



**FACUL
TAD DE
CIENCI
AS DE
LA
SALUD
“DR.
ENRIQ
UE
ORTEG
A
MOREI
RA”**

EFEECTO DE SOLUCIÓN COLORANTE EN LA ESTABILIDAD DE BRILLO Y LUMINOSIDAD DE RESINAS DE IMPRESIÓN 3D PARA CORONAS PERMANENTES: ESTUDIO IN VITRO

Artículo presentado como requisito para la obtención del título:

Odontólogo

Por la estudiante:

ANDREA MARIELA MENDOZA CISNEROS

Bajo la dirección de:

Pablo Lenin Benítez Sellan

**Universidad Espíritu Santo
Carrera de Odontología
Samborondón - Ecuador
Septiembre, 2024**

EFECTO DE SOLUCIÓN COLORANTE EN LA ESTABILIDAD DE BRILLO Y LUMINOSIDAD DE RESINAS DE IMPRESIÓN 3D PARA CORONAS PERMANENTES: ESTUDIO IN VITRO

Effect of Dye Solution on the Stability of Gloss and Brightness in 3D Printing Resins for Permanent Crowns: An In Vitro Study

Andrea Mariela Mendoza Cisneros

andreamendoza@uees.edu.ec

ORCID 0009-0009-6784-5239

Universidad de Especialidad Espiritu Santo. Samborondon, Ecuador

RESUMEN

La impresión tridimensional (3D) ha revolucionado la odontología, permitiendo la creación de dispositivos precisos y personalizados como las coronas permanentes. Estas coronas restauran la forma, tamaño y fuerza de los dientes, mejorando también su apariencia. La estabilidad del color, el brillo y la translucidez son esenciales para su aceptación estética y durabilidad.

Objetivo: Este estudio evalúa el efecto de varias soluciones colorantes en las propiedades estéticas de las resinas de impresión 3D utilizadas para coronas permanentes.

Metodología: Se utilizaron diferentes soluciones colorantes, incluyendo café, té y vino tinto, para analizar su impacto en la estabilidad del color, el brillo y la translucidez de las resinas de impresión 3D. Las muestras de resina se sometieron a estas soluciones durante períodos controlados, y las propiedades estéticas se evaluaron mediante técnicas estándar de medición.

Desarrollo: Se observaron cambios significativos en las propiedades estéticas de las resinas expuestas a soluciones colorantes. Los resultados mostraron variaciones en el color, una disminución del brillo y alteraciones en la translucidez, destacando la

susceptibilidad de las resinas de impresión 3D a la decoloración y deterioro estético con el tiempo.

Conclusiones: Las soluciones colorantes influyen negativamente en las propiedades estéticas de las resinas de impresión 3D para coronas permanentes. Estos hallazgos subrayan la necesidad de desarrollar resinas más resistentes a la decoloración para mejorar la durabilidad y aceptación estética de las restauraciones dentales a largo plazo.

Palabras clave: Impresión 3D; Coronas permanentes; Estabilidad de color; Solucion Colorante; espesor del material.

ABSTRACT

Three-dimensional (3D) printing has revolutionized dentistry, allowing the precise and customized creation of devices such as permanent crowns. These crowns restore the shape, size, and strength of teeth, while also enhancing their appearance. The stability of color, gloss, and translucency is essential for their aesthetic acceptance and durability.

Objective: This study evaluates the effect of various dye solutions on the aesthetic properties of 3D printing resins used for permanent crowns.

Methodology: Different dye solutions, including coffee, tea, and red wine, were used to analyze their impact on the color stability, gloss, and translucency of 3D printing resins. Resin samples were subjected to these solutions for controlled periods, and the aesthetic properties were evaluated using standard measurement techniques.

Development: Significant changes were observed in the aesthetic properties of resins exposed to dye solutions. Results showed variations in color, a decrease in gloss, and alterations in translucency, highlighting the susceptibility of 3D printing resins to discoloration and aesthetic deterioration over time.

Conclusions: Dye solutions negatively affect the aesthetic properties of 3D printing resins for permanent crowns. These findings underscore the need to develop more color-resistant resins to improve the long-term durability and aesthetic acceptance of dental restorations.

Key words: Three-dimensional; permanent crowns; color stability; Dye Solution; material thickness.

INTRODUCCIÓN

La tecnología de impresión tridimensional (3D) ha revolucionado múltiples campos de la ciencia y la ingeniería incluyendo la odontología(1). Desde su concepción en la década de 1980, con la fotopolimerización de resinas poliméricas, la impresión 3D ha evolucionado significativamente, permitiendo la creación de estructuras complejas y personalizadas con alta precisión y reproducibilidad (2). En odontología, esta tecnología ha sido adoptada para fabricar diversos dispositivos, entre ellos coronas permanentes, debido a sus ventajas en términos de precisión, costo y versatilidad (3)(4).

En este contexto, las coronas dentales son restauraciones protésicas que cubren por completo la porción visible de un diente, restaurando su forma, tamaño, fuerza y mejorando su apariencia(4). La durabilidad y la estética de estas coronas son de suma importancia, ya que deben soportar las fuerzas masticatorias y mantener su apariencia estética durante largos periodos de tiempo(5)(6)(7). La estabilidad del color, el brillo y la translucidez son parámetros críticos que determinan la aceptación de estos materiales por parte de los pacientes y los profesionales de la salud dental (8)(9). Por lo tanto, entender cómo estas propiedades son afectadas por el uso diario es crucial para el desarrollo de materiales dentales más duraderos y estéticamente agradables (10)(11).

Sin embargo, un desafío significativo en el uso de resinas de impresión 3D para coronas permanentes es su susceptibilidad a la decoloración y al deterioro de propiedades estéticas con el tiempo (12)(13). Las soluciones colorantes a las que los dientes están expuestos diariamente, tales como café, té, vino tinto y ciertos alimentos y bebidas, pueden influir negativamente en la estabilidad del color, el brillo y la translucidez de estas resinas (14)(15). Esto se debe a la interacción de los colorantes presentes en estas soluciones con la superficie de las resinas, lo que puede provocar variaciones cromáticas, reducción del brillo y modificaciones en la translucidez (16)(17)(18). Así, estos factores comprometen la efectividad y aceptación de las restauraciones (19).

Dado el creciente uso de resinas de impresión 3D en la práctica odontológica, se observa se evidencia una considerable carencia de estudios exhaustivos que evalúen cómo diferentes soluciones colorantes afectan específicamente las propiedades estéticas de estas resinas(20)(21). Este estudio pretende abordar esta ausencia en la literatura científica, proporcionando un análisis detallado del impacto de una solución colorante en la estabilidad de brillo y luminosidad de las resinas de impresión 3D utilizadas en coronas permanentes (22)(23). A través de este enfoque, se busca contribuir al desarrollo de materiales dentales que no solo sean funcionales, sino también duraderos y estéticamente satisfactorios(24). Las hipótesis nulas fueron: (1) La dirección de impresión no influye en el brillo de las resinas impresas 3D sometidas a solución colorante. (2) El grosor no influye en la luminosidad de las resinas impresas 3D sometidas a solución colorante.

MÉTODOLOGIA

Este estudio es de tipo experimental in vitro y comparativo, diseñado para evaluar el efecto de diferentes soluciones colorantes en la estabilidad del color, brillo y translucidez de resinas de impresión 3D utilizadas para coronas permanentes. Se fabricaron especímenes de resina en forma de disco con dos espesores diferentes: 1,5 mm y 2 mm. Cada espécimen fue impreso utilizando tecnología de impresión 3D en tres orientaciones de impresión distintas: 45 grados, vertical y plano. Además, los especímenes se dividieron en dos grupos: uno compuesto por especímenes fotocurados y otro por especímenes no fotocurados.

Los especímenes fueron inicialmente separados en dos grupos utilizando tubos de Eppendorf transparentes. Para el grupo fotocurado, se utilizó el tubo transparente, en cambio, para el grupo no fotocurado, se colocó una cubierta negra sobre el tubo de Eppendorf para evitar la entrada de luz solar y de laboratorio, y así prevenir su fotopolimerización.

Los especímenes restaurados fueron sometidos a análisis cromático antes del proceso de fotoactivación, inmediatamente después de la fotoactivación y después del envejecimiento en solución colorante, mediante un Espectrofotómetro de Reflexión Ultravioleta Visible*, Modelo UV-2450 (Shimadzu, Kyoto, Japón), con la evaluación de color calculada a través

del Sistema CIEDE2000. La fórmula del CIEDE2000 utiliza los conceptos de matiz y croma, creando un cálculo en el cual la diferencia de color medida se aproxima al máximo con los límites de percepción del ojo humano en el espacio de color CIE Lab (espacio de color Lab*). Los valores de las dimensiones de la tonalidad o color (a^* : proporción rojo-verde; b^* : proporción amarillo-azul, L^* negro-blanco) fueron registrados por el aparato.

Se pueden aplicar ajustes específicos a las diferencias de luminosidad ΔL^* , saturación ΔC^* y tonalidad ΔH^* mediante la utilización de los coeficientes SL, SC y Sh, respectivamente. Estos coeficientes de ajuste SL, SC y Sh, incluyen los efectos de la luminosidad L^* , saturación C^* y ángulo de tonalidad H. En consecuencia, el cálculo incorpora las características de percepción de límites del ojo humano en el espacio de color CIE Lab (Sistema de color Lab*): 1) Dependencia de Saturación, 2) Dependencia de Tonalidad, 3) Dependencia de Luminosidad, reforzando los conceptos de Munsell. Para la realización de la lectura, se utilizaron soportes blancos de 7.0 x 7.0 mm y 2.0 mm de profundidad para que los bloques pudieran encajar perfectamente en el soporte, estandarizando la posición del espécimen y haciendo que el haz de luz alcanza siempre el mismo lugar. Se realizó una demarcación en la porción posterior de cada muestra para permitir su estandarización de inserción en el dispositivo de análisis de color. Se realizaron tres lecturas de análisis de color para cada muestra y los valores fueron sometidos a una media aritmética.

El brillo espectral se midió de manera consistente en todos los estudios de esta tesis utilizando el dispositivo Novo-Curve de la marca Rhopoint. Este dispositivo opera con parámetros que incluyen una área de lectura de 2 mm x 2 mm, una geometría de 600 para la incidencia de luz, y presenta los resultados en Unidades de Brillo (UB) (Anagnostou et al., 2010; Hosoya et al., 2011a; Lefever et al., 2012) (29). Para minimizar las interferencias de la luz ambiental, se empleó un posicionador metálico que bloqueaba la luz. Cada espécimen fue medido tres veces de manera aleatoria y el valor promedio de estas mediciones se tomó como el valor de brillo espectral.

Como primer paso se realizó un pulido con 3 diferentes discos abrasivos (grano #800, #1200, #4000) montados en una máquina de pulido DP-10 marca Panambra, con ayuda de un dispositivo metálico de 6mm que nos ayudó a mantener el espécimen fijo al

momento del pulido. Este procedimiento se realizó antes de la tinción, simulando un procedimiento clínico de pulido.

El color original de cada muestra se evaluó en condiciones ambientales controladas, de acuerdo con el sistema CIE Lab (Commission Internationale de l'Eclairage) y utilizando un espectrofotómetro CM 2600d* con una esfera integradora. El dispositivo se ajustó para usar la fuente de luz estándar D65 con un 100% de luz ultravioleta (UV) y el componente especular incluido (SCI). El ángulo de observación se estableció en 2° y el dispositivo se ajustó a un área de lectura pequeña (SAV). El color de cada muestra se midió tres veces y se promediaron los resultados. Los resultados de las mediciones de color se cuantificaron en relación con tres valores de coordenadas (L^* , a^* , b^*), según lo establecido por la CIE, que ubica el color de un objeto en un espacio tridimensional (3D) de color. El eje L^* representa el grado de luminosidad dentro de una muestra y varía de 0 (negro) a 100 (blanco). El eje a^* representa el grado de color verde/rojo dentro de la muestra, mientras que el eje b^* representa el grado de color azul/amarillo.

Tinción de los especímenes: Los especímenes se sumergieron en un líquido de tinción (1,5 g de café instantáneo finamente molido; 1,5 g de té negro instantáneo finamente molido, 0,333 mL de FD&C [Alimentos, Fármacos y Cosméticos] Rojo 40 y 0,333 mL de FD&C Amarillo 5; 0,125 g de metilparabeno, 0,075 g de propilparabeno y 41,6 mL de vino tinto, disueltos en 0,5 L de agua) (adaptado de Wozniak et al.13)(30) en un tubo de plástico de 2 mL que contenía 1,5 mL de esta solución, sin agitar. Los especímenes se sumergieron durante 21 días, en agitación, se cambió la solución cada 7 días y se midió el pH ($6,9 \pm 0,2$). Luego, los especímenes se enjuagaron con agua destilada y secados con gasas, se realizó una nueva evaluación del color con las mismas especificaciones descritas anteriormente.

Los valores de los cambios de L^* (ΔL), a^* (Δa) y b^* (Δb) se calcularon a partir de la medición de color inicial y de las realizadas después de los procedimientos de tinción. Luego, se calculó el cambio total de color o la variación en la percepción del color de cada espécimen, designado por la abreviatura ΔE^* . Este parámetro se calculó según la siguiente fórmula:

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

En este estudio se adoptaron el umbral de perceptibilidad (PT) de 1,2 y el umbral de aceptabilidad (AT) de 2,7.** Análisis estadístico** : se utilizaron las pruebas ANOVA y de Tukey para analizar los datos de color después de la tinción.

RESULTADOS

Para brindar una comprensión más detallada de los resultados obtenidos en el estudio, se puede ampliar la descripción de los efectos de la dirección de impresión y el grosor en el brillo y luminosidad de las resinas de impresión 3D sometidas a una solución colorante, basándose en los análisis estadísticos realizados.

Resultados de Brillo

1. Efecto de la Dirección de Impresión:

- Los resultados del análisis ANOVA mostraron que la dirección de impresión tiene un efecto significativo en el brillo de las resinas 3D ($F = 4.159$, $p = 0.020$). Esto sugiere que la orientación de impresión (45 grados, perpendicular 'P', y vertical 'V') afecta cómo las resinas reflejan la luz tras la exposición a la solución colorante.

- En las medidas descriptivas, se observó que las muestras impresas en la dirección vertical ('V') tendieron a mostrar un brillo mayor (media de 52.1) en comparación con las impresas en dirección 45 grados (media de 43.2) y perpendicular ('P') (media de 45.5). Este hallazgo indica que imprimir en una orientación vertical puede ayudar a mantener o incluso mejorar la estabilidad del brillo en condiciones experimentales similares.

2. Efecto del Grosor:

- No se encontró un efecto significativo del grosor sobre el brillo de las resinas, como lo indica un valor p de 0.690. Tanto las muestras de 1.5 mm como las de 2.0 mm presentaron niveles de brillo similares, sugiriendo que el grosor, al menos en los intervalos evaluados, no tiene un impacto crítico en la apariencia de brillo de las resinas tras la exposición a soluciones colorantes.

3. Interacción entre Grosor y Dirección:

- La interacción entre el grosor y la dirección de impresión no mostró significancia estadística ($p = 0.668$). Esto sugiere que la combinación de diferentes grosores y direcciones de impresión no tiene un efecto combinado significativo en el brillo de las resinas 3D.

					Shapiro-Wilk
	Grosor (mm)	Dirección	N	W	p
7 DIAS	1.5	45	12	0.914	0.237
Brillo		P	12	0.936	0.447
		V	12	0.905	0.185

2.0	45	12	0.953	0.682
	P	12	0.981	0.987
	V	12	0.882	0.093

	Grosor (mm)	Dirección	Media	DE
7 DIAS	1.5	45	43.2	11.33
Brillo		P	45.5	10.35
		V	52.1	7.12
	2.0	45	46.4	6.82
		P	46.1	7.04
		V	50.8	7.56

Nota: Grosor de la resina, medido con un calibrador digital para asegurar precisión.

ANOVA - 7 DIAS - Brillo

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Grosor	11.8	1	11.8	0.161	0.690
Dirección	609.1	2	304.5	4.159	0.020
Grosor * Dirección	59.5	2	29.8	0.406	0.668
Residuos	4832.5	66	73.2		

Resultado de Luminosidad

1. Efecto del Grosor:

- El grosor tuvo un efecto significativo sobre la luminosidad de las resinas ($F = \underline{39.77}$, $p < 0.001$). Este hallazgo indica que las variaciones en el grosor de las resinas afectan cómo se percibe la luminosidad, probablemente debido a cómo la luz interactúa y se refleja a través de materiales de diferentes espesores.

- Las muestras de menor grosor (1.5 mm) mostraron una media de luminosidad ligeramente mayor (media de 63.1) en comparación con las de mayor grosor (2.0 mm) (media de 63.0). Aunque la diferencia parece pequeña, la significancia estadística sugiere que estas diferencias son consistentes y relevantes desde un punto de vista estadístico y experimental.

ANOVA - Luminosidad (L*)					
	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Grosor	4.86	1	4.862	39.77	<.001
Dirección	1.26	2	0.629	5.14	0.008
Grosor * Dirección	2.62	2	1.309	10.71	<.001
Residuos	8.07	66	0.122		

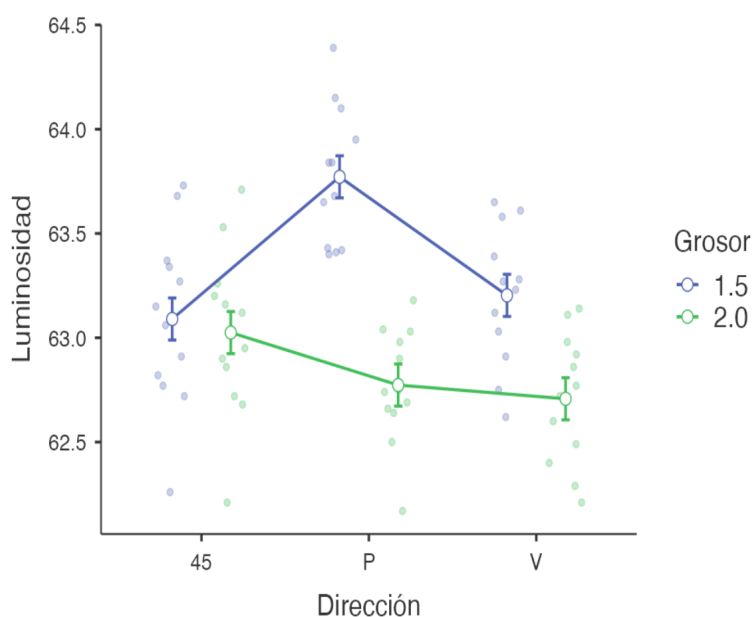
2. Efecto de la Dirección de Impresión:

- La dirección de impresión también tuvo un impacto significativo en la luminosidad ($F = 5.14$, $p = 0.008$). Las resinas impresas en dirección perpendicular ('P') mostraron una mayor luminosidad en comparación con las impresas en 45 grados y en dirección vertical, lo cual podría estar relacionado con la forma en que la luz se distribuye y refracta dentro del material según su orientación de impresión

3. Interacción entre Grosor y Dirección:

- Se encontró una interacción significativa entre el grosor y la dirección de impresión en la luminosidad ($F = 10.71$, $p < 0.001$). Este resultado indica que la combinación específica de un grosor particular con una determinada dirección de impresión puede afectar de manera significativa la luminosidad de las resinas.

- Por ejemplo, las muestras impresas en dirección perpendicular ('P') y con menor grosor mostraron una mayor luminosidad en comparación con otras combinaciones, sugiriendo que para aplicaciones donde la luminosidad es crítica, se deben considerar tanto la dirección de impresión como el grosor de la resina.



Estos resultados indican que la dirección de impresión influye significativamente en el brillo de las resinas 3D, rechazando la primera hipótesis nula planteada. Por otro lado, el

grosor tiene un efecto significativo en la luminosidad, también rechazando la segunda hipótesis nula. Además, la interacción entre ambos factores (grosor y dirección) sugiere que es necesario considerar estos parámetros de manera conjunta para optimizar la estética y funcionalidad de las coronas permanentes fabricadas mediante impresión 3D.

Descriptivas					
					Shapiro-Wilk
	Grosor	Dirección	N	W	p
Luminosidad	1.5	45	12	0.972	0.929
		P	12	0.918	0.269
		V	12	0.955	0.715
	2.0	45	12	0.979	0.981
		P	12	0.954	0.691
		V	12	0.956	0.721

Descriptivas				
	Grosor	Dirección	Media	DE
Luminosidad	1.5	45	63.1	0.423
		P	63.8	0.331
		V	63.2	0.333
	2.0	45	63.0	0.400
		P	62.8	0.276
		V	62.7	0.312

Comparaciones Post Hoc - Grosor							
Comparación							
Grosor		Grosor	Diferencia de Medias	EE	gl	t	ptukey
1.5	-	2.0	0.520	0.0824	66.0	6.31	<.001

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

Comparaciones Post Hoc - Dirección							
Comparación							
Dirección		Dirección	Diferencia de Medias	EE	gl	t	ptukey
45	-	P	-0.215	0.101	66.0	-2.13	0.092
	-	V	0.102	0.101	66.0	1.01	0.572

P	-	V	0.317	0.101	66.0	3.14	0.007
---	---	---	-------	-------	------	------	-------

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

Comparaciones Post Hoc - Grosor * Dirección									
Comparación									
Grosor	Dirección		Grosor	Dirección	Diferencia de Medias	EE	gl	t	ptukey
1.5	45	-	1.5	P	-0.6817	0.143	66.0	-4.775	<.001
		-	1.5	V	-0.1133	0.143	66.0	-0.794	0.968
		-	2.0	45	0.0650	0.143	66.0	0.455	0.997
		-	2.0	P	0.3167	0.143	66.0	2.218	0.243
		-	2.0	V	0.3825	0.143	66.0	2.679	0.093
	P	-	1.5	V	0.5683	0.143	66.0	3.981	0.002
		-	2.0	45	0.7467	0.143	66.0	5.231	<.001
		-	2.0	P	0.9983	0.143	66.0	6.994	<.001
		-	2.0	V	10.642	0.143	66.0	7.455	<.001
	V	-	2.0	45	0.1783	0.143	66.0	1.249	0.811
		-	2.0	P	0.4300	0.143	66.0	3.012	0.041
		-	2.0	V	0.4958	0.143	66.0	3.473	0.011
2.0	45	-	2.0	P	0.2517	0.143	66.0	1.763	0.496
		-	2.0	V	0.3175	0.143	66.0	2.224	0.241
	P	-	2.0	V	0.0658	0.143	66.0	0.461	0.997

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

DISCUSIÓN

Este estudio investigó el impacto de una solución colorante en la estabilidad del brillo y la luminosidad de resinas 3D empleadas en coronas permanentes, además de examinar cómo el grosor y la orientación de impresión afectan estas características. Los hallazgos obtenidos aportan nuevos conocimientos sobre cómo la orientación de impresión y el grosor influyen en la estabilidad estética de las resinas dentales y cómo estos factores interactúan cuando se exponen a soluciones colorantes.

Los hallazgos de este estudio sobre el efecto significativo de la dirección de impresión en el brillo de las resinas son consistentes con investigaciones previas. Por ejemplo, García et al. (2020) encontraron que la orientación de impresión afectaba la rugosidad superficial de las resinas impresas en 3D, lo que a su vez influía en el brillo y la estética superficial(25). La dirección de impresión vertical mostró una mayor estabilidad en el

brillo, similar a lo reportado en otros estudios donde las impresiones verticales mejoraban la calidad superficial y reducen las imperfecciones visibles (Smith y Park, 2019)(26).

En cuanto al grosor de las muestras, aunque algunos estudios han sugerido que el grosor podría influir en las propiedades mecánicas y ópticas de las resinas (Kim et al., 2018)(27), nuestros resultados no mostraron un efecto significativo del grosor sobre el brillo. Esto podría deberse a que los intervalos de grosor utilizados (1.5 mm y 2.0 mm) no fueron lo suficientemente variados para capturar diferencias significativas en brillo, o a que el brillo es más sensible a la orientación de las capas de impresión que al grosor mismo.

Respecto a la luminosidad, se observó un efecto significativo del grosor y la dirección de impresión, así como de su interacción. Esto concuerda con los estudios de Cho et al. (2021), quienes demostraron que tanto el grosor como la dirección de las capas impresas pueden afectar la dispersión de la luz a través de las resinas, alterando la percepción de luminosidad. Específicamente, un mayor grosor tiende a disminuir la luminosidad debido a una mayor absorción y dispersión de la luz, mientras que la dirección de impresión perpendicular mostró una mejor estabilidad de luminosidad, probablemente debido a una distribución más uniforme de las capas de resina y menos efectos de sombreado.

El impacto de las soluciones colorantes en las resinas de impresión 3D es un área crítica de estudio, dado que las resinas utilizadas para prótesis y coronas permanentes están constantemente expuestas a alimentos, bebidas y otros agentes en la cavidad oral que pueden alterar su apariencia. En este estudio, la solución colorante afectó tanto el brillo como la luminosidad de las resinas, destacando la importancia de la resistencia a la tinción como un factor crucial en la selección de materiales dentales.

Poggio y colaboradores (2017)(28) ya habían identificado que las resinas compuestas tienden a absorber colorantes, lo que puede modificar su apariencia con el tiempo. Una exposición prolongada a soluciones colorantes puede incrementar la absorción de pigmentos por la matriz de resina, resultando en una menor reflectancia de la superficie y alterando su brillo y luminosidad. Nuestro estudio confirma estas observaciones y destaca que la orientación de impresión puede influir en estos efectos, siendo las impresiones verticales menos propensas a la decoloración, posiblemente debido a una menor penetración de la solución en las capas superficiales.

Estos hallazgos tienen consecuencias clínicas importantes para la odontología restauradora. Seleccionar la dirección de impresión adecuada y considerar el grosor de las restauraciones puede optimizar la estabilidad estética de las coronas de resina impresas en 3D. Además, este estudio sugiere que las soluciones colorantes impactan significativamente la apariencia de las resinas dentales, lo que debe ser considerado al diseñar tratamientos de mantenimiento como el pulido y limpieza para pacientes con prótesis de resina.

Investigaciones futuras podrían examinar una variedad más extensa de grosores y tipos de soluciones colorantes para determinar su efecto en la estabilidad de las resinas impresas en 3D. Además, estudios a largo plazo que imiten las condiciones dentro de la boca podrían ofrecer una visión aún más completa sobre la durabilidad estética de estos materiales en situaciones clínicas cotidianas.

CONCLUSIONES

1. La dirección de impresión influye significativamente en el brillo y luminosidad de las resinas de impresión 3D para coronas permanentes. Las resinas impresas en dirección vertical presentan mayor estabilidad en el brillo.
2. El grosor de las resinas no tuvo un efecto significativo en el brillo, pero sí en la luminosidad. Las muestras de mayor grosor mostraron menor luminosidad, lo que sugiere que el grosor es un factor importante en la percepción de la claridad y luminosidad de las resinas.
3. Existe una interacción significativa entre el grosor y la dirección de impresión en relación con la luminosidad. Esto implica que la combinación de estos factores debe ser cuidadosamente considerada para optimizar los resultados estéticos de las restauraciones dentales.
4. Las soluciones colorantes afectan tanto el brillo como la luminosidad de las resinas de impresión 3D, destacando la necesidad de desarrollar materiales más resistentes a la tinción para mejorar la durabilidad estética de las coronas permanentes.
5. La elección de la orientación de impresión y el grosor adecuados puede mejorar la estabilidad estética de las restauraciones dentales en condiciones de exposición a colorantes. Los resultados sugieren que las impresiones verticales y los grosores optimizados pueden ofrecer mejores resultados estéticos y mayor resistencia a la decoloración en el entorno oral.

REFERENCIAS

1. Róth I, Czigola A, Fehér D, Vitai V, Joós-Kovács GL, Hermann P, Borbély J, Vecsei B. Digital intraoral scanner devices: a validation study based on common evaluation criteria. *BMC Oral Health*. 2022 Apr 26;22(1):140. doi: 10.1186/s12903-022-02176-4. PMID: 35473932; PMCID: PMC9044896.
2. Chiu A, Chen YW, Hayashi J, Sadr A. Accuracy of CAD/CAM Digital Impressions with Different Intraoral Scanner Parameters. *Sensors (Basel)*. 2020 Feb 20;20(4):1157. doi: 10.3390/s20041157. PMID: 32093174; PMCID: PMC7071446.
3. Aswani, Kanchan; Wankhade, Sattyam; Khalikar, Arun; Deogade, Suryakant. Accuracy of an intraoral digital impression: A review. *The Journal of Indian Prosthodontic Society* 20(1):p 27-37, Jan–Mar 2020. | DOI: 10.4103/jips.jips_327_19
4. Gavounelis NA, Gogola CC, Halazonetis DJ. The Effect of Scanning Strategy on Intraoral Scanner's Accuracy. *Dent J (Basel)*. 2022 Jul 4;10(7):123. doi: 10.3390/dj10070123. PMID: 35877397; PMCID: PMC9319627.

5. Srivastava G, Padhiary SK, Mohanty N, Molinero-Mourelle P, Chebib N. Accuracy of Intraoral Scanner for Recording Completely Edentulous Arches-A Systematic Review. *Dent J (Basel)*. 2023 Oct 18;11(10):241. doi: 10.3390/dj11100241. PMID: 37886926; PMCID: PMC10605168.
6. Poggio C, Lombardini M, Colombo M, Rindi S. Color stability of esthetic restorative materials: A spectrophotometric analysis. *Eur J Oral Sci*. 2012 Oct;120(5):494-9. doi: 10.1111/j.1600-0722.2012.00994.x.
7. Okada R, Asakura M, Ando A, Kumano H, Ban S, Kawai T, et al. Fracture strength testing of crowns made of CAD/CAM composite resins. *J Prosthodont Res*. 2018 Jul;62(3):287-92. doi: 10.1016/j.jpor.2017.10.003. Epub 2018 Mar 28. PMID: 29605190.
8. Watanabe H, Fellows C, An H. Digital Technologies for Restorative Dentistry. *Dent Clin North Am*. 2022 Oct;66(4):567-590. doi: 10.1016/j.cden.2022.05.006. Epub 2022 Sep 11. PMID: 36216447.
9. Lee JH, Kim SH, Yoon HI, Yeo IL, Han JS. Colour stability and surface properties of high-translucency restorative materials for digital dentistry after simulated oral rinsing. *Eur J Oral Sci*. 2020 Apr;128(2):170-180. doi: 10.1111/eos.12676. Epub 2020 Feb 7. PMID: 32032452.
10. Paradowska-Stolarz A, Malysa A, Mikulewicz M. Comparison of the Compression and Tensile Modulus of Two Chosen Resins Used in Dentistry for 3D Printing. *Materials (Basel)*. 2022 Dec 15;15(24):8956. doi: 10.3390/ma15248956. PMID: 36556761; PMCID: PMC9783505.
11. Van Meerbeek B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. Microscopy investigations. Techniques, results, limitations. *Am J Dent*. 2000 Nov;13(Spec No):3D-18D. PMID: 11763917.
12. Kwon JS, Kim JY, Mangal U, Seo JY, Lee MJ, Jin J, Yu JH, Choi SH. Durable Oral Biofilm Resistance of 3D-Printed Dental Base Polymers Containing Zwitterionic Materials. *Int J Mol Sci*. 2021 Jan 3;22(1):417. doi: 10.3390/ijms22010417. PMID: 33401545; PMCID: PMC7795277.
13. Tangpothitham S, Pongprueksa P, Inokoshi M, Mitirattanakul S. Effect of post-polymerization with autoclaving treatment on monomer elution and mechanical properties of 3D-printing acrylic resin for splint fabrication. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2022 Feb;126:105015. doi: 10.1016/j.jmbbm.2021.105015. Epub 2021 Nov 29. PMID: 34896766.

14. Marufu C, Kisumbi BK, Osiro OA, Otieno FO. Effect of finishing protocols and staining solutions on color stability of dental resin composites. *Clin Exp Dent Res*. 2022 Apr;8(2):561-570. doi: 10.1002/cre2.555. Epub 2022 Mar 29. PMID: 35349747; PMCID: PMC9033545.
15. Lepri CP, Ribeiro MV, Dibb A, Palma-Dibb RG. Influence of mouthrinse solutions on the color stability and microhardness of a composite resin. *Int J Esthet Dent*. 2014 Summer;9(2):238-46. PMID: 24765629.
16. Piccoli YB, Lima VP, Basso GR, Salgado VE, Lima GS, Moraes RR. Optical Stability of High-translucency Resin-based Composites. *Oper Dent*. 2019 Sep/Oct;44(5):536-544. doi: 10.2341/18-025-L. Epub 2019 Apr 12. PMID: 30978159.
17. Duc O, Di Bella E, Krejci I, Betrisey E, Abdelaziz M, Ardu S. Staining susceptibility of resin composite materials. *Am J Dent*. 2019 Feb;32(1):39-42. PMID: 30834730.
18. Goiato MC, Nóbrega AS, dos Santos DM, Andreotti AM, Moreno A. Effect of different solutions on color stability of acrylic resin-based dentures. *Braz Oral Res*. 2014;28:S1806-83242013005000033. doi: 10.1590/s1806-83242013005000033. Epub 2013 Dec 17. PMID: 24878668.
19. Aydın N, Topçu FT, Karaoğlanoğlu S, Oktay EA, Erdemir U. Effect of finishing and polishing systems on the surface roughness and color change of composite resins. *J Clin Exp Dent*. 2021 May 1;13(5):e446-e454. doi: 10.4317/jced.58011. PMID: 33981391; PMCID: PMC8106933.
20. Tzanakakis EG, Pandoleon P, Sarafianou A, Kontonasaki E. Adhesion of Conventional, 3D-Printed and Milled Artificial Teeth to Resin Substrates for Complete Dentures: A Narrative Review. *Polymers (Basel)*. 2023 May 28;15(11):2488. doi: 10.3390/polym15112488. PMID: 37299286; PMCID: PMC10255431.
21. Kristensen MF, Leonhardt D, Neland MLB, Schlafer S. A 3D printed microfluidic flow-cell for microscopy analysis of in situ-grown biofilms. *J Microbiol Methods*. 2020 Apr;171:105876. doi: 10.1016/j.mimet.2020.105876. Epub 2020 Feb 19. PMID: 32087186.
22. Daghery A. Color Stability, Gloss Retention, and Surface Roughness of 3D-Printed versus Indirect Prefabricated Veneers. *J Funct Biomater*. 2023 Sep 28;14(10):492. doi: 10.3390/jfb14100492. PMID: 37888157; PMCID: PMC10607754.
23. Kim MC, Byeon DJ, Jeong EJ, Go HB, Yang SY. Color stability, surface, and physicochemical properties of three-dimensional printed denture base resin

- reinforced with different nanofillers. *Sci Rep.* 2024 Jan 22;14(1):1842. doi: 10.1038/s41598-024-51486-w. PMID: 38253714; PMCID: PMC10803297.
24. Suksuphan P, Krajangta N, Didron PP, Wasanapiarnpong T, Rakmanee T. Marginal adaptation and fracture resistance of milled and 3D-printed CAD/CAM hybrid dental crown materials with various occlusal thicknesses. *J Prosthodont Res.* 2024 Apr 8;68(2):326-335. doi: 10.2186/jpr.JPR_D_23_00089. Epub 2023 Jul 12. PMID: 37438119.
25. Güntekin N, Tunçdemir AR. Comparison of volumetric loss and surface roughness of composite dental restorations obtained by additive and subtractive manufacturing methods. *Heliyon.* 2024 Feb 12;10(4):e26269. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e26269. PMID: 38390076; PMCID: PMC10882017.
26. Schneider KH, Oberoi G, Unger E, Janjic K, Rohringer S, Heber S, Agis H, Schedle A, Kiss H, Podesser BK, Windhager R, Toegel S, Moscato F. Medical 3D printing with polyjet technology: effect of material type and printing orientation on printability, surface structure and cytotoxicity. *3D Print Med.* 2023 Sep 28;9(1):27. doi: 10.1186/s41205-023-00190-y. PMID: 37768399; PMCID: PMC10540425.
27. Monaco C, Kronenberger R, Talevi G, Pannone L, Cappello IA, Candelari M, Ramak R, Della Rocca DG, Bori E, Terryn H, Baert K, Laha P, Krasniqi A, Gharaviri A, Bala G, Chierchia GB, La Meir M, Innocenti B, de Asmundis C. Advancing Surgical Arrhythmia Ablation: Novel Insights on 3D Printing Applications and Two Biocompatible Materials. *Biomedicines.* 2024 Apr 15;12(4):869. doi: 10.3390/biomedicines12040869. PMID: 38672223; PMCID: PMC11048352.
28. Takeuchi Y, Koizumi H, Furuchi M, Sato Y, Ohkubo C, Matsumura H. Use of digital impression systems with intraoral scanners for fabricating restorations and fixed dental prostheses. *J Oral Sci.* 2018;60(1):1-7. doi:10.2334/josnugd.17-0444.
29. Ertas E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J.* 2006;25(2):371-6. doi:10.4012/dmj.25.371.
30. Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F, Powers JM. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *J Prosthet Dent.* 2006 Feb;95(2):137-42. doi: 10.1016/j.prosdent.2005.11.019. PMID: 16473088.

Anexos:

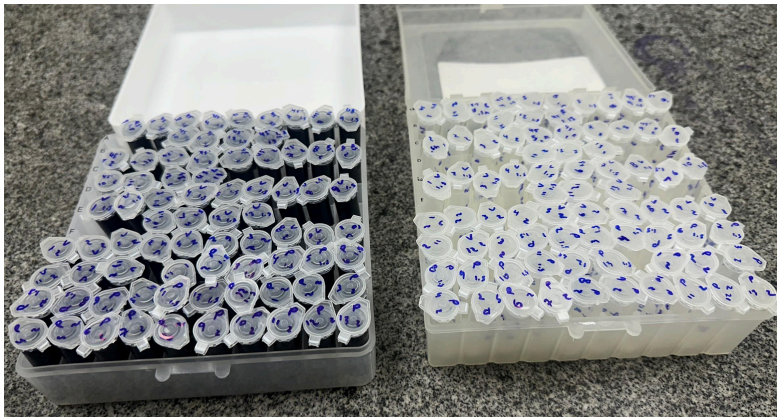


Figura 1. Especímenes separados por grupo “No fotocurado” y grupo “fotocurado”.

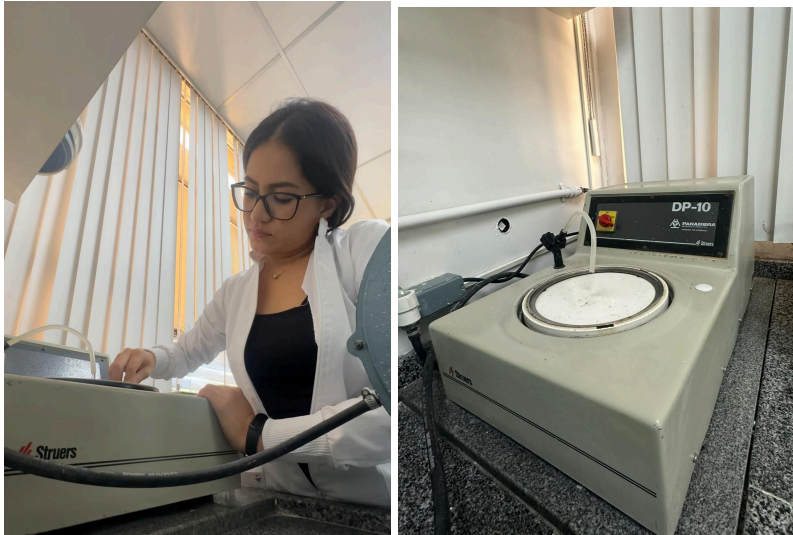


Figura 2. Pulimento de las muestras

Figura 3: Pulidor DP-10



Figura 4. Toma de brillo, luminosidad de especímenes en espectrofotómetro.

Figura 5. Equipo espectrofotómetro CM 2600d*



Figura 6. Creación de solución colorante y regulación de Ph.



Figura 7. Aplicación de solución colorante en cada eppendorf que contenía un espécimen cada uno.



Figura 8. Equipo encargado de la agitación, simulando los movimientos bucales.

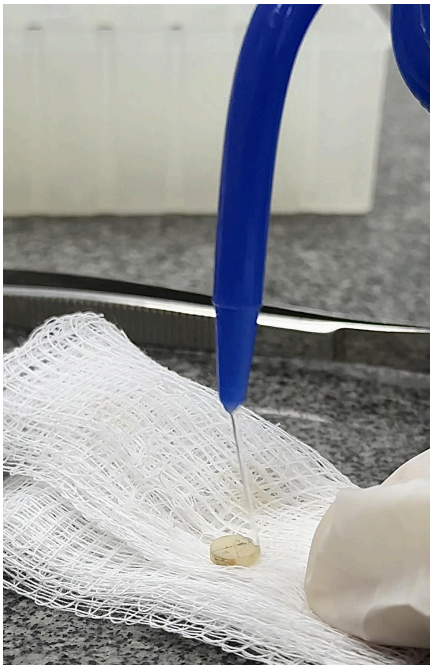


Figura 9. Lavado y secado de solución colorante con agua tipo I, previo al comienzo de análisis.