

ЗАСТОСУВАННЯ ДЕКТРАНАЗИ У СКЛАДІ ЗУБНИХ ПАСТ

Віннічук В.С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, vinnichuk.vasyl@iit.kpi.ua

Abstract

This study explores dextranase, an enzyme that breaks α -(1–6)-D-glycosidic bonds in dextran, for caries prevention and plaque control. Sourced from fungi and marine bacteria, it shows promise in oral care, especially marine forms with higher stability in alkaline conditions. The study highlights dextranase's potential in managing biofilms and emphasizes the importance of further research to improve clinical efficiency and durability.

Keywords: dextranase, dental plaque, biofilm, encapsulation, marine bacteria.

Вступ. Застосування ферментів у стоматології та їх вплив на мікробіологічні процеси привертають все більше уваги дослідників через актуальність проблеми боротьби із зубним карієсом та нальотом. Ферменти попереджують утворення зубного нальоту, в основному застосовуються гідролази тваринного походження — панкреатин, лізоцим, трипсин; грибкового або бактеріального походження — протеаза, амілаза, ліпаза, глюкозидаза, декстраназа, мутаназа. Зубний наліт у ротовій порожнині утворюється на поверхні зубів бактеріальними мікроорганізмами ротової порожнини, зокрема *Streptococcus mutans*. Декстраназа є одним із ферментів, які беруть участь у руйнуванні зубного нальоту, вона може запобігати карієсу зубів шляхом розкладання декстрану, який є компонентом біоплівки зубного нальоту [1].

Метою даного дослідження було охарактеризувати ключові аспекти використання декстранази у складі зубних паст, її вплив на біоплівки та можливості інтеграції в зубні пасти як основної діючої речовини.

Матеріали та методи. Системний аналіз проводився на основі опублікованих наукових праць у сфері застосування ферментів у стоматології. Пошук джерел інформації проводився в провідних наукових базах даних, таких як Scopus, MDPI та PubMed за ключовими словами даної роботи.

Результати та обговорення. Декстраназа — це фермент, який каталізує ендогідроліз α -1,6-D-глікозидних зв'язків у декстрані, що являє собою водорозчинний полісахарид, з'єднаний α -1,6 та α -1,3 глікозидними зв'язками, який може синтезуватися такими бактеріями, як *Leuconostoc mesenteroides*, *Streptococcus* і *Rhizopus* [1, 2]. Ефективність застосування декстранази залежить від кислотності, вмісту сухих речовин, температури, часу контакту, перемішування, концентрації декстрану та його походження, активності та дозування декстранази, що використовується. Оптимальний діапазон кислотності для активності декстранази становить 5,0–6,0, нижчі значення в цьому діапазоні є більш сприятливими. Крім того, ефективність декстранази залежить від температури середовища [3].

У медицині декстраназа застосовується для розкладання декстрану з високою молекулярною масою до низькомолекулярного. Декстран має антитромботичний ефект і може бути використаний як кровозамінник в екстрених випадках. В даний час декстраназа, що виробляється грибами, в

основному додається до засобів догляду за ротовою порожниною, таких як зубна паста та рідина для полоскання ротової порожнини, для обробки ротової біоплівки [2].

Декстраназу було виявлено у тварин, рослин і мікроорганізмів, проте найчастіше її асоціюють із мікроорганізмами, зокрема грибами та бактеріями. Цвілеві гриби демонструють вищу активність ферменту порівняно з дріжджами та бактеріями. Декстранази, отримані з *Chaetomium* і *Penicillium*, широко використовуються у промисловому виробництві. Штами *P. lilacinum* NRRL896 і *P. funiculosum* NRRL1132 мають високу оптимальну температуру дії та функціонують у слабнокислому середовищі. Бактерії також здатні продукувати декстранази, хоча їх ферментативні властивості можуть значно варіюватися. Час для отримання декстранази з бактерій є коротшим і зазвичай становить декілька днів [4].

Перспективними мікроорганізмами для отримання даного ферменту являються морські бактерії роду *Catenovulum*. Декстраназа, що виробляється даними морськими бактеріями, має кращі характеристики стійкості до pH та солей та зберігає високу каталітичну активність при помірних температурах [2]. Така лужна декстраназа може відігравати важливу роль у лікуванні зубного нальоту в порожнині рота, оскільки лужні засоби для полоскання рота забезпечують кращий захист емалі та зменшити запальні процеси [3].

Фермент, отриманий з штаму *Catenovulum agarivorans* MNH15 показав гарні результати та можливості використання у зубних пастах без додаткової обробки. Так максимальна активність ферменту була досягнута при 40 °C і pH 8,0. Фермент залишався стабільним при 30 °C і pH 5–9. Йон металу Sr^{2+} посилював активність, тоді як йони NH_4^+ , Co^{2+} , Cu^{2+} і Li^+ мали протилежну дію. Крім того, фторид натрію, ксиліт і бензоат натрію, які використовуються в продуктах для догляду за зубами, не мали значного впливу на активність декстранази. Результати показали, що декстраназа має високий потенціал застосування в стоматологічних продуктах, таких як зубна паста та рідина для полоскання рота [2, 3].

Незважаючи на переваги бактеріального ферменту, все ж більшість декстраназ, що використовуються у складі зубних паст є продуктами цвілевих грибів. Фермент отриманий з даних мікроорганізмів, набагато більш схильний до впливу умов середовища, тому для уникнення цього явища у промисловості використовують метод інкапсуляції. Інкапсуляція зазвичай використовується для захисту активних сполук від несприятливих умов навколишнього середовища та обробки або для забезпечення контрольованого вивільнення продукту. Для цього використовують певну полімерну матрицю у яку вноситься фермент або інші речовини, у зубних пастах найчастіше матрицею для інкапсуляції виступають альгірати у різних варіаціях, гідрофільний агарозний гель та ін. [5, 6].

Декстраназа, інкапсульована в кульках, вивільняється під час чищення, оскільки сила та швидкість є принципами механічного руйнування кульок. Таким чином, під час чищення зубів активна речовина вивільняється і контактує

з поверхнею зуба. У той час як агент проти біоплівки, такий як декстраназа, залишається активним у ротовій порожнині протягом тривалого періоду часу після чищення зубів. Незважаючи на те, що процес інкапсуляції може продовжити термін активності та стабільності декстраназ, все ж активність ферменту зменшується або зникає після 3-4 місяців, на відміну від звичайних де ця активність не втрачається протягом тривалого часу. Однак, незважаючи на ці недоліки, продаж зубних паст, де активною речовиною виступає декстраназа, продовжується, а деякі компанії продовжують доповнювати свої лінії зубних паст новими продуктами. Так 30 січня 2025 року японська компанія «Lion Corporation» оголосила про доповнення своєї торгової лінійки «CLINICA PRO», де активною діючою речовиною виступає декстраназа. новою пастою «CLINICA PRO plus Periodontal Barrier Toothpaste». Наразі продаж таких зубних паст здійснюється у Японії та інших країнах, зокрема Україні [1, 6, 7].

Висновки. Дослідження підкреслює значний потенціал застосування декстранази у стоматології для профілактики карієсу та контролю зубного нальоту. Фермент, здатний гідролізувати α -1,6-глікозидні зв'язки декстрану – ключового компонента біоплівки, ефективно зменшує її накопичення, особливо в умовах оптимального рН (5,0–6,0) та помірних температур. Джерелами декстранази є гриби (наприклад, *Chaetomium*, *Penicillium*) та бактерії, зокрема морські види роду *Catenovulum*, які демонструють стабільність у широкому діапазоні рН та солестійкість, що робить їх перспективними для використання в лужних засобах гігієни ротової порожнини. Подальші дослідження мають зосередитись на оптимізації технологій інкапсуляції ферменту для забезпечення подовженого терміну зберігання та стабільної активності протягом експлуатації. Варто також дослідити синергійний вплив декстранази у поєднанні з іншими діючими компонентами зубних паст, що дозволить підвищити ефективність профілактичних засобів. У цілому, інтеграція декстранази в засоби гігієни обіцяє стати ефективним інструментом у профілактиці карієсу та підтримці здоров'я ротової порожнини.

Список використаної літератури:

1. Anti-Streptococcus mutans and anti-biofilm activities of dextranase and its encapsulation in alginate beads for application in toothpaste / N. Juntarachot et al. *PeerJ*. 2020. Vol. 8. P. e10165. URL: <https://doi.org/10.7717/peerj.10165>.
2. The Marine *Catenovulum agarivorans* MNH15 and Dextranase: Removing Dental Plaque / Lai et al. *Marine Drugs*. 2019. Vol. 17, no. 10. P. 592. URL: <https://doi.org/10.3390/md17100592>.
3. Marine Bacterial Dextranases: Fundamentals and Applications / N. Barzkar et al. *Molecules*. 2022. Vol. 27, no. 17. P. 5533. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules27175533>.
4. Mingsheng L. Removing Dental Plaque Biofilm: A Review of Dextranases. *American Journal of Biomedical Science & Research*. 2021. Vol. 13, no. 3. P. 223–227. URL: <https://doi.org/10.34297/ajbsr.2021.13.001862>.
5. Optimization of Fungal Dextranase Production and Its Antibiofilm Activity, Encapsulation and Stability in Toothpaste / N. Juntarachot et al. *Molecules*. 2020. Vol. 25, no. 20. P. 4784. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules25204784>.
6. Lee G. Development of Dextranase for Toothpaste Supplement for Efficient Removal of Dental Biofilm. *International Journal of High School Research*. 2022. Vol. 4, no. 5. P. 10–15. URL: <https://doi.org/10.36838/v4i5.3>.
7. Launch of CLINICA PRO plus Periodontal Barrier Toothpaste | News Release | Lion Corporation. *LION ライオン株式会社*. URL: <https://www.lion.co.jp/en/news/2025/4846>.