

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Odontología

Carrera de Odontología

Estabilidad del color de resina impresa en 3D. Efecto del envejecimiento acelerado e inmersión en un medio de tinción. Un estudio In Vitro

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Odontólogo

Autores:

Esteban Fernando Lima Tola

Joselyn Dayana Collaguazo Saraguro

Directora:

Daniela Andrea Astudillo Rubio

ORCID:  0000-0002-8154-0492

Cuenca, Ecuador

2023-10-02

Resumen

Antecedentes: La impresión tridimensional es un método innovador para realizar restauraciones indirectas. Sin embargo, se debe tener en cuenta su estabilidad del color, ya que el tiempo, humedad y exposición a colorantes pueden modificar sus propiedades ópticas. Shin JW, cols. evaluaron la estabilidad del color de resinas impresas y bloques CAD/CAM, concluyendo que la estabilidad de las resinas impresas fue menor, este cambio de coloración coincide con el descrito por Alfouzan AF, cols. Objetivo: Determinar la estabilidad del color de la resina impresa en 3D, sometida a un envejecimiento acelerado por termociclado e inmersión en un medio de tinción, comparando su coloración numérica. Métodos: Se realizó un estudio de tipo experimental in vitro, longitudinal para evaluar la estabilidad del color de una resina impresa en 3D indicada para restauraciones definitivas en un ambiente controlado. Se prepararon 24 coronas en forma de incisivos centrales superiores con 1,5 mm de espesor, que fueron sometidas a termociclado, simulando un año de uso oral. Después fueron sumergidas en café, vino tinto y agua destilada, se realizaron pruebas de análisis de estabilidad de color (Delta E) a los 0, 7, 14, 28 y 30 días. Los datos fueron analizados estadísticamente utilizando un ANOVA de dos vías. Resultados: El tiempo de inmersión, las distintas soluciones de tinción y la interacción entre estos factores, influyen significativamente en la estabilidad del color de la resina impresa 3D.

Palabras clave: resina impresa 3D, prótesis dental, envejecimiento artificial, estabilidad del color.



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

Summary: 3D printing is an innovative method for making indirect restorations. However, the color stability must be taken into consideration, because the time, humidity and exposure to colorants can modify the optical properties of the resins. Shin JW, et al. evaluated the color stability of printed resins and CAD/CAM blocks, concluding that the stability of the printed resins was lower, this color change coincides with that described by Alfouzan AF, et al.

Objective: To determine the color stability of 3D printed resin subjected to accelerated aging by thermocycling and immersion in a staining medium, comparing its numerical coloration.

Methods: A longitudinal in vitro experimental study was carried out to evaluate the color stability of a 3D printed resin indicated for definitive restorations in a controlled environment. Twenty-four 1.5 mm thick crowns in the shape of upper central incisors were prepared and subjected to thermocycling, simulating one year of oral use. After being immersed in coffee, red wine and distilled water, color stability analysis tests (Delta E) were performed at 0, 7, 14, 28 and 30 days. Data were statistically analyzed using a two-way ANOVA.

Results: The immersion time, the different staining solutions and the interaction between these factors significantly influence the color stability of the 3D printed resin.

Keywords: 3D printed resin, dental prosthesis, artificial aging, color stability.



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de Contenido

Agradecimiento	7
Introducción	8
Materiales y métodos	10
Confección de muestras	10
Termociclado	11
Evaluación de estabilidad de color	11
Análisis estadístico.....	13
Resultados	13
Discusión	16
Conclusión	17
Referencias	18

Índice de Figuras

Figura 1. Fórmula de evaluación de color ΔE	12
Figura 2. Estabilidad del color de las restauraciones impresas (SprintRay Crown™; SprintRay EEUU) en café, en tiempo 1 (7 días), tiempo 2 (14 días), tiempo 3 (28 días) y tiempo 4 (30 días).	14
Figura 3. Estabilidad del color de las restauraciones impresas (SprintRay Crown™; SprintRay EEUU) en vino tinto, en tiempo 1 (7 días), tiempo 2 (14 días), tiempo 3 (28 días) y tiempo 4 (30 días).	15
Figura 4. Estabilidad del color de las restauraciones impresas (SprintRay Crown™; SprintRay EEUU) en agua destilada, en tiempo 1 (7 días), tiempo 2 (14 días), tiempo 3 (28 días) y tiempo 4 (30 días).	15

Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Características de las soluciones de tinción</i>	12
Tabla 2. Estabilidad de color desde T0 (después de termociclado) hasta 30 días de inmersión en la solución de tinción y comparación con el umbral de aceptabilidad $\Delta E > 3,3$	14
Tabla 3. Estabilidad de color antes y después del termociclado (10.000 ciclos), comparado con el umbral de aceptabilidad $\Delta E > 3,3$	16

Agradecimiento

Esteban Fernando Lima Tola:

A mis Abuelos Leonor† y Vicente†, fuente de amor, ternura, inspiración y esfuerzo.

A mi Madre Cecilia, luchadora constante, mi primera maestra y pilar de mi vida.

Joselyn Dayana Collaguazo Saraguro:

A Dios, por ser mi refugio en los momentos más difíciles.

A mis hermanos y padres por su infinito amor y apoyo día a día.

Ambos autores:

A la Dra. Daniela Astudillo, directora de este proyecto.

A la Universidad de Cuenca y su admirable Facultad de Odontología

Introducción

La digitalización y el progreso de las restauraciones impresas tridimensionalmente (3D) tienen un impacto relevante en la odontología restauradora, distinguiéndose como un nuevo protocolo de trabajo que emplea escáneres ópticos, el software CAD y el equipo de fabricación de impresión 3D. Las restauraciones indirectas tanto provisionales y definitivas elaboradas con tecnología CAD/CAM se utilizan cada vez con mayor frecuencia en la clínica dental, debido a que simplifican los protocolos, disminuyen los tiempos de trabajo y ofrecen una mayor precisión que al seguir un proceso restaurador tradicional. Hoy en día, los odontólogos y técnicos dentales pueden observar y generar el diseño de las prótesis digitalmente, mediante un proceso de elaboración tanto sustractivo como aditivo. La fabricación sustractiva consiste en el tallado de bloques homogéneos prefabricados mediante una fresadora que emplea un sistema asistido CAD/CAM; los bloques compuestos de disilicato, circonio y/o los composites con una matriz de resina compuesta y un relleno cerámicos están indicados para elaborar restauraciones definitivas; por otra parte, las restauraciones elaboradas con metacrilato de polimetilo prefabricado (PMMA) son utilizados para la fabricación de restauraciones provisionales. Esta técnica sustractiva reduce el tiempo de trabajo y fallos relacionados a errores humanos, además permite obtener restauraciones definitivas y provisionales con excelentes propiedades mecánicas y estéticas; sin embargo, el consumo y desperdicio del material posterior al fresado es considerable y significativo, además de tener un costo muy elevado en comparación con otros tratamientos (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7).

Con el perfeccionamiento de los sistemas y la mejora de las impresoras, la fabricación aditiva se distingue como una nueva tecnología que supera las limitaciones de la técnica de sustracción. Las resinas producidas mediante fabricación aditiva son elaboradas mediante una impresora 3D, entre las tecnologías empleadas se distingue la tecnología DLP (procesamiento de luz digital), en base a un modelo tridimensional computarizado, consiste en la polimerización de un material fotopolímero únicamente en la parte de la prótesis que se va a fabricar, mediante un láser refractado por un dispositivo microrreflector digital y luego proyectándose sobre la superficie de impresión. Este protocolo tiene numerosas ventajas, como lo son el menor consumo de material, mayor exactitud y precisión, mayor conservación de la estructura dental al realizar el tallado de la superficie a restaurar y menor tiempo de trabajo, correspondiendo a un menor número de citas y beneficiando a la comodidad del paciente. Además, proporciona restauraciones con propiedades mecánicas y estéticas adecuadas, funcionando como alternativa a la fabricación sustractiva (1) (2) (3) (4) (7) (8) (9)

(10). Por el éxito que ha conseguido dicho protocolo de fabricación, se han desarrollado materiales de impresión 3D que prometen ser útiles para realizar restauraciones definitivas y no solo restauraciones de tipo provisional. La resina de impresión definitiva SprintRay Crown, está elaborada con ésteres de ácido metacrílico, que ofrece una mayor resistencia a la fractura (aproximadamente 1936 N), menor absorción de agua y una superficie lisa que dificulta la adherencia y formación de placa dental (8) (10).

El estudio del comportamiento de las resinas impresas en 3D valora las propiedades físicas y mecánicas del material, además de analizar la estabilidad del color, enfocándose sobre todo en aquellas restauraciones definitivas, que al encontrarse en zonas estéticas corresponden a un gran problema de insatisfacción en los pacientes debido a su estética. Por este motivo, es importante que la técnica de fabricación y la selección del material sea parte integral de la planificación para garantizar el éxito y longevidad de la restauración (1) (2) (4) (11) (12). El cambio de coloración de las restauraciones dentales es causada por el depósito y absorción de pigmentos presentes en alimentos y bebidas, aumentando con el tiempo y variando su grado debido a factores intrínsecos como la polimerización incompleta, pulido inadecuado o rugosidad del material, la composición del producto o la presencia de un sellador superficial; estas variaciones también se atribuyen a factores extrínsecos como cambios de temperatura, humedad, tiempo de exposición y el consumo de alimentos o bebidas altamente pigmentantes como el vino tinto, el café, el té, ciertos jugos, refrescos y el agua desionizada (11) (13) (14) (15) (16).

La estabilidad de color es la capacidad de los materiales para resistir los cambios de color que indican envejecimiento o deterioro del material (1) (11) (17). Según la Comisión de International de l'Eclairage (CIE) el grado de variación del color se expresa como DELTA E (ΔE), y se utiliza para evaluar la precisión y aceptabilidad de las diferencias entre el color real y el medido (18) (19). Si ΔE arroja un valor de cero, indica que los 2 colores son idénticos, mientras que un valor diferente a cero indicaría cambio de color (19) (20). Los estudios de umbrales de discriminación valoran la estabilidad del color de las resinas impresas elaboradas como provisionales (21); sin embargo, las investigaciones que valoran resinas de impresión en 3D indicadas para restauraciones definitivas son insuficientes. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar la estabilidad del color de una resina impresa en 3D para restauraciones definitivas mediante el análisis y comparación de los cambios de color del material expuesto a un envejecimiento acelerado mediante uso oral simulado y exposición a medios colorantes.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio de tipo experimental in vitro, de corte longitudinal con un enfoque cuantitativo, evaluando la estabilidad del color de resinas impresas en 3D en un laboratorio con ambiente controlado. La muestra fue de tipo no probabilístico por conveniencia calculado en base al artículo de Ji-Won. Aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, se precisan 8 sujetos por grupo, es decir, 24 muestras del material para detectar una diferencia igual o superior al 2.71 unidades. Se asume que la desviación estándar común es de 1.86, estimando una tasa de pérdidas de seguimiento del 0%.

Confección de muestras

Se elaboraron 24 coronas de recubrimiento total de resina impresa definitiva (SprintRay Crown™; SprintRay, EEUU) de 1,5 mm de espesor, con un grosor de capa de impresión de 50 µm acorde a las especificaciones de la Norma ISO 22112:2017, impresas a partir de un archivo STL diseñado a partir del modelo digital al software de la impresora (DentalCAD® 3.1 Rijeka; exocad GmbH, Alemania). La impresión de las coronas se realizó en una impresora 3D (SprintRay d95™; SprintRay, EEUU) de procesamiento de luz digital con una luz de diodo emisor de luz ultravioleta de 405 nm con el material de impresión diseñado para restauraciones.

Al finalizar la impresión, los especímenes fueron liberados de la plataforma y sometidos a limpieza con etanol al 96% durante 3 minutos, utilizando baño ultrasónico a prueba de explosiones sin calentar, posteriormente, fue limpiado a fondo con etanol al 96% durante 2 minutos con la ayuda de baño ultrasónico sin calentar. Luego, el objeto de impresión se retira del baño de etanol y se rocía con etanol adicional 96 % para enjuagar por completo cualquier residuo de resina restante. Posterior a la limpieza, el objeto de impresión se secó con aire comprimido. Las coronas se fotocuraron mediante el sistema de post-procesamiento automatizado (Pro Cure™; SprintRay EEUU) utilizando la configuración predefinida, durante 2 ciclos de 20 min a 20 °C, rotando una vez después de completar el primer ciclo. El poscurado del objeto se realizó sin usar un modelo, luego se dejó enfriar por 3 a 5 minutos. A continuación, las coronas se examinaron visualmente, fueron incluidas aquellas coronas íntegras y lisas al examen visual, descartando los especímenes con fisuras, fracturas, incorrectamente polimerizadas o con errores en su proceso de elaboración.

Una vez confeccionadas las muestras, fueron pulidas, mediante el uso de sistema de terminado y pulido (Sof-Lex™ 3M - ESPE, Brasil) en forma secuencial de grano grueso a

ultrafino, durante 15 segundos cada uno, usando pieza de mano de baja velocidad y un spray de agua constante. Posterior a su pulido las muestras fueron almacenadas y sumergidas en agua destilada a temperatura ambiente durante 24 horas, dentro de un recipiente de almacenamiento oscuro para evitar que agentes externos como la luz, alteren el color de los cuerpos de prueba antes de la evaluación inicial del color. Posteriormente se realizó la subdivisión aleatoria mediante un programa de subdivisión aleatorizada (GraphPad Prism 9 ©, GraphPad, EEUU) de las muestras por grupo, con su respectiva numeración tallada en la zona lingual de las coronas. Tras las 24 horas de almacenamiento se evaluó el color, siendo este T0, utilizando el espectrofotómetro (VITA Easyshade Advance ® 4.0, modelo DEASYAS4, VITA Zahnfabrik, Brasil). Todas las lecturas de color de las muestras se midieron sobre un fondo blanco ($L^* = 22.3,1$ $a^* = 1.4$ $b^* = 2.5$) con el mismo espectrofotómetro. Antes de cada medición de color, las muestras se secaron con gasas estériles y se realizó la calibración del espectrofotómetro. Se registró el color a partir del promedio de tres puntos de referencia (incisal, medio y cervical) de la cara vestibular de las coronas (T0).

Termociclado

Acorde a la especificación técnica ISO TS 11405 utilizada como norma para reproducir el envejecimiento acelerado mediante termociclado, todas las muestras pulidas se sometieron a un ambiente oral simulado mediante un proceso de termociclado en agua destilada utilizando la termocicladora (ODEME OMC 350 TS ®, Odeme Dental Research, Brasil) se aplicaron 10.000 ciclos de 1' 30" divididos en 3 momentos de 30" cada uno, momento 1: Calor a 55°C, momento 2 Frío a 5°C. Momento 3: Temperatura ambiente 18°C, y 5s de tiempo de transferencia, simulando 1 año de uso oral. o.24 Posterior al termociclado, se realizó una toma y registro del color (T1).

Evaluación de estabilidad de color

Una vez terminado el termociclado, se colocaron los especímenes en frascos de poliacrílico con su respectiva numeración. Se emplearon tres soluciones: Café, vino tinto, agua destilada (15 ml de cada solución) a temperatura ambiente. Las muestras permanecieron en la solución por una hora, para luego ser cambiadas a agua destilada por 5 horas, realizando 4 contactos con la solución pigmentante y 4 contactos con el agua destilada durante 24 horas por un periodo de 30 días. Las soluciones fueron cambiadas diariamente. La toma de color luego de la inmersión en las soluciones de cada grupo se realizó a los 7 días (T2), 14 días (T3), 28 días (T4) y 30 días (T5) de simulación. *Tabla 1.*

Tabla 1. Características de las soluciones de tinción

Solución	Marca	Preparación
Café	Buendía soluble Clásico®, Buendía S.A, Colombia. Agua destilada tipo II®. Laboratorios Paracelso CIA. LTDA., Ecuador	20 g de café vertidos en 1000 ml de agua destilada hervida (hasta que llegue a temperatura ambiente)
Vino tinto	Vino tinto Fray León Cabernet Sauvignon®, Viña Fray León SA, Chile	Temperatura ambiente
Agua destilada	Agua destilada tipo II®. Laboratorios Paracelso CIA. LTDA., Ecuador	Temperatura ambiente (Grupo control)

Fuente: propia.

La estabilidad de color de las muestras fue medida mediante el sistema CIE $L^* a^* b^*$, instrumento de medición que se utiliza en la odontología estética, mide el valor y el croma en las coordenadas $L^* a^* b^*$ (4) (9). L^* corresponde a la luminosidad del objeto que se va a evaluar (100 = blanco perfecto y 0 = negro). a^* mide el croma en la dimensión rojo ($a > 0$) y verde ($a < 0$). b^* mide el color en la dimensión amarillo ($b > 0$) y azul ($b < 0$) (4) (20). El ΔE es calculado de acuerdo a la siguiente fórmula, siendo, ΔL^* , Δa^* , y Δb^* las diferencias de los parámetros L^* , a^* y b^* correspondientes a la comparación entre los valores de dos colores evaluados (4). Figura 1.

Figura 1. Fórmula de evaluación de color ΔE

$$\Delta E = \sqrt{((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)}$$

Fuente: propia.

El umbral de perceptibilidad (PT) se refiere a la diferencia de color entre dos objetos que son detectados en el 50% de los observadores y el umbral de aceptabilidad (AT) se define como la diferencia de color 50:50 entre dos objetos que son aceptables para el 50% de los observadores. Cuando dos objetos se colocan uno al lado del otro en un entorno controlado, la diferencia de color más pequeña detectada por los observadores humanos (PT) es un valor de ΔE de 1. En condiciones clínicas, se ha demostrado que, en cuanto al AT, que un ΔE de 3,3 es el límite para que los ojos humanos detecten diferencias de color. Un valor de ΔE superior a 3,7 indica una coincidencia deficiente según las observaciones clínicas, y la diferencia de color entre los sujetos observados se puede ver fácilmente (4) (20).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos para cada uno de los grupos fueron organizados y procesados estadísticamente a través del paquete estadístico SPSS en su versión 23 de IBM, comparando el Delta E mediante la escala CIE L * a * b *, así mismo, analizando los mismos para comprobar la normalidad y homocedasticidad de estos. Al respecto, se aplicó una prueba estadística de normalidad con la prueba estadística de Shapiro-Wilk. La variación entre las mediciones finales e iniciales se realizó empleando la prueba de ANOVA de una vía. A través de la prueba T de muestra única, tomando como valor de prueba al umbral de aceptabilidad ΔE 3,3, se comparó las medias resultantes de las diferentes soluciones de tinción y el efecto del envejecimiento acelerado por termociclado. Los autores respetaron los principios éticos de la investigación científica.

Resultados

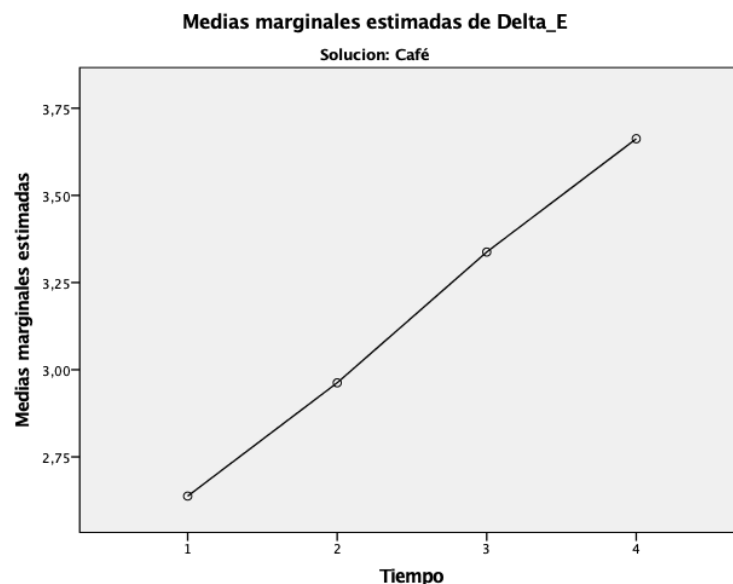
De La prueba de Shapiro-Wilk confirmó que los valores siguen una distribución normal. La prueba de Anova de una vía, encontró diferencias significativas entre los distintos grupos de soluciones. La prueba post hoc Bonferroni encontró que existe diferencia estadísticamente significativa entre las soluciones vino tinto con café y agua destilada, con un p-valor de $p=0,000$ y $p=0,000$, respectivamente. Entre las soluciones de café y agua destilada no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, con un p-valor de $p=0,688$. La solución de vino tinto, fue la que generó un valor más alto de Delta E ($\Delta E=7,90$) y el agua destilada el que menos cambio de color generó ($\Delta E=2,68$). Se registraron diferencias de color clínicamente aceptable ($\Delta E >3,3$) para las restauraciones sumergidas en café ($\Delta E=3,66$) y en vino tinto ($\Delta E=7,90$). Se realizó una prueba de T para muestra única, tomando como valor de prueba el umbral de aceptabilidad clínica $\Delta E >3,3$, para comparar las medias de soluciones, y se observó que solo las restauraciones sumergidas en vino tinto presentaron una diferencia estadísticamente significativa con el umbral de aceptabilidad clínica. *Tabla 2 y Figuras 2-4.*

Tabla 2. Estabilidad de color desde T0 (después de termociclado) hasta 30 días de inmersión en la solución de tinción y comparación con el umbral de aceptabilidad $\Delta E > 3,3$

Solución	Media Delta E (DE)	Umbral de Aceptabilidad $\Delta E > 3,3$. p-valor.
Agua Destilada	2,68 (0,88) B	p = 0,91
Café	3,66 (2,36) B	p = 0,678
Vino Tinto	7,90 (1,05) A	p=0,000*
Diferencias estadísticamente significativas p < 0,05 en columnas: diferentes letras mayúsculas y la presencia de un asterisco (*) DE: Desviación estándar		

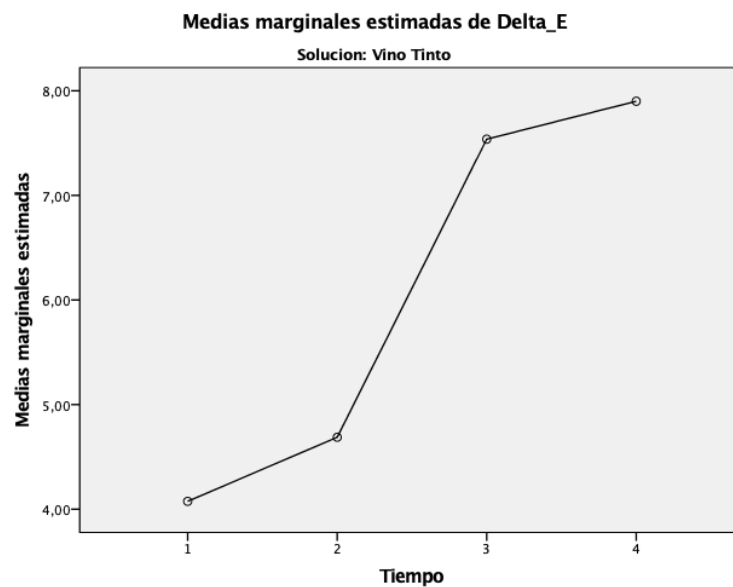
Fuente: propia.

Figura 2. Estabilidad del color de las restauraciones impresas (SprintRay Crown™; SprintRay EEUU) en café, en tiempo 1 (7 días), tiempo 2 (14 días), tiempo 3 (28 días) y tiempo 4 (30 días).



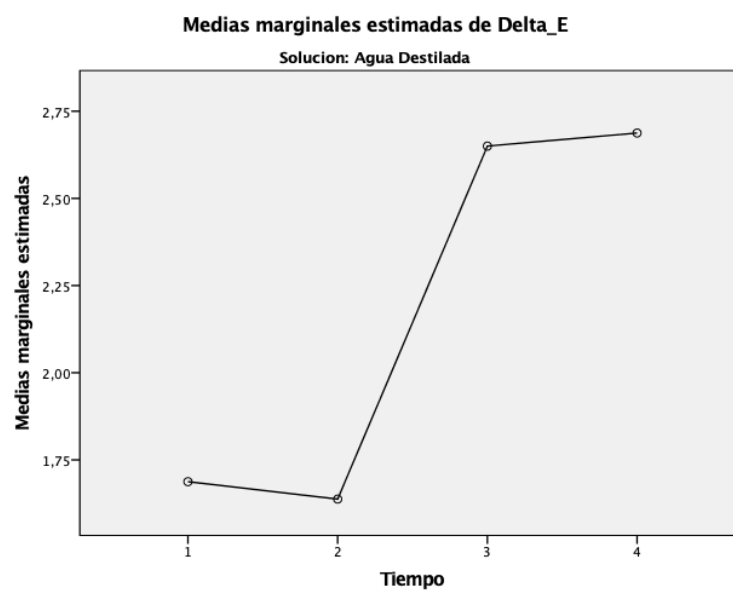
Fuente: propia.

Figura 3. Estabilidad del color de las restauraciones impresas (SprintRay Crown™; SprintRay EEUU) en vino tinto, en tiempo 1 (7 días), tiempo 2 (14 días), tiempo 3 (28 días) y tiempo 4 (30 días).



Fuente: propia.

Figura 4. Estabilidad del color de las restauraciones impresas (SprintRay Crown™; SprintRay EEUU) en agua destilada, en tiempo 1 (7 días), tiempo 2 (14 días), tiempo 3 (28 días) y tiempo 4 (30 días).



Fuente: propia.

Para evaluar el efecto del envejecimiento acelerado por termociclado sobre las muestras de resina impresa, se realizó una prueba de T para muestra única, tomando como valor de prueba el umbral de aceptabilidad clínica $\Delta E > 3,3$; se encontró que la media de Delta E antes_después de termociclado fue 5,71, presentando una diferencia estadísticamente significativa, con el umbral clínicamente aceptable ($p=0,000$). Tabla 3.

Tabla 3. Estabilidad de color antes y después del termociclado (10.000 ciclos), comparado con el umbral de aceptabilidad $\Delta E > 3,3$

Material	Delta E antes_después termociclado	Umbral de aceptabilidad $\Delta E > 3,3$	p-valor
Resina SprintRay Crown™; SprintRay EEUU	5,71 (2,41)	3,3	0,000
ΔE: Delta E.			

Fuente: propia.

Desde el punto de vista estético, toda restauración dental definitiva debe ser resistente a los efectos de pigmentación, manteniendo su estabilidad del color por un largo período de tiempo. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la estabilidad de color de la resina impresa Crown™, mediante el análisis y comparación del cambio de coloración numérico (ΔE) de los especímenes tras el uso oral simulado y exposición a soluciones de tinción. Los resultados obtenidos en el estudio determinan que existe una diferencia de color clínicamente perceptible ($\Delta E > 3,3$) de las restauraciones sumergidas en café ($\Delta E=3,66$) y en vino tinto ($\Delta E=7,90$). El efecto del envejecimiento acelerado por termociclado también presentó una diferencia estadísticamente significativa ($\Delta E=5,71$).

Discusión

La solución que generó más cambio de coloración fue el vino tinto ($\Delta E=7,90$), este resultado coincide con el descrito por Almejas, cols., Dimitrova, cols. y Raszewski, cols., en este último estudio además se observó un mayor cambio de color para las muestras almacenadas en vino tinto durante un periodo de 60 días ($\Delta E=18,19$), Raszewski, cols., definen que el

potencial de tinción del vino tinto puede variar según el tipo y la calidad del vino, así como otros factores como el pH, el tiempo de inmersión y la frecuencia de exposición (22).

A pesar de la distinta metodología empleada en los estudios de Almejrad y cols., Shin y cols., Dimitrova y cols., el café ($\Delta E=3,66$) fue la segunda sustancia con mayor tinción, esta variación de coloración no es clínicamente perceptible en ninguno de los artículos, además la diferencia de los resultados puede ser causada debido a los distintos tratamientos superficiales ejecutados en los estudios. Por otra parte, en el estudio de Raszewski y cols., el agua destilada fue la segunda sustancia con mayor variabilidad de color en el material de impresión Denture 3D+ ($\Delta E=0,39$), a comparación del café ($\Delta E=0,24$), sin embargo, esta diferencia no es significativa y tampoco es clínicamente perceptible.

El termociclado realizado en el estudio (10.000 ciclos que representan un año), ejerce un efecto directo en la estabilidad de color, independientemente de la solución de tinción, la variación de la coloración ($\Delta E=5,71$) supera el umbral de aceptabilidad clínica. Este proceso en condiciones húmedas puede causar la degradación del polímero de la resina, y el estrés por calor puede aumentar la absorción de agua, lo que hace que el agua absorbida se comporte como un plastificante y ablande el material, degradando la estructura (18). Los valores presentes en nuestro estudio son significativamente mayores a los mencionados en los estudios de Alfouzan, cols. y Çakmak, cols., cuyas variaciones más relevantes fueron (ΔE 2,74) y (ΔE 1,71) respectivamente, estas diferencias entre los resultados se deben a la metodología utilizada en cada estudio.

Conclusión

Las restauraciones confeccionadas con resina impresa definitiva (SprintRay Crown™; SprintRay EEUU) sometida a envejecimiento acelerado mediante uso oral simulado y exposición a medios colorantes, si presentan alteraciones en la estabilidad del color, siendo el vino tinto la solución que genera mayor cambio de coloración. El tiempo de inmersión de las muestras es una limitación del presente estudio, debido a que el tiempo de utilidad de las coronas debería superar el año de vida útil, además, factores como el cepillado mecánico y un número mayor de soluciones procedentes de la dieta diaria podrían generar un panorama más completo en cuanto a la selección de este material para próximos estudios. Por lo tanto, se sugiere considerar una muestra más amplia con la inclusión del cepillado mecánico, la adición de más soluciones pigmentantes y un mayor tiempo de sumersión.

Referencias

1. Shin JW, Kim JE, Choi YJ, Shin SH, Nam NE, Shim JS, et al. Evaluation of the Color Stability of 3D-Printed Crown and Bridge Materials against Various Sources of Discoloration: An In Vitro Study. *Materiales*. 2020 26 de noviembre; 13 (23): 5359. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ma13235359>
2. Corbani, Karim; Hardan, Louis; Skienhe, Hasan; Özcan, Mutlu; Alharbi, Nawal; Salameh, Ziad (2020). Effect of material thickness on the fracture resistance and failure pattern of 3D-printed composite crowns. *International Journal of Computerized Dentistry*, 23(3):225-233. PMID: 32789310
3. Tahayeri A, Morgan MC, Fugolin AP , Bompolaki D , Athirasala A , Pfeifer CS et al. Materiales dentales para puentes y coronas provisionales impresos en 3D versus curados convencionalmente . *Materiales dentales* . 2018 febrero; 34 (2): 192-200. doi: 10.1016/j.dental.2017.10.003
4. Almejrads, L., Yang, C.-C., Morton, D. and Lin, W.-S. (2022), The Effects of Beverages and Surface Treatments on the Color Stability of 3D-Printed Interim Restorations. *Journal of Prosthodontics*, 31: 165-170. <https://doi.org/10.1111/jopr.13377>
5. Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, Lu X, Shi H, Lee ES, Jiang HB. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning*. 2021 Jul 17;2021:9950131. doi: 10.1155/2021/9950131. PMID: 34367410; PMCID: PMC8313360.
6. Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, Lu X, Shi H, Lee ES, Jiang HB. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning*. 2021 Jul 17;2021:9950131. doi: 10.1155/2021/9950131.
7. Zimmermann M, Ender A, Egli G, Özcan M, Mehl A. Fracture load of CAD/CAM-fabricated and 3D-printed composite crowns as a function of material thickness. *Clin Oral Investig*. 2019 Jun;23(6):2777-2784. doi: 10.1007/s00784-018-2717-2. Epub 2018 Oct 27. PMID: 30368664.
8. Al-Qahtani AS, Tulbah HI, Binhasan M, Abbasi MS, Ahmed N, Shabib S, Farooq I, Aldahian N, Nisar SS, Tanveer SA, Vohra F, Abduljabbar T. Surface Properties of Polymer Resins Fabricated with Subtractive and Additive Manufacturing Techniques. *Polymers (Basel)*. 2021 Nov 24;13(23):4077. doi: 10.3390/polym13234077. PMID: 34883581; PMCID: PMC8658960.
9. Sulaiman TA. Materials in digital dentistry-A review. *J Esthet Restor Dent*. 2020 Mar;32(2):171-181. doi: 10.1111/jerd.12566. Epub 2020 Jan 13. PMID: 31943720.
10. SprintRay Pro 3D Printers User information (n.d.).
11. Guía de usuario: SprintRay CrownTM by BEGO® (n.d.).
12. Srinivasan M, Kalberer N, Fankhauser N, Naharro M, Maniewicz S, Müller F. CAD-CAM complete removable dental prostheses: A double-blind, randomized, crossover clinical trial evaluating milled and 3D-printed dentures. *J Dent*. 2021 Dec;115:103842. doi: 10.1016/j.jdent.2021.103842. Epub 2021 Oct 9. PMID: 34637889.
13. Medeiros JA, Pecho OE, Pérez MM, Carrillo-Pérez F, Herrera LJ, Della Bona A. Influence of background color on color perception in dentistry. *J Dent*. 2021 May;108:103640. doi: 10.1016/j.jdent.2021.103640. Epub 2021 Mar 20. PMID: 33757865.
14. Matsumoto H, Yamamoto T, Hayakawa T. Color changes of dental zirconia immersed in food and beverage containing water-soluble/lipid-soluble pigments. *Dent Mater J*. 2022 Nov 30;41(6):824-832. doi: 10.4012/dmj.2022-021. Epub 2022 Jul 6. PMID: 35793942.
15. Yerliyurt K, Sarıkaya I. Color stability of hybrid ceramics exposed to beverages in different combinations. *BMC Oral Health*. 2022 May 14;22(1):180. doi: 10.1186/s12903-022-02206-1. PMID: 35568863; PMCID: PMC9107770.

16. Coronel Romero CD, Cevallos González FM, Benalcázar Ormaza CA. Inestabilidad de color en dientes clareados con peróxido de hidrógeno y de carbamida, sometidos a bebidas pigmentantes. RO [Internet]. 31 de enero de 2022 [citado 7 de enero de 2023];24(1):e3586. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/odontologia/article/view/3586>
17. Tieh MT, Waddell JN, Choi JJE. Optical Properties and Color Stability of Denture Teeth-A Systematic Review. J Prosthodont. 2022 Jun;31(5):385-398. doi: 10.1111/jopr.13429. Epub 2021 Sep 25. PMID: 34516027.
18. Alfouzan AF, Alotiabi HM, Labban N, Al-Otaibi HN, Al Taweel SM, AlShehri HA. Color stability of 3D-printed denture resins: effect of aging, mechanical brushing and immersion in staining medium. J Adv Prosthodont. 2021 Jun;13(3):160-171. doi: 10.4047/jap.2021.13.3.160. Epub 2021 Jun 25. Erratum in: J Adv Prosthodont. 2022 Oct;14(5):334. PMID: 34234926; PMCID: PMC8250187.
19. Kul E, Abdulrahim R, Bayındır F, Matori KA, Gül P. Evaluation of the color stability of temporary materials produced with CAD/CAM. Dent Med Probl. 2021 Apr-Jun;58(2):187-191. doi: 10.17219/dmp/126745. PMID: 33982454.
20. Chang JY, Chen WC, Huang TK, Wang JC, Fu PS, Chen JH, Hung CC. Evaluating the accuracy of tooth color measurement by combining the Munsell color system and dental colorimeter. Kaohsiung J Med Sci. 2012 Sep;28(9):490-4. doi: 10.1016/j.kjms.2012.04.006. Epub 2012 Jul 7. PMID: 22974668.
21. Salas Sánchez, Marianne. Umbrales de discriminación de translucidez en resinas compuestas dentales. Aplicación práctica en los cambios de translucidez inducidos por diferentes protocolos de polimerización. Granada: Universidad de Granada, 2019. [<http://hdl.handle.net/10481/56342>]
22. Raszewski Z, Chojnacka K, Mikulewicz M. Efectos de los métodos de preparación de superficies sobre la estabilidad del color de las restauraciones dentales impresas en 3D. Revista de Biomateriales Funcionales 2023;14:257. <https://doi.org/10.3390/jfb14050257>.
23. Çakmak G, Molinero-Mourelle P, De Paula MS, et al. Surface Roughness and Color Stability of 3D-Printed Denture Base Materials after Simulated Brushing and Thermocycling. Materials (Basel). 2022;15(18):6441. Published 2022 Sep 16. doi:10.3390/ma15186441
24. Dimitrova M, Chuchulska B, Zlatev S, Kazakova R. Colour Stability of 3D-Printed and Prefabricated Denture Teeth after Immersion in Different Colouring Agents-An In Vitro Study. Polymers (Basel). 2022 Jul 31;14(15):3125. doi: 10.3390/polym14153125. PMID: 35956640; PMCID: PMC9371044.