



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
UNIDAD DE BIOMATERIALES
DEPARTAMENTO DE REHABILITACIÓN BUCOMAXILOFACIAL**

**FACTORES QUE ALTERAN PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE
RESINAS *BULK-FILL*: REVISIÓN NARRATIVA**

Factors that alter physicochemical properties of Bulk-fill resins: narrative review

Memoria presentada a la Escuela de Odontología de la Universidad de Talca como parte de los requisitos científicos exigidos para la obtención del título de Cirujano Dentista.

ESTUDIANTES: Mónica Valentina Paredes Aguirre

Connie Yanett Vilches Navarro

PROFESOR GUÍA: Dr. Daniel Bravo Cavicchioli

PROFESOR INFORMANTE: Dra. Teresa Azócar Cabello

TALCA - CHILE

2020

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2021

INFORMACIONES CIENTÍFICAS DEL PROFESOR GUÍA

Nombre
Daniel Bravo-Cavicchioli
ORCID
https://orcid.org/0000-0001-7316-1639
Google Scholar
https://scholar.google.com/citations?user=1IOvYsoAAAAJ&hl=es
Correo electrónico
dbravocavi@gmail.com; dbravo@utalca.cl

DEDICATORIA

A mis padres, cuya entrega ha hecho que alcance mis metas y cumpla mis sueños.

-Mónica Paredes Aguirre-

A mi madre, hermano y a mi mejor amigo, Juancris, quienes siempre creyeron en mí, incluso más que yo misma.

-Connie Vilches Navarro-

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, que me inculcaron la perseverancia, la responsabilidad y el compromiso. Ellos creyeron en mis habilidades, las potenciaron, y por sobre todo, me apoyaron desde todas las perspectivas imaginables.

A mis hermanos, que fueron capaces de sobrellevar mis momentos de flaqueza sin juzgar.

Especialmente a mi hermana Gabriela y a mi madre, que sin dudarlo aceptaron ser mis pacientes en los módulos clínicos.

Agradezco a mis profesores de carrera, especialmente a mi tutor, Daniel Bravo, cuyo apoyo y guía hizo posible el término de esta última etapa.

Y por supuesto, agradezco a todas aquellas personas que fueron parte del camino, amigos, compañeros y pacientes, que quizás sin saberlo, me ayudaron a caminarlo.

Finalmente, agradezco a la vida, por hacerme una mujer tan afortunada.

-Mónica Paredes Aguirre-

Agradezco profundamente a mi madre, que ha sido partícipe de todo este largo proceso, incluso como paciente. Es mi maestra, guía y mejor amiga.

A mi hermano, Pipe, quien siempre ha creído en mí, y siempre me ha dado la confianza para continuar en todos mis proyectos.

Agradezco a mi partner de vida y mejor amigo, Juancris, quien me ha acompañado durante gran parte de este proceso y me ha brindado un apoyo incondicional, estando en todos los momentos buenos y no tan buenos de esta carrera.

Agradezco que este paso primer paso por la universidad haya permitido conocer tanta gente linda. Principalmente, mi amiga Vale, quien ha compartido conmigo muchos momentos de estrés, cansancio y frustración, pero por sobre todo, compartimos momentos de risa, de alegría, de des-estrés muy necesarios, que se transformaron casi en una terapia obligatoria.

Son los momentos que más atesoro de este paso por la universidad.

Gracias a nuestro docente guía, Dr. Daniel Bravo, quien nos encaminó y aconsejó durante toda la confección de esta memoria. .

Agradezco a mi familia materna, mis tíos y primas, por siempre estar presente, pendientes de mi bienestar, por toda la ayuda brindada, incluso en la búsqueda de pacientes.

Gracias a mí misma por ser perseverante y consciente, y gracias al universo por tanto.

-Connie Vilches Navarro-

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
1.1. Palabras clave.....	1
2. ABSTRACT.....	2
2.1. Keywords.....	2
3. INTRODUCCIÓN	3
4. EFECTO DE SOLUCIONES QUE SIMULAN ALIMENTOS SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS DE RESINAS <i>BULK-FILL</i>	5
4.1 Propiedades físicas	10
4.1.1 Propiedades mecánicas	10
4.1.1.1 Resistencia flexural (RF) y módulo flexural (MF)	10
4.1.1.2 Microdureza	11
4.1.1.3 Rugosidad superficial (RS).....	11
4.1.1.4 Resistencia a la tensión diametral (RTD)	12
4.1.1.5 Módulo de Weibull (MW) y crecimiento lento de grietas.....	12
4.1.2 Propiedades ópticas.....	13
4.1.2.1 Diferencia de color (DC)	13
4.1.3 Propiedades viscoelásticas	14
4.1.3.1 Módulo de pérdida (MP)	14
4.1.3.2 Tangente de pérdida (TP)	15
4.1.3.3 Módulo de almacenamiento (MA).....	15
4.1.3.4 Módulo elástico (ME).....	16
4.1.3.5 <i>Creep/recovery</i>	16
5. EFECTO DE SOLUCIONES QUE SIMULAN ALIMENTOS SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS DE RESINAS <i>BULK-FILL</i>	18
5.1 Sorción y solubilidad.....	18
6. EFECTO DE COLUTORIOS, DENTÍFRICOS Y CEPILLADO DENTAL SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE RESINAS <i>BULK-FILL</i>	20
6.1 Propiedades físicas	21
6.1.1 Propiedades mecánicas	21

6.1.1.1 Rugosidad superficial (RS).....	21
6.1.1.2 Microdureza.....	22
6.1.2 Propiedades ópticas.....	22
6.1.2.1 Brillo superficial (BS).....	22
6.1.2.2 Diferencia de color (DC)	23
6.2 Propiedades químicas	23
6.2.1 Sorción y solubilidad	23
7. CONCLUSIONES	25
8. REFERENCIAS	26

1. RESUMEN

Las propiedades de las resinas compuestas (RCs) pueden afectarse por diversos factores extrínsecos, tales como componentes de la dieta y elementos usados para la higiene bucal. Estudios *in vitro* han descrito el efecto de la dieta y la higiene bucal en el comportamiento de resinas compuestas convencionales (RCCs) y resinas compuestas *Bulk-Fill* (RCBFs), sin embargo, hace falta un estudio actualizado que resuma y analice la información hasta ahora reportada.

El propósito de esta revisión es comparar el efecto de la dieta y la higiene oral sobre propiedades fisicoquímicas de las RCBFs y RCCs. Para ello, durante mayo y agosto de 2020, utilizando palabras clave y operadores booleanos, se realizó una búsqueda de artículos publicados en los últimos 5 años en las bases de datos Pubmed, Scopus y Web of Science, que arrojó 256 resultados. Al descontar los repetidos se obtuvieron 201 artículos, de los cuales 23 cumplieron con los criterios de inclusión y fueron analizados en esta revisión.

Se concluyó que el etanol presente en dieta y enjuagues bucales afecta negativamente las propiedades flexurales, químicas y viscoelásticas; las bebidas ácidas disminuyen propiedades flexurales, microdureza, resistencia a la tensión diametral, aumentan la rugosidad superficial y alteran el color; el cepillado dental aumenta la rugosidad y disminuye el brillo superficial de las RCs. En general, las propiedades fisicoquímicas de las RCs están determinadas principalmente por los tipos de monómeros, el tamaño de las partículas y la carga del relleno, y no necesariamente por el hecho de ser clasificadas como convencionales o *Bulk-Fill*.

1.1. Palabras clave.

Resina compuesta, *Bulk-Fill*, dieta, higiene bucal, propiedades físico-químicas.

2. ABSTRACT

The properties of composite resins can be affected by various extrinsic factors, such as components of the diet and elements used for oral hygiene. In vitro studies have described the effect of diet and oral hygiene on the behavior of conventional and *Bulk-Fill* composite resins, however, an updated study is needed to summarize and analyze the information reported so far.

The purpose of this review is to compare the effect of diet and oral hygiene on the physical and chemical properties of *Bulk-Fill* and conventional composite resins. Thus, during May and August 2020 using keywords and boolean operators, a search for articles published during the last 5 years was carried out in Pubmed, Scopus and Web of Science databases, which yielded 256 results, and after discounting repeated ones, 201 articles were obtained of which 23 met inclusion criteria and were analyzed in this review.

It was concluded that ethanol present in the diet and in mouthwashes negatively affects flexural, chemical and viscoelastic properties; acidic drinks decrease flexural properties, microhardness, resistance to diametral tension, increase surface roughness and alter color; tooth brushing increases roughness and decreases surface shine of composite resins. In general, physicochemical properties of composite resins are determined by types of monomers, size of the particles and filler load, and not necessarily by the fact of being classified as conventional or *Bulk-Fill*.

2.1.Keywords.

Composite resin, *Bulk Fill*, diet, oral hygiene, physico-chemical properties.

3. INTRODUCCIÓN

El uso de resinas compuestas (RCs) ha aumentado (1-6) debido a su apariencia estética (1, 2, 4, 7, 8), por ser libres de mercurio (1, 9), por la adhesión al tejido dentario (1) y porque el diseño cavitario preserva la estructura dental (8). La composición de éstas consiste en una porción orgánica (Matriz) que combina monómeros como el bisfenol glicidil metacrilato (Bis-GMA), dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA), dimetacrilato de dietilenglicol (DEGDMA), dimetacrilato de uretano (UDMA), monómeros por adición fragmentación (AFM) y otros (3, 8, 10, 11). El segundo componente principal corresponde a la porción inorgánica (Relleno), que consiste en una combinación de partículas de cuarzo, sílice, zirconia, aluminosilicato de bario, entre otros (8).

Respecto a la manipulación clínica de estos materiales restauradores, las resinas compuestas convencionales (RCCs) deben ser insertadas en las cavidades utilizando la técnica incremental, con capas de 2 mm, debido a la limitada profundidad de curado y con el fin de reducir la contracción y estrés de polimerización (1, 4, 6, 9). Esta técnica tiene la desventaja de consumir tiempo clínico (1, 4, 6, 12) e introducir vacíos de aire entre las capas incrementales (6, 12).

Debido a las problemáticas anteriormente mencionadas, los fabricantes de materiales dentales han desarrollado las resinas compuestas *Bulk-Fill* (RCBFs), las cuales pueden ser aplicadas en una capa única de 4 a 6 mm, reduciendo el estrés de contracción de polimerización y los pasos clínicos (4, 6, 13-15). Lo anterior se debe a que permiten una mayor transmisión de luz al reducir la cantidad de relleno (10, 15) y al usar iniciadores efectivos y sistemas de monómeros que permiten la liberación de estrés (10, 16). Las RCBFs se dividen en restauradoras (alta viscosidad), que soportan cargas oclusales; y fluidas (baja viscosidad) que tienen bajo contenido de relleno y son usadas como bases o liners (16, 17).

Se ha visto que las propiedades de las RCs pueden afectarse por diversos factores extrínsecos (18), como lo son los métodos de pulidos (13, 18), geles blanqueadores (19) y la dieta, que juega un rol importante en el cambio de color de las RCs al ser una fuente de tinciones (7, 20, 21). Además la dieta es la principal fuente de ácidos (20), por lo que

bebidas gasificadas, jugos de frutas y bebidas alcohólicas o no alcohólicas pueden cambiar además las propiedades físicas y mecánicas de las RCs, disminuyendo la calidad de las restauraciones (22) producto de la degradación del material (20).

Otro factor relevante es la higiene oral, específicamente el cepillado dental, que es la herramienta más útil para contribuir a una adecuada salud oral; sin embargo se ha observado el efecto negativo que tiene en la decoloración de los materiales dentales, aumentando su rugosidad superficial (17, 23) y disminuyendo el brillo debido a la pérdida de volumen que produce el cepillado (24), lo que aumenta con el uso de dentífricos (25).

Los enjuagues bucales, complementarios al cepillado, han demostrado efectos nocivos tanto en propiedades mecánicas, como físicas y químicas (26, 27) y cuando se combina con el cepillado dental, se ha mostrado un aumento de la rugosidad superficial en los materiales dentales en general, además de la aparición de cracks (28). También es sabido que la adición de alcohol en la fórmula del enjuague bucal puede afectar tanto a las propiedades mecánicas como químicas (26), generando cambios estructurales en las resinas.

Como se ha mencionado, es conocido el efecto negativo de solventes alimenticios y de algunos elementos utilizados en la higiene oral sobre las RCs, pero son pocos los estudios que comparan el efecto de la dieta y la higiene oral sobre las propiedades de estos materiales, tanto convencionales como *Bulk-Fill*, por lo que no hay documentos que recopilen esta información para establecer una comparación en cuanto al comportamiento entre ambos tipos de resinas.

En base a lo anteriormente expuesto, las RCCs y las RCBFs, ¿tienen similar comportamiento luego de ser expuestas a bebidas, cepillado, dentífricos y colutorios?

El objetivo principal de esta revisión narrativa es, por ende, comparar el efecto de la dieta y la higiene oral sobre las propiedades físicas y químicas de las resinas compuestas *Bulk-Fill* y convencionales.

4. EFECTO DE SOLUCIONES QUE SIMULAN ALIMENTOS SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS DE RESINAS *BULK-FILL*.

Las propiedades físicas que se analizaron en esta revisión están definidas en la **Tabla 1**:

<i>Tabla 1. Definiciones de propiedades físicas.</i>		
<i>Propiedades mecánicas.</i>		
<i>Abreviación</i>	<i>Concepto</i>	<i>Definición</i>
RF	Resistencia flexural	Describe el máximo estrés al que se somete una resina compuesta, previo a fallar (3).
MF	Módulo flexural	Representa la rigidez de las resinas compuestas (3).
-	Microdureza	Resistencia de la superficie del material a la indentación (29).
RS	Rugosidad superficial	Se refiere a las irregularidades superficiales más finas que se producen debido a las características del material y a los procedimientos de restauración y pulido (25).
RTD	Resistencia a la tensión diametral	Es un método simple y reproducible de medir fuerzas de tensión en materiales frágiles, en los que es difícil llevar a cabo este tipo de pruebas (30).
MW	Módulo de Weibull	Parámetro adimensional material-específico que describe la variabilidad de resistencia de los materiales frágiles (31).
<i>Propiedades ópticas.</i>		
DC	Diferencia de color	Es la magnitud y carácter de la diferencia entre dos colores en condiciones específicas, denominado ΔE , que corresponde a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la diferencia cromática y la diferencia lumínica (23).
BS	Brillo superficial	Se atribuye a una apariencia visual que es influenciada por cómo la luz es reflejada desde la superficie. Se relaciona a la rugosidad superficial del material (32).

Propiedades viscoelásticas.

MP	Módulo de pérdida	Es la cantidad de energía perdida por el material a través del flujo viscoso por conversión en calor (2, 12, 16).
MA	Módulo de almacenamiento	Es la rigidez del material e indica su capacidad para almacenar energía elástica durante el ciclo de carga (2, 12, 16).
TP	Tangente de pérdida	Cuantifica la capacidad del material para amortiguar la energía mecánica, y es determinada por la relación entre el módulo de pérdida y el módulo de almacenamiento (2, 12, 16, 33).
ME	Módulo elástico	Es la rigidez o flexibilidad de un material dentro del rango elástico, donde el material se deforma en proporción directa a la fuerza aplicada, representada por la ley de Hooke (23).
-	<i>Creep</i>	Es el cambio lento en las dimensiones de un objeto como resultado de una exposición prolongada a altas temperaturas o estrés (23).
-	<i>Recovery</i>	El período <i>recovery</i> involucra un período de relajación molecular tiempo-dependiente, mientras el polímero intenta recuperar las dimensiones originales. La deformación que queda al final de la prueba indica un flujo viscoso permanente que es irrecuperable, y se conoce como fluencia no recuperada o fraguado permanente del material. (34)

En la **Tabla 2.** se muestran los componentes de bebidas y solventes que simulan alimentos que fueron analizados en esta revisión:

<i>Tabla 2. Líquidos alimenticios y solventes que simulan alimentos estudiados.</i>	
<i>Solvente</i>	<i>Abreviación</i>
Ácido cítrico	AC
Agua destilada	AD
Anís	-
Café	-
Coca Cola	CC
Etanol absoluto	ET
Etanol/agua 50%	ET50
Etanol/agua 75%	ET75
Heptano	-
Jugo de açai	JA
Jugo de berries	JB
Jugo de naranja	JN
Saliva artificial	SA
Té	-
Vino tinto	VT

En la **Tabla 3.** se describen las diferentes resinas compuestas utilizadas en los estudios analizados:

Tabla 3. Composición de resinas compuestas analizadas.

<i>Clasificación</i>	<i>Consistencia</i>	<i>Fabricante</i>	<i>Matriz</i>	<i>Relleno</i>	<i>Relleno (peso%)</i>	<i>Relleno (vol%)</i>
Bulk-Fill	viscosa	3M ESPE	AUDMA AFM DDDMA UDMA	Clúster de circonio/sílice, trifluoruro de iterbio	76,5%	58,4%
Bulk-Fill	fluida	3M ESPE	Bis-GMA Bis-EMA UDMA	Zirconia/sílice, trifluoruro de iterbio	64,5%	42,5%
Bulk-Fill	fluida	Dentsply	Bis-EMA UDMA modificado TEGDMA	Vidrio de fluorosilicato, bario, aluminio	68%	45%
Bulk-Fill	fluida	Heraeus Kulzer	UDMA, BIS-EMA	Vidrio de flúor, aluminio, silicato y óxido de sílice	65%	38%
Bulk-Fill	viscosa	Ivoclar	Bis-GMA Bis-EMA UDMA	Relleno de vidrio de bario, fluoruro de iterbio y óxido mixto esférico	77%	55%
Bulk-Fill	fluida	Ivoclar	Bis-GMA UDMA TEGDMA	Vidrio de bario, trifluoruro de iterbio, óxido mixto, dióxido de silicio	64,9%	-
Bulk-Fill	sónica	Kerr Dental	Bis-GMA TEGDMA Bis-EMA SIMA	Vidrio de óxido de circonio	84%	66,8%
Bulk-Fill	viscosa	VOCO	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA	Vidrio de bario aluminio silicato	86%	70,1%
Microhíbrida	fluida	Dentsply	DEGDMA, BisEMA	-	60%	-
Microhíbrida	fluida	FGM	BIS-GMA, BIS-EMA, TEGDMA.	Vidrio de bario aluminio silicato	72%	-
Microhíbrida	fluida	GC Corporation	UDMA modificado, EBPADMA, TEGDMA	Vidrio de bario, aluminio, flúor, boro, silicio	68%	44%

Microhíbrida	viscosa	Ivoclar	Bis-GMA Bis-EMA UDMA	Vidrio de bario, trifluoruro de iterbio, óxido mixto, dióxido de silicio, prepolímeros	81,2%	57%
Microhíbrida metacrilato	viscosa	3M ESPE	Bis-EMA UDMA Bis-GMA TEGDMA	Circonio, sílice, pigmentos	82%	60%
Microhíbrida silorano	viscosa	3M ESPE	silorano	Cuarzo y Fluoruro de Itrio	76%	58%
Microrelleno	viscosa	GC Corporation	UDMA, dimetacrilato	Vidrio de flúor-alumino- silicato polvo de sílice	73%	64%
Nanohíbrida	viscosa	3M ESPE	Bis-GMA UDMA BisEMA PEGDMA TEGDMA	Circonio/sílice modificado	82%	76,8%
Nanohíbrida	fluida	3M ESPE	Bis-GMA TEGDMA Bis-EMA	óxido de silicio, óxido de circonio	58-82%	46%
Nanohíbrida	fluida	GC Corporation	UDMA, Bis- MePP TEGDMA	dióxido de silicio, vidrio de estroncio, pigmento	69%	50%
Nanohíbrida	viscosa	Ultradent	Bis-GMA	vidrio cerámico de circonio-sílice y sílice	-	56%
Nanorelleno	viscosa	3M ESPE	Bis-GMA Bis-EMA UDMA TEGDMA	Clúster de circonio/sílice y nanopartículas de sílice	78,5%	63,3%

4.1 Propiedades físicas

4.1.1 Propiedades mecánicas

4.1.1.1 Resistencia flexural (RF) y módulo flexural (MF)

Tras siete días de inmersión, las propiedades flexurales de las RCs evaluadas, fueron material y medio dependiente (3, 35). En general, una solución de etanol en agua al 50% (ET50) generó los menores valores de RF (3, 35) y de MF (3), excepto para la RCBF viscosa de 3M ESPE (3M), lo que se atribuyó a sus monómeros UDMA, AUDMA y AFM (35). En comparación, al someter los materiales a Heptano, un hidrocarburo insoluble en agua que simula alimentos grasos, indujo altos valores de RF y MF en todas las RCs (35), lo mismo la exposición al aire (control) (3, 35), debido a que posiblemente inhiben la lixiviación del relleno (35).

Las RCBFs viscosas de 3M e Ivoclar fueron significativamente más resistentes que las RCCs (3, 35), así como las RCBFs fluidas, que fueron las más rígidas, lo que se atribuyó a su alta carga de relleno, permitiendo generar mayor resiliencia y capacidad de soportar el estrés (3). La RF de la RCC de nanorelleno de 3M disminuyó significativamente cuando fue sumergida en Coca Cola (CC) al igual que la RCBF fluida de Dentsply por 1 semana y 1 mes. No se encontró una correlación entre un medio ácido y un deficiente MF, pues las otras RCs evaluadas no fueron afectadas significativamente, explicado por la composición química de éstas (36).

4.1.1.2 Microdureza

Los factores RC (37-39), solventes (37) tiempo de almacenamiento (29), y la interacción entre ellos (29, 37), tuvieron efecto significativo sobre la microdureza en algunos estudios, mientras que otros no (37-40).

La microdureza disminuyó considerablemente en todas las RCs luego de ser expuestas a diferentes soluciones por 30 y 90 días, siendo CC la que provocó mayor reducción, debido a tener el pH más bajo (pH= 2.3), incluso menor al del ácido cítrico (AC), el cual causa desmineralización dentaria (37). La RC de nanorelleno de 3M tuvo la mayor dureza en SA, AD, CC, jugo de açai (JA), vino tinto (VT), jugo de berries (JB), té y café (37, 39), mientras que la RCBF fluida de Dentsply reportó el peor comportamiento, no obstante este material se comercializa como reemplazo de dentina que requiere el recubrimiento de una RC microhíbrida (39). En otros estudios, la RCBF viscosa de 3M tuvo el mejor comportamiento en AD y AC, explicado por la ausencia de TEGDMA en su composición (38). Transcurridos 40 días sumergidas en AD, CC, jugo de naranja (JN) y anís, las RCs microhíbridas a base de metacrilato y silorano de 3M, fueron significativamente superiores a las RCBFs viscosa y sónica, por lo que los autores concluyen que el potencial ablandador de las bebidas se relaciona a la naturaleza e hidrofiliidad de la matriz, densidad y porosidad de la red de polímeros, naturaleza del relleno y fotoiniciadores, entre otros factores (40).

4.1.1.3 Rugosidad superficial (RS)

Observando a través de microscopía electrónica de barrido 2000X, y tras exposición por 7 días a AD, AC, SA y ET50, se generaron diversos grados de disolución de la matriz y exposición del relleno. El Heptano generó el menor daño y ET50 el mayor, excepto para la RCBF viscosa de 3M basada en UDMA (35). Con 4000X, se observaron superficies suaves con pequeñas porosidades (38). Después de 40 a 60 días, y con aumento de 500X, AD, CC, JN y anís generaron degradación y desalajo de material que varió en cantidad y extensión.

La RC microhíbrida basada en silorano de 3M sufrió menor degradación comparada a la RCBF de Ivoclar, relacionado a la baja hidrofiliidad de la matriz de la primera (40).

Usando perfilómetro de aguja, tras 7 días de inmersión, se registró que no hubo diferencias significativas entre las RCs y sometidas a AD y AC, y no hubo interacción entre los factores analizados, por lo que las RCCs y las RCBFs no se afectaron negativamente por el desafío ácido y fueron resistentes a la degradación del AC después de 7 días de inmersión (38). Sin embargo, en un estudio por 30 días, usando interferometría láser 3D, se determinó que la RS se vio afectada en todas las RCs, posterior a la inmersión en diferentes soluciones, especialmente CC (37).

4.1.1.4 Resistencia a la tensión diametral (RTD)

El almacenamiento en SA y AD durante 30 días no tuvo efecto sobre la RTD de las RCs, a diferencia de las bebidas ácidas (29, 37), particularmente CC, aunque este efecto no fue estadísticamente significativo (37).

La RCBF fluida marca Heraeus tuvo una significativa reducción de RTD luego de someterse a una solución de etanol/agua 75% (ET75), atribuida a su baja carga de relleno y alto contenido de resina basado en UDMA, que es menos resistente a la degradación, aunque esta correlación fue baja. La RC nanohíbrida fluida de GC, mostró la RTD significativamente más alta en AD y ET75, comparada a otras RCs evaluadas, atribuido a sus partículas de nanorelleno (29).

4.1.1.5 Módulo de Weibull (MW) y crecimiento lento de grietas

No hubo diferencia estadísticamente significativa entre los valores de MW de las RCs cuando fueron inmersas en AD. Con este análisis, se observó que la resistencia del material se relaciona a la distribución de los defectos (31).

Respecto al crecimiento lento de grietas, los valores del coeficiente de corrosión bajo tensión de las RCBFs fueron mayores comparados a los de las RCC. La RC microhíbrida basada en metacrilato de 3M tuvo el mayor parámetro de escala mientras que la RCBF de Ivoclar tuvo el menor, lo que puede estar explicado por su menor contenido de relleno (31).

En diagramas de probabilidad de resistencia en el tiempo, la RCBF fluida de 3M, presentaría la menor degradación para todas las probabilidades de fractura después de 5 años, sin embargo, todos los materiales evaluados presentaron alta resistencia a la fractura (31).

En general, todas las muestras presentaron valores de MW similares, sin embargo, las RCBFs presentaron un coeficiente de corrosión bajo tensión más alto en comparación con las RCCs (31).

4.1.2 Propiedades ópticas

4.1.2.1 Diferencia de color (DC)

Tras 48 hrs. en VT, las RCCs y RCBFs no mostraron diferencias significativas entre sí, aunque disminuyó el *chroma* de la RC nanohíbrida de 3M, que no pudo ser asociado a un factor en particular (41).

Luego de 21 días en VT y café, las RCBFs tuvieron mayor ΔE que la RC nanohíbrida viscosa de 3M, y en AD la RCBF basada en UDMA mostró la menor DC, probablemente debido a su menor hidrofílicidad (42). Tras 28 días, las muestras sumergidas en café, arrojaron mayor decoloración que en AD, por la presencia del agente de tinción ácido gálico (43).

Hubo una interacción estadísticamente significativa entre el material y la solución luego de 60 días de inmersión. En AD, la RC microhíbrida de metacrilato 3M fue la única con DC clínicamente aceptable, mientras que la RCBF sónica de Kerr tuvo un comportamiento opuesto. Se observó DC clínicamente inaceptable luego de CC y JN, y anís, el que fue el

más deteriorante. La RC microhíbrida basada en silorano de 3M fue la menos afectada por CC, de hecho fue la única clínicamente aceptable debido a la reducida hidrofiliidad del silorano (40).

A los 3 meses, el té provocó la mayor tinción, excepto para la RCBF fluida de Dentsply (39), que además registró el menor ΔE en AD (44). La resina de nanorelleno 3M arrojó valores significativamente mayores, mientras que el ΔE entre las RCBFs no fue significativamente diferente entre ellas (39). En otro estudio, la RC nanohíbrida fluida de 3M fue la menos afectada por té y café, y en VT se registraron los valores más bajos de ΔE a los 6 meses (44).

4.1.3 Propiedades viscoelásticas

4.1.3.1 Módulo de pérdida (MP)

Las RCBFs mostraron alto MP luego de 7 días en AC, AD y ET50 (12, 16, 33). La RCBF de Ivoclar obtuvo los valores máximos en AD (12, 33), heptano (33) y SA (12), a diferencia de la RCBF de 3M que los obtuvo en ET50 (16, 33), AC y aire. En otro estudio, esta última RC obtuvo los valores más altos luego de sumergirse en AD y SA (12).

La RC de nanorelleno de 3M obtuvo el MP más alto posterior a SA, y no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los medios (33).

En general, las RCBFs viscosas y fluidas, tuvieron menor MP que sus equivalentes convencionales, excepto por la RCBF de 3M (16).

Un alto MP representa pequeños cambios dimensionales permanentes en los materiales, lo que puede ser pertinente clínicamente (12), ya que en dientes posteriores es beneficioso un bajo MP para resistir la deformación frente a las fuerzas oclusales (16). En un estudio se concluyó que los distintos valores de MP se asocian a las diferentes composiciones de la matriz y porcentajes de relleno (33).

4.1.3.2 Tangente de pérdida (TP)

Representa la capacidad de disipación de energía de las RCs; mientras menor es la TP, más rápida es la respuesta a la carga y el material retorna a su forma original (12, 16, 33). La TP crece cuando aumenta el MP o disminuye el módulo de almacenamiento (MA) (33).

Tras 7 días, las RCCs y RCBFs, mostraron alta TP luego de ET50 (16, 33) explicado por el crecimiento volumétrico del polímero tras absorber el solvente (33). Todas las RCs disminuyeron la TP luego de exponerse al aire (16) y heptano (33).

La RCBF de Ivoclar tuvo mayor TP en todos los medios comparado con otras RCs (12, 33) excepto en AC, atribuido al bajo volumen de relleno. La RC de nanorelleno y la RCBF de 3M, obtuvieron sus menores valores de TP luego de sumergirlas en AD y AC, respectivamente (33). En otro estudio, no se observaron patrones evidentes entre los medios de acondicionamiento (16).

4.1.3.3 Módulo de almacenamiento (MA)

El MA aumenta cuando disminuyen el MP y TP. Para una restauración posterior se desea un alto MA, es decir una alta rigidez, de modo que las cargas funcionales no dañen la estructura dental e idealmente ser similar al de la dentina (18 GPa) (33), valor que no alcanzó ninguna RC (12, 33).

Tras 7 días, el heptano generó MA mayores (33), excepto para las RCBFs viscosa y fluida de 3M (16). ET50 disminuyó los valores, excepto para la RCBF de 3M, que no contiene Bis-GMA (16, 33).

La RCBF de 3M tuvo mayor MA que su contraparte convencional, y ésta última, un mayor módulo que la RCBF de Ivoclar, atribuible a que tiene menor volumen de relleno (16, 33). En general, las RCBF viscosas y fluidas tuvieron menor MA que sus equivalentes convencionales, excepto por la RCBF de 3M. Las RCBFs viscosas tuvieron un MA similar e incluso menor que las RCBFs fluidas, lo cual fue inesperado debido a que el relleno de éstas es menor (16).

4.1.3.4 Módulo elástico (ME)

El factor RC fue significativo para el ME (36, 37). Tras 24 hrs. sumergida en AD, la RC de nanorelleno de 3M fue la más rígida con el ME más alto, y los más bajos para las RCs de microrelleno y microhíbrida fluida, ambas de marca GC y para la RCBF fluida de Dentsply. Las RCs fluidas, tanto RCCs como RCBFs, tuvieron menor ME que las viscosas, debido al alto porcentaje de relleno de éstas últimas. La inmersión en bebidas ácidas disminuyó el ME de la RC de nanorelleno. No hubo diferencias significativas en los valores de ME entre las RCs cuando estas fueron sometidas a AD por 24 hrs, CC por 1 semana y CC por 1 mes (36).

En otro estudio de 30 días de duración, el factor solvente influyó significativamente, donde el ME de las RCs disminuyó luego de exponerlas a JA, VT y CC, siendo esta última la que generó la mayor reducción de ME al tener el pH más bajo. La RCBF marca VOCO, tuvo el ME más alto, independiente del solvente (37).

De acuerdo a las indicaciones de los fabricantes, las RCs fluidas están indicadas para la restauración de cavidades clases V, debido a su alta elasticidad, la que puede disipar de mejor manera las fuerzas de flexión en la región cervical; por el contrario, en el sector posterior, se debe priorizar la resistencia a las fuerzas masticatorias, utilizando materiales más rígidos (36), modulando las tensiones en la interface diente restauración generado por el proceso de polimerización y la deflexión cuspídea (37).

4.1.3.5 Creep/recovery

Las RCBFs sónica de Kerr y viscosa de VOCO presentaron los resultados más favorables en AD, SA y ET, cercano a las RCCs respecto a los porcentajes de tensión y recuperación, mostrando la menor deformación y mayor recuperación. Lo anterior se explica por el aumento de la carga de relleno que restringe la movilidad molecular, además la presencia de monómeros rígidos como Bis-GMA y UDMA, aumentando la resistencia *creep*, comparadas a las RCBFs viscosas de 3M e Ivoclar. La RCBF de Ivoclar obtuvo el mayor *creep* en todos los medios, seguido por su homólogo de 3M (45).

La RCBF de Ivoclar registró los mayores valores de *recovery* luego de exponerse a los solventes y en aire, mientras que la resina de nanorelleno mostró el *recovery* más alto (45).

Los mayores porcentajes de *creep/recovery* en aire fueron registrados por la RCBF sónica y la de nanorelleno. Los porcentajes más altos en AD y en SA los registró la resina de nanorelleno, mientras que en ET, fue la RCBF sónica (45).

5. EFECTO DE SOLUCIONES QUE SIMULAN ALIMENTOS SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS DE RESINAS *BULK-FILL*.

En la **Tabla 3.** se observan las definiciones de las propiedades químicas que se desarrollaron en esta revisión:

<i>Tabla 3. Definiciones de propiedades químicas.</i>	
<i>Concepto</i>	<i>Definición</i>
Sorción	Es la absorción de diferentes productos químicos desde el entorno, por parte de las redes de polímeros de las resinas compuestas (26, 46).
Solubilidad	Es la liberación al medio de productos residuales como monómeros y oligómeros de las resinas compuestas desde la fase dispersa (26, 44, 46).

5.1 Sorción y solubilidad

Todos los materiales mostraron la mayor tasa de aumento de masa dentro de las dos primeras semanas de inmersión en AD, seguidas de un aumento de masa más lento hasta que se alcanzó un equilibrio después de tres a cuatro meses. Este fue el caso de la RCC fluida de Dentsply, la que continuó a un ritmo lento hasta el año, ocurriendo luego de la inmersión en SA (47).

El porcentaje de incremento de masa en SA fue mayor que en AD (47) y esta última generó menor sorción que ET75 en todas las RCs, ya que este último penetra más fácilmente (46). Además, hubo una interacción significativa entre el tipo de RC y solvente tras un almacenamiento por seis meses en AD y ET75 (46).

La sorción y solubilidad se relacionan a los monómeros de las matrices (44), DEGDMA es un monómero altamente hidrofílico, lo que junto al año de almacenamiento, pueden explicar la alta sorción de la RCC fluida de Dentsply (47). Los menores valores de sorción los obtuvo la RCBF sónica de Kerr a lo largo de seis meses (44).

La solubilidad en SA fue significativamente inferior que en AD para todos los materiales, mostrando valores negativos de solubilidad, excepto para la RCC fluida de Dentsply (47).

Finalmente, las RCBFs mostraron valores levemente inferiores de sorción y solubilidad que las RCs nanohíbridas estudiadas (44).

6. EFECTO DE COLUTORIOS, DENTÍFRICOS Y CEPILLADO DENTAL SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE RESINAS *BULK-FILL*.

En la **Tabla 4.** se muestran los colutorios analizados en esta revisión narrativa.

Tabla 4. Composición de colutorios estudiados.		
<i>Abreviación</i>	<i>Nombre comercial</i>	<i>Composición</i>
AD	Agua destilada (control)	-
LZ	Listerine Zero	Timol, eucaliptol, salicilato de metilo, mentol, agua, solución de sorbitol, poloxámero 407, ácido benzoico, esencias de menta y menta piperita, sacarina de sodio, benzoato de sodio, colorante verde 3 (26).
LCM	Listerine Cool Mint	Timol, eucaliptol, salicilato de metilo, mentol, agua, solución de sorbitol, alcohol (30%), poloxámero 407, ácido benzoico, esencias de menta y menta, sacarina de sodio, benzoato de sodio, colorante verde 3 (26).
LW	Listerine Whitening	Agua, alcohol (8%), peróxido de hidrógeno (2%), fosfato de sodio, poloxámero 407, lauril sulfato de sodio, citrato de sodio, saborizante de menta, mentol, eucaliptol, sacarina de sodio y sucralosa (48).
CPFM	Colgate Plax Fresh Mint	Fluoruro de sodio, cloruro de cetilpiridinio, agua, glicerina, propilenglicol, sorbitol, poloxámero 407, cloruro de sodio, sorbato de potasio, sacarina de sodio, ácido cítrico, colorante verde, colorante amarillo (26).
CPI	Colgate Plax Ice	Fluoruro de sodio, cloruro de cetilpiridinio, agua, glicerina, propilenglicol, 21,6% de alcohol, sorbitol, poloxámero 338, poloxámero 407, sorbato de potasio, sacarina de sodio, ácido cítrico, sucralosa, colorante azul (26).
CPW	Colgate Plax Whitening	Agua, sorbitol, alcohol etílico, peróxido de hidrógeno (1,5%), poloxámero 338, polisorbato 20, salicilato de metilo, mentol, sacarina sódica y CI 42090 (48).
PCA	PerioGard con alcohol	Gluconato de clorhexidina 0,12%, agua, glicerina, etanol, polisorbato 20, composición aromática de sabor a menta, sacarinato de sodio, FD & C, azul 1 (26).
PSA	PerioGard sin alcohol	Gluconato de clorhexidina, agua, glicerina, polisorbato 20, composición aromática de sabor a menta, sacarinato de sodio, FD & C, azul 1 (26).

6.1 Propiedades físicas

6.1.1 Propiedades mecánicas

6.1.1.1 Rugosidad superficial (RS)

El cepillado aumentó la RS de todas las RCs (17) y la marca de éstas tuvo un efecto significativo luego de un ciclo de 15.000 cepillados con dentífrico en laboratorio, equivalente a 18 meses de cepillado *in vivo*. Usando microscopía de fuerza atómica, la cual entrega mayor definición de detalles que las imágenes 2D, se observó apariencia plana en la RCBF y de nanorelleno, ambas de 3M, pero los valores promedio de la RCBFs de 3M e Ivoclar fueron el doble y el triple que los de la RCC, respectivamente (32).

Se produjo un incremento de la pérdida de superficie junto a un aumento de la RS posterior a la inmersión en los colutorios y AD. La RC de nanorelleno de 3M presentó una significativa pérdida de superficie cuando se comparó con RCBF de 3M y RCBF fluida de Dentsply. No se observaron diferencias significativas en cuanto a la pérdida de superficie entre RCBF viscosa de 3M, RCBF fluida de Dentsply y la RCBF fluida de 3M (48). Solo la RCBF fluida de 3M presentó una pérdida de superficie similar a la RC de nanorelleno de 3M, independiente del tipo de solución (48).

Usando microscopio confocal y perfilómetro óptico sin contacto, tras 25.000 ciclos de cepillado con dentífrico, equivalente a 2 años de cepillado *in vivo*, se observó que la RCBF viscosa de 3M mostró la mayor RS, aunque no fue estadísticamente diferente a la de nanorelleno del mismo fabricante. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre la RCBF fluida de 3M y la nanohíbrida de Ultradent. Se observó exposición del relleno en resinas *Bulk-Fill* viscosa y fluida, esta última con partículas mayores a 10 μm de tamaño (17).

Lo anterior mencionado fueron resultados esperables, pues se ha visto en reportes anteriores, que las RCs de nanorelleno tienen mejor comportamiento que las nanohíbridas, pues estas últimas presentan partículas de mayor tamaño que forman clusters (32), así como

también se esperaría que al tener menor carga de relleno hay menor protección de la matriz y serían rápidamente removidas las partículas (17).

Hubo una relación lineal inversa entre el brillo superficial y la rugosidad superficial (17, 32), además que el aumento de ciclos de cepillado incrementó la rugosidad de las RCs (32).

6.1.1.2 Microdureza

La microdureza fue medida como porcentaje de cambio de microdureza (%M) (48).

Los valores de %M aumentaron significativamente posterior a ser sometidas a Listerine Whitening (LW) y Colgate Plax Whitening (CPW), por lo tanto, todas las RCs mostraron una disminución de la microdureza. Esto se puede explicar por el bajo pH de estas sustancias y la presencia de alcohol en ambos colutorios. Se ha visto en estudios previos que las soluciones con pH bajo y alcohol, pueden afectar la integridad superficial de las RCs (48).

La RCBF fluida de Dentsply y RCBF fluida de 3M presentaron los mayores valores de %M, comparadas con las otras resinas testeadas. La RCBF viscosa de 3M presentó bajos valores de %M, al igual que la RC de nanorelleno de 3M, sin embargo, las RCs fluidas presentaron altos valores %M. Esto puede atribuirse a los diferentes cargas de relleno de estos materiales, ya que a menor carga de relleno disminuye la microdureza superficial (48).

6.1.2 Propiedades ópticas

6.1.2.1 Brillo superficial (BS)

Tras 15.000 y 25.000 ciclos de cepillado, usando diferentes métodos de visualización y medición, se identificó que el cepillado disminuyó el BS de las RCs (17, 32), y el número de ciclos tuvo un efecto negativo significativo sobre el BS (32).

La RC de nanorelleno de 3M tuvo mayor BS (17, 32) al igual que la RC nanohíbrida de Ultradent en comparación a otras RCs evaluadas (17). No se observaron diferencias significativas entre los ciclos de cepillado a los que fue sometida la RC de nanorelleno. A los 5.000 ciclos, esta última RC, tuvo el mismo valor de BS que la RCBF del mismo fabricante (32); los resultados anteriores se deben a que el BS es afectado por defectos de superficie del material, el cepillado y la calidad de la silanización de la matriz (17), y se ha visto que RCs con relleno esférico puro alcanzan mayor brillo luego del pulido (32).

6.1.2.2 Diferencia de color (DC)

El AD favoreció la DC en todas las resinas testeadas. La RC de nanorelleno de 3M presentó significativamente menor DC en AD. No se observaron diferencias significativas entre las RCBFs viscosa y fluida, ambas de 3M. Esta última mostró la menor variación de color comparado con la RC de nanorelleno de 3M, posterior a ser sumergidas en LW. Se encontraron valores significativamente inferiores para RCBF fluida de 3M en CPW(48). La resina RC de nanorelleno de 3M presentó valores clínicamente aceptables de cambio de coloración (48).

6.2 Propiedades químicas

6.2.1 Sorción y solubilidad

Los colutorios con alcohol aumentaron significativamente la sorción y solubilidad de RCs tras 7 días de inmersión, donde Listerine Cool Mint (LCM) generó el mayor efecto negativo debido a su alta concentración de alcohol, el cual es usado como agente antiséptico, solvente y saborizante, el que penetra en la red de polímeros, expandiéndola y liberando monómeros (26).

La RC microhíbrida fluida del fabricante FGM registró la mayor sorción en todos los medios comparada a otras RCs evaluadas, mostrando diferencias significativas con la

RCBF fluida de 3M en AD, PerioGard sin alcohol (PSA), Colgate Plax Fresh Mint (CPFM) (26) y CPW (48). Listerine Zero (LZ) aumentó significativamente la solubilidad de la RC microhíbrida mencionada comparado a otros colutorios, que no presentaron diferencias significativas entre ellos, además presentó la mayor solubilidad en todos los medios, excepto en CPFM y PSA; y tuvo diferencias estadísticamente significativas con la RCBF fluida de 3M en todos los colutorios, excepto en LZ y Colgate Plax Ice (CPI) (26). La RCBF fluida de Dentsply tuvo la mayor solubilidad tras la inmersión en colutorios blanqueadores (48).

El desfavorable comportamiento de las RCs de FGM y Dentsply mencionadas, se explica por la presencia de TEGDMA, un monómero hidrofílico (26) de bajo peso molecular con alta movilidad y rápida descomposición (48), además de la baja carga de relleno (48). Otras resinas que poseen este monómero combinado con otros menos hidrofílicos como Bis-GMA y UDMA, tienen mejor comportamiento, siendo este último el que genera menor sorción y solubilidad de agua (26, 48).

7. CONCLUSIONES

Los estudios analizados en esta revisión bibliográfica permiten concluir lo siguiente:

1. El etanol presente en la dieta y en enjuagues bucales afecta negativamente las propiedades flexurales, químicas y viscoelásticas.
2. Las bebidas ácidas disminuyen propiedades flexurales, microdureza, resistencia a la tensión diametral, aumentan la rugosidad y alteran el color.
3. El cepillado dental aumenta la rugosidad y disminuye el brillo superficial de las RCs.
4. En general, las propiedades fisicoquímicas de las RCs están determinadas por los tipos de monómeros, el tamaño de las partículas y la carga del relleno, y no necesariamente por ser clasificadas como convencionales o *Bulk-Fill*.

No obstante lo anterior, se hace necesario realizar estudios clínicos aleatorizados, donde se compare y analice el comportamiento de estos biomateriales restauradores en la cavidad bucal y frente a las fuerzas oclusales, elementos de higiene bucal y la dieta de los pacientes.

8. REFERENCIAS

1. Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *British dental journal*. 2017;222(5):337-44.
2. Yap AU, Eweis AH, Yahya NA. Dynamic and Static Flexural Appraisal of Resin-based Composites: Comparison of the ISO and Mini-flexural Tests. *Operative dentistry*. 2018;43(5):E223-e31.
3. Aminoroaya A, Neisiany RE, Khorasani SN, Panahi P, Das O, Ramakrishna S. A Review of Dental Composites: Methods of Characterizations. *ACS Biomater Sci Eng*. 2020;6(7):3713-44.
4. Colombo M, Gallo S. New Resin-Based Bulk-Fill Composites: in vitro Evaluation of Micro-Hardness and Depth of Cure as Infection Risk Indexes. 2020;13(6).
5. Wikant AW, Gedde UW. Suboptimal light curing and direct exposure to water of two contemporary composites: degree of conversion, sorption, solubility, and Knoop hardness. 2020.
6. Bilgili D, DüNDAR A, Barutçugil Ç, Tayfun D, Özyurt Ö K. Surface properties and bacterial adhesion of bulk-fill composite resins. *Journal of dentistry*. 2020;95:103317.
7. Erdemir U, Kaner AO, Eren MM, Ozan G, Yildiz E. Color stability of bulk-fill composites immersed in different drinks. *Color Res Appl*. 2018;43(5):785-93.
8. Ruivo MA, Pacheco RR, Sebold M. Surface roughness and filler particles characterization of resin-based composites. 2019;82(10):1756-67.
9. Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. *The journal of adhesive dentistry*. 2017;19(2):95-109.
10. Fugolin APP, Pfeifer CS. New Resins for Dental Composites. *Journal of dental research*. 2017;96(10):1085-91.
11. . !!! INVALID CITATION !!!
12. Ong J, Yap AU, Hong JY, Eweis AH, Yahya NA. Viscoelastic Properties of Contemporary Bulk-fill Restoratives: A Dynamic-mechanical Analysis. *Operative dentistry*. 2018;43(3):307-14.

13. Ishii R, Takamizawa T, Tsujimoto A, Suzuki S, Imai A, Barkmeier WW, et al. Effects of Finishing and Polishing Methods on the Surface Roughness and Surface Free Energy of Bulk-fill Resin Composites. *Operative dentistry*. 2020;45(2):E91-e104.
14. Yilmaz EC, Sadeler R. Investigation of Two- and Three-Body Wear Resistance on Flowable Bulk-Fill and Resin-Based Composites. *Mech Compos Mater*. 2018;54(3):395-402.
15. Tanthanuch S, Kukiattrakoon B. Surface changes of various bulk-fill resin-based composites after exposure to different food-simulating liquid and beverages. 2018;30(2):126-35.
16. Yap AU, Eweis AH, Yahya NA. Dynamic Viscoelastic Characterization of Bulk-fill Resin-based Composites and Their Conventional Counterparts. *Operative dentistry*. 2020;45(2):173-82.
17. Shimokawa C, Giannini M, André CB, Sahadi BO, Faraoni JJ, Palma-Dibb RG, et al. In Vitro Evaluation of Surface Properties and Wear Resistance of Conventional and Bulk-fill Resin-based Composites After Brushing With a Dentifrice. *Operative dentistry*. 2019;44(6):637-47.
18. Beltrami R, Ceci M, De Pani G, Vialba L, Federico R, Poggio C, et al. Effect of different surface finishing/polishing procedures on color stability of esthetic restorative materials: A spectrophotometric evaluation. *European journal of dentistry*. 2018;12(1):49-56.
19. Schuster L, Reichl FX, Rothmund L, He X, Yang Y, Van Landuyt KL, et al. Effect of Opalescence(®) bleaching gels on the elution of bulk-fill composite components. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2016;32(2):127-35.
20. Ozera EH, Pascon FM, Correr AB, Puppim-Rontani RM, Castilho AR, Correr-Sobrinho L, et al. Color Stability and Gloss of Esthetic Restorative Materials after Chemical Challenges. *Brazilian dental journal*. 2019;30(1):52-7.
21. Raja KK, Hari P, Chin MQK, Singbal K, Fareez IM. Color Stability of a New Rice Husk Composite in Comparison with Conventional Composites after Exposure to Commonly Consumed Beverages in Malaysia. 2019;2019:9753431.

22. Kazak M, Tiryaki M, Turkes Basaran E, Benderli Gokce Y. Evaluating the effects of different beverages with daily consumption habits on the wear of restorative materials. *Odontology*. 2020;108(4):636-45.
23. Glossary of prosthodontic terms. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1987;58(6):713-62.
24. da Silva EM, Dória J, da Silva Jde J, Santos GV, Guimarães JG, Poskus LT. Longitudinal evaluation of simulated toothbrushing on the roughness and optical stability of microfilled, microhybrid and nanofilled resin-based composites. *Journal of dentistry*. 2013;41(11):1081-90.
25. Roselino Lde M, Chinelatti MA, Alandia-Román CC, Pires-de-Souza Fde C. Effect of Brushing Time and Dentifrice Abrasiveness on Color Change and Surface Roughness of Resin Composites. *Brazilian dental journal*. 2015;26(5):507-13.
26. Leal JP, da Silva JD, Leal RFM, Oliveira-Júnior CDC. Effect of Mouthwashes on Solubility and Sorption of Restorative Composites. 2017;2017:5865691.
27. Gürdal P, Akdeniz BG, Hakan Sen B. The effects of mouthrinses on microhardness and colour stability of aesthetic restorative materials. *Journal of oral rehabilitation*. 2002;29(9):895-901.
28. Sadaghiani L, Wilson MA, Wilson NH. Effect of selected mouthwashes on the surface roughness of resin modified glass-ionomer restorative materials. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2007;23(3):325-34.
29. Sunbul HA, Silikas N, Watts DC. Surface and bulk properties of dental resin-composites after solvent storage. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2016;32(8):987-97.
30. Kim AR, Jeon YC, Jeong CM, Yun MJ, Choi JW, Kwon YH, et al. Effect of activation modes on the compressive strength, diametral tensile strength and microhardness of dual-cured self-adhesive resin cements. *Dental materials journal*. 2016;35(2):298-308.
31. Vidhawan SA, Yap AU, Ornaghi BP, Banas A, Banas K, Neo JC, et al. Fatigue stipulation of bulk-fill composites: An in vitro appraisal. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2015;31(9):1068-74.
32. O'Neill C, Kreplak L, Rueggeberg FA. Effect of tooth brushing on gloss retention and surface roughness of five bulk-fill resin composites. 2018;30(1):59-69.

33. Eweis AH, Yap AU, Yahya NA. Dynamic analysis of bulk-fill composites: Effect of food-simulating liquids. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2017;74:183-8.
34. Daver F, Kajtaz M. Creep and Recovery Behaviour of Polyolefin-Rubber Nanocomposites Developed for Additive Manufacturing. 2016;8(12).
35. Eweis AH, Yap AU, Yahya NA. Impact of dietary solvents on flexural properties of bulk-fill composites. *The Saudi dental journal.* 2018;30(3):232-9.
36. Scribante A, Bollardi M, Chiesa M, Poggio C. Flexural Properties and Elastic Modulus of Different Esthetic Restorative Materials: Evaluation after Exposure to Acidic Drink. 2019;2019:5109481.
37. Borges MG, Soares CJ, Maia TS, Bicalho AA, Barbosa TP, Costa HL, et al. Effect of acidic drinks on shade matching, surface topography, and mechanical properties of conventional and bulk-fill composite resins. *J Prosthet Dent.* 2019;121(5):8.
38. Alencar MF, Pereira MT, De-Moraes MDR, Santiago SL. The effects of intrinsic and extrinsic acids on nanofilled and bulk fill resin composites: Roughness, surface hardness, and scanning electron microscopy analysis. 2020;83(2):202-7.
39. Bahbishi N, Mzain W. Color Stability and Micro-Hardness of Bulk-Fill Composite Materials after Exposure to Common Beverages. 2020;13(3).
40. El Gezawi M, Kaisarly D, Al-Saleh H, ArRejaie A, Al-Harbi F, Kunzelmann KH. Degradation Potential of Bulk Versus Incrementally Applied and Indirect Composites: Color, Microhardness, and Surface Deterioration. *Operative dentistry.* 2016;41(6):e195-e208.
41. Miletic V, Marjanovic J, Veljovic DN, Stasic JN, Petrovic V. Color stability of bulk-fill and universal composite restorations with dissimilar dentin replacement materials. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry [et al].* 2019;31(5):520-8.
42. Barutcigil C, Barutcigil K, Ozarslan MM, Dundar A, Yilmaz B. Color of bulk-fill composite resin restorative materials. 2018;30(2):E3-e8.
43. Shamszadeh S, Sheikh-Al-Eslamian SM, Hasani E, Abrandabadi AN, Panahandeh N. Color Stability of the Bulk-Fill Composite Resins with Different Thickness in Response to Coffee/Water Immersion. 2016;2016:7186140.

44. Arregui M, Giner L, Ferrari M, Vallés M, Mercadé M. Six-month color change and water sorption of 9 new-generation flowable composites in 6 staining solutions. *Brazilian oral research*. 2016;30(1):e123.
45. Alrahlah A, Khan R, Alotaibi K, Almutawa Z, Fouad H. Simultaneous Evaluation of Creep Deformation and Recovery of Bulk-Fill Dental Composites Immersed in Food-Simulating Liquids. 2018;11(7).
46. Al Sunbul H, Silikas N, Watts DC. Resin-based composites show similar kinetic profiles for dimensional change and recovery with solvent storage. *Dental materials* : official publication of the Academy of Dental Materials. 2015;31(10):e201-17.
47. Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Long-term sorption and solubility of bulk-fill and conventional resin-composites in water and artificial saliva. *Journal of dentistry*. 2015;43(12):1511-8.
48. Berger SB, Petri Z, Hass V, Guiraldo RD, Favaro JC, Lopes MB, et al. Effect of whitening mouthrinses on bulk-fill composites. *American journal of dentistry*. 2019;32(5):235-9.