

Alternativas para mejorar las propiedades mecánicas de dientes de PMMA utilizados en prótesis total - Estudio de Viabilidad*

MÓNICA LUCÍA ÁLVAREZ L.** , LINA M. GARCÍA R.** , RAMIRO RESTREPO R.*** , PABLO ABAD M.**** , ALEJANDRO PELAEZ V.*****

RESUMEN

Con el objetivo de mejorar la resistencia al desgaste de dientes de PMMA utilizados en prótesis total, en la etapa preliminar se evaluaron diferentes alternativas de materiales de refuerzo como hidroxiapatita, esferas cerámicas y Wollastonita. Una vez seleccionada la Wollastonita se definieron una adecuada relación monómero – polímero y un silano como agente de acople. Sobre las muestras elaboradas siguiendo un procedimiento industrial estándar, se realizaron pruebas cualitativas y cuantitativas para evaluar la calidad del PMMA reforzado respecto al PMMA sin refuerzo comúnmente utilizado.

De las pruebas de resistencia al desgaste y de dureza se observa que la adición de la Wollastonita produce una mejora en dichas propiedades, aunque para la prueba de resistencia a la indentación, en algunos casos se presenta una desmejora respecto al valor establecido en la norma ICONTEC 1591 para evaluar el comportamiento de dientes fabricados a partir de resinas sintéticas. Los resultados indican una especial sensibilidad a la homogenización de la mezcla PMMA-Wollastonita y la necesidad de un pretratamiento de la Wollastonita con el silano *g*-aminopropiltriethoxisilano para mejorar la compatibilidad entre ésta y el PMMA. Se obtuvieron materiales compuestos bien conformados desde el punto de vista de la unión de las fases que lo componen, sin producir cambios significativos en procesos involucrados en la fabricación de piezas dentales tales como preparación y prensado.

Son necesarios algunos ajustes antes de su posible aplicación a escala industrial, entre los que se destacan, obtener una mejor dispersión de la Wollastonita para evitar los aglomerados que adicionan algunas betas al producto final y una nueva formulación de los colorantes para ajustar el color a las guías tradicionalmente usadas.

- * Proyecto patrocinado por el Grupo de Cerámicos y Vítreos de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín y New Stetic Ltda.
** Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín
*** Ingeniero Químico. UPB. Profesor e Investigador Grupo de Cerámicos. Escuela de Física. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín
**** Ingeniero Civil. M.S. PhD. Profesor e Investigador Grupo de Cerámicos. Escuela de Física. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. E-mail: pdjabad@unalmed.edu.co
***** Odontólogo. Especialista en Ingeniería Biomédica. Becario Programa de Jóvenes Investigadores Colciencias. Grupo de Cerámicos y Vítreos. Escuela de Física. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Profesor del Instituto de Ciencias de la Salud -CES-.

PALABRAS CLAVES:

PMMA

Refuerzo

Wollastonita

Resistencia al desgaste

SUMMARY

With the aim to improve the resistance to the waste of teeth of PMMA used in total prosthesis, in the preliminary stage different alternatives of reinforcement materials were evaluated as hydroxyapatite, ceramic spheres and Wollastonita. Once selected the Wollastonita, we defined an appropriate relationship monomer - polymer and a silane like couple agent. On the elaborated samples following a standard industrial procedure, they were carried out qualitative and quantitative tests to evaluate the quality of the PMMA reinforced regarding the PMMA without commonly used reinforcement.

From the resistance tests to the waste and hardness it is observed that the addition of the Wollastonite produces an improvement in this properties, although for the resistance test to the indentation, in some cases a deterioration is presented regarding the value settled down in the norm ICONTEC 1591 defined to evaluate the behavior of teeth manufactured starting from synthetic resins. The results indicate a special sensibility to the homogenization of the mixture PMMA-Wollastonite and the necessity of a pre- treatment of the Wollastonite with the silane g-aminopropiltriethoxisilane to improve the compatibility between this and the PMMA. Compound materials were obtained very conformed from the point of view of the union of the phases that compose it, without producing significant changes in processes involved in the production of such dental pieces as preparation and pressed.

They are necessary some adjustments before their possible application to industrial scale, among those that

stand out, to obtain a better dispersion of the Wollastonite to avoid the agglomerates that add some betas to the final product and a new formulation of the colorings to adjust the color to the traditionally used guides.

KEY WORDS:

PMMA

Wollastonite

Resistance to the waste

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente el Polimetilmetacrilato ha sido utilizado en la confección de dientes para prótesis total, no obstante presentar baja resistencia al desgaste como su principal deficiencia. En los últimos años investigaciones referentes al PMMA han evaluado la relación entre el polímero y el monómero, el tipo de resina acrílica utilizada, el ciclo de curado, los cambios dimensionales, los diferentes tipos de refuerzos y la presentación del refuerzo, con el propósito de aumentar las propiedades mecánicas y químicas de los productos finales.¹⁻³

Entre las modificaciones reportadas en la literatura se encuentran cambios químicos con la adición de copolímeros, y refuerzos mecánicos a partir de la inclusión de fibras de vidrio, whiskers de zafiro, fibras de aramida, fibras de carbono, mallas de acero inoxidable, nylon y polietileno.⁴⁻⁷ A pesar de que algunos han encontrado importantes aumentos en la resistencia al desgaste y a la flexión del PMMA reforzado, se presenta controversia con estudios que muestran que los refuerzos no aumentan la resistencia mecánica y que el tipo de falla que presenta el PMMA reforzado se da primordialmente por la poca impregnación del refuerzo por la matriz polimérica, que depende del tipo de polimerización que presenta el material.⁸⁻¹⁰

El propósito del presente trabajo es evaluar la Wollastonita como refuerzo para mejorar las propiedades mecánicas del PMMA usado para la conformación de dientes para prótesis total manteniendo las características físicas y químicas del producto según la norma vigente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la formulación del material compuesto, se utilizó PMMA de termocurado (New Stetic, Ltda. Guarne. Colombia), con Wollastonita como agente reforzante y el silano g-aminopropiltriethoxisilano como agente de acoplamiento entre el PMMA y el material inorgánico, variando los porcentajes de los nuevos componentes en tres niveles (alto, medio y bajo) definidos a partir de los resultados obtenidos en ensayos preliminares. Las formulaciones usadas se presentan en la Tabla 1.

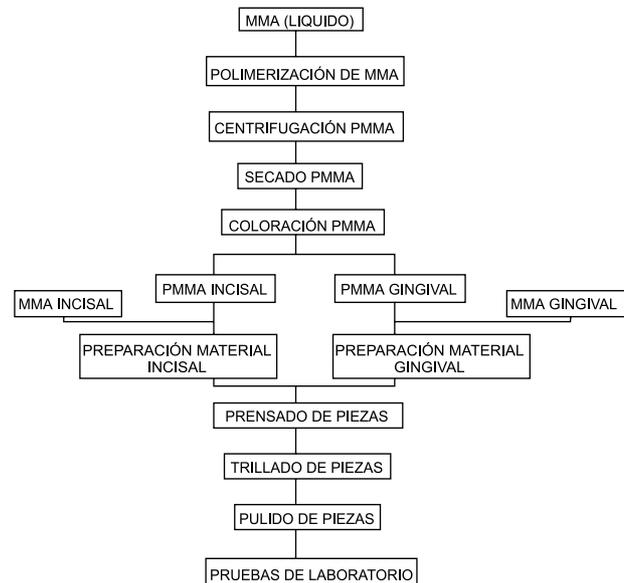
TABLA 1. Formulación del pmma reforzado

PROBETA	% WOLLASTONITA (RESPECTO A LA MEZCLA TOTAL)	% SILANO (RESPECTO A LA WOLLASTONITA)
N1	10	2
N2	10	5
N3	10	10
N4	15	2
N5	15	5
N6	15	10
N7	20	2
N8	20	5
N9	20	10

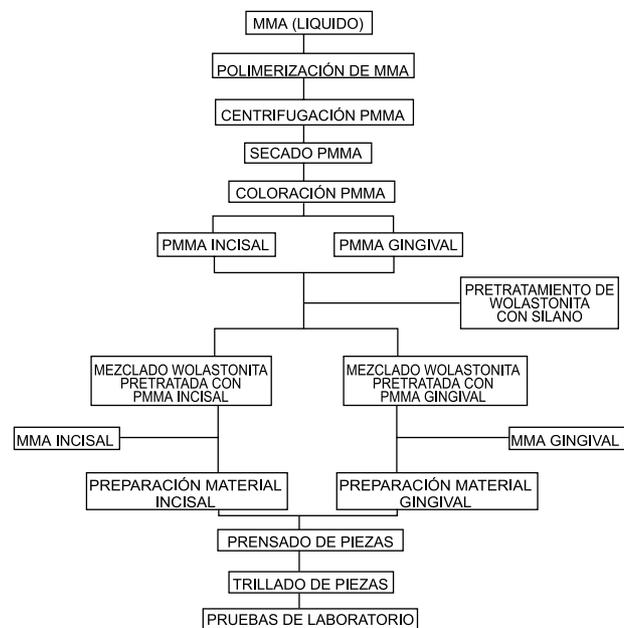
Se hizo necesario incluir dos pasos dentro del procesamiento de fabricación de las piezas: el pretratamiento de la Wollastonita y el proceso de mezclado de la Wollastonita pretratada con el PMMA. La inclusión de la Wollastonita y el agente de acoplamiento se hizo después de la etapa de coloración como una mezcla de Wollastonita pretratada con silano y PMMA.

Parámetros del procesamiento como la polimerización, el secado, la coloración, los aditivos especiales, la temperatura, la presión y el tiempo de prensado, fueron controlados en la línea de producción de igual forma que se controlan cuando se preparan los dientes sin refuerzo. Los diagramas de flujo se presentan a continuación. (Ver gráfica 1 y 2).

Gráfica 1. Diagrama de flujo de la preparación del PMMA sin refuerzo



Gráfica 2. Diagrama de flujo de la preparación del reforzado.



El pretratamiento consistió en disolver el agente de acoplamiento (g-aminopropiltriethoxisilano) en etanol, para luego adicionar la Wollastonita y someter toda esta mezcla a agitación por unos 20 minutos. La pasta resultante se seco en una estufa a una temperatura cercana a 90° C hasta que se evaporará completamente el etanol, obteniéndose con esto, una Wollastonita cuya superficie se encuentra recubierta con silano. Posteriormente, la Wollastonita pretratada y el PMMA se sometió a un proceso de mezclado en un molino de bolas por 20 minutos hasta obtener un polvo lo más homogéneo posible. Los procesos de preparación y prensado se realizaron bajo condiciones normales de producción.

Buscando una mayor homogenización, para el control de calidad de la mezcla se realizó un corte transversal sobre la pieza y por inspección visual se descartaron las piezas con presencia de aglomerados. Posteriormente la mezcla fue almacenada a 4°C durante 1 día y luego dispensada en un molde para incisivos, que fue prensado y sometido a termocurado en uno de los módulos de prensado y cocción de la planta de procesamiento de New Stetic S.A. en Guarne, Antioquia, siguiendo el manual de proceso certificado por la ISO.

Siguiendo las recomendaciones normativas, se utilizaron tres piezas que fueron evaluadas con pruebas cualitativas no destructivas como el tiempo de la fase gel, la formación de hilos, las fases elástica y plástica, y la presencia de fluorescencia. También se realizaron pruebas destructivas cualitativas como el análisis de la porosidad, la solubilidad en monómero, la prueba de color, la prueba de resistencia al blanqueamiento, distorsión y agrietamiento, y cuantitativas como la dureza, la resistencia a la indentación y la resistencia al desgaste. En éste reporte sólo se detallarán las metodologías de la evaluación de la dureza, la resistencia a la indentación y la resistencia al desgaste.

Para evaluar la dureza y la resistencia a la indentación se siguió el protocolo de la Norma ICONTEC

1591 para dientes acrílicos. Para la dureza se utilizó un durómetro Rockwell de carátula Tipo O, la resistencia a la indentación se evaluó utilizando un indentador de bola de 12.7 mm de diámetro con una carga de 30 daN durante diez minutos, después de lo cual se midió la huella dejada por el indentador, que debe ser menor al 20%.

Para la prueba de resistencia al desgaste se utilizó un equipo Pin on Disk basado en la norma ASTM G99-90. Se aplicó una carga de 1.7 kg sobre un pin de prueba colocado perpendicularmente respecto a un disco. El pin permaneció fijo mientras que el disco giraba provocando un deslizamiento relativo en el área de contacto entre ambos elementos, formando una trayectoria circular en la superficie del disco. Inicialmente el Pin fue lavado en un baño de ultrasonido con un liquido desengrasante y secado con un chorro de aire, luego fue pesado antes y después de 500 ciclos del disco con una balanza analítica con 0.0001 gramos de resolución.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis descriptivo de los porcentajes relativos respecto a la norma ICONTEC 1591 y al PMMA sin refuerzo utilizado en el proceso industrial.

RESULTADOS

Las proporciones finales de polímero, monómero, silano y Wollastonita corresponden a pruebas iniciales de factibilidad técnica en las que como principal dificultad se encontró la falta de homogenización de la mezcla. Si bien las observaciones realizadas indican que el aumento en el porcentaje de agente de acoplamiento mejora la resistencia al ataque con monómero, un porcentaje mayor al 10% haría inviable económicamente su aplicación a escala de producción.

Respecto a la formulación sin refuerzo utilizada como control, no se observan diferencias importantes en las pruebas cualitativas, en las pruebas no destructivas, ni en las pruebas de solubilidad en monómero (Ver gráfica 3), así como tampoco en las pruebas de resistencia al blanqueamiento, distorsión y agrietamiento, ni en los tiempos de

proceso y la presencia de fluorescencia. Los porcentajes relativos a las piezas sin refuerzo y a la norma ICONTEC 1591 de las pruebas de dureza, resistencia a la indentación y de resistencia al desgaste en las diferentes formulaciones se presentan en la Tabla 2.

Gráfica 3. Probetas después de haber sido sometidas a la prueba de solubilidad al monómero

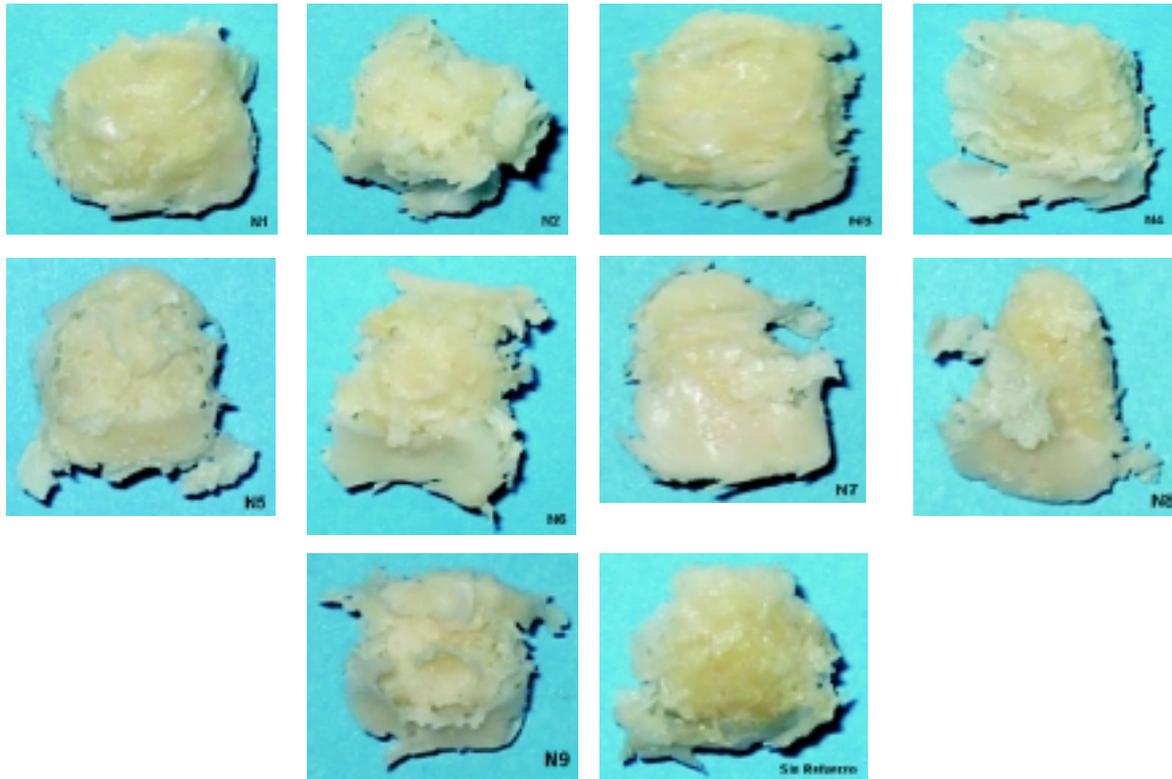


Tabla 2. Porcentaje relativo de la resistencia a la indentación, de la dureza y la resistencia al desgaste del PMMA reforzado

Ensayo	% respecto a la resina sin refuerzo Indentación	% respecto a la norma ICONTEC 1591 Indentación	% respecto a la resina sin refuerzo Dureza	% respecto a la norma ICONTEC 1591 Dureza	% respecto a la resina sin refuerzo Desgaste
N1	3,7	5,0	6,2	22,5	30
N2	-3,7	-2,5	3,6	19,6	31
N3	0,8	2,1	6,0	22,3	15
N4	-2,1	-0,8	9,1	25,9	22
N5	-0,4	0,8	14,5	32,3	34
N6	0,8	2,1	10,8	27,9	56
N7	-2,5	-1,2	11,0	28,1	60
N8	0,0	1,2	12,1	29,3	56
N9	-2,9	-1,7	9,0	25,8	67

Puede observarse que las diversas formulaciones del PMMA reforzado se comportaron de una manera similar al PMMA sin refuerzo.

DISCUSIÓN

Los datos preliminares de este estudio mostraron que grandes tamaños de partícula del refuerzo no permiten obtener productos finales de buena calidad estética, por la presencia de poros.^{3 8}

Los resultados que muestran un mejor comportamiento mecánico del PMMA reforzado en algunas de las formulaciones coinciden con algunos hallazgos de PMMA de base para prótesis total. La pérdida de propiedades mecánicas en presencia de un refuerzo podría estar asociada al aumento en la viscosidad de la mezcla que disminuiría la impregnación del refuerzo con la matriz polimérica, para prevenir esto es muy importante la utilización de agentes de acople tipo silano.^{2 6 9 10}

No se observó una clara relación entre la dureza y la resistencia al desgaste como se ha visto anteriormente.¹¹

La implementación industrial del presente desarrollo de laboratorio aun requiere de los ajustes que controlen los problemas que hacen referencia a la percepción estética del producto final.

AGRADECIMIENTOS

A la compañía New Stetic Ltda. por la financiación parcial del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

1. Vallittu PK. Dimensional accuracy and stability of polymethyl methacrylate reinforced with metal wire or with continuous glass fiber. J Prosthet Dent. 1996 Jun; 75 (6): 617-21.

2. Samadzadeh A, Kugel G, Hurley E, Aboushala A. Fracture strengths of provisional restorations reinforced with plasma-treated woven polyethylene fiber. J Prosthet Dent. 1997 Nov; 78 (5): 447-50.
3. Lang BR, Jaarda M, Wang RF. Filler particle size and composite resin classification systems. J Oral Rehabil. 1992 Nov; 19 (6): 569-84.
4. Vallittu PK, Ekstrand K. In vitro cytotoxicity of fibre-polymethyl methacrylate composite used in dentures. J Oral Rehabil. 1999 Aug; 26 (8): 666-71.
5. John J, Gangadhar SA, Shah I. Flexural strength of heat-polymerized polymethyl methacrylate denture resin reinforced with glass, aramid, or nylon fibers. J Prosthet Dent. 2001 Oct; 86 (4): 424-7.
6. Vallittu PK, Ruyter IE, Ekstrand K. Effect of water storage on the flexural properties of E-glass and silica fiber acrylic resin composite. Int J Prosthodont. 1998 Jul-Aug; 11 (4): 340-50.
7. Vallittu PK. Acrylic resin-fiber composite—Part II: The effect of polymerization shrinkage of polymethyl methacrylate applied to fiber roving on transverse strength. J Prosthet Dent. 1994 Jun; 71 (6): 613-7.
8. Stipho HD, Talic YF. Repair of denture base resins with visible light-polymerized reline material: effect on tensile and shear bond strengths. J Prosthet Dent. 2001 Aug; 86 (2): 143-8.
9. Vallittu PK. Some aspects of the tensile strength of unidirectional glass fibre-polymethyl methacrylate composite used in dentures. J Oral Rehabil. 1998 Feb; 25 (2): 100-5.
10. Vallittu PK. Curing of a silane coupling agent and its effect on the transverse strength of autopolymerizing polymethylmethacrylate-glass fibre composite. J Oral Rehabil. 1997 Feb; 24 (2): 124-30.
11. Harrison A., Draughn R. Abrasive wear, tensile strength and hardness of dental composite resin. Is there a relationship?. J Prosthet Dent. 1976; 36: 395-398.