Стоматология
2025, Т. 104, №5, с. 12–17
https://doi.org/10.17116/stomat202510405112

Stomatology
2025, vol. 104, no. 5, pp. 12–17
https://doi.org/10.17116/stomat202510405112

Сравнение pH в системах для отбеливания зубов

© А.В. АКУЛОВИЧ[1, 2], Г.Г. НИКИФОРОВА[2], А.А. КОРОСТЕЛЕВ[2]

[1]ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» им. Патриса Лумумбы», Москва, Россия;
[2]«Центр отбеливания зубов профессора Акуловича», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Обоснование. Самые актуальные параметры систем для отбеливания зубов — их водородный показатель и концентрация перекисного соединения как базового активного компонента.

Цель исследования. Изучение параметра pH у доступных отбеливающих систем для прогнозирования возможного риска деминерализации эмали и возникновения повышенной чувствительности твердых тканей зубов во время и после процедур клинического и домашнего отбеливания.

Материал и методы. Всего в работе изучено 26 различных материалов. Исследования проводили на образцах отбеливающих систем, имеющих действительный срок годности, правильное хранение и транспортировку в Испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» Москвы в период 2022—2024 гг. Для замеров использовали лабораторный pH-метр «Анион 4100», позволяющий измерять активность ионов водорода (pH) и окислительно-восстановительный потенциал Eh (мВ). Замеры у каждого взятого образца делали на исходном pH, после смешивания компонентов системы между собой, а также после рекомендованного производителем времени аппликации, чтобы понять стабильность изменения pH в течение времени процедуры.

Результаты. Результаты тестирования отбеливающих систем, представленных на российском рынке, показали, что pH у них был определен в пределах нормы, критических значений не выявлено.

Заключение. В клинической практике критически важны технические параметры перекисных гелей, в первую очередь, кислотность, а во вторую — концентрация, что заметно повлияет на комфорт пациента во время проведения процедуры и на возникновение чувствительности твердых тканей зубов. Очевидно, что чем ниже концентрация перекисного соединения и чем меньше его кислотность, тем шансы на комфортное и безболезненное клиническое отбеливание выше.

Ключевые слова: *отбеливание зубов, перекись водорода, перекись карбамида, концентрация, водородный показатель, pH, чувствительность зубов.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Акулович А.В. — https://orcid.org/0000-0001-9496-7076
Никифорова Г.Г. — https://orcid.org/0009-0003-1772-2552
Коростелев А.А. — https://orcid.org/0009-0002-5765-9933
Автор, ответственный за переписку: Акулович А.В. — e-mail: dr.akulovich@mail.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Акулович А.В., Никифорова Г.Г., Коростелев А.А. Сравнение pH в системах для отбеливания зубов. *Стоматология*. 2025;104(5):12–17. https://doi.org/10.17116/stomat202510405112

Comparison of pH in teeth bleaching systems

© A.V. AKULOVICH[1, 2], G.G. NIKIFOROVA[2], A.A. KOROSTELEV[2]

[1]Peoples Friendship University of Russia, Moscow, Russia;
[2]Professor Akulovich's Teeth Bleaching Center, Moscow, Russia

ABSTRACT

Background. The most relevant parameters of teeth bleaching systems are their pH value and the concentration of the peroxide compound as the basic active component.

Objective. The aim of this study was to examine the pH parameter of available bleaching systems to predict the possible risk of enamel demineralization and the occurrence of increased sensitivity of hard dental tissues during and after clinical and home bleaching procedures. A total of 26 different materials were studied in the work.

Materials and methods. The studies were carried out on samples of bleaching systems that have a valid expiration date, proper storage and transportation in the Testing Laboratory Center of the Federal Institution of Healthcare "Center for Hygiene and Epidemiology" in Moscow in the period 2022-2024. For measurements, a laboratory pH meter "Anion 4100" was used, which allows measuring the activity of hydrogen ions (pH) and the oxidation-reduction potential Eh (mV). Measurements for each sample taken by us were made at the initial pH, after mixing the system components together, and also after the application time recommended by the manufacturer, in order to understand the stability of the pH change during the procedure.

Results. The results of testing the bleaching systems presented on the Russian market showed that their pH level was determined within the normal range, no critical values were identified.

Conclusion. In clinical practice, the technical parameters of peroxide gels are critically important, first of all, acidity, and secondly, concentration, which will significantly affect the patient's comfort during the procedure and the occurrence of sensitivity of hard dental tissues. Obviously, the lower the concentration of the peroxide compound and the lower its acidity, the higher the chances of comfortable and painless clinical bleaching.

Keywords: *teeth bleaching, hydrogen peroxide, carbamide peroxide, concentration, pH value, pH, tooth sensitivity.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Akulovich A.V. — https://orcid.org/0000-0001-9496-7076
Nikiforova G.G. — https://orcid.org/0009-0003-1772-2552
Korostelev A.A. — https://orcid.org/0009-0002-5765-9933
Corresponding author: Akulovich A.V. — e-mail: dr.akulovich@mail.ru

TO CITE THIS ARTICLE:
Akulovich AV, Nikiforova GG, Korostelev AA. Comparison of pH in teeth bleaching systems. *Stomatology.* 2025;104(5):12–17. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/stomat202510405112

Выбор препаратов для клинического отбеливания зубов у современного стоматолога велик. И практически всегда это материалы на основе перекисных соединений, выделяющие в процессе отбеливания большое количество свободных радикалов [1].

Основным активным компонентом в них является перекись водорода, очень редко встречается перекись карбамида. Перекиси в процессе отбеливания диссоциируют на мочевину и перекись водорода, составляя в итоге около 1/3 исходной концентрации карбамида. В процессе отбеливания перекись разлагается на ионы кислорода и воды, и в результате реакции окисления свободный кислород разбивает молекулы пигмента на более мелкие частицы, разрывает двойные связи хромофоров, обеспечивающих его окраску, способствуя осветлению оттенка зубов благодаря тому, что пигмент на какое-то время становится бесцветным. Процесс схож с промышленным отбеливанием древесины, хлопка или тканей.

Однако со временем вопрос был изучен более детально, и показано, что перекись водорода ввиду высокой кислотности может вызывать побочные эффекты не только с точки зрения чувствительности зубов, но также влиять на некоторые морфологические характеристики эмали, например, повышать ее пористость и приводить к снижению прочности сцепления между реставрациями, несмотря на то, что все эти изменения обратимы даже при высоких концентрациях перекиси водорода.

Традиционно используются высокие (20% и выше) концентрации перекиси водорода [2]. Самая низкая из клинических концентраций перекиси водорода за последние годы отмечена у системы Philips Zoom! QuickPro (Philips) — 20%. У наиболее популярных систем лампового отбеливания концентрация перекиси составила: Philips Zoom! (Philips) — 25%, Beyond Polus (Beyond) — 35%, SmartBleach (DEKA) — 36%. Системы безлампового отбеливания традиционно выпускаются в более высоких концентрациях ввиду заведомо меньшей, как показывает практика, клинической эффективности. Самый популярный в данной категории препарат Opalescence Boost (Ultradent) содержит 40% перекиси водорода, а другие бренды из этой категории тоже выпускаются чаще всего в интервале 35—40%.

Обсуждая вопрос о концентрациях отбеливающих систем, необходимо отметить, что ряд европейских стран в 2011 г. приняли во внимание рекомендацию по ограничению процентного содержания перекиси водорода в системах клинического отбеливания до 6% (Council Directive 2011/84/EU, «Tooth Whitening Directive»), которая была основана на заявлении European Commission's Scientific Committee on Consumer Safety (SCCS) от 2007 (SCCP/1129/07) [3]. Это вынудило компании производить дополнительные наборы для этих стран. Итогом стал массовый отказ клиник от клинического отбеливания и переход отбеливания в косметологические салоны. Спустя годы некоторые европейские страны перестали следовать этим мало обоснованным рекомендациям, но до сих пор ограничение 6% перекиси водорода мы можем увидеть на европейском рынке. Во всем остальном мире это, на наш взгляд, недоразумение не имело места.

Второй активный компонент в клиническом отбеливании зубов — перекись карбамида — используется крайне редко, и только в материалах для внутрикоронкового отбеливания (Endoperox, Septodont — 60%, «Белагель-О» (Эндо) — 60%, Whiteness Super Endo, FGM — 37% etc.).

С точки зрения именно химического состава отбеливающих систем, на их свойства кроме самого активного агента и его концентрации, времени экспозиции, частоты сеансов, активаторов реакции и температуры самого геля, важна кислотность препаратов, которые аппликируют на эмаль зубов в процессе процедуры. Традиционно мнение, что pH ниже 5,5 дает эффект деминерализации эмали зубов. Исследования проводили многие авторы, но есть мнение, что любое pH ниже нейтрального 7,0 может вызывать деминерализацию. Однако есть и мнение, что при pH до 4,5 эмаль еще сохраняет резистентность [4], но про деминерализацию эмали растворами с кислотностью ниже 5,5 мнение прижилось как общепринятое [5].

В Приложении 6 к техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности парфюмерно-косметической продукции» (ТР ТС 009/2011 с редакцией №32 от 29.03.2019 г.) с точки зрения допустимого pH средств для отбеливания зубов указан интервал 4,0—10,5 [6]. Тем не менее есть пункт, по которому при заявленном производителем pH меньше 5,5 может потребоваться дополнительная экспертиза на отсутствие деминерализующего эффекта у материала (Решение Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010 № 299 (ред. от 14.11.2023) «О применении санитарных мер в Евразийском экономическом союзе»). Некоторые международные регуляторы публиковали как критические значения, после которых наступают серьезные последствия для твердых тканей зуба и мягких тканей полости рта в диапазоне 2—11,5.

Обсуждая кислотность любого вещества, попадающего на эмаль зубов и возможное негативное влияние на нее, надо учитывать множество факторов, прежде всего состояние эмали, которое крайне индивидуально. У пациентов с исходно низкой резистентностью эмали, с очагами деминерализации, со сниженным слюноотделением и другими локальными проблемами риск возникновения или усугубления деминерализации зубов несравненно выше, чем у пациентов со здоровой эмалью. Еще один фактор, кратно усиливающий риск деминерализации применим к отбеливанию зубов — несоблюдение частоты повтора процедур клинического отбеливания [7, 8]. Для современных систем интервал между ними должен быть около года. Но некоторые пациенты хотят делать отбеливание чаще, в итоге доводят состояние эмали до деминерализации. Кроме того, дополнительная проблема, напрямую связанная с высокой кислотностью и бесконтрольной частотой отбеливания зубов — повышенная чувствительность твердых тканей зубов.

Продукты для отбеливания зубов помимо недолгого контакта в клинике (обычно 30—60 мин) могут контактировать с зубами до нескольких часов ежедневно при курсах домашнего отбеливания. Следовательно, эти продукты должны иметь относительно нейтральный pH, чтобы свести к минимуму потенциальное негативное воздействие на эмаль. В крупном исследовании R. Price и соавт. (2000) [2] измеряли pH у 26 популярных материалов для отбеливания зубов. Водородный показатель различных клинических систем варьировал от 3,67 (высококислотный) до 11,13 (высокоосновный). Средства для домашнего отбеливания имели средний pH 6,48 (диапазон от 5,66 до 7,35). Отпускаемые без рецепта отбеливающие средства (полоски, гели) имеют в среднем pH 8,22 (диапазон от 5,09 до 11,13), а отбеливающие зубные пасты — pH 6,83 (диапазон от 4,22 до 8,35) [2].

Производители отбеливающих систем обязаны указывать кислотность своих материалов в стандартном международном сопроводительном документе — (M) SDS (Material) SDS (safety data sheet) — паспорте безопасности. Но уже неоднократно отмечены факты, когда данные указывали либо очень приблизительные, либо неточные. В исследовании R. Mendonca и соавт. (2021) [9] показано, что в 3 из 6 исследуемых гелей известных брендов информация о pH, предоставленная производителями, не соответствовала той, которая была позже определена аппаратными измерениями *in vitro*.

Учитывая важность параметра «кислотность», мы провели измерение и сравнили pH наиболее популярных систем для отбеливания зубов, представленных на российском рынке.

Цель исследования: изучить параметры pH у доступных отбеливающих систем для прогнозирования возможного риска деминерализации эмали и возникновения повышенной чувствительности твердых тканей зубов во время и после процедур клинического и домашнего отбеливания.

Материал и методы

Исследования проводили на образцах отбеливающих систем, имеющих действительный срок годности, правильное хранение и транспортировку в Испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» Москвы (RA.RU.21HH96) в период с 2022 по 2024 г.

Для замеров использовали лабораторный pH-метр «Анион 4100» (для одного образца использован «Эксперт 001»). Лабораторный pH-метр «Анион 4100» позволяет измерять активность ионов водорода (pH) и окислительно-восстановительный потенциал Eh (мВ). Возможности канала pH: определение в диапазоне от –2 до 14, дискретность 0,01, погрешность при измерениях ±0,02. В основу получения результатов положена прямая потенциометрия — измерение электродвижущей силы (ЭДС) гальванического элемента (ИСЭ) и преобразование ее в значения pH (pX), M и C. Зависимость ЭДС от концентраций ионов выражается уравнением Нернста E = E0 + S·lg M, где E — потенциал ИСЭ в растворе; E0 — стандартное значение потенциала; S — крутизна ионной характеристики; M — молярная концентрация иона. Для определения pH в приборе «Анион 4100» используется метод градуировочного графика, который заключается в построении графика зависимости ЭДС ИСЭ от концентрации буферных растворов с известными значениями pH (pX) и строится прибором автоматически на основе введенных в его память значений ЭДС ИСЭ в буферных растворах и соответствующих им значений pH (pX). pH (pX) анализируемого раствора находится по измеренному в нем значению потенциала ИСЭ.

Системы отбеливания на основе высокой концентрации перекиси водорода практически всегда состоят из двух компонентов — это два шприца или два картриджа у двойного шприца, и в одном из них чистый перекисный компонент, а в другом — активатор с функцией буфера — более щелочной компонент (pH-кондиционер). Это позволяет перекиси водорода сохранять стабильность до процедуры, а после смешения компонентов наносимый на зубы гель будет алкализован, что даст ему более высокий pH.

Следует отметить, что pH-кондиционеры тоже могут влиять на эффективность отбеливающей системы, если сравнить часто встречаемые из них (NaOH, $NaHCO_3$, Na_2CO_3, KOH, $KHCO_3$, K_2CO_3) [10]. Кроме того, буферизация перекиси даст активное высвобождение самого важного из активных радикалов — пергидрольного [11]. Так как практически все системы состоят из двух компонентов, мы делали замеры у каждого взятого нами образца исходного pH, кислотности после смешивания компонентов системы между собой и у некоторых материалов дополнительно замеряли данные после рекомендованного производителем по клинической инструкции времени аппликации, чтобы оценить стабильность изменения pH в течение времени процедуры. Единственной клинической системой с высокой концентрацией перекиси водорода (25%), состоящей только из одного компонента (один шприц), стала Bite&White («Cavex»). Производитель заявляет о «революционном» запатентованном перекисном соединении, не нуждающемся в алкализации: Hydrogen Peroxide Superior (HPS). Получить данные по этому материалу нам было особенно интересно **(см. таблицу)**.

Пользуясь случаем, мы также протестировали некоторые популярные образцы систем для домашнего отбеливания.

Результаты

Полученные результаты лабораторных исследований представлены в **таблице**.

pH известных систем для отбеливания зубов
pH values of known teeth bleaching systems

Название препарата	Производитель	Активный компонент	pH		
			исходно	после смешивания компонентов	после интервала аппликации
Opalescence boost	Ultradent, США	ПВ 40%	Активатор (белый) — 12,65; красный — 4,0	10,42	10,42
Opalescence GO (для домашнего применения)		ПВ 15%	8,08	—	—
Opalescence TresWhite (для домашнего применения)		ПВ 10%	8,09	—	—
Opalescence GO (для домашнего применения)		ПВ 6%	7,12	—	—
Opalescence PF (для домашнего применения)		ПК 10%	8,27	—	—
Smart Bleach	DEKA, Бельгия	ПВ 36%	Черная туба — 10,47 прозрачная туба — 5,31	10,23	10,28 (через 9 мин)
Flash	WHITEsmile, Германия	ПВ 32%	Большая туба (светлая) — 6,0 Малая туба (темная) — 11,69	9,85	9,71 (через 15 мин)
JW Power/Doctor Smile	Heydent, Германия	ПВ 30%	Порошок — 7,29 жидкость — 5,86	7,41	7,46 (через 10 мин) 7,40 (через 20 мин)
Philips ZOOM!	Philips, Нидерланды/США	ПВ 25%	Большая туба — 5,06 малая туба — 10,96	7,48	8,13 (через 15 мин)
Philips Day White (для домашнего применения)		ПВ 9,5%	Белый компонент — 10,65 прозрачный компонент — 5	8,31	—
Philips Nite White (для домашнего применения)		ПК 16%	Indicator — 5,42 перекись — 6,41	6,33	—
Beyond Max	Beyond, США	ПВ 35 %	Большой картридж — 4,71 малый картридж — 6,96	4,92	5,21 (через 10 мин)
«Белагель О актив»	«ВладМиВа», Россия	ПВ 30%	Активатор — 9,47 перекись — 6,64	7,54	—
		ПВ 20%	Активатор — 9,49 перекись — 3,88	6,44	—
«Белагель О лайт»		ПВ 15%	5,10	—	5,14 (через 15 мин)
«Белагель О»		ПК 30%	5,86	—	—
«Белагель О» (для домашнего применения)		ПК 12%	5,88	—	—
«Белагель О» (для домашнего применения)		ПК 20%	6,76	—	—
«Омега-Дент»	«Омега-Дент», Россия	ПК 35%	4,94	—	—
Amazing White		ПВ 24%	4,95	—	5,1 (через 15 мин)
Amazing White Premium		ПВ 38%	Большая туба — 6,56 малая туба — 6,0	6,42	—
Amazing White Pro home (для домашнего применения)		ПВ 18%	Большая туба — 5,11 малая туба — 3,77	5,32	—
Whiteness HP Automixx	FGM, Бразилия	ПВ 35%	Большая туба — 5,19 малая туба — 8,83	8,04	8,78 (через 50 мин)
White Class (для домашнего применения)		ПВ 10%		6,81	—
White Perfect (для домашнего применения)		ПК 10%		6,73	—
*Bite & White	Cavex, Нидерланды	ПВ 25%	6,17	однокомпонентный	6,12 (через 15 мин)
**Morva Bleach	Morvabon, Иран	ПВ 37%	Порошок — 9,83 жидкость — 5,56	9,4	—

Примечание. * — «Cavex», ** — «Morvabon» — бренды в РФ не зарегистрированы, данные получены в процессе клинической апробации материала. ПВ — перекись водорода; ПК— перекись карбамида.

Необходимо отметить, что ведущие производители отбеливающих систем действительно обращают внимание на важность этого показателя, и некоторые из них со временем оптимизируют состав, делая его более безопасным по отношению к эмали. Так, у популярного материала для клинического отбеливания Opalescence boost в исследовании R. Price [2] в 2000 г. (Opalecence Xtra 35%) pH был определен как 3,67, в исследовании R. Mendonca [9] — 7,2, а в настоящем исследовании pH — около 10. Надо понимать, что высокая кислотность геля удобна для производителей тем, что позволяет увеличить срок годности и хранения материала. Поэтому постоянно приходится искать некую «золотую середину».

Чем выше кислотность отбеливающего геля, тем выше риск вредного действия на ткани зуба, и тем выше риск возникновения повышенной чувствительности и ее интенсивность. В то же время клиническая эффективность практически не различается у материалов с высокой и низкой кислотностью, а по некоторым исследованиям, наоборот, выше в случае использования именно щелочных гелей, и особенно с активацией геля источником направленного света [9, 12—14].

В работе K. Bersezio и соавт. (2019) [15] показано, что достоверные различия по долгосрочной стабильности результата отбеливания при использовании одинаковой по концентрации системы (35% перекиси водорода), но с низким (2 — кислая среда) и высоким (7 — щелочная среда) pH отсутствуют [14, 15].

От другого вида стабильности геля — краткосрочной, напрямую зависит и количество рекомендованных производителями сеансов со сменой на новую порцию геля, которые различаются в зависимости от системы. Чем менее стабилен гель, тем быстрее падает его pH, и тем чаще возникает необходимость повторять сеансы процедуры [9, 16]. Чем ниже его pH, тем быстрее и активнее идет диффузия перекиси до пульпы и возникает повышение чувствительности зуба во время процедуры. Однажды попав в пульпу, перекись способна запустить воспалительный процесс с высвобождением нескольких химических медиаторов воспаления, которые меняют местную микроциркуляцию, создавая давление на периферические нервные волокна и активируя связанные с этим ноцицепторы, что и приводит к болевой реакции [17, 18].

Ряд ученых утверждают, что повторы сеансов не имеют клинической необходимости [19, 20]. Однако сегодня на рынке представлены единицы систем с однократным нанесением — из ламповых систем это Smart Bleach (DEKA) — одно нанесение на 27 мин, из безламповых — Whiteness HP AutoMixx (FGM) — одно нанесение на 50 мин.

Кроме того, ряд технических моментов при исследованиях pH также в некой мере влияет на финальные результаты. Поэтому эксперименты в данной области продолжаются. Посвятив наблюдениям за разными техниками отбеливания зубов уже много лет и изучая многочисленные материалы для этой процедуры, мы также видим важность всех технических параметров перекисных гелей, в первую очередь, кислотности, а во вторую — концентрации. В клинической практике это заметно влияет на комфорт пациента во время проведения процедуры и на возникновение чувствительности твердых тканей зубов. Совершенно очевидно, что чем ниже концентрация перекисного соединения и чем меньше его кислотность, тем выше шансы на комфортное и безболезненное клиническое отбеливание. Впрочем, это не всегда работает для домашних методик отбеливания — в данном аспекте, на наш взгляд, ключевую роль в возникновении чувствительности будет играть продолжительность аппликации.

Кислотность отбеливающих препаратов, как и концентрация активного агента, время аппликации и частота проведения процедур — важные базовые параметры всего процесса. Их не надо опасаться, просто надо знать их нормы и правильно применять в зависимости от клинической ситуации.

Для профилактики возможной деминерализации эмали зубов в результате проведения процедуры отбеливания важно проведение предварительного курса реминерализующей терапии в течение не менее 14 дней в виде ежедневных аппликаций. Кроме того, включение реминерализующей терапии в схему неинвазивного устранения дисколоритов зубов, после проведенных последовательно клинического и домашнего этапов отбеливания, является обязательным этапом, который помимо возмещения возможной потери минералов эмалью зуба, усилит яркость и блеск поверхности зуба, сделает цветовое восприятие более однородным и поможет устранить повышенную чувствительность зубов [21].

Заключение

Результаты тестирования отбеливающих систем, представленных на российском рынке, показали, что pH был определен в пределах нормы. Не выявлено критических значений ни у одной из них. Чем выше водородный показатель у системы, тем меньше риск повышения чувствительности и вредного воздействия на эмаль зубов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflict of interests.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Sulieman M. An overview of tooth-bleaching techniques: Chemistry, safety and efficacy. *Periodontol 2000*.2008;48:148-169. https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2008.00258.x
2. Price R, Sedarousy M, Hiltz G. The pH of tooth-whitening products. *J Can Dent Assoc*. 2000;66:421-426.
3. Council Directive 2011/84/EU of 20 September 2011 amending Directive 76/768/EEC, concerning cosmetic products, for the purpose of adapting Annex III thereto to technical progress. *Official J Eur Union*. 29.10.2011, L 283/36-8.
4. McIntyre J. Erosion. *Aust Prosthodont J*. 1992;6:17-25.
5. Birkhed D. Sugar content, acidity and effect on plaque pH of fruit juices, fruit drinks, carbonated beverages and sports drinks. *Caries Res*. 1984;18: 120-127. https://doi.org/10.1159/000260759
6. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности парфюмерно-косметической продукции» (ТР ТС 009/2011). Tekhnicheskij reglament tamozhennogo soyuza o bezopasnosti parfyumerno-kosmeticheskoj produkcii (TR TS 009/2011).

7. Cavalli V, da Rosa D, da Silva D, Kury M, Liporoniet P, Soares L, Martins A. Effects of experimental bleaching agents on the mineral content of sound and demineralized enamels. *J Appl Oral Sci*. 2018;4:26. https://doi.org/10.1590/1678-7757-2017-0589
8. Llena C., Esteve I., Forner L. Effects of in-office bleaching on human enamel and dentin. Morphological and mineral changes. *Ann Anat.* 2018;217: 97-102. https://doi.org/10.1016/j.aanat.2018.01.003
9. Mendonca R, Baliza J, Burey A, Cavalcante L, Loguercio A, Calazans F, Barceleiro M. In vitro analysis of the pH stability of dental bleaching gels during in-office procedures. *J Clin Exp Dent*. 2021;13(1):22-29. https://doi.org/10.4317/jced.57367
10. Ito Y, Otsuki M, Tagami J. Effect of pH conditioners on tooth bleaching. *Clin Exp Dent Res*. 2019;5:212-218. https://doi.org/10.1002/cre2.172
11. Крихели Н.И., Смирнов Ф.Е. Экспериментальное определение водородного показателя гелей профессиональных домашних отбеливающих систем. *Российская стоматология.* 2015;2:10-13. Kriheli NI, Smirnov FE. Eksperimentalnoe opredelenie vodorodnogo pokazatelya gelej professionalnyh domashnih otbelivayushchih system. *Rossijskaya stomatologiya*. 2015;2:10-13. https://doi.org/10.17116/rosstomat20158210-13
12. Xu B, Li Q, Wang Y. Effects of pH values of hydrogen peroxide bleaching agents on enamel surface properties. *Oper Dent.* 2011;36:554-562. https://doi.org/10.2341/11-045-1
13. Torres C, Crastechini E, Feitosa F, Pucci C, Borges A. Influence of pH on the effectiveness of hydrogen peroxide whitening. *Oper Dent*. 2014;39: 261-268. https://doi.org/10.2341/13-214-L
14. Wijetunga C, Otsuki M, Hiraishi N, Luong M, Tagami J. Effect of pH of bleaching agent on tooth bleaching action in vitro. *Dent Mater J.* 2021; 40(3):566-572. https://doi.org/10.4012/dmj.2020-191
15. Bersezio C, Martín J, Prieto M, Meneses P, Angel P, Fernández E, Loguercio A. One-year bleaching efficacy using two HP products with different pH: A double-blind randomized clinical trial. *J Esthet Restor Dent.* 2019;31(5):493-499. https://doi.org/10.1111/jerd.12505
16. Soares A, Bombonatti J, Alencar M. Consolmagno E, Honorio H, Mondelli R. Influence of pH, bleaching agents, and acid etching on surface wear of bovine enamel. *J Appl Oral Sci.* 2016;24:24-30. https://doi.org/10.1590/1678-7757201502812700825 4
17. Mena-Serrano A, Parreiras S, Nascimento E, Borges C, Berger S, Loguercio A, Reis A. Effects of the concentration and composition of in-office bleaching gels on hydrogen peroxide penetration into the pulp chamber. *Oper Dent.* 2015;40:76-82. https://doi.org/10.2341/13-352-L
18. Acuna E, Parreiras S, Favoreto M, Cruz G, Gomes A, Borges C, Loguercio A, Reis A. In-office bleaching with a commercial 40% hydrogen peroxide gel modified to have different pHs: color change, surface morphology, and penetration of hydrogen peroxide into the pulp chamber. *J Esthet Restor Dent.* 2019;34:322-327. https://doi.org/10.1111/jerd.12453
19. Kury M, Lins R, Resende B, Picolo M, André C, Cavalli V. The influence of the renewal or the single application of the peroxide gel on the efficacy and tooth sensitivity outcomes of in-office bleaching — a systematic review and meta-analysis. *J Esthet Restor Dent.* 2022;34:490-502. https://doi.org/10.1111/jerd.12827
20. Martins I, Onofre S, Franco N, Martins L, Montenegro A, Arana-Gordillo L, Reis A, Loguercio A, da Silva L. Effectiveness of in-office hydrogen peroxide with two different protocols: a two-center randomized clinical trial. *Oper Dent*. 2018;43:353-361. https://doi.org/10.2341/17-128-C
21. Melo M, Fioresta R, Sanz J, Pecci-Lloret M, Llena C. Effect of highly concentrated bleaching gels on enamel microhardness and superficial morphology, and the recovery action of four remineralizing agents. *BMC Oral Health*. 2022;22(1):645. https://doi.org/10.1186/s12903-022-02693-2

Поступила 23.12.2024
Received 23.12.2024
Принята 29.04.2025
Accepted 29.04.2025