

بررسی تأثیر مواد مشابه غذا بر روی دو نوع کامپوزیت از نظر میزان آزاد شدن مونومر

دکتر مریم قوام^۱ - دکتر سکینه آرامی^{۲+} - دکتر الهام طباطبایی قمشه^۳

۱- دانشیار گروه آموزشی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران

۲- استادیار گروه آموزشی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران

۳- دندانپزشک

Effect of food simulating liquids on release of monomers from two dental resin composites

Ghavam M¹, Arami S², Tabatabai E³

1- Associate Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences

2- Assistant Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences

3- Dentist

Background and Aims: The elution of residual monomers from cured dental composites to oral cavity has a harmful effect on human health and can affect their clinical durability. The purpose of this study was to evaluate the amount of eluted monomers (Bis-GMA, TEGDMA, UDMA) from two types of composites (Gradia and P60) after exposure to food simulating liquids such as ethanol (25, 50, 75 %) and heptane 50 % for 24 hours and 7 days.

Materials and Methods: Forty specimens of each composite were prepared. Equal numbers of each composite were immersed in tubes containing 2cc volumes of 25, 50, 75 % ethanol and 50 % heptane. The amount of eluted monomers in standard condition such as Bis-GMA, TEGDMA and UDMA was measured by GC/MS (Gas Chromatography/Mass Spectroscopy). Data were statistically analyzed by three-way and one-way ANOVA. The level of significance was set at $P < 0.05$.

Results: The results showed that TEGDMA was the only released monomer from all specimens. Gradia significantly released more TEGDMA compared with P60. In assessing the effect of environment, the results showed that monomers released from ethanol were more than those released from heptane and the concentration rate of 75 % ethanol resulted in most monomers release. In assessing the effect of time, the observation showed that more monomers were released during 7 days compared to 24 hours.

Conclusion: Ethanol caused more release of monomers compared with heptane and 75 % ethanol released the most amounts of monomers. Gradia released more TEGDMA compared to P60. In addition, more monomers were released with increasing the time.

Key Words: Monomer; Dental composite; GC; Bis-GMA; TEGDMA; UDMA

Journal of Dental Medicine-Tehran University of Medical Sciences 2010;23(1):6-11

چکیده

زمینه و هدف: آزاد شدن اجزاء شیمیایی رزین‌های کامپوزیتی به محیط دهان می‌تواند دارای اثرات سوء روی سلامت انسان داشته باشد و همچنین دوام کلینیکی ترمیم‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. هدف از این تحقیق، بررسی اثر مایعات مشابه غذا بر روی میزان آزاد شدن مونومرهای BisGMA، TEGDMA و UDMA از دو نوع رزین کامپوزیتی P60 و Gradia در محیط‌های اتانول ۲۵٪ و ۵۰٪ و هپتان ۵۰٪ به مدت ۲۴ ساعت و ۷ روز بود.

روش بررسی: تعداد ۴۰ نمونه از هر کامپوزیت تهیه شد. تعداد ۵ نمونه از هر کامپوزیت در لوله‌هایی با حجم ۲cc محتوی محلول‌های مورد آزمایش به مدت ۲۴ ساعت و ۷ روز قرار گرفتند. سپس محتویات لوله‌ها جهت بررسی مونومرهای آزاد شده به دستگاه GC/MS (Gas Chromatography/Mass Spectroscopy) تزریق شدند. نتایج توسط تست‌های آماری One way و Three way ANOVA بررسی شدند. $P < 0.05$ سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

+ مؤلف مسؤول: نشانی: تهران - خیابان انقلاب - خیابان قدس - دانشگاه علوم پزشکی تهران - دانشکده دندانپزشکی - گروه آموزشی ترمیمی و زیبایی
تلفن: ۶۶۴۹۲۲۱۳ نشانی الکترونیک: nasrinarami@gmail.com

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تنها منومر TEGDMA از تمامی نمونه‌ها آزاد شد. Gradia به صورت معنی‌داری TEGDMA بیشتری آزاد می‌کند. غلظت‌های بالاتر اتانول (۷۵٪) موجب آزادسازی بیشتر منومر نسبت به غلظت‌های پایین‌تر می‌شود. از سوی دیگر هپتان نسبت به اتانول به طور کلی موجب آزادسازی کمتر منومر TEGDMA می‌شود. با افزایش زمان از ۲۴ ساعت تا ۷ روز، میزان منومر بیشتری آزاد می‌شود.

نتیجه‌گیری: اتانول بیش از هپتان باعث آزادسازی منومرها می‌شود، همچنان که غلظت بالاتر اتانول تأثیر بیشتری در رهاسازی منومرها دارد. از سوی دیگر کامپوزیت Gradia بیش از P60 سبب آزادسازی منومرها می‌شود. افزایش زمان نگهداری منومرها نیز باعث ادامه روند آزادسازی منومرها می‌گردد.

کلید واژه‌ها: منومر؛ کامپوزیت دندان؛ GC؛ Bis-GMA؛ TEGDMA؛ UDMA

وصول: ۸۸/۰۴/۱۲ اصلاح نهایی: ۸۸/۱۰/۱۳ تأیید چاپ: ۸۸/۱۲/۲۰

مقدمه

امروزه کاربرد مواد ترمیمی دندان بر پایه رزین کامپوزیت‌ها به طور گسترده‌ای پذیرفته شده است (۱).

این مواد، پلیمرهای پیچیده‌ای هستند که از منومرهای مختلف، آغازگرها، فعال‌کننده‌ها، ثابت‌کننده‌ها و پلاستی‌سایزرها و سایر افزودنی‌ها تشکیل شده‌اند (۲). ساختار پلیمری این مواد از یک یا مقدار بیشتری منومر اصلی تشکیل یافته است که از این گروه می‌توان به Bis-GMA (بیس فنول A-گلیسیدیل متاکریلات) و TEGDMA (تری اتیلن گلیسیدیل دی متاکریلات) و UDMA (اورتان دی متاکریلات) اشاره کرد (۳). مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که این ترکیبات مختلف ممکن است به محیط دهان آزاد شوند (۴). آزادسازی این مواد از قبیل منومرهای باقیمانده، الیگومرها و مواد حاصل از تحلیل زیستی کامپوزیت می‌توانند سازگاری نسبی این مواد ترمیمی را تحت تأثیر قرار دهند. از سوی دیگر مشخص شده است که این مواد می‌توانند دارای درجات متفاوتی از سمیت باشند (۵). در بعضی مطالعات اثرات سمیت سلولی، آلرژیک و حتی بیش از آن زئوتوکسیک این ترکیبات مورد ارزیابی قرار گرفته است (۶-۸).

فاکتورهای متنوعی در فرآیند آزادسازی منومرهای واکنش نیافته از شبکه پلیمری کامپوزیت‌ها دخالت دارند. Ferracane در سال ۱۹۹۴ نشان داد که ۳ عامل در آزادسازی منومرها مؤثر هستند:

۱- میزان ترکیبات مختلف موجود در ساختار کامپوزیت‌ها

۲- ساختار شیمیایی حلال

۳- اندازه و ساختار شیمیایی منومرها (۹)

در مطالعات مختلف به منظور ارزیابی میزان آزادسازی منومر از حلال‌های مختلفی از جمله آب مقطر، اتانول، بزاق، متانول و استونیتریل استفاده شده است (۴،۹،۱۰).

در این مطالعات نقش مهم حلال در فرآیند اجتناب ناپذیر آزادسازی منومرها، به دقت ارزیابی شده است. در این مطالعه، ما تأثیر مواد مشابه غذا را به عنوان حلال بر روی رزین‌های کامپوزیتی مورد سنجش قرار می‌دهیم. مواد مشابه غذایی که برای شبیه‌سازی این وضعیت استفاده می‌شوند باتوجه به راهنمای FDA (سازمان غذا و داروی آمریکا) انتخاب شده‌اند (۱۱). هپتان ۵۰٪ مشابه کره، گوشت چرب و روغن‌های گیاهی است، درحالی‌که محلول‌های اتانول با غلظت‌های ۲۵٪ و ۵۰٪ و ۷۵٪ شرایطی مشابه نوشابه‌های الکلی، نوشیدنی‌ها، سبزیجات و میوه جات را شبیه‌سازی می‌کنند (۱۲). این تحقیق با هدف ارزیابی تأثیر مواد مشابه غذا بر روی میزان آزادسازی منومر از دو نوع رزین کامپوزیتی P60 و گرادیا طی مدت زمان ۲۴ ساعت و ۷ روز طراحی شده است. برای بررسی نوع و میزان منومرهای آزاد شده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (Gas Chromatography) استفاده می‌شود.

روش بررسی

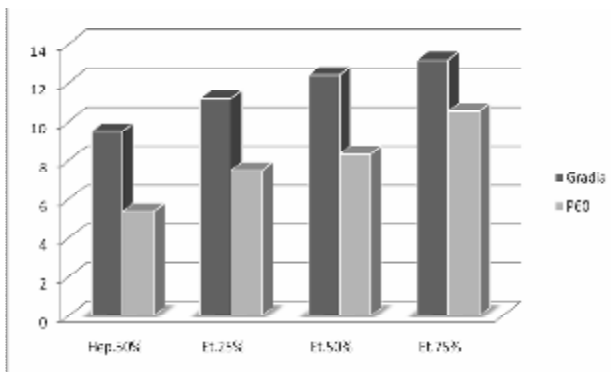
در این تحقیق تجربی آزمایشگاهی، تعداد ۸۰ نمونه از ۲ نوع کامپوزیت گرادیا و P60 (جدول ۱) (از هر کامپوزیت ۴۰ نمونه) به صورت استوانه‌ای و با استفاده از یک مولد استنلس استیل به قطر ۶ میلی‌متر و ارتفاع ۲ میلی‌متر تهیه گردید. مواد به وسیله اسپاتول کاملاً درون مولد فشرده شدند. به هنگام کیور، برای جلوگیری از تشکیل لایه Oxygen inhibited در هر دو سطح کامپوزیت نوار ماتریکس سلولوئیدی قرار داده شد. بر روی این نوار یک لامل قرار داده شد تا سطح نمونه‌ها صاف و نمونه کاملاً متراکم شده باشد، در ضمن نوک دستگاه در تماس با نمونه‌ها نباشد. اینسترومنت‌های مورد استفاده از جنس تفلون مخصوص کار با کامپوزیت بود. نمونه‌ها به وسیله

جدول ۱- مشخصات کامپوزیت‌های مورد استفاده

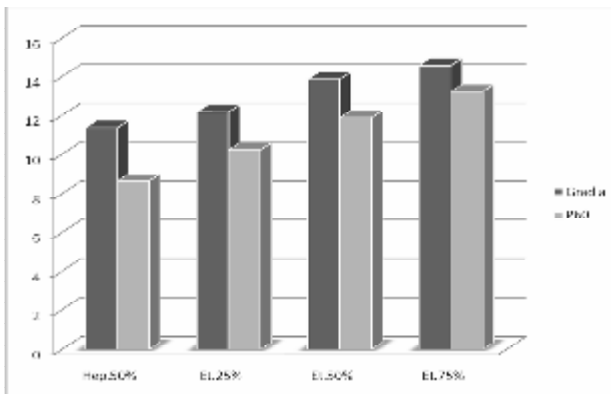
اندازه ذرات	فیلر	مواد ارگانیک	کارخانه سازنده	مواد
۰/۰۵-۰/۰۱	نانو فیلر	BisGMA/TEGDMA	GC dental CORP.(Japan)	گرادیا
۰/۰۳-۰/۰۵	زیرکونیا/ سیلیکا	BisGMA/UDMA/TEGDMA	3 M ESPE.(USA)	P60

یافته‌ها

در بررسی تأثیر کامپوزیت مشاهده شد که آزادسازی منومر TEGDMA از کامپوزیت گرادیا به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) بیش از کامپوزیت P60 رخ داد (اشکال ۱ و ۲). از سوی دیگر هنگام بررسی اثر محیط‌های نگهداری (مواد مشابه غذا) بر روی میزان آزادسازی TEGDMA مشاهده شد که با افزایش غلظت محلول‌های اتانول میزان رهاسازی منومر افزایش می‌یافت و بیشترین میزان آزادسازی TEGDMA در غلظت ۷۵٪ اتانول و کمترین میزان رهاسازی در غلظت ۲۵٪ آن انجام گرفت (اشکال ۱ و ۲).



شکل ۱- اثر نوع کامپوزیت و نوع محیط مشابه غذا بر میزان آزادسازی منومر در ۲۴ ساعت



شکل ۲- اثر نوع کامپوزیت و نوع محیط مشابه غذا بر میزان آزادسازی منومر در ۷ روز

دستگاه لایت کیور کالیبره Faraz Dentine ساخت ایران با قدرت ۳۰۰ وات مطابق دستور کارخانه سازنده پلیمریزه شدند و سپس به وسیله دیسک‌های Soflec پرداخت شده، زیر جریان آب شسته و با اسپری هوا خشک شدند. پس از آن از هر نوع کامپوزیت گروه‌های ۵ تایی در غلظت‌های ۲۵٪ و ۵۰٪ و ۷۵٪ اتانول و هپتان ۵۰٪ قرار گرفتند. برای اینکه همه سطوح نمونه‌ها با محیط‌های حلال در تماس باشد، در قسمت مرکزی نمونه‌ها توسط فرز الماسی ۰/۸ سوراخی ایجاد شد و با استفاده از الیاف نخی نمونه‌ها داخل لوله‌های محتوی غلظت‌های مختلف اتانول و هپتان به صورت معلق قرار گرفتند. حجم لوله‌ها ۲cc بود. درب لوله‌ها توسط فویل آلومینیومی کاملاً مسدود شد تا از تبخیر آب و تغییر غلظت آن جلوگیری شود. نمونه‌ها در شرایط یکسان و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و ۷ روز در محیط‌های ذکر شده قرار گرفتند.

بعد از طی دوره نگهداری، نمونه‌ها از لوله‌ها خارج و لوله‌ها تا زمان انجام آزمایش در یخچال نگهداری شدند. سپس محتویات لوله‌ها جهت آنالیز نمونه‌های آزاد شده در ظرف‌های مخصوص قرار گرفته و به دستگاه کروماتوگرافی تزریق شدند.

ابتدا از هر ۱۶ محیط یک نمونه به دستگاه GC/MS (Gas Chromatography/Mass Spectrometry) تزریق شد تا نوع منومرهای آزاد شده را مشخص کند. سپس سایر نمونه‌های هر محیط به دستگاه GC (Gas Chromatography) تزریق شدند تا میزان کمی منومرهای آزاد شده را مشخص نماید.

برای تحلیل داده‌ها آنالیز واریانس سه طرفه برای بررسی معنی‌دار بودن اثر ۳ متغیر با هم مورد استفاده قرار گرفت. آنالیز واریانس یک طرفه برای بررسی معنی‌دار بودن اثر هر یک از متغیرها به تنهایی با ثابت نگهداشتن دو متغیر دیگر استفاده شد. $P < 0/05$ سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد. کلیه عملیات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویراست ۱۱/۵ و تحت ویندوز XP انجام پذیرفت.

TEGDMA را آزاد کردند ولی منومرهای Bis-GMA و UDMA از هیچ کدام از کامپوزیت‌ها آزاد نشد. در این مطالعه از دستگاه‌های بسیار دقیق و حساس GC/MS و GC به منظور ارزیابی کیفی و کمی منومرها استفاده شد (۲).

دو نوع رزین کامپوزیت مورد استفاده در این مطالعه گرادیای (محتوی UDMA و TEGDMA) و P60 (محتوی Bis-GMA و TEGDMA) بودند. همچنین به منظور استفاده از مواد مشابه غذا طبق دستورالعمل FDA از هپتان ۵۰٪ و اتانول ۲۵٪ و ۵۰٪ استفاده شد (۱۲،۱۱). نتایج نشان داد که در مجموع کامپوزیت گرادیای بیش از کامپوزیت P60 منومر TEGDMA آزاد می‌کند. علت این پدیده به مسائل مختلفی از جمله درجه تبدیل منومر به پلیمر، تفاوت در نوع پلیمریزاسیون، شدت‌های شبکه سازی، ماهیت شیمیایی منومرها و حلال مربوطه می‌شود (۹،۱۳).

کامپوزیت گرادیای به علت دارا بودن درصد بیشتری ماتریکس رزینی قابل جریان احتمالاً حاوی مقادیر بالاتری TEGDMA (منومری با ویسکوزیتی پایین و حلالیت بالا در آب) می‌باشد (۲).

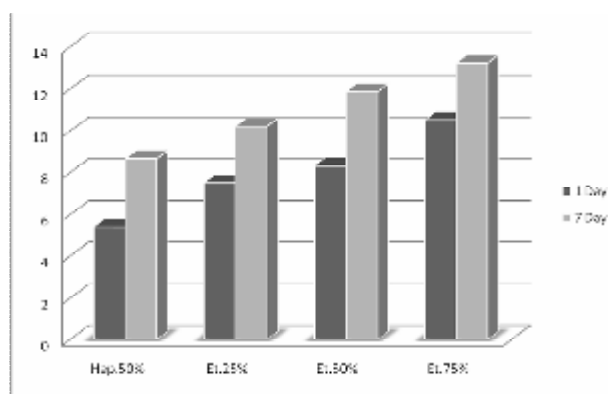
Thompson و همکاران در سال ۱۹۸۲ دریافتند که مولکول‌های کوچک‌تر TEGDMA در روند سریع‌تری نسبت به مولکول‌های بزرگ‌تر Bis-GMA آزاد می‌شوند (۱۴). Tanaka و همکاران نیز در سال ۱۹۹۱ دریافتند که بیشترین میزان آزادسازی منومر از یک کامپوزیت حاوی Bis-GMA/TEGDMA مولکول‌های TEGDMA بودند (۱۵). از سوی دیگر منومر Bis-GMA منومری است با وزن مولکولی بالا و ویسکوزیتی بسیار زیاد که دارای باندهای هیدروژنی قوی و حجیم است (۱۶). منومر UDMA منومری با وزن مولکولی ۲۲۵ و ساختار مولکولی $C_{11}H_{15}NO_4$ می‌باشد. ویژگی‌های این دو منومر باعث حلالیت بسیار کم این مواد شده و مانع از آزاد شدن آنها به محلول می‌شود (۳). در مطالعه‌ای که Spahl و همکاران در سال ۱۹۹۸ روی ۴ نوع رزین کامپوزیتی انجام دادند مشاهده کردند که منومر Bis-GMA آزاد نمی‌شود (۱۷).

همچنین Polydorou و همکاران در سال ۲۰۰۷ طی مطالعه‌ای که برای بررسی تأثیر اتانول بر روی ۲ نوع رزین کامپوزیتی انجام داده بودند دریافتند که از این ۲ نوع کامپوزیت نیز در دمای اتاق UDMA آزاد نمی‌شوند (۳). مطالعه حاضر همسو با مطالعات فوق است.

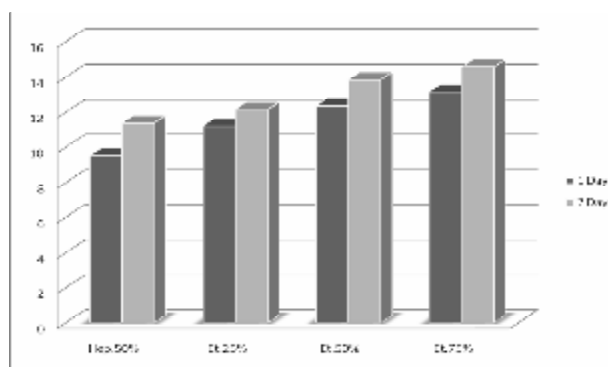
هپتان نسبت به اتانول به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) موجب آزادسازی کمتر منومر TEGDMA شد. به گونه‌ای که هپتان ۵۰٪ از اتانول ۲۵٪ نیز تأثیر کمتری در آزادسازی منومرهای باقیمانده داشت.

هنگام بررسی اثر زمان مشخص شد که با افزایش مدت زمان نگهداری نمونه‌ها در محیط‌های مشابه غذا، منومرهای بیشتری آزاد شدند، اما قسمت اعظم منومرهای آزاد شده در همان ۲۴ ساعت اول پس از پلیمریزه شدن آزاد شده‌اند (اشکال ۳ و ۴).

منومرهای Bis-GMA و UDMA در این شرایط محیطی زمانی، از دو نوع رزین کامپوزیتی گرادیای و P60 آزاد نشدند.



شکل ۳- اثر زمان نگهداری نمونه‌ها در محلول‌های مشابه غذا بر میزان آزادسازی منومر در کامپوزیت P60



شکل ۴- اثر زمان نگهداری نمونه‌ها در محلول‌های مشابه غذا بر میزان آزادسازی منومر در کامپوزیت گرادیای

بحث و نتیجه‌گیری

این تحقیق جهت بررسی میزان منومرهای آزاد شده از ۲ نوع رزین کامپوزیتی تحت تأثیر مواد مشابه غذا انجام گرفت. صرف نظر از نوع کامپوزیت، نوع محلول و مدت زمان نگهداری، هر دو کامپوزیت منومر

سخت شدن آزاد می‌شوند (۲۱). معهذ این روند طی روزهای بعد ادامه می‌یابد (۴). Shajii و Santerre در سال ۱۹۹۹ طی بررسی تأثیر فیلر بر روی تحلیل زیستی کامپوزیت‌های محتوی TEGDMA و BisGMA در طی مدت زمان‌های ۲۴ ساعت و ۷ روز دریافتند که با افزایش زمان ذخیره سازی نمونه‌ها در محلول اتانول میزان بیشتری منومر TEGDMA آزاد می‌شود که قسمت اعظم آن طی ۲۴ ساعت اول آزاد شده است (۱۶). مطالعه حاضر از این لحاظ با مطالعات فوق همسو است. با توجه به تأثیر مقلدهای غذایی به نظر می‌رسد که نوشابه‌ها و ترکیبات الکلی و نیز سبزیجات و میوه‌جات قدرت تحلیل برندگی بیشتری روی کامپوزیت دارند.

از آنجا که به نظر می‌رسد ساختمان شیمیایی منومرهای بکار رفته در کامپوزیت‌های دندان‌ی و میزان حلالیت آنها در مایعات مختلف یکی از عوامل مؤثر در آزادسازی منومرها باشد، پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتری در زمینه بررسی ساختار منومرها انجام گردد. همچنین بررسی اثرات سایتوتوکسیک این منومرها بر روی سلول‌های زنده نیز پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله نتیجه طرح تحقیقاتی مصوب معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران به شماره قرارداد ۲۷۸۹ می‌باشد که به این وسیله قدردانی می‌گردد.

- 1- Lin BA, Jaffer F, Duff MD, Tang YW, Santerre JP. Identifying enzyme activities within human saliva which are relevant to dental resin composite biodegradation. *Biomaterials*. 2005;26(20):4259-64.
- 2- Michelsen VB, Moe G, Skalevik R, Jensen E, Lygre H. Quantification of organic elutes from polymerized resin-based dental restorative materials by use of GC/MS. *J Chromatography B*. 2007;850(1-2):83-91.
- 3- Polydorou O, Trittler R, Hellwing E, Kummerer K. Elution of monomers from two conventional dental composite materials. *Dent Mater*. 2007;23(12):1535-41.
- 4- Geurtsen W. Substances released from dental resin composite and glass ionomer cements. *Eur J Oral Sci*. 1998;106(2 Pt 2):687-95.
- 5- Lefebvre CA, Schuster GS, Rueggeberg FA, Tamareslyv K. Responses of oral epithelial cells to dental resin components. *J Biomater Sci Polym Ed*. 1996; 7(11):965-76.
- 6- Hanks CT, Strawn SE, Wataha JC, Craig RG. Cytotoxic

در مطالعه حاضر به منظور ارزیابی تأثیر مواد مشابه غذا از غلظت‌های مختلف اتانول ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ و هپتان ۵۰٪ استفاده شد که مشاهده گردید با افزایش غلظت اتانول منومر TEGDMA بیشتری آزاد می‌شود. همچنان که هپتان نسبت به اتانول به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) تأثیر کمتری در آزادسازی منومر دارد. به نظر می‌رسد علت این امر، مولکول‌های قطبی اتانول باشد که با افزایش غلظت این مولکول‌های قطبی، رهاسازی منومرها از شبکه پلیمری تسهیل می‌شود. از سوی دیگر مولکول غیرقطبی هپتان، موجب آزاد شدن کمتر منومرها شده و به علت خواص غیرقطبی خود اجازه خروج منومرهای واکنش نیافته کمتری را از شبکه پلیمری می‌دهد (۱۸).

Kao در سال ۱۹۸۹ تأثیر مواد مقلد غذایی را روی ۲ نوع رزین کامپوزیتی و ۲ نوع سمان گلاس آینومر بررسی کرد. وی دریافت که هپتان نسبت به اتانول تأثیر کمتری در رهاسازی منومر از کامپوزیت دارد (۱۹). Lee و همکاران نیز در سال ۱۹۹۴ تأثیر مواد مشابه غذا را بر روی رزین‌های کامپوزیتی بررسی کردند. آنان دریافتند که غلظت‌های بالاتر اتانول موجب رهاسازی بیشتر TEGDMA می‌شود (۲۰).

در مطالعه حاضر نمونه‌های تهیه شده در بازه زمانی ۲۴ ساعت و ۷ روزه تحت تأثیر مواد مشابه غذا قرار گرفتند. مشاهده شد که با افزایش زمان نگهداری میزان TEGDMA رها شده افزایش می‌یابد ولی قسمت اعظم منومرهای واکنش نیافته در ۲۴ ساعت اول پس از

منابع:

- effects of resin component on cultured mammalian fibroblasts. *J Dent Res*. 1991;70(11):1450-5.
- 7- Kanerva L, Estlander T, Jolanki R. Allergic contact dermatitis from dental composite resins due to aromatic epoxy acrylates and aliphatic acrylates. *Contact Dermatitis*. 1989;20(3):201-11.
 - 8- Schweikl H, Altmannberger I, Hanser N, Hiller KA, Bolay C, Brochhoff G, et al. The effect of triethylene glycole dimetacrylate on the cell cycle of mammalian cells. *Biomaterials*. 2005;26(19):4111-8.
 - 9- Ferracane JL. Elution of leachable components from composites. *J Oral Rehabil*. 1994;21(4):441-52.
 - 10- Antonucci JM, Tott EE. Extent of polymerization of dental resins by differential scanning calorimetry. *J Dent Res*. 1983;62(2):121-5.
 - 11- Food and Drug Administration. FDA guidelines for chemistry and technology requirement of indirect additive petitions. Washington: FDA; 1976.

- 12- Akova T, Ozkomur A, Uysal H. Effect of food-simulating liquids on the mechanical properties of provisional restorative materials. *Dent Mater.* 2006;22(12):1130-4.
- 13- Yap AU, Han VT, Soh MS, Siow KS. Elution of leachable components from composites after LED and halogen light irradiation. *Oper Dent.* 2004;29(4):448-53.
- 14- Thampson LR, Miller EG, Bowles WH. Leaching of unpolymerized material from orthodontic bonding resin. *J Dent Res.* 1982;61(8):989-92.
- 15- Tanaka K, Taira M, Shintani H, Wakasa K, Yamaki M. Residual monomer TEGDMA and Bis-GMA of a set visible-light-cured dental composite resin when immersed in water. *J Oral Rehabil.* 1991;18(4):353-8.
- 16- Shajii L, Santerre JP. Effect of filler content on the profile of released biodegradation products in micro-filled Bis-GMA/TEGDMA dental composite resins. *Biomaterials.* 1999;20(20):1897-908.
- 17- Spahl W, Budzikiewicz H, Geurtsen W. Determination of leachable components from four commercial dental composite by gas and liquid chromatography. *J Dent Mater.* 1998;26(2):137-45.
- ۱۸- قوام مریم (استاد راهنما)، میرخواه شقایق. بررسی اثر مواد مقلد غذایی بر روی سختی سطحی دو نوع کامپوزیت و گلاس آینومر با استفاده از دستگاه سنجش سختی Wickers. پایان نامه تخصصی شماره ۴۲۸. دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران. ۱۳۷۵-۷۶.
- 19- Kao EC. Influence of food-simulating solvents on resin composite and glass ionomer cements. *Dent Mater.* 1989;5(3):201-8.
- 20- Lee SY, Greener EH, Mueller HJ, Chiu CH. Effect of food and oral simulating fluids on dentin and composites strength. *J Dent Mater.* 1994;22(6):352-9.
- 21- Ferracane JL, Condon JR. Rate of elution of leachable components from composite. *Dent Mater.* 1990;6(4):282-7.