

Effects of Coca-Cola® drink on hard dental tissues, restorative materials and orthodontic appliances: state of the art

Efectos de la bebida Coca-Cola® en los tejidos dentales duros, materiales restauradores y aditamentos ortodónticos: estado del arte

CRISTHIAN CAMILO MADRID-TROCONIS¹, SAMANTHA MOLINA-PEREZ², MARIA LUISA REDONDO-RICO³

¹ Maestría y Doctorado en Materiales Dentales, Departamento de Odontología Restauradora, Universidad Estatal de Campinas, FOP-Unicamp, São Paulo, Brasil. Docente del Departamento de Rehabilitación Oral, Facultad de Odontología, Universidad de Cartagena, Colombia.  0000-0003-4058-1447

² Odontóloga. Residente de la especialización en Ortodoncia, Facultad de Odontología, Universidad de Cartagena, Colombia.  0000-0002-6776-7391

³ Odontóloga, Facultad de Odontología, Universidad de Cartagena, Colombia.  0000-0001-9669-0074

ABSTRACT

The objective of this article was to present the state of the art on the effects of Coca-Cola® drink on hard dental tissues, restorative materials, and orthodontic appliances. Searches were conducted in PubMed, Scopus, and EbscoHost databases to identify relevant studies on this issue. The inclusion criteria were: studies published in English within the last 15 years (2010-2025) that assessed the effects of Coca-Cola® on hardness, nanoindentation, flexural strength, fracture toughness, surface roughness, solubility, corrosion, changes in surface micromorphology, chemical composition of hard dental tissues and/or restorative materials and/or orthodontic appliances, comparing the results with artificial saliva, distilled water, or other solutions/beverages. Excessive exposure to Coca-Cola® leads to a reduction in the elasticity modulus and hardness and promotes enamel demineralization. Furthermore, it increases roughness in enamel and dentin and generates erosive effects on root cementum. Prolonged contact with the beverage diminishes the microhardness and flexural strength of some composite resins. Similarly, it increases roughness and surface degradation of these resin-based materials. Glass ionomer cements, particularly conventional ones, are highly susceptible to the erosive action of Coca-Cola®, whereas ceramic, hybrid, and resin-based CAD/CAM materials appear to be highly resistant. In the context of orthodontics, exaggerated exposure to Coca-Cola® increases the release of metallic ions/risk of corrosion of appliances and decreases the strength of orthodontic elastic chains. In conclusion, the studies showed that excessive consumption of Coca-Cola® drink could generate detrimental effects on hard dental tissues, restorative materials, and orthodontic appliances.

Keywords: Coca-Cola®, carbonated beverages, dental enamel, dental materials, orthodontics

Resumen

El objetivo de este artículo fue presentar el estado del arte sobre los efectos de la bebida Coca-Cola® en los tejidos dentales duros, materiales restauradores y aditamentos ortodónticos. Fueron realizadas búsquedas en las bases de datos PubMed, Scopus y EbscoHost para identificar estudios relevantes sobre el tema. Los criterios de inclusión fueron: artículos publicados en idioma inglés en los últimos 15 años (2010-2025) que evaluaron los efectos de Coca-Cola® a nivel de la dureza, nanoindentación, resistencia flexural, tenacidad a la fractura, rugosidad superficial, solubilidad, corrosión, cambios en la micromorfología superficial, composición química de tejidos dentales duros y/o materiales restauradores y/o aditamentos ortodónticos, comparando los resultados con saliva artificial, agua destilada u otras soluciones/bebidas. La exposición excesiva a Coca-Cola® genera disminución en el módulo de elasticidad y dureza, y promueve la desmineralización del esmalte. Además, aumenta la rugosidad en esmalte, dentina e induce efectos erosivos a nivel del cemento radicular. El contacto prolongado con la bebida disminuye la microdureza y resistencia flexural de algunas resinas compuestas. Igualmente, aumenta la rugosidad y degradación superficial de estos materiales resinosos. Los cementos de ionómero de vidrio, especialmente convencionales, son altamente susceptibles a la acción erosiva de Coca-Cola®, mientras que los materiales cerámicos, resinosos e híbridos CAD/CAM parecen ser altamente resistentes. En el contexto de ortodoncia, el contacto prolongado con Coca-Cola® incrementa la liberación de iones metálicos/riesgo de corrosión de aditamentos y disminuye la resistencia de los elásticos. En conclusión, los estudios incluidos muestran que la exposición excesiva a Coca-Cola® genera efectos perjudiciales a nivel de tejidos dentales duros, materiales restauradores y aditamentos ortodónticos.

Palabras clave: Coca-Cola®, bebidas gaseosas, esmalte dental, materiales dentales, ortodoncia

Enviado: julio 24/2024 - Aceptado: abril 10/2025



Cómo citar este artículo: Madrid-Troconis CC, Molina-Perez S, Redondo-Rico ML. Efectos de la bebida Coca-Cola® en los tejidos dentales duros, materiales restauradores y aditamentos ortodónticos: estado del arte. Rev Fac Odontol Univ Antioq. 2025; 37(1): e357892. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rfo.v37n1e357892>



INTRODUCCIÓN

Las bebidas carbonatadas son ingeridas en grandes cantidades por personas de diferentes edades alrededor del mundo, especialmente en pacientes jóvenes pertenecientes a los países más industrializados. Además, se ha confirmado que el consumo excesivo de bebidas carbonatadas está asociado a un aumento en el riesgo de caries y desmineralización¹. Un análisis de las principales bebidas ingeridas en los Estados Unidos mostró que el 93 % tienen pH inferior a 4, y apenas el 7 % de las bebidas evaluadas presentaron un pH superior. Lo anterior indica que la mayoría de las bebidas se encuentran en el rango de extremadamente erosivas ($\text{pH} < 3,0$) y erosivas (pH entre 3,0 y 3,99)². Coca-Cola® es una de las bebidas carbonatadas más conocidas y consumidas por personas de diferentes grupos etarios. Existen varias versiones de esta bebida como: Original, Light y Zero, presentando ligeras variaciones en su composición química. De forma general, Coca-Cola® está constituida por agua carbonatada, azúcar, ácido fosfórico, colorante caramelo, dióxido de carbono y cafeína². De acuerdo a las investigaciones, esta bebida carbonatada presenta baja capacidad buffer³ y pH ácido, en el rango entre 2,23 a 2,65 dependiendo de la temperatura, tipo de instrumento de medición y metodología aplicada,³⁻⁵ estando en el listado de las bebidas con menor pH (jugos procesados, sodas, bebidas energéticas, té y café), comercializadas en los Estados Unidos².

Es importante resaltar que los alimentos y bebidas entran en contacto directo con la superficie del esmalte dental, eventualmente con dentina expuesta por atrición, erosión, abfracciones o cemento radicular posterior a un raspado y alisado, o en casos de recesiones gingivales⁶. A su vez, la superficie de restauraciones dentales y aditamentos ortodónticos están expuestos a los efectos de la dieta. Diferentes estudios han sido publicados sobre el potencial de pigmentación extrínseca que genera el consumo excesivo de diferentes bebidas, incluyendo a la Coca-Cola®, en los tejidos dentales duros,⁷ materiales restauradores⁸⁻⁹ y aditamentos ortodónticos,¹⁰ debido, principalmente, a la presencia de cafeína y colorante caramelo; sin embargo, los potenciales cambios de color generados por la bebida carbonatada no son el único tema de preocupación, también es importante conocer los efectos en las características de superficie, así como las propiedades físicas y químicas permitiendo identificar posibles alteraciones en tejidos dentales duros, desempeño clínico de restauraciones y aditamentos ortodónticos. De hecho, diversas investigaciones *in vitro* e *in situ* han sido publicadas sobre los efectos de la Coca-Cola® a nivel de esmalte, dentina, unión amelo-cementaria,^{4,5,11,12} materiales restauradores como resinas compuestas, cementos de ionómero de vidrio, cerámicas vítreas convencionales, reforzadas, policristalinas, materiales restauradores CAD/CAM,¹³⁻¹⁷ brackets, bandas o elásticos usados en ortodoncia^{10,18,19}.

A partir de una exploración inicial, hasta el momento no se ha desarrollado una revisión narrativa publicada en idioma español, que integre y sintetice los hallazgos de dichas investigaciones con el objetivo de educar a odontólogos y pacientes sobre este tema de gran relevancia en las áreas de odontología general, rehabilitación oral, odontopediatría y ortodoncia. El objetivo de este artículo fue presentar un estado del arte sobre los efectos de la bebida carbonatada Coca-Cola® en los tejidos dentales duros, materiales restauradores y aditamentos ortodónticos.

MÉTODOS

Fueron realizadas búsquedas en las bases de datos PubMed, Scopus y EbscoHost para identificar estudios relacionados con este tema. Los términos utilizados durante las búsquedas fueron: “Coca-Cola®”, “enamel”, “dentin”, “cementum”, “restorative material” y “orthodontic”.

Criterios de inclusión

- Estudios *in vitro* o *in situ*, publicados en idioma inglés en los últimos 15 años (2010 a 2025), que evaluaron los efectos de la bebida Coca-Cola® en los tejidos dentales duros, materiales dentales restauradores y/o aditamentos ortodónticos, comparando los resultados antes de la inmersión, sumergidos en saliva artificial, agua destilada u otras soluciones/bebidas (carbonatadas o no).
- Estudios que evaluaron aspectos como dureza, nanoindentación, tenacidad a la fractura, rugosidad superficial, resistencia a la compresión, resistencia flexural, tracción diametral, solubilidad, cambios en la micromorfología superficial, composición química, peso o corrosión.

Criterios de exclusión

- Estudios que evaluaron exclusivamente el potencial de pigmentación de la bebida Coca-Cola® en los tejidos dentales duros, materiales restauradores o aditamentos ortodónticos.
- Estudios realizados exclusivamente en materiales dentales restauradores experimentales.
- Casos clínicos, cartas al editor, resúmenes de congreso, revisiones sistemáticas o narrativas sobre el tema.

RESULTADOS

En total, 59 artículos fueron incluidos en la presente revisión de literatura. Respecto a los efectos de la bebida Coca-Cola® en los tejidos dentales duros, los aspectos evaluados en los estudios incluidos (n = 24) fueron módulo de elasticidad, rugosidad superficial, dureza, micromorfología superficial y composición química, especialmente en esmalte de dientes permanentes. Los artículos sobre materiales restauradores (n = 26) analizaron características como rugosidad superficial, resistencia a flexión, dureza, micromorfología y solubilidad, principalmente en resinas compuestas, cementos de ionómero de vidrio (convencionales y modificados por resina); cerámicas y materiales CAD/CAM. Sobre los efectos de la Coca-Cola® en los aditamentos ortodónticos, los estudios incluidos (n = 9) evaluaron la resistencia a tracción y elongación de cadenas elastoméricas, también la corrosión y variaciones en peso de bandas, alambres y brackets después del contacto con la bebida carbonatada.

Efectos de la Coca-Cola® en los tejidos dentales duros

Esmalte, unión amelocementaria y dentina

Respecto al módulo de elasticidad del esmalte dental, Li P et al., (2020) encontraron que apenas un minuto de exposición a Coca-Cola® generó descenso de 20 Gigapascuales (GPa), y después de 5 minutos de contacto este parámetro mecánico disminuyó más de 80 GPa, siendo similar al efecto negativo generado por otras bebidas evaluadas como Sprite® y Minute Maid® (jugo de naranja).⁴

Estudios más recientes, como el de Saha A et al., (2024), confirman dichos resultados al mostrar que el módulo de elasticidad del esmalte dental expuesto por 1 hora a la Coca-Cola® disminuyó 89,6 %, es decir, de 125 GPa a 13 GPa; por lo tanto, es evidente que los efectos negativos de la bebida en la rigidez del esmalte dental aumentan con el tiempo de exposición²⁰.

Sobre los cambios en las características de superficie del esmalte, Fujii M et al., (2011) encontraron que con solo 1 minuto de inmersión en la Coca-Cola®, los valores de rugosidad fueron de 1,5 veces a 2,4 veces mayor, dependiendo el método de evaluación, comparado con los dientes no expuestos a la bebida carbonatada. Posteriormente, elevando el tiempo de contacto a 5 minutos, la bebida Coca-Cola® generó valores de rugosidad del esmalte dental entre 2,9 a 6,9 veces mayores²¹. Otros autores también han mostrado incrementos en los valores de rugosidad superficial del esmalte, siendo de 2,2 a 3,2 veces mayor en los primeros 5 minutos de contacto con la bebida carbonatada^{4,11}, mientras que la exposición por tiempo igual o superior a 10 minutos^{22,20} aumenta hasta 4 veces la rugosidad de esta estructura hipermineralizada. Posterior a la inmersión excesiva en Coca-Cola®, pueden presentarse zonas blancas y opacas compatibles con pérdida mineral²³. Además, la estructura prismática es más evidente⁴; se observan irregularidades, áreas de depresión microscópicas tipo cráter y un patrón de erosión considerable²⁴⁻²⁸, aspectos que podrían facilitar la adhesión y crecimiento de la biopelícula²³.

En relación a la microdureza del esmalte dental, diversos estudios muestran que disminuye después de estar en contacto con la bebida Coca-Cola® y los efectos son progresivamente notorios cuando aumenta el tiempo de exposición^{23,29}. Un estudio publicado por Khamverdi Z et al., (2013) comparó el efecto de la Coca-Cola® regular y dietética, a dos temperaturas (2 y 20 °C) en la microdureza del esmalte. Los resultados revelaron que la temperatura no fue un factor relevante, sin embargo, la Coca-Cola® dietética generó mayor reducción de la microdureza de esta estructura hipermineralizada comparada con la versión regular. Los autores justifican que a pesar de que la presentación regular presenta una concentración mayor de ácido fosfórico, el poder erosivo de la Coca-Cola® dietética podría ser potencializado por la concentración de ácido cítrico (0,25 mg / ml); este último actúa como un agente quelante, formando complejos estables con los iones de calcio presentes en la hidroxiapatita del esmalte dental, facilitando la disolución de la estructura cristalina e incrementando la vulnerabilidad a la erosión ácida³⁰.

Es importante resaltar que los valores de microdureza del esmalte expuesto a la bebida Coca-Cola® son menores cuando la superficie está libre de biopelícula,³¹ lo cual sugiere que esta ejerce un efecto protector y que el esmalte no debería ser cepillado justo antes de tomar la bebida carbonatada³¹. El cepillado dental inmediatamente después de ingerir Coca-Cola® tampoco es recomendado porque podría aumentar la pérdida mineral y rugosidad del esmalte³². A su vez, los daños superficiales pueden ser potencializados al asociar el consumo excesivo de bebidas carbonatadas con técnicas traumáticas de cepillado o cremas dentales con altos valores de abrasividad/RDA (Relative Dentin Abrasiveness), como las denominadas blanqueadoras o tipo whitening³³ que, al igual que las cremas a base de carbón activado, presentan gran cantidad de abrasivos, formato irregular y elevado potencial para alterar la microtopografía del esmalte y materiales restauradores³⁴⁻³⁶.

El uso regular de productos a base de hidroxiapatita, fluoruro de sodio y xilitol, fosfopéptido de caseína-fosfato de calcio amorfo (CPP-ACP), fosfopéptido de caseína-fosfato de calcio amorfo y fluoruro (CPP-ACPF), péptido de autoensamble P11-4, silicato de calcio y fluoruro de sodio, y fosfato beta-tricálcico, reducen el riesgo erosivo en el esmalte generado por bebidas ácidas,

incluyendo Coca-Cola®.³⁷⁻⁴² A pesar del potencial remineralizante de dichas alternativas, ninguna protege completamente contra el efecto erosivo de las bebidas carbonatadas en el esmalte dental,⁴⁰ por lo tanto, deben ser usadas como coadyuvantes en el proceso de remineralización en conjunto con otras estrategias, como reducir el consumo de bebidas carbonatadas e incentivar los hábitos de cuidado en salud bucal⁴³.

La mayoría de los estudios incluidos en esta revisión realizaron pruebas en dientes humanos permanentes, sin embargo, algunos autores reportaron que el esmalte de dientes deciduos expuestos a la Coca-Cola® mostró una reducción marcada en la microdureza Knoop (62 %) comparado con el esmalte de dientes permanentes (55 %). También informaron que esta bebida carbonatada generó mayor liberación de elementos como calcio y fósforo en ambos tipos de esmalte, comparado con la bebida Sprite® y el agua mineral (control)^{44,45}. Dichos resultados son compatibles con los reportados por Haghighi HR et al., (2016) quienes evaluaron los efectos de Lemon Delster® y Coca-Cola® en la microdureza del esmalte deciduo y permanente, concluyendo que ambas bebidas son capaces de disminuir considerablemente la dureza en los dos tipos de dentición. No obstante, la reducción fue más evidente en esmalte de dientes deciduos, especialmente después del contacto con la bebida Coca-Cola®⁴⁶. Posteriormente, Korte A et al., (2019) analizaron el impacto de diferentes tipos de Coca-Cola® en la rugosidad superficial del esmalte de dientes deciduos. Los resultados de microscopía láser 3D confirmaron que existe un aumento en la rugosidad superficial y se evidencian alteraciones microscópicas de leves a moderadas⁴⁷. Estos hallazgos son de gran relevancia clínica, especialmente en el área de odontopediatría, considerando el menor coeficiente de mineralización y mayor riesgo de erosión del esmalte deciduo, comparado con el esmalte permanente y el consumo elevado de bebidas carbonatadas en niños y adolescentes en los últimos años^{48,49}.

Los efectos negativos de bebidas carbonatadas, como la Coca-Cola®, no solo han sido observados en esmalte, también a nivel de la unión amelo-cementaria y cemento. Mitic AD et al., (2020) analizaron el potencial erosivo de bebidas con diferentes niveles de pH: Coca-Cola® (2,65), Red Bull® (3,32), jugo de naranja (3,73), Cedevita® (3,48), Somersby Cider® (2,92) y vino blanco (3,02). Las muestras fueron expuestas a 50 ml de las bebidas por 15 minutos, luego lavadas con agua destilada y permanecieron en saliva artificial hasta la próxima inmersión. Dicho ciclo fue repetido tres veces al día durante 10 días. El análisis cualitativo de Microscopía Electrónica de Barrido reveló irregularidades, depresiones, exposiciones de dentina, formación de gaps a nivel de la unión amelo-cementaria, especialmente en los grupos expuestos a Red-Bull® y Coca-Cola®⁵. Estos hallazgos fueron corroborados por las puntuaciones de nivel moderado a severo en la mayoría de las muestras. Por el contrario, bebidas como Cedevita®, Somersby Cider® y vino blanco generaron alteraciones de menor magnitud, siendo de leves a moderadas en la mayor parte de los especímenes. Los autores sugieren que estos efectos están relacionados con el bajo pH, la acidez titulable de las bebidas y la zona del diente analizada, debido a que en la unión amelo-cementaria, el esmalte es más fino, menos mineralizado y su microestructura difiere de otras regiones. Además, el cemento radicular es poroso y presenta un bajo coeficiente de mineralización, características que aumentan el riesgo de erosión⁵.

Dentina

La dentina presenta menor contenido de hidroxapatita comparado con el esmalte, aspecto que la torna más vulnerable a la acción desmineralizante de la Coca-Cola®, como se reporta en una investigación de fluorescencia de rayos X por energía dispersiva, en la cual se encontró que la

pérdida mineral en esmalte dental generada por esta bebida carbonatada fue de 47 % en los niveles de calcio y 68,6 % en fósforo, comparada con las muestras expuestas a agua destilada. No obstante, para el caso de dentina hubo disminución de 95 % en los niveles de calcio y 99 % en los niveles de fósforo, después de la inmersión en Coca-Cola®, siendo comparable a otras bebidas como Nestea® y vino rojo⁵⁰. Alteraciones significativas en la composición química de la dentina, como las encontradas en el estudio anterior, se correlacionan con daños en su superficie. Un estudio *in situ* realizado por Kato MT y Buzalaf MA (2012) mostró que bloques de dentina cortada (montadas en placas intraorales usadas por pacientes) y expuesta a 150 mL de Coca-Cola® 4 veces al día, generó desgaste de 5 micras aproximadamente¹². En el mismo año, un análisis de perfilometría reveló que bebidas como Coca-Cola®, jugo de naranja del Valle®, Red Bull®, Gatorade® y vino blanco, producen pérdida micrométrica en la dentina radicular de dientes bovinos, inmersos en las bebidas por 60 minutos con medidas que variaron entre 1,2 y 2,1 micras, siendo menor en Gatorade® y mayor en Red Bull®⁵¹. Incluso, exposiciones más cortas a la Coca-Cola® (4 inmersiones de 2 minutos) pueden ser suficientes para duplicar los valores de rugosidad superficial de la dentina, comparado con la dentina no expuesta⁵².

Las concentraciones de fluoruro presentes en la dieta y productos de higiene bucal son determinantes para disminuir los efectos erosivos de diferentes alimentos y bebidas ácidas. Las cremas dentales que contienen alta concentración de fluoruros (5,000 µg F/g) ayudan a disminuir la pérdida mineral y promover el proceso de remineralización de la dentina radicular expuesta a Coca-Cola®⁵³. Algunos dentífricos como Biorepair Plus-Total Protection® basado en hidroxiapatita de zinc, y Sensodyne Repair & Protect® que contiene fosfosilicato de sodio y calcio, o Bioglass 45S5 (también conocido comercialmente como NovaMin®), han mostrado ser efectivos para disminuir la rugosidad superficial de la dentina expuesta a la bebida Coca-Cola®. Sin embargo, ninguna de las alternativas remineralizantes protege completamente la dentina contra el efecto erosivo de esta bebida carbonatada⁵².

Los resultados de los estudios incluidos deben alertar a profesionales y pacientes sobre los riesgos del consumo excesivo de alimentos y bebidas ácidas, especialmente en casos de atrición, recesiones gingivales, técnicas de cepillado traumáticas, lesiones cervicales no cariosas u otra condición clínica en la cual exista exposición de la dentina o cemento radicular.

Efectos de la Coca-Cola® en materiales dentales restauradores

Resinas compuestas

Diferentes estudios muestran que la rugosidad superficial de resinas compuestas convencionales de alta viscosidad, Bulk Fill y resinas fluidas, es mayor después de la exposición a la Coca-Cola®, comparado con los grupos inmersos en agua destilada, saliva artificial, café, té o jugo de naranja^{13,54-58}. Estos hallazgos pueden explicarse debido a la presencia de dióxido de carbono y naturaleza ácida de la bebida carbonatada, lo cual potencializa los procesos de degradación o plastificación de la matriz orgánica de las resinas compuestas y lixiviación de las partículas de carga inorgánica del material^{59,60,54}. El aumento en la rugosidad superficial de restauraciones de resina compuesta por acción del cepillado y la dieta es un parámetro de gran relevancia clínica, porque dependiendo la composición química de los materiales resinosos, tiempo/frecuencia de exposición a ácidos y la severidad en los cambios superficiales, podrían estar indicados controles odontológicos periódicos, pulido o cambio de restauraciones para evitar compromisos estéticos^{55,61}.

Respecto a las propiedades micromecánicas de resinas compuestas, se ha reportado que la resistencia a flexión de algunos materiales podría disminuir hasta el 39 % al ser inmersas de manera continua en Coca-Cola® por una semana. Después de un mes de contacto, la reducción en esta propiedad mecánica en algunas resinas compuestas puede llegar hasta el 44 %⁶². En un estudio similar, se evaluó la resistencia a flexión de diferentes tipos de resinas compuestas como x-tra fil® (VOCO), GrandioSO x-tra® (VOCO), Admira Fusion x-tra® (VOCO), VisCalor bulk® (VOCO) y Enamel Plus HRI® (MICERIUM), las cuales fueron divididas en grupos de acuerdo al protocolo de inmersión. Los resultados mostraron que la inmersión prolongada en Coca-Cola® generó efectos negativos material-dependiente, disminuyendo entre 15,2 % a 21,8 % la resistencia a flexión de las resinas compuestas GrandioSO x-tra® y VisCalor bulk®⁶³. Igualmente, Dahri WM et al., (2023), encontraron que la Coca-Cola® y el jugo de naranja reducen los valores de resistencia flexural de resinas compuestas Bulk Fill y convencionales¹⁴. Sin embargo, Coca-Cola® provocó mayores efectos negativos en la resistencia flexural, módulo flexural y dureza de las resinas compuestas evaluadas, en comparación con los grupos seco, húmedo y jugo de naranja¹⁴. Estos hallazgos son compatibles con otras investigaciones en las cuales se ha reportado disminución significativa en los valores de microdureza de diferentes tipos de resinas compuestas inmersas en Coca-Cola®, en protocolos intermitentes o continuos que variaron entre 7 a 28 días⁶⁴⁻⁶⁶. Evidentemente, la exposición prolongada de resinas compuestas a esta bebida carbonatada genera disminución de las propiedades mecánicas y degradación superficial, aspecto comprobado a través de análisis de Microscopía Electrónica de Barrido, en el cual se han identificado poros, fisuras, exposición de partículas de carga inorgánica y degradación de la matriz orgánica⁶⁵.

Compómeros, cementos de ionómero de vidrio convencionales y modificados por resina

Sobre los cambios superficiales, Karda B et al., (2016) mostraron que la rugosidad de un compómero y un ionómero de vidrio aumentó 5,2 y 5,9 veces, respectivamente, después de la inmersión en Coca-Cola® por 14 días⁶⁷. Posteriormente, Moyin S et al., (2020) reportaron que la dureza Vickers de un compómero (Glasiosite®, VOCO) disminuyó 16,4 % luego de la exposición a la bebida carbonatada 10 minutos al día, durante 15 días, siendo uno de los materiales que mostró efectos más marcados en dicha propiedad mecánica de superficie⁶⁸. Las alteraciones pueden ser explicadas porque estos materiales liberan iones como fluoruro, aluminio, sílice y calcio con mayor facilidad al estar expuestos a ácidos de alimentos/bebidas,^{25,67-69} bacterias o ácido gástrico. De hecho, Mestrenner LR et al., (2020) compararon el potencial de solubilidad de cementos de ionómero de vidrio modificados por resina como Vitremer™ (3M™ ESPE) y Vitro Fil LC® (Nova DFL) y cementos de ionómero de vidrio convencionales como Vitro Fil® (Nova DFL) y Maxxion R® (FGM) inmersos en agua, Coca-Cola® (15 días a 37 °C) y ácido clorhídrico (2 horas a 37 °C). El test de solubilidad reveló que el ácido clorhídrico generó mayor degradación en todos los materiales evaluados, pero los cementos de ionómero de vidrio convencionales expuestos a la Coca-Cola® fueron más solubles, comparado con los inmersos en agua¹⁵. Los cementos convencionales son más solubles, comparado con cementos de ionómero de vidrio modificados por resina, debido que estos últimos presentan una estructura híbrida constituida por una matriz de polisales y una red polimérica tridimensional conformada por monómeros metacrilatos, que les confiere mejores propiedades mecánicas, mayor resistencia a la abrasión y erosión^{15,70}. Sin embargo, al comparar resinas compuestas con cementos de ionómero de vidrio modificado por resina, estos últimos muestran menores valores de resistencia a la compresión, tracción diametral y resistencia a flexión. A su vez, después del contacto con bebidas como Coca-Cola® o Red Bull®, los cementos

de ionómero de vidrio modificado por resina experimentan mayor grado de absorción y solubilidad⁷⁰.

Estos hallazgos confirman que la exposición constante a bebidas ácidas disminuye las propiedades mecánicas de superficie y en bloque, consecuentemente el desempeño de las restauraciones. De hecho, Dinakaran S et al., (2015) observaron que las puntuaciones de microfiltración aumentaron en restauraciones realizadas con compómero (Dyract®, Dentsply), ionómero de vidrio convencional (Fuji II®, GC) y modificado por resina (Fuji II® LC, GC), especialmente a nivel cervical al ser expuestas a bebidas ácidas como Coca-Cola® y jugo de lima por 7 días⁷¹. Estos aspectos deben ser considerados clínicamente, especialmente cuando se utilizan materiales ionoméricos convencionales o modificados con objetivos restauradores en pacientes con alto riesgo de caries que ingieren bebidas ácidas de manera frecuente o en volúmenes significativos.

Cerámicas convencionales y materiales dentales CAD/CAM

Las cerámicas odontológicas se caracterizan por ser materiales que presentan alta estabilidad química. No obstante, sobre las propiedades de superficie de cerámicas vítreas convencionales como Noritake® e IPS e.max® Ceram, Zakir T et al., (2020) encontraron que la exposición excesiva a clorhexidina (24 horas), Coca-Cola® (60 horas) y vómito simulado con pH 3,8 (24 horas), incrementan la rugosidad superficial de ambos materiales. Sin embargo, la solución de vómito simulado fue la que generó mayores alteraciones superficiales (entre 0,67 µm a 0,81 µm) a nivel de los materiales, seguida de la Coca-Cola® que aumentó la rugosidad 0,04 µm (5,25 %) en la cerámica Noritake®, y 0,54 µm (65,5 %) en la cerámica IPS e.max® Ceram⁷². Los avances en materiales dentales y tecnología CAD/CAM (diseño y manufactura asistida por computador), han permitido su integración en la planificación y realización de tratamientos odontológicos⁷³. Actualmente existe una amplia variedad de materiales restauradores en formato de bloques y discos de cerámicas vítreas, reforzadas, policristalinas, resinas compuestas prepolimerizadas, entre otros, para las técnicas de fresado con tecnología CAD/CAM. Respecto a los materiales cerámicos e híbridos CAD/CAM como cerámica vítrea infiltrada por polímero (VITA ENAMIC®, VITA) y cerámica vítrea reforzada por disilicato de litio (e.max® CAD, Ivoclar Vivadent) parecen ser altamente resistentes porque sus valores de dureza y tenacidad a la fractura no disminuyen al estar expuestas a la Coca-Cola® por 24 horas continuas, simulando 2,5 años de exposición clínica¹⁶. Es interesante resaltar que el desgaste volumétrico y la rugosidad superficial de e.max® CAD tampoco se han visto afectados por el contacto con bebidas como Coca-Cola® o Red Bull®, como lo muestra el estudio de Scotti N et al., (2021).¹⁷ Otros autores como Elraggal A et al (2023), reportan que la rugosidad de e.max® CAD y VITA ENAMIC® aumenta de forma estadísticamente significativa, sin embargo no es clínicamente relevante porque las alteraciones superficiales son de 0,1 micra aproximadamente⁷⁴. En lo concerniente a la cerámica zirconia, no se han encontrado alteraciones en la rugosidad superficial⁷⁴ ni en la resistencia al desgaste del material al ser inmersas en diferentes bebidas, incluyendo Coca-Cola®¹⁷.

Sobre los materiales poliméricos CAD/CAM, Elraggal A et al., (2023) reportaron que al igual que la mayoría de las cerámicas CAD/CAM, el material resinoso Grandio® blocs no disminuyó su resistencia a la flexión al entrar en contacto prolongado con ácido clorhídrico, vino blanco, jugo de naranja o Coca-Cola®⁷⁴. Posteriormente, Alnsour MM et al., (2024) mostraron que la dureza de una resina compuesta convencional (Gradia Direct®, GC) redujo 30 % al estar expuesta al ácido gástrico y 16 % en Coca-Cola®, mientras que la resina compuesta CAD/CAM evaluada

(CERASMART®, GC) disminuyó entre 6 % a 10 % en ambos medios de inmersión⁷⁵. En relación a la resistencia a flexión, la resina compuesta convencional mostró una disminución de 16 % al estar expuesta a ácido gástrico y 7,8 % en Coca-Cola®, mientras que la resina compuesta CAD/CAM no presentó alteraciones en esta propiedad mecánica⁷⁵. A su vez, la rugosidad superficial de varias resinas compuestas CAD/CAM tampoco mostró variaciones por el contacto con Coca-Cola®,⁷⁴ Red Bull® o ácido cítrico^{17,76}. Los autores sugieren que estos resultados favorables pueden estar relacionados con el método de fabricación industrial de materiales resinosos CAD/CAM, el cual consiste en polimerización a alta presión y temperatura, incrementando el grado de conversión, la densidad superficial e interna del polímero formado y consecuentemente sus propiedades mecánicas⁷⁴⁻⁷⁶. Basado en estos hallazgos en la literatura, se puede inferir que materiales dentales CAD/CAM, cerámicos, resinosos e híbridos, parecen ser altamente resistentes al potencial erosivo de la Coca-Cola®, pero se requieren más investigaciones con metodologías estandarizadas que permitan confirmar los resultados.

Efectos de la Coca-Cola® en aditamentos ortodónticos

Cadenas elastoméricas

En el estudio de Kumar K et al., (2014) se analizó el efecto de diferentes bebidas en la fuerza de las cadenas elastoméricas utilizadas en ortodoncia. Fueron sumergidas en agua destilada (control), Coca-Cola®, Listerine® y té negro dos veces al día por 60 segundos, durante 28 días. Se observó que el té negro fue la bebida que más redujo la fuerza de las cadenas (49,3 %), mientras que Listerine® (23,1 %) y Coca-Cola® (22,2 %) mostraron un efecto negativo similar⁷⁷. En el mismo año, Pithon MM et al., (2014) reportaron que después de 28 días de inmersión, Coca-Cola® fue la bebida que más afectó la fuerza de las cadenas elastoméricas utilizadas en ortodoncia, generando disminución de 41,6 %, en comparación con Sprite® (37,8 %), Fanta® (35,7 %) y Guaraná Antarctica® (35 %)⁷⁸. Posteriormente, resultados similares fueron reportados por Dehghani M et al., (2023), quienes compararon el efecto de distintas soluciones en cadenas convencionales y de memoria de ortodoncia. La Coca-Cola® causó la mayor disminución de fuerza en ambos aditamentos, seguido por la cerveza sin alcohol y las bebidas a base de yogur, carbonatadas y no carbonatadas⁷⁹. Otros autores también han confirmado que diversos protocolos de inmersión de accesorios elásticos en bebidas como Coca-Cola®, café, cerveza o bebidas energizantes, genera impacto negativo en la resistencia tensil y aumenta la elongación^{18,80,81}. En resumen, la exposición excesiva a diferentes bebidas, incluyendo las que son de naturaleza extremadamente ácida como la Coca-Cola®, reduce la fuerza de las cadenas elastoméricas utilizadas en ortodoncia, lo que podría tener impacto negativo en el tratamiento.

Brackets, alambres y bandas

Respecto a los aditamentos ortodónticos metálicos, a pesar que la mayoría están fabricados con materiales inoxidables o altamente resistentes a la corrosión,⁸² diferentes estudios muestran que podría existir algún grado de deterioro en estos componentes al ser expuestos a condiciones químicas extremas^{19,83}. Shahabi M et al., (2011), evaluaron la variación de peso en gramos (indicador de grado de corrosión) de brackets de acero inoxidable inmersos en saliva artificial (grupo control), Coca-Cola®, vinagre y jugo de limón. Las mediciones de variabilidad de peso fueron realizadas semanalmente, hasta la sexta semana. Al comparar los resultados iniciales y finales, la Coca-Cola® generó la mayor pérdida de peso de los brackets (0,031 g), indicando un elevado potencial de corrosión, seguido del vinagre (0,009 g) y el jugo de limón (0,007 g)⁸⁴. Estos

resultados son compatibles con un estudio de Espectroscopía de Emisión Atómica de Plasma Acoplado Inductivamente realizado por Mikulewicz M et al., (2015), para investigar cómo la exposición a la Coca-Cola® y al jugo de naranja comercial influyen en la liberación de iones metálicos de alambres, bandas y brackets. De forma general, la masa total de la mayoría de iones metálicos liberados en el grupo expuesto a agua destilada y Coca-Cola® fue entre 2,4 a 4,5 veces mayor comparado con los liberados de aditamentos sometidos a agua destilada y jugo de naranja. Los iones que se liberaron en mayor cantidad en el grupo expuesto a Coca-Cola® fueron hierro (156,1 µg), manganeso (41,16 µg), níquel (37,75 µg) y molibdeno (30,12 µg) ⁸⁵. Además de los brackets, la Coca-Cola® se ha visto asociada a la corrosión de alambres ortodónticos⁸⁶. Después de 1 hora de contacto, la bebida carbonatada generó liberación de iones níquel (7 a 8 veces mayor) y cromo (2 a 3 veces mayor) en alambres de acero inoxidable y Níquel-Titanio (NiTi), comparado con agua destilada, café y té⁸⁶. De forma general, los autores asocian estos resultados con el bajo pH y presencia de burbujas de dióxido de carbono en bebidas carbonatadas como la Coca-Cola®, la cual presenta propiedades oxidantes que pueden acelerar la reacción catódica de la corrosión, a través de la ruptura de la capa protectora que se forma en las aleaciones.

Lo anterior podría iniciar como puntos de corrosión que se propagan de manera rápida, a medida que aumenta el tiempo de exposición, justificando la pérdida de peso y liberación excesiva de iones metálicos de aditamentos inmersos en la bebida mencionada⁸⁴⁻⁸⁶. Esto es particularmente alarmante, ya que se ha comprobado que la liberación excesiva de iones metálicos en la cavidad bucal podría desencadenar efectos genotóxicos, daño en ADN celular,^{87,88} bioacumulación e hiperplasia gingival^{89,90}. A pesar de que no existen estudios que correlacionen la liberación de iones metálicos de aditamentos ortodónticos promovidos por el contacto con la Coca-Cola®, y efectos citotóxicos o genotóxicos a nivel bucal, es claro que esta bebida presenta un elevado potencial corrosivo. Por lo tanto, esta información debería servir de guía para que odontólogos generen conciencia entre pacientes con tratamiento ortodóntico, especialmente aquellos que ingieren grandes cantidades diarias y han tenido aparatología fija por tiempos prolongados.

FORTALEZAS Y LIMITACIONES

En la presente revisión de literatura se incluyeron estudios publicados entre 2010 y 2025, lo cual muestra un panorama amplio y actualizado sobre la temática. Las búsquedas en diferentes bases de datos, a partir del uso de palabras clave y criterios de inclusión, permitió la identificación de artículos pertinentes. Por el contrario, una de las principales limitaciones se relaciona con la cantidad considerable de estudios de tipo *in vitro*, en los cuales se analizan variables de forma aislada y no se puede simular perfectamente las condiciones bucales como cambios de temperatura, presencia de biopelícula, fluctuaciones de pH, tensiones masticatorias, entre otros. Además, los estudios incluidos presentaron diferencias en los grupos de comparación (control), así como en los protocolos y tiempos de inmersión de las muestras en la Coca-Cola®.

CONCLUSIONES

Basado en los resultados de los artículos, en los que se aplicaron diferentes metodologías, tiempos y protocolos de inmersión, se puede concluir que:

- La exposición prolongada a la bebida Coca-Cola® disminuye los valores de microdureza, módulo de elasticidad y produce erosión en el esmalte. Se ha reportado aumento en los valores de rugosidad superficial del esmalte y dentina tras la exposición a la Coca-Cola®, igualmente depresiones y formación de gaps a nivel de la unión amelo-cementaria.

- La rugosidad superficial de las resinas compuestas aumenta después del contacto exagerado con la Coca-Cola®. A su vez, los valores de resistencia flexural y dureza de algunos materiales resinosos disminuye después de la inmersión prolongada en la bebida. Los cementos de ionómero de vidrio, especialmente los convencionales, son materiales altamente sensibles a los efectos erosivos de la Coca-Cola®. Por el contrario, los materiales dentales CAD/CAM cerámicos, resinosos e híbridos parecen ser altamente resistentes a los efectos de la Coca-Cola®, pero se requieren más estudios.
- La exposición excesiva a la Coca-Cola® disminuye la resistencia de elásticos ortodónticos y aumenta la liberación de iones metálicos/riesgo de corrosión de aditamentos como brackets y alambres.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Cristhian Camilo Madrid-Troconis, encargado de redacción y estructuración del documento. Samantha Molina-Pérez, contribuyó con las búsquedas, redacción y revisión del documento. Maria Luisa Redondo-Rico, contribuyó con las búsquedas, redacción, edición y adaptación del documento.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

AUTOR DE CORRESPONDENCIA

Cristhian Madrid Troconis
cmadridt@unicartagena.edu.co
(+57) 6056698172 Ext: 118
Universidad de Cartagena
Facultad de Odontología
Cartagena, Colombia

REFERENCIAS

1. Giacaman RA. Sugars and beyond: the role of sugars and the other nutrients and their potential impact on caries. *Oral Dis.* 2018; 24(7): 1185-97. DOI: <https://doi.org/10.1111/odi.12778>
2. Reddy A, Norris DF, Momeni SS, Waldo B, Ruby JD. The pH of beverages in the United States. *J Am Dent Assoc.* 2016; 147(4): 255-63. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2015.10.019>
3. Silva JGVC, Martins JPG, de Sousa EBG, Fernandes NLS, Meira IA, Sampaio FC et al. Influence of energy drinks on enamel erosion: in vitro study using different assessment techniques. *J Clin Exp Dent.* 2021; 13(11): e1076-e1082. DOI: <https://doi.org/10.4317/jced.57788>
4. Li P, Oh C, Kim H, Chen-Glasser M, Park G, Jetybayeva A et al. Nanoscale effects of beverages on enamel surface of human teeth: an atomic force microscopy study. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020; 110: 103930. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103930>
5. Mitic AD, Gasic JZ, Barac RG, Radenkovic GS, Sunaric SM, Popovic JZ et al. Ultrastructural changes in the cemento-enamel junction caused by acidic beverages: an in vitro study. *Microsc Res Tech.* 2020; 83(2): 91-8. DOI: <https://doi.org/10.1002/jemt.23392>
6. O'Toole S, Mullan F. The role of the diet in tooth wear. *Br Dent J.* 2018; 224(5): 379-83. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2018.127>
7. Pirolo R, Mondelli RFL, Correr GM, Gonzaga CC, Furuse AY. Effect of coffee and a cola-based soft drink on the color stability of bleached bovine incisors considering the time elapsed after bleaching. *J Appl Oral Sci.* 2014; 22(6): 534-40. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-775720130578>

8. Al Wadei MHD. Comparison of the degree of staining of computer-aided design-computer-aided manufacture (CAD-CAM) ceramic veneers by green tea, coffee, and Coca-Cola Using a digital spectrophotometer. *Med Sci Monit.* 2023; 29: e939341. DOI: <https://doi.org/10.12659/msm.939341>
9. Fathima JN, Hashir MMJ, Padmanabhan K. Spectrophotometric evaluation of color stability of composite resin after exposure to cold drinks: an in vitro study. *J Conserv Dent Endod.* 2024; 27(2): 195-9. DOI: https://doi.org/10.4103/jcde.jcde_230_23
10. Šimunović L, Blagec T, Vrankić A, Meštrović S. Color stability of orthodontic ceramic brackets and adhesives in potentially staining beverages-in vitro study. *Dent J (Basel).* 2022; 10(7): 115. DOI: <https://doi.org/10.3390/dj10070115>
11. Lutovac M, Popova OV, Macanovic G, Kristina R, Lutovac B, Ketin S et al. Testing the effect of aggressive beverage on the damage of enamel structure. *Open Access Maced J Med Sci.* 2017; 5(7): 987-93. DOI: <https://doi.org/10.3889/oamjms.2017.180>
12. Kato MT, Buzalaf MAR. Iron supplementation reduces the erosive potential of a cola drink on enamel and dentin in situ. *J Appl Oral Sci.* 2012; 20(3): 318-22. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-77572012000300004>
13. Meenakshi CM, Sirisha K. Surface quality and color stability of posterior composites in acidic beverages. *J Conserv Dent.* 2020; 23(1): 57-61. DOI: https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_291_19
14. Dahri WM, Kumar N, Altaf N, Mughal W, Zafar MS. Mechanical and biomimetic characteristics of bulk-fill resin dental composites following exposure in a simulated acidic oral environment. *Biomimetics (Basel).* 2023; 8(1): 19. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomimetics8010019>
15. Mestrenier LR, Mestrenier SR, Lemos CAA, Briso ALF, Sundfeld RH, Fagundes TC. Repair bond strength and degradation of glass ionomer cements after mechanical and chemical challenges. *Braz J Oral Sci.* 2020; 19: e201715. DOI: <https://doi.org/10.20396/bjos.v19i0.8659174>
16. Elraggal A, Afifi R, Abdelraheem I. Effect of erosive media on microhardness and fracture toughness of CAD-CAM dental materials. *BMC Oral Health.* 2022; 22(1): 191. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02230-1>
17. Scotti N, Ionescu A, Comba A, Baldi A, Brambilla E, Vichi A et al. Influence of Low-pH Beverages on the Two-Body Wear of CAD/CAM Monolithic Materials. *Polymers (Basel).* 2021; 13(17): 2915. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym13172915>
18. Torres-Rosas R, Torres-Gómez N, Camero-Leal JA, Jurado C, López-Ravelo H, Argueta-Figueroa L. Force decay and elongation of orthodontic elastomeric chains exposed to different beverages common in the diet: an in vitro study. *Dent Med Probl.* 2023; 60(3): 413-20. DOI: <https://doi.org/10.17219/dmp/148052>
19. DA P, Angel LS, Chaudhari PK, Yadav SC, Duggal R. Quantitative and qualitative analysis of metallic ion release of orthodontic brackets in three different pH conditions: an invitro study. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2024; 14(4): 435-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2024.05.001>
20. Saha A, Kim Y, Kim KK, Kim YJ, Byon HR, Hong S. Nanoscale study on noninvasive prevention of dental erosion of enamel by silver diamine fluoride. *Biomater Res.* 2024; 28: 0103. DOI: <https://doi.org/10.34133/bmr.0103>
21. Fujii M, Kitasako Y, Sadr A, Tagami J. Roughness and pH changes of enamel surface induced by soft drinks in vitro-applications of stylus profilometry, focus variation 3D scanning microscopy and micro pH sensor. *Dent Mater J.* 2011; 30(3): 404-10. DOI: <https://doi.org/10.4012/dmj.2010-204>
22. Barac R, Gasic J, Trutic N, Sunaric S, Popovic J, Djekic P et al. Erosive effect of different soft drinks on enamel surface in vitro: application of stylus profilometry. *Med Princ Pract.* 2015; 24(5): 451-7. DOI: <https://doi.org/10.1159/000433435>
23. Louzon Y, Vaknin I, Wolfviz-Zilberman A, Sharon E, Hourri-Haddad Y, Beyth N. In vitro effect of Streptococcus mutans biofilm produced in sugar-free Coca-Cola on enamel. *Int Dent J.* 2025; 75(2): 752-60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.identj.2024.05.008>
24. Hammad SM, Enan ET. In vivo effects of two acidic soft drinks on shear bond strength of metal orthodontic brackets with and without resin infiltration treatment. *Angle Orthod.* 2013; 83(4): 648-52. DOI: <https://doi.org/10.2319/091512-737.1>
25. Sari ME, Erturk AG, Koyuturk AE, Bekdemir Y. Evaluation of the effect of food and beverages on enamel and restorative materials by SEM and Fourier transform infrared spectroscopy. *Microsc Res Tech.* 2014; 77(1): 79-90. DOI: <https://doi.org/10.1002/jemt.22315>
26. Pasha A, Sindhu D, Nayak RS, Mamatha J, Chaitra KR, Vishwakarma S. The effect of two soft drinks on bracket bond strength and on intact and sealed enamel: an in vitro study. *J Int Oral Health.* 2015; 7(Suppl 2): 26-33.
27. Jablonski-Momeni A, Hanselmann F, Bottenberg P, Korbmacher-Steiner H. Detection of erosive changes on smooth surfaces with and without orthodontic brackets using an intraoral scanner-an in vitro study. *Diagnostics (Basel).* 2023; 13(20): 3232. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics13203232>
28. Maladkar SR, Yadav P, Muniraja ANA, Uchil GS, George LV, Augustine D, et al. Erosive effect of acidic beverages and dietary preservatives on extracted human teeth-an in vitro analysis. *Eur J Dent.* 2022; 16(4): 919-29. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1742131>
29. de Araujo LC, Amorim AA, Vivanco RG, de Arruda CNF, Bikker FJ, Pires-de-Souza FCP. The effect of Phytosphingosine and bioactive glass-ceramics in preventing dental enamel erosion. *Braz Dent J.* 2023; 34(2): 88-96. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-6440202304904>
30. Khamverdi Z, Vahedi M, Abdollahzadeh S, Ghambari MH. Effect of a common diet and regular beverage on enamel erosion in various temperatures: an in-vitro study. *J Dent (Tehran).* 2013; 10(5): 411-6.
31. Honório HM, Rios D, Santos CF, Buzalaf MAR, Machado MAAM. Influence of dental plaque on human enamel erosion: in situ / ex vivo study. *Oral Health Prev Dent.* 2010; 8(2): 179-84.
32. Kim YH, Lee JY, Jeong MK. The erosion of the tooth enamel and the cementum by carbonate beverage. *Int J Clin Prev Dent.* 2011; 7(1): 1-13.
33. Nakamura M, Kitasako Y, Nakashima S, Sadr A, Tagami J. Impact of toothpaste on abrasion of sound and eroded enamel: an in vitro white light interferometer study. *Am J Dent.* 2015; 28(5): 268-72.

34. Jamwal N, Rao A, Shenoy R, Pai M, Ks A, Br A. Effect of whitening toothpaste on surface roughness and microhardness of human teeth: a systematic review and meta-analysis. *F1000Res*. 2022; 11: 22. DOI: <https://doi.org/10.12688/f1000research.76180.3>
35. Tomás DBM, Pecci-Lloret MP, Guerrero-Gironés J. Effectiveness and abrasiveness of activated charcoal as a whitening agent: a systematic review of in vitro studies. *Ann Anat*. 2023; 245: 151998. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2022.151998>
36. Wiktorski CA, Michelogiannakis D, Rossouw PE, Javed F. The Effect of charcoal-based dentifrice and conventional whitening toothpaste on the color stability and surface roughness of composite resin: a systematic review of in vitro studies. *Dent J (Basel)*. 2024; 12(3): 58. DOI: <https://doi.org/10.3390/dj12030058>
37. Haghighou EH, Haghighou R, Roholahi MR, Ghorbani Z. Effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate and three calcium phosphate on enamel microhardness. *J Contemp Dent Pract*. 2017; 18(7): 583-6. DOI: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2088>
38. Colombo M, Dagna A, Moroni G, Chiesa M, Poggio C, Pietrocola G. Effect of different protective agents on enamel erosion: an in vitro investigation. *J Clin Exp Dent*. 2019; 11(2): 113-8. DOI: <https://doi.org/10.4317/jced.55278>
39. Shah A, Hiremath H, Ojha K, Khandelwal S, Patidar S, Trivedi S. A comparative evaluation of the effect of alcoholic and non-alcoholic beverages on tooth enamel surface pretreated with β -tricalcium phosphate, bioactive glass and amine fluoride: an in vitro study. *Med Pharm Rep*. 2023; 96(4): 420-6. DOI: <https://doi.org/10.15386/mpr-2465>
40. Torsakul P, Rirattapong P, Prapansilp W, Vongsavan K. Remineralization effect of calcium glycerophosphate in fluoride mouth rinse on eroded human enamel: an in vitro study. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2023; 13(4): 327-32. DOI: https://doi.org/10.4103/jispcd.jispcd_23_23
41. Moras CG, Acharya SR, Adarsh UK, Unnikrishnan VK. Regenerative biomineralization potential of commercially available remineralizing agents as a preventive treatment approach for tooth erosion: an in vitro laser-induced breakdown spectroscopy analysis. *J Conserv Dent*. 2023; 26(2): 165-9. DOI: https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_483_22
42. Gokkaya B, Ozbek N, Guler Z, Akman S, Sarac AS, Kargul B. Effect of a single application of CPP-ACPF varnish on the prevention of erosive tooth wear: an AAS, AFM and SMH study. *Oral Health Prev Dent*. 2020; 18(2): 311-8. DOI: <https://doi.org/10.3290/j.ohpd.a43365>
43. Dionysopoulos D, Tolidis K, Sfeikos T. Effect of CPP-ACPF and nano-hydroxyapatite preventive treatments on the susceptibility of enamel to erosive challenge. *Oral Health Prev Dent*. 2019; 17(4): 357-64. DOI: <https://doi.org/10.3290/j.ohpd.a42690>
44. Xavier AM, Rai K, Hegde AM, Shetty S. A spectroscopic and surface microhardness study on enamel exposed to beverages supplemented with lower iron concentrations. *J Clin Pediatr Dent*. 2015; 39(2): 161-7. DOI: <https://doi.org/10.17796/jcpd.39.2.g52v661835527526>
45. Xavier AM, Rai K, Hegde AM, Shetty S. A spectroscopic and surface microhardness study of enamel exposed to beverages supplemented with ferrous fumarate and ferrous sulfate: a randomized in vitro trial. *Am J Dent*. 2016; 29(3): 132-6.
46. Haghighou HR, Haghighou R, Asdollah FM. Comparison of the microhardness of primary and permanent teeth after immersion in two types of carbonated beverages. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2016; 6(4): 344-8. DOI: <https://doi.org/10.4103/2231-0762.186803>
47. Korte A, Angelopoulou MV, Maroulakos G. Assessing the effect of low calorie soda beverages on primary tooth enamel: an in vitro study. *J Clin Pediatr Dent*. 2019; 43(3): 190-5. DOI: <https://doi.org/10.17796/1053-4625-43.3.8>
48. Mensink GBM, Schienkiewitz A, Rabenberg M, Borrmann A, Richter A, Haftenberger M. Consumption of sugary soft drinks among children and adolescents in Germany: results of the cross-sectional KiGGS Wave 2 study and trends. *J Health Monit*. 2018; 3(1): 31-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.17886/RKI-GBE-2018-024>
49. Al-Zalabani AH. Prevalence and predictors of soft drink consumption among adolescents in the gulf countries: findings from national surveys. *Nutrients*. 2024; 16(16): 2637. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu16162637>
50. Stoleriu S, Iovan G, Georgescu A, Sandu AV, Roșca M, Andrian S. Study regarding the effect of acid beverages and oral rinsing solutions on dental hard tissues. *Rev Chim*. 2012; 63(1): 68-73.
51. Caneppele TMF, Jeronymo RDI, Di Nicoló R, de Araújo MA, Soares LES. In Vitro assessment of dentin erosion after immersion in acidic beverages: surface profile analysis and energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry study. *Braz Dent J*. 2012; 23(4): 373-8. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-64402012000400011>
52. Poggio C, Lombardini M, Vigorelli P, Colombo M, Chiesa M. The role of different toothpastes on preventing dentin erosion: an SEM and AFM study®. *Scanning*. 2014; 36(3): 301-10. DOI: <https://doi.org/10.1002/sca.21105>
53. Leal J, Ferreira R, Santana G, Silva-Fialho P, Oliveira-Lima L, Vale G. Effect of high-fluoride dentifrice on root dentine remineralization exposed to erosion challenge in vitro. *J Clin Exp Dent*. 2022; 14(7): e546-e549. DOI: <https://doi.org/10.4317/jced.59091>
54. Camilotti V, Mendonça MJ, Dobrovolski M, Detogni AC, Ambrosano GMB, De Goes MF. Impact of dietary acids on the surface roughness and morphology of composite resins. *J Oral Sci*. 2020; 63(1): 18-21. DOI: <https://doi.org/10.2334/josnusd.19-0518>
55. Das K, Murthy CS, Naganath M, Mehta D, Anitha Kumari R, Karobari MI et al. Insights into the effects and implications of acidic beverages on resin composite materials in dental restorations: an in vitro study. *J Esthet Restor Dent*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/jerd.13372>
56. Isabel CAC, Dominguet AAS, dos Santos SG, Ribeiro JCR, Moysés MR. Surface roughness of a resin composite. *Rev Gaúch Odontol*. 2016; 64(1): 50-5. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-863720160001000072929>
57. Chowdhury D, Mazumdar P, Desai P, Datta P. Comparative evaluation of surface roughness and color stability of nanohybrid composite resin after periodic exposure to tea, coffee, and Coca-cola: an in vitro profilometric and image analysis study. *J Conserv Dent*. 2020; 23(4): 395-401. DOI: https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_401_20

58. Albarran-Martínez L, Rodríguez-Vilchis LE, Contreras-Bulnes R, Moyaho-Bernal MLA, Teutle-Coyotecatl B. Effect of different industrialized acid beverages on the surface roughness of flowable composite resins: in vitro study. *J Clin Pediatr Dent.* 2023; 47(5): 152-61. DOI: <https://doi.org/10.22514/jocpd.2023.065>
59. Hamouda IM. Effects of various beverages on hardness, roughness, and solubility of esthetic restorative materials. *J Esthet Restor Dent.* 2011; 23(5): 315-22. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2011.00453.x>
60. Reddy PS, Tejaswi KLS, Shetty S, Annapoorna BM, Pujari SC, Thippeswamy HM. Effects of commonly consumed beverages on surface roughness and color stability of the nano, microhybrid and hybrid composite resins: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2013; 14(4): 718-23. DOI: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1390>
61. Amaya-Pajares SP, Koi K, Watanabe H, da Costa JB, Ferracane JL. Development and maintenance of surface gloss of dental composites after polishing and brushing: review of the literature. *J Esthet Restor Dent.* 2022; 34(1): 15-41. DOI: <https://doi.org/10.1111/jerd.12875>
62. Scribante A, Bollardi M, Chiesa M, Poggio C, Colombo M. Flexural properties and elastic modulus of different esthetic restorative materials: evaluation after exposure to acidic drink. *Biomed Res Int.* 2019; 2019: 5109481. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/5109481>
63. Scribante A, Gallo S, Scarantino S, Dagna A, Poggio C, Colombo M. Exposure of biomimetic composite materials to acidic challenges: influence on flexural resistance and elastic modulus. *Biomimetics (Basel).* 2020; 5(4): 56. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomimetics5040056>
64. Rathod A, Vadavadagi SV, Verma T, Kumar P, Deepak PV, Deb S, Iqbal A. Effect of acidic beverages on color stability and microhardness of various esthetic restorative materials: a comparative study. *J Pharm Bioallied Sci.* 2021; 13(Suppl 2): S1084-S1087. DOI: https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_189_21
65. Tanthanuch S, Kukiattarakoon B, Siriporananon C, Ornprasert N, Mettasitthikorn W, Likhitpreeda S et al. The effect of different beverages on surface hardness of nanohybrid resin composite and giomer. *J Conserv Dent.* 2014; 17(3): 261-5. DOI: <https://doi.org/10.4103/0972-0707.131791>
66. Szalewski L, Wójcik D, Bogucki M, Szkutnik J, Różyło-Kalinowska I. The influence of popular beverages on mechanical properties of composite resins. *Materials (Basel).* 2021; 14(11): 3097. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14113097>
67. Karda B, Jindal R, Mahajan S, Sandhu S, Sharma S, Kaur R. To analyse the erosive potential of commercially available drinks on dental enamel and various tooth coloured restorative materials: an in-vitro study. *J Clin Diagn Res.* 2016; 10(5): ZC117-21. DOI: <https://doi.org/10.7860/jcdr/2016/16956.7841>
68. Moyin S, Lahiri B, Sam G, Nagdev P, Kumar NN. Evaluation of the impact of acidic drink on the microhardness of different esthetic restorative materials: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2020; 21(3): 233-7.
69. Yazkan B. Surface degradation evaluation of different self-adhesive restorative materials after prolonged energy drinks exposure. *J Esthet Restor Dent.* 2020; 32(7): 707-14. DOI: <https://doi.org/10.1111/jerd.12629>
70. Iosif C, Cuc S, Prodan D, Moldovan M, Petean I, Labunet A et al. Mechanical properties of orthodontic cements and their behavior in acidic environments. *Materials (Basel).* 2022; 15(22): 7904. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15227904>
71. Dinakaran S. Evaluation of the effect of different food media on the marginal integrity of class v compomer, conventional and resin-modified glass-ionomer restorations: an in vitro study. *J Int Oral Health.* 2015; 7(3): 53-8.
72. Zakir T, Dandekeri S, Suhaim KS, Shetty NHG, Ragher M, Shetty SK. Influence of aerated drink, mouthwash, and simulated gastric acid on the surface roughness of dental ceramics: a comparative in vitro study. *J Pharm Bioallied Sci.* 2020; 12(Suppl 1): S480-7. DOI: https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_143_20
73. Watanabe H, Fellows C, An H. Digital technologies for restorative dentistry. *Dent Clin North Am.* 2022; 66(4): 567-90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cden.2022.05.006>
74. Elraggal A, Afifi RR, Alamoush RA, Raheem IA, Watts DC. Effect of acidic media on flexural strength and fatigue of CAD-CAM dental materials. *Dent Mater.* 2023; 39(1): 57-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2022.11.019>
75. Alnsour MM, Alamoush RA, Silikas N, Satterthwaite JD. The effect of erosive media on the mechanical properties of CAD/CAM composite materials. *J Funct Biomater.* 2024; 15(10): 292. DOI: <https://doi.org/10.3390/jfb15100292>
76. Tad KN, Gürbüz A, Oyar P. Influence of acidic solutions on surface roughness of polished and glazed CAD-CAM restorative materials. *Head Face Med.* 2025; 21(1): 16. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13005-025-00486-w>
77. Kumar K, Shetty S, Krithika MJ, Cyriac B. Effect of commonly used beverage, soft drink, and mouthwash on force delivered by elastomeric chain: a comparative in vitro study. *J Int Oral Health.* 2014; 6(3): 7-10.
78. Pithon MM, Lacerda-Santos R, Santana LR, Rocha M, Leal RO, Santos MM. Does acidic drinks vs. controls differ interfere with the force of orthodontic chain elastics? *Biosci J.* 2014; 30(6): 1952-8.
79. Dehghani M, Alavian N, Noori N, Omidkhoda M. The effect of different soft drinks on the force degradation of conventional and memory orthodontic elastic chains: an in-vitro study. *Front Dent.* 2023; 20: 29. DOI: <https://doi.org/10.18502/fid.v20i29.13347>
80. Abbass NN, Albo Hassan AF, Nahidh M. The effect of energy drinks on force degradation of elastomeric chains: an in vitro study. *J Orthod Sci.* 2024; 13: 40. DOI: https://doi.org/10.4103/jos.jos_43_24
81. Leão Filho JCB, Gallo DB, Santana RM, Guariza-Filho O, Camargo ES, Tanaka OM. Influence of different beverages on the force degradation of intermaxillary elastics: an in vitro study. *J Appl Oral Sci.* 2013; 21(2): 145-9. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-775201302256>
82. Parenti SI, Guicciardi S, Melandri C, Sprio S, Lafratta E, Tampieri A, Bonetti GA. Effect of soft drinks on the physical and chemical features of nickel-titanium-based orthodontic wires. *Acta Odontol Scand.* 2012; 70(1): 49-55. DOI: <https://doi.org/10.3109/00016357.2011.575083>

83. Maia LHEG, Lopes Filho H, Ruellas ACO, Araújo MTS, Vaitsman DS. Corrosion behavior of self-ligating and conventional metal brackets. *Dental Press J Orthod*. 2014; 19(2): 108-14. DOI: <https://doi.org/10.1590/2176-9451.19.2.108-114.oar>
84. Shahabi M, Jahanbin A, Esmaily H, Sharifi H, Salari S. Comparison of some dietary habits on corrosion behavior of stainless steel brackets: an in vitro study. *J Clin Pediatr Dent*. 2011; 35(4): 429-32. DOI: <https://doi.org/10.17796/jcpd.35.4.m17j2h5827861m55>
85. Mikulewicz M, Wołowicz P, Loster BW, Chojnacka K. Do soft drinks affect metal ions release from orthodontic appliances? *J Trace Elem Med Biol*. 2015; 31: 74-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2015.03.007>
86. Mirhashemi SA, Jahangiri S, Mahdavi Moghaddam M, Bahrami R. Nickel and chromium ion release from orthodontic wires subjected to various drinks and distilled water. *Front Dent*. 2023; 20: 33. DOI: <https://doi.org/10.18502/fid.v20i33.13639>
87. Aiswareya G, Verma SK, Khan S, Owais M, Farooqi IH, Naseem S. Metal release and cytotoxicity of different orthodontic bracket-wire combinations: an in vitro study. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2023; 13(6): 469-76. DOI: https://doi.org/10.4103/jispcd.jispcd_65_23
88. Ortiz AJ, Fernández E, Vicente A, Calvo JL, Ortiz C. Metallic ions released from stainless steel, nickel-free, and titanium orthodontic alloys: toxicity and DNA damage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011; 140(3): e115-22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.02.021>
89. Simon CP, Motoc AGM, Simon GA, Brezovan D, Muselin F, Cristina RT, Bratu DC. Gingival proliferative growth - stress and cytoarchitecture related with fixed and mobile orthodontic therapy. *Rom J Morphol Embryol*. 2020; 61(4): 1287-94. DOI: <https://doi.org/10.47162/rjme.61.4.29>
90. Zigante M, Špalj S. Clinical predictors of metal allergic sensitization in orthodontic patients. *Cent Eur J Public Health*. 2022; 30(3): 173-8. DOI: <https://doi.org/10.21101/cejph.a7122>