властивості не зазнають змін, не стають вологими чи липкими. Цеоліти демонструють завантаження 27-38% без значної зміни структури носія. Клеї, зокрема такі, як монтморилоніт, мають більший розмір пор — тож можуть інкапсулювати більший об'єм олії, але також і швидше його вивільняти. Пористі носії можуть бути пресовані в тверді форми, або змішуватись з полімерами та виливатись в тверді листи. Основною перевагою таких матеріалів є їх структурна стабільність. Нанонаповнювачі, як монтморилоніт чи целюлозні нанофібри, посилюють міжфазну адгезію, знижують газо- і паропроникність та діють як антисинерезисні якорі для летких молекул, зменшуючи початкову втрату, а також вплив підвищеної температури. Інший тип фіксаторів - циклодекстрини, які працюють більш точково, уворюють комплекси включення з молекулами завдяки чому дифузія відбувається повільніше. Самі по собі вони дають обмежене завантаження тому поєднання із плівками чи порошками-адсорбентами, може збільшити об'єм завантаження молекул включення. Зазвичай одна молекула циклодекстрину зв'язує 1-2 молекули включення. Оскільки сам циклодекстрин має досить велику молекулярну масу ~1.135 кДа, масова частка включення в комплексі в багатьох випадках становить лише 6-15%. Це суттєво нижчий рівень інкапсуляції порівняно з мікрокапсулами або пористими полімерами. Щоб отримати більше завантаження, потрібно великий об'єм циклодекстрину, що робить матеріал об'ємним та крихким. Крім того, з наших експериментів ми зауважили, що комплекси циклодекстрину схильні вивільняти леткі молекули не повністю, частина може залишатися зв'язаною. Тому в задачах, де пріоритетом є максимізація завантаження, циклодекстрин не є оптимальним вибором, але він може бути складовою багатокомпонентної системи. Архітектура носія є важливою. Багатошарові або ламіновані системи з тонкими бар'єрними шарами, наприклад, кисне- та вологонепроникними і контрольованою мікроперфорацією дозволяють розділити функції: внутрішній шар акумулює леткі молекули, зовнішній забезпечує механічні властивості й контроль вивільнення. Сукупне застосування зазначених підходів дозволяє регулювати властивості кінцевого матеріалу із максимальним завантаженням леткими молекулами. Циклодекстрин впливає на молекулярний рівень фіксації, біополімери, як желатин/хітозан створюють структуру, що утримує форму, монтморилоніт підсилюють каркас, та бар'єрні шари можуть коригувати транспорт, вологу та кисень й швидкість вивільнення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Perinelli DR, Palmieri GF, Cespi M, Bonacucina G. Encapsulation of Flavours and Fragrances into Polymeric Capsules and Cyclodextrins Inclusion Complexes: An Update. *Molecules*. 2020 Dec 11;25(24):5878.
2. Ferreira, A.P.; Almeida-Aguiar, C.; Costa, S.P.G.; Neves, I.C. Essential Oils Encapsulated in Zeolite Structures as Delivery Systems (EODS): An Overview. *Molecules* 2022, 27, 8525.