

УДК [616-08-039.71+615.038+616-053.8]:[616.314.13+616.314-008.4]
DOI <https://doi.org/10.32782/2226-2008-2025-1-6>

О. В. Дєньга¹ <https://orcid.org/0000-0002-8630-9943>
М. Ф. Коновалов² <https://orcid.org/0000-0001-9072-8203>
Л. Б. Цєвух² <https://orcid.org/0009-0001-9139-8864>
Ж. О. Новікова² <https://orcid.org/0000-0002-3930-7929>
С. В. Шпак² <https://orcid.org/0009-0000-7726-6550>

БІОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕМАЛІ ЗУБА ПАЦІЄНТІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУВАЛИ ЗУБНУ ПАСТУ З АКТИВОВАНИМ ВУГІЛЛЯМ

¹Державна установа «Інститут стоматології та щелепно-лицевої хірургії Національної академії медичних наук України», Одеса, Україна
²Одеський національний медичний університет, Одеса, Україна

УДК [616-08-039.71+615.038+616-053.8]:[616.314.13+616.314-008.4]

О. В. Дєньга¹, М. Ф. Коновалов², Л. Б. Цєвух², Ж. О. Новікова², С. В. Шпак²
БІОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕМАЛІ ЗУБА ПАЦІЄНТІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУВАЛИ
ЗУБНУ ПАСТУ З АКТИВОВАНИМ ВУГІЛЛЯМ

¹Державна установа «Інститут стоматології та щелепно-лицевої хірургії Національної академії медичних наук України», Одеса, Україна

²Одеський національний медичний університет, Одеса, Україна

Стаття присвячена дослідженню впливу зубної пасти з активованим вугіллям на оптичні параметри емалі зуба. У дослідженні взяли участь 35 пацієнтів віком 25–65 років, які використовували зубну пасту 2 рази на день протягом місяця. За допомогою автоматичного спектроколориметра знімали спектральний розподіл апертурного коефіцієнта відбиття світла. Результати виявили значні позитивні зрушення у властивостях емалі після застосування зубної пасти: зменшення інтенсивності забарвлення емалі, підвищення показника білизни та зниження показника жовтизни. Результати показали ефективність та стійкість змін, що свідчить про тривалу дію зубної пасти на емаль. Використання зубної пасти з активованим вугіллям дозволяє покращити колірні та оптичні параметри емалі зуба, зменшуючи жовтіння та зберігаючи вибілюючий ефект протягом певного часу. Однак для підтримки цього ефекту необхідне систематичне застосування пасти.

Ключові слова: емаль зуба, оптичні характеристики, зубна паста, дорослі пацієнти, біофізика.

UDC [616-08-039.71+615.038+616-053.8]:[616.314.13+616.314-008.4]

O. V. Dienha¹, M. F. Kononov², L. B. Tsevkukh², Zh. O. Novikova², S. V. Shpak²
BIOPHYSICAL STUDIES OF THE OPTICAL PARAMETERS OF TOOTH ENAMEL OF PATIENTS WHO USED
ACTIVATED CARBON TOOTHPASTE

¹State Establishment "The Institute of Stomatology and Maxillo-Facial Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Odesa, Ukraine

²Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine

More than 3.5 billion people worldwide suffer from tooth decay and periodontal disease, emphasizing the need for effective prevention and treatment. Oral care products, including toothpaste, play an important role in this context.

The aim of the study was to evaluate the effect of toothpaste with activated carbon on the optical parameters of tooth enamel.

Materials and methods. The study involved 35 volunteer patients aged 25–65 who used the toothpaste 2 times a day for 1 month. The degree of mineralization of the hard tissues of the teeth was assessed in all patients at baseline, after 1 and 3 months. A statistically significant difference between alternative quantitative features with a distribution corresponding to the normal law was evaluated using Student's t-test. The difference was considered statistically significant at $p < 0.01$.

Results. The results show significant positive changes in the enamel properties after toothpaste application. Starting with the colour saturation (S), we observed a decrease in the intensity of enamel coloration. This effect remained stable even after three months, demonstrating the duration of the whitening effect. The whiteness index (W) exceeded the initial level. This confirms that the toothpaste has a significant whitening effect that not only instantly improves the appearance of enamel but also provides a long-term improvement in the whiteness of teeth. The yellowness index (Y) shows the effectiveness of the toothpaste in controlling the reduction of the yellow tint of the teeth. This indicates the ability of the paste not only to remove stains from the surface of the teeth but also to penetrate deep into the enamel, affecting the optical properties responsible for light reflection and visual perception of whiteness. The use of toothpaste with activated carbon improves the colour and optical parameters of tooth enamel, reducing yellowing and maintaining the whitening effect for a certain period of time. However, systematic use of the paste is necessary to keep this effect.

Keywords: tooth enamel, optical parameters, toothpaste, adult patients, biophysics.

Вступ. Здоров'я ротової порожнини є важливим аспектом загального добробуту людини, а захворювання, такі як карієс, гінгівіт та пародонтит, мають високий рівень поширеності у всьому світі [1–4]. Згідно зі статистикою, понад 3,5 мільярда людей у світі страждають від карієсу постійних зубів, а майже половина

© О. В. Дєньга, М. Ф. Коновалов, Л. Б. Цєвух та ін., 2025

Стаття поширюється на умовах ліцензії



населення зазнає проблем з пародонтом, що свідчить про глобальну необхідність ефективних засобів профілактики та лікування цих захворювань [5; 6]. У контексті вищезгаданого ефективність засобів щоденного догляду за ротовою порожниною, таких як зубні паста, стає важливим фактором у профілактиці стоматологічних захворювань.

Визначення способів покращення профілактики карієсу й запальних захворювань пародонту, а також вдосконалення методів підтримки належної мінералізації твердих тканин зуба є невід’ємною частиною важливих наукових та практичних завдань сучасної стоматології. Зокрема, дослідження інноваційних зубних паст з активованим вугіллям може сприяти розкриттю механізмів їх впливу на емаль, що дозволить науковцям розробити більш ефективні стратегії профілактики і лікування зубних патологій, а також надасть стоматологам доказову базу для рекомендацій пацієнтам щодо вибору відповідного гігієнічного засобу [7–9]. Також тривають пошуки сполук з антикарієсною активністю, які можуть бути включені до зубних паст [10].

У контексті постійного росту проблем зі здоров’ям ротової порожнини це дослідження набуває актуальності, оскільки воно сприяє кращому розумінню того, як можна підтримувати і покращувати здоров’я ротової порожнини через правильний вибір зубної паста. Використання методу спектроколориметрії [11] дозволяє оцінювати зміну ступеня мінералізації по зміні у колірних показниках емалі, які включають колірну насиченість, показник білизни та жовтизни, надаючи об’єктивну картину ефективності зубної паста стосовно вибілювання зубів.

Метою цього дослідження була оцінка впливу зубної паста з активованим вугіллям на вибілювання емалі зубів та її вплив на структурні та оптичні характеристики твердих тканин зубів.

Матеріали та методи дослідження. У дослідженнях взяли участь 35 пацієнтів-добровольців віком 25–65 років, які використовували зубну пасту з активованим вугіллям «Charcoal White Toothpaste» бренду «Arm & Hammer» 2 рази на день протягом місяця. При цьому у всіх пацієнтів у початковому стані, через 1 та 3 місяці оцінювався ступінь мінералізації твердих тканин зубів.

Дослідження були проведені на базі відділу епідеміології та профілактики основних стоматологічних захворювань, дитячої стоматології та ортодонтії, сектору біофізики та функціональної діагностики ДУ

«Інститут стоматології та щелепно-лицьової хірургії Національної академії медичних наук України» (ДУ «ІСЦЛХ НАМН»). Всі пацієнти надали інформовану згоду на участь у дослідженні, яке здійснювалося з дотриманням принципів Етичного кодексу Всесвітньої медичної асоціації (Гельсінська декларація). Відповідно до засідання Комісії з питань біоетики ДУ «ІСЦЛХ НАМН» (протокол № 1018 від 10.01.2024) було дозволено проведення цього дослідження.

За допомогою автоматичного спектроколориметра знімали спектральний розподіл апертурного коефіцієнта відбиття світла зубом (R) в області довжин хвиль 380...720 нм. При цьому автоматично розраховувались колірні параметри зуба в координатах кольору, колірна насиченість, показники білизни і жовтизни його. Для проведення порівняльного аналізу були використані колірні параметри зразка синтетичного гідроксиапатиту, нанесеного на скляну пластинку у вигляді рівномірного шару товщиною 0,5 мм.

Для статистичної обробки отриманих результатів використовувалася комп’ютерна програма Microsoft Office Excel 2016 для оцінки їхньої достовірності та похибок вимірювань. Статистично значущу відмінність між альтернативними кількісними ознаками з розподілом, відповідним нормальному закону, оцінювали за допомогою t-критерію Стьюдента. Різницю вважали статистично значущою при $p < 0,01$ [12].

Виклад основного матеріалу дослідження. Таблиця 1 представляє результати оцінки змін колірних та оптичних параметрів твердих тканин зубів у пацієнтів, які користувалися зубною пастою з активованим вугіллям.

Результати, представлені в таблиці 1, свідчать про значні позитивні зрушення у властивостях емалі після застосування зубної паста. Починаючи з колірної насиченості (S), яка відображає глибину кольору зубної емалі, ми спостерігали зниження цього показника з $10,1 \pm 1,6$ до $7,6 \pm 0,8$ за місяць, що є чітким доказом зменшення інтенсивності забарвлення емалі. Цей ефект зберігався стабільним і через три місяці, демонструючи тривалість дії вибілювання.

Показник білизни (B), який є ключовим у визначенні естетичного вигляду зубів, підвищився від $58,6 \pm 6,2$ у вихідному стані до $76,2 \pm 7,3$ через місяць використання, трохи знизився до $73,4 \pm 6,9$ через три місяці, але все ще значно перевищував початковий рівень. Це свідчить про те, що зубна паста має значний вибілюючий ефект, який не тільки миттєво покращує зовніш-

Таблиця 1

Усереднені колірні параметри твердих тканин зубів у обстежених пацієнтів у процесі застосування зубної паста, відн. од., $M \pm m$

Терміни	Показники	Колірна насиченість, S	Показник білизни, B	Показник жовтизни, Ж
Вихідний, n=35		$10,1 \pm 1,6$	$58,6 \pm 6,2$	$50,3 \pm 5,2$
Через 1 місяць, n=35		$7,6 \pm 0,8$ $p < 0,001$	$76,2 \pm 7,3$ $p < 0,001$	$26,5 \pm 3,1$ $p < 0,001$
Через 3 місяці, n=35		$7,7 \pm 0,9$ $p < 0,001$	$73,4 \pm 6,9$ $p < 0,001$	$30,2 \pm 2,8$ $p < 0,001$
Гідроксиапатит		$7,3 \pm 0,6$	$87,1 \pm 7,3$	$14,5 \pm 1,2$

Примітка: p – показник вірогідності відмінностей від вихідного рівня.

ній вигляд емалі, але й забезпечує тривале покращення білизни зубів.

Що стосується показника жовтизни (Ж), значне зниження з $50,3 \pm 5,2$ до $26,5 \pm 3,1$ через місяць і до $30,2 \pm 2,8$ через три місяці використання засвідчує ефективність зубної пасти в контролі над зменшенням жовтого відтінку зубів. Це вказує на здатність пасти не просто видаляти забарвлення з поверхні зубів, а й проникати вглиб емалі, впливаючи на оптичні властивості, які відповідають за відображення світла і візуальне сприйняття білизни та жовтизни.

Отримані результати свідчать про те, що в процесі застосування зубної пасти через 3 місяці зуби обстежених пацієнтів мали значно покращені колірні показники ($p < 0,001$), які наближалися до рівня гідроксиапатиту, але не досягали його.

Таким чином, аналізуючи зібрані дані, ми можемо зробити висновок про високу ефективність зубної пасти з активованим вугіллям у досягненні вибілюючого ефекту. Важливо відзначити, що досягнуті результати демонструють не тільки зміни колірних показників емалі зубів, але і стійкість змін, що свідчить про

тривалу дію зубної пасти на емаль. Регулярне використання такої зубної пасти дозволяє не тільки досягти бажаного ефекту білосніжної усмішки, але й підтримувати його на довготривалий період, що робить її незамінним засобом у догляді за порожниною рота.

Висновки

1. Використання зубної пасти з активованим вугіллям позитивно впливає на колірні та оптичні параметри емалі зуба, зокрема, знижуючи колірну насиченість та показник жовтизни, що може свідчити про покращення мінералізації емалі.

2. Зубна паста з активованим вугіллям має виражений вибілюючий ефект зубів, результати якого можуть зберігатися протягом певного періоду часу. Для підтримки вибілюючого ефекту необхідне систематичне застосування зубної пасти.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні спектроколіриметричної оцінки забарвлення слизової ясен розчином Шиллера-Писарева у пацієнтів у процесі застосування зубної пасти з активованим вугіллям з метою оцінки впливу пасти на здоров'я ясен.

ЛІТЕРАТУРА

1. Fiorillo L. Oral Health: The First Step to Well-Being. *Medicina (Kaunas)*. 2019; 55(10):676 doi: 10.3390/medicina55100676.
2. Glick M. The relevance of oral health. *J Am Dent Assoc*. 2019; 150(8):637–638. doi: 10.1016/j.adaj.2019.06.019.
3. Bertilsson C, Borg E, Sten S, Hessman E, Sjöblom H, Lingström P. Prevalence of Dental Caries in Past European Populations: A Systematic Review. *Caries Res*. 2022; 56(1):15–28. doi: 10.1159/000522326.
4. Wen PYF, Chen MX, Zhong YJ, Dong QQ, Wong HM. Global Burden and Inequality of Dental Caries, 1990 to 2019. *J Dent Res*. 2022; 101(4):392–399. doi: 10.1177/00220345211056247.
5. Jain N, Dutt U, Radenkov I, Jain S. WHO's global oral health status report 2022: Actions, discussion and implementation. *Oral Dis*. 2024; 30(2):73–79. doi: 10.1111/odi.14516.
6. Drevnitska R, Boykiv A, Avdeev O. Modern scientific trends in the treatment and prevention of dental caries. *Eastern Ukrainian Medical Journal*. 2024; 12(2):212–220. [https://doi.org/10.21272/eumj.2024;12\(2\):212-220](https://doi.org/10.21272/eumj.2024;12(2):212-220).
7. Koc Vural U, Bagdatli Z, Yilmaz AE, Yalçın Çakır F, Altundaşar E, Gurgan S. Effects of charcoal-based whitening toothpastes on human enamel in terms of color, surface roughness, and microhardness: an in vitro study. *Clin Oral Investig*. 2021; 25(10):5977–5985. doi: 10.1007/s00784-021-03903-x.
8. Gasmi Benahmed A, Gasmi A, Menzel A, Hrynovets I, Chirumbolo S, Shanaida M, Lysiuk R, Shanaida Y, Dadar M, Björklund G. A review on natural teeth whitening. *J Oral Biosci*. 2022; 64(1):49–58. doi: 10.1016/j.job.2021.12.002.
9. Kim S, Lee CH, Ma S, Park YS. Whitening Efficacy of Toothpastes on Coffee-Stained Teeth: An Enamel Surface Analysis. *Int Dent J*. 2024 Dec; 74(6):1233–1238 doi: 10.1016/j.identj.2024.02.006.
10. Gelmboldt VO, Khromagina LM, Nikitin OV, Fizor NS. Biological activity of 3-hydroxymethylpyridinium hexafluorosilicate monohydrate and 4-hydroxymethylpyridinium hexafluorosilicate as candidates for anticaries agents. *Odesa Medical Journal*. 2024; 2:75–80. <https://doi.org/10.32782/2226-2008-2024-2-13>.
11. Dienha OV. Adaptovanni profilaktyka ta likuvannya osnovnykh stomatolohichnykh zakhvoryuvan' u ditey [Adaptogenic prevention and treatment of major dental diseases in children]. Extended abstract of Doctor's thesis. Kyiv. 2001; 32. (in Ukrainian). Available from: https://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=ARD&P21IDBN=ARD&Z21ID=&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=DOC/2001/01dovszd.zip.
12. Rohach IM, Keretsman AO, Sitkar AD. Pravylno vybranyy metod statystychnoho analizu – shlyakh do yakisnoyi interpretatsiyi danykh medychnykh doslidzhen [Correct choice of statistical analysis method is the key way to high-quality interpretation of data of medical research]. *Naukovyy visnyk Uzhhorodskoho universytetu, seriya "Medytsyna"*. 2017; 2(56):124–128 (in Ukrainian). Available from: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/31008>.

Надійшла до редакції 27.05.2024 р.

Прийнята до друку 27.03.2025 р.

Електронна адреса для листування oksanadenga@gmail.com