

RESSALVA

Atendendo a solicitação do(a) autor(a), o texto completo desse trabalho será disponibilizado no repositório a partir de 16/07/2028.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

SABRINA ELISE MOECKE

**EFEITO DA ADIÇÃO DE PARTÍCULAS BIOATIVAS AO GEL
CLAREADOR DENTAL**

2024

SABRINA ELISE MOECKE

**EFEITO DA ADIÇÃO DE PARTÍCULAS BIOATIVAS AO GEL CLAREADOR
DENTAL**

Tese apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTORA, pelo Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS APLICADAS À SAÚDE BUCAL.

Área: Dentística. Linha de pesquisa: Diagnóstico, prevenção e tratamento de alterações dos tecidos dentais.

Orientador: Prof. Tit. Carlos Rocha Gomes Torres

São José dos Campos

2024

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2024]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Moecke, Sabrina Elise

Efeito da adição de partículas bioativas ao gel clareador dental / Sabrina Elise Moecke. - São José dos Campos : [s.n.], 2024.
144 f. : il.

Tese (Doutorado em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal) - Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2024.
Orientador: Carlos Rocha Gomes Torres.

1. Dentes clareamento. 2. Dentes doenças. 3. Bioactive compounds. 4. Hydrogen peroxide. I. Torres, Carlos Rocha Gomes, orient. II. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - UNESP. IV. Universidade Estadual Paulista (UNESP). V. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Explorar o potencial da incorporação de partículas bioativas ao gel clareador perante a redução de efeitos deletérios do clareamento e a possível redução da propensão à cárie e ao desgaste dental erosivo. Os resultados podem impactar tanto a pesquisa odontológica como a prática clínica. Esse estudo tem o potencial de aprimorar a odontologia estética, melhorando o procedimento de clareamento e tornando a estrutura clareada menos susceptível à desmineralização. A presença de partículas bioativas no gel clareador, como utilizado nesse estudo, pode direcionar o desenvolvimento de produtos odontológicos mais seguros e benéficos. Isso não melhoraria apenas a satisfação do paciente, mas também forneceria a possibilidade de aprimorar o procedimento odontológico e a prática odontológica.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

Exploring the potential of incorporating bioactive particles into bleaching gel to reduce the deleterious effects of bleaching and the possible reduction over caries and erosive tooth wear. The results can impact both dental research and clinical practice. This study has the potential to enhance aesthetic dentistry by improving the bleaching procedure and making the bleached structure less susceptible to demineralization. The presence of bioactive particles in the bleaching gel, as used in this study, could guide the development of safer and more beneficial dental products. This would not only improve patient satisfaction but also advance dental procedures and dental practices.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Tit. Carlos Rocha Gomes Torres (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Profa. Assoc. Alessandra Bühler Borges

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Profa. Assist. Daniele Mara da Silva Avila Nogueira

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Profa. Dra. Roberta Tarkany Basting Höfling

Faculdade São Leopoldo Mandic

Centro de Pesquisas Odontológicas

Campus de Campinas

Profa. Assoc. Taís Scaramucci Forlin

Universidade de São Paulo

Faculdade de Odontologia

Campus de São Paulo

São José dos Campos, 16 de julho de 2024.

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos e grandes incentivadores Pedro, Marise e Martin, sou extremamente grata pelo apoio incondicional em cada etapa dessa jornada.

À ciência brasileira, pela capacidade de se superar e se desenvolver em meio a tantos desafios, pela criatividade, entrega e seriedade de todas as pessoas envolvidas na construção de novas descobertas e conhecimentos.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo seu imenso amor e fidelidade. Por trazer vida e sentido a ela.

Ao meu marido, Pedro, por ser meu suporte diário e por acreditar sempre em mim. A sua presença em cada etapa me faz buscar ser melhor. Obrigada pelo seu amor, cuidado e parceria. Viver ao seu lado é um verdadeiro presente.

Aos meus pais, Marise e Martin, pela amizade e exemplo. É uma alegria muito grande viver momentos com vocês. Obrigada por me ensinarem sobre as coisas importantes da vida, especialmente sobre a liberdade de pensar diferente.

À minha irmã, Débora, pela inspiração e amizade. Obrigada por me mostrar outras formas de ver as coisas, o mundo e as pessoas.

Aos meus avós, Anneliese, Léa e Necy, obrigada pelas orações, pelo carinho, pelo tempo e memórias juntos.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", por me acolher com tantas oportunidades e possibilidades de aprendizado. Que alegria ter escolhido essa instituição e ter sido tão bem recebida para realizar as etapas da pós-graduação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal pela excelência em pesquisa e estrutura. Grata pelo privilégio de me desenvolver em um programa tão exemplar como esse.

Ao Professor Carlos Torres, pelo exemplo e inspiração, pelas oportunidades e ensinamentos. Principalmente pelo incentivo de sempre ir além. Foi um privilégio aprender com sua experiência em cada etapa da pós-graduação. Admiro muito sua trajetória e tenho muita alegria de ter participado de uma pequena parte dela. Obrigada por não desistir de fazer sempre o melhor, pela pesquisa, pela UNESP e pelo Brasil.

À Professora Alessandra B. Borges, pela profissional inspiradora que você é. Como é importante estar cercada de pessoas tão capazes e comprometidas. Obrigada por acreditar na minha capacidade desde o início.

Aos professores Alexandre Borges, César Pucci, Eduardo Bresciani, Guilherme Saavedra, Maria Filomena Huhtala, Mariane Mailart e Taciana Caneppele. Que presente é aprender e se desenvolver em um ambiente com tantos mestres capacitados e inspiradores.

À banca examinadora pelo tempo e contribuições. É um prazer poder aprender e evoluir com suas considerações. Muito obrigada às professoras Roberta Basting, Taís Scaramucci e Daniele Ávila.

Aos colegas da pós-graduação, especialmente à Adrielle, Amanda, Ana Flávia e Tatiana. Como é bom compartilhar momentos, conquistas e desafios com pessoas como vocês.

Aos alunos de Iniciação Científica pela oportunidade de aprender, ensinar e me desenvolver. Obrigada pela dedicação em cada projeto.

Aos técnicos e a toda equipe administrativa da UNESP, pelo auxílio em diversas demandas e pelo trabalho que realizam.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelas oportunidades de bolsas de Doutorado no Brasil, durante o período 03/2021-02/2023, e de Doutorado Sanduíche CAPES-PRINT (Programa Institucional de Internacionalização) na Suíça durante o período 03/2023-02/2024. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Códigos de Financiamento 88887.613213/2021-00 e 88887.716789/2022-00.

À Universidade de Zürich pela oportunidade de desenvolver pesquisa e aprender novas possibilidades e caminhos na ciência. Foi um privilégio construir novas habilidades em um país como a Suíça.

Aos Professores Thomas Attin, Phoebe Burrer e Florian Wegehaupt pelas orientações durante o período do Doutorado Sanduíche. Grata pelo aprendizado e pela receptividade.

À coordenadora de estudos, Andrea Gubler, por tornar o laboratório um local agradável e acessível a novas pessoas e experimentos.

Aos técnicos de laboratório, My-Lien, Denisa, Claudia, Priska, Marcus e Stephan. Como é bom trabalhar ao lado de pessoas capacitadas e interessadas em ajudar e aprender.

À secretária Jacqueline, pelo suporte e excelência de seu trabalho.

Aos colegas da Universidade de Zürich, por me receberem e incluírem no grupo ZPZ (Zahnerhaltung und Präventivzahnmedizin). Especialmente à Monika e à Professora Ericka Pinheiro, pelas conversas, almoços e conselhos.

"I'm not afraid of failure, I'm afraid of succeeding at things that don't matter."

William Carey

RESUMO

Moecke SE. Efeito da adição de partículas bioativas ao gel clareador dental [tese]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2024.

O estudo avaliou o efeito da adição de partículas bioativas ao gel clareador (peróxido de hidrogênio 35%, técnica de consultório), quanto ao clareamento e sobre a estrutura dental, além da resistência à desmineralização. O objetivo da primeira parte do estudo foi avaliar géis, com diferentes partículas bioativas e concentrações, para o potencial clareador e às alterações da estrutura dental. O objetivo da segunda parte foi avaliar géis, com diferentes partículas bioativas e concentrações, perante a suscetibilidade do esmalte ao protocolo cariogênico e ao desgaste dental erosivo. Espécimes de incisivos bovinos foram avaliados na primeira parte por análise da cor, microdureza Knoop e rugosidade. Os grupos foram controle negativo (CN), controle comercial (CC-Whiteness HP), controle experimental (CE-gel sem partícula), controle positivo (CP-solução de peróxido), e os grupos experimentais onde as partículas bioativas S-PRG e 45S5 foram utilizadas nas concentrações de 5, 10, 15 e 20 %. Na segunda parte foram avaliados por microradiografia para a alteração da densidade mineral e profundidade da lesão perante o protocolo cariogênico e pela perfilometria para o desgaste dental erosivo. Os grupos foram CN, CC, CE, controle fluoreto (CF), e os grupos experimentais onde as partículas bioativas S-PRG e 45S5 foram utilizados nas concentrações de 15 e 20 % apenas. Os dados foram analisados estatisticamente para verificar a diferença entre os grupos ($\alpha=5\%$). Para a **mudança de cor** (ΔE^*_{00}) foi observada diferença apenas para o fator partícula, S-PRG-3,37(0,48)_a e 45S5-3,67(0,76)_b. Todos os grupos experimentais foram estatisticamente iguais o CP e diferentes do CN. Para a **microdureza** (KNH%) foi observada diferença para a interação dos fatores, sendo o S-PRG 20% o grupo com maior aumento da microdureza. Todos os grupos experimentais foram diferentes e maiores que CP, CC e CE. Não foram observadas diferenças de **rugosidade** entre os grupos. Para a **alteração da densidade mineral** foi observada diferença para a interação dos fatores e tempo. Os grupos S-PRG 15% e 20% foram os grupos que apresentaram a menor alteração da densidade mineral em todos os tempos testados. Aos 14 e 21 dias o S-PRG 20% foi diferente do CN e semelhante ao CF. Para a **profundidade da lesão** foram observadas diferenças estatísticas para o fator partícula e tempo, S-PRG-206,8(59,2)_a e 45S5-230,0(63,7)_b, 7 dias-148,9(19,7)_a, 14 dias-217,7(22,5)_b e 21 dias-288,7(30,7)_c. Aos 14 e 21 dias o S-PRG 20% foi diferente do CN e semelhante ao CF. Para o **desgaste** foi observada diferença apenas para o tempo, 5 dias-1,2(0,2)_a e 10 dias-2,3(0,3)_b. Conclui-se que: a adição de partículas bioativas não reduziu a efetividade clareadora, contribuiu para o aumento da microdureza e não alterou a rugosidade. Além disso, o grupo S-PRG com 20% teve suscetibilidade à desmineralização por cárie semelhante ao grupo controle fluoreto e nenhum grupo alterou a suscetibilidade ao desgaste dental erosivo.

Palavras-chave: bioatividade; clareamento dental; cor; desgaste dental erosivo; desmineralização.

ABSTRACT

Moecke SE. Effect of bioactive particles addition to tooth bleaching gel [doctorate thesis]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2024.

The study evaluated the consequences of bioparticle addition on tooth bleaching gel (hydrogen peroxide 35%, in-office technique), for its bleaching effect and changes on tooth structure, also for resistance against demineralization. The aim of the first part of the study was to evaluate bleaching gels containing different bioactive particles and concentrations over the bleaching potential and possible dental structural changes. The objective of the second part was to evaluate bleaching gels containing different bioactive particles and concentrations to assess enamel susceptibility to cariogenic and erosive tooth wear protocols after bleaching treatments. Bovine incisors specimens were used in the first part for analysis of color, Knoop microhardness and roughness. The groups were negative control (NC), commercial control (CC-Whiteness HP), experimental control (EC-gel without particles), positive control (PC-peroxide solution), and experimental groups were the bioactive particles S-PRG and 45S5 used in concentrations of 5, 10, 15, and 20 %. In the second part, specimens were evaluated using advanced transverse microradiography to assess the change in mineral density and lesion depth in response to the cariogenic protocol, and profilometry to measure wear in response to the erosive tooth wear protocol. The groups were NC, CC, EC, fluoride control (FC), and experimental groups were the bioactive particles S-PRG and 45S5 used only in concentrations of 15 and 20 %. The data were statistically analyzed to verify the differences between the groups ($\alpha=5\%$). For the **color change** (ΔE^*_{00}), a difference was observed only for particle, S-PRG-3,37(0,48)_a and 45S5-3,67(0,76)_b. All experimental groups were statistically similar to PC and different from NC. For the **microhardness** (KNH%), difference was observed for factors interaction, S-PRG 20% was the group with higher hardness increase. All experimental groups were different and higher than PC, CC, and EC. No **roughness** differences were observed between groups. For the **mineral density alteration** differences were observed for factors interaction and time. S-PRG 15% and 20% presented the lower mineral density change for all measurements times. On 14 and 21 days S-PRG 20% was different from NC and similar to FC. For **lesion depth** differences were observed for factor particle and time, S-PRG-206,8(59,2)_a and 45S5-230,0(63,7)_b, 7 days-148,9(19,7)_a, 14 days-217,7(22,5)_b and 21 days-288,7(30,7)_c. On 14 and 21 days S-PRG 20% was different from NC and similar to FC. For **wear** the only difference was for time, 5 days-1,2(0,2)_a and 10 days-2,3(0,3)_b. It was concluded that the addition of bioactive particles did not reduce the bleaching effectiveness, it contributed to microhardness increase and did not change roughness. Furthermore, the S-PRG group with 20% susceptibility to cariogenic demineralization was similar to the fluoride control group, and no group showed a change in susceptibility to erosive tooth wear.

Keywords: bioactivity; tooth bleaching; color; erosive tooth wear; demineralization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Divisão dos grupos.....	39
Figura 2 - Corte dos espécimes.....	41
Figura 3 - Padronização dos espécimes	43
Figura 4 - Embutimento dos espécimes	45
Figura 5 - Manipulação dos géis.....	46
Figura 6 - Titulação de peróxido de hidrogênio	48
Figura 7 - Verificação do pH do gel clareador	49
Figura 8 - Mensuração da viscosidade	50
Figura 9 - Mensuração da cor.....	52
Figura 10 - Mensuração da microdureza.....	53
Figura 11 - Mensuração da rugosidade	54
Figura 12 - Aplicação do tratamento clareador	56
Figura 13 - Divisão dos grupos.....	59
Figura 14 - Confecção dos espécimes	61
Figura 15 - Embutimento dos espécimes	62
Figura 16 - Polimento dos espécimes	63
Figura 17 - Corte dos espécimes em fatias	65
Figura 18 - Análise por microradiografia em diferentes momentos	67
Figura 19 - Manipulação dos géis e aplicação dos tratamentos	70
Figura 20 - Protocolo de simulação de lesão de cárie inicial	72
Figura 21 - Obtenção dos dados para calibração e para os espécimes	73
Figura 22 - Análise dos dados obtidos nas microradiografias	74
Figura 23 - Embutimento dos espécimes	77
Figura 24 - Polimento dos espécimes e marcações paralelas.....	79
Figura 25 - Análise perfilométrica	80
Figura 26 - Aplicação dos tratamentos	81
Figura 27 - Desgaste dental erosivo/abrasivo	83
Figura 28 - Ciclagem de desgaste dental erosivo/abrasivo	84
Figura 29 - Análise de perfil.....	85
Figura 30 – Análise adicional das partículas com MEV e EDS.....	87

Figura 31 - Médias e desvios padrão da variação da percepção de cor (ΔE^*_{00}) para todos os grupos	90
Figura 32 - Médias e desvios-padrão da variação da microdureza (%KHN) para todos os grupos	93
Figura 33 - Médias e desvios-padrão da diferença de rugosidade para todos os grupos	94
Figura 34 - Alterações do pH no gel clareador	95
Figura 35 - Alterações da concentração de peróxido de hidrogênio no gel clareador	96
Figura 36 - Médias e desvios-padrão da alteração da densidade mineral em 7, 14 e 21 dias para todos os grupos	100
Figura 37 - Médias e desvios-padrão da profundidade da lesão em 7, 14 e 21 dias para todos os grupos	104
Figura 38 - Médias e desvios-padrão do desgaste em 5 e 10 dias para todos os grupos	107
Figura 39 - Partícula S-PRG	108
Figura 40 - Partícula 45S5	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados de ANOVA a um fator para as coordenadas cromática L*, a* e b* na avaliação inicial da cor	88
Tabela 2 - Resultados de ANOVA a dois fatores para a comparação entre os grupos quanto à variação de cor (ΔE^*_{00})	89
Tabela 3 - Valores de média e desvio padrão de ΔE^*_{00} e resultados do teste de Tukey para fator tipo de partícula para cor	89
Tabela 4 - Médias (DP) de ΔE^*_{00} e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle	90
Tabela 5 - Resultados de ANOVA a dois fatores para as mensurações de alteração da microdureza (%KNH)	91
Tabela 6 - Médias e desvios-padrão da %KHN para os diferentes grupos experimentais e resultados dos testes ANOVA a dois fatores e Tukey	92
Tabela 7 - Médias (DP) de %KHN e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle	93
Tabela 8 - Resultados de ANOVA a dois fatores para as mensurações de variação da rugosidade	94
Tabela 9 - Resultados do teste ANOVA dois fatores de medidas repetidas para as mensurações de alteração da densidade mineral	97
Tabela 10 - Médias e desvios-padrão da alteração da densidade mineral para os diferentes grupos experimentais e resultados dos testes ANOVA a dois fatores e Tukey	98
Tabela 11 - Médias (DP) de ΔZ para 7 dias e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle	99
Tabela 12 - Médias (DP) de ΔZ para 14 dias e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle	99
Tabela 13 - Médias (DP) de ΔZ para 21 dias e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle	100
Tabela 14 - Resultados do teste ANOVA dois fatores de medidas repetidas para as mensurações de profundidade da lesão	101

Tabela 15 - Valores de média (DP) de profundidade da lesão e resultados do teste de Tukey para fator tipo de partícula	101
Tabela 16 - Valores de média (DP) de profundidade da lesão e resultados do teste de Tukey para fator tempo.....	102
Tabela 17 - Médias (DP) de profundidade da lesão para 7 dias e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle	102
Tabela 18 - Médias (DP) de profundidade da lesão para 14 dias e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle	103
Tabela 19 - Médias (DP) de profundidade da lesão para 21 dias e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle	104
Tabela 20 - Resultados do teste ANOVA dois fatores de medidas repetidas para as mensurações de desgaste erosivo	105
Tabela 21 - Valores de média (DP) de desgaste erosivo e resultados do teste de Tukey para fator tempo	105
Tabela 22 - Médias (DP) de desgaste erosivo para 5 dias e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle	106
Tabela 23 - Médias (DP) de desgaste erosivo para 10 dias e resultados do teste de Dunnett para comparação com os grupos controle	106

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 Coloração dental	19
2.2 Clareamento	21
2.3 Géis clareadores e suas características.....	24
2.4 Clareamento dental com aditivos bioativos.....	28
2.5 Lesões de cárie e desgaste dental erosivo/abrasivo	33
3 PROPOSIÇÃO	37
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
4.1 Parte 1.....	38
4.1.1 Delineamento experimental	38
4.1.1.1 Unidades experimentais	38
4.1.1.2 Fatores de estudo.....	38
4.1.1.3 Variáveis de resposta.....	38
4.1.2 Preparo dos espécimes	40
4.1.3 Preparo dos géis experimentais	45
4.1.4 Análise da cor inicial	51
4.1.5 Análise da microdureza	52
4.1.6 Análise da rugosidade	53
4.1.7 Aplicação dos tratamentos.....	54
4.1.8 Leituras finais da cor, microdureza e rugosidade	56
4.1.9 Análise estatística	57
4.2 Parte 2.....	58
4.2.1 Delineamento experimental	58
4.2.1.1 Unidades experimentais	58
4.2.1.2 Fatores de estudo.....	58
4.2.1.3 Variáveis de resposta.....	58
4.2.2 Avaliação perante o desafio cariogênico	60
4.2.2.1 Preparo dos espécimes	60
4.2.2.2 Microradiografia transversal	66

4.2.2.3 Aplicação dos tratamentos.....	67
4.2.2.4 Protocolo de desafio cariogênico	70
4.2.2.5 Análise da microradiografia transversal	72
4.2.2.6 Análise estatística	75
4.2.3 Avaliação perante o desgaste dental erosivo/abrasivo	75
4.2.3.1 Preparo dos espécimes	75
4.2.3.2 Análise de perfil	79
4.2.3.3 Aplicação dos tratamentos.....	81
4.2.3.4 Desgaste dental erosivo/abrasivo.....	82
4.2.3.5 Avaliação do perfil e da perda de material	84
4.2.3.6 Análise estatística	85
4.2.4 Análise adicional das partículas com MEV e EDS	86
5 RESULTADOS.....	88
5.1 Parte 1.....	88
5.1.1 Avaliação da cor	88
5.1.2 Avaliação da microdureza	91
5.1.3 Avaliação da rugosidade	94
5.1.4 Avaliação do pH e concentração de peróxido de hidrogênio no gel clareador	95
5.2 Parte 2.....	96
5.2.1 Avaliação do desafio cariogênico.....	96
5.2.2 Avaliação do desgaste dental erosivo.....	104
5.2.3 Avaliação adicional das partículas	107
6 DISCUSSÃO	110
7 CONCLUSÃO	124
REFERÊNCIAS.....	125

1 INTRODUÇÃO

O clareamento dental impacta positivamente a autoestima e a qualidade de vida dos indivíduos. Desta forma, aprimorar essa prática para tornar os tratamentos ainda melhores é extremamente desejável. Os géis clareadores disponíveis atualmente, embora eficazes no clareamento, apresentam uma série de efeitos colaterais indesejáveis, como a desmineralização do esmalte, agressão ao tecido pulpar e sensibilidade dental. Efeitos adversos mais pronunciados geralmente estão relacionados aos produtos mais concentrados e principalmente ao uso exagerado e não supervisionado (Vilhena et al., 2019). Embora seja possível utilizar baixas concentrações, isso muitas vezes está associado a períodos de tratamento prolongados, o que pode prejudicar a adesão do paciente ao protocolo. Nesse contexto, a técnica em consultório, utilizando um produto eficaz, mas com efeitos adversos mínimos ou nulos, seria o ideal.

O agente clareador odontológico mais amplamente utilizado na atualidade é o peróxido de hidrogênio e seu mecanismo de ação envolve a penetração pela estrutura dental, produção de radicais livres e oxidação de moléculas orgânicas com alta capacidade de absorção da luz (McEvoy, 1989). Diversas técnicas e variações de materiais e concentrações são utilizados com o objetivo de obter o clareamento dental. Embora o principal efeito esperado seja a modificação da cor dos dentes, todos os componentes presentes no agente clareador interagem com as estruturas em que são aplicados. Assim, além do efeito principal, podem surgir efeitos secundários, geralmente indesejados.

Os efeitos colaterais decorrem da capacidade desmineralizante dos espessantes, do baixo pH, do efeito oxidativo do peróxido e da subsaturação dos minerais da hidroxiapatita (Andrade et al., 2021; Berger et al., 2014, 2010; Cavalli et al., 2010; Crastechini et al., 2019; El-Damanny et al., 2021). No esmalte, ocorre redução da microdureza, aumentando a suscetibilidade ao desgaste e ao manchamento (Elfallah et al., 2015; Zanolli et al., 2017). Na dentina, há oxidação dos aminoácidos e desestruturação do colágeno (Jiang et al., 2018; Redha et al., 2019). Na polpa, radicais livres causam estresse oxidativo e reações inflamatórias (Benetti et

al., 2017; Costa et al., 2010). Portanto, é essencial considerar a possibilidade desses efeitos para a criação de novos tratamentos clareadores.

Para superar os diversos desafios ainda existentes relacionados à formulação ideal do gel clareador, uma série de modificações podem ser implementadas em novos produtos. Um gel clareador ideal deveria apresentar características como um pH próximo da neutralidade e conter agentes espessantes seguros para o esmalte. Além disso, poderia ser enriquecido com íons que favorecessem a mineralização do tecido e ter uma viscosidade ideal que permitisse a aplicação, mas contribuindo também para a liberação do princípio ativo na dose necessária. A crescente busca por uma abordagem clínica preventiva tem como grande objetivo a preservação máxima e a manutenção das estruturas dentais ao longo da vida. Visando obter um impacto secundário positivo no clareamento dental, surgiu a proposta de incorporação de partículas bioativas ao agente clareador. A adição de partículas capazes de liberar íons e possivelmente exercer um efeito positivo sobre a estrutura dental se destaca como um tema a ser mais aprofundado e explorado (Akabane et al., 2023; Dascanio et al., 2023; Shimojima et al., 2023; Yang et al., 2022).

A bioatividade refere-se à capacidade de materiais ou substâncias produzirem um efeito biológico ou induzirem uma resposta ao interagir com tecidos, organismos ou células (Vallittu et al., 2018). O biovidro, ou partícula bioativa proveniente de vidro, vem sendo empregado na promoção da neoformação tecidual óssea (Hench, 2006), na promoção da remineralização de estruturas previamente afetadas (Jones, 2013), ou na proteção contra desmineralização (Amaechi et al., 2018; Iijima et al., 2014; Shimazu et al., 2011). As biopartículas são incorporadas em produtos preventivos ou remineralizantes para aplicação tópica direta sobre a área afetada, por meio de géis, vernizes, cremes dentais, ou ainda em materiais resinosos, como selantes, cimentos, sistemas adesivos e resinas compostas (Jones, 2013).

De acordo com a composição específica de cada partícula bioativa, em meio aquoso ocorre a liberação de diferentes íons, os quais apresentam diversos efeitos (Kaur et al., 2014). A reatividade desses materiais é governada pelo nível de ruptura dentro de sua estrutura, que por sua vez está relacionado à quantidade relativa de elementos formando a rede vítrea (Jones, 2013). Dessa forma, variações na sua composição podem alterar as características para se ajustar a um determinado propósito, como a liberação de certos íons ou a taxa de dissolução (Zheng e

Boccaccini, 2017). As partículas bioativas parecem demonstrar um grande potencial para compensar os efeitos desmineralizantes dos géis clareadores. Alguns estudos têm investigado essa aplicação, porém ainda de forma limitada (Akabane et al., 2023; Deng et al., 2013; El-Damanhoury et al., 2021; Rastelli et al., 2016; Shimojima et al., 2023).

A incorporação dessas partículas diretamente ao gel clareador, poderia levar a um efeito positivo sobre a estrutura dental não apenas durante o tratamento, mas também possivelmente tornando-o mais resistente diante de condições com predomínio de desmineralização, como cárie e erosão. A cárie dental é resultado do desequilíbrio entre os processos de desmineralização e remineralização, quando a desmineralização se torna excessiva ocorre a formação de lesões iniciais e/ou cavitadas (González-Cabezas, 2010; Queiroz et al., 2008). A intervenção precoce permite a remineralização, evitando tratamentos invasivos (Giray et al., 2018; González-Cabezas, 2010). Além disso, diversos produtos são utilizados na prevenção, muitas vezes contendo flúor como princípio ativo, sendo este capaz de reduzir a suscetibilidade a desmineralização pela modificação do pH crítico e por promover a deposição de fluorapatita, apatita fluoretada e precipitados semelhantes a cristais de fluoreto de cálcio.

Já o desgaste dental erosivo é causado pela perda mineral devido a processos físicos e químicos (Schlueter et al., 2020). Fatores como problemas gástricos, transtornos alimentares, hábitos alimentares ruins e uso de certos medicamentos contribuem para essa condição (Carvalho et al., 2015). Reconhecer as causas precocemente é crucial para controlar a desmineralização e o desgaste e, por fim, minimizar a perda estrutural. Produtos como dentifrícios e enxaguantes bucais contendo fluoreto, o aumento do fluxo salivar e o uso de barreiras físicas são frequentemente usados como meios para a prevenção (Carvalho et al., 2015; Lussi et al., 2006; Rios et al., 2019).

Considerando a eficiência clareadora como requisito e utilizando um protocolo de aplicação semelhante ao já existente, resultados positivos para a prevenção da desmineralização podem ser obtidos, tanto durante como após o clareamento. A combinação dessas características pode constituir um passo significativo na melhoria da terapia oferecida aos pacientes.

7 CONCLUSÃO

Mediante os resultados desse estudo podemos concluir que:

- A adição das partículas não reduziu a efetividade clareadora. O tipo de partícula adicionada ao gel clareador influencia na efetividade clareadora. A adição da partícula 45S5 levou a uma maior alteração de cor, já a concentração da partícula não alterou a efetividade clareadora;
- As duas partículas contribuíram para o aumento da microdureza, com resultados mais expressivos em maiores concentrações. O grupo com S-PRG a 20% apresentou o maior aumento da microdureza;
- O tipo e a concentração da partícula não influenciaram na rugosidade após o clareamento;
- Após 14 dias de protocolo cariogênico o grupo S-PRG a 20% apresentou um efeito preventivo na alteração da densidade mineral, sendo diferente dos grupos com a partícula 45S5 no mesmo tempo de avaliação;
- O tipo de partícula adicionada ao gel clareador influencia na profundidade da lesão perante o protocolo cariogênico, com a partícula S-PRG resultando em uma menor profundidade quando comparada à partícula 45S5;
- Após 14 dias de protocolo cariogênico o grupo S-PRG a 20% apresentou um efeito preventivo para a alteração da densidade mineral e da profundidade da lesão semelhante ao grupo controle fluoreto e diferente do controle negativo;
- O tipo e a concentração da partícula não influenciaram na suscetibilidade ao desgaste dental erosivo;
- A adição de partículas bioativas ao gel clareador dental apresenta resultados positivos para o procedimento de clareamento dental.

REFERÊNCIAS

Abdel-Halim ESS, Al-Deyab SS. One-step bleaching process for cotton fabrics using activated hydrogen peroxide. *Carbohydr Polym.* 2013;92(2):1844–9. doi: 10.1016/j.carbpol.2012.11.045. PMID: 23399227.

Abdul Rahman MN, Qader OAJA, Sukmasari S, Ismail AF, Doolaanea AA. Rheological characterization of different gelling polymers for dental gel formulation. *J Pharm Sci Res.* 2017;9(12):2633–40.

Akabane K, Hiraishi N, Shimojima M, Nassar M, Qi F, Otsuki M. The bleaching effect of office bleaching agents containing S-PRG filler evaluated by pH value and electron spin resonance. *Clin Oral Investig.* 2023;27:4051–9. doi: 10.1007/s00784-023-05031-0.

Al-Angari SS, Lippert F, Platt JA, Eckert GJ, González-Cabezas C, Li Y, et al. Dental bleaching efficacy and impact on demineralization susceptibility of simulated stained-remineralized caries lesions. *J Dent.* 2019;81:59–63. doi: 10.1016/j.jdent.2018.12.008. PMID: 30579860.

Al-eesa NA, Johal A, Hill RG, Wong FSL. Fluoride containing bioactive glass composite for orthodontic adhesives — Apatite formation properties. *Dent Mater.* 2018;34:1127–33. doi: 10.1016/j.dental.2018.04.009. PMID: 29779628.

Al-eesa NA, Karpukhina N, Hill RG, Johal A, Wong FSL. Bioactive glass composite for orthodontic adhesives — Formation and characterisation of apatites using MAS-NMR and SEM. *Dent Mater.* 2019;35(4):597–605. doi: 10.1016/j.dental.2019.02.010. PMID: 30808559.

Al-Qunaian TA. The effect of whitening agents on caries susceptibility of human enamel. *Oper Dent.* 2005;30(2):265–70.

Al-Salehi SK, Wood DJ, Hatton P V. The effect of 24 h non-stop hydrogen peroxide concentration on bovine enamel and dentine mineral content and microhardness. *J Dent.* 2007;35:845–50. doi: 10.1016/j.jdent.2007.08.001. PMID: 17869403.

Al-Zarea BK. Satisfaction with appearance and the desired treatment to improve aesthetics. *Int J Dent.* 2013;2013:1–7. doi: 10.1155/2013/912368. PMID: 23509462.

Albers H. Lightening natural teeth. *ADEPT Rep.* 1991;2:1–24.

Alkhatib MN, Holt R, Bedi R. Age and perception of dental appearance and tooth colour. *Gerodontology.* 2005;22(1):32–6. doi: 10.1111/j.1741-2358.2004.00045.x. PMID: 15747896.

Allen LV, Zanowski P. Pharmaceutical dosage forms. *Ullmann's Encycl. Ind. Chem.* Weinheim: Wiley; 2014. p. 1–45. doi: 10.1002/14356007.a19_241.pub2.

Alqahtani MQ. Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *Saudi Dent J.* 2014;26(2):33–46. doi: 10.1016/j.sdentj.2014.02.002. PMID: 25408594.

Alves EA, Alves FKA, de Jesus Campos E, Mathias P, Campos EDJ, Mathias P. Susceptibility to carieslike lesions after dental bleaching with different techniques. *Quintessence Int.* 2007;38(7):404–9. PMID: 17694204.

Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM. Factors affecting the development of carious lesions in bovine teeth in vitro. *Arch Oral Biol.* 1998;43(8):619–28. doi: 10.1016/S0003-9969(98)00043-0. PMID: 9758044.

Amaechi BT, Kasundra H, Joshi D, Abdollahi A, Azees PAA, Okoye LO. Effectiveness of S-PRG filler-containing toothpaste in inhibiting demineralization of human tooth surface. *Open Dent J.* 2018;12(1):811–9. doi: 10.2174/1874210601812010811.

Andrade ACM, Tenuta LM, Borges AB, Torres CRG. Effect of a hydrogen peroxide bleaching agent with calcium and phosphorus-containing salts on enamel surface hardness and roughness. *Am J Dent.* 2021;34(4):215–21. PMID: 34370915.

Angamuthu M. Critical quality attributes of topical semi-solid dosage forms: Solvent activity. University of Mississippi, 2016.

Ashnagar S, Monzavi A, Abbasi M, Aghajani M, Chiniforush N. Evaluation of the effect of different laser activated bleaching methods on enamel susceptibility to caries: An in vitro model. *J Lasers Med Sci.* 2017;8:62–7. doi: 10.15171/jlms.2017.s12.

Attin T, Kocabiyik M, Buchalla W, Hannig C, Becker K. Susceptibility of enamel surfaces to demineralization after application of fluoridated carbamide peroxide gels. *Caries Res.* 2003;37(2):93–9. doi: 10.1159/000069015. PMID: 12652046.

Attin T, Vollmer D, Wiegand A, Attin R, Betke H. Subsurface microhardness of enamel and dentin after different external bleaching procedures. *Am J Dent.* 2005;18(1):8–12.

Azer SS, Hague AL, Johnston WM. Effect of pH on tooth discoloration from food colorant in vitro. *J Dent.* 2010;38:106–9. doi: 10.1016/j.jdent.2010.07.014. PMID: 20692318.

Bach RD, Ayala PY, Schlegel HB. A reassessment of the bond dissociation energies of peroxides. An ab initio study. *J Am Chem Soc.* 1996;118(50):12758–65. doi: 10.1021/ja961838i.

Baratieri LN, Araujo E, Monteiro Jr. S. Color in natural teeth and direct resin composite restorations: Essential aspects. *Eur J Esthet Dent.* 2007;2(2):172–86.

Barcellos DC, Silva MA Da, Batista GR, Pleffken PR, Pucci CR, Borges AB, et al. Absence or weak correlation between chewing side preference and lateralities in primary, mixed and permanent dentition. *Arch Oral Biol.* 2012;57(8):1086–92. doi: 10.1016/j.archoralbio.2012.02.022. PMID: 22469391.

Basting RT, Antunes EVG, Turssi CP, do Amaral FLB, Franca FMG, Florio FM. In vitro evaluation of calcium and phosphorus concentrations in enamel submitted to an in-office bleaching gel treatment containing calcium. *Gen Dent.* 2015;63(5):52–6. PMID: 26325643.

Basting RT, Rodrigues AL, Serra MC. The effect of 10% carbamide peroxide, carbopol and/or glycerin on enamel and dentin microhardness. *Oper Dent*. 2005;30(5):608–16. PMID: 16268396.

Basting RT, Rodrigues ALJ, Serra MC. The effects of seven carbamide peroxide bleaching agents on enamel microhardness over time. *J Am Dent Assoc*. 2003;134(10):1335–42. doi: 10.14219/jada.archive.2003.0047. PMID: 14620012.

Becker K, Engler K, Trakiniené G, Attin T, Attin R. Advanced transversal microradiography enables single section demineralization experiments. *Meas J Int Meas Confed*. 2020;149:1–11. doi: 10.1016/j.measurement.2019.106999.

Benetti F, Gomes-Filho JE, Ferreira LL, Ervolino E, Briso ALF, Sivieri-Araújo G, et al. Hydrogen peroxide induces cell proliferation and apoptosis in pulp of rats after dental bleaching in vivo: Effects of the dental bleaching in pulp. *Arch Oral Biol*. 2017;81:103–9. doi: 10.1016/j.archoralbio.2017.04.013. PMID: 28500951.

Benetti F, Gomes-Filho JE, Ferreira LL, Sivieri-Araújo G, Ervolino E, Briso ALF, et al. Concentration-dependent effect of bleaching agents on the immunolabelling of interleukin-6, interleukin-17 and CD5-positive cells in the dental pulp. *Int Endod J*. 2018;51(7):789–99. doi: 10.1111/iej.12891. PMID: 29352770.

Berger SB, Cavalli V, Martin AA, Soares LES, Arruda MAZ, Brancalion ML, et al. Effects of combined use of light irradiation and 35% hydrogen peroxide for dental bleaching on human enamel mineral content. *Photomed Laser Surg*. 2010;28(4):533–8. doi: 10.1089/pho.2009.2506. PMID: 19860555.

Berger SB, Soares LES, Martin AA, Ambrosano GMB, Tabchoury CPM, Giannini M. Effects of various hydrogen peroxide bleaching concentrations and number of applications on enamel. *Brazilian J Oral Sci*. 2014;13(1):22–7. doi: 10.1590/1677-3225v13n1a05.

Bernardon JK, Sartori N, Ballarin A, Perdigão J, Lopes GC, Baratieri LN. Clinical performance of vital bleaching techniques. *Oper Dent*. 2010;35(1):3–10. doi: 10.2341/09-008CR. PMID: 20166405.

Borges A, Zanatta R, Barros A, Silva L, Pucci C, Torres C. Effect of hydrogen peroxide concentration on enamel color and microhardness. *Oper Dent*. 2015;40(1):96–101. doi: 10.2341/13-371-L. PMID: 25136902.

Borges AB, Samezima LY, Fonseca LP, Yui KCK, Borges ALS, Torres CRG. Influence of potentially remineralizing agents on bleached enamel microhardness. *Oper Dent*. 2009;34(5):593–7. doi: 10.2341/08-081-L. PMID: 19830975.

Borges AB, Santos LFTFTF, Augusto MG, Bonfietto D, Hara AT, Torres CRGG. Toothbrushing abrasion susceptibility of enamel and dentin bleached with calcium-supplemented hydrogen peroxide gel. *J Dent*. 2016;49:54–9. doi: 10.1016/j.jdent.2016.03.009. PMID: 27072568.

Borges AB, Torres CRG, De Souza PAB, Caneppele TMF, Santos LFTF, Magalhães AC. Bleaching gels containing calcium and fluoride: Effect on enamel erosion susceptibility. *Int J Dent*. 2012;2012:1–6. doi: 10.1155/2012/347848. PMID:

23193404.

Borges BCD, Borges JS, De Melo CD, Pinheiro IVA, Dos Santos AJS, Braz R, et al. Efficacy of a novel at-home bleaching technique with carbamide peroxides modified by cpp-acp and its effect on the microhardness of bleached enamel. *Oper Dent*. 2011;36(5):521–8. doi: 10.2341/11-013-L. PMID: 21819199.

Burgmaier GM, Schulze IM, Attin T. Fluoride uptake and development of artificial erosions in bleached and fluoridated enamel in vitro. *J Oral Rehabil*. 2002;29(9):799–804. doi: 10.1046/j.1365-2842.2002.00966.x. PMID: 12366531.

Burwell AK, Litkowski LJ, Greenspan DC. Calcium sodium phosphosilicate (NovaMin): remineralization potential. *Adv Dent Res*. 2009;21(1):35–9. doi: 10.1177/0895937409335621. PMID: 19710080.

Buskes JAKM, Christoffersen J, Arends J. Lesion formation and lesion remineralization in enamel under constant composition conditions: A new technique with applications. *Caries Res*. 1985;19(6):490–6. doi: 10.1159/000260887. PMID: 3865704.

Buzalaf MAR, Hannas AR, Magalhães AC, Rios D, Honório HM, Delbem ACB. Ph-cycling models for in vitro evaluation of the efficacy of fluoridated dentifrices for caries control: Strengths and limitations. *J Appl Oral Sci*. 2010;18(4):316–34. doi: 10.1590/S1678-77572010000400002. PMID: 20835565.

Cadenaro M, Breschi L, Nucci C, Antonioli F, Visintini E, Prati C, et al. Effect of two in-office whitening agents on the enamel surface in vivo: A morphological and non-contact profilometric study. *Oper Dent*. 2008;33(2):127–34. doi: 10.2341/07-89. PMID: 18435185.

Cadenaro M, Navarra CO, Mazzoni A, Nucci C, Matis BA, Di Lenarda R, et al. An in vivo study of the effect of a 38 percent hydrogen peroxide in-office whitening agent on enamel. *J Am Dent Assoc*. 2010;141(4):449–54. doi: 10.14219/jada.archive.2010.0198. PMID: 20354095.

Carey CM. Tooth whitening: What we now know. *J Evid Based Dent Pract*. 2014;14:70–6. doi: 10.1016/j.jebdp.2014.02.006. PMID: 24929591.

Carvalho TS, Colon P, Ganss C, Huysmans MC, Lussi A, Schlueter N, et al. Consensus report of the European Federation of Conservative Dentistry: Erosive tooth wear—diagnosis and management. *Clin Oral Investig*. 2015;19(7):1557–61. doi: 10.1007/s00784-015-1511-7. PMID: 26121968.

Carvalho TS, Lussi A. Combined effect of a fluoride-, stannous- and chitosan-containing toothpaste and stannous-containing rinse on the prevention of initial enamel erosion-abrasion. *J Dent*. 2014;42(4):450–9. doi: 10.1016/j.jdent.2014.01.004. PMID: 24440712.

Cavalli V, Giannini M, Carvalho RM. Effect of carbamide peroxide bleaching agents on tensile strength of human enamel. *Dent Mater*. 2004;20(8):733–9. doi: 10.1016/j.dental.2003.10.007. PMID: 15302454.

Cavalli V, Rodrigues LKA, Paes-Leme AF, Brancalion ML, Arruda MAZ, Berger SB,

et al. Effects of bleaching agents containing fluoride and calcium on human enamel. *Quintessence Int.* 2010;41(8):157–65. PMID: 20657849.

Cavalli V, Rodrigues LKA, Paes-Leme AF, Soares LES, Martin AA, Berger SB, et al. Effects of the addition of fluoride and calcium to low-concentrated carbamide peroxide agents on the enamel surface and subsurface. *Photomed Laser Surg.* 2011;29(5):319–25. doi: 10.1089/pho.2010.2797. PMID: 21204703.

Chen HP, Chang CH, Liu JK, Chuang SF, Yang JY. Effect of fluoride containing bleaching agents on enamel surface properties. *J Dent.* 2008;36(9):718–25. doi: 10.1016/j.jdent.2008.05.003. PMID: 18573586.

Chen T. Dental bleach. US 6,730,316 B2, 2004.

Cheng L, Zhang L, Yue L, Ling J, Fan M, Yang D, et al. Expert consensus on dental caries management. *Int J Oral Sci.* 2022;14(1). doi: 10.1038/s41368-022-00167-3. PMID: 35361749.

Costa CA de S, Riehl H, Kina JF, Sacono NT, Hebling J. Human pulp responses to in-office tooth bleaching. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109:59–64. doi: 10.1111/jerd.12121. PMID: 20303048.

Costa JL de SG, Besegato JF, Manzoli TM, Nogueira BR, Mesquita-de-Almeida EN, Kuga MC. Influence of F-18 bioactive glass incorporation into whitening gel on properties of bovine dental enamel. *Int J Odontostomatol.* 2022;16(3):389–95. doi: 10.4067/s0718-381x2022000300389.

Crastechini E, Borges AB, Torres CRG, Bühler Borges A, Gomes Torres CR. Effect of remineralizing gels on microhardness, color and wear susceptibility of bleached enamel. *Oper Dent.* 2019;44(1):76–87. doi: 10.2341/17-150-L. PMID: 29953340.

Czarnecka B, Nicholson JW. Ion release by resin-modified glass-ionomer cements into water and lactic acid solutions. *J Dent.* 2006;34(8):539–43. doi: 10.1016/j.jdent.2005.08.007.

Dabsie F, Gregoire G, Sixou M, Sharrock P. Does strontium play a role in the cariostatic activity of glass ionomer? Strontium diffusion and antibacterial activity. *J Dent.* 2009;37(7):554–9. doi: 10.1016/j.jdent.2009.03.013. PMID: 19410352.

Dascanio R, Coelho C, Souza M, Zanotto E, Cavalli V. Does the addition of bioglass 45S5 to a bleaching gel influence enamel color, roughness, and mineral content? *Res Sq.* 2023;pre print:1–16. doi: doi.org/10.21203/rs.3.rs-2912618/v1.

Dawes C. What is the critical pH and why does a tooth dissolve in acid? *J Can Dent Assoc (Tor).* 2003;69(11):722–4. PMID: 14653937.

de Abreu DR, Sasaki RT, Amaral FLB, Flório FM, Basting RT. Effect of home-use and in-office bleaching agents containing hydrogen peroxide associated with amorphous calcium phosphate on enamel microhardness and surface roughness. *J Esthet Restor Dent.* 2011;23(3):158–68. doi: 10.1111/j.1708-8240.2010.00394.x. PMID: 21649830.

de Carvalho ACG, de Souza TF, Liporoni PCS, Pizi ECG, Matuda LS de A, Catelan

A. Effect of bleaching agents on hardness, surface roughness and color parameters of dental enamel. *J Clin Exp Dent*. 2020;12(7):670–5. doi: 10.4317/JCED.56913.

Deng M, Wen H-L, Dong X-L, Li F, Xu X, Li H, et al. Effects of 45S5 bioglass on surface properties of dental enamel subjected to 35% hydrogen peroxide. *Int J Oral Sci*. 2013;5(2):103–10. doi: 10.1038/ijos.2013.31.

dos Santos DMS, Braga AS, Rizk M, Wiegand A, Magalhães AC. Comparison between micro-computed tomography and transverse microradiography of sound dentine treated with fluorides and demineralized by microcosm biofilm. *Eur J Oral Sci*. 2019;127(6):508–14. doi: 10.1111/eos.12656. PMID: 31584713.

Eimar H, Marelli B, Nazhat SN, Abi Nader S, Amin WM, Torres J, et al. The role of enamel crystallography on tooth shade. *J Dent*. 2011;39(3):3–10. doi: 10.1016/j.jdent.2011.11.008. PMID: 22101119.

Eimar H, Siciliano R, Abdallah M-N, Nader SA, Amin WM, Martinez P-P, et al. Hydrogen peroxide whitens teeth by oxidizing the organic structure. *J Dent*. 2012;40(2):25–33. doi: 10.1016/j.jdent.2012.08.008. PMID: 22925924.

El-Damanhoury HM, Elsahn NA, Sheela S, Bastaty T. In vitro enamel remineralization efficacy of calcium silicate-sodium phosphate-fluoride salts versus novamin bioactive glass, following tooth whitening. *Eur J Dent*. 2021;15:515–22. doi: 10.1055/s-0040-1722484. PMID: 33622008.

Elfallah HM, Bertassoni LE, Charadram N, Rathsam C, Swain M V. Effect of tooth bleaching agents on protein content and mechanical properties of dental enamel. *Acta Biomater*. 2015;20:120–8. doi: 10.1016/j.actbio.2015.03.035. PMID: 25841347.

Engle K, Hara AT, Matis B, Eckert GJ, Zero DT. Erosion and abrasion of enamel and dentin associated with at-home bleaching: An in vitro study. *J Am Dent Assoc*. 2010;141(5):546–51. doi: 10.14219/jada.archive.2010.0227. PMID: 20436102.

Eriksen HM, Nordbø H. Extrinsic discoloration of teeth. *J Clin Periodontol*. 1978;5:229–36. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.1978.tb01916.x>.

Featherstone JDB, Ten Cate JM, Shariati M, Arends J. Comparison of artificial caries-like lesions by quantitative microradiography and microhardness profiles. *Caries Res*. 1983;17:385–91.

Featherstone JDB, Stookey GK, Kaminski MA, Faller R V. Recommendation for a non-animal alternative to rat caries testing. *Am J Dent*. 2011;24(5):289–94. PMID: 22165456.

Fejerskov O. Changing paradigms in concepts on dental caries: Consequences for oral health care. *Caries Res*. 2004;38(3):182–91. doi: 10.1159/000077753. PMID: 15153687.

Fernández CE, Silva-Acevedo CA, Padilla-Orellana F, Zero D, Carvalho TS, Lussi A. Should we wait to brush our teeth? A scoping review regarding dental caries and erosive tooth wear. *Caries Res*. 2024:1–14. doi: 10.1159/000538862.

Ferreira AM da C, Duarte LL de O. The effect of triethanolamine on the iron(III)-

catalysed decomposition of hydrogen peroxide. *J Coord Chem*. 1991;24(4):339–50. doi: 10.1080/00958979109407894.

Flemming J, Meyer-Probst CT, Speer K, Kölling-Speer I, Hannig C, Hannig M. Preventive applications of polyphenols in dentistry—a review. *Int J Mol Sci*. 2021;22(9). doi: 10.3390/ijms22094892. PMID: 34063086.

Fujimoto Y, Iwasa M, Murayama R, Miyazaki M, Nagafuji A, Nakatsuka T. Detection of ions released from S-PRG fillers and their modulation effect. *Dent Mater J*. 2010;29(4):392–7. doi: 10.4012/dmj.2010-015. PMID: 20610878.

Gaffar A. Oral compositions having accelerated tooth whitening effect. 5,648,064, 1997.

Ganss C, Schlueter N, Hardt M, Schattenberg P, Klimek J. Effect of fluoride compounds on enamel erosion in vitro: A comparison of amine, sodium and stannous fluoride. *Caries Res*. 2008;42(1):2–7. doi: 10.1159/000111743. PMID: 18042984.

Gholami S, Labbaf S, Houreh AB, Ting HK, Jones JR, Nasr Esfahani MH. Long term effects of bioactive glass particulates on dental pulp stem cells in vitro. *Biomed Glas*. 2017;3(1):96–103. doi: 10.1515/bglass-2017-0009.

Giniger M, MacDonald J, Ziemba S, Felix H. The clinical performance of professionally dispensed bleaching gel with added amorphous calcium phosphate. *J Am Dent Assoc*. 2005;136(3):383–92. doi: 10.14219/jada.archive.2005.0181. PMID: 15819354.

Giray F, Durhan MA, Haznedaroglu E, Durmus B, Kalyoncu IO, Tanboga I. Resin infiltration technique and fluoride varnish on white spot lesions in children: Preliminary findings of a randomized clinical trial. *Niger J Clin Pract*. 2018;21(12):1564–9. doi: 10.4103/njcp.njcp_209_18.

Gjorgievska E, Nicholson JW. Prevention of enamel demineralization after tooth bleaching by bioactive glass incorporated into toothpaste. *Aust Dent J*. 2011;56(2):193–200. doi: 10.1111/j.1834-7819.2011.01323.x. PMID: 21623812.

Goddard ED, Gruber J V. Principles of polymer science and technology in cosmetic and personal care. New York: Marcel Dekker, Inc; 1999. doi: 10.1016/S0168-3659(00)00252-2.

Gohar RA, Safwat OM, Ibrahim SH. Elemental, ultra-morphologic changes and microhardness of enamel surfaces after using bleaching agents with and without fluoride versus sound enamel surface: in vitro study. *J Oral Dent Heal Res*. 2020;2(2):1–6.

Golle J, Mast FW, Lobmaier JS, Golle J, Mast FW, Lobmaier JS. Something to smile about: The interrelationship between attractiveness and emotional expression. *Cogn Emot*. 2014;28(2):298–310. doi: 10.1080/02699931.2013.817383.

Gonçalves MLL, Tavares AC da S, Mota ACC da, Penna LAP, Deana AM, Bussadori SK, et al. In-office tooth bleaching for adolescents using hydrogen peroxide-based gels: Clinical trial. *Braz Dent J*. 2017;28(6):720–5. doi: 10.1590/0103-6440201701516. PMID: 29211128.

- González-Cabezas C. The chemistry of caries: Remineralization and demineralization events with direct clinical relevance. *Dent Clin North Am.* 2010;54(3):469–78. doi: 10.1016/j.cden.2010.03.004. PMID: 20630190.
- Hägerström H, Hagerstrom H. Polymer gels as pharmaceutical dosage forms. *Acta Universitatis Upsaliensis*, 2003.
- Hamza B, Attin T, Cucuzza C, Gubler A, Wegehaupt FJ. RDA and REA values of commercially available toothpastes utilising diamond powder and traditional abrasives. *Oral Health Prev Dent.* 2020;18(1):807–14. doi: 10.3290/j.ohpd.a45085. PMID: 32895665.
- Hamza B, Uka E, Körner P, Attin T, Wegehaupt FJ. Effect of a sonic toothbrush on the abrasive dentine wear using toothpastes with different abrasivity values. *Int J Dent Hyg.* 2021;19(4):407–12. doi: 10.1111/idh.12531. PMID: 34115427.
- Han L, Okiji T. Evaluation of the ions release/incorporation of the prototype S-PRG filler-containing endodontic sealer. *Dent Mater J.* 2011;30(6):898–903. doi: 10.4012/dmj.2011-101. PMID: 22123015.
- Hannig C, Spitzmüller B, Hoth-Hannig W, Hannig M. Targeted immobilisation of lysozyme in the enamel pellicle from different solutions. *Clin Oral Investig.* 2011;15(1):65–73. doi: 10.1007/s00784-009-0357-2.
- Hench LL. The story of Bioglass. *J Mater Sci Mater Med.* 2006;17(11):967–78. doi: 10.1007/s10856-006-0432-z. PMID: 17122907.
- Hong D wei, Lin X jiao, Wiegand A, Yu H. Does delayed toothbrushing after the consumption of erosive foodstuffs or beverages decrease erosive tooth wear? A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2020;24(12):4169–83. doi: 10.1007/s00784-020-03614-9. PMID: 33052542.
- Hosoya Y, Tadokoro K, Inoue T, Miyazaki M, Tay FR. Effect of SI-R20401 to remineralize artificial incipient enamel lesions in primary teeth. *J Oral Sci.* 2013;55(4):301–10. doi: 10.2334/josnurd.55.301. PMID: 24351918.
- Iijima M, Ishikawa R, Kawaguchi K, Ito S, Saito T, Mizoguchi I. Effects of pastes containing ion-releasing particles on dentin remineralization. *Dent Mater J.* 2018;38(2):271–7. doi: 10.4012/dmj.2018-015. PMID: 30541992.
- Iijima M, Ito S, Nakagaki S, Kohda N, Muguruma T, Saito T, et al. Effects of immersion in solution of an experimental toothpaste containing S-PRG filler on like-remineralizing ability of etched enamel. *Dent Mater J.* 2014;33(3):430–6. doi: 10.4012/dmj.2013-224. PMID: 24882113.
- Imazato S, Nakatsuka T, Kitagawa H, Sasaki J, Yamaguchi S. Multiple-ion releasing bioactive surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) filler: Innovative technology for dental treatment and care. *J Funct Biomater.* 2023;14(236):1–18. doi: 10.3390/jfb14040236.
- Imfeld T. Standard operation procedures for the relative dentin abrasion: (RDA) method used at Zurich University. *J Clin Dent.* 2010;21:11–2.

Ito Y, Otsuki M, Tagami J. Effect of pH conditioners on tooth bleaching. *Clin Exp Dent Res*. 2019;5(3):212–8. doi: 10.1002/cre2.172. PMID: 31249701.

Jansen EE, Meyer-Lueckel H, Esteves-Oliveira M, Wierichs RJ. Do bleaching gels affect the stability of the masking and caries-arresting effects of caries infiltration—in vitro. *Clin Oral Investig*. 2021;25(6):4011–21. doi: 10.1007/s00784-020-03732-4. PMID: 33319337.

Jaramillo R, López E, Latorre F, Agudelo A. Effect of polishing systems on the surface roughness of nano-hybrid and nano-filling composite resins: a systematic review. *Dent J*. 2021;9(8):2–17. PMID: 14620660.

Jelvehgari M, Rashidi M-R, Samadi H. Mucoadhesive and drug release properties of benzocaine gel. *Iran J Pharm Sci Autumn*. 2006;2(4):185–94.

Jiang T, Guo YR, Feng XW, Sa Y, Yang X, Wang M, et al. Hydrogen peroxide might bleach natural dentin by oxidizing phosphoprotein. *J Dent Res*. 2018;97(12):1339–45. doi: 10.1177/0022034518784260. PMID: 29939809.

Joiner A. Tooth colour: A review of the literature. *J Dent*. 2004;32:3–12. doi: 10.1016/j.jdent.2003.10.013. PMID: 14738829.

Jones JR. Review of bioactive glass: From Hench to hybrids. *Acta Biomater*. 2013;9(1):4457–86. doi: 10.1016/j.actbio.2012.08.023. PMID: 22922331.

Jurema ALB, de Souza MY, Torres CRG, Borges AB, Caneppele TMF. Effect of pH on whitening efficacy of 35 % hydrogen peroxide and enamel microhardness. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30:39–44. doi: 10.1111/jerd.12367.

Kaewpinta A, Khongkhunthian S, Chaijareenont P, Okonogi S. Preparation and characterization of rice gels containing tooth bleaching agent. *Drug Discov Ther*. 2018;12(5):275–82. doi: 10.5582/ddt.2018.01057.

Kaga M, Kakuda S, Ida Y, Toshima H, Hashimoto M, Endo K, et al. Inhibition of enamel demineralization by buffering effect of S-PRG filler-containing dental sealant. *Eur J Oral Sci*. 2014;122(1):78–83. doi: 10.1111/eos.12107. PMID: 24372898.

Kassebaum NJ, Bernabé E, Dahiya M, Bhandari B, Murray CJL, Marcenes W. Global burden of untreated caries: A systematic review and metaregression. *J Dent Res*. 2015;94(5):650–8. doi: 10.1177/0022034515573272. PMID: 25740856.

Kaur G, Pandey OP, Singh K, Homa D, Scott B, Pickrell G. A review of bioactive glasses: Their structure, properties, fabrication and apatite formation. *J Biomed Mater Res*. 2014;102(1):254–74. doi: 10.1002/jbm.a.34690. PMID: 23468256.

Kawamoto K, Tsujimoto Y. Effects of the hydroxyl radical and hydrogen peroxide on tooth bleaching. *J Endod*. 2004;30(1):45–50. doi: 10.1097/00004770-200401000-00010. PMID: 14760908.

Klimek J, Hellwig E, Ahrens G. Fluoride taken up by plaque, by the underlying enamel and by clean enamel from three fluoride compounds in vitro. *Caries Res*. 1982;16:156–61.

Körner P, Schleich JA, Wiedemeier DB, Attin T, Wegehaupt FJ. Effects of additional use of bioactive glasses or a hydroxyapatite toothpaste on remineralization of artificial lesions in vitro. *Caries Res.* 2020;54(4):336–42. doi: 10.1159/000510180. PMID: 32998154.

Kossatz S, Martins G, Loguercio AD, Reis A. Tooth sensitivity and bleaching effectiveness associated with use of a calcium-containing in-office bleaching gel. *J Am Dent Assoc.* 2012;143(12):e81-7. doi: 10.14219/jada.archive.2012.0075. PMID: 23204096.

Kuhn AT, Wilson AD. The dissolution mechanisms of silicate and glass-ionomer dental cements. *Biomaterials.* 1985;6(6):378–82. doi: 10.1016/0142-9612(85)90096-1. PMID: 3910125.

Kury M, Hiers RD, Zhao YD, Picolo MZD, Hsieh J, Khajotia SS, et al. Novel experimental in-office bleaching gels containing co-doped titanium dioxide nanoparticles. *Nanomaterials.* 2022;12:1–23. doi: 10.3390/nano12172995.

Kwon SR, Dawson D V, Schenck DM, Fiegel J, Wertz PW. Spectrophotometric evaluation of potassium nitrate penetration into the pulp cavity. *Oper Dent.* 2015;40(6):614–21. doi: 10.2341/14-214-L. PMID: 26151563.

Kwon SR, Wertz PW. Review of the mechanism of tooth whitening. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(5):240–57. doi: 10.1111/jerd.12152.

Lee J, Saleah SA, Jeon B, Wijesinghe RE, Lee DE, Jeon M, et al. Assessment of the inner surface roughness of 3D printed dental crowns via optical coherence tomography using a roughness quantification algorithm. *IEEE Access.* 2020;8:133854–64. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3011136.

Lee KH, Kim HI, Kim KH, Kwon YH. Mineral loss from bovine enamel by a 30% hydrogen peroxide solution. *J Oral Rehabil.* 2006;33(3):229–33. doi: 10.1111/j.1365-2842.2004.01360.x. PMID: 16512890.

Li Y. Toxicological considerations of tooth bleaching using peroxide-containing agents. *J Am Dent Assoc.* 1997;128(4):31–6. doi: 10.14219/jada.archive.1997.0420. PMID: 9120143.

Lussi A, Hellwig E. Risk Assessment and casual preventive measures. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:220–9. doi: 10.1159/000360612. PMID: 24993270.

Lussi A, Hellwig E, Zero D, Jaeggi T. Erosive tooth wear: diagnosis, risk factors and prevention. *Am J Dent.* 2006;19(6):319–25. PMID: 17212071.

Ma S, Imazato S, Chen J, Mayanagi G, Takahashi N, Ishimoto T, et al. Effects of a coating resin containing S-PRG filler to prevent demineralization of root surfaces. *Dent Mater J.* 2012;31(6):909–15. doi: 10.4012/dmj.2012-061. PMID: 23207194.

Ma X, Li R, Sa Y, Liang S, Sun L, Jiang T, et al. Separate contribution of enamel and dentine to overall tooth colour change in tooth bleaching. *J Dent.* 2011;39(11):739–45. doi: 10.1016/j.jdent.2011.08.005. PMID: 21864642.

Magalhães JG, Marimoto ÂRK, Torres CRG, Pagani C, Teixeira SC, Barcellos DC.

Microhardness change of enamel due to bleaching with in-office bleaching gels of different acidity. *Acta Odontol Scand.* 2012;70(2):122–6. doi: 10.3109/00016357.2011.600704. PMID: 21780968.

Mailart MC, Borges AB, Wierichs RJ, Torres CRG, Carvalho TS. Effect of whitening products on sound enamel and on artificial caries lesions during a cariogenic challenge. *Clin Oral Investig.* 2023;27(6):3105–16. doi: 10.1007/s00784-023-04916-4. PMID: 36809355.

Marinho VC, Higgins JP, Logan S, Sheiham A. Topical fluoride (toothpastes, mouthrinses, gels or varnishes) for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010;2003(4):1–157. doi: 10.1002/14651858.cd002782. PMID: 14583954.

Markovic L, Jordan RA, Lakota N, Gaengler P. Micromorphology of enamel surface after vital tooth bleaching. *J Endod.* 2007;33(5):607–10. doi: 10.1016/j.joen.2007.01.011. PMID: 17437883.

Matis BA, Cochran MA, Eckert GJ, Matis JI. In vivo study of two carbamide peroxide gels with different desensitizing agents. *Oper Dent.* 2007;32(6):549–55. doi: 10.2341/07-10. PMID: 18051004.

McEvoy SA. Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth. I. Technique development. *Quintessence Int (Berl).* 1989;20(5):323–8. PMID: 2667019.

Mei-King Ng S, DiTomasso D-M. Stable hydrogen peroxide dental gel containing fumed silicas. 0288419B1, 1989.

Moecke SE, Silva AG de CS, Andrade ACM, Borges AB, Torres CRG. Efficacy of S-PRG filler varnishes on enamel caries remineralization. *J Dent.* 2022;119(1):104074. doi: 10.1016/j.jdent.2022.104074.

Mondelli RFL, Gabriel TRCG, Rizzante FAP, Magalhães AC, Bombonatti JFS, Ishikiriyama SK. Do different bleaching protocols affect the enamel microhardness? *Eur J Dent.* 2015;9(1):25–30. doi: 10.4103/1305-7456.149634.

Montero J, Gómez-Polo C, Santos JA, Portillo M, Lorenzo MC, Albaladejo A. Contributions of dental colour to the physical attractiveness stereotype. *J Oral Rehabil.* 2014;41(10):768–82. doi: 10.1111/joor.12194. PMID: 24905467.

Mukai Y, Kamijo K, Fujino F, Hirata Y, Teranaka T, Ten Cate JM. Effect of denture base-resin with prereacted glass-ionomer filler on dentin demineralization. *Eur J Oral Sci.* 2009;117(6):750–4. doi: 10.1111/j.1600-0722.2009.00678.x. PMID: 20121940.

Muller P. Glossary of terms used in physical organic chemistry. *Pure Appl Chem.* 1994;66(5):1077–184. doi: 10.1351/pac199466051077.

Nakatsuka T, Yasuda Y, Kimoto K, Mizuno M, Negoro N. Dental fillers. US 6620861 B1, 2003.

Nassau K. Color for science, art and technology. 1st ed. Amsterdam: Elsevier; 1997.

Nathoo SA. The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration. *J*

Am Dent Assoc. 1997;128(4):S-10. doi: 10.14219/jada.archive.1997.0428. PMID: 9120149.

Neto FCR, Maeda FA, Turssi CP, Serra MC. Potential agents to control enamel caries-like lesions. *J Dent*. 2009;37(10):786–90. doi: 10.1016/j.jdent.2009.06.008. PMID: 19595495.

Newton JT, Subramanian SS, Westland S, Gupta AK, Luo W, Joiner A. The impact of tooth colour on the perceptions of age and social judgements. *J Dent*. 2021;112:1–6. doi: 10.1016/j.jdent.2021.103771.

Odermatt R, Par M, Mohn D, Wiedemeier DB, Attin T, Tauböck TT. Bioactivity and physico-chemical properties of dental composites functionalized with nano-vs. Micro-sized bioactive glass. *J Clin Med*. 2020;9(3):1–13. doi: 10.3390/jcm9030772.

Odioso LL, Gibb RD, Gerlach RW. Impact of demographic, behavioral, and dental care utilization parameters on tooth color and personal satisfaction. *Compend Contin Educ Dent*. 2000(29):35–41. PMID: 11908408.

Ogawa Y, Sayed M, Hiraishi N, Al-Haj Husain N, Tagami J, Özcan M, et al. Effect of surface pre-reacted glass ionomer containing dental sealant on the inhibition of enamel demineralization. *J Funct Biomater*. 2022;13(4). doi: 10.3390/jfb13040189.

Okuwaki T, Sugimura R, Kurokawa H, Tsujimoto A, Takamizawa T, Miyazaki M, et al. Effect of ion-releasing filler-containing gel application on dentin remineralization using optical coherent tomography. *Am J Dentistry*. 2021;34(5):286–92. PMID: 34689454.

Par M, Attin T, Tarle Z, Tauböck TT. A new customized bioactive glass filler to functionalize resin composites: Acid-neutralizing capability, degree of conversion, and apatite precipitation. *J Clin Med*. 2020;9(4):1173. doi: 10.3390/jcm9041173.

Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31(2):103–12. doi: 10.1111/jerd.12465. PMID: 30891913.

Patil G, Reche A, Paul P. Tooth bleaching and its adverse effects: A review. *J Pharm Res Int*. 2022;34(57):35–44. doi: 10.9734/JPRI/2022/v34i577257.

Plotino G, Buono L, Grande NM, Pameijer CH, Somma F. Nonvital tooth bleaching: A review of the literature and clinical procedures. *J Endod*. 2008;34(4):394–407. doi: 10.1016/j.joen.2007.12.020. PMID: 18358884.

Potočnik I, Kosec L, Gašperšič D. Effect of 10% carbamide peroxide bleaching gel on enamel microhardness, microstructure, and mineral content. *J Endod*. 2000;26(4):203–6. doi: 10.1097/00004770-200004000-00001. PMID: 11199718.

Pretty IA, Edgar WM, Higham SM. The effect of bleaching on enamel susceptibility to acid erosion and demineralisation. *Br Dent J*. 2005;198(5):285–90. doi: 10.1038/sj.bdj.4812126. PMID: 15870755.

Price RBT, Sedarous M, Hiltz GS. The pH of tooth-whitening products. *J Can Dent Assoc (Tor)*. 2000;66:421–6.

- Proctor GB, Pramanik R, Carpenter GH, Rees GD. Salivary proteins interact with dietary constituents to modulate tooth staining. *J Dent Res*. 2005;84(1):73–8. doi: 10.1177/154405910508400113.
- Qin W, Wan Q, Ma Y, Wang C, Wan M, Ma S, et al. Manifestation and mechanisms of abnormal mineralization in teeth. *ACS Biomater Sci Eng*. 2023;9:1733–56. doi: 10.1021/acsbiomaterials.1c00592.
- Queiroz CS, Hara AT, Paes Leme AF, Cury JA. pH-Cycling models to evaluate the effect of low fluoride dentifrice on enamel de- and remineralization. *Braz Dent J*. 2008;19(1):21–7. doi: 10.1590/S0103-64402008000100004. PMID: 18438555.
- Rabiabasree R, Krishnakumar R, Prabhu AS, Naik NS, Shashibhushan KK, Janarthanan K. Inhibitory effect of a resin coat-containing prereacted glass fillers on the enamel demineralization of primary teeth: An in vitro pilot study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2019;37(2):146–50. doi: 10.4103/JISPPD.JISPPD_309_18. PMID: 31249177.
- Rastelli ANS, Nicolodelli G, Romano RA, Milori DMBP, Perazzoli ILO, Ferreira EJ, et al. After bleaching enamel remineralization using a bioactive glass-ceramic (BioSilicate). *Biomed Glas*. 2016;2(1):1–9. doi: 10.1515/bglass-2016-0001.
- Redha O, Strange A, Maeva A, Sambrook R, Mordan N, McDonald A, et al. Impact of carbamide peroxide whitening agent on dentinal collagen. *J Dent Res*. 2019;98(4):443–9. doi: 10.1177/0022034518822826. PMID: 30681930.
- Reis A, Kossatz S, Martins GC, Loguercio AD. Efficacy of and effect on tooth sensitivity of in-office bleaching gel concentrations: A randomized clinical trial. *Oper Dent*. 2013;38(4):386–93. doi: 10.2341/12-140-C. PMID: 23327226.
- Rezende M, Ferri L, Kossatz S, Loguercio AD, Reis A. Combined bleaching technique using low and high hydrogen peroxide in-office bleaching gel. *Oper Dent*. 2016;41(4):388–296. doi: 10.2341/15-266-C. PMID: 26919081.
- Rios D, Oliveira GC, Zampieri CR, Jordão MC, Dionisio EJ, Buzalaf MAR, et al. Resin-based materials protect against erosion/abrasion-a prolonged in situ study. *Oper Dent*. 2019;44(3):302–11. doi: 10.2341/17-198-L. PMID: 30629465.
- Ruben J, Arends J, Christoffersen J. The effect of window width on the demineralization of human dentine and enamel. *Caries Res*. 1999;33(3):214–9. doi: 10.1159/000016519. PMID: 10207197.
- Saito T, Toyooka H, Ito S, Crenshaw MA. In vitro study of remineralization of dentin: effects of ions on mineral induction by decalcified dentin matrix. *Caries Res*. 2003;37(6):445–9. doi: 10.1159/000073398.
- Saku S, Kotake H, Scougall-Vilchis RJ, Ohashi S, Hotta M, Horiuchi S, et al. Antibacterial activity of composite resin with glass-ionomer filler particles. *Dent Mater J*. 2010;29(2):193–8. doi: 10.4012/dmj.2009-050. PMID: 20379030.
- Samorodnitzky-Naveh GR, Geiger SB, Levin L. Patients' satisfaction with dental esthetics. *J Am Dent Assoc*. 2007;138(6):805–8. doi: 10.14219/jada.archive.2007.0269. PMID: 17545270.

Samuel SM, Rubinstein C. Microhardness of enamel restored with fluoride and non-fluoride releasing dental materials. *Braz Dent J*. 2001;12(1):35–8. PMID: 11210249.

Santos LFTF, Torres CRG, Caneppele TMF, Magalhães AC, Borges AB. Effect of home-bleaching gels modified by calcium and/or fluoride and the application of nano-hydroxyapatite paste on in vitro enamel erosion susceptibility. *Acta Odontol Scand*. 2016;74(2):121–6. doi: 10.3109/00016357.2015.1053150. PMID: 26083582.

Sato C, Rodrigues FA, Garcia DM, Vidal CMP, Pashley DH, Tjäderhane L, et al. Tooth bleaching increases dentinal protease activity. *J Dent Res*. 2013;92(2):187–92. doi: 10.1177/0022034512470831. PMID: 23242228.

Scaramucci T, Hara AT, Zero DT, Ferreira SS, Aoki I V., Sobral MAP. In vitro evaluation of the erosive potential of orange juice modified by food additives in enamel and dentine. *J Dent*. 2011;39(12):841–8. doi: 10.1016/j.jdent.2011.09.004. PMID: 21945448.

Schlueter N, Amaechi BT, Bartlett D, Buzalaf MAR, Carvalho TS, Ganss C, et al. Terminology of erosive tooth wear: Consensus report of a workshop organized by the ORCA and the Cariology Research Group of the IADR. *Caries Res*. 2020;54(1):2–6. doi: 10.1159/000503308. PMID: 31610535.

Shellis RP, Addy M, Rees GD. In vitro studies on the effect of sodium tripolyphosphate on the interactions of stain and salivary protein with hydroxyapatite. *J Dent*. 2005;33:313–24. doi: 10.1016/j.jdent.2004.09.006.

Shellis RP, Featherstone JDB, Lussi A. Understanding the chemistry of dental erosion. *Erosive Tooth Wear From Diagnosis to Ther*. 2012;25:163–79. doi: 10.1159/000359943. PMID: 24993265.

Shimazu K, Ogata K, Karibe H. Evaluation of the ion-releasing and recharging abilities of a resin-based fissure sealant containing S-PRG filler. *Dent Mater J*. 2011;30(6):923–7. doi: 10.4012/dmj.2011-124. PMID: 22123018.

Shimojima M, Hiraishi N, Akabane K, Nassar M, Otsuki M, Shimada Y. Effect of an in-office bleaching agent with surface pre-reacted glass-ionomer filler on the enamel surface: a in-vitro study. *J Funct Biomater*. 2023;14(7). doi: 10.3390/jfb14070386.

Silva BG, Gouveia THN, da Silva M de AP, Ambrosano GMB, Aguiar FHB, Lima DANL, et al. Evaluation of home bleaching gel modified by different thickeners on the physical properties of enamel: an in situ study. *Eur J Dent*. 2018;12:523–7. doi: 10.4103/ejd.ejd. PMID: 28729791.

Şişmanoğlu S. An overview of vital tooth bleaching. *J Heal Sci*. 2020;2(2):115–39.

Sisti A, Aryan N, Sadeghi P. What is beauty? *Aesthetic Plast Surg*. 2021;45(5):2163–76. doi: 10.1007/s00266-021-02288-2. PMID: 33987698.

Soares DG, Basso FG, Hebling J, de Souza Costa CA. Concentrations of and application protocols for hydrogen peroxide bleaching gels: Effects on pulp cell viability and whitening efficacy. *J Dent*. 2014;42(2):185–98. doi: 10.1016/j.jdent.2013.10.021. PMID: 24239924.

Sonarkar S, Purba R. Bioactive materials in conservative dentistry. *Int J Contemp Dent Med Rev*. 2015;2015:1–4. doi: 10.15713/ins.ijcdmr.47.

Souza ROA, Lombardo GHL, Pereira SMB, Zamboni SC, Valera MC, Araujo MAM, et al. Analysis of tooth enamel after excessive bleaching: a study using scanning electron microscopy and energy dispersive x-ray spectroscopy. *Int J Prosthodont*. 2010;23(1):29–32. PMID: 20234888.

Spinola MS, Moecke SE, Rossi NR, Nakatsuka T, Borges AB, Torres CRG. Efficacy of S-PRG filler containing varnishes on enamel demineralization prevention. *Sci Rep*. 2020;10(1):10. doi: 10.1038/s41598-020-76127-w. PMID: 33149256.

Steiner-Oliveira C, Nobre-dos-Santos M, Zero DT, Eckert G, Hara AT. Effect of a pulsed CO2 laser and fluoride on the prevention of enamel and dentine erosion. *Arch Oral Biol*. 2010;55(2):127–33. doi: 10.1016/j.archoralbio.2009.11.010. PMID: 20031117.

Sulieman M, Addy M, Macdonald E, Rees JS. A safety study in vitro for the effects of an in-office bleaching system on the integrity of enamel and dentine. *J Dent*. 2004;32(7):581–90. doi: 10.1016/j.jdent.2004.06.003. PMID: 15386865.

Sun L, Liang S, Sa Y, Wang Z, Ma X, Jiang T, et al. Surface alteration of human tooth enamel subjected to acidic and neutral 30% hydrogen peroxide. *J Dent*. 2011;39(10):686–92. doi: 10.1016/j.jdent.2011.07.011. PMID: 21855600.

Suzuki N, Yoneda M, Haruna K, Masuo Y, Nishihara T, Nakanishi K, et al. Effects of S-PRG eluate on oral biofilm and oral malodor. *Arch Oral Biol*. 2014;59(4):407–13. doi: 10.1016/j.archoralbio.2014.01.009. PMID: 24530472.

Taha AA, Patel MP, Hill RG, Fleming PS. The effect of bioactive glasses on enamel remineralization: A systematic review. *J Dent*. 2017;67(July):9–17. doi: 10.1016/j.jdent.2017.09.007. PMID: 28939485.

Ten Bosch JJ, Coops JC. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *J Dent Res*. 1995;74(1):374–80. doi: 10.1177/00220345950740011401. PMID: 7876432.

Ten Cate JM. In vitro studies on the effects of fluoride on de- and remineralization. *J Dent Res*. 1990;69(Special Issue):614–9. doi: 10.1177/00220345900690s120. PMID: 2179322.

Ten Cate JM, Exterkate RAM, Buijs MJ. The relative efficacy of fluoride toothpastes assessed with pH cycling. *Caries Res*. 2006;40(2):136–41. doi: 10.1159/000091060. PMID: 16508271.

Tezel H, Ertas OS, Ozata F, Dalgat H, Korkut ZO. Effect of bleaching agents on calcium loss from the enamel surface. *Quintessence Int (Berl)*. 2007;38(4):339–47. PMID: 17432790.

Thuy TT, Nakagaki Haruo, Kato K, Hung PA, Inukai J, Tsuboi S, et al. Effect of strontium in combination with fluoride on enamel remineralisation in vitro. *Arch Oral Biol*. 2008;53(11):1017–22. doi: 10.1016/j.archoralbio.2008.06.005. PMID: 18672228.

Tin-Oo MM, Saddki N, Hassan N. Factors influencing patient satisfaction with dental appearance and treatments they desire to improve aesthetics. *BMC Oral Health*. 2011;11:6. doi: 10.1186/1472-6831-11-6. PMID: 21342536.

Torres CRG, Crastechini E, Feitosa FA, Pucci CR, Borges AB. Influence of pH on the effectiveness of hydrogen peroxide whitening. *Oper Dent*. 2014;39(6):E261–8. doi: 10.2341/13-214-L. PMID: 25136903.

Torres CRG, Moecke SE, Mafetano APVP, Cornélio LF, Borges AB. Influence of viscosity and thickener on the effects of bleaching gels. *Oper Dent*. 2022;47:1–12. doi: <http://doi.org/10.2341/20-309-L>.

Torres CRG, Souza CS, Borges AB, Huhtala MFRL, Caneppele TMF. Influence of concentration and activation on hydrogen peroxide diffusion through dental tissues in vitro. *Sci World J*. 2013;18(Sep):193241. doi: 10.1155/2013/193241. PMID: 24163616.

Torres CRG, Zanatta RF, Godoy MMM, Borges AB. Influence of bleaching gel peroxide concentration on color and penetration through the tooth structure. *J Contemp Dent Pract*. 2021;22(5):479–83. doi: 10.5005/jp-journals-10024-3023.

Torres CRGG, Zanatta RF, Silva TJ, Borges AB. Effect of calcium and fluoride addition to hydrogen peroxide bleaching gel on tooth diffusion, color, and microhardness. *Oper Dent*. 2019;44(4):424–32. doi: 10.2341/18-113-L. PMID: 30673372.

Troy D. Remington: the science and practice of pharmacy. 21st Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.

Uo M, Wada T, Asakura K. Structural analysis of strontium in human teeth treated with surface pre-reacted glass-ionomer filler eluate by using extended X-ray absorption fine structure analysis. *Dent Mater J*. 2017;36(2):214–21. doi: 10.4012/dmj.2016-266. PMID: 28190815.

Valizadeh S, Rahimi Khub M, Chiniforush N, Kharazifard MJ, Hashemikamangar SS. Effect of laser irradiance and fluoride varnish on demineralization around dental composite restorations. *J Lasers Med Sci*. 2020;11(4):450–5. doi: 10.34172/JLMS.2020.70.

Vallittu PK, Boccaccini AR, Hupa L, Watts DC. Bioactive dental materials—Do they exist and what does bioactivity mean? *Dent Mater*. 2018;34(5):693–4. doi: 10.1016/j.dental.2018.03.001. PMID: 29571660.

Vallittu PK, Närhi TO, Hupa L. Fiber glass-bioactive glass composite for bone replacing and bone anchoring implants. *Dent Mater*. 2015;31(4):371–81. doi: 10.1016/j.dental.2015.01.003. PMID: 25640687.

Vasconcelos M de FC, Fonseca-Gonçalves A, de França AKA, de Medeiros UV, Maia LC, Queiroz CS. An in vitro evaluation of human enamel surfaces subjected to erosive challenge after bleaching. *J Esthet Restor Dent*. 2017;29(2):128–36. doi: 10.1111/jerd.12277. PMID: 27935196.

Vilhena KFB, Nogueira BCL, Fagundes NCF, Loretto SC, Angelica RS, Lima RR, et

al. Dental enamel bleached for a prolonged and excessive time: Morphological changes. *PLoS One*. 2019;14(4):1–13. doi: 10.1371/journal.pone.0214948. PMID: 30951549.

Vollenweider M, Brunner TJ, Knecht S, Grass RN, Zehnder M, Imfeld T, et al. Remineralization of human dentin using ultrafine bioactive glass particles. *Acta Biomater*. 2007;3(6):936–43. doi: 10.1016/j.actbio.2007.04.003. PMID: 17560183.

Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: A review of the literature. *Br Dent J*. 2001;190(6):309–16. doi: 10.1038/sj.bdj.4800959. PMID: 11325156.

White DJ. The comparative sensitivity of intra-oral, in vitro, and animal models in the “profile” evaluation of topical fluorides. *J Dent Res*. 1992;71:881–94.

Whitehead SA, Shearer AC, Watts DC, Wilson NHF. Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic. *J Oral Rehabil*. 1995;22(6):421–7. doi: 10.1111/j.1365-2842.1995.tb00795.x. PMID: 7636611.

Wiegand A, Kuhn M, Sener B, Roos M, Attin T. Abrasion of eroded dentin caused by toothpaste slurries of different abrasivity and toothbrushes of different filament diameter. *J Dent*. 2009;37(6):480–4. doi: 10.1016/j.jdent.2009.03.005. PMID: 19346053.

Wiegand A, Vollmer D, Foitzik M, Attin R, Attin T. Efficacy of different whitening modalities on bovine enamel and dentin. *Clin Oral Investig*. 2005;9(2):91–7. doi: 10.1007/s00784-004-0291-2. PMID: 15959829.

Wille T, Combe EC, Pesun IJ, Giles DW. Rheological characteristics of tooth bleaching materials. *J Oral Rehabil*. 2000;27(12):1060–3. doi: 10.1046/j.1365-2842.2000.00647.x. PMID: 11251777.

Xiao J, Zhou XD, Zhu WC, Zhang B, Li JY, Xu X. The prevalence of tooth discolouration and the self-satisfaction with tooth colour in a Chinese urban population. *J Oral Rehabil*. 2007;34(5):351–60. doi: 10.1111/j.1365-2842.2007.01729.x. PMID: 17441876.

Yang SY, Han AR, Kim KM, Kwon JS. Effects of incorporating 45S5 bioactive glass into 30% hydrogen peroxide solution on whitening efficacy and enamel surface properties. *Clin Oral Investig*. 2022;26(8):5301–12. doi: 10.1007/s00784-022-04498-7. PMID: 35459971.

Yang SY, Kwon JS, Kim KN, Kim KM. Enamel surface with pit and fissure sealant containing 45S5 bioactive glass. *J Dent Res*. 2016;95(5):550–7. doi: 10.1177/0022034515626116. PMID: 26767770.

Yassen GH, Lippert F, Eckert G, Eder J, Zandona AF. The effect of strontium and combinations of strontium and fluoride on the remineralization of artificial caries lesions in vitro. *Quintessence Int (Berl)*. 2012;43(7):e95–103. PMID: 22670259.

Ying D, Chuah GK, Hsu CYS. Effect of Er:YAG laser and organic matrix on porosity changes in human enamel. *J Dent*. 2004;32(1):41–6. doi: 10.1016/S0300-5712(03)00138-6. PMID: 14659717.

Young N, Fairley P, Mohan V, Jumeaux C. A study of hydrogen peroxide chemistry and photochemistry in tea stain solution with relevance to clinical tooth whitening. *J Dent*. 2012;40 Suppl 2:e11-6. doi: 10.1016/j.jdent.2012.07.016. PMID: 22858526.

Zanatta RF, Caneppele TMF, Scaramucci T, El Dib R, Maia LC, Ferreira DMTP, et al. Protective effect of fluorides on erosion and erosion/abrasion in enamel: a systematic review and meta-analysis of randomized in situ trials. *Arch Oral Biol*. 2020;120(October):104945. doi: 10.1016/j.archoralbio.2020.104945. PMID: 33113459.

Zanet CG, Fava M, Alves LAC. In vitro evaluation of the microhardness of bovine enamel exposed to acid solutions after bleaching. *Braz Oral Res*. 2011;25(6):562–7. doi: 10.1590/S1806-83242011000600015. PMID: 22147239.

Zanolla J, Marques ABCC, da Costa DC, de Souza AS, Coutinho M. Influence of tooth bleaching on dental enamel microhardness: a systematic review and meta-analysis. *Aust Dent J*. 2017;62:276–82. doi: 10.1111/adj.12494. PMID: 27997982.

Zheng K, Boccaccini AR. Sol-gel processing of bioactive glass nanoparticles: A review. *Adv Colloid Interface Sci*. 2017;249:363–73. doi: 10.1016/j.cis.2017.03.008. PMID: 28364954.