



Facultad De Ciencias De La Salud

Posgrado De Rehabilitación Oral y Prótesis Implanto Asistida

Tema:

Estabilidad del color entre resinas compuestas de nanorellenos y microhíbridas con pigmentos exógenos.

Trabajo de titulación para la obtención del Título de Especialista en Rehabilitación Oral y Prótesis Implanto Asistida

Presentada por:

Edith Tamara Vásquez Guerrón

Tutor:

Danny España

Quito, junio 2025

Resumen

La estabilidad cromática de los materiales restauradores es un factor determinante en la longevidad estética de los tratamientos odontológicos, especialmente en sectores visibles. Las resinas compuestas, ampliamente utilizadas en la práctica clínica, están sujetas a diversos factores extrínsecos que pueden provocar alteraciones en su color a lo largo del tiempo. Entre estos factores se encuentran las bebidas con alto potencial pigmentante, como el café y la Coca-Cola, así como la exposición prolongada al medio oral representado por la saliva. La evaluación objetiva de los cambios de color puede realizarse mediante espectrofotometría, utilizando el sistema de coordenadas CIE LCH, el cual permite descomponer el color en sus componentes de luminosidad (L), croma (C) y tono (H). A partir de estas coordenadas, se calcula El valor total de color (E), valor que permite determinar lo percibido por el ojo humano. El presente estudio tiene como objetivo analizar la estabilidad cromática de dos tipos de resina compuesta (Z350 y Z250) tras 14 días de inmersión en tres medios distintos: saliva artificial, café y Coca-Cola. Se empleará un diseño experimental con espectrofotometría digital para el registro de las variables L, C, H y E, y se realizarán análisis estadísticos comparativos mediante pruebas ANOVA o Kruskal–Wallis, dependiendo de la distribución de los datos. Los resultados permitirán establecer cuál resina presenta mejor comportamiento cromático y qué medio induce mayor alteración visualmente perceptible, con el fin de orientar decisiones clínicas basadas en evidencia.

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.

Edith Tamara Vásquez Guerrón

C.I. 0401757224

Dedicatoria

Con el corazón lleno de gratitud, dedico este trabajo a todas las personas que han sido parte fundamental de mi camino académico y personal.

En primer lugar, agradezco profundamente a la Universidad de Los Hemisferios, por haberme abierto las puertas a un espacio de crecimiento, aprendizaje y descubrimiento. Este recorrido no solo ha sido una formación profesional, sino también un viaje de transformación personal. Gracias por brindarme las herramientas necesarias para construir mi futuro con responsabilidad y compromiso.

A mis docentes, quienes con paciencia, sabiduría y entrega compartieron sus conocimientos, me retaron a dar lo mejor de mí y me enseñaron mucho más que teoría: me transmitieron pasión, ética y vocación. Cada uno, con su estilo y dedicación, ha dejado una huella imborrable en mi proceso de formación.

A mi familia, mi mayor sostén y motivo. Gracias por su amor, su fe incondicional en mí y su presencia constante, incluso en los momentos más difíciles.

En especial, a Mimi, quien ha sido como una madre para mí. Tu amor desinteresado, tus palabras de aliento y tu compañía silenciosa pero firme han sido un verdadero refugio. Gracias por estar ahí, siempre.

Y a Fanicita, por ser un ejemplo de vida, de entereza y sabiduría. Has sido un faro que me guía, un pilar en quien apoyarme y una inspiración constante para seguir adelante con determinación y esperanza.

A todos ustedes, les entrego con amor y gratitud este logro, que no es solo mío, sino también de cada uno que creyó en mí, me acompañó y me sostuvo.

Índice

Declaración de Aceptación de Norma Ética y Derechos	3
Dedicatoria	4
Resumen.....	11
Abstract	12
Introducción	1
Metodología	3
Diseño de la investigación	3
Preparación de las muestras	3
Fase de polimerización	7
Proceso de pulido.....	9
Toma de color	10
Inmersión	12
Coca-cola a partir de 355 ml.....	12
GRUPO VM.....	13
GRUPO VN	14
GRUPO EM	14
GRUPO EN.....	15
GRUPO CONTROL SM	16

GRUPO CONTROL SN.....	17
Resultados.....	22
Diseño del estudio.....	22
Preparación de las muestras.....	22
Protocolos de exposición.....	23
Medición de color.....	23
Análisis estadístico.....	29
Resultados.....	30
Diferencia total de color (E).....	30
Luminosidad (L).....	30
Croma (C).....	30
Tono (H).....	31
Resumen.....	31
Análisis estadístico comparativo.....	34
<i>Comprobación de normalidad</i>	34
<i>Resultado:</i>	34
<i>Prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis</i>	35
<i>Resultado:</i>	35
<i>Interpretación:</i>	35
<i>Análisis post hoc (comparaciones entre pares)</i>	36

<i>Conclusión del análisis comparativo:</i>	36
Interpretación clínica del DE	38
<i>Análisis e implicaciones clínicas</i>	39
Análisis visual mediante diagramas de caja (boxplots)	40
DE (Diferencia total de color).....	40
DL (Luminosidad)	41
DC (Croma o saturación del color).....	42
DH (Tono del color).....	43
Discusión.....	44
Conclusiones	47
Referencias.....	48

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Bloque con orificios circulares creado con AutoCAD	4
Gráfico 2. Bloque plano creado con AutoCAD.	4
Gráfico 3. Calibrador tipo Willis	5
Gráfico 4. Tamaño de resina	5
Gráfico 5. Colocación de lámina celuloide	6
Gráfico 6. Colocación de lámina celuloide	6
Gráfico 7. Utilización de Gutaperchero	6
Gráfico 8. Aplicación de composite	6
Gráfico 9. Proceso de Fotopolimerización	7
Gráfico 10. Contacto directo con el bloque acrílico	8
Gráfico 11. Sumersión de las muestras en 10 ml de agua destilada.	8
Gráfico 12. Pulido medio	9
Gráfico 13. Pulido grueso	9
Gráfico 14. Pulido superfino	10
Gráfico 15. Pulido fino	10
Gráfico 16. Colocación de las muestras en papel de cocina	11
Gráfico 17. Inmersión de nescafe	12
Gráfico 18. Inmersión de Coca-Cola	13
Gráfico 19. Grupo VM – Pigmentante (Nescafe)	13
Gráfico 20. Grupo VN – Pigmentante (Nescafe)	14
Gráfico 21. Grupo EM – Pigmentante (Coca-Cola)	15
Gráfico 22. Grupo EN – Pigmentante (Coca-Cola)	16

Gráfico 23. Grupo SM - Pigmentante (Saliva Artificial).....	17
Gráfico 24. Almacenamiento a 36°C	19
Gráfico 25. Lavado con agua destilada.....	20
Gráfico 26. Secado de discos.	20
Gráfico 27. Análisis utilizando SPSS	21
Gráfico 28. Valores de la variación de color por compuesto y medio.....	32
Gráfico 29. Valores de la variación de luminosidad por compuesto y medio	33
Gráfico 30. Valores de la variación de saturación por compuesto y medio.....	33
Gráfico 31. Valores de la variación de tono por compuesto y medio.....	34
Gráfico 32. Valores de la variación de las características LCH y color E por compuesto y medio	37
Gráfico 33. Variación de color total.....	41
Gráfico 34. Variación de luminosidad	42
Gráfico 35. Variación de saturación	43
Gráfico 36. Variación de tono.....	44

Índice de Tablas

Tabla 1. Tipo y Cantidad de Muestras	22
Tabla 2. Muestras con Resina Z250 en Saliva Artificial	23
Tabla 3. Muestras con Resina Z350 en Saliva Artificial	24
Tabla 4. Muestras con Resina Z250 en Coca Cola	25
Tabla 5. Muestras con Resina Z350 en Coca Cola	26
Tabla 6. Muestras con Resina Z250 en Café	27
Tabla 7. Muestras con Resina Z350 en Café	28
Tabla 8. Medias y desviaciones estándar de la diferencia de valores según el compuesto y el medio.....	31
Tabla 9. Resultados de la prueba Kruskal-Wallis	35
Tabla 10. Hallazgos de la prueba Dunn	36
Tabla 11. Tabla de equivalencia de Interpretación Visual.....	38
Tabla 12. Interpretación visual de los resultados	38

Estabilidad del color entre resinas compuestas de nanorellenos y microhíbridas con pigmentos exógenos.

Edith Tamara Vásquez Guerrón

Universidad Hemisferios

etvasquezg@estudiantes.uhemisferios.edu.ec

Resumen

La estabilidad cromática de los materiales restauradores es un factor determinante en la longevidad estética de los tratamientos odontológicos, especialmente en sectores visibles. Las resinas compuestas, ampliamente utilizadas en la práctica clínica, están sujetas a diversos factores extrínsecos que pueden provocar alteraciones en su color a lo largo del tiempo. Entre estos factores se encuentran las bebidas con alto potencial pigmentante, como el café y la Coca-Cola, así como la exposición prolongada al medio oral representado por la saliva. La evaluación objetiva de los cambios de color puede realizarse mediante espectrofotometría, utilizando el sistema de coordenadas CIE LCH, el cual permite descomponer el color en sus componentes de luminosidad (L), croma (C) y tono (H). A partir de estas coordenadas, se calcula El valor total de color (E), valor que permite determinar lo percibido por el ojo humano. El presente estudio tiene como objetivo analizar la estabilidad cromática de dos tipos de resina compuesta (Z350 y Z250) tras 14 días de inmersión en tres medios distintos: saliva artificial, café y Coca-Cola. Se empleará un diseño experimental con espectrofotometría digital para el registro de las variables L, C, H y E, y se realizarán análisis estadísticos comparativos mediante pruebas ANOVA o Kruskal–Wallis, dependiendo de la distribución de los datos. Los resultados permitirán establecer cuál resina presenta mejor comportamiento cromático y qué medio induce mayor alteración visualmente perceptible, con el fin de orientar decisiones clínicas basadas en evidencia.

Palabras clave: color, resinas compuestas, pigmentos exógenos, espectrofotometría, estética dental.

Color stability between nanofiller and microhybrid composite resins with exogenous pigments.

Edith Tamara Vásquez Guerrón

Universidad Hemisferios

etvasquezg@estudiantes.uhemisferios.edu.ec

Abstract

The color stability of restorative materials is a determining factor in the aesthetic longevity of dental treatments, especially in visible areas. Composite resins, widely used in clinical practice, are subject to various extrinsic factors that can cause color changes over time. These factors include beverages with high pigmenting potential, such as coffee and Coca-Cola, as well as prolonged exposure to the oral medium represented by saliva. Objective evaluation of color changes can be performed by spectrophotometry, using the CIE LCH coordinate system, which allows color to be broken down into its lightness (L), chroma (C), and hue (H) components. From these coordinates, the total color value (TC) is calculated, a value that allows determining what is perceived by the human eye. The present study aims to analyze the color stability of two types of composite resin (Z350 and Z250) after 14 days of immersion in three different media: artificial saliva, coffee, and Coca-Cola. An experimental design with digital spectrophotometry will be used to record the variables L, C, H, and E, and comparative statistical analyses will be performed using ANOVA or Kruskal–Wallis tests, depending on the data distribution. The results will determine which resin exhibits the best color behavior and which medium induces the greatest visually perceptible alteration, in order to guide evidence-based clinical decisions.

Keywords: color, composite resins, exogenous pigments, spectrophotometry, dental aesthetics.

Introducción

Los materiales restauradores son elementos esenciales en la práctica odontológica moderna, gracias a su estabilidad y su capacidad para integrarse armónicamente con la tonalidad de los dientes naturales. (Valizadeh, 2020) Su versatilidad y capacidad para mimetizarse con la estructura dental, permite obtener resultados visualmente atractivos, contribuyendo a mejorar la salud bucal y a la autoestima del paciente. (Valizadeh, et al, 2020) La estabilidad de color se ve influenciada por una serie de factores que indican en la durabilidad estética. (Daghrery, 2023) Los cambios de color han sido vinculados con diversos factores, entre los que se destacan las reacciones químicas en las que están expuestos, la absorción de agua, la falta de higiene bucal adecuada y la dieta que juega un papel crucial, ya que, en ciertos alimentos y bebidas como el café, el té, el vino tinto y los alimentos pigmentados, pueden causar manchas en los materiales restauradores con el tiempo. (Rohym, et al, 2023)

La acumulación de manchas extrínsecas se aborda típicamente mediante limpiezas profesionales que incluyen raspado y pulido. (Fontes, et al, 2009) Puede originarse por la acumulación de biopelícula de placa y tinciones asociadas. (Marufu, 2022)

No obstante, las manchas intrínsecas en las restauraciones de composite no pueden eliminarse mediante procedimientos superficiales y en algunos casos, pueden requerir el reemplazo completo de la restauración. (Khatri, et al, 2010) Las resinas compuestas para restauraciones estéticas varían en tipo, tamaño y cantidad de partículas de relleno, así como en la matriz de resina utilizada. La estructura de la matriz y las características de los rellenos inorgánicos y orgánicos afectan directamente la tendencia a la tinción, al influir en la suavidad de la superficie de la restauración. (Unsal, 2021)

Los compuestos nanorrellenos, que incluyen nanorrellenos inorgánicos en una matriz de resina, han mejorado diversas propiedades como la resistencia mecánica, propiedades ópticas, resistencia al desgaste, módulo de elasticidad y estabilidad del color. (Daghrery, 2023) Mientras tanto, los composites microhíbridos son comunes en los mercados dentales. (Khosrav, et al, 2016) Por lo general, los odontólogos suelen seleccionar el tipo de resina considerando principalmente su costo, mientras que son pocos los que tienen en cuenta las características físico-mecánicas de la resina. (Marufu, et al,2022) Las innovadoras resinas expansivas, la tecnología de nanorelleno y los sistemas de unión mejorados ofrecen soluciones prometedoras para mitigar estos desafíos. (Puckett, et al, 2007)

A medida que los pacientes demandan cada vez más restauraciones estéticas, la capacidad de los materiales restaurativos para mantener su coloración a lo largo del tiempo se ha convertido en un factor determinante en la satisfacción del paciente y calidad de tratamiento odontológico. (Paolone, 2023)

Para evaluar la estabilidad del color de los materiales restauradores, se pueden utilizar métodos visuales o instrumentales, como cámaras digitales, espectrofotómetros o colorímetros. (Rohym, et al, 2023) El espectrofotómetro es un método más preciso para detectar cambios de color en las restauraciones dentales, ya que proporciona mediciones objetivas y cuantitativas de manera consistente y precisa. (Marufu, et al,2022) Frente a lo expuesto este estudio tiene como objetivo evaluar los efectos de sustancias pigmentantes en la estabilidad del color de compuestos nanorellenos y microhíbridos a base de resina en función tiempo y tipo de pulido, a través de un espectrofotómetro.

Metodología

Diseño de la investigación

Se plantea un estudio de tipo experimental, comparativo e in vitro, donde se emplearon 60 especímenes, divididas equitativamente en dos conjuntos: Resinas microhíbridas (filtek Z250) y nanorelleno (filtek Z350), cada conjunto compuesto por 30 muestras, serán sometidas al contacto de sustancias consideradas pigmentantes para determinar la influencia en el color.

Preparación de las muestras

Con el objetivo de asegurar la uniformidad dimensional de las muestras, se diseñaron dos bloques de acrílico utilizando el programa AutoCAD. Cada bloque presenta dimensiones de 10 mm de largo, 5 mm de ancho y 2 mm de espesor (Gráfico 1). Se imprimieron dos bloques planos que se utilizaron como base, y un tercer bloque con orificios circulares de 9 mm de diámetro y 2 mm de espesor (Gráfico 2).

Gráfico 2. *Bloque plano creado con AutoCAD.*

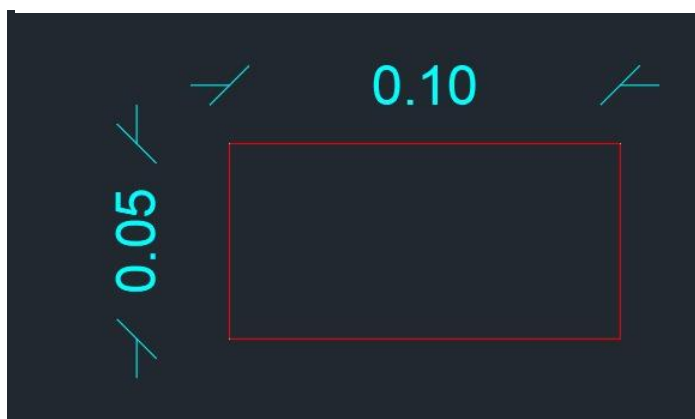
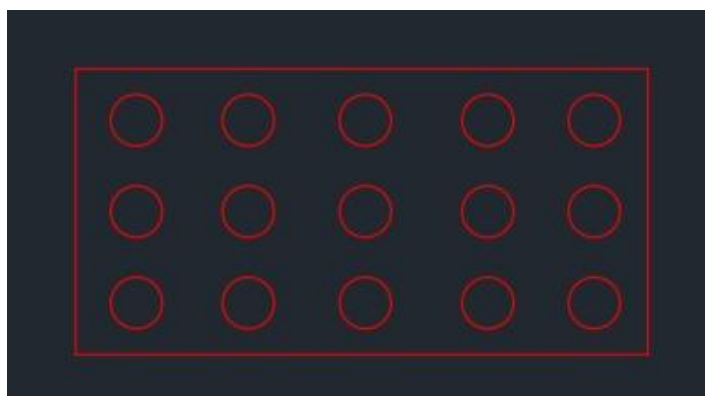


Gráfico 1. *Bloque con orificios circulares creado con AutoCAD*



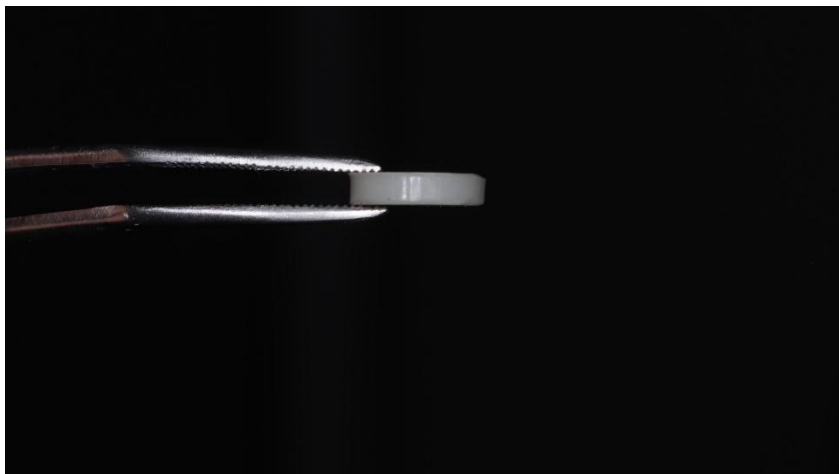
Las características de las resinas compuestas fueron minuciosamente evaluadas. Las resinas microhíbridas (Filtek Z250) mostraron una matriz compuesta por Bis-GMA (bisfenol A-glicidil metacrilato), Bis-EMA (bisfenol A etoxilato de dimetacrilato) y UDMA (uretano dimetacrilato), con un relleno de tamaño variable entre 0,01 y 3,50 micrómetros, compuesto por partículas de zirconio/sílice. Por otro lado, las resinas nanohíbridas (Filtek Z350) exhibieron una matriz compuesta por Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, TEGDMA (trietilenglicol dimetacrilato) y PEGDMA (polietilenglicol dimetacrilato), con un relleno de sílice no agregado de 20 nm y zirconio no agregado de 4-11 nm (Gráfico 3). Además, presentaron un relleno agregado de

zirconio/cúmulo de sílice, compuesto por partículas de sílice de 20 nm y de 4 a 11 nm de zirconio. Ambos tipos de resinas se seleccionaron en el tono A2 para este estudio (Gráfico 4).

Gráfico 3. *Calibrador tipo Willis*



Gráfico 4. *Tamaño de resina*



Se utilizó uno de los bloques acrílicos planos como base, sobre el cual se colocó el bloque con orificios. En cada molde se aplicó el composite utilizando un gutaperchero (Gráfico 5 y Gráfico 6). Posteriormente, se colocó una lámina de celuloide y encima el segundo bloque plano, ejerciendo presión durante un minuto con el fin de asegurar la uniformidad del espesor de las muestras y eliminar posibles burbujas de aire (Gráfico 7 y Gráfico 8).

Gráfico 8. *Aplicación de composite*



Gráfico 7. *Utilización de Gutaperchero*

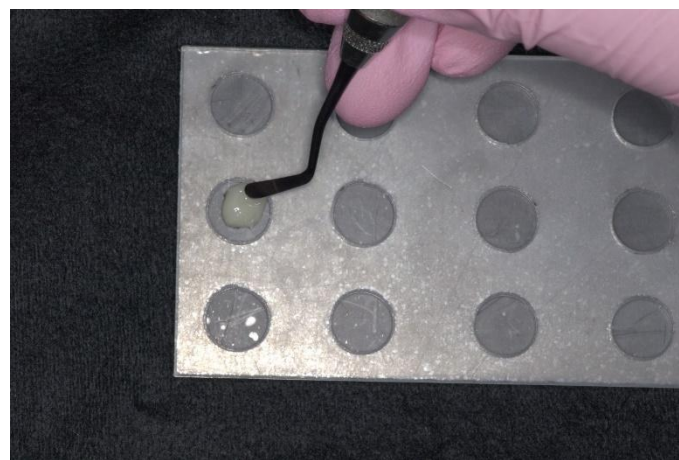


Gráfico 6. *Colocación de lámina celuloide*

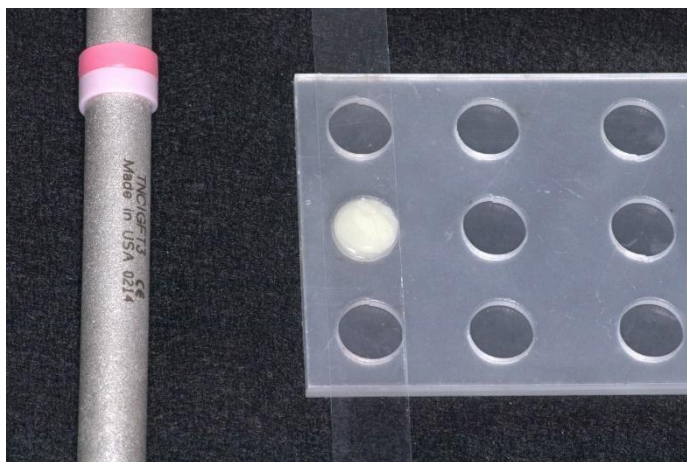
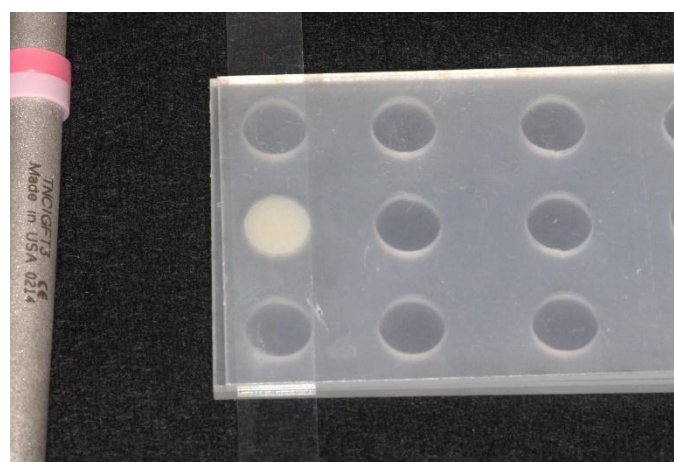


Gráfico 5. *Colocación de lámina celuloide*



Fase de polimerización

Seguidamente, se realizó el proceso de fotopolimerización mediante una técnica de superposición, en la cual cada cara de la muestra fue expuesta a la luz durante un total de 80 segundos, distribuidos en dos intervalos de 40 segundos. Este procedimiento se llevó a cabo utilizando una unidad de fotopolimerización LED de alta gama, con una intensidad lumínica superior a $800\text{--}850\text{ mW/cm}^2$ (Gráfico 9). La intensidad fue cuidadosamente verificada cada cinco muestras mediante un radiómetro, con el objetivo de mantener una irradiación constante a lo largo del proceso.

Durante la fotopolimerización, la punta de la guía de luz se mantuvo en contacto directo con el bloque acrílico. La distancia entre la fuente de luz y la superficie de la muestra fue estandarizada utilizando un bloque acrílico de 2 mm de grosor (Gráfico 10).

Gráfico 9. *Proceso de Fotopolimerización*

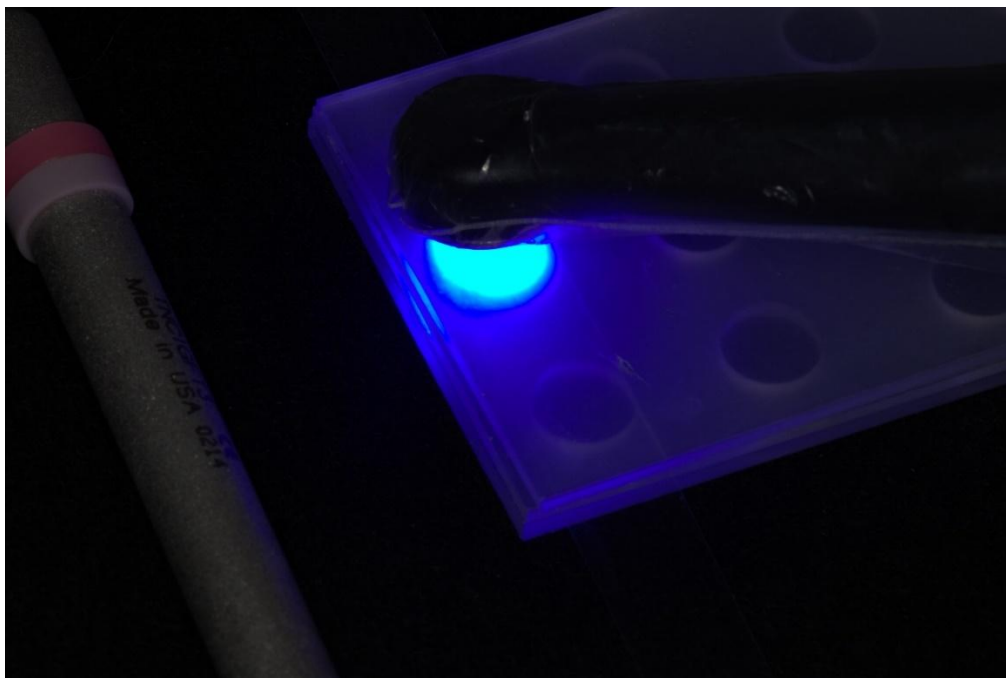
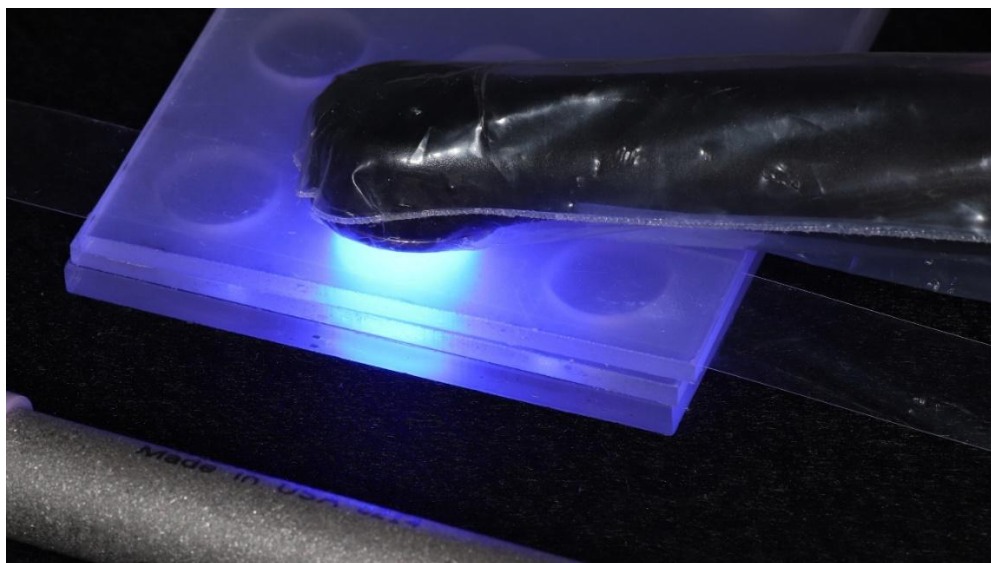
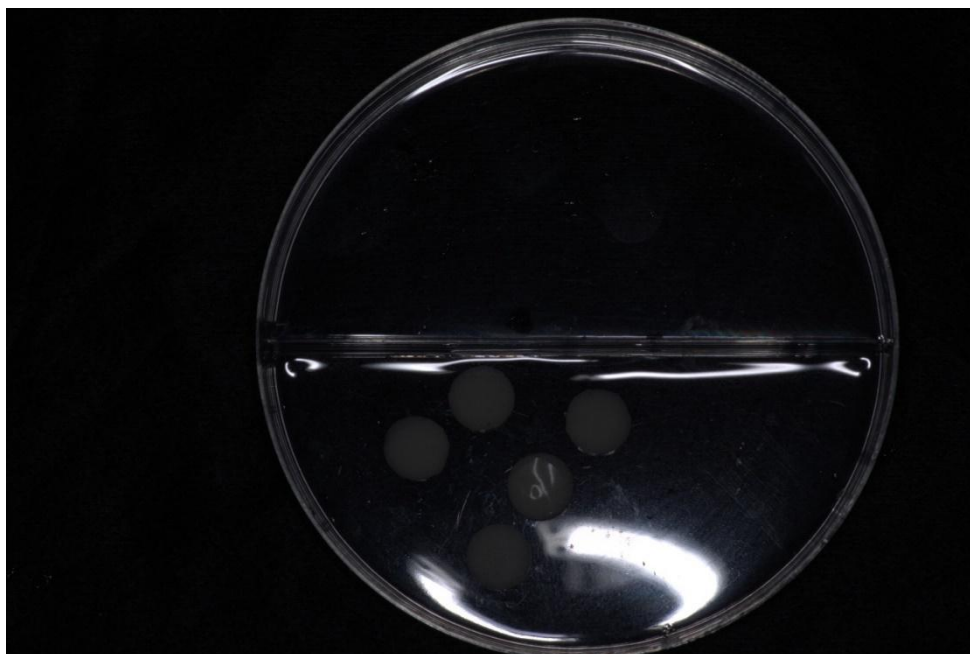


Gráfico 10. *Contacto directo con el bloque acrílico*



Una vez finalizada la fase de polimerización, las 90 muestras serán delicadamente sumergidas en cajas Petri dividiéndolas en 2 grupos; M (z250) y N(z350), sumergiéndolas en 10 ml de agua destilada, garantizando así una completa y efectiva polimerización (Gráfico 11).

Gráfico 11. *Sumersión de las muestras en 10 ml de agua destilada.*



Proceso de pulido

Las muestras serán sometidas a un meticuloso proceso de pulido bajo un suave chorro de agua, utilizando discos se pulieron con una secuencia de cuatro discos Sof-Lex 3M, primero grueso (Gráfico 12), medio (Gráfico 13), fino (Gráfico 14) y superfino (Gráfico 15) por 30 segundos en una pieza manual de baja velocidad. Este procedimiento se llevo a cabo por un mismo operador, garantizará una uniformidad excepcional en todas las muestras. (Deljoo et al., 2016)

Gráfico 13. *Pulido grueso*



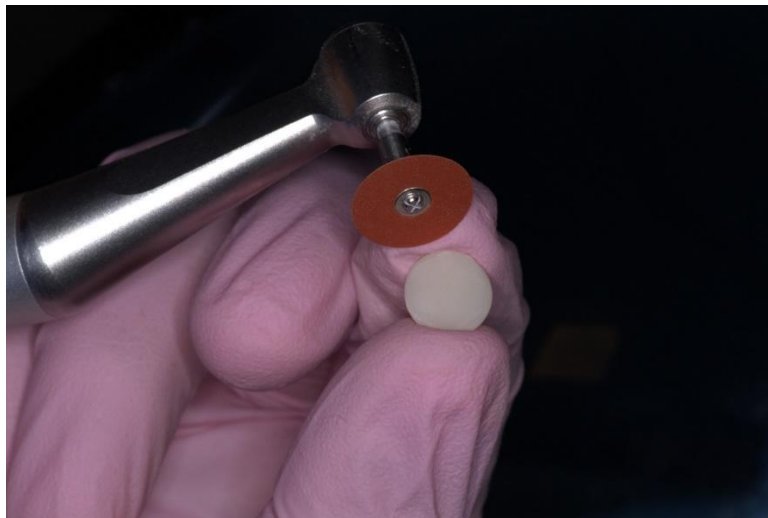
Gráfico 12. *Pulido medio*



Gráfico 15. *Pulido fino*



Gráfico 14. *Pulido superfino*

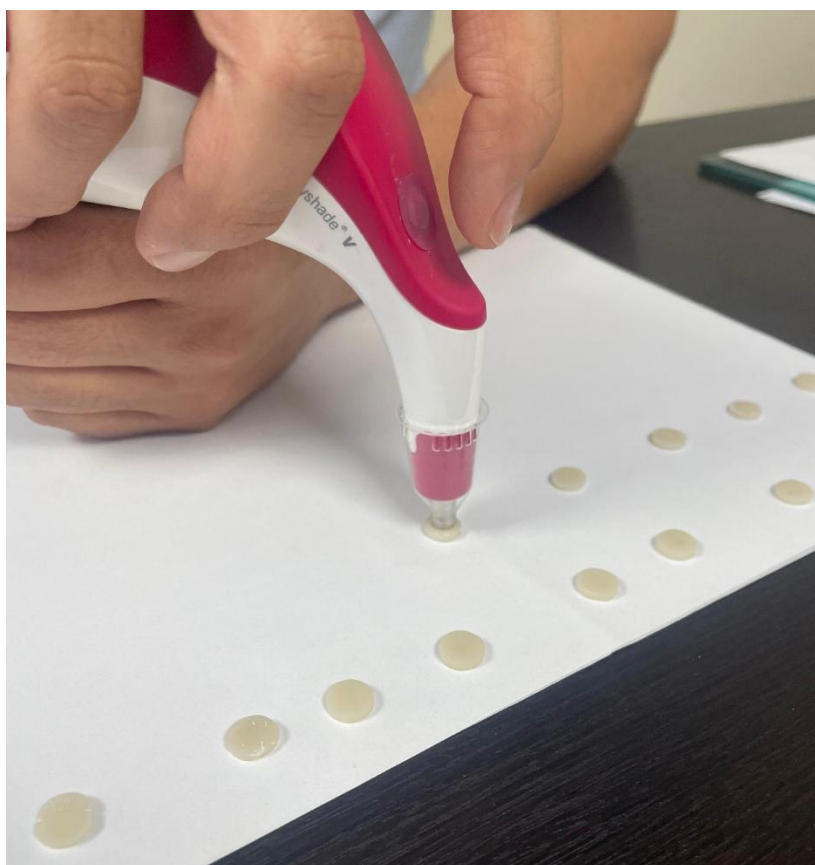


Toma de color

Los 90 especímenes elaborados a partir de cada tipo de resina serán divididos aleatoriamente en seis grupos de 15 unidades. En esta fase del procedimiento, los especímenes fueron organizados de forma aleatoria en las diferentes cajas Petri, siendo rotulada y verificando que cada disco mantuviera un espesor uniforme de 2 mm.

La medición inicial del color se realizará utilizando el espectrofotómetro Vita Easyshade. Previamente, cada disco será limpiado cuidadosamente con papel absorbente no abrasivo (papel de cocina), asegurando que se encuentre seco y libre de cualquier tipo de contaminante (Gráfico 16). Durante la medición, la muestra será colocada sobre un fondo blanco, garantizando su correcta alineación y contacto con la superficie de medición, lo que permitirá al dispositivo registrar con precisión los valores cromáticos correspondientes a cada muestra.

Gráfico 16. *Colocación de las muestras en papel de cocina*



Dato que será considerado como medición inicial, y serán recopilados en tablas en excel diseñadas para este estudio.

Inmersión

Café: Para obtener la bebida de café se empleará "Nescafe Tradicion", utilizando 10 gr de café disuelto en 250 ml de agua (Gráfico 17).

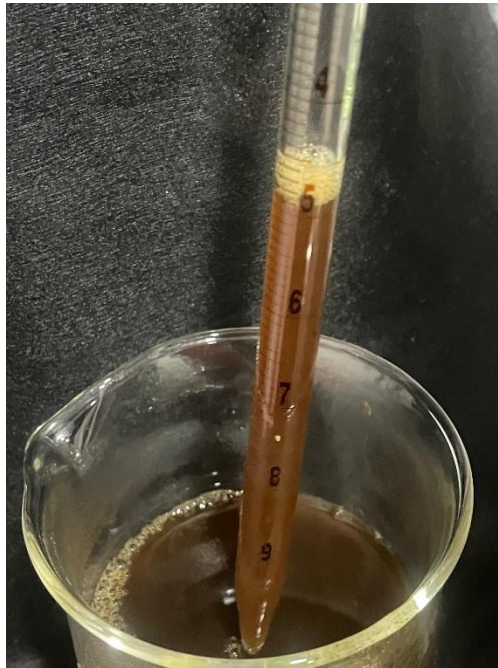
Gráfico 17. *Inmersión de nescafe*



Coca-cola a partir de 355 ml

Cada solución se colocará en un vaso de precipitación rotulado (Gráfico 18) y se procederá a dividir las muestras de la siguiente manera:

Gráfico 18. *Inmersión de Coca-Cola*



GRUPO VM: (n:15) de resina 3m filtek z250 microhíbrida se sumergirá en una solución pigmentante como el café, para ello cada caja petri tendrá una codificación individual de acuerdo al grupo al que pertenece y se sumergirá con una pinza en forma vertical que contiene 10 ml de la solución que le corresponde, la cual fue medida con una pipeta (Gráfico 19).

Gráfico 19. *Grupo VM – Pigmentante (Nescafe)*



GRUPO VN: (n:15) de resina 3m filtek z350 nanohíbrida se sumergirá en una solución pigmentante como el café, para ello cada caja petri tendrá una codificación individual de acuerdo al grupo al que pertenece y se sumergirá con una pinza en forma vertical que contiene 10 ml de la solución que le corresponde, la cual fue medida con una pipeta (Gráfico 20).

Gráfico 20. Grupo VN – Pigmentante (Nescafe)



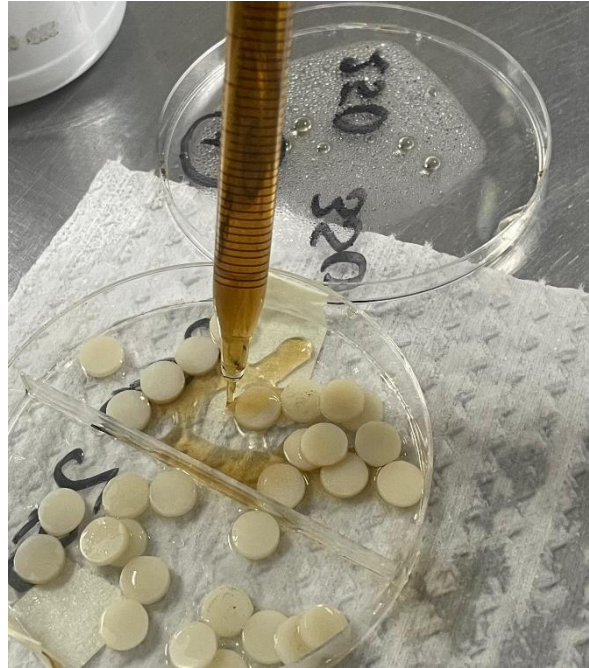
GRUPO EM: (n:15) de resina 3m filtek z250 microhíbrida se sumergirá en una solución pigmentante como el COCA COLA, para ello cada caja petri tendrá una codificación individual de acuerdo al grupo al que pertenece y se sumergirá con una pinza en forma vertical que contiene 10 ml de la solución que le corresponde, la cual fue medida con una pipeta (Gráfico 21).

Gráfico 21. Grupo EM – Pigmentante (Coca-Cola)



GRUPO EN: (n:15) de resina 3m filtek z350 nanohíbrida se sumergirá en una solución pigmentante como el COCA COLA, para ello cada caja petri tendrá una codificación individual de acuerdo al grupo al que pertenece y se sumergirá con una pinza en forma vertical que contiene 10 ml de la solución que le corresponde, la cual fue medida con una pipeta (Gráfico 22).

Gráfico 22. Grupo EN – Pigmentante (Coca-Cola)



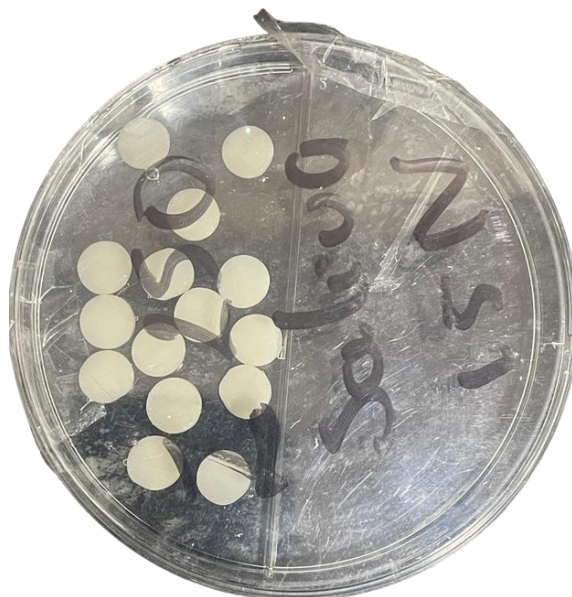
GRUPO CONTROL SM: (n:15) de resina 3m filtek z250 microhíbrida se sumergirá en una solución pigmentante como el SALIVA ARTIFICIAL, para ello cada caja petri tendrá una codificación individual de acuerdo al grupo al que pertenece y se sumergirá con una pinza en forma vertical que contiene 10 ml de la solución que le corresponde, la cual fue medida con una pipeta (Gráfico 23).

Gráfico 23. *Grupo SM - Pigmentante (Saliva Artificial)*



GRUPO CONTROL SN: (n:15) de resina 3m filtek z350 nanohíbrida se sumergirá en una solución pigmentante como el SALIVA ARTIFICIAL, para ello cada caja petri tendrá una codificación individual de acuerdo al grupo al que pertenece y se sumergirá con una pinza en forma vertical que contiene 10 ml de la solución que le corresponde, la cual fue medida con una pipeta (Gráfico 24).

Gráfico 24. *Grupo SN - Pigmentante (Saliva Artificial)*



Las soluciones se reemplazaron a diario y, posteriormente, cada disco fue sometido a un chorro de agua destilada durante 30 segundos (Gráfico 25) para eliminar cualquier residuo generado por la inmersión.

Gráfico 25. *Discos sometido a 30 minutos en un chorro de agua destilada*



Las muestras serán selladas herméticamente con su tapa rotulada para evitar la evaporación de soluciones. Los recipientes serán almacenados en una incubadora a una temperatura de 36 °C, que corresponde a la temperatura oral (Gráfico 26). Las soluciones se cambiarán diariamente, utilizando la misma cantidad anterior de 10 ml tanto para la saliva como para las diferentes tinciones.

Gráfico 24. *Almacenamiento a 36°C*



Después de 14 días, los discos fueron cuidadosamente retirados, lavados con agua destilada durante 30 segundos (Gráfico 27), secados con papel absorbente y colocados en cajas Petri nuevas previamente rotuladas (Gráfico 28). Finalmente, se realizó la evaluación final del color utilizando la guía de colores Vita Easyshade.

Gráfico 25. *Lavado con agua destilada*



Gráfico 26. *Secado de discos.*



Los datos de color obtenidos serán registrados en tablas de Excel diseñadas específicamente para el estudio, donde se registrarán los valores de color de cada muestra en cada punto temporal.

Estos datos serán posteriormente analizados utilizando el programa SPSS, empleando la prueba ANOVA y el test de Tukey (Gráfico 29).

Planteándonos como hipótesis que las dos resinas son afectadas de forma similar por la exposición al café o coca cola, y que la intensidad del cambio cromático aumentará progresivamente con el tiempo de exposición.

Gráfico 27. *Análisis utilizando SPSS*



Resultados

Diseño del estudio

Este estudio experimental in vitro evaluó la variación de color en dos tipos de resina compuesta: Filtek Z250 y Filtek Z350 XT (3M ESPE), luego de su exposición continua durante 14 días a tres medios diferentes: saliva artificial, café negro y Coca-Cola. Se utilizó un enfoque cuantitativo con mediciones espectrofotométricas objetivas para registrar el comportamiento cromático de las muestras.

Preparación de las muestras

Se confeccionaron discos de resina compuesta de aproximadamente 6 mm de diámetro y 2 mm de espesor, utilizando moldes estandarizados. Se polimerizaron con lámpara LED conforme a las recomendaciones del fabricante y se almacenaron en condiciones controladas antes de su exposición. Cada grupo experimental estuvo conformado por 15 muestras, divididas de la siguiente manera:

Tabla 1.

Tipo y Cantidad de Muestras

Grupo	Tipo de Resina	Medio	Cantidad
1	Z250	Saliva Artificial	15
	Z350	Saliva Artificial	15
2	Z250	Café	15
	Z350	Café	15
3	Z250	Coca Cola	15

Grupo	Tipo de Resina	Medio	Cantidad
	Z350	Coca Cola	15

Protocolos de exposición

Cada muestra fue completamente sumergida en su respectivo medio durante 14 días, siendo los líquidos reemplazados cada 24 horas para simular un entorno dinámico. Se mantuvieron en incubadora a temperatura constante de 37 °C.

Medición de color

Se utilizó un espectrofotómetro portátil de alta precisión para realizar las mediciones en el sistema CIE LCH, registrando los siguientes parámetros:

- L: Luminosidad (0 = negro, 100 = blanco)
- C: Cromo o saturación del color
- H: Tono (Hue)
- E: Color

Las mediciones se realizaron al final de los 14 días. Para cada muestra se identificó además la coincidencia visual con una guía de colores tipo Vita (por ejemplo, A2, B3, etc.), a modo de referencia complementaria.

Tabla 2.

Muestras con Resina Z250 en Saliva Artificial

SM Z250 D1					SM Z250 D14					Diferencia			
Tono	E	L	C	H	Tono	E	L	C	H	DE	DL	DC	DH

B2	3,6	3,4	1,2	-0,7	A2	5,8	-5,7	-0,5	-0,8	2,2	-9,1	-1,7	-0,1
B2	1,7	1,5	0,9	-0,8	A2	6,2	6,1	-0,9	-1,1	4,5	4,6	-1,8	-0,3
B2	4,9	4,8	1,1	-0,6	A2	7,1	6,9	-1,4	-1,5	2,2	2,1	-2,5	-0,9
B2	1,6	1,6	-0,3	1,2	B2	6,1	5,9	-5,3	-2,3	4,5	4,3	-5	-3,5
B2	5,4	5,2	1,5	-0,8	B2	5,9	5,7	-1,3	-2,1	0,5	0,5	-2,8	-1,3
A1	3,8	2,5	2,8	1,5	B2	5,4	5,3	1	-1,8	1,6	2,8	-1,8	-3,3
B2	2,9	2,8	0,7	-0,6	B2	5	4,8	-1,7	-1,7	2,1	2	-2,4	-1,1
A1	5,2	2,7	4,5	-1,1	B2	4,6	4,5	-2	-1,5	-0,6	1,8	-6,5	-0,4
B2	2,3	2,3	0,1	0,4	B2	4,5	4,5	-1,4	-1,4	2,2	2,2	-1,5	-1,8
B2	5,5	5,4	0,9	-0,2	B2	4,6	4,5	-1,5	-1,5	-0,9	-0,9	-2,4	-1,3
A1	2,9	-1,4	2,6	0,8	B2	6,1	5,9	-5,3	-2,3	3,2	7,3	-7,9	-3,1
B2	3,8	3,6	1,4	-0,6	A1	3,3	0,1	3,2	-2,1	-0,5	-3,5	1,8	-1,5
A1	3,1	1,4	2,8	1,4	A1	3,3	0,1	3,2	-2,1	0,2	-1,3	0,4	-3,5
B2	3,5	3,4	0,8	-0,3	A1	3,1	0,3	3,3	-2,3	-0,4	-3,1	2,5	-2
B2	7,3	6,7	2,3	-1	A1	2,4	0,2	3,4	-2,4	-4,9	-6,5	1,1	-1,4

Tabla 3.*Muestras con Resina Z350 en Saliva Artificial*

SN Z350 D1					SN Z350 D14					Diferencia			
Tono	E	L	C	H	Tono	E	L	C	H	DE	DL	DC	DH
A2	7,1	6,7	2,3	-2,2	A2	6,3	6	1,7	-2	-0,8	-0,7	-0,6	0,2

A2	10	9,7	2,5	-1,9	A3	7,1	6,8	2	-2	-2,9	-2,9	-0,5	-0,1
B2	12,2	10,9	5,4	-2,3	A4	7,2	6,9	1,9	-2	-5	-4	-3,5	0,3
A2	10,4	9	5,1	-3	A5	7	6,7	1,9	-2,1	-3,4	-2,3	-3,2	0,9
B2	12,1	10,7	5,6	-2,5	A6	7,2	6,9	2,1	-2,1	-4,9	-3,8	-3,5	0,4
B2	13,1	10,7	7,4	-4,2	A7	7,4	7,1	2,1	-2	-5,7	-3,6	-5,3	2,2
B2	7,1	7	1,2	-1,4	A8	7,4	7,1	2,2	-2,1	0,3	0,1	1	-0,7
A2	11	10,6	3,2	-2	A9	7,5	7,1	2,2	-2,2	-3,5	-3,5	-1	-0,2
A2	10,3	9	5	-2,5	A10	6,5	6,5	2,7	-2,7	-3,8	-2,5	-2,3	-0,2
A2	13,5	11,2	7,4	-4,5	A11	6,8	6,2	2,3	-2,5	-6,7	-5	-5,1	2
A2	10,6	9,3	5,2	-2,3	A12	7,6	7,3	2,3	-2,3	-3	-2	-2,9	0
A1	9,4	8,8	3,3	-2,2	A13	7,6	7,3	2,4	-2,4	-1,8	-1,5	-0,9	-0,2
B2	8,6	8,1	2,7	-2,5	A14	7,5	7,3	2,3	-2,3	-1,1	-0,8	-0,4	0,2
A2	11,1	9,6	5,4	-2,6	A15	7,1	6,8	2	-2	-4	-2,8	-3,4	0,6
A2	8,9	8,3	3,1	-2,5	A16	6,5	6,5	2,7	-2,7	-2,4	-1,8	-0,4	-0,2

Tabla 4.*Muestras con Resina Z250 en Coca Cola*

SM Z250 D1					SM Z250 D14					Diferencia			
Tono	E	L	C	H	Tono	E	L	C	H	DE	DL	DC	DH
A1	3,7	1,6	3,4	1	A2	5,6	4,1	3,7	-3	1,9	2,5	0,3	-4

B2	2,3	2,1	1	-0,7	A2	5,7	4,2	3,5	-3	3,4	2,1	2,5	-2,3
A2	4	4	0,4	0,9	A2	5,8	4,2	3,9	-3	1,8	0,2	3,5	-3,9
A1	3,3	0,1	3,3	0,5	A2	5,8	4,4	3,5	-3	2,5	4,3	0,2	-3,5
A1	3,4	1,4	3	1,4	A2	5,6	4,1	3,7	-3	2,2	2,7	0,7	-4,4
A1	2,9	-0,9	2,7	1,3	A2	5,7	4,2	3,5	-3	2,8	5,1	0,8	-4,3
B2	5	4,8	1,5	-0,6	A2	5,8	4,2	3,9	-3	0,8	-0,6	2,4	-2,4
B2	5,1	5	0,9	0	A2	5,8	4,4	3,5	-3	0,7	-0,6	2,6	-3
B2	5,1	4,8	1,5	-0,4	A2	5,8	4,4	3,5	-3	0,7	-0,4	2	-2,6
B2	6,5	6	2,3	-0,8	A2	5,6	4,3	3,4	-3	-0,9	-1,7	1,1	-2,2
A1	2,8	-0,1	2,7	1,5	A2	5,6	4,1	3,7	-3	2,8	4,2	1	-4,5
B2	2,8	2,8	0,7	0	A2	5,7	4,2	3,5	-3	2,9	1,4	2,8	-3
B2	2,7	2,7	0,5	-0,3	A2	5,8	4,2	3,9	-3	3,1	1,5	3,4	-2,7
B2	3	-1,2	1,2	2,7	A2	5,8	4,4	3,5	-3	2,8	5,6	2,3	-5,7
A1	3	0	3	1,2	A2	5,8	4,4	3,5	-3	2,8	4,4	0,5	-4,2

Tabla 5.*Muestras con Resina Z350 en Coca Cola*

SN Z350 D1					SN Z350 D14					Diferencia			
Tono	E	L	C	H	Tono	E	L	C	H	DE	DL	DC	DH
B2	13,5	11,2	7,4	-4,5	A1	3,3	2,2	3,2	-2,2	-10,2	-9	-4,2	2,3
A2	10,3	9	5	-2,5	B2	4,3	4,2	0,9	-1,8	-6	-4,8	-4,1	0,7

A2	11	10,6	3,2	-2	B2	4,5	4,3	-1	-1,9	-6,5	-6,3	-4,2	0,1
A2	7,1	7	1,2	-1,4	B2	4,4	4,3	0,8	-1,6	-2,7	-2,7	-0,4	-0,2
B2	13,1	10,7	7,4	-4,2	B2	4,4	4,3	0,6	-1,4	-8,7	-6,4	-6,8	2,8
A2	12,1	10,7	5,6	-2,5	A2	8	5,3	6	-2,9	-4,1	-5,4	0,4	-0,4
A2	10,4	9	5,1	-3	A2	4,4	4,4	0,2	-0,5	-6	-4,6	-4,9	2,5
A2	12,2	10,9	5,4	-2,3	A2	4,3	4,3	0,1	-0,3	-7,9	-6,6	-5,3	2
A2	10	9,7	2,5	-1,9	A2	4,3	4,3	-0,1	-0,2	-5,7	-5,4	-2,6	1,7
A2	7,1	6,7	2,3	-2,2	A2	7,5	4,7	5,8	-3	0,4	-2	3,5	-0,8
A2	10,6	9,3	5,2	-2,3	A2	6,5	3,5	3,5	-2,9	-4,1	-5,8	-1,7	-0,6
A2	9,4	8,8	3,3	-2,2	A2	6,3	4,9	3,7	-2,9	-3,1	-3,9	0,4	-0,7
A2	8,6	8,1	2,7	-2,5	A2	6,4	4,9	4,1	-2,9	-2,2	-3,2	1,4	-0,4
A2	11,1	9,6	5,4	-2,6	A2	6,9	4,9	4,9	-2,9	-4,2	-4,7	-0,5	-0,3
A2	8,9	8,3	3,1	-2,5	A2	7,5	4,7	5,8	-3	-1,4	-3,6	2,7	-0,5

Tabla 6.*Muestras con Resina Z250 en Café*

SM Z250 D1					SM Z250 D14					Diferencia			
Tono	E	L	C	H	Tono	E	L	C	H	DE	DL	DC	DH
A1	2,6	1,1	2,3	1,6	A4	4,7	0,5	4,3	-4,3	2,1	-0,6	2	-5,9
A1	2,1	-0,4	2	2,1	A4	4,8	-0,7	4,4	-4,4	2,7	-0,3	2,4	-6,5

A1	2,2	-0,4	2,1	2	A4	5,9	-1,2	5,4	-4,7	3,7	-0,8	3,3	-6,7
B2	5,8	5,7	1,4	-0,8	A4	6,5	-1,4	6	-4,7	0,7	-7,1	4,6	-3,9
B2	7,1	6,7	2,3	-0,6	A4	6,8	-0,9	6,5	-4,4	-0,3	-7,6	4,2	-3,8
B2	3,5	3,2	1,5	-0,8	A4	7,2	-1,1	6,8	-4,4	3,7	-4,3	5,3	-3,6
A1	5,2	2,9	4,3	-0,8	A4	7,5	-1,1	7,2	-4,5	2,3	-4	2,9	-3,7
B2	3,8	3,7	0,6	0,1	A4	8,5	1	8,2	-4,3	4,7	-2,7	7,6	-4,4
B2	6,7	6,5	1,8	-0,3	A4	10,7	-1,7	10,4	-4,5	4	-8,2	8,6	-4,2
A1	2,3	-0,3	2,2	1,6	A4	13,8	-2,4	13,4	-4,7	11,5	-2,1	11,2	-6,3
B2	3,6	3,5	1,1	0,5	A4	3,4	-0,1	2,9	-4,2	-0,2	-3,6	1,8	-4,7
B2	0,5	0,4	-0,1	-0,7	A4	3,5	0	3,1	-4,2	3	-0,4	3,2	-3,5
A1	2	-0,7	1,7	3,5	A4	3,7	0,1	3,3	-4,1	1,7	0,8	1,6	-7,6
B2	6,8	6,7	1,5	0,9	A4	4,1	-0,2	3,7	-4,2	-2,7	-6,9	2,2	-5,1
B2	3,6	3,5	0,8	0,5	A4	4,4	-0,6	3,9	-4,3	0,8	-4,1	3,1	-4,8

Tabla 7.*Muestras con Resina Z350 en Café*

SN Z350 D1					SN Z350 D14					Diferencia			
Tono	E	L	C	H	Tono	E	L	C	H	DE	DL	DC	DH
A2	11,1	9,3	5,9	-2	A2	5,6	4,1	3,7	-3	-5,5	-5,2	-2,2	-1
A2	9,7	8,4	4,9	-3,1	A3	6	4,9	3,4	-1,8	-3,7	-3,5	-1,5	1,3
A2	10,6	9,3	5,2	-2,2	A4	10,7	1,8	10,4	-2,8	0,1	-7,5	5,2	-0,6

A2	8	7,6	2,4	-2,3	A2	5,6	4,3	3,9	-3	-2,4	-3,3	1,5	-0,7
A2	12	10,5	5,7	-2,3	A3	6	5	3,2	-1,7	-6	-5,5	-2,5	0,6
A2	9,2	8,6	3,1	-2,6	A4	12,8	-0,4	12,7	-3,4	3,6	-9	9,6	-0,8
A2	11,4	10,1	5,2	-2,2	A2	5,8	4,4	3,5	-3	-5,6	-5,7	-1,7	-0,8
A2	10,8	9,4	5,3	-2,3	B3	6	5,3	3	-1,6	-4,8	-4,1	-2,3	0,7
A2	10,2	9,7	3,1	-2,4	A4	14	-2,2	13,6	-4,1	3,8	-11,9	10,5	-1,7
B2	13,5	11,1	7,6	-4,1	A2	5,9	4	4,3	-3,1	-7,6	-7,1	-3,3	1
A2	12	10,9	4,9	-3	B3	6,1	5,3	3	-1,6	-5,9	-5,6	-1,9	1,4
A2	9,5	9,2	2,5	-2	C4	16,4	8,5	14	-0,5	6,9	-0,7	11,5	1,5
A2	8,7	8,1	2,9	-2,4	A3	6,1	5,3	3	-1,6	-2,6	-2,8	0,1	0,8
A2	11,3	9,8	5,6	-2,1	B3	6,3	4,6	3,3	-3	-5	-5,2	-2,3	-0,9
A2	9,6	8,1	5	-3,6	A4	10,7	1,8	10,4	-2,8	1,1	-6,3	5,4	0,8

Análisis estadístico

Los datos fueron organizados en matrices por grupo y resina. Se comprobó la normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk. Dependiendo del resultado:

- Si los datos mostraban distribución normal, se aplicó ANOVA de un factor para comparar las medias de E, L, C y H entre los diferentes grupos.
- En caso de distribución no normal, se utilizó la prueba Kruskal–Wallis para detectar diferencias significativas.

Se consideró un nivel de significancia de $p < 0.05$ para todas las pruebas.

Resultados

Se evaluaron seis grupos experimentales conformados por dos tipos de resina compuesta (Filtek Z250 y Filtek Z350) expuestas a tres medios diferentes (saliva artificial, café y Coca-Cola) durante 14 días. Se registraron los valores de luminosidad (L), croma (C), tono (H) y la diferencia total de color (E), calculados mediante espectrofotometría digital.

Diferencia total de color (E)

Los valores medios de E evidenciaron variaciones notables entre los grupos. Las mayores diferencias de color se observaron en la resina Z350, especialmente en los grupos expuestos a Coca-Cola (9.92 ± 1.91) y saliva artificial (9.56 ± 1.97). Por otro lado, los valores más bajos de E se encontraron en el grupo Z250 expuesto a saliva (5.19 ± 2.31) y a Coca-Cola (5.79 ± 0.79), lo que sugiere una mayor estabilidad cromática de esta resina en dichos medios.

Luminosidad (L)

La resina Z250 mostró un descenso marcado de luminosidad en el grupo expuesto a café (0.14 ± 2.17), lo que indica un oscurecimiento considerable tras la exposición. En contraste, los grupos expuestos a saliva y Coca-Cola mantuvieron valores L más altos y estables en ambas resinas (promedio entre 4.2 y 5.3), siendo Z350-Saliva el que presentó la mayor luminosidad (5.36 ± 1.59).

Croma (C)

El mayor aumento en saturación del color se registró en el grupo Z350-Café (5.94 ± 3.59), seguido de Z250-Café (4.76 ± 3.64). Estos valores sugieren que el café favorece una mayor intensidad del color en ambas resinas. En cambio, los grupos en saliva mostraron valores bajos de croma, especialmente Z250-Saliva (1.60 ± 2.61).

Tono (H)

Los valores de H fueron negativos en todos los grupos, lo que refleja un desplazamiento del tono hacia colores más fríos o azulados. El grupo Z250-Café presentó el mayor cambio en tono (-3.65 ± 0.32), seguido de Z350-Café (-2.73 ± 0.93), mientras que los grupos en saliva mostraron variaciones menores (por ejemplo, Z250-Saliva con -1.20 ± 1.59).

En conjunto, los resultados sugieren que la resina Z350 es más susceptible a cambios de color (mayores DE), pero mantiene una mejor luminosidad que Z250. El café fue el medio que provocó mayor alteración en la saturación y tono del color, especialmente en la resina Z250, mientras que la Coca-Cola indujo cambios importantes en ambas resinas, especialmente en DE.

Resumen

Se analizaron seis grupos conformados por dos tipos de resinas (Z250 y Z350) expuestas a tres medios diferentes (saliva artificial, café y Coca-Cola) durante 14 días. Los parámetros evaluados fueron la diferencia total de color (DE), luminosidad (DL), croma (CD) y tono (DH). A continuación, se presentan los resultados descriptivos:

Tabla 8.

Medias y desviaciones estándar de la diferencia de valores según el compuesto y el medio

Grupo	DE (Media ± SD)	DL (Media ± SD)	DC (Media ± SD)	DH (Media ± SD)
Z250 - Saliva	5.19 ± 2.31	4.26 ± 1.58	1.60 ± 2.61	-1.20 ± 1.59
Z350 - Saliva	9.56 ± 1.97	5.36 ± 1.59	3.49 ± 1.93	-2.17 ± 0.86

Z250 - Coca-Cola	5.79 ± 0.79	4.26 ± 0.51	3.49 ± 0.66	-1.91 ± 1.10
Z350 - Coca-Cola	9.92 ± 1.91	4.67 ± 2.09	3.83 ± 1.39	-2.44 ± 0.78
Z250 - Café	6.71 ± 3.27	0.14 ± 2.17	4.76 ± 3.64	-3.65 ± 0.32
Z350 - Café	8.11 ± 3.70	4.54 ± 2.82	5.94 ± 3.59	-2.73 ± 0.93

Observaciones iniciales:

- DE más alto: Z350 con Coca-Cola (9.92), seguido de Z350 con Saliva (9.56).
- Mayor cambio en croma (DC): Z350 con Café (5.94).
- Disminución más fuerte de luminosidad (DL): Z250 con Café ($L \approx 0.14$).
- Mayor cambio de tono (DH más negativo): Z250 con Café ($H \approx -3.65$), lo que sugiere un cambio de matiz más intenso.

Gráfico 28. Valores de la variación de color por compuesto y medio

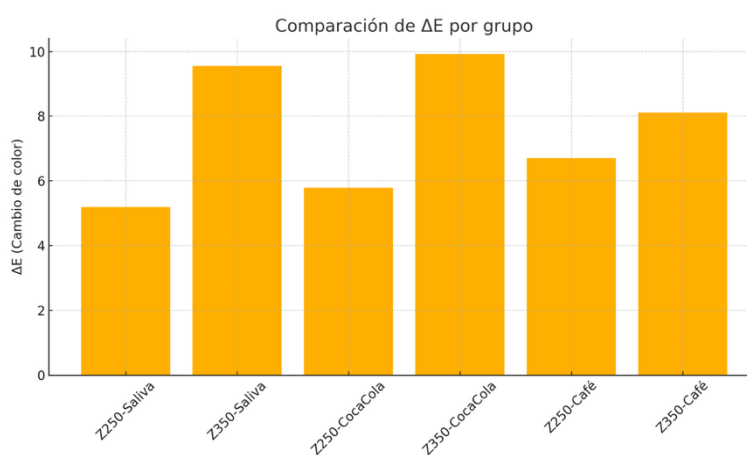


Gráfico 29. Valores de la variación de luminosidad por compuesto y medio

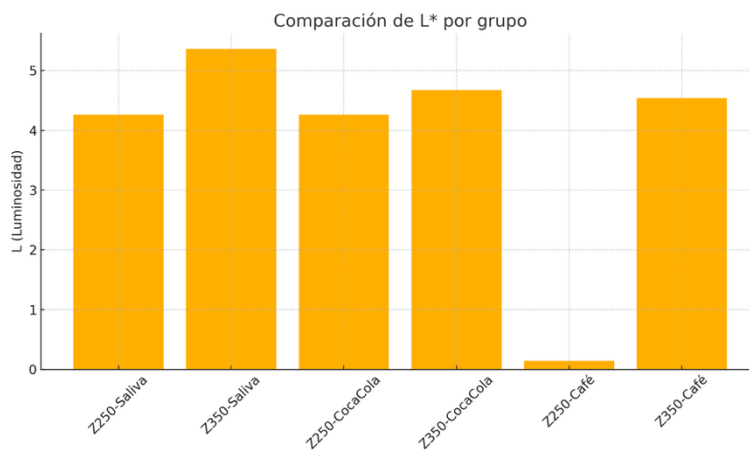


Gráfico 30. Valores de la variación de saturación por compuesto y medio

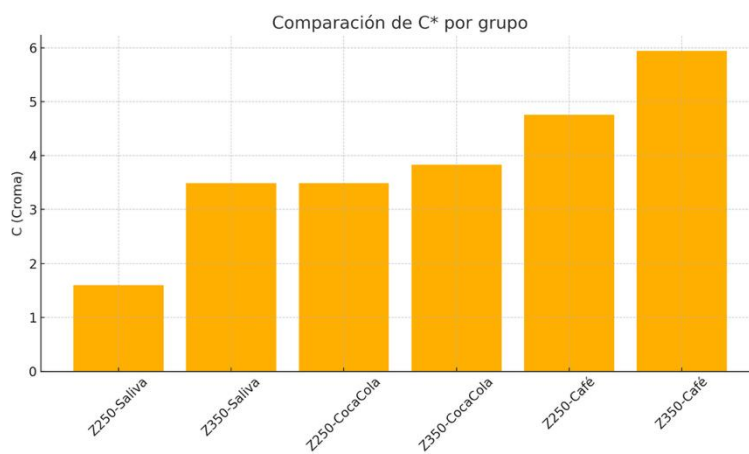
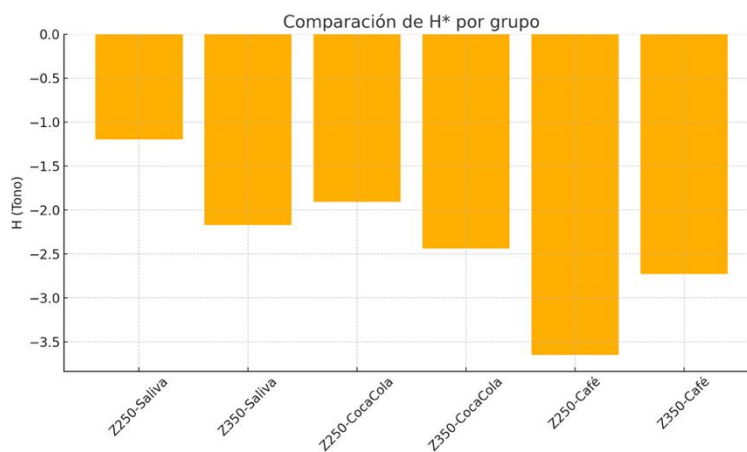


Gráfico 31. *Valores de la variación de tono por compuesto y medio*

Análisis estadístico comparativo

Con el fin de determinar si existen diferencias significativas en el comportamiento cromático de las resinas compuestas Z250 y Z350 al ser expuestas a distintos medios (saliva artificial, Coca-Cola y café), se realizó un análisis estadístico estructurado en tres etapas: pruebas de normalidad, selección del test estadístico adecuado, y análisis post hoc.

Comprobación de normalidad

Antes de comparar grupos, es importante saber si los datos se comportan de manera normal, es decir, si siguen una distribución en forma de campana. Para esto se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk a las variables: DE (diferencia total de color), DL (luminosidad), DC (croma), DH (tono)

Resultado:

La mayoría de las variables no siguieron una distribución normal ($p < 0.05$). Por tanto, no es apropiado usar ANOVA, que requiere normalidad en los datos.

Prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis

Dado que los datos no son normales, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis. Esta prueba es una alternativa al ANOVA y se utiliza cuando queremos comparar más de dos grupos, sin asumir que los datos tengan una distribución específica.

Se aplicó la prueba de Kruskal–Wallis para comparar los valores de: DE entre los seis grupos, DL entre los seis grupos, DC entre los seis grupos, DH entre los seis grupos.

Resultado:

Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 9.

Resultados de la prueba Kruskal-Wallis

Variable	Valor p (p-value)	Diferencia significativa
DE	0.0001	Sí
DL	0.0000	Sí
DC	0.0000	Sí
DH	0.0002	Sí

Interpretación:

- Todos los valores de p son menores a 0.05, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en todas las variables evaluadas.
- El cambio de color (DE) no fue el mismo entre los grupos.
- La luminosidad (DL) varió significativamente dependiendo de la resina y el medio.

- La saturación del color (DC) también fue distinta entre condiciones.
- El tono del color (DH) mostró diferencias claras entre los grupos.

Análisis post hoc (comparaciones entre pares)

Una vez que sabemos que hay diferencias, debemos identificar entre qué grupos están esas diferencias. Para esto se utilizó la prueba Dunn con corrección de Bonferroni.

Algunos hallazgos importantes fueron:

Tabla 10.

Hallazgos de la prueba Dunn

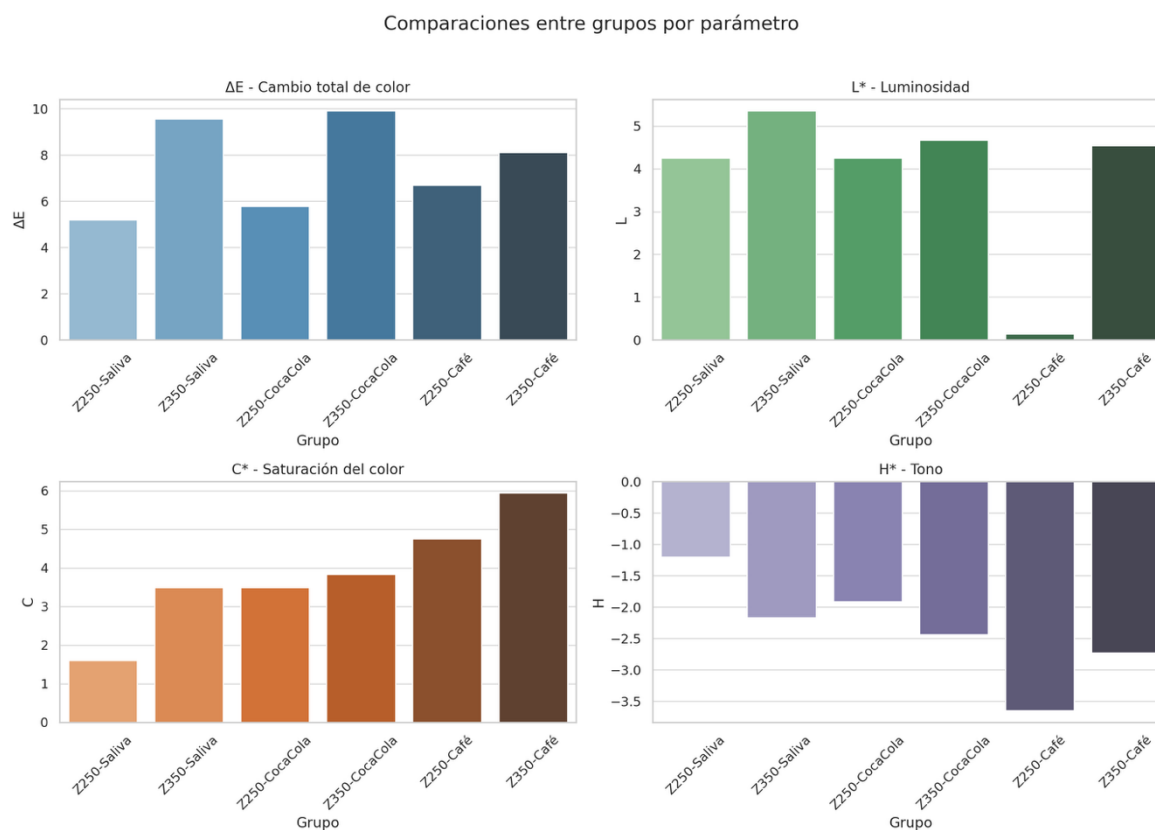
Variable	Hallazgo
DE - Color	Z350–CocaCola y Z350–Saliva tuvieron DE significativamente mayores que Z250–CocaCola y Z250–Saliva ($p < 0.01$). Z250–Saliva fue el grupo con menor ΔE promedio (más estable).
DL - Luminosidad	Z250–Café tuvo valores L significativamente menores que todos los otros grupos ($p < 0.001$), indicando mayor oscurecimiento.
DC - Saturación	Z350–Café presentó el mayor valor de croma ($p < 0.01$), seguido de Z250–Café. Z250–Saliva tuvo el croma más bajo.
DH - Tono	Z250–Café mostró la mayor desviación de tono (más hacia azul), estadísticamente distinta de los otros grupos.

Conclusión del análisis comparativo:

- El tipo de medio influye significativamente en el cambio de color de las resinas.

- La resina Z350 tiende a cambiar más que Z250 en términos de DE, pero conserva mejor su luminosidad.
- El café fue el medio más agresivo, afectando fuertemente el tono y la saturación del color.
- Z250 con saliva fue el grupo más estable en términos de DE, lo que sugiere mejor resistencia a la tinción en condiciones simuladas de boca.
- Z350 en Coca-Cola y saliva mostró los mayores cambios de color, superando el umbral clínicamente aceptable.
- Z250 con café tuvo una pérdida de luminosidad significativa, indicando oscurecimiento.
- El café incrementó notablemente la saturación del color, especialmente en Z350.
- Z250 con café desplazó más el tono, sugiriendo un cambio de matiz más intenso.

Gráfico 32. Valores de la variación de las características LCH y color E por compuesto y medio



Interpretación clínica del DE

La variable DE representa la diferencia total de color entre dos mediciones. En este estudio, DE refleja el cambio de color que sufrió cada muestra de resina después de 14 días de inmersión en distintos líquidos.

Para interpretar el impacto clínico de ese cambio, se utiliza la siguiente escala basada en la percepción visual humana:

Tabla 11.

Tabla de equivalencia de Interpretación Visual

DE	Interpretación visual	Relevancia clínica
0 – 1	Imperceptible	Irrelevante
1 – 2	Muy leve, apenas visible	Generalmente aceptable
2 – 3.5	Leve, visible bajo inspección directa	Aceptable
> 3.5	Notable y fácilmente perceptible	Potencialmente inaceptable

Tabla 12.

Interpretación visual de los resultados

Grupo	DE promedio	Interpretación
Z250 - Saliva	5.19	Notable
Z350 - Saliva	9.56	Muy notable
Z250 - Coca-Cola	5.79	Notable

Grupo	DE promedio	Interpretación
Z350 - Coca-Cola	9.92	Muy notable
Z250 - Café	6.71	Notable
Z350 - Café	8.11	Muy notable

Análisis e implicaciones clínicas

- Todos los grupos superaron el umbral de $DE > 3.5$, lo que indica que el cambio de color fue visiblemente perceptible y potencialmente inaceptable en un entorno clínico exigente (por ejemplo, en restauraciones anteriores o zonas estéticas).
- La resina Z350 presentó cambios de color más intensos en todos los medios, especialmente en Coca-Cola y saliva, lo que sugiere una menor resistencia cromática ante pigmentación.
- La resina Z250, aunque también presentó cambios perceptibles, mostró un comportamiento más estable frente a la exposición a Coca-Cola y saliva artificial.
- El café afectó de forma significativa a ambas resinas, confirmando su alto potencial pigmentante, ya que generó alteraciones visibles tanto en DE como en DL, DC y DH.
- Desde el punto de vista clínico, estos hallazgos indican que:
 - En pacientes con alto consumo de bebidas pigmentantes (como café o gaseosas oscuras), es importante considerar el tipo de resina a utilizar.
 - Aunque ambas resinas presentan cambios visibles, la Z250 podría ofrecer una mejor estabilidad en condiciones comunes, mientras que la Z350 podría requerir controles estéticos más frecuentes si se utiliza en zonas visibles.

- Es clave informar al paciente sobre los cuidados posteriores y evitar o moderar la exposición a estas sustancias para conservar el resultado estético de la restauración.

Análisis visual mediante diagramas de caja (boxplots)

Para analizar cómo varía el color de las resinas compuestas Z250 y Z350 cuando se exponen a saliva artificial, Coca-Cola y café, se utilizaron diagramas de caja (también conocidos como boxplots). Estos gráficos permiten observar de manera visual:

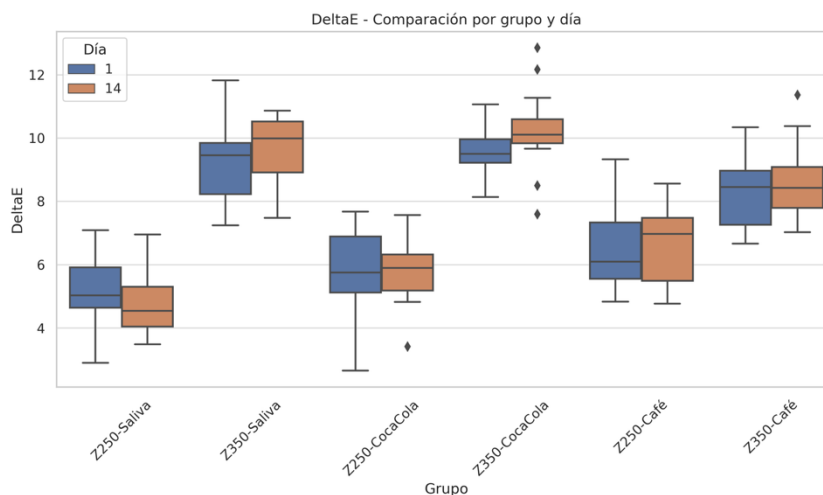
- El promedio y la dispersión de los datos.
- Las diferencias entre grupos.
- La evolución del color entre el día 1 y el día 14.

Cada parámetro evaluado representa una dimensión del color:

DE (Diferencia total de color)

Este valor mide cuánto cambia el color total de la resina. Cuanto mayor sea el número, mayor es el cambio visible.

- En todos los grupos, los valores fueron más altos en el día 14, lo que indica que el color de las resinas se modifica progresivamente con el tiempo.
- La resina Z350 mostró mayores cambios de color que Z250, especialmente cuando estuvo en contacto con saliva artificial y Coca-Cola.
- El grupo Z250–Saliva tuvo los valores más bajos de ΔE , lo que sugiere que fue el más estable en términos de conservación del color.

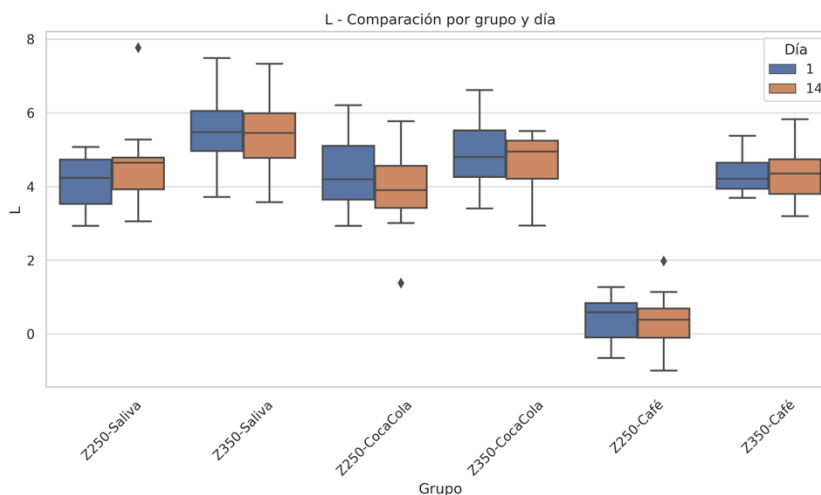
Gráfico 33. Variación de color total

Interpretación práctica: La resina Z250 se comportó mejor en condiciones similares a la boca, mientras que Z350 fue más propensa a cambiar de color.

DL (Luminosidad)

Este valor representa qué tan claro o brillante es el color de la muestra. Valores bajos indican que el color se volvió más oscuro.

- En los boxplots se observa una disminución de la luminosidad especialmente en el grupo Z250 expuesto al café a los 14 días. Esto indica un oscurecimiento significativo.
- La resina Z350 mantuvo valores de luminosidad más estables, aunque también mostró leves reducciones en café.

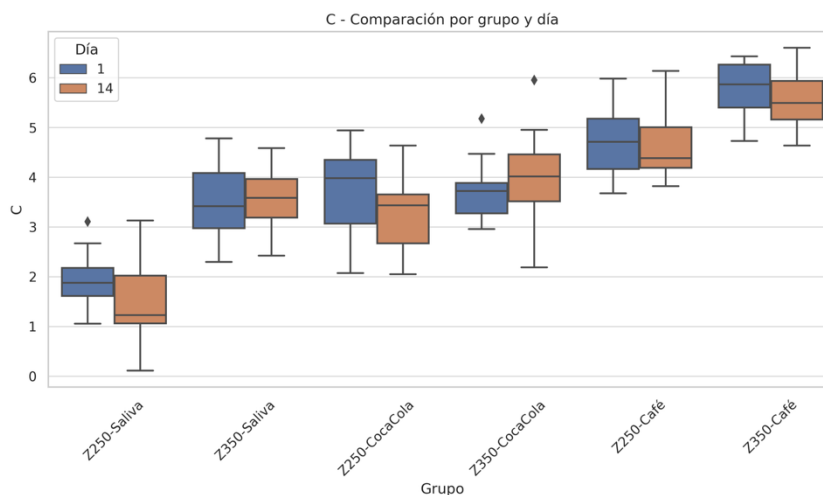
Gráfico 34. Variación de luminosidad

Interpretación práctica: El café oscurece más rápidamente las resinas, y este efecto es más marcado en Z250.

DC (Croma o saturación del color)

Este parámetro mide cuán “intenso” es el color. Valores altos indican colores más vivos o saturados.

- La exposición al café aumentó significativamente la saturación del color en ambas resinas, especialmente en Z350.
- En comparación, la saliva y Coca-Cola mostraron menor efecto sobre la intensidad del color.

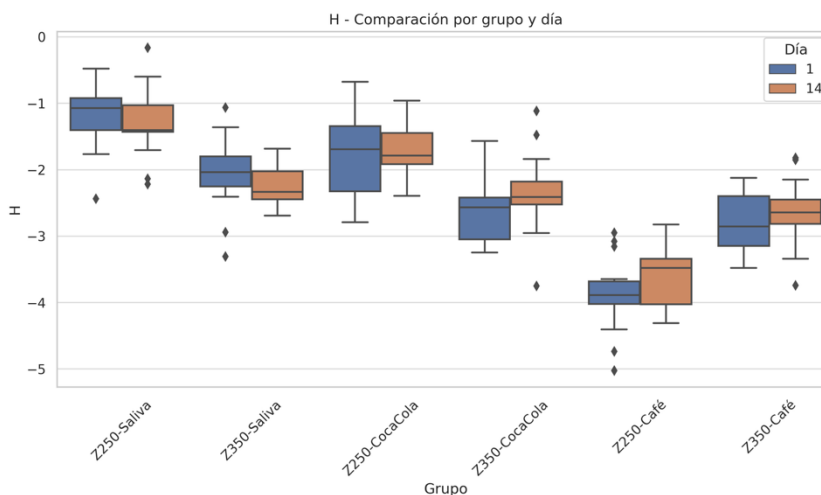
Gráfico 35. Variación de saturación

Interpretación práctica: El café tiende a teñir las resinas con colores más intensos y notorios, algo que puede ser estéticamente indeseable en zonas visibles.

DH (Tono del color)

Este valor indica el tipo de color o matiz que predomina. Cambios importantes en H indican que el color ha cambiado a otro matiz (por ejemplo, de amarillento a más grisáceo).

- Se observaron desplazamientos importantes del tono hacia valores negativos en los grupos con café, especialmente Z250-Café.
- Esto indica que no solo se volvió más oscuro y saturado, sino que también cambió su matiz, haciéndolo más frío o azulado.

Gráfico 36. Variación de tono

Interpretación práctica: Además de oscurecer e intensificarse, el color de las resinas puede cambiar de tono, lo que afecta su apariencia natural.

Discusión

Al observar las variaciones cromáticas que experimentaron las resinas compuestas en este experimento, queda claro que no todas responden de la misma manera frente a agentes pigmentantes ; la Z250 tiende a comportarse con mayor estabilidad, especialmente cuando entra en contacto con medios como la saliva artificial. Este comportamiento puede explicarse por su menor proporción de monómeros diluyentes, lo cual limita la penetración de líquidos y, por consiguiente, de pigmentos externos (Unsal et al., 2021) ; no es un secreto que las estructuras menos porosas tienden a conservar su aspecto original por más tiempo (Valizadeh et al., 2020).

En el caso de la Z350, se detectaron cambios cromáticos más notorios, sobre todo cuando las muestras fueron expuestas a Coca-Cola ; esta bebida, además de ser ácida, contiene colorantes que penetran fácilmente en superficies sensibles a la absorción. Si bien esta resina ofrece un acabado estético más luminoso en las primeras etapas, sus componentes, como el TEGDMA y el PEGDMA, permiten una mayor interacción con compuestos externos (Daghrery, 2023) ; el resultado es una alteración perceptible que no pasa desapercibida ante el espectrofotómetro ni ante la inspección clínica directa (Marufu et al., 2022).

El café, por su parte, no se queda atrás ; en ambas resinas, los valores de croma aumentaron de forma evidente, lo que deja en evidencia el poder pigmentante de esta bebida. En Z350, la intensidad del color se disparó con mayor fuerza, mientras que Z250 no logró contener del todo el cambio, aunque se mantuvo dentro de márgenes menos agresivos ; esto se alinea con lo descrito por Fontes et al. (2009), quienes indicaron que el café posee cromóforos con alta afinidad hacia las matrices orgánicas de las resinas compuestas.

Algo que llama la atención es el desplazamiento tonal observado especialmente en el grupo Z250 con café ; el tono viró hacia valores negativos, lo cual indica una tendencia a adquirir matices azulados o más fríos. Esta modificación en la percepción del color no se limita a una simple alteración superficial ; tiene implicaciones directas sobre la armonía cromática que se busca lograr con las restauraciones visibles. Según Rohym et al. (2023), estos cambios de tono suelen asociarse a interacciones entre las resinas y los colorantes fenólicos presentes en las bebidas oscuras.

La luminosidad también presentó un comportamiento dispar ; mientras que la Z350 logró mantener un nivel aceptable de claridad, la Z250 mostró un oscurecimiento pronunciado en presencia de café. Esta pérdida de brillo podría estar asociada a la forma en que la superficie del material interactúa con los agentes externos, a pesar del protocolo de pulido estandarizado (Deljoo et al., 2016) ; la morfología del relleno tiene mucho que decir en cuanto a la facilidad con la que se adhieren los pigmentos, sobre todo cuando existen microdefectos superficiales tras el acabado clínico.

Cuando se trasladan estos datos al entorno clínico, hay algo que no se puede ignorar ; todos los grupos superaron el umbral de perceptibilidad visual, lo cual significa que los cambios de color no solo fueron medibles, sino también visibles a simple vista. Para un paciente que ha invertido en una restauración estética, este tipo de alteraciones podría generar molestias o insatisfacción con el tratamiento recibido (Paolone, 2023) ; aquí es donde la planificación terapéutica debe contemplar los hábitos alimentarios del paciente y no solo las características estructurales del diente.

No se trata solo de elegir una resina por su composición técnica, sino de comprender cómo se comportará esa resina cuando entre en contacto con las rutinas alimenticias cotidianas ;

el café matutino, las bebidas azucaradas o incluso algunos colutorios pueden convertirse en factores que, con el tiempo, alteren la estabilidad visual de una restauración. Como lo mencionan Khatri et al. (2010), este tipo de exposiciones reiteradas puede provocar tinciones que no se corrigen con pulido superficial.

Por otro lado, las diferencias estadísticas obtenidas mediante la prueba de Kruskal–Wallis permiten establecer que el medio pigmentante sí influye en las cuatro variables observadas ; tanto la variación del color total como la luminosidad, la saturación y el tono mostraron comportamientos distintos según el tipo de resina y el líquido de inmersión (Rohym et al., 2023). La homogeneidad no fue una constante ; eso obliga a pensar en planes de tratamiento más personalizados, considerando no solo el color inicial, sino la evolución esperada bajo ciertas condiciones de uso.

También cabe mencionar el valor de la observación longitudinal ; los efectos se intensificaron después de 14 días de exposición, lo cual lleva a considerar que, en periodos más largos, los cambios podrían ser aún más marcados. El seguimiento clínico y el mantenimiento restaurador deben contemplar estas dinámicas de deterioro progresivo (Daghrery, 2023) ; si se deja pasar mucho tiempo sin revisión, las alteraciones podrían exceder el umbral de corrección estética aceptable.

Desde esta perspectiva, no basta con restaurar ; es indispensable acompañar la restauración con recomendaciones sobre el cuidado estético del material. Los pacientes deben ser informados sobre los efectos potenciales de sus hábitos diarios ; algo tan simple como beber con sorbete o evitar bebidas pigmentantes tras una restauración podría extender la durabilidad estética de manera considerable (Marufu et al., 2022). Así, se construye un modelo terapéutico donde el odontólogo orienta y el paciente colabora activamente con el resultado que desea preservar.

Conclusiones

- Las diferencias entre las resinas evaluadas no son menores ; Z250 demostró un comportamiento más estable frente a agentes pigmentantes, especialmente en saliva artificial y Coca-Cola, lo que la convierte en una opción más confiable para pacientes con consumo habitual de estas bebidas ; en contraste, Z350 registró alteraciones cromáticas más intensas, lo que limita su uso sin un control estético periódico.
- El café provocó alteraciones cromáticas severas en ambas resinas ; los cambios observados incluyeron oscurecimiento evidente, aumento de saturación e incluso desplazamiento del tono hacia matices más fríos ; esta evidencia reafirma su potencial como uno de los pigmentantes más agresivos en el entorno oral cotidiano.
- La variable temporal no puede ignorarse ; los 14 días de inmersión bastaron para que las muestras reflejaran cambios visibles y cuantificables en todos los parámetros evaluados ; se confirma que la exposición prolongada intensifica el deterioro cromático, incluso en medios menos pigmentantes como la saliva artificial.
- Este estudio aporta evidencia aplicable directamente a la toma de decisiones clínicas ; conocer la interacción entre tipo de resina y hábitos de consumo permite anticiparse a posibles reclamos estéticos y planificar tratamientos que contemplen no solo la apariencia inicial, sino su sostenibilidad visual en el tiempo ; elegir el material sin este criterio expone al clínico a resultados inestables y al paciente a experiencias poco satisfactorias.

Referencias

- Valizadeh, S., Asiaie, Z., Kiomarsi, N., & Kharazifard, M. (2020). Color stability of self-adhering composite resins in different solutions. *Dental and Medical Problems*, 57(1), 31–38. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32310342/>
- Daghreery, A. (2023). Color Stability, Gloss Retention, and Surface Roughness of 3D-Printed versus Indirect Prefabricated Veneers. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(10), 492. <https://doi.org/10.3390/jfb14100492>
- Rohym, S., Tawfeek, H., & Kamh, R. (2023). Effect of coffee on color stability and surface roughness of newly introduced single-shade resin composite materials. *BMC Oral Health*, 23, 236. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-02942-y>
- Paolone, G. (2023). Color Stability of Polymer-Based Composite CAD/CAM Blocks: A Systematic Review. *Polymers*, 15(2), 464. <https://doi.org/10.3390/polym15020464>
- Fontes, C. M., Fernández, M. R., de Moura, C. M., Meireles, S. S., & Santos, I. M. (2009). Color stability of a nanofill composite: Effect of different immersion media. *Journal of Applied Oral Science*, 17(5), 388–391. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572009000500006>
- Puckett, A. D., Fitchie, J. G., & Gamblin, J. (2007). Direct composite restorative materials. *Dental Clinics of North America*, 51(3), 659–675. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2007.04.003>
- Khatri, A., & Nandlal, B. (2010). Staining of a conventional and a nanofilled composite resin exposed in vitro to liquid ingested by children. *International Journal of Clinical*

Pediatric Dentistry, 3(3), 183–188.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4086559/>

Marufu, T. C., Kisumbi, B. K., Osiro, F., & Otieno, F. (2022). Effect of finishing protocols and staining solutions on color stability of resin composites. *Clinical and Experimental Dental Research*, 8(3), 561–570. <https://doi.org/10.1002/cre2.578>

Khosravani, M. B., Nikzad, F., & Khafri, S. (2016). Color stability of resin-based nanofilled and microhybrid composites after exposure to chlorhexidine mouthrinses: An in vitro study. *Journal of Dentistry (Tehran)*, 13(2), 116–125.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4868933/>

Unsal, K., & Karaman, E. (2021). Effect of additional light-curing on the color stability of resin composites. *International Dental Journal*, 72(3), 346–352. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2021.06.006>

Deljoo, Z., Sadeghi, M., Azar, M. R., & Bagheri, R. (2016). The effect of different polishing methods and storage media on discoloration of resin composites. *Journal of Dental Biomaterials*, 3(2), 226–232. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5159687/>

Gönüloğlu, N., & Yılmaz, F. (2012). The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposite resin materials. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 13(5), 604–611. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1192>

Bagheri, R., Burrow, M. F., & Tyas, M. J. (2005). Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *Journal of Dentistry*, 33(5), 389–398. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2004.10.018>

- Villalta, P., Lu, H., Okte, Z., Garcia-Godoy, F., & Powers, J. M. (2006). Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 95(2), 137–142. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.11.019>
- Ertas, E., Güler, A. U., Yücel, A. C., Köprülü, H., & Güler, E. (2006). Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dental Materials Journal*, 25(2), 371–376. <https://doi.org/10.4012/dmj.25.371>
- Ruyter, I. E., Nilner, K., & Möller, B. (1987). Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dental Materials*, 3(5), 246–251. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(87\)80080-0](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(87)80080-0)
- Ardu, S., Braut, V., Gutemberg, D., Krejci, I., & Dietschi, D. (2010). A long-term laboratory test on staining susceptibility of aesthetic composite resin materials. *Swiss Dental Journal*, 120(4), 302–308.
- Mundim, F. M., Garcia, L. D. F. R., Pires-de-Souza, F. C. P. (2010). Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites. *Operative Dentistry*, 35(6), 660–666. <https://doi.org/10.2341/10-042-L>
- Tuncer, D., Karaman, E., Firat, E., & Ozdemir, O. (2013). Does the temperature of beverages affect the surface roughness, hardness, and color stability of composite resins? *European Journal of Dentistry*, 7(2), 165–171. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.110165>
- Uchimura, J. Y., & Kuroda, R. S. (2017). Influence of different polishing methods on the color stability and surface roughness of microhybrid composites. *Brazilian Dental Journal*, 28(6), 722–729. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201701511>

- Yilmaz, E., & Eren, M. M. (2020). Comparative study of the effect of different beverages on the color stability of nano-hybrid and micro-hybrid composites. *European Oral Research*, 54(2), 78–85. <https://doi.org/10.26650/eor.20200097>
- Cekic-Nagas, I., Ergun, G., & Egilmez, F. (2010). Surface roughness and color characteristics of resin composites after finishing. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 22(6), 381–389. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2010.00382.x>
- Al-Kheraif, A. A. (2010). Effect of different beverages on the color stability and surface roughness of resin composites. *Pakistan Oral & Dental Journal*, 30(2), 279–284.
- Chan, K. C., Fuller, J. L., & Hormati, A. A. (1980). The ability of foods to stain two composite resins. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 43(5), 542–545. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(80\)90303-6](https://doi.org/10.1016/0022-3913(80)90303-6)
- Kurtulmus-Yilmaz, S., Cengiz, E., & Ozkurt-Kayahan, Z. (2016). Evaluation of surface roughness and color stability of bulk-fill composite resins. *European Journal of Dentistry*, 10(3), 370–375. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.184169>
- Miletic, I., Santini, A., & Swift, E. J. (2014). A comparative evaluation of the effects of bleaching and staining on the color stability of nanofilled and microhybrid composites. *Clinical Cosmetic and Investigational Dentistry*, 6, 65–71. <https://doi.org/10.2147/CCIDE.S60134>
- Della Bona, A., & Rosa, V. (2010). The influence of beverages and food colorants on the color stability of resin composites. *Dental Materials*, 26(2), 160–166. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.09.002>

de Moraes, R. R., Garcia, J. W., & Barros, M. D. (2009). Color stability of composite resins exposed to coffee and cola drinks. *Brazilian Oral Research*, 23(2), 219–225.

<https://doi.org/10.1590/S1806-83242009000200021>

Sarikaya, I., & Güler, A. U. (2010). Effects of different polishing techniques on surface roughness and color stability of dental composites after immersion in coffee and red wine. *Dentistry Today*, 29(10), 88–91.

Erdemir, U., Yildiz, E., & Eren, M. (2012). Effect of sports and energy drinks on color stability of nanofilled and microhybrid composites. *Journal of Dentistry for Children*, 79(3), 149–155.