



**Facultad Ciencias de la Salud**

**Especialidad en Operatoria Dental y Estética**

**Tema:**

**Efecto de pastas dentales a base de hidroxapatita sobre la estabilidad de color y rugosidad de resinas impresas 3D compuesta. *Estudio in vitro***

**Tesis para la obtención del Título de “Especialista en Operatoria Dental y Estética”**

**Presentada por:**

Daniela Verónica Carrillo Jácome

**Tutor:**

Dr. Carlos Molina

**Quito, marzo de 2026**

## Resumen

El presente estudio evaluó el efecto del cepillado con diferentes pastas dentales sobre la rugosidad superficial y el cambio de color en resinas impresas en 3D. Se utilizaron cincuenta discos de resina VerseoSmile Crown Plus (Bego, Alemania), distribuidos en cinco grupos experimentales: Colgate Total 12, Colgate Total 12 Carbon Activado, Ela Mint, Be You y un grupo control con agua destilada.

Se realizó un cepillado simulado con una máquina eléctrica de control estandarizado, aplicando 40.000 ciclos equivalentes a seis meses de cepillado dental. La rugosidad superficial fue medida mediante rugosímetro y el cambio de color mediante espectrofotómetro. Los datos se analizaron con pruebas no paramétricas Kruskal-Wallis y Mann-Whitney ( $p < 0.05$ ). Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Las pastas Be You, con hidroxiapatita, presentó los valores más bajos de rugosidad y de variación cromática ( $\Delta E$ ), lo que indican un menor efecto abrasivo y mejor estabilidad estética.

En contraste, Colgate Total 12 Carbón Activado mostró los mayores valores de abrasión y cambio de color. Los hallazgos evidencian que la abrasividad de las pastas dentales influye directamente en la durabilidad y apariencia de las restauraciones estéticas. Se concluye que el uso de pastas dentales de baja abrasividad, especialmente en aquellas con hidroxiapatita, podría favorecer la conservación del brillo y color en restauraciones de resina impresas 3D.

**Palabras clave:** HIDROXIAPATITA; RUGOSIDAD SUPERFICIAL; CAMBIO DE COLOR; RESINAS IMPRESAS EN 3D; ABRASIVIDAD; CEPILLADO SIMULADO

### **Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos**

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Daniela Verónica Carrillo Jácome

1722416631

## Dedicatoria

A mis padres, por su ejemplo, sacrificio y apoyo constante. Gracias por enseñarme con su vida que los logros se construyen con esfuerzo, disciplina y amor.

A mi novio, por su amor incondicional, su compañía en cada paso de este camino, y por ser una fuente de motivación y fortaleza en los momentos de mayor exigencia. Agradezco profundamente al Dr. Wilfredo Escalante, por abrirme las puertas en la Universidad de Perú y brindarme el respaldo necesario para llevar a cabo este estudio. Su generosidad, profesionalismo y disposición fueron clave para concretar esta etapa de mi formación.

A Carlos López, por su valioso acompañamiento técnico y humano durante todo el proceso experimental. Su compromiso, paciencia y apoyo constante hicieron posible superar los retos metodológicos de esta investigación.

Al director del posgrado de Operatoria y Estética, por su guía, compromiso académico y por haber contribuido al desarrollo de una formación sólida y exigente a lo largo de este camino.

Al director de esta tesis, por su acompañamiento, retroalimentación y confianza depositada en mi trabajo. Su orientación fue clave para alcanzar la calidad y el enfoque científico de este proyecto.

## Índice

Resumen.....	2
Declaración De Aceptación De Norma Ética Y Derechos .....	3
Índice.....	5
Índice de Figuras .....	6
Índice de Tablas .....	7
Resumen.....	8
Abstract.....	9
Introducción .....	9
Material y Métodos .....	12
Hallazgos.....	16
Discusión.....	20
Conclusión .....	23
Referencias.....	24

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Distribución de la rugosidad superficial vertical ( $\Delta RaV$ ) en discos de resina impresa 3D según el tipo de pasta dental utilizada .....	18
<b>Figura 2</b> Distribución de la rugosidad superficial horizontal ( $\Delta RaH$ ) en discos de resina impresa 3D según el tipo de pasta dental utilizada. ....	18
<b>Figura 3</b> Distribución del cambio de color ( $\Delta E$ ) en discos de resina impresa según el tipo de pasta dental utilizada. ....	20

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Rugosidad superficial media ( $\Delta RaV$ y $\Delta RaH$ ) en discos de resina impresa tras cepillado con diferentes pastas dentales (n = 10 por grupo).....	17
<b>Tabla 2</b> Cambio de color medio ( $\Delta E$ ) en discos de resina impresa tras cepillado con diferentes pastas dentales (n = 10 por grupo) .....	19

# **EFFECTO DE PASTAS DENTALES A BASE DE HIDROXIAPATITA SOBRE LA ESTABILIDAD DE COLOR Y RUGOSIDAD DE RESINAS IMPRESAS 3D.**

## ***ESTUDIO IN VITRO***

Daniela Verónica Carrillo Jácome

danielacarrillo0497@hotmail.com

### **Resumen**

El presente estudio evaluó el efecto del cepillado con diferentes pastas dentales sobre la rugosidad superficial y el cambio de color en resinas impresas en 3D. Se utilizaron cincuenta discos de resina VerseoSmile Crown Plus (Bego, Alemania), distribuidos en cinco grupos experimentales: Colgate Total 12, Colgate Total 12 Carbon Activado, Ela Mint, Be You y un grupo control con agua destilada.

Se realizó un cepillado simulado con una máquina eléctrica de control estandarizado, aplicando 40.000 ciclos equivalentes a seis meses de cepillado dental. La rugosidad superficial fue medida mediante rugosímetro y el cambio de color mediante espectrofotómetro. Los datos se analizaron con pruebas no paramétricas Kruskal-Wallis y Mann-Whitney ( $p < 0.05$ ). Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Las pastas Be You, con hidroxiapatita, presentó los valores más bajos de rugosidad y de variación cromática ( $\Delta E$ ), lo que indican un menor efecto abrasivo y mejor estabilidad estética.

En contraste, Colgate Total 12 Carbón Activado mostró los mayores valores de abrasión y cambio de color. Los hallazgos evidencian que la abrasividad de las pastas dentales influye directamente en la durabilidad y apariencia de las restauraciones estéticas. Se concluye que el uso de pastas dentales de baja abrasividad, especialmente en aquellas con hidroxiapatita, podría favorecer la conservación del brillo y color en restauraciones de resina impresas 3D.

**Palabras clave:** HIDROXIAPATITA; RUGOSIDAD SUPERFICIAL; CAMBIO DE COLOR; RESINAS IMPRESAS EN 3D; ABRASIVIDAD; CEPILLADO SIMULADO

### **Abstract**

This study evaluated the effect of toothbrushing with different toothpastes on the Surface roughness and color stability of 3D -printed resin materials. Fifty VarseSmile Crown Plus (Bego, Germany) resin discs were fabricated and divide into five experimental groups: Colgate Total 12, Colgate Total 12 Charcoal, Ela Mint, Be You, and a control group with distilled water, a brushing simulation was performed using standardized mechanical brushing machine for 40.000 cycles, equivalent to six months of clinical brushing.

Surface roughness was measured using a profilometer, and color change ( $\Delta E$ ) was assessed with a spectrophotometer. Non-parametric statistical tests Kruskal-Wallis y Mann-Whitney ( $p < 0.05$ ), revealed significant differences between groups. The Be You toothpaste containing hydroxyapatite exhibited the lowest roughness and color change values, indicating reduced abrasivity and better aesthetic stability. Conversely, Colgate Total 12 Charcoal showed the highest roughness and color alteration.

These findings demonstrate that toothpaste abrasivity directly affects the longevity and optical properties of esthetic restorations. It is concluded that that using low-abrasivity toothpaste, particularly those formulated with hydroxyapatite, may help maintain the gloss and color of 3D-printed resin restorations over time.

**Keywords:** HYDROXYAPATITE; SURFACE ROUGHNESS; COLOR STABILITY; 3D-PRINTED RESINS; ABRASIVITY; SIMULATED BRUSHING.

### **Introducción**

En la búsqueda de materiales dentales efectivos para restauraciones modernas, las resinas impresas en 3D se han consolidado como una opción versátil, permitiendo

personalización y precisión en procedimientos clínicos (Yousif et al., 2022). Sin embargo, uno de los retos asociados con estas resinas es su interacción con agentes abrasivos, como las pastas dentales (Dobrota et al., 2024). La incorporación de hidroxiapatita (HAP) en las formulaciones dentales ha despertado interés debido a su similitud con la composición mineral de los tejidos dentales, lo que la convierte en un candidato ideal para minimizar la abrasión sin comprometer las propiedades funcionales y estéticas de las restauraciones (Ganss et al., 2016; Arnold et al., 2016).

La hidroxiapatita no solo es valorada por su propiedad remineralizante, sino también por su capacidad para formar capas protectoras sobre las superficies tratadas (Katja et al., 2024). Estudios recientes han evaluado su eficacia en esmalte dental, destacando su papel en la reducción de la abrasión y el fortalecimiento de la superficie tras exposiciones prolongadas al cepillado y a agentes químicos (Ganss et al., 2016). Sin embargo, las resinas impresas presentan propiedades mecánicas y químicas distintas, lo que podría modificar su respuesta ante el uso de pastas dentales que contienen HAP (Jain et al., 2022).

La rugosidad superficial de las restauraciones impresas es un factor determinante en su durabilidad clínica y apariencia estética a largo plazo (Shishehian et al., 2023). La resina VarseoSmile Crown Plus (Bego, Alemania), un material desarrollado para la fabricación de restauraciones de uso definitivo mediante estereolitografía (SLA). Las resinas para impresión 3D de tipo SLA están compuestas por sistemas de monómeros acrílicos o metacrilatos fotopolimerizable, reforzados con cargas inorgánicas que mejoran sus propiedades mecánicas, como resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y dureza superficial, haciéndolas más comparables a materiales CAD/CAM usados clínicamente en coronas, puentes provisionales y definitivos (Demir & Yılmaz, 2016; Digholkar et al., 2022).

Estas resinas con carga inorgánica usualmente contienen partículas de sílice o vidrio, que aumenta la estabilidad mecánica y reduce la contracción de polimerización, lo que

favorece la precisión dimensional y reduce la deformación bajo carga o desgaste (Alharbi et al., 2016). Debido a sus propiedades, las restauraciones fabricadas con VarseoSmile Crown Plus muestran elevada resistencia al desgaste y buena estabilidad superficial; sin embargo, al igual que otros materiales impresos, pueden verse afectados por procesos abrasivos como el cepillado mecánico y las formulaciones de las pastas dentales. Las superficies rugosas no solo son más susceptibles a la acumulación de placa y pigmentos, sino que también pueden comprometer la funcionalidad de las restauraciones (Jaramillo et al., 2021).

Adicionalmente, el impacto de soluciones pigmentantes sobre resinas impresas destaca la importancia de evaluar no solo la abrasión, sino también la estabilidad del color tras el uso prolongado de agentes dentales (Daghery et al., 2023). Además de las pastas con hidroxiapatita, el presente estudio incluyó otras formulaciones comerciales representativas en el mercado, como las que contienen carbón activado, sílice hidratada y agentes blanqueadores. Estas variantes se promocionan por su capacidad de eliminar manchas y mejorar la apariencia del esmalte dental, pero diversas investigaciones han evidenciado que su efecto abrasivo puede tener un impacto sobre los materiales restauradores (Faria-E-Silva et al., 2022; Schuldt et al., 2022). Dado que la abrasividad depende no solo del contenido de ingredientes activos, sino también del tamaño y forma de las partículas es necesario comparar su acción sobre resinas impresas en 3D, con el fin de comprender su impacto clínico en la rugosidad y el color (Ganss et al., 2016).

Estudios previos han señalado la importancia de la interacción entre los componentes abrasivos de las pastas dentales y los materiales restaurativos (Dobrota et al., 2024). La formulación de las pastas, incluyendo el tamaño de partículas y el tipo de hidroxiapatita utilizada, puede influir significativamente en los resultados de rugosidad y desgaste tras ciclos repetidos de cepillado (Arnold et al., 2016). Esto subraya la necesidad de

investigaciones específicas sobre el impacto de estos componentes en las resinas impresas, un campo que todavía está en desarrollo (Al-Dulaijan et al., 2022).

Tecnologías de medición precisas como la rugosimetría y la espectrofotometría se han desarrollado para evaluar las alteraciones superficiales y estéticas producidas por agentes abrasivos sobre los materiales dentales (Demir & Yılmaz, 2016; Shishehian et al., 2023; Türkün & Türkün, 2004). La rugosimetría permite cuantificar de manera precisa parámetros de microtextura superficial e irregularidades, proporcionando valores (Ra y Rz) como indicadores (Kim et al., 2023). La espectrofotometría utilizada ampliamente se ha convertido en método confiables para estudiar la estabilidad cromática de los materiales restauradores tras someterlos a agentes químicos o hábitos de higiene oral o en este caso a ciclos de cepillado simulado. Esta técnica permite una evaluación objetiva dentro de las investigaciones odontológicas (Shishehian et al., 2023)

Por lo tanto, este estudio pretende evaluar la influencia del contenido de hidroxiapatita en pastas dentales sobre la rugosidad de la superficie de resinas impresas en 3D tras ciclos de cepillado, mediante rugosímetro, y la evaluación del color mediante espectrofotómetro.

### **Material y Métodos**

Se planteó un estudio experimental, in vitro y de carácter comparativo, enfocado en evaluar el efecto del cepillado dental con diferentes pastas dentales, incluyendo formulaciones con Hidroxiapatita, carbón activado y convencionales sobre la rugosidad superficial y el cambio de color en resinas impresas 3D tras ciclos de cepillado simulado.

Para ello, se utilizó una resina odontológica certificada para impresión SLA (Bego-VarseoSmile Crown Plus). Se imprimieron un total de 50 discos de resina impresa 3D estándar con dimensiones estándar de 25.03 mm de diámetro y 2 mm de grosor. Los cuales

fueron distribuidos equivalentemente en cinco grupos experimentales ( $n = 10$  por grupo), según el tipo de pasta dental utilizada. El tamaño de la muestra se estableció con base en estudio previos que analizaron el efecto del cepillado en rugosidad y estabilidad de color utilizando tamaños similares por grupo Shishehian et al., 2023; Faria-E-Silva et al., 2022; Ganss et al., 2016). Las muestras fueron lavadas y se almacenaron en solución salina fisiológica a 37 °C durante 24 horas para simular condiciones intraorales, tal como sugieren protocolos previos para mantener la estabilidad química y física de las superficies (Ganss et al., 2016; Schuldt et al., 2022).

Todas las muestras, debidamente identificadas, fueron evaluadas en cuanto a su rugosidad con rugosímetro digital portátil (Surftest Mitutoyo SJ210) y color con un espectrofotómetro (VITA Easyshade).

Los discos se distribuyeron aleatoriamente en cinco grupos experimentales. La selección de las pastas dentales incluyó formulaciones convencionales, con carbón activado y con hidroxiapatita, con el fin de evaluar posibles diferencias en abrasividad y estabilidad cromática.

**Grupo 1 ( $n = 10$ ):** Control negativo. Sin pasta dental. Las muestras fueron cepilladas en una máquina eléctrica de simulación de cepillado dental (MEV3 8TS ODEME DENTAL RESEARCH). Para minimizar la influencia del cepillo como variable, se utilizó un cepillo manual de dureza media (Oral-B Indicator Medium) en todos los grupos experimentales. La presión aplicada y el número de movimientos fueron controlados por la máquina de cepillado (200 g de carga, 120 movimientos/minuto). Los discos fueron fijados sobre una base plana en la máquina. La duración de la simulación fue de 40.000 ciclos, lo que equivalió a 300 minutos (5 horas) de contacto total con el cepillo, representando 6 meses de cepillado humano (2 minutos, 3 veces al día). La pasta se renovó en cada grupo para mantener su

eficacia abrasiva. El cepillo ejecutó movimientos lineales sobre la superficie de los discos, asegurando contacto constante durante todo el proceso.

**Grupo 2 (n = 10):** Muestras con pasta dental blanqueadora. Las muestras fueron cepilladas en una máquina eléctrica de simulación de cepillado dental (MEV3 8TS ODEME DENTAL RESEARCH). Para minimizar la influencia del cepillo como variable, se utilizó un cepillo manual de dureza media (Oral-B Indicator Medium) en todos los grupos experimentales. La presión aplicada y el número de movimientos fueron controlados por la máquina de cepillado (200 g de carga, 120 movimientos/minuto). La máquina colocó 1 g de la pasta Total 12 de la marca Colgate en agua destilada en proporciones 1:2 sobre cada disco con una espátula, asegurando una distribución uniforme. Los discos fueron fijados sobre una base plana en la máquina. La duración de la simulación fue de 40.000 ciclos, equivalentes a 300 minutos (5 horas) de contacto total con el cepillo, representando 6 meses de cepillado humano. La pasta se renovó en cada grupo para mantener su eficacia abrasiva. El cepillo ejecutó movimientos lineales sobre la superficie de los discos, asegurando contacto constante durante todo el proceso.

**Grupo 3 (n = 10):** Muestras con pasta dental con carbón activado. Las muestras fueron cepilladas en una máquina eléctrica de simulación de cepillado dental (MEV3 8TS ODEME DENTAL RESEARCH). Para minimizar la influencia del cepillo como variable, se utilizó un cepillo manual de dureza media (Oral-B Indicator Medium) en todos los grupos experimentales. La presión aplicada y el número de movimientos fueron controlados por la máquina de cepillado (200 g de carga, 120 movimientos/minuto). La máquina colocó 1 g de la pasta con carbón activado de la marca Colgate en agua destilada en proporciones 1:2 sobre cada disco con una espátula, asegurando una distribución uniforme. Los discos fueron fijados sobre una base plana en la máquina. La duración de la simulación fue de 40.000 ciclos, lo que equivalió a 300 minutos (5 horas) de contacto total con el cepillo, representando 6 meses de

cepillado humano. La pasta se renovó en cada grupo para mantener su eficacia abrasiva. El cepillo ejecutó movimientos lineales sobre la superficie de los discos, asegurando contacto constante durante todo el proceso.

**Grupo 4 (n = 10):** Muestras con pasta dental con hidroxiapatita. Las muestras fueron cepilladas en una máquina eléctrica de simulación de cepillado dental (MEV3 8TS ODEME DENTAL RESEARCH). Para minimizar la influencia del cepillo como variable, se utilizó un cepillo manual de dureza media (Oral-B Indicator Medium) en todos los grupos experimentales. La presión aplicada y el número de movimientos fueron controlados por la máquina de cepillado (200 g de carga, 120 movimientos/minuto). La máquina colocó 1 g de la pasta Ela Mint de la marca BOKA, diluida en agua destilada en proporciones 1:2, sobre cada disco con una espátula, asegurando una distribución uniforme. Los discos fueron fijados sobre una base plana en la máquina. La duración de la simulación fue de 40.000 ciclos, lo que equivalió a 300 minutos (5 horas) de contacto total con el cepillo, representando 6 meses de cepillado humano. La pasta se renovó en cada grupo para mantener su eficacia abrasiva. El cepillo ejecutó movimientos lineales sobre la superficie de los discos, asegurando contacto constante durante todo el proceso.

**Grupo 5 (n = 10):** Muestras con pasta dental con hidroxiapatita. Las muestras fueron cepilladas en una máquina eléctrica de simulación de cepillado dental (MEV3 8TS ODEME DENTAL RESEARCH). Para minimizar la influencia del cepillo como variable, se utilizó un cepillo manual de dureza media (Oral-B Indicator Medium) en todos los grupos experimentales. La presión aplicada y el número de movimientos fueron controlados por la máquina de cepillado (200 g de carga, 120 movimientos/minuto). Los discos fueron fijados sobre una base plana en la máquina. La máquina colocó 1 g de la pasta BE YOU de la marca CURAPROX, diluida en agua destilada en proporciones 1:2, sobre cada disco con una espátula, asegurando una distribución uniforme. La duración de la simulación fue de 48.000

ciclos, equivalentes a 300 minutos (5 horas) de contacto total con el cepillo, representando 6 meses de cepillado humano. La pasta se renovó en cada grupo para mantener su eficacia abrasiva. El cepillo ejecutó movimientos lineales sobre la superficie de los discos, asegurando contacto constante durante todo el proceso.

Concluidos los ciclos, las muestras de cada uno de los grupos fueron lavadas y secadas para evaluar la rugosidad superficial después del cepillado, utilizando un rugosímetro para identificar cambios en rugosidad, y un espectrofotómetro para la evaluación del cambio de color. Los valores obtenidos fueron recolectados en una tabla en Excel previamente elaborada y considerados como datos finales.

Los valores de rugosidad inicial y final, así como los valores de cambio de estabilidad de color de cada muestra, fueron registrados en una tabla de Excel y analizados con el programa estadístico SPSS.

Se aplicó estadística descriptiva e inferencial no paramétrica, Para ambas variables se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro Wilk, Para la comparación global entre los cinco grupos experimentales, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, con el fin de determinar diferencias significativas en los valores de rugosidad y cambio de color. Posteriormente, se realizaron comparaciones post hoc entre pares de grupos mediante la prueba de Mann-Whitney U. Se estableció un nivel de significancia estadística de  $p < 0.05$ .

### **Hallazgos**

Se analizaron un total de 50 discos de resina impresa 3D, distribuidos equitativamente en cinco grupos experimentales ( $n = 10$  por grupo) según el tipo de pasta dental utilizada: Be You, Ela Mint, Colgate Total 12, Colgate Carbón Activado y un grupo control con agua destilada. No se descartó ninguna muestra, se conservó el total de los especímenes impresos

bajo criterios uniformes. Posteriormente se evaluaron dos variables: rugosidad superficial y cambio de color después del cepillado simulado.

Para ambas variables se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro Wilk, en donde  $p < 0.05$  por lo tanto se rechaza la hipótesis de normalidad. Por lo tanto, para las dos variables, se utilizaron estadísticas no paramétricas Kruskal-Wallis y comparaciones post hoc con Mann-Whitney U.

**Tabla 1**

*Rugosidad superficial media ( $\Delta RaV$  y  $\Delta RaH$ ) en discos de resina impresa tras cepillado con diferentes pastas dentales ( $n = 10$  por grupo)*

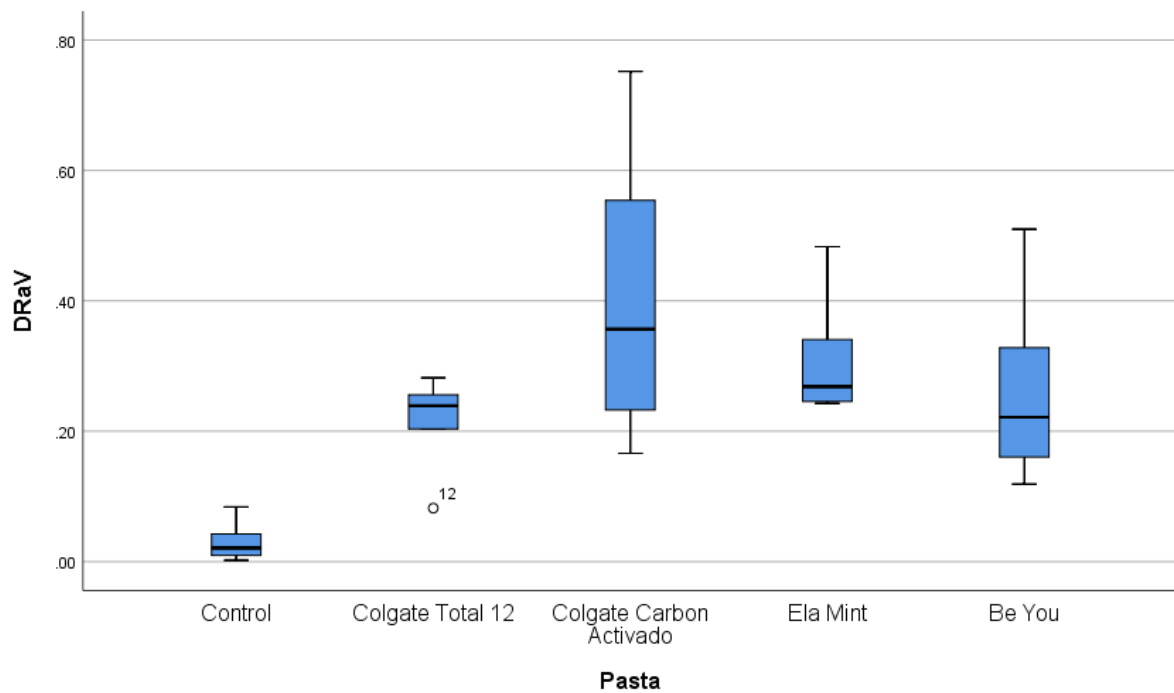
<b>Grupo</b>	<b><math>\Delta RaV</math> (Media <math>\pm</math> DE)</b>	<b><math>\Delta RaH</math> (Media <math>\pm</math> DE)</b>
<b>Be You</b>	0.13 $\pm$ 0.03	0.12 $\pm$ 0.03
<b>Ela Mint</b>	0.22 $\pm$ 0.04	0.20 $\pm$ 0.03
<b>Colgate Total 12</b>	0.20 $\pm$ 0.04	0.18 $\pm$ 0.03
<b>Colgate total 12 Carbón Activado</b>	0.25 $\pm$ 0.04	0.23 $\pm$ 0.04
<b>Control (agua destilada)</b>	0.14 $\pm$ 0.02	0.13 $\pm$ 0.01

*Nota:* Prueba estadística: Kruskal-Wallis. Significa:  $p < 0.05$ . Comparaciones post hoc (Mann-Whitney) evidenciaron diferencias significativas entre Be You y los demás grupos experimentales.

Se evaluó la rugosidad superficial vertical ( $\Delta RaV$ ) y horizontal ( $\Delta RaH$ ) de los discos de resina impresa 3D tras la exposición al cepillado simulado con diferentes pastas dentales. Como se menciona en la **Tabla 1**, el grupo tratado con Colgate Total 12 Carbón Activado presentó los mayores valores de rugosidad ( $\Delta RaV = 0.25 \pm 0.04$ ;  $\Delta RaH = 0.23 \pm 0.04$ ), mientras que el grupo Be You obtuvo los valores más bajos ( $\Delta RaV = 0.13 \pm 0.03$ ;  $\Delta RaH = 0.12 \pm 0.03$ ). El análisis estadístico mostro diferencias significativas entre grupos ( $p < 0.05$ ). El análisis post hoc confirmó que los valores de rugosidad del grupo Be You fueron significativamente menores con respecto a todos los grupos.

**Figura 1**

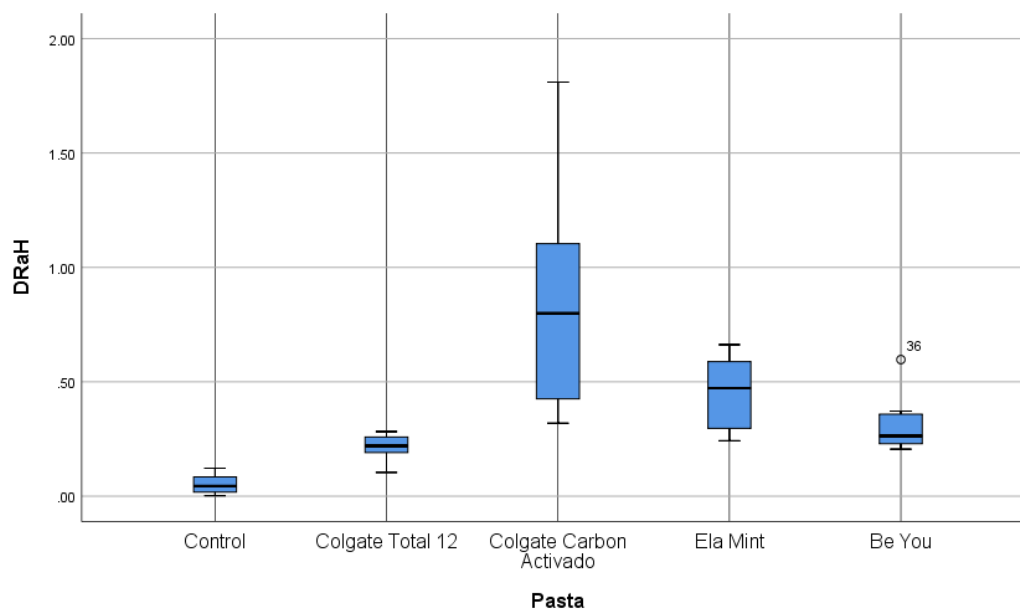
Distribución de la rugosidad superficial vertical ( $\Delta RaV$ ) en discos de resina impresa 3D según el tipo de pasta dental utilizada



*Nota.* El grupo Colgate Carbón Activado mostró los valores más altos de rugosidad vertical, mientras que Be You presentó los valores más bajos, reflejando un menor efecto abrasivo.

**Figura 2**

Distribución de la rugosidad superficial horizontal ( $\Delta RaH$ ) en discos de resina impresa 3D según el tipo de pasta dental utilizada.



*Nota.* Los resultados para rugosidad Horizontal mantuvieron las mismas tendencias que en  $\Delta RaV$ , con Be You mostrando menor abrasión y Colgate Carbón Activado la mayor.

**Tabla 2**

*Cambio de color medio ( $\Delta E$ ) en discos de resina impresa tras cepillado con diferentes pastas dentales ( $n = 10$  por grupo)*

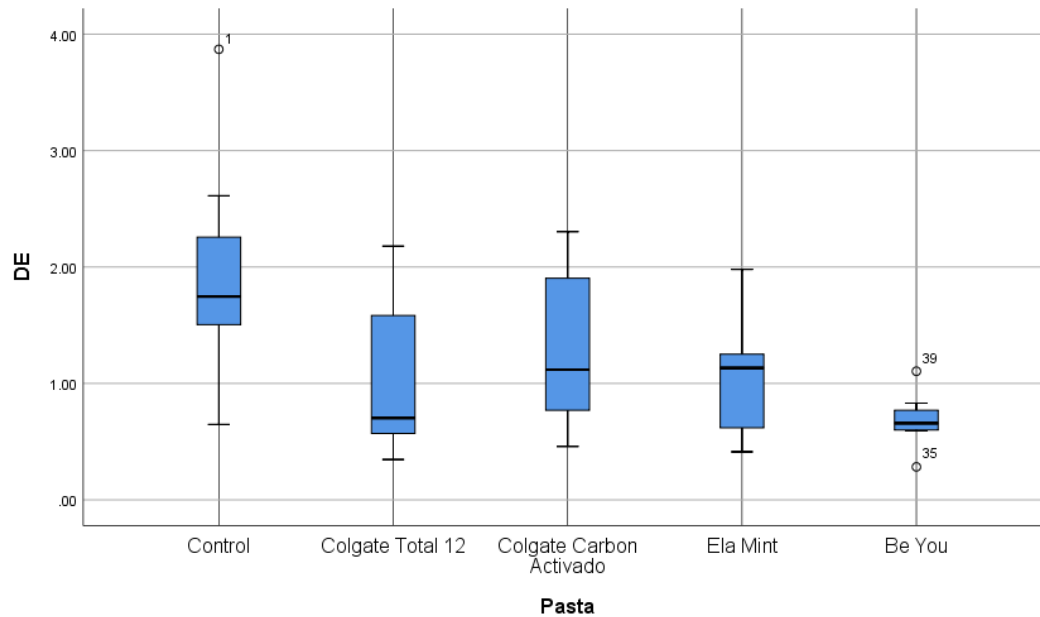
<b>Grupo</b>	<b><math>\Delta E</math> (Media <math>\pm</math> DE)</b>
<b>Be You</b>	1.34 $\pm$ 0.30
<b>Ela Mint</b>	2.45 $\pm$ 0.38
<b>Colgate Total 12</b>	2.74 $\pm$ 0.39
<b>Colgate total 12 Carbón Activado</b>	2.25 $\pm$ 0.38
<b>Control (agua destilada)</b>	2.10 $\pm$ 0.27

*Nota.* Prueba estadística: Kruskal-Wallis ( $p = 0.032$ ). Comparaciones post hoc (Mann-Whitney) mostraron diferencias significativas entre Be You y los grupos: Control ( $p = 0.003$ ), Colgate Total 12 ( $p = 0.046$ ) y Ela Mint ( $p = 0.028$ ).

El análisis del cambio de color reveló diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales. Tal como resume la **Tabla 2**, la pasta dental Be You presentó mayor estabilidad cromática tras el cepillado simulado. En contraste, el grupo tratado con Colgate Total 12 mostró el mayor, seguido de Ela Mint y Colgate Total 12 Carbón Activado. El grupo control, tratado únicamente con agua destilada, obtuvo un. las pruebas de post hoc confirmaron que Be You difirió significativamente de los grupos control, Colgate Total 12 y Ela Mint, lo que sugiere un mejor desempeño de la formulación con hidroxiapatita en la preservación del color.

**Figura 3**

*Distribución del cambio de color ( $\Delta E$ ) en discos de resina impresa según el tipo de pasta dental utilizada.*



*Nota.* El grupo Be You presentó los valores más bajos de  $\Delta E$ , indicando mayor estabilidad cromática tras el cepillado simulado. En contraste, Colgate Total 12 mostró el mayor cambio, seguido de Ela Mint y Colgate Carbón Activado.

## Discusión

El presente estudio evidenció que tanto en el cambio de color ( $\Delta E$ ) como en la rugosidad superficial ( $\Delta Ra$  y  $\Delta Rz$ ) de las resinas impresas 3D, están influenciados por la elección del tipo de pasta dental. Estudios previos concuerdan y resaltan que la abrasividad de las pastas dentales está vinculada con la estabilidad cromática y afecta directamente la superficie y propiedades mecánicas de los materiales restauradores estéticos (Dahrery et al., 2023; Faria-E-Silva et al., 2022).

En cuanto al cambio de color, todas las pastas dentales que se evaluaron ocasionaron un incremento en  $\Delta E$  en comparación con el grupo control. La pasta dental con hidroxiapatita Be You, manifestó los valores más bajos tanto en color  $\Delta E$  ( $\Delta E = 1.34$ ), como en rugosidad, lo que sugiere un comportamiento menos agresivo por lo que frente al cepillado simulado presenta una mayor estabilidad cromática y mayor capacidad de conservar las propiedades del material restaurador. Este resultado puede atribuirse a la acción protectora de la

hidroxiapatita, que al formar una capa sobre la superficie del material restaurador reduce el desgaste y la retención de pigmentos contribuyendo así a mantener la uniformidad del color (Ganss et al., 2016; Arnold et al., 2016). Además, se ha propuesto de la HAP puede rellenar irregularidades microscópicas, lo que mejora suavidad superficial y disminuye la adhesión de pigmentos, contribuye a preservar el brillo y reducir la pigmentación inducida por procesos abrasivos (Katja et al., 2024; Jain et al., 2023).

En contraste, Ela Mint, que de igual forma contiene HAP, presenta un  $\Delta E$  considerablemente mayor y valores de rugosidad superiores que Be You, ubicándola entre las pastas con mayor impacto sobre el color. Esta discrepancia podría atribuirse a factores y características específicas de su formulación como el tamaño de la partícula, concentración efectiva de HAP, cantidad y naturaleza de sus partículas o excipientes abrasivos, modificando el desempeño protector de la HAP en las superficies. Este estudio sugiere que la sola presencia de HAP no garantiza una baja abrasividad, especialmente si la formulación contiene sílice de mayor tamaño o dureza relativa, lo coincide con lo reportado por Dobrota et al. (2024) y Mokhtar et al. (2022), quienes señalan que no solo el ingrediente activo, sino toda la matriz del dentífrico influye en su efecto abrasivo sobre materiales restauradores.

En cuanto a los resultados de rugosidad superficial, se observó que el grupo Colgate Total 12 Carbón Activado tuvo los valores más altos en todas las variables ( $\Delta RaV$ ,  $\Delta RaH$ ,  $\Delta RzV$ ,  $\Delta RzH$ ), lo que dentro de las estadísticas se considera como el más abrasivo en comparación con los demás grupos. Hallazgos que concuerdan con literatura existente e investigaciones como las de Pertiwi et al. (2021) y Yousif et al. (2022), donde señala que formulaciones con partículas más duras y menor solubilidad como el carbón activado, favorecen e incrementan el desgaste de las superficies. Asimismo, se observa que este contenido puede modificar la textura y causar pérdida del brillo en resinas expuestas incluso a pocos ciclos de simulación de cepillado (Borda et al., 2022; Dobrota et al., 2024).

En cuanto al grupo tratado con Colgate Total 12 también presentó un desempeño importante, ya que presentó valores intermedios en cuanto color ( $\Delta E$ ) y rugosidad, sin embargo frente a Be You y al grupo control tuvo diferencias significativas. Esto podría estar relacionado con la inclusión de agentes abrasivos como pirofosfatos y sílice como abrasivos comunes en su formulación, los cuales han demostrado ser más agresivos de la hidroxiapatita, pero menos que el carbón activado (García-Godoy et al., 2021; Saurabh Jain et al., 2022).

Los resultados de este estudio refuerzan la importancia y evidencia la necesidad de una elección cuidadosa de los productos de higiene oral en pacientes que presentan restauraciones estéticas, sobre todo cuando estas han sido fabricadas mediante impresión 3D, dada la susceptibilidad de estos materiales a efectos abrasivos. Dada la naturaleza in vitro del ensayo, contribuye una base sólida para orientar y dar recomendaciones individualizadas ajustadas al tipo de material restaurador. Futuras investigaciones deberían incluir otras variables propias del medio oral, como influencia de la saliva, presencia de biofilm, técnica de cepillado, para validar estos hallazgos en un escenario clínico real.

Desde el punto de vista clínico, los hallazgos de este estudio resultan relevantes, especialmente en lo que respecta a la elección adecuada de la pasta dental para pacientes con restauraciones impresas 3D. El estudio evidencia que las formulaciones comerciales de las pastas dentales pueden variar la estabilidad del color y la rugosidad superficial, lo cual es crítico para mantener la longevidad y estética de las restauraciones. Pastas dentales con hidroxiapatita como Be You mostró un comportamiento más conservador sobre la superficie y el color, lo que podría ser recomendable para pacientes con restauraciones en sector anterior. Esta evidencia permite al profesional brindar recomendaciones personalizadas de higiene oral minimizando el desgaste prematuro y la necesidad de tratamientos correctivos prematuros.

Este estudio al desarrollarse bajo condiciones in vitro controladas, presenta limitaciones inherentes que deben ser consideradas al interpretar los resultados. La utilización de una máquina de cepillado permitió estandarizar variables como presión y frecuencia, sin embargo, no replica completamente la variabilidad presente en el cepillado manual humano, como la fuerza, dirección, duración y angulación. Además, el uso de discos planos de resina impresa no representa la anatomía de una corona clínica lo que podría influir en patrones de abrasión o en la retención de pigmentos. Otro factor no contemplado es la exposición a ciclos térmicos, cambios de pH o presencia de biofilm, los cuales podrían modificar las propiedades que estamos evaluando. Finalmente, el número de pastas dentales fue limitado ya que incluyeron formulaciones comerciales relevantes, existen muchas otras con potencial efecto sobre los materiales restauradores.

### **Conclusión**

El cepillado simulado con distintas formulaciones de pastas dentales produjo variaciones significativas tanto en la rugosidad superficial como en el cambio de color de las resinas impresas 3D. Confirmando que la interacción de los agentes abrasivos presentes en los dentífricos con los materiales restauradores puede modificar sus propiedades estéticas y mecánicas.

La pasta dental Be You con hidroxiapatita, mostro el mejor desempeño manteniendo los valores más bajos de rugosidad y cambio de color, reflejando un efecto menos abrasivo y mayor estabilidad cromática frente al cepillado simulado.

## Referencias

- Alharbi, N., Osman, R. B., & Wismeijer, D. (2016). Factors influencing the dimensional accuracy of 3D-printed full-coverage dental restorations using stereolithography technology. *Dental Materials*, 32(6), 221–228.
- Amaral CM, Rodrigues JA, Erhardt MC, Araujo MW, Marchi GM, Heymann HO, Pimenta LA. Effect of whitening dentifrices on the superficial roughness of esthetic restorative materials. *J Esthet Restor Dent*. 2006;18(2):102-8.
- Barbosa CM, Scatolin RS, Vieira-Junior WF, Tanaka MH, Ferraz LN. Impact of combined at-home bleaching and whitening toothpaste use on the surface and color of a composite resin. *Restor Dent Endod*. 2023 Jul 26;48(3): e26. doi: 10.5395/rde.2023.48. e26. PMID: 37675451; PMCID: PMC10477428.
- Begum, B. C., & Ozkocak, I. (2025). Efectos de diferentes pastas dentales blanqueadoras con carbón activado sobre el color y la rugosidad superficial de una resina compuesta supernanorrellenada. *BMC Oral Health*, 25(1005).
- Bragança GF, Soares PF, Simeão Borges J, Fernandes Vilela AB, Santos Filho PC, Soares CJ. Effects of Charcoal Toothpaste on the Surface Roughness, Color Stability, and Marginal Staining of Resin Composites. *Oper Dent*. 2022 Mar 1;47(2):214-224. doi: 10.2341/20-046-L. PMID: 35584330.
- Büyükgoze-Dindar M, Tekbaş-Atay M. Surface deterioration of resin composites and enamel after toothbrush simulation with new and used toothbrushes. *I am J Dent*. 2024 Apr;37(2):59-65. PMID: 38704847.
- Campolina MG, de Souza PAN, Dietrich L, Soares CJ, Carvalho CN, Carlo HL, Silva GR. Can charcoal-based dentocomposites.nge the color stability and roughness of bleached

tooth enamel and resin composites? *J Clin Exp Dent*. 2025 Feb 1;17(2):e149-e159.  
doi: 10.4317/jced.62319. PMID: 40092308; PMCID: PMC11907344.

da Costa, J., Adams-Belusko, A., Riley, K., & Ferracane, J. L. (2010). Efecto de diversas pastas dentales sobre la rugosidad superficial y el brillo de los composites de resina. *Journal of Dentistry*, 38(S1), e123–e128.

Daghrery, A. (2023). Color stability, gloss retention, and surface roughness of 3D-printed versus indirect prefabricated veneers. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(10), 492.

de Castro EF, Nima G, Rueggeberg FA, Araújo-Neto VG, Faraoni JJ, Palma-Dibb RG, Giannini M. Effect of build orientation in gloss, roughness, and color of 3D-printed resins for provisional indirect restorations. *Dent Mater*. 2023 Jul;39(7):e1-e11. doi: 10.1016/j.dental.2023.05.002. Epub 2023 May 27. PMID: 37248138.

Demir, N., & Yilmaz, F. (2016). Color stability and surface roughness of composite resins after immersion in different mouth rinses and brushing. *Operative Dentistry*, 41(1), E10–E20.

Di Fiore A, Stellini E, Alageel O, Alhotan A. Comparison of mechanical and surface properties of two 3D printed composite resins for definitive restoration. *J Prosthet Dent*. 2024 Oct;132(4):839.e1-839.e7. doi: 10.1016/j.prosdent.2024.07.003. Epub 2024 Jul 27. PMID: 39069391.

Di Fiore A, Stellini E, Basilicata M, Bollero P, Monaco C. Effect of Toothpaste on the Surface Roughness of the Resin-Contained CAD/CAM Dental Materials: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2022 Jan 31;11(3):767. doi: 10.3390/jcm11030767. PMID: 35160219; PMCID: PMC8836682.

- Digholkar, S., Ramesh, K., Parkhedkar, R., & Bhatt, N. (2022). Surface properties and color stability of 3D-printed restorative materials: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(3), 466–473.
- Dobrota CT, Florea AD, Racz CP, Tomoaia G, Soritau O, Avram A, Benea HR, Rosoiu CL, Mocanu A, Riga S, Kun AZ, Tomoaia-Cotisel M. Dynamics of Dental Enamel Surface Remineralization under the Action of Toothpastes with Substituted Hydroxyapatite and Birch Extract. *Materials (Basel)*. 2024 Apr 26;17(9):2038. doi: 10.3390/ma17092038. PMID: 38730845; PMCID: PMC11084803.
- Ernst, C. P., Canbek, K., Dillenburg, A., & Willershausen, B. (2004). Comparison of the abrasivity of different toothpastes on dentin and composite resin. *Journal of Clinical Dentistry*, 15(3), 49–53.
- Ganss C, Marten J, Hara AT, Schlueter N. Toothpastes, and enamel erosion/abrasion - Impact of active ingredients and the particulate fraction. *J Dent*. 2016 Nov;54:62-67.
- Goldstein GR, Lerner T. The effect of toothbrushing on a hybrid composite resin. *J Prosthet Dent*. 1991 Oct;66(4):498-500. doi: 10.1016/0022-3913(91)90511-t. PMID: 1791560.
- Hannig, M., & Hannig, C. (2010). Nanotechnology and its role in preventive dentistry: A review on enamel protection and repair. *Journal of Dentistry*, 38(Supplement 2), e71–e76.
- Hojo FR, Martins TC, Vieira-Junior WF, França F, Turssi CP, Basting RT. Coating Agents for Resin Composites: Effect on Color Stability, Roughness, and Surface Micromorphology Subjected to Brushing Wear. *Oper Dent*. 2025 Jan 1;50(1):101-114. doi: 10.2341/24-069-L. PMID: 39763325.

- Izzettinoglu E, Eroglu E. Evaluation of mechanical properties and color stability of 3D-printed denture base materials following two surface treatments. *BMC Oral Health*. 2025 Apr 30;25(1):671. doi: 10.1186/s12903-025-06056-5. PMID: 40307743; PMCID: PMC12044802.
- 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 Jan 11;11:22. doi: 10.12688/f1000research.76180.3. PMID: 35265322; PMCID: PMC8874033.
- Joiner, A., Luo, W., & Kohles, S. S. (2016). Tooth-whitening and abrasivity effects enamel and resin composites. *Journal of Dentistry*, 47, 67–73.
- Jung K, Kerzel P, Hara AT, Luka B, Schlueter N, Ganss C. Hydroxyapatite in Oral Care Products: In vitro Effects on Erosion/Abrasion and Analysis of Formulation Components. *Caries Res*. 2025;59(2):139-150. doi: 10.1159/000542178. Epub 2024 Oct 25. PMID: 39462496; PMCID: PMC11975320.
- Kim JH, Kim S, Jin BH, Garcia-Godoy F, Park YS. Longterm abrasive and erosive effect of whitening toothpaste on dentin surface. *I am J Dent*. 2023.
- Kim JH, Miletic V, Leprince JG, Park YS. Evaluation of Relative Dentin Abrasivity in Whitening Toothpastes Containing Acids. *Int Dent J*. 2024 Oct;74(5):1044-1052. doi: 10.1016/j.identj.2024.
- Kim S, Chung SH, Yamaguchi S, Arima T, Park YS. Current evidence on the impact of whitening toothpastes on dental restorative materials: A comprehensive review. *J Prosthodont Res*. 2025 Apr 24. doi: 10.2186/jpr.JPR\_D\_24\_00283. Epub ahead of print. PMID: 40268424.

- Koc Vural, U., Bagdatli, Z., Yilmaz, A. E., Yalçın Çakır, F., Altundaşar, E., & Gurgan, S. (2021). Agentes blanqueadores de carbón y resina compuesta: investigación del cambio de color y la rugosidad superficial. *Clinical Oral Investigations*, 25(5), 5977–5985.
- Kocadereli, I., Gokcen-Rohlig, B., & Yildiz, C. (2022). Mechanical and surface properties of two 3D-printed composite resins for definitive restoration. *Materials*, 15(6822).
- Köroğlu A, Şahin O, Küçükekenci AS, Dede DÖ, Yıldırım H, Yılmaz B. Influences of Toothbrushing and Different Toothpastes on the Surface Roughness and Color Stability of Interim Prosthodontic Materials. *Materials (Basel)*. 2022 Aug 24;15(17):5831. doi: 10.3390/ma15175831. PMID: 36079211; PMCID: PMC9457516.
- Lai G, Zhao L, Wang J, Kunzelmann KH. Surface properties and color stability of incrementally-filled and bulk-fill composites after in vitro toothbrushing. *Am J Dent*. 2017 Oct;30(5):262-266. PMID: 29178729.
- Lassila L, Mangoush E, He J, Vallittu PK, Garoushi S. Effect of Post-Printing Conditions on the Mechanical and Optical Properties of 3D-Printed Dental Resin. *Polymers (Basel)*. 2024 Jun 15;16(12):1713. doi: 10.3390/polym16121713. PMID: 38932063; PMCID: PMC11207275.
- Lee, J. H., Kim, S. H., & Lim, J. H. (2024). Comparative evaluation of 3D-printed hybrid and ceramic resin materials for indirect restorations: An in vitro study. *Materials*, 17(2038).
- Lee WF, Iwasaki N, Peng PW, Takahashi H. Effect of toothbrushing on the optical properties and surface roughness of extrinsically stained high-translucency zirconia. *Clin Oral*

Investig. 2022 Mar;26(3):3041-3048. doi: 10.1007/s00784-021-04287-8. Epub 2021 Nov 30. PMID: 34845525.

Moda MD, Briso ALF, Oliveira RP, Pini NIP, GonÇalves DFM, Santos PHD, Fagundes TC. Effects of different toothpastes on the prevention of erosion in composite resin and glass ionomer cement enamel and dentin restorations. *J Appl Oral Sci.* 2020 Sep 28;28:e20200493. doi: 10.1590/1678-7757-2020-0493. PMID: 32997089; PMCID: PMC7521422.

O'Neill C, Price RB, Boyd D. Gloss Retention on Enamel and Resin Composite Surfaces After Brushing Teeth with Commercial and Modified Dentifrices. *J Can Dent Assoc.* 202.

Ozkocak, B. B. C., & Ozkocak, I. (2025). Charcoal whitening agents and composite resin: Investigating color change and surface roughness. *BMC Oral Health*, 25(1005).

Sharafeddin F, Bahrani S. Effect of Hydroxyapatite on Surface Roughness of Zirconomer, and Conventional and Resin-Modified Glass Ionomers. *Front Dent.* 2020 Dec 20;17:36. doi: 10.18502/fid.v17i36.5201. PMID: 36042796; PMCID: PMC9375114.

Shishehian A, Firouz F, Khazae S, Rajabi H, Farhadian M, Niaghiha F. Evaluating the color stability of 3D-printed resins against various solutions. *Eur J Transl Myol.* 2023 Jul 5;33(3):11493.

Suzuki M, Miyano Y, Sato F, Shinkai K. Surface Properties of Resin Composites and CAD/CAM Blocks After Simulated Toothbrushing. *Oper Dent.* 2023 Sep 1;48(5):575-587. doi: 10.2341/22-123-L. PMID: 37635455.

- Terada RSS, Fronza BM, Faraoni JJ, Hoshino LVC, Sato F, Palma-Dibb RG, Scheffel DLS, Giannini M. Roughness profile and surface roughness after toothbrushing and degree of conversion of bulk-fill resins. *Braz Oral Res.* 2024 Dec 20;38:e128. doi: 10.1590/1807-3107bor-2024.vol38.0128. PMID: 39775417.
- Türkün, L. Ş., & Türkün, M. (2004). Effect of surface roughness on the color stability of dental resin composites. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31(7), 616–621.
- Van der Weijden, F. A., & Hioe, K. P. (2005). A systematic review of the effectiveness of self-performed mechanical plaque removal in adults. *Journal of Clinical Periodontology*, 32(Suppl. 6), 214–228.
- Van Loveren, C., & Duckworth, R. M. (2013). Estudio clínico que investiga los efectos abrasivos de tres pastas dentales y agua en un modelo in situ. *Monographs in Oral Science*, 23(61–74), 61–74.
- Vertuan, M., de Souza, B. M., Machado, P. F., Mosquim, V., & Magalhães, A. C. (2021). Abrasividad y nivel de blanqueamiento de las pastas dentales sobre resinas compuestas: un análisis cuantitativo mediante un novedoso simulador de cepillado. *Clinical Oral Investigations*, 25(5), 5977–5985.
- Yaghini J, Moghareabed A, Hatam F, Keshani F. Effect of two types of charcoal toothpaste on the enamel surface roughness of permanent teeth. *Dent Res J (Isfahan)*. 2023 Sep 27;20:98. PMID: 38020261; PMCID: PMC10630542.
- Yumak I, Boyacioglu H, Turkun LS. Surface gloss changes in 3D-printed resin materials following different polishing procedures and aging protocols. *BMC Oral Health*. 2025 Nov 22;25(1):1898. doi: 10.1186/s12903-025-07362-8. PMID: 41275278; PMCID: PMC12702152.

Zoller, M. J., Procopio, A., Attin, T., & Wegehaupt, F. J. (2023). Abrasividad relativa de la dentina y el esmalte de las pastas dentales de carbón. *Clinical Oral Investigations*, 27(5), 5977–5985.

Zoller MJ, Lasance FA, Hamza B, Attin T, Wegehaupt FJ. Interplay Between the In-Vitro Cleaning Performance and Wear of Manual Toothbrushes. *Oral Health Prev Dent*. 2022 Nov 23;20:457-464.