

УДК 616.3:615.246.2:546.28

**О.С. Няньковська^{1,4}, М.І. Городиловська¹, М.С. Яцула¹, А.В. Титуса¹,
Я.В. Няньковська³, С.Л. Няньковський^{2,4}**

Ентеросорбція при харчових захворюваннях: патогенетичне обґрунтування та клінічна ефективність сучасних сорбентів

¹ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького», Україна

²Міжнародний університет нутриціології та дієтології, м. Львів, Україна

³Клінічна воеводська лікарня імені Святої королеви Ядвіги, м. Жешув, Польща

⁴Факультет наук про здоров'я та психологію, Колегіум Медікум, Жешувський університет, Польща

Modern Pediatrics. Ukraine. (2025). 1(153): 7-14; doi 10.15574/SP.2025.1(153).714

For citation: Nyankovska OS, Horodylovska MI, Yatsula MS, Tytusa AV, Nyankovska YV, Nyankovskyy SL. (2026). Enterosorption in the management of foodborne diseases: pathogenetic basis and clinical effectiveness of modern sorbents. Modern Pediatrics. Ukraine. 1(153): 7-14. doi: 10.15574/SP.2026.1(153).714.

Харчові захворювання залишаються суттєвою проблемою громадського здоров'я у світі, зумовлюючи значні рівні захворюваності та смертності, особливо серед дітей раннього віку, осіб похилого віку і пацієнтів із порушеннями імунної відповіді. Патогенетичну основу цих станів становить поєднання інфекційного ураження та інтоксикації, пов'язаної з дією мікроорганізмів та їхніх токсинів. У комплексній терапії важливе місце поряд із регідратацією та етіотропним лікуванням посідає ентеросорбція – метод інтраінтестинальної детоксикації, спрямований на зв'язування й елімінацію токсичних речовин, патогенів та їхніх метаболітів із просвіту шлунково-кишкового тракту.

Мета – проаналізувати сучасні наукові дані щодо застосування ентеросорбентів при харчових захворюваннях із вибором оптимального препарату.

Сучасні ентеросорбенти характеризуються високою площею активної поверхні, значною сорбційною ємністю і широким спектром адсорбції. Особливий інтерес викликають препарати на основі високодисперсного діоксиду кремнію, які виявляють виражену здатність до зв'язування білкових молекул, бактеріальних клітин і токсинів, а також потенційні протимікробні й антидіарейні ефекти. Клінічні дослідження свідчать про доцільність застосування цих засобів при гострих кишкових інфекціях і функціональних розладах травного тракту, зокрема, у педіатричній практиці, що асоціюється зі скороченням тривалості симптомів і зменшенням вираженості інтоксикаційного синдрому.

Важливою характеристикою є сприятливий профіль безпечності: діоксид кремнію практично не абсорбується в шлунково-кишковому тракті та виводиться в незміненому вигляді. Подальші дослідження спрямовані на уточнення клінічних показань, оптимізацію дозування та оцінювання довгострокової ефективності ентеросорбції в різних групах пацієнтів.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Ключові слова: харчові захворювання, ентеросорбція, ентеросорбенти, діоксид кремнію, гостра діарея, інтоксикація.

Enterosorption in the management of foodborne diseases: pathogenetic basis and clinical effectiveness of modern sorbents

O.S. Nyankovska^{1,4}, M.I. Horodylovska¹, M.S. Yatsula¹, A.V. Tytusa¹, Y.V. Nyankovska³, S.L. Nyankovskyy^{2,4}

¹Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Ukraine

²International University of Nutrition and Dietetics, Lviv, Ukraine

³St. Queen Jadwiga Provincial Clinical Hospital, Rzeszów, Poland

⁴Faculty of Health Sciences and Psychology, Collegium Medicum, University of Rzeszów, Poland

Foodborne diseases remain a significant global public health concern, contributing substantially to morbidity and mortality, particularly among young children, older adults, and immunocompromised individuals. Their pathogenesis involves both infectious injury and toxin-mediated intestinal and systemic effects. In addition to rehydration and etiotropic therapy, enterosorption represents a pathogenetically justified approach aimed at intraluminal detoxification through binding and elimination of pathogens, toxins, and metabolic byproducts from the gastrointestinal tract.

Aim – to analyze current scientific evidence on the efficacy, safety, and mechanisms of action of enterosorbents in food-related diseases and to determine the most suitable therapeutic option.

Modern enterosorbents are characterized by a large active surface area, high sorption capacity, and broad adsorption spectrum. Preparations based on highly dispersed silicon dioxide have attracted particular attention due to their pronounced protein-binding properties, ability to adsorb microbial cells and toxins, and potential antimicrobial and antidiarrheal effects. Clinical studies suggest that their inclusion in complex therapy of acute intestinal infections and functional gastrointestinal disorders, including pediatric practice, may contribute to faster symptom resolution and reduction of intoxication severity.

An important advantage of silicon dioxide-based enterosorbents is their favorable safety profile, as they are minimally absorbed from the gastrointestinal tract and are excreted unchanged. Further research is warranted to clarify clinical indications, optimize dosing regimens, and evaluate long-term therapeutic outcomes in different patient populations.

The authors have no conflicts of interest to declare.

Keywords: foodborne diseases, enterosorption, enterosorbents, silicon dioxide, acute diarrhea, intoxication.

Зв'язок між харчуванням і станом здоров'я людини відомий із давніх часів. Ще Гіппократ (460 р. до н. е.) наголошував на тісній взаємозалежності між якістю споживаної їжі та розвитком захворювань [7,18].

Протягом століть задокументовано численні спалахи харчових захворювань, пов'язані зі споживанням продуктів, контамінованих патогенними мікроорганізмами. За оцінками, у Сполучених Штатах Америки щороку близько 9,4 млн осіб хворіє на харчові інфекції, спричинені відомими патогенами [38]. У країнах Європейського Союзу, за даними Європейського агентства з безпеки харчових продуктів (EFSA), лише у 2021 р. зареєстровано 4005 спалахів харчових отруєнь [12]. Найпоширенішими збудниками є *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* O157:H7 та O121, *Listeria monocytogenes*, *Cyclospora* та *Vibrio parahaemolyticus* [10].

Харчові захворювання залишаються однією з провідних глобальних проблем громадського здоров'я, зумовлюючи значні рівні захворюваності і смертності у всьому світі. Щороку понад 600 млн людей зазнають негативних наслідків, пов'язаних зі вживанням небезпечних харчових продуктів. Найбільш уразливою групою є діти віком до п'яти років, на цю вікову категорію припадає близько 30% усіх летальних випадків, пов'язаних із харчовими захворюваннями [2,14,16,23].

Мета дослідження – проаналізувати сучасні наукові дані щодо застосування ентеросорбентів при харчових захворюваннях із вибором оптимального препарату.

Різноманіття харчових захворювань

Харчові захворювання традиційно поділяють на харчові інфекції, харчові інтоксикації та харчові токсикоінфекції. Харчові інфекції виникають унаслідок споживання продуктів, що містять життєздатні патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, паразити, найпростіші), які після потрапляння до організму здатні колонізуватися і розмножуватися. Харчові інтоксикації зумовлені вживанням токсинів, попередньо синтезованих мікроорганізмами у харчових продуктах; типовими прикладами є стафілококова інтоксикація і ботулізм. Харчові токсикоінфекції розвиваються після потрапляння до організму мікроорганізмів, що продукують токсини безпосередньо в кишечнику після інфікування, як це спостерігається при холері, лістеріозі та гастроентериті, спричиненому *Clostridium perfringens* [16].

Харчові захворювання виникають унаслідок потрапляння патогенних мікроорганізмів разом з їжею з подальшою колонізацією і, як правило, їх розмноженням або ж у разі споживання продуктів, що містять попередньо утворені токсини. Відповідно, їх умовно поділяють на дві основні категорії: (а) харчові інфекції та (б) харчові отруєння. Для харчових інфекцій характерний інкубаційний період, тому інтервал між зараженням і появою клінічних симптомів зазвичай довший, ніж при харчових інтоксикаціях [7].

Описано понад 200 різних харчових захворювань [22]. Найтяжчий перебіг спостерігається в дітей раннього віку, осіб похилого віку, пацієнтів із порушеннями імунної системи, а також у разі впливу високої інфікувальної дози збудника [8].

Патогенні мікроорганізми, зокрема, бактерії, віруси, грибки та паразити, є основними етіологічними чинниками харчових захворювань. Бактерії становлять найчисленнішу групу збудників і спричиняють захворювання як унаслідок інвазії життєздатних клітин, так і внаслідок дії бактеріальних токсинів. До найпоширеніших бактеріальних контамінантів харчових продуктів належать *Vibrio cholerae*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, представники родів *Salmonella*, *Shigella*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus*, *Yersinia* та *Campylobacter*. Ці мікроорганізми характеризуються значною біологічною різноманітністю: серед них є грампозитивні та грамнегативні бактерії, коки й палички; окремі види є аеробними або анаеробними, психрофільними, мезофільними чи термофільними. Більшість із них належать до мезофілів з оптимальною температурою росту 20–45°C. Деякі збудники, зокрема *Listeria monocytogenes* та *Yersinia enterocolitica*, здатні розмножуватися за температури нижче 10°C. Частина бактерій утворює спори, що зумовлює їхню високу термостійкість (наприклад, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*), а окремі види продукують термостійкі токсини (зокрема, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*) [4,7].

Віруси не здатні розмножуватися на неживих субстратах, оскільки є облігатними внутрішньоклітинними паразитами та потребують живих клітин для реплікації. Кишкові віруси інфікують епітеліальні клітини тонкої кишки, де і реплікуються [35]. Попри відсутність здатності до розмноження в харчових продуктах, вони асоціюються з великою кількістю спалахів і, за даними

Таблиця 1

Найпоширеніші збудники та характерна для них симптоматика [11]

Збудник	Симптоми, час початку	Джерело інфікування
<i>Staphylococcus aureus</i>	Нудота, блювання, спазми, діарея. Початок: 30 хв – 8 год	Готові продукти без термообробки (м'ясо, випічка, сендвічі)
<i>Vibrio</i>	Водяниста діарея, нудота, біль, блювання, гарячка, озноб. Початок: ≤ 24 год	Сирі/недоварені молюски, особливо устриці
<i>Clostridium perfringens</i>	Діарея, спазми, які тривають менше 24 год Блювання і гарячка рідко. Початок: 6–24 год	М'ясо, птиця, підливи та інші продукти, приготовані великими партіями, що зберігаються за неправильної температури
<i>Salmonella</i>	Діарея (може бути кривава), гарячка, біль, блювання Початок: 6 год – 6 діб	Сире м'ясо, яйця, непастеризоване молоко/соки, овочі, фрукти, тварини
<i>Norovirus</i>	Діарея, блювання, нудота, біль; можливі гарячка, головний/м'язовий біль. Початок: 12–48 год	Листова зелень, фрукти, молюски, забруднена вода, заражені люди/поверхні
<i>Clostridium botulinum</i>	Порушення ковтання, слабкість, двоїння в очах, опущення повік, порушення мови. Симптоми починаються з голови і опускаються вниз. Початок: 18–36 год	Неправильно консервовані/ферментовані продукти, домашній алкоголь
<i>Campylobacter</i>	Діарея (часто кривава), гарячка, спазми. Початок: 2–5 діб	Сире/недоварене м'ясо птиці, сире молоко, забруднена вода, домашні тварини
<i>E. coli</i>	Сильні спазми, діарея (часто кривава), блювання; 5–10% → гемолітико-уремічний синдром. Початок: 3–4 доби	Сирий фарш, непастеризоване молоко/соки, сирі овочі, паростки, вода
<i>Cyclospora</i>	Водяниста діарея, втрата апетиту, схуднення, здуття, нудота, втома. Початок: ~1 тиждень	Свіжі фрукти, овочі, зелень
<i>Listeria</i>	Лихоманка, грипоподібні симптоми, головний біль, сплутаність, судоми. У вагітних – викидень, передчасні пологи, тяжка інфекція новонародженого. Початок: ~2 тижні	М'які сири, сирі паростки, дині, хот-доги, паштети, копчена риба, сире молоко

Центрів контролю та профілактики захворювань США (Centers for Disease Control and Prevention – CDC), спричиняють до 59% усіх випадків харчових отруєнь у США [9,26,30].

Норовіруси є провідною причиною вірусних харчових інфекцій, спричиняючи близько 5,46 млн випадків щороку, та посідають друге і четверте місце серед причин госпіталізації та летальних наслідків, відповідно [9,17,30]. Серед 31 основного збудника харчових захворювань, ідентифікованих CDC, п'ять кишкових вірусів – норовірус, ротавірус, вірус гепатиту А, астровірус і саповірус – мають найбільше клінічне значення [16]. Також із харчовими захворюваннями пов'язують аденовіруси та вірус гепатиту Е [26,32].

Зоонозні віруси, що передаються від тварин і птахів (зокрема, вірус кліщового енцефаліту, коронавіруси, вірус Ебола, вірус пташиного грипу, вірус Ніпах і вірус Айчі), можуть контамінувати харчові продукти та спричиняти захворювання в людини [6,26].

Паразити є одноклітинними еукаріотичними організмами, які характеризуються наявністю ядра та відносно великими розмірами порівняно з бактеріями. Подібно до вірусів, вони не розмножуються в харчових продуктах, а реплікуються лише в організмі господаря. Інфекційною формою часто є циста. Передача паразитів можлива від тварин до людини, між людьми або від людини до тварин [7]. Серед найпоширеніших харчових паразитів – *Cyclospora cayetanensis*, *Toxoplasma gondii* та *Trichinella spiralis* [7].

У 2015 р. в країнах Європейського Союзу зареєстровано 156 підтверджених випадків трихінельозу і 41 випадок вродженого токсоплазмозу [13].

Особливо значний тягар паразитарних інфекцій спостерігається в країнах із низьким і середнім рівнем доходу, де шляхи передачі тісно пов'язані з харчовими джерелами [24]. Загалом кишкові найпростіші зумовлюють близько 357 млн випадків захворювань, 33 900 смертей і 2,94 млн років життя, скоригованих з урахуван-

ням інвалідності (DALY), з яких 67,2 млн випадків, 5 560 смертей і 492 000 DALY пов'язані саме з харчовим шляхом передачі [24].

Деякі збудники можуть спричиняти клінічні прояви вже за кілька годин після інфікування, інші – за кілька діб. У таблиці 1 наведено характеристику симптомів, часу їхньої появи і типових джерел інфікування [11].

Лікування харчових захворювань

Терапія гострих харчових захворювань передбачає кілька ключових напрямів: дієтотерапію, регідратаційну терапію, етіотропне лікування (за показаннями) і допоміжні методи (ентеросорбенти, пробіотики) [5].

Своєчасне та адекватне відновлення втраченої рідини є базовим компонентом лікування і визначальним фактором профілактики ускладнень. Регідратаційна терапія сприяє зменшенню тривалості клінічних проявів і запобігає розвитку дегідратації, електролітних порушень і гемодинамічної нестабільності [20].

Антибактеріальні препарати застосовують лише за чітких показань, зокрема, за наявності підтвердженої або ймовірної інвазивної бактеріальної інфекції. Антибіотикотерапія показана при середньотяжких і тяжких формах інвазивної діареї; у дітей віком до 3 місяців; у пацієнтів з імунodefіцитом, ВІЛ-інфекцією, під час імуносупресивної терапії (хіміотерапія, радіотерапія), тривалого застосування кортикостероїдів; при гемолітичній анемії або гемоглобінопатіях незалежно від віку; при гемоколіті; а також за наявності вторинних бактеріальних ускладнень у будь-якій віковій групі [19,31].

До допоміжних методів лікування належать пробіотики й ентросорбенти. Показано, що окремі пробіотичні штами, зокрема, *Lactobacillus reuteri* ATCC 55730, *Lactobacillus rhamnosus GG*, *Lactobacillus casei* DN-114 001 та *Saccharomyces boulardii*, можуть сприяти зменшенню тяжкості та тривалості гострої інфекційної діареї [29,39].

Ентросорбенти розглядаються як складова патогенетичної терапії, оскільки здатні зв'язувати патогенні мікроорганізми, токсини і продукти їхнього метаболізму в просвіті кишечника, обмежуючи їхню взаємодію зі слизовою оболонкою та потенційну транслокацію. Їх застосування може сприяти зменшенню проявів інтоксикації та нормалізації функціонального стану шлунково-кишкового тракту.

Місце ентросорбції в лікуванні харчових захворювань

Ентросорбція – це інтракорпоральний метод детоксикації, що ґрунтується на поглинанні й виведенні з шлунково-кишкового тракту (ШКТ) ендогенних або екзогенних токсинів, надмолекулярних структур і клітин із застосуванням сорбентів [37].

На сьогодні ентросорбція посідає помітне місце в клінічній практиці як відносно простий і доступний спосіб інтраінтестинальної детоксикації. Її застосовують у профілактиці й лікуванні отруєнь та низки станів, що супроводжуються ендо- й екзотоксикозом. Під час взаємодії з біологічними рідинами сорбенти завдяки своїм фізико-хімічним властивостям реалізують не лише адсорбцію, але й можуть впливати на іонообмінні, донорно-акцепторні та інші процеси на межі «сорбент-середовище» [3,15].

Ентросорбція як компонент комплексної терапії потенційно сприяє зменшенню проявів інтоксикації та підтриманню бар'єрної функції кишечника, а також може впливати на вираженість системної запальної відповіді. Застосування ентросорбентів у частини клінічних ситуацій дає змогу знизити потребу в інтенсивній фармакотерапії, зокрема, в антибактеріальних препаратах [15].

Дію ентросорбентів найчастіше пояснюють кількома механізмами: (1) сорбцією токсичних речовин, що надходять у ШКТ перорально (мікроорганізми, ксенобіотики, отрути), а також речовин, які потрапляють у просвіт ШКТ із травними секретами або виділяються слизовою оболонкою (жовч, панкреатичні секрети); (2) зв'язуванням токсичних метаболітів, що утворюються у ШКТ (індол, скатол, феноли, аміак тощо); (3) сорбційною взаємодією з фізіологічно активними сполуками (ферменти, жовчні кислоти, стероїдні гормони тощо) та селективним зв'язуванням окремих органічних речовин (амінокислоти, холестерин, вільні жирні кислоти). До додаткових ефектів, які описують для окремих сорбентів, належать обволікаюча й цитопротекторна дія, утворення агрегатів/флокулятив, що містять мікроорганізми й віруси, а також зміна хімічного складу кишкового вмісту, що може створювати несприятливі умови для росту патогенної мікрофлори [15].

Застосування ентросорбентів може зменшувати метаболічне навантаження на органи деток-

Таблиця 2

Лікувальна дія різних видів ентеросорбентів [25]

Ентеросорбент	Механізм дії	Особливості дії
Вугільні ентеросорбенти (активоване вугілля)	сорбція газів, токсинів, солей металів, продуктів метаболізму ліків	може травмувати слизову ШКТ; не рекомендовано при виразках, гемороїдальних кровотечах
Смоли, полімери, ліпіди	зв'язування бактеріальних токсинів, жовчних кислот, пепсину	змінює кислотність шлункового соку, що може впливати на обмінні процеси
Синтетичні кремнієві сорбенти	сорбція токсинів і метаболітів; цитопротекторна та бактеріостатична дія	дозволені під час вагітності, лактації, при ерозивних ураженнях ШКТ
Природні кремнієві сорбенти	протидіарейна дія	переважно використовуються при діареї
Природні харчові волокна	зв'язування токсинів	затримка води, сорбція токсичних речовин

сикації та виділення (насамперед печінку та нирки) і сприяти відновленню функціонального стану ШКТ. Описують їхній потенційний вплив на моторну, евакуаторну й травну функції кишечника, мікроциркуляцію, а також на цілісність і бар'єрні властивості слизової оболонки.

Ентеросорбенти застосовують як у межах патогенетичної терапії, так і як складову етіотропно орієнтованого підходу (зокрема, при кишкових інфекціях) – у монотерапії або в комбінації з іншими препаратами. Це має практичний інтерес з огляду на зростання мультирезистентності мікроорганізмів до антибактеріальних і хіміотерапевтичних засобів. Механізм терапевтичної дії ентеросорбентів наведено в таблиці 2.

До «ідеального» ентеросорбенту висувають низку вимог, серед яких велика площа активної поверхні, висока сорбційна ємність і достатня вибірковість зв'язування токсичних сполук (рис.). Важливими характеристиками також є безпечність у разі коротко- і середньотривалого застосування, відсутність негативного впливу на всмоктування есенціальних нутрієнтів, зручна лікарська форма і прийнятні органолептичні властивості. Оптимальний сорбент має реалізувати свою дію переважно в просвіті ШКТ і виводитися з організму без системної кумуляції [25].

Сучасні ентеросорбенти на основі високодисперсного діоксиду кремнію відповідають багатьом із зазначених критеріїв. Вони характеризуються значною площею активної поверхні та високою сорбційною активністю щодо широкого спектра ендогенних і екзогенних токсичних сполук, включно з бактеріями, мікробними ендотоксинами, вірусними частинками, харчовими алергенами та метаболітами, що утворюються в разі порушення процесів травлення.

Однією з ключових властивостей високодисперсного діоксиду кремнію є його здатність до зв'язування білкових молекул. Це зумовлює адсорбцію екзо- та ендотоксинів, а також фіксацію мікроорганізмів і ліпопротеїнових комплексів. Завдяки наявності на поверхні мікробних клітин численних білкових структур, діоксид кремнію здатний адсорбувати патогенну мікрофлору (до 1010 мікробних тіл на 1 г речовини), що може сприяти її елімінації з кишечника [25,34,37].

Високодисперсний діоксид кремнію виявляє значну сорбційну ємність щодо білків (500–700 мг/г) і мікроорганізмів (108–1010 клітин/г) незалежно від їхньої видової належності [36], а білоксорбувальними властивостями нанорозмірний

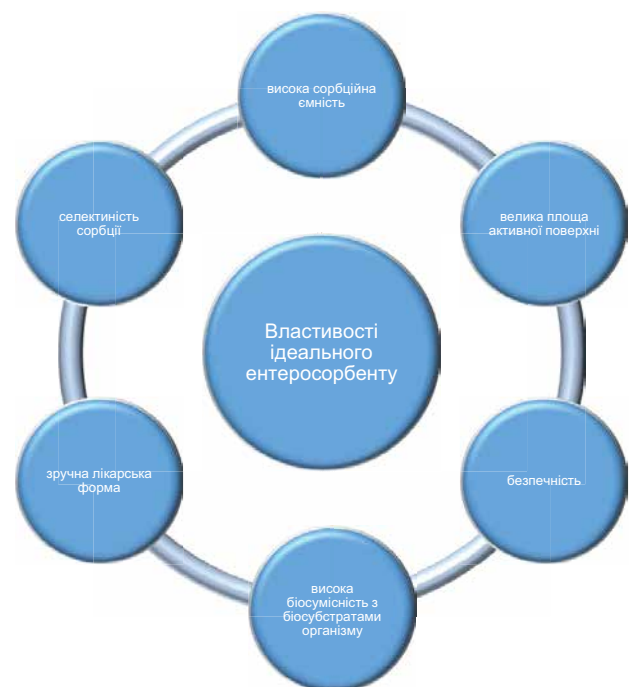


Рис. Властивості «ідеального» ентеросорбенту (модифіковано за [25])

Селективність абсорбції препаратів на основі діоксиду кремнію [25]

Є абсорбція	Немає абсорбції
Мікроорганізми до 10^{10} /г; білки Мікробні токсини (600–800 мг/г) Азотовмісні сполуки, алкалоїди; середні молекули Індол, скатол, аміак, креатинін Інсектициди, гербіциди Анальгетики, антипіретики, антидепресанти Деякі амінокислоти	Вітаміни, мінерали, мікроелементи Нейтральні ліпіди Моно-, ди- і більшість полісахаридів

кремнезем перевищує низку інших ентеросорбентів. Адсорбція окремих білків варіює залежно від їхньої молекулярної маси та структури – від 200–300 мг/г для желатину до 800 мг/г для альбумінів [27,36]. Показано, що гетерогенні білкові суміші можуть зв'язуватися ефективніше за очищені білки; зокрема, для ліофілізованої плазми показник сорбції становить близько 655 мг/г [36].

Передбачається, що протимікробний ефект високодисперсного діоксиду кремнію пов'язаний з особливостями його фізичних характеристик. Розміри частинок кремнезему (4–40 нм) є значно меншими за розміри мікробних клітин (1–10 мкм), що забезпечує їхню активну адгезію до поверхні мікроорганізмів. У результаті формується ефект агрегації, який підвищує ефективність сорбції та перешкоджає адгезії патогенів до слизової оболонки кишечника [36]. Навіть у низьких концентраціях високодисперсні частинки діоксиду кремнію можуть ефективно агрегувати мікроорганізми в конгломерати, перешкоджаючи їхній адгезії до слизової оболонки кишечника та подальшій колонізації.

Експериментальні дані свідчать, що високодисперсний діоксид кремнію може проявляти антидіарейний ефект. Його пов'язують із взаємодією з факторами, що стимулюють секрецію рідини в кишечнику (зокрема, дезоксихолатами натрію, цАМФ, серотоніном), а також із вираженими гідрофільними властивостями, які сприяють структуруванню кишкового вмісту [34,36].

Клінічні дослідження, присвячені застосуванню ентеросорбентів на основі діоксиду кремнію, свідчать про їхню потенційну ефективність у складі комплексної терапії захворювань ШКТ, зокрема, при гострих кишкових інфекціях, функціональних розладах травлення і синдромі подразненого кишечника [33,34]. У більшості робіт відзначено скорочення тривалості діарейного синдрому, зменшення вираженості інтоксикаційних проявів і швидшу нормалізацію загального стану пацієнтів [21].

Встановлено, що діоксид кремнію практично не абсорбується через слизову оболонку ШКТ: понад 99% речовини виводиться з організму з калом у незміненому вигляді, тоді як системна абсорбція є мінімальною. У кровотоці кремній перебуває переважно у формі водорозчинної ортокремніевої кислоти та екскретується із сечею [4].

Експериментальні дослідження на тваринах не виявили токсичних або канцерогенних ефектів за тривалого введення з кормом (21 місяць – у мишей; 24 місяці – у щурів), а також ознак репродуктивної токсичності чи генотоксичності [40].

При функціональних розладах травного тракту ентеросорбція може сприяти зменшенню метеоризму, абдомінального дискомфорту та нормалізації випорожнень. Передбачається, що такі ефекти пов'язані як із сорбцією токсичних метаболітів і надлишкових жовчних кислот, так і з впливом на мікробний склад кишкового вмісту.

Загалом наявні дані дають змогу розглядати ентеросорбенти на основі високодисперсного діоксиду кремнію як доцільний компонент комплексної терапії при низці гастроентерологічних станів. Водночас необхідні подальші рандомізовані контрольовані дослідження з достатньою статистичною потужністю для уточнення їхнього впливу на клінічні кінцеві точки, тривалість захворювання і частоту ускладнень.

Отже, поєднання високої сорбційної ємності, здатності до зв'язування білкових структур і мікроорганізмів, а також сприятливого профілю безпечності визначає клінічну доцільність застосування високодисперсного діоксиду кремнію як ентеросорбенту. Його дія реалізується переважно в просвіті ШКТ, що мінімізує системний вплив і знижує ризик небажаних реакцій.

З позицій патогенетичного підходу ентеросорбція спрямована на зменшення бактеріального навантаження, концентрації токсичних метаболітів та інтенсивності запальної відповіді. Такий механізм може бути особливо актуальним

у ранні фази гострих інфекційних процесів і при станах, що супроводжуються інтоксикаційним синдромом.

Висновки

Харчові захворювання залишаються актуальною проблемою громадського здоров'я, зумовленою широким спектром бактеріальних, вірусних і паразитарних збудників. Патогенез цих станів поєднує інфекційний компонент і токсичний вплив продуктів життєдіяльності мікроорганізмів.

Ентеросорбція є патогенетично обґрунтованим методом інтраінтестинальної детоксикації, спрямованим на зв'язування та елімінацію токсинів і патогенів із просвіту ШКТ. Серед сучасних сор-

бентів препарати на основі високодисперсного діоксиду кремнію характеризуються значною сорбційною активністю, широким спектром адсорбції та сприятливим профілем безпечності.

Наявні клінічні дані свідчать про доцільність їхнього застосування у складі комплексної терапії гострих кишкових інфекцій та окремих функціональних розладів травного тракту, зокрема, у педіатричній практиці.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на уточнення показань, стандартизацію режимів дозування та оцінювання впливу ентеросорбції на клінічно значущі кінцеві точки.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES/ЛІТЕРАТУРА

- Aguilar F, Charrondiere UR, Dusemund B, Galtier P, Gilbert J, Gott DM et al. (2009). Calcium silicate and silicon dioxide/silicic acid gel added for nutritional purposes to food supplements. *EFSA J.* 1132: 1-24. doi: 10.2903/j.efsa.2009.1132.
- Akkina RC, Payala V, Maganti SS. (2022). Tools for Rapid Detection and Control of Foodborne Microbial Pathogens. In *Foodborne Pathogens — Recent Advances in Control and Detection*; IntechOpen: London, UK.
- ALothman ZA. (2012). A Review: Fundamental Aspects of Silicate Mesoporous Materials. *Materials.* 5(12): 2874-2902. <https://doi.org/10.3390/ma5122874>.
- Bacon RT, Sofos JN. (2003). Characteristics of Biological Hazards in Foods. In: Schmidt RH, Rodrick GE, editors. *Food Safety Handbook*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.: 157-195.
- Behrman RE, Kliegman RM, Jenson HB. (2004). *Nelson Textbook of Pediatrics*. Philadelphia: Saunders: 2618.
- Bhilegaonkar KN, Kolhe RP. (2023). Transfer of Viruses Implicated in Human Disease through Food. In *Present Knowledge in Food Safety*. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands: 786-811.
- Bintsis T. (2017, Jun 29). Foodborne pathogens. *AIMS Microbiol.* 3(3): 529-563. doi: 10.3934/microbiol.2017.3.529.
- CDC. (2012). What is a foodborne disease outbreak and why do they occur. URL: <http://www.cdc.gov/foodsafety/facts.html#whatisanoutbreak>.
- CDC. (2018). Burden of Foodborne Illness: Findings/Estimates of Foodborne Illness. URL: <https://www.cdc.gov/foodborneburden/2011-foodborne-estimates.html> (accessed on 10 April 2023).
- CDC. (2023). List of Outbreaks. 2023. URL: <https://www.cdc.gov/foodsafety/outbreaks/lists/outbreaks-list.html> (accessed on 30 June 2023).
- CDC. (2025). Food-safety. Food Poisoning Symptoms. URL: <https://www.cdc.gov/food-safety/signs-symptoms/>.
- EFSA. (2023). Monitoring foodborne diseases. URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/monitoring-foodborne-diseases> (accessed on 30 June 2023).
- EFSA (European Food Safety Authority), ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control). (2016). The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2015. *EFSA J.* 14: 4634-4865. doi: 10.2903/j.efsa.2017.5077.
- Faour-Klingbeil D, C D Todd E. (2019, Dec 20). Prevention and Control of Foodborne Diseases in Middle-East North African Countries: Review of National Control Systems. *Int J Environ Res Public Health.* 17(1): 70. doi: 10.3390/ijerph17010070. PMID: 31861843; PMCID: PMC6982137.
- Fatullayeva S, Tagiyev D, Zeynalov N. (2021). A review on enterosorbents and their application in clinical practice: Removal of toxic metals. *Colloid and Interface Science Communications.* 45: 1-11. doi: 10.1016/j.colcom.2021.100545.
- Gayathri M, Panjikkaran ST, Aneena ER, Suman KT, Lakshmy PS, Sharon CL. (2023). Foodborne Diseases – A Public Health Challenge. *The Indian Journal of Nutrition and Dietetics.* 60(3): 447-459. <https://doi.org/10.21048/IJND.2023.60.3.29867>.
- Greening GE, Cannon JL. (2016). Human and Animal Viruses in Food (Including Taxonomy of Enteric Viruses). In *Viruses in Foods*; Goyal, S.M., Cannon, J.L., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland: 5-57.
- Hutt PB, Hutt PB. (1984). II A history of government regulation of adulteration and misbranding of food. *Food Drug Cosm Law J.* 39: 2-73.
- Kim YJ, Park KH, Park DA, Park J, Bang BW, Lee SS et al. (2019, Jun). Guideline for the Antibiotic Use in Acute Gastroenteritis. *Infect Chemother.* 51(2): 217-243. <https://doi.org/10.3947/ic.2019.51.2.217>.
- Lifschitz C, Kozhevnikov O, Oesterling C, Anbar A, Walker S. (2023, Dec 18). Acute gastroenteritis—changes to the recommended original oral rehydrating salts: a review. *Front Pediatr.* 11: 1294490. doi: 10.3389/fped.2023.1294490.
- Malyi VP, Asoian IM, Tkachuk YuV, Nartov PV, Maslova VS. (2019). Optimization of detoxification therapy in patients with gastro-intestinal infections. *Clinical immunology. Allergology. Infectology.* 5(118): 42-45. URL: [https://kiai.com.ua/uploads/issues/2019/5\(118\)/kiai19_42-45_9b77012e-0ab992463a9e031078d601b5.pdf](https://kiai.com.ua/uploads/issues/2019/5(118)/kiai19_42-45_9b77012e-0ab992463a9e031078d601b5.pdf).
- Mead PS, Slutsker L, Dietz V et al. (1999). Food-related illness and death in the United States. *Emerg Infect Dis.* 5: 607-625. doi: 10.3201/eid0505.990502.
- Moi IM, Ibrahim Z, Abubakar BM, Katagum YM, Abdullahi A, Yiga GA et al. (2022). Properties of Foodborne Pathogens and Their Diseases. In *Foodborne Pathogens*; IntechOpen: London, UK.
- Murray CJL, Vos T, Lozano R et al. (2012). Disability-adjusted life years (DALYs) for 291 diseases and injuries in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the global burden of disease study 2010. *Lancet.* 380: 2197-2223. doi: 10.1016/S0140-6736(12)61689-4.
- Nyankovska OS, Nyankovsky SL, Pakulova-Trotska YuV. (2025). Enterosorbents in modern medicine: mechanisms of action, effectiveness and clinical application. *Modern Pediatrics. Ukraine.* 2(146): 69-77. [Няньковська ОС, Няньковський СЛ, Пакулова-Троцька ЮВ. (2025). Ентеросорбенти в сучасній медицині: механізми дії, ефективність і клінічне за-

- стосування. Сучасна педіатрія. Україна. 2(146): 69-77. doi: 10.15574/SP.2025.2(146).6977.
26. Olaimat AN, Taybeh AO, Al-Nabulsi A, Al-Holy M, Hatmal MM, Alzyoud J et al. (2024, Jan 28). Common and Potential Emerging Foodborne Viruses: A Comprehensive Review. *Life (Basel)*. 14(2): 190. doi: 10.3390/life14020190.
 27. Pentiuik OO, Pohorielyi VK, Chuiko NO. (2003). Likuvalni vlastyvyosti enterosorbentu Syliksu – amorfnoho ultradispersnoho kremnezemu. *Medychna khimiia*. 5(1): 95-99. [Пентіюк ОО, Погорелій ВК, Чуйко НО. (2003). Лікувальні властивості енте-росорбенту Силіксу – аморфного ультрадисперсного кремнезему. *Медична хімія*. 5(1): 95-99].
 28. Richardson LC, Cole D, Hoekstra RM, Rajasingham A, Johnson SD, Bruce BB. (2021). Foods Implicated in U.S. Outbreaks Differ from the Types Most Commonly Consumed. *J. Food Prot.* 84: 869-875.
 29. Sanklecha M, Verma L, Pai U, Mishra S, Maqsood S, Birla A. (2022, Apr 29). *Lactobacillus rhamnosus GG* Evaluation in Acute Diarrhea (LEAD): An Observational Study. *Cureus*. 14(4): e24594. doi: 10.7759/cureus.24594.
 30. Scallan E, Hoekstra RM, Angulo FJ, Tauxe RV, Widdowson M-A, Roy SL et al. (2011). Foodborne Illness Acquired in the United States — Major Pathogens. *Emerg. Infect. Dis.* 17: 7-15.
 31. Shadrin OH, Marushko RV, Marushko TL, Kovalchuk AA, Mostovenko RV. (2023). Malabsorption syndrome after gastroenteritis in children, optimization of therapy. *Modern Pediatrics. Ukraine*. 6(134): 37-43. doi: 10.15574/SP.2023.37.
 32. Soares VM, dos Santos EAR, Tadielo LE, Cerqueira-Cézar CK, da Cruz Encide Sampaio AN et al. (2022). Detection of Adenovirus, Rotavirus, and Hepatitis E Virus in Meat Cuts Marketed in Uruaiana, Rio Grande Do Sul, Brazil. *One Health*. 14: 100377.
 33. Squellati R. (2018). Evidence-based practice in the treatment for antibiotic-associated diarrhea in the intensive care unit. *Crit. Care Nurs. Clin. North Am.* 30(1): 87-99. <https://doi.org/10.1016/j.cnc.2017.10.008>.
 34. Tiershoshyn V, Moroz L, Prishliak O et al. (2020). Colloidal Silicon Dioxide in Tablet form (Carbowhite) Efficacy in Patients with Acute Diarrhea: Results of Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled, Multi-Center Study. *Sci Rep.* 10: 6344. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62386-0>.
 35. Upfold NS, Luke GA, Knox C. (2021). Occurrence of Human Enteric Viruses in Water Sources and Shellfish: A Focus on Africa. *Food Environ. Virol.* 13: 1-31.
 36. Voronin EP, Chekman IS, Rudenko AV, Nosach LV, Osinnya LM. (2017). Properties of nanoscale silica as medical sorbent. *Integrative Anthropology*. 1(29): 44-48.
 37. Voronin EP, Nosach LV, Pakhlov EM, Gun'ko IS, Chekman VM, Rudenko AV et al. (2016). Creation of stable aqueous dispersions of nanosilica as an entero-sorbent. *Poverkhnost*. 8(23): 267-283.
 38. Warmate D, Onarinde BA. (2023). Food safety incidents in the red meat industry: A review of foodborne disease outbreaks linked to the consumption of red meat and its products, 1991 to 2021. *Int. J. Food Microbiol.* 398: 110240.
 39. WGO. (2012). Acute Diarrhea in Adults and Children: A Global Perspective. URL: <https://www.worldgastroenterology.org/guidelines/acute-diarrhea/acute-diarrhea-english>.
 40. Younes M, Aggett P, Aguilar F et al. (2018). Scientific Opinion on the re-evaluation of silicon dioxide (E 551) as a food additive. *EFSA Journal*. 16(1): e5088. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5088>.

Відомості про авторів:

Няньковська Олена Сергіївна – д.мед.н, проф. каф. педіатрії та неонатології ФПДО ДНП ЛНМУ ім. Д. Галицького Адреса: м. Львів, вул. Пекарська, 69.; факультет наук про здоров'я та психологію, Колегіум Медікум, Університет Жешува, 35-959 Жешув, Польща. <https://orcid.org/0000-0002-7683-9588>.

Городиловська Марта Ігорівна. – к.мед.н, доц. каф. педіатрії №1 ДНП «ЛНМУ ім. Д. Галицького». Адреса: м. Львів, вул. Пекарська, 69. <https://orcid.org/0000-0003-4962-3455>.

Яцула Марта Степанівна – к.мед.н, доц. каф. педіатрії №1 ДНП «ЛНМУ ім. Д. Галицького». Адреса: м. Львів, вул. Пекарська, 69. <https://orcid.org/0000-0002-3733-4907>.

Титуса Андрій Васильович – к.мед.н, доц. каф. педіатрії №1 ЛНМУ ім. Д. Галицького. Адреса: м. Львів, вул. Солодова, 10. <https://orcid.org/0000-0003-1445-5703>.

Няньковська Яна Володимирівна – лікар-стажист Клінічної воєводської лікарні ім. Св. королеви Ядвіги. Адреса: Польща, м. Жешув, вул. Львівська, 60. <https://orcid.org/0000-0003-0518-4753>.

Няньковський Сергій Леонідович – проф. ф-ту наук про здоров'я та психологію, Колегіум Медікум, Університет Жешува, 35-959 Жешув, Польща, Президент Міжнародного університету нутриціології та дієтології, Львів, Україна. <https://orcid.org/0000-0002-0658-9253>.

Стаття надійшла до редакції 24.12.2025 р., прийнята до друку 08.02.2026 р.