



Determinación de monómero residual de metacrilato de metilo en 3 diferentes marcas comerciales para base de dentaduras por cromatografía de gases

Residual monomer determination in three different brands of denture base resin by means of gas chromatograph

Fernando Solórzano Lemus,* Rogelio Danovan Venegas Lancón,*
Víctor Moreno Maldonado,* Salvador López Morales[§]

RESUMEN

Entre las técnicas de procesado de las resinas acrílicas para uso dental en México, se ha observado que no se ha determinado comparativamente el contenido de monómero residual. Mientras que el procesado apropiado mantiene el monómero residual en rangos de concentraciones tolerables; para muchos pacientes, el tejido irritado y las reacciones alérgicas se deben a los altos niveles de monómero residual que existen en técnicas alternativas y éstas pueden ser de consentimiento clínico. Se determinó el contenido de monómero residual de resinas acrílicas termopolimerizadas, por medio de cromatografía de gases para tres diferentes marcas comerciales para base de dentaduras. Los materiales evaluados son: SR Ivocap® Plus High Impact (Ivoclar Vivadent), Palaxpress® (Heraeus Kulzer) y ProBase Hot Trial Kit® (Ivoclar Vivadent). Cada espécimen fue procesado bajo las normas y especificaciones del fabricante. Para llevar a cabo este estudio se procesaron 9 muestras, las cuales fueron disueltas en tetrahidrofurano (THF), para ser analizadas en el cromatógrafo de gases. SR-Ivocap es el material que mostró tener la mayor cantidad de monómero residual con un porcentaje de 0.203% y desviación estándar de 0.0697, ProBase Hot obtuvo un porcentaje de 0.068% con una desviación estándar de 0.0180, por otra parte, Palaxpress es el material que cuenta con la menor cantidad de monómero residual (0.047%), con una desviación estándar de 0.0167. Todos los materiales cumplieron con el requisito de la ISO 1567-1999 teniendo un valor inferior al 2.2% de monómero residual, siendo SR Ivocap® Plus High Impact el que reportó los valores más altos de monómero residual (0.203%).

Palabras clave: Resina acrílica, monómero residual, cromatografía de gases.
Key words: Acrylic resin, residual monomer, gas chromatography.

ABSTRACT

Among the processing techniques of the acrylic resin for dental use in Mexico, it has not been seen the comparative determination of the residual monomer. Whereas the proper processing having the residual monomer in tolerable concentration ranks, for many patients the irritated tissue and the allergic reaction are consequences of the high levels of residual monomer that exist in alternative techniques and this can be of clinical consent. We determined the residual monomer of the heat-polymerized acrylic resin using the gas chromatography for three different registered trademark for denture base. The evaluated materials are: SR Ivocap® Plus High Impact (Ivoclar Vivadent), Palaxpress® (Heraeus Kulzer) y ProBase Hot Trial Kit® (Ivoclar Vivadent). Each specimen was processed with the norms and the specification of the manufacturer. In order to carry out this Study nine samples were processed, which were dissolved in tetrahydrofuran (THF) to be analyzed in the gas chromatograph. Given the results that were obtained, all the materials fulfilled the requirements that ISO 1567-1999 establishes having a lower value than 2.2% of residual monomer, among the materials tested the highest value reported was 0.203%.

INTRODUCCIÓN

El sistema estomatognático es un conjunto de estructuras anatómicas que conforman una unidad morfológica responsable de las relaciones maxilomandibulares y sus funciones como la masticación, la fonación y la deglución. La pérdida de dientes produce alteraciones tanto en la vida social y de relación personal, así como en las funciones del sistema estomatognático.

* Laboratorio Interdisciplinario #4. Facultad de Odontología, UNAM.
 § Laboratorio de Cromatografía del Departamento de Reología y Mecánica de Materiales. Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM.

A lo largo de la historia, en la fabricación de bases para dentaduras se han empleado diversos materiales, entre ellos: madera, hueso, marfil, metales y numerosos polímeros (polimetilmetacrilato, poliestireno, poliamida, resina epóxica, policarbonato y vulcanita). La selección de los distintos materiales específicos se basa en la disponibilidad, costo, propiedades físicas, cualidades estéticas y características de manipulación.

De todos los materiales empleados, el que mostró mejores propiedades fue el polimetilmetacrilato, y como resultado, este último ha dominado el terreno de las bases en las dentaduras durante los últimos tiempos.¹

Hay varias condiciones en el proceso de polimerización que hacen que el producto final tenga diferentes propiedades físicas, mecánicas y estéticas. Por ejemplo, la temperatura de procesado, la relación monómero – polímero, el tiempo de polimerización, etc. además, la naturaleza física del polímero depende del monómero y de la combinación de monómeros usados.

En la actualidad, los materiales para base de dentaduras de polimetilmetacrilato se suministran en forma de dos componentes físicos, el monómero líquido (metacrilato de metilo) que al mezclarse con el polímero que se presenta en forma de polvo (polimetacrilato de metilo) da como resultado el polimetilmetacrilato deseado para las bases de dentaduras.²

El metacrilato de metilo es un líquido transparente y claro a temperatura ambiente, consta de las siguientes propiedades físicas: punto de fusión de – 48 °C, punto de ebullición de 100.8 °C, densidad de 0.945g/mL a 20 °C y calor de polimerización de 12.9 kcal/mol. Tiene presión elevada de vapor y es un solvente orgánico excelente.³

El monómero (en fase líquida) disuelve parcialmente al polímero (en fase sólida-polvo) dando una masa plástica. Esta masa plástica se coloca dentro de un molde, donde se produce el mecanismo de polimerización.³

La manipulación se lleva a cabo por la mezcla polvo-líquido donde el líquido empieza a combinarse con el polvo, después el líquido comienza a disolver al polvo formando una masa pegajosa, cuando se ha producido la total disolución del polvo, la mezcla se convierte en una masa plástica, que comienza a endurecer muy lentamente debido a la reacción de polimerización, la energía desprendida se elimina en forma de calor, de ahí que se produce un calentamiento en el acrílico, al final hay una contracción del mismo.²

Desde el punto de vista teórico, tanto el polímero, como el monómero residual, así como el peróxido de benzoílo, la hidroquinona y los colorantes son factores que pueden desencadenar una reacción o irritación química en la cavidad bucal, la cual se produce por alguno de los componentes mencionados anteriormente

para la base de la prótesis de dentadura antes citados. Cabe señalar que el monómero es el que se encuentra en mucha mayor cantidad, en comparación con los demás componentes.

El monómero residual que se encuentra en una prótesis bien procesada es cerca de 0.5% y es el principal componente que provoca una irritación. Si el contenido de monómero se mide después de conservar la prótesis en agua durante 17 horas o más, se elimina, principalmente el que se halla libre en la superficie de la prótesis. El resto del monómero no se extrae con facilidad, ya que se encuentra en la estructura interna del material y éste se va liberando con el paso del tiempo.⁴

De esta manera, si el monómero residual es el causante de las irritaciones que se producen en la boca, su efecto es previsible y se manifiesta con rapidez. Pero casi todos los casos clínicos que presentan irritación bajo la prótesis surgen en meses o incluso años después de su instalación.

La alergia verdadera se reconoce por una prueba de parche. En odontología se observa un efecto biológico diferente que produce el monómero, como lo son puntos eritematosos, áreas hiperémicas localizadas y lesiones de aspecto papilomatoso.

El contacto directo con éste durante un periodo continuo produce reacciones alérgicas.

La técnica de cromatografía de gases fue introducida desde los años 50, siendo éste el mejor de los métodos químicos para determinar la concentración de monómero residual en las resinas acrílicas para base de dentaduras, gracias a su simplicidad, rapidez y precisión.

Se ha definido a la *cromatografía* como un método físico de separación, en el cual los componentes se distribuyen entre dos fases, una de las cuales constituye la *fase estacionaria*, de gran área superficial y la otra es un fluido (*fase móvil*) que pasa a través o a lo largo de la fase estacionaria.^{5,6}

La cromatografía de gases tiene dos importantes campos de aplicación. Por una parte, su capacidad para separar mezclas orgánicas complejas y como método para determinar cuantitativa y cualitativamente los componentes de una muestra.

Los componentes de interés en la muestra, son primariamente extraídos con un disolvente, para posteriormente ser inyectada y volatilizada en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de la fase móvil, esto es un gas inerte (nitrógeno, helio o argón). A diferencia de los otros tipos de cromatografía, la fase móvil no interacciona con las moléculas del analito (componente de interés); su única función es la de transportar al analito a través de la columna.

La cromatografía se lleva a cabo en un cromatógrafo de gases. Éste consta de diversos componentes tales como: el gas portador, el sistema de inyección de muestra, la columna (generalmente dentro de un horno), y el detector.

El principal objetivo de realizar un estudio a tres marcas comerciales de resinas acrílicas, que son empleadas para la elaboración de dentaduras en la Facultad de Odontología, es el determinar la cantidad de monómero residual que genera cada tipo de marca comercial, al ser procesadas con las especificaciones del fabricante. Dicha cantidad no debe de exceder los valores establecidos por la Norma ISO 1567:1999, teniendo un valor máximo permitido de 2.2% de monómero residual.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras fueron preparadas de acuerdo con los requerimientos que indica la Norma ISO 1567:1999. Para la determinación de monómero residual de metacrilato de metilo, se realizaron 9 muestras de polimetilmetacrilato; esto es, tres diferentes muestras por cada una de las marcas comerciales que se investiga,

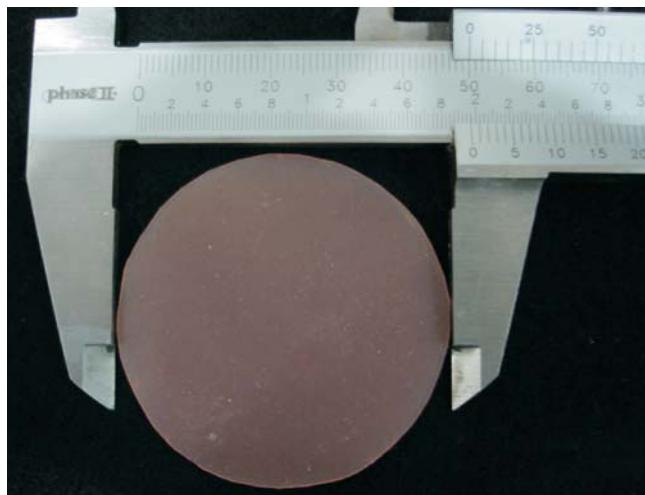


Figura 1. Patrón de cera 50 ± 1 mm de diámetro.

las cuales fueron caracterizadas, a partir de discos de cera de 50 ± 1 mm de diámetro y 0.5 ± 0.1 mm de grosor⁷ (*Figuras 1 y 2*), elaboradas con las especificaciones del fabricante⁸⁻¹⁰ (*Cuadro I*).

Se utilizaron las muflas indicadas para cada sistema de polimerización, correspondiente a los materiales utilizados, esta muestra se enmufló utilizando yeso tipo III (yeso piedra alta resistencia «MAGNUM», Manufacturera Dental Continental S. A. de C. V., México).

Después del fraguado del yeso, se precalienta la mufla al menos durante 5 minutos en agua hirviendo. Posteriormente, se elimina la cera y se lava bien con agua jabonosa. A continuación, dejar enfriar ambas mitades de la mufla a temperatura ambiente, las superficies de yeso todavía húmedas se aíslan dos veces con separador yeso-acrílico (Separating Fluid, Ivoclar Vivadent, Schaan-Liechtenstein para las resinas acrílicas SR Ivocap® Plus High Impact, y ProBase Hot Trial Kit® y para la resina acrílica Palaxpress® se

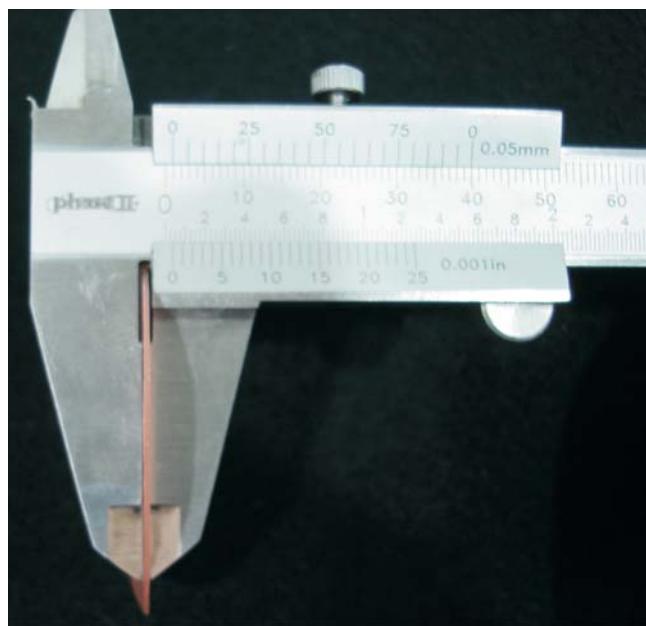


Figura 2. Patrón de cera 0.5 ± 0.1 mm de grosor.

Cuadro I. Relación monómero-polímero, tiempo y temperatura de procesado indicados por el fabricante.

Material	Monómero	Polímero	Tiempo de procesado	Temperatura de procesado
(A) SR-Ivocap®	30 mL	20 g	35 min	92 °C
(B) PalaXpress®	15 mL	30 g	30 min	55 °C
(C) ProBase®HOT	10 mL	22.5 g	45 min	22 °C a 92 °C

utiliza Aislar® Heraeus Kulzer, Alemania) sobre toda la superficie de yeso.

POLIMERIZADO DE LAS RESINAS ACRÍLICAS

Se empacó la resina acrílica manipulada de acuerdo con las instrucciones de cada fabricante.

Para la resina acrílica SR Ivocap® Plus High Impact, se introdujo la mufla en una brida, se colocó en una prensa hidráulica y se cargó a 80 bares de presión, se inyectó la resina acrílica a 6 bares de presión durante 5 minutos antes de sumergir la brida en agua caliente. El tiempo de polimerización una vez que empieza a hervir (esto es 92°C), es exactamente de 35 minutos, manteniendo la presión de inyección durante todo el proceso de polimerización. Transcurrido el tiempo de polimerización se coloca la mufla directamente en agua a 23 ± 10 °C durante 30 min antes de desenmuflar la muestra.

Las muestras de resina acrílica PalaXpress® es inyectada durante 5 min a 4 bar de presión, 30 min a 55°C manteniendo una presión constante de 2 bar durante todo el proceso de polimerización. Dejar enfriar a temperatura ambiente de 30 – 60 minutos para poder desenmuflar la muestra.

Para las muestras de la resina acrílica ProBase® Hot Trial Kit se empaqueta la masa de resina con exceso en la mufla. Cerrar con cuidado, colocar en la prensa a 80 bar de presión y fijar con la brida. **Mantener la presión de prensado.** La polimerización se realiza por método estándar, introduciendo la mufla cerrada en agua fría y calentar hasta llegar a ebullición (92°C), mantener el agua en ebullición durante 45 minutos. Pasado el tiempo de polimerización, mantener la mufla durante 30 minutos a temperatura ambiente y terminar de enfriar con agua fría.

El cuadro 1 muestra la relación monómero – polímero, tiempo y temperatura de procesado que indica cada fabricante.

DETERMINACIÓN POR CROMATOGRAFÍA DE GASES

La cantidad de monómero de MMA en la polimerización de los materiales para la base de dentaduras es obtenido para ser cuantificada por análisis cromatográfico.

Se fragmenta cada disco de acrílico en piezas suficientemente pequeñas, la masa de la muestra es aproximadamente de 650 mg y es introducida en un matraz volumétrico, se incorporan 10 mL de disolvente tetrahidrofurano (THF), se agita la muestra durante 72 ± 2 horas a temperatura ambiente, empleando un agitador magnético.

Para cuantificar la cantidad de monómero residual y precipitar al polímero disuelto, transferir 2 mL de alícuota de la solución muestra en un matraz volumétrico de 10 mL, se agrega 100 μ L de estándar interno (Decano) y se incorpora metanol hasta obtener un volumen total de 10 mL. Se deja reposar la solución obtenida por 24 horas hasta que ésta se observe completamente transparente (Figura 3).

La cuantificación y análisis se lleva a cabo en un Cromatógrafo de Gases GC-2010 Shimadzu®, Restek® USA con una columna capilar Stabilwax de Carbowax-polietilenglicol entrecruzado, con longitud de 30 metros (Figura 4). Cada una de las 9 muestras se inyecta por triplicado o más inyecciones si



Figura 3. Solución reposada.



Figura 4. Cromatógrafo de gases GC-2010 Shimadzu®.

así se requiere, se toman 1.3 μL de muestra con ayuda de una microjeringa de 10 μL ; la cual es inyectada en el cromatógrafo de gases; éste deberá tener una rampa de temperatura con las siguientes características:

Las condiciones de temperatura en el cromatógrafo de gases será; inicialmente de 0 °C, hasta alcanzar una temperatura de 40 °C, ésta se mantendrá por 4 minutos, posteriormente se incrementa la temperatura a una razón de 30 °C por minuto hasta alcanzar una temperatura de 220 °C en donde se mantendrá durante 2 minutos. El tiempo total de corrida por cada muestra es de 12 minutos.

Los valores exactos varían de acuerdo a los parámetros de la cromatografía de gases.

Los picos son integrados para obtener el área bajo la curva de MMA, la cual será determinada por un registro electrónico.

Cálculo y expresión de resultados de la curva de calibración gráfica:

Determinación del porcentaje del MMA:

Determine el porcentaje de MMA usando las ecuaciones correspondientes:

$$\frac{A'MMA}{A'EI}$$

DONDE:

A'MMA: Es el área del pico de monómero de MMA en la solución muestra.

A'EI: Es el área del pico del estándar interno en la solución muestra.

Se usa la curva de calibración para determinar la concentración, en microgramos de MMA (cMMA) por mililitro de solución muestra.

La cantidad total de MMA en la solución muestra (mMMA en μg), es calculada por la ecuación:

$$mMMA = \left[\frac{cMMA (\mu\text{g/mL}) \times 10 (\text{mL})^{(a)} \times 10 (\text{mL})^{(b)}}{2 (\text{mL})} \right] \mu\text{g}$$

El monómero residual (% fracción de masa) = $\frac{mMMA}{mMuestra} \times 100$

Donde mMuestra = es la masa de la muestra dada en microgramos.



Información muestra

Fecha y hora de análisis : 2/26/2008 7:27:26 PM
 Analista : Salvador LM
 Nombre de la muestra : Ivocap Fab C 02
 Identificación de la muestra : Ivocap Fab
 Tipo de muestra : Control
 Nombre en la base de datos : C:\GCsolution\Data\Project1\Styrene_Toluene\Odontología\Fernando\Ivocap Fab C 02.gcd
 Nombre del método : C:\GCsolution\Data\Project1\Styrene_Toluene\Odontología\Monómero Residual PMMA Cu

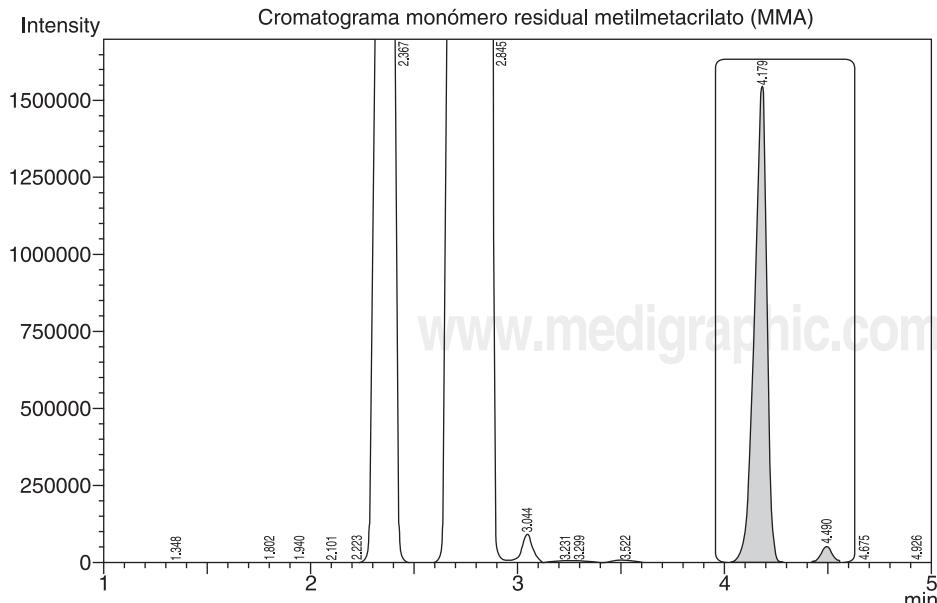


Figura 5. Cromatograma correspondiente a la muestra de SR. Ivocap®.

El número total de muestras evaluadas son reportadas y se aplica el análisis de varianza de una vía con una tolerancia o margen de variación de $P \leq 0.05$, además se realiza una prueba de comparación de grupos (Tukey) con un intervalo de confianza de $P \leq 0.001$, para analizar si el material está dentro de los estándares de cuantificación.

RESULTADOS

La figura 5 muestra un ejemplo del cromatograma obtenido, en donde se observan los picos correspondientes al monómero residual (metacrilato de metilo) y al estándar interno (Decano), en los cuales el área bajo la curva nos indica la concentración de cada componente, de los datos analizados de la muestra.

En el cuadro II y figura 6 se muestran los porcentajes y las desviaciones estándar obtenidos de la prueba de determinación de monómero de metacrilato de metilo, donde podemos observar que la marca comercial SR-Ivocap es el material que mostró tener la mayor cantidad de monómero residual con un porcentaje de 0.203% y desviación estándar de 0.0697, lo cual nos indica que la cantidad de monómero residual aunque es alta en comparación con las demás marcas comerciales, aún se encuentra dentro del límite máximo permitido, que es del 2.2% de acuerdo a la Norma ISO 1567-1999. Por otra parte, PalaXpress es el material que cuenta con la menor cantidad de monómero residual (0.047%), con una desviación estándar de 0.0167. Al realizar un comparativo de las tres marcas comerciales, se puede observar que existe una diferencia significativa entre los grupos SR-Ivocap vs PalaXpress y Probase Hot, pero no crucial para ocasio-

nar irritación en la cavidad bucal de los pacientes. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que no en todos los laboratorios donde se procesan este tipo de resinas no se siguen al pie de la letra dichas especificaciones. Y en el presente trabajo se sigue con exactitud las especificaciones del fabricante, para la elaboración de las resinas dentales.

DISCUSIÓN

En este estudio se realizó la determinación de monómero residual que se indica en la ISO 1567:1999, ya que se contaba con el equipo, materiales, y especificaciones del fabricante.

McCabe y Basker²⁶ en 1976, divulgaron los dos primeros casos de sensibilidad al acrílico, lo cual fue ligado a los niveles de monómero residual que queda sin reaccionar (0.233% y 0.186%, analizado por cromatografía de gas).

Kalipçilar²⁹ en 1991 demostró con sus resultados que no existía alguna diferencia significativa entre los dos grupos de acrílico utilizados en su estudio, ya que determinó un porcentaje del 0.22% para la resina que procesó bajo la técnica de inyección y un porcentaje del 0.23% para la resina procesada por el método convencional.

Miettinen y Vallittu²⁸ comparan el contenido del monómero residual que se genera al llevar a cabo una autopolimerización y/o termopolimerizables de los materiales a base de dentadura, y concluyeron que en la autopolimerización se libera considerablemente mayor cantidad de MMA comparado con los materiales termopolimerizables (1 – 2%). Por otra parte, demostraron que el monómero residual contenido puede ser reducido cuando el tiempo de polimerización se incrementa.

Lassila y Vallittu²⁷ en el 2001 confirmaron el contenido de monómero residual del material Sinomer. El material cumpliría con los requerimientos de la ISO 1567:1999 si el fabricante hubiera indicado el contenido de monómero residual, pero la compañía manifestaba que el material no contenía monómero, sin em-

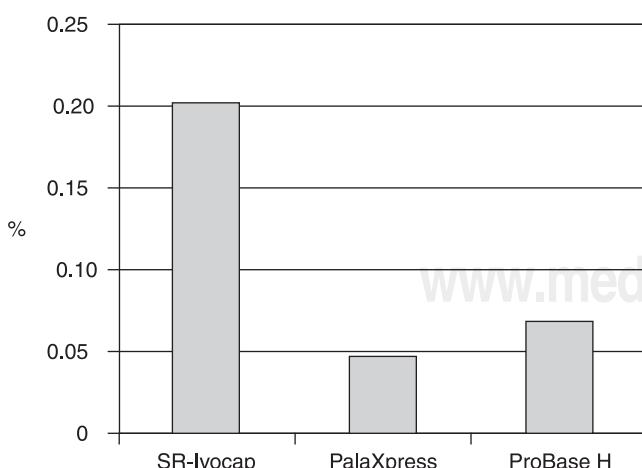


Figura 6. Valores promedio del porcentaje de monómero residual.

Cuadro II. Resultados de porcentaje de monómero residual y desviación estándar.

Marca comercial	% de monómero residual	Desviación estándar
SR-Ivocap High Impact (A)	0.203	0.0697
PalaXpress (B)	0.047	0.0167
ProBase Hot (C)	0.068	0.0180

bargo los valores obtenidos fueron entre 0.3% y 0.31%. Mientras que, Paladon 65, representante de materiales termopolimerizables cumplió con los requerimientos del ISO 1567. Hubo diferencias significativas en el contenido de monómero residual MMA de Paladon 65 y otros materiales examinados. Los materiales alternos exhibieron un significante contenido de monómero residual MMA.

Así mismo, en el año 2006 Gonçalves,³⁴ reportó en su estudio que el contenido de monómero residual se encontraba entre 0.745 y 0.78% y éste tampoco excedía los valores del estándar internacional para este material.

En el presente estudio los porcentajes de monómero residual que se reportaron tampoco exceden el nivel que marca el estándar internacional.

Algunos autores reportan que la composición y metodología de procesado de la resina para base de dentadura influye en la relación del monómero residual. Si se toma en cuenta, las variaciones en el tiempo y la temperatura del procesado, así como la relación de la mezcla polímero y metacrilato de metilo pueden tener efectos relacionados, tanto con la cantidad de monómero residual, así como influir en las características mecánicas y físicas de los materiales para base de dentadura examinados. Estos efectos deben y serán examinados en trabajos a futuros.

CONCLUSIÓN

Se cuantificó el monómero residual en los materiales SR. Ivocap® Plus High Impact, PalaXpress® y Probase® Hot que son empleadas para la elaboración de dentaduras, siendo SR. Ivocap® Plus High Impact el que mostró tener mayor contenido de monómero residual.

Dados los resultados que se obtuvieron con la prueba de cuantificación de monómero residual, todos los materiales cumplieron con el requisito de la ISO 1567-1999 teniendo un valor inferior al 2.2% de monómero residual.

REFERENCIAS

- Rodney D. Phoenix. Materiales para base de dentaduras. *Clin Odontol Norteam* 1996; 1: 119-260.
- Graig RG. *Materiales de odontología restauradora*. Capítulo 6: Polímeros y polimerización. 1^a Ed. México: Editorial Harcourt Brace; 1998: 127-35.
- Guzmán A. Estudio técnico económico en la recuperación de monómero de metacrilato de metilo a partir de polímero. México. *Facultad de Química* 1974: 150.
- McCabe JF, Basker RM. Tissue sensitivity to acrylic resin: a method of measuring the residual monomer content and its clinical application. *Br Dent J* 1976; 140: 347-50.
- Lung CYK, Darvell BW. Methyl methacrylate in poly (methyl methacrylate) –validation of direct injection gas chromatography. *J Chromatogr A* 2004; 1061(1): 93-8.
- Shim JS, Watts DC. Residual monomer concentrations in denture-base acrylic resin after an additional, soft-liner, heat-cure cycle. *Dent Mater* 1999; 15(4): 296-300.
- ISO 1567:1999, *Dentistry-Denture base polymers*, Third edition.
- Instrucciones de uso SR Ivocap® System*, Ivoclar Vivadent AG, Schaan/Liechtenstein. 2005.
- Instrucciones de uso Palaxpress®*, Heraeus Kulzer, Hanau. Alemania.
- Instrucciones de uso Probase Hot®*, Ivoclar Vivadent AG, Schaan/Liechtenstein. 06-2005.
- Sadamori S, Ganefiyanti T. Influence of thickness and location on the residual monomer content of denture base cured by three processing methods. *J Prosthet Dent* 1994; 72(1): 19-22.
- Kalipçilar B, Karaağaçlıoglu L. Evaluation of the level of residual monomer in acrylic denture base materials having different polymerization properties. *J Oral Rehabil* 1991; 18(5): 399-401.
- Miettinen VM, Vallittu PK. Release of residual methyl methacrylate into water from glass fibre-poly(methylmethacrylate) composite used in dentures. *Biomaterials* 1997; 18: 181-5.
- Lassila LV, Vallittu PK. Denture base polymer Alldent Sinoamer: mechanical properties, water sorption and release of residual compounds. *J Oral Rehabil* 2001; 28: 607-13.
- Gonçalves TS, Morganti MA. Allergy to auto-polymerized acrylic resin in an orthodontic patient. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129(3): 431-5.

BIBLIOGRAFÍA DE APOYO

- Vega del Barrio JM^a. *Materiales en Odontología*. Fundamentos biológicos, clínicos, biofísicos y físico-químicos. 1^a Ed. Barcelona: Editorial Avances; 1996: P 222-232 y 279-289.
- Anusavice. *La ciencia de los materiales dentales de Phillips*. Ed. Mc. Graw-Hill, 10a Edición, 1999: 3-7, 219-270.
- Craig. *Materiales dentales*. Editorial Interamericana, 3a Edición. 1985: 277-283.
- Skinner EW, Phillips RW. *La ciencia de los materiales dentales*. Argentina (Buenos Aires): Ed. Monai; 1970: 160-178, 179-193 y 194-213.
- Lung CYK, Darvell BW. Minimization of the inevitable residual monomer in denture base acrylic. *Dent Mater* 2005; 21(12): 1119-28.
- Pfeiffer P. Residual methyl methacrylate monomer, water sorption, and water solubility of hypoallergenic denture base materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2004; 92: 72-78.
- Habib J, Teresinha E. Cytotoxicity of denture base acrylic resins: a literature review. *J Prosthet Dent* 2003; 90(2): 190-3.
- Pfeiffer P, Rollete C. Flexural strength and moduli of hypoallergenic denture base materials. *J Prosthet Dent* 2005; 93(4): 372-7.
- Bayraktar G, Guvener B. Influence of polymerization method, curing process, and length of time of storage in water on the residual methyl methacrylate content in dental acrylic resins. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2006; 76(2): 340-5.
- Urban V, Machado A. Residual monomer of reline acrylic resins. Effect of water-bath and microwave post-polymerization treatments. *Dent Mater* 2007; 23(3): 363-8.
- Vallittu PK, Ruyter IE, Buykuilmaz S. Effect of polymerization temperature and time on the residual monomer content of denture base polymers. *Eur J Oral Sci* 1998; 106(1): 588-93.

12. Vallittu PK, Miettinen V, Alakuijala P. Residual monomer content and its release into water from denture base materials. *Dent Mater* 1995; 11(6): 338-42.
13. Dođan A, Bek B, Cevik NN, Usanmaz A. The effect of preparation conditions of acrylic denture base materials on the level of residual monomer, mechanical properties and water absorption. *J Dent* 1995; 23(5): 313-8.
14. Yilmaz H, Aydin C, Cađlar A, Yabar A. The effect of glass fiber reinforcement on the residual monomer content of two denture base resins. *Quintessence Int* 2003; 34(2): 148-53.
15. Takahashi Y, Chai J. Effect of water sorption on the resistance to plastic deformation of a denture base material relined with four different denture reline materials. *Int J Prosthodont* 1998; 80: 49-54.
16. Hochman N, Zalkind M. Hypersensitivity to methyl methacrylate: mode of treatment. *J Prosthet Dent* 1997; 77(1): 93-6.
17. Kedjarune U, Charoenworakul N. Release of methyl methacrylate from heat-cured and autopolymerized resins: cytotoxicity testing related to residual monomer. *Aust Dent J* 1999; 44(1): 25-30.
18. Mikai M, Koike M. Quantitative analysis of allergenic ingredients in eluate extracted from used denture base resin. *J Oral Rehabil* 2006; 33(3): 216-20.
19. Lung CY, Darvell BW. Methyl methacrylate monomer-polymer equilibrium in solid polymer. *Dent Mater* 2007; 23(1): 88-94.
20. Tsuchiya H, Hoshino Y, Tajima K, Takagi N. Leaching and cytotoxicity of formaldehyde and methyl methacrylate from acrylic resin denture base materials. *J Prosthet Dent* 1994; 71: 618-24.

Dirección para correspondencia:

Fernando Solórzano Lemus
Manuel Capetillo Mz.19 Lt. 19,
Col. San Miguel Teotongo, 09630
Tel. 26-35-68-71,
correo electrónico:
c.d.fernandosolorzano@hotmail.es