

# تهیه و شناسایی مواد حالت پذیر بر پایه آلژینات برای کاربرد های دندان پزشکی

Preparation and Characterization of Alginate Impression Materials in Dental Applications

فرید فرهمند قوی، جلیل مرشدیان<sup>۱</sup>، محمد حسین رفیعی فتود<sup>۲</sup>

۱- مرکز تحقیقات پلیمر ایران، ۲- دانشگاه تهران، دانشکده علوم، گروه شیمی

دریافت: ۷۴/۹/۱۴، پذیرش: ۷۴/۱۰/۲۶

## چکیده

برای بدست آوردن انگوی دقیقی از شکل دندانها، از مواد حالت پذیر استفاده می شود. مواد حالت پذیر بر پایه آلژینات از نظر خواص کشسانی، استحکام، دقت در ثبت جزئیات دندان و سهولت قالبگیری بر انواع دیگر برتری دارند و بیشتر مورد استفاده دندانپزشکان قرار می گیرند. تهیه این مواد با توجه به میزان مصرف و عدم تولید آنها در داخل کشور، اهمیت بسیار دارد.

در این پژوهش، ابتدا اجزای سازنده بهترین نمونه ماده حالت پذیر برپایه آلژینات موجود به روشهای شیمیایی و دستگاهی مانند GC, NMR, IR, CHNO, GC, XRD, Leeco, AA و GPC شناسایی شده است. سپس، براساس نتایج تجزیه نمونه شاهد، فرمولندیهای گوناگونی تهیه شده و زمان گرفتن، میزان سختی، ازدیاد طول تا پارگی و استحکام کششی تعدادی از آنها بررسی و نتایج با نمونه شاهد جهت ارائه فرمولندی بهینه مقایسه شده است.

واژه های کلیدی: مواد حالت پذیر دندان، آلژینات، تهیه، شناسایی، ژل

**Key Words:** dental impression materials, alginate, preparation, characterization, gel

## عقدمه

در دندانپزشکی مواد حالت پذیر (impression materials) برای ثبت یا بازتولید شکل دندانها و بررسی نحوه ارتباط آنها با بافت های طبیعی دهان و همچنین ساختن مدل دقیقی از دندانها بکار می روند. در واقع، این مواد قالب منفی از دندان ایجاد می کنند که با پرکردن آنها با مواد قالبگیری یا گچ دندان قالبی مثبت که مشابه دندانهاست بدست می آید [۱].

تقریباً از نیمه قرن هجدهم استفاده از مواد حالت پذیر در دندانپزشکی معمول شده و امروزه این مواد کاربرد بسیاری یافته اند. گچ سجه سازی، روی اکسید و خمیر اوزنول، آگاز و آلژینات

هیدروکلوریدها از جمله ترکیباتی هستند که برای این منظور به کار گرفته می شوند [۲]. برهم کنش این مواد با بافت زنده دهان و مسائل بالینی ایجاد می کند که مواد حالت پذیر دارای خواص فیزیکی ویژه ای باشند، از جمله:

- ۱- بو و طعم مناسب و رنگ ثابت،
- ۲- نبود اجزای سمی و خوردنده در نمونه،
- ۳- زمان نگهداری نسبتاً طولانی و مناسب،
- ۴- عدم نیاز به وسایل پیچیده در حین کار،
- ۵- زمان گرفتن مناسب برای کارهای بالینی (زمان گرفتن فاصله زمانی بین مخلوط شدن بودر حالت پذیر و آب تا لحظه ای است که

خمیر حاصل حالت پلاستیکی پیدا می‌کند).

- ۶- استحکام و خواص کنسانی مناسب، به طوری که پس از خارج کردن ماده حالت پذیر از دهان خمیر آن شکسته یا پاره نشود.
- ۷- پایداری ابعادی در محدوده دمایی و رطوبتی معمول.
- ۸- سازگاری با مواد فلئبگیری.
- ۹- قابلیت ثبت دقیق جزئیات دندان [۳].

از آنجا که مواد حالت پذیر بر پایه آلزینات خواص کنسانی خوبی دارند، تهیه آنها آسان است. در ضمن، خمیر نهایی گرانروی مناسبی دارد. به طوری که می‌توان با استفاده از آن جزئیات سطح دندان را با دقت زیاد ثبت کرد. در نتیجه، این مواد از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. در حال حاضر، پودرهای حالت پذیر در ایران تولید نمی‌شود و به همین دلیل تهیه پودری حالت پذیر بر پایه آلزینات، مشابه نمونه خارجی، می‌تواند گام مفیدی در جهت تولید صنعتی مواد یادشده در ایران باشد.

برای استفاده از پودرهای آلزینات دار تنها کافی است که دندانپزشک پودر را به نسبت معینی (که توسط کارخانه سازنده مشخص می‌شود) با آب مخلوط کرده و خمیر حاصل را به وسیله سینی مخصوص به دهان بیمار وارد کند. پس از چند دقیقه خمیر به حالت پلاستیکی درمی‌آید و جزئیات سطح دندان روی آن ثبت می‌شود. سپس، دندانپزشک با همان سینی، خمیر پلاستیک را از دهان بیمار خارج کرده و آن را با مواد فلئبگیری پر می‌کند [۴].

معمولاً، اجزای اصلی پودر حالت پذیر بر پایه آلزینات از این فرارند: نمک آلزینات محلول در آب، عوامل شبکه‌ساز که موجب تشکیل ژل می‌شوند، مواد کندکننده فرایند تشکیل ژل، مواد افزودنی که سبب بهبود استحکام ژل و افزایش سرعت تشکیل آن می‌شوند و مواد پرکننده که برای افزایش حجم پودر خشک، کنترل گرانروی و قوام ژل بکار می‌روند. هنگامی که ماده حالت پذیر با آب مخلوط می‌شود، شامل شبکه‌ساز و نمک آلزینات با یکدیگر واکنش می‌دهند و ژل نامحلولی را ایجاد می‌کنند که بدین ترتیب سیستم جامد می‌شود. معمولاً از سرب سیلیکات، کروم (III) سولفات و کلسیم سولفات به عنوان عوامل شبکه‌ساز استفاده می‌شود [۵]. واکنش ژل شدن سریع و برگشت‌ناپذیر است، یعنی پس از انجام آن ماده دوباره به حالت اولیه خود بر نمی‌گردد. واکنش تشکیل ژل را می‌توان به طور ساده چنین نمایش داد:

سدیم سولفات + کلسیم آلزینات → کلسیم سولفات + سدیم آلزینات

برای آنکه واکنش در مدت زمان لازم برای انجام کارهای بالینی صورت گیرد، به پودر حالت پذیر ترکیبات کندکننده واکنش افزوده می‌شود. همچنین برای سرعت بخشیدن به واکنش تولید ژل، ترکیبات

شتاب دهنده به پودر اضافه می‌شود تا بیمار خسته نشده و وقت دندانپزشک نیز تلف نشود [۶].

در این پژوهش، ابتدا نمونه خارجی پودر حالت پذیر بر پایه آلزینات تجزیه شد و پس از شناسایی اجزای مختلف آن، فرمولبندی مناسبی بدست آمد و نمونه مشابهی ساخته شد. پس از آن، خواص مکانیکی نمونه ساخته شده اندازه‌گیری شد.

### تجربی

در این بخش مواد و دستگاههای مورد استفاده برای تجزیه نمونه خارجی و ساخت نمونه مشابه آن بررسی می‌شود.

### مواد

مواد مصرف شده عبارتند از: سدیم آلزینات ساخت شرکت کروموپان اسکاتلند، کلسیم سولفات دوآبه، خاک دیاتومه، سدیم بیروفسفات، اکسیدهای منیزیم و آلومینیم، n-هگزان و کلروفرم ساخت شرکت مرک آلمان، بتاسیم دگزا فلئوئورینات ساخت شرکت فلوکا و پارافین مایع.

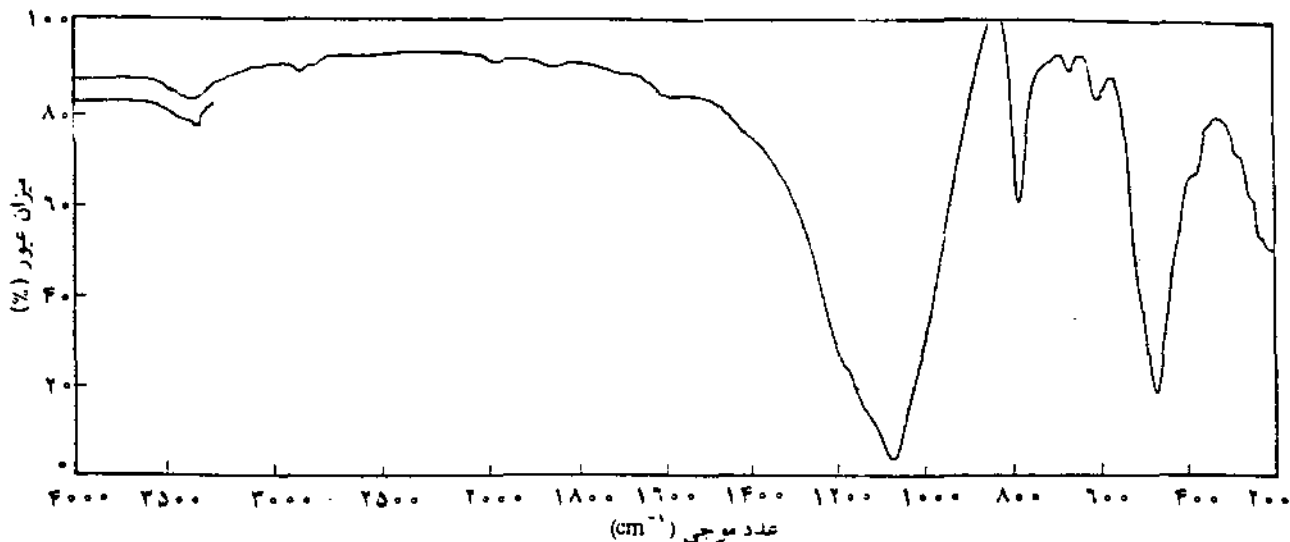
### دستگاهها

دستگاههای مورد استفاده در شناسایی نمونه شاهد و تعیین خواص نمونه تهیه شده عبارتند از: طیف‌سنج زیرقرمز فیلیس مدل ۱۷۱۲ PU، میکروسکوپ الکترون پوشی ساخت کمبریج مدل S ۳۶۰، جذب اتمی پرمین امر مدل ۲۳۸۰، گرماسنج پوشی تفاضلی پلمرلاب مدل STA-۶۲۵، کروماتوگراف ژل تراوی میلی‌پور مدل واترز C-۱۵۰، کروماتوگراف گازی کروپک مدل ۴۳۸، رزونانس مغناطیسی هسته پروکر مدل AC ۸۰ و ژئول مدل PMX ۶۰، تجزیه عنصری: کومدل CS ۱۲۵، تجزیه عنصری CHNO فوس هراس، ریزسختی‌سنج (microhardness tester) والک، پراش پرتو ایکس زینس مدل D ۵۰۰۰ و دستگاه اندازه‌گیری کشش اینترون مدل ۶۰۲۵.

### روشها

#### تجزیه نمونه خارجی

پودر حالت پذیر آلزینوپلاست، ساخت کارخانه بایر هلند، بهترین ماده حالت پذیر بر پایه آلزینات موجود در کشور است. از این رو، آزمایشهای تجزیه روی این پودر (نمونه شاهد) انجام شد. ابتدا نمونه شاهد در کوره سوزانده و مواد معدنی آن جداسازی و اندازه‌گیری شد. سپس، برای شناسایی خاکستر حاصل طیف IR آن برداشت و طیف پراش پرتو ایکس آن نیز بررسی شد. به کمک تجزیه پرتو ایکس، عناصر فلزی موجود در خاکستر مشخص گردید. برای تعیین درصد عناصر



شکل ۱ - طیف IR خاکستر نمونه شاهد (ماده پرکننده).

برای شناسایی رنگ، مقدار ۱۸g پودر خشک پس از استخراج پارافین به مدت ۶ ساعت در دستگاه سوکسله قرار گرفت و به وسیله بازروانی رنگ با کثروفرم استخراج گردید. پس از تبخیر حلال اضافی از ذرات قرمز رنگ باقیمانده طیف IR برداشت شد.

برای تایید نتایج حاصل از تجزیه نمونه شاهد و شباهت آن با نمونه‌ای که براساس نتایج تجزیه ساخته شد، گرماتگاشت DSC-TG مطابق شرایط زیر برداشت گردید:

از دمای ۲۵ تا ۴۵۰°C گاز N<sub>2</sub> و در محدوده دمایی ۴۵۰ تا

فلزی دستگاه جذب اتمی مورد استفاده قرار گرفت. عناصر نافلزی مانند کربن و گوگرد به کمک دستگاه تجزیه عنصری نکو و فسفر و سیلیس به روش شیمیایی شناسایی و مقدار آنها معین شد [۷].

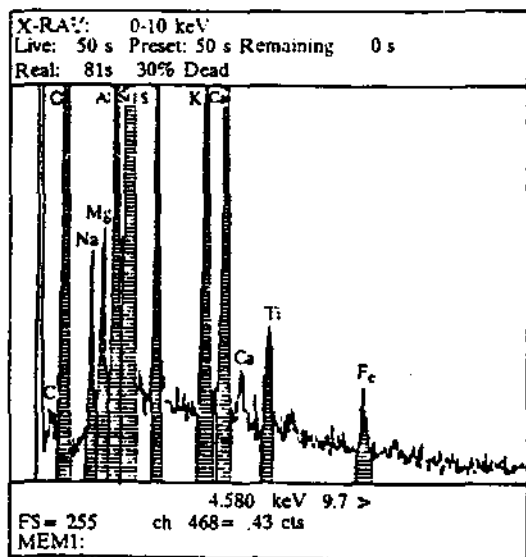
جد سازی نمک آلومینات از نمونه شاهد به کمک محلول تیلن دی آمین تتراستیک اسید (EDTA) ۰/۱ M انجام گرفت و طیف IR آن برداشت شد [۸]. وزن مولکولی نمک آلومینات جد سازی شده به کمک دستگاه کروماتوگرافی ژل تراوا و با شرایط زیر معین شد:

فاز متحرک آب؛ سرعت حرکت فاز متحرک ۱/۰ mm/min؛ استاندارد پلی اتیلن اکسید (PEO)؛ زمان آزمایش ۲۰ دقیقه؛ آشکارساز UV؛ طول موج ۲۵۰ nm و حجم تزریق ۲۰ μL.

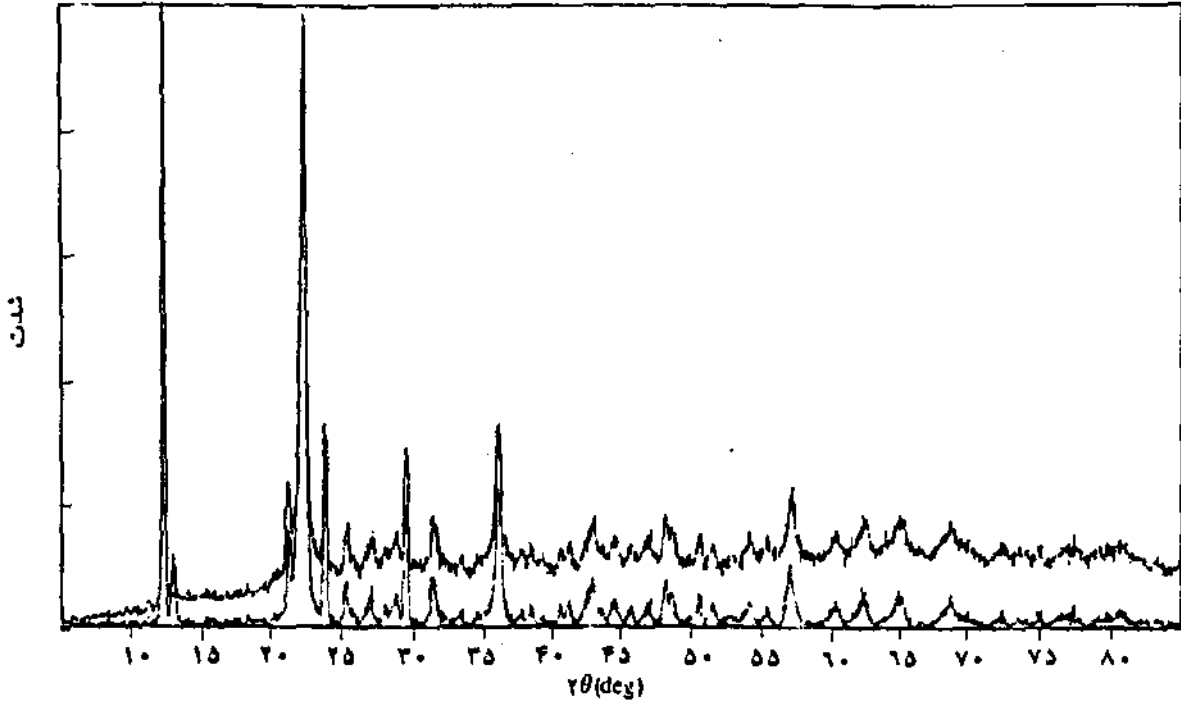
تجزیه عنصری CHNO نیز روی نمک آلومینات انجام شد. پودر حالت پذیر آلومینوپلاست صورتی رنگ است. پس از استخراج رنگ معلوم شد که علاوه بر آن، نمونه دارای یک ترکیب پارافینی است. پارافین نمونه (۲۰g پودر) به وسیله بازروانی به مدت ۸ ساعت در دستگاه سوکسله با حلال n-هگزان استخراج شد.

پس از تبخیر حلال اضافی، پارافین به مدت ۲ ساعت در آون با دمای ۵۰°C قرار گرفت و پس از خشک شدن و رسیدن به وزن ثابت درصد آن معین گردید. از پارافین حاصل طیف IR و NMR (به کمک حلال CCl<sub>4</sub> و استاندارد TMS) برداشت شد و دامنه جوش آن معین گردید. رنگ نگاشت گازی آن نیز مطابق شرایط زیر بدست آمد:

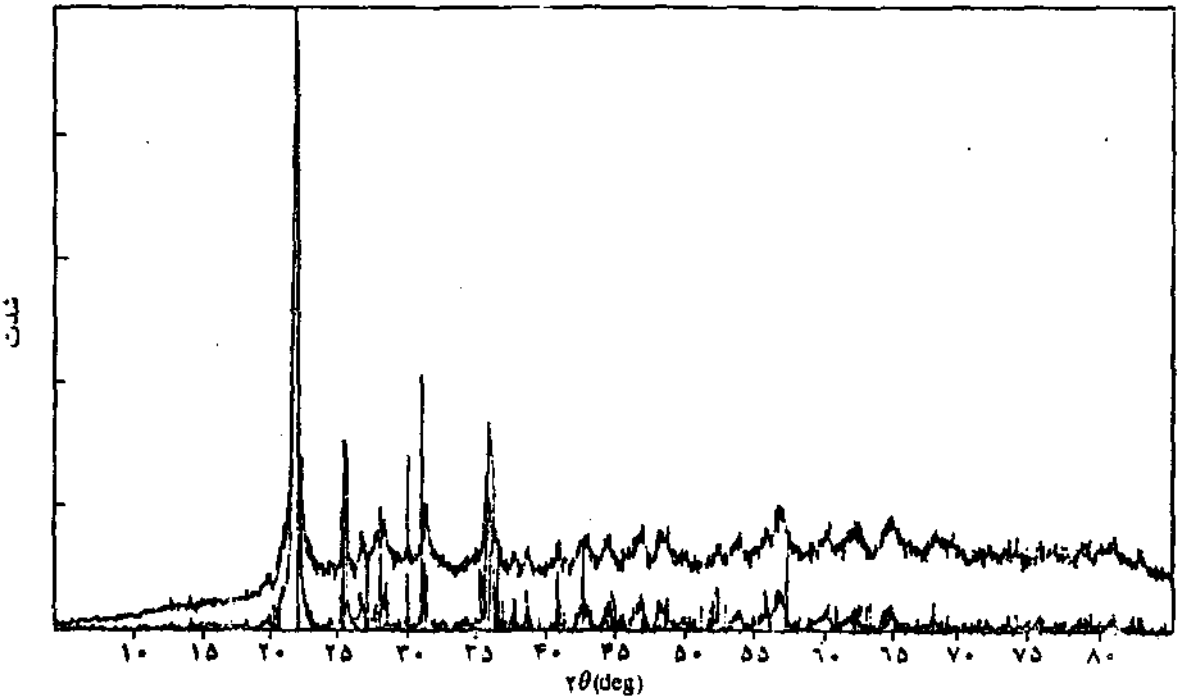
ستون موئین؛ آشکارساز نوع FID؛ گاز حامل هلیوم و حجم تزریق ۲ μL.



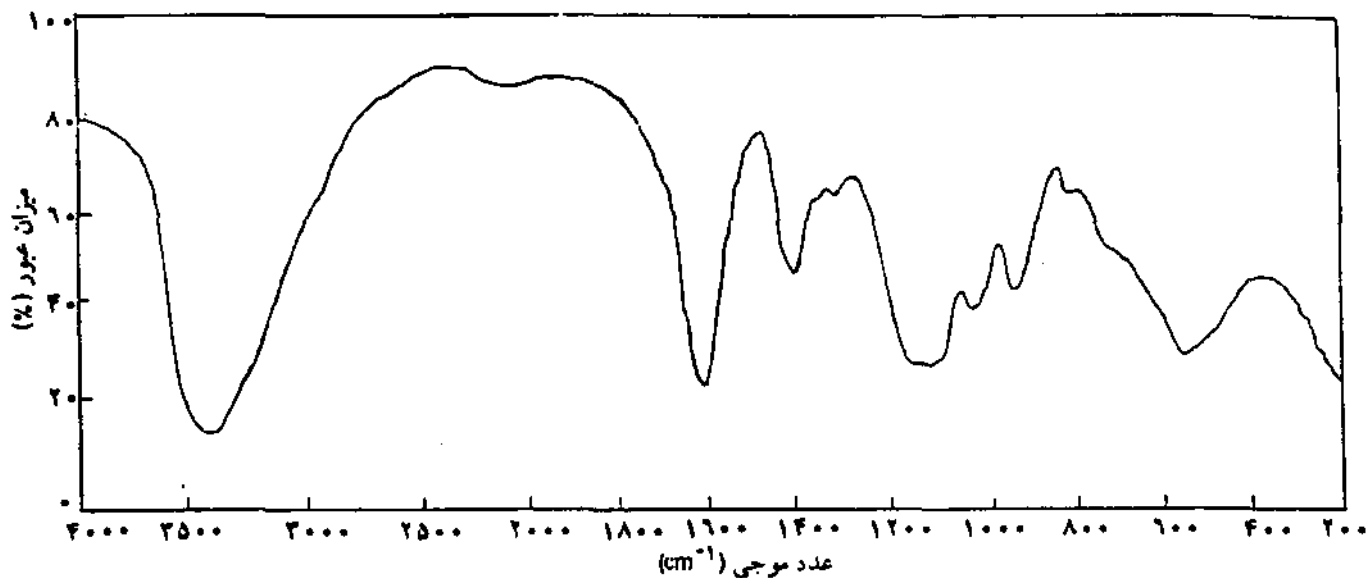
شکل ۲ - تجزیه انرژی تفکیکی بر توایکس خاکستر نمونه شاهد.



شکل ۳- طیف پراش پرتو ایکس نمونه شاهد.



شکل ۴- طیف پراش پرتو ایکس خاکستر نمونه شاهد.



شکل ۵ - طیف IR نمک آلزینات استخراج شده از نمونه شاهد.

دقیقه مخلوط و به آن آب با نسبت ۳:۱ افزوده شد و خمیری بدست آمد که پس از چند دقیقه پلاستیکی گردید. خواص مکانیکی ماده پلاستیکی حاصل اندازه گیری شد.

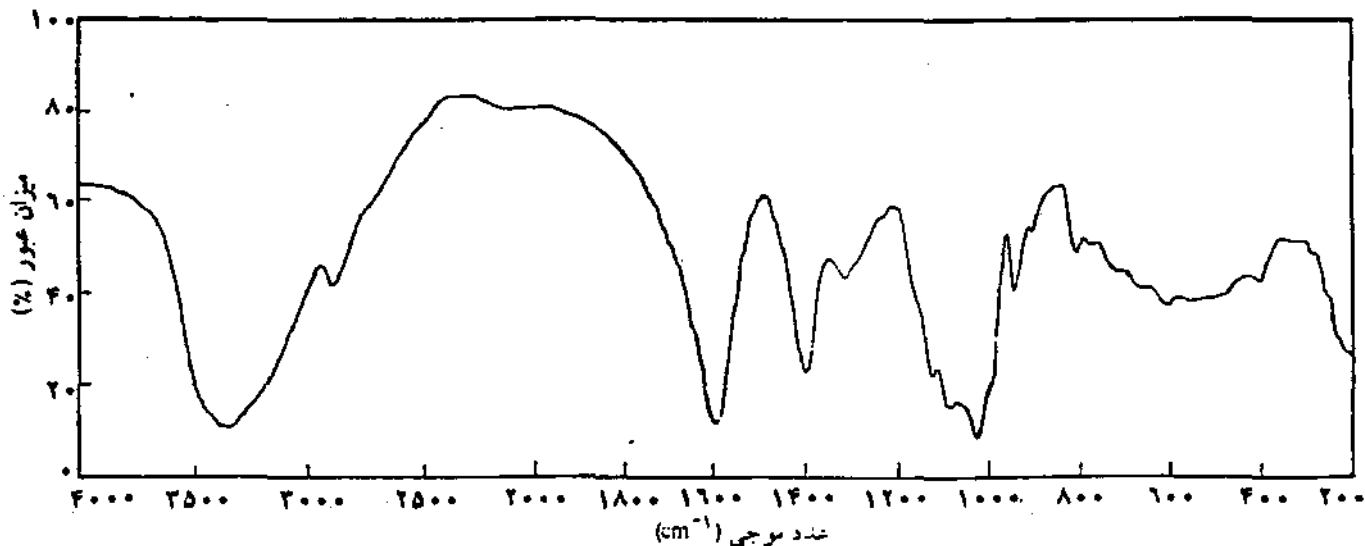
۵۵۰°C گاز O<sub>2</sub> وارد سیستم شد. سرعت گرمادهی نمونه‌ها ۲۰°C/min بود.

تهیه نمونه مشابه

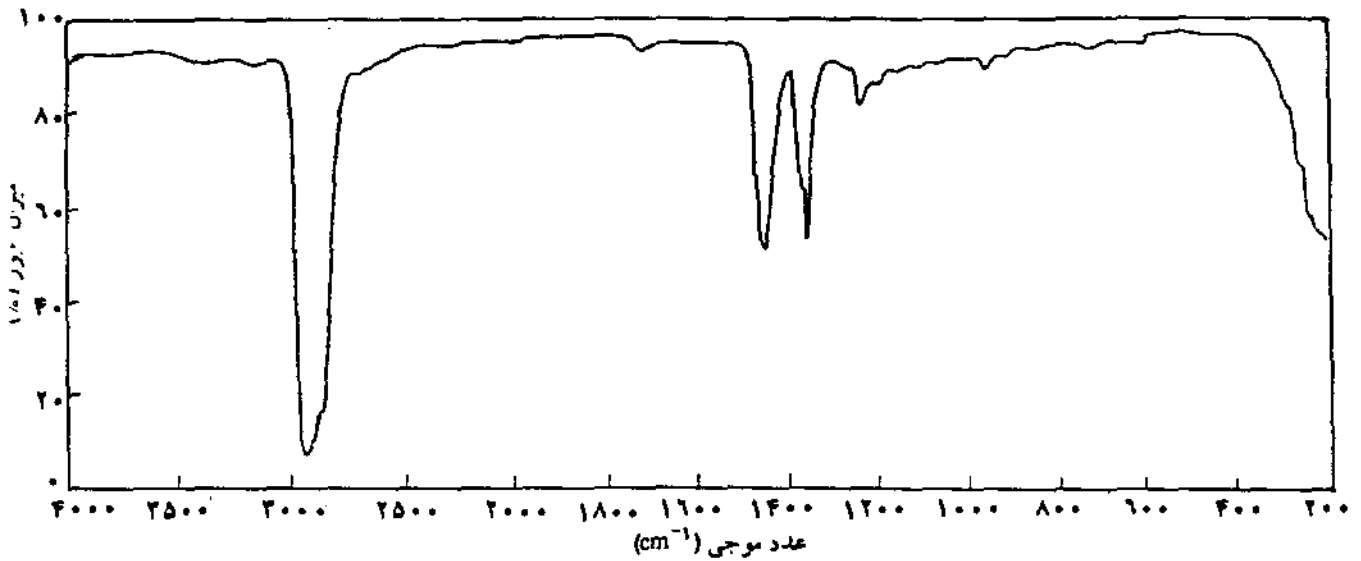
همین خواص مکانیکی نمونه ساخته شده

برای تعیین زمان گرفتن نمونه‌ها، پودر آنها با آب به نسبت ۳:۱ مخلوط شد و به استوانه‌ای به قطر ۲۵ و ارتفاع ۳mm انتقال یافت. از زمان اختلاط پودر با آب تا زمانی که خمیر به حالت پلاستیکی درآید، زمان گرفتن محسوب می‌شود. برای آزمایش حالت پلاستیکی باید به

براساس نتایج حاصل از تجزیه نمونه شاهد و مواد موجود در داخل کشور، فرمولبندیهای گوناگونی تهیه شد. ابتدا تمام مواد پودری تشکیل دهنده پودر حالت پذیر از الک ۸۰ مش گذرانده شد [۹] و سپس، این مواد را با نسبتهای مشخص حاصل از تجزیه نمونه شاهد مخلوط شد و پارافین مایع نیز اضافه گردید. آن‌گاه، مواد به مدت ۲۰



شکل ۶ - طیف IR پتاسیم آلزینات شرکت کرومویان.



شکل ۷- طیف IR پارافین استخراج شده از نمونه شاهد.

فاصله‌های زمانی ۱۰ ثانیه میله‌ای از جنس پلی‌متیل متاکریلات بر روی سطح نمونه کشیده شود. زمانی که نمونه به میله نجسبید، نمونه حالت پلاستیکی پیدا کرده است [۱۰].

سخنی نمونه‌ها، ۲ ساعت پس از اختلاط پودر با آب و در حالی که در دستمال مرطوبی پیچیده شده بودند، با دستگاه ریزسخنی سنج اندازه‌گیری شد. همه نمونه‌ها به شکل استوانه‌ای به قطر ۲۵ و ارتفاع ۳mm بودند. برای اندازه‌گیری استحکام کششی نمونه‌ها، ۱ ساعت پس از اختلاط پودر با آب و در حالی که نمونه‌ها در دستمال مرطوب پیچیده شده بودند بین دو فک دستگاه قرار گرفتند و در شرایط زیر آزمایش شدند:

ابعاد نمونه ۳mm x ۱۰۰ x ۱۰۰، سرعت ۱mm/min و دما ۲۵°C.

### نتایج و بحث

پس از سوزاندن نمونه شاهد در کوره، مواد معدنی آن که معادل ۸۳ درصد کل نمونه بود جداسازی شد. از مقایسه طیف IR خاکستر حاصل با طیف مرجع معلوم شد که ماده پرکننده پودر مورد آزمایش خاک دیاتومه است (شکل ۱). با تعیین مقدار  $SiO_2$  موجود در نمونه به روش شیمیایی، مقدار خاک دیاتومه حدود ۵۸ درصد کل نمونه محاسبه شد. نتایج پراش پرتو ایکس خاکستر نیز وجود  $SiO_2$  را در نمونه تایید کرد. تجزیه انرژی تفکیکی پرتو ایکس خاکستر نیز نشان داد که علاوه بر Si عناصر دیگری مانند K، Mg، Al، Na، Ca، Ti نیز در نمونه وجود دارند (شکل ۲). درصد عناصر فلزی یادشده با روش طیف‌نمایی جذب اتمی معین شد که نتایج در جدول ۱ آمده است (آزمایش روی



شکل ۸- رنگ‌نگاشت گازی روغن استخراج شده از نمونه شاهد.

جدول ۱- نتایج طیف نگاری جذب اتمی پودر حالت پذیر.

عناصر	Ca	K	Al	Mg	Ti	Na
درصد	۲/۸	۲/۹	۲/۶	۱/۴	۱/۲	۰/۲

نمونه شاهد صورت گرفت).

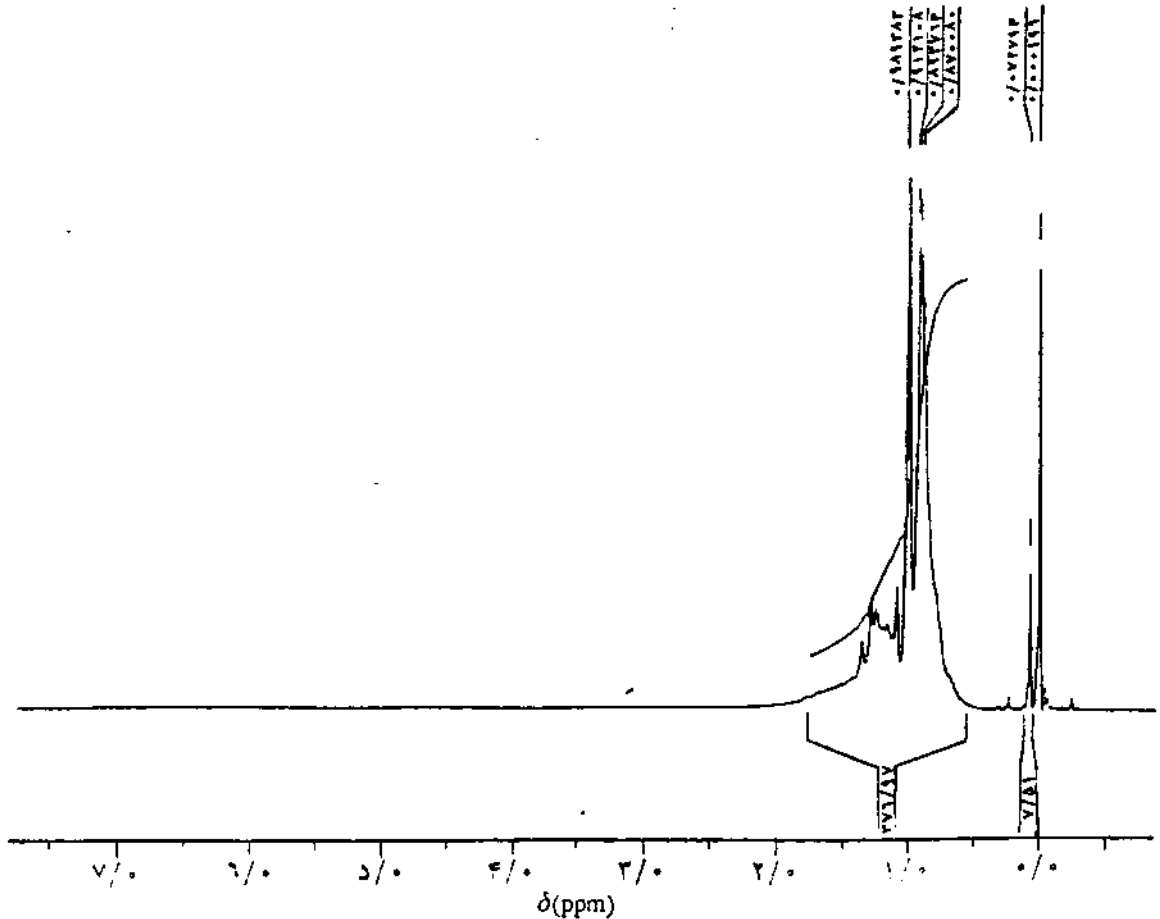
درصد کربن، گوگرد و فسفر نیز به ترتیب ۴/۴، ۲/۴ و ۰/۲ درصد بدست آمد. طبق نتایج پراش پرتو ایکس نمونه شاهد و خاکستر آن، گوگرد و کلسیم به کلسیم سولفات دوآبه مربوط است. پراش پرتو ایکس نمونه شاهد و خاکستر آن به ترتیب در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. در این نمودارها کلسیم سولفات به صورت بی آب ظاهر شده است. معمولاً نمک‌های کلسیم به عنوان عامل شبکه‌ساز به پودر اضافه می‌شوند و مقدار آن طبق محاسبات ۴/۰۴ درصد نمونه است. وجود فسفر در نمونه می‌تواند معرف وجود ترکیبات کندکننده تشکیل ژل در آن باشد؛ زیرا طبق مطالعات انجام شده [۱۱، ۱۲] از ترکیبات فسفردار برای این منظور استفاده می‌شود.

نسبت سدیم به فسفر بیشتر با مقدار این نسبت در ترکیب سدیم بیروفسفات مشابه است تا ترکیبات فسفات دار. بنابراین و به احتمال زیاد.

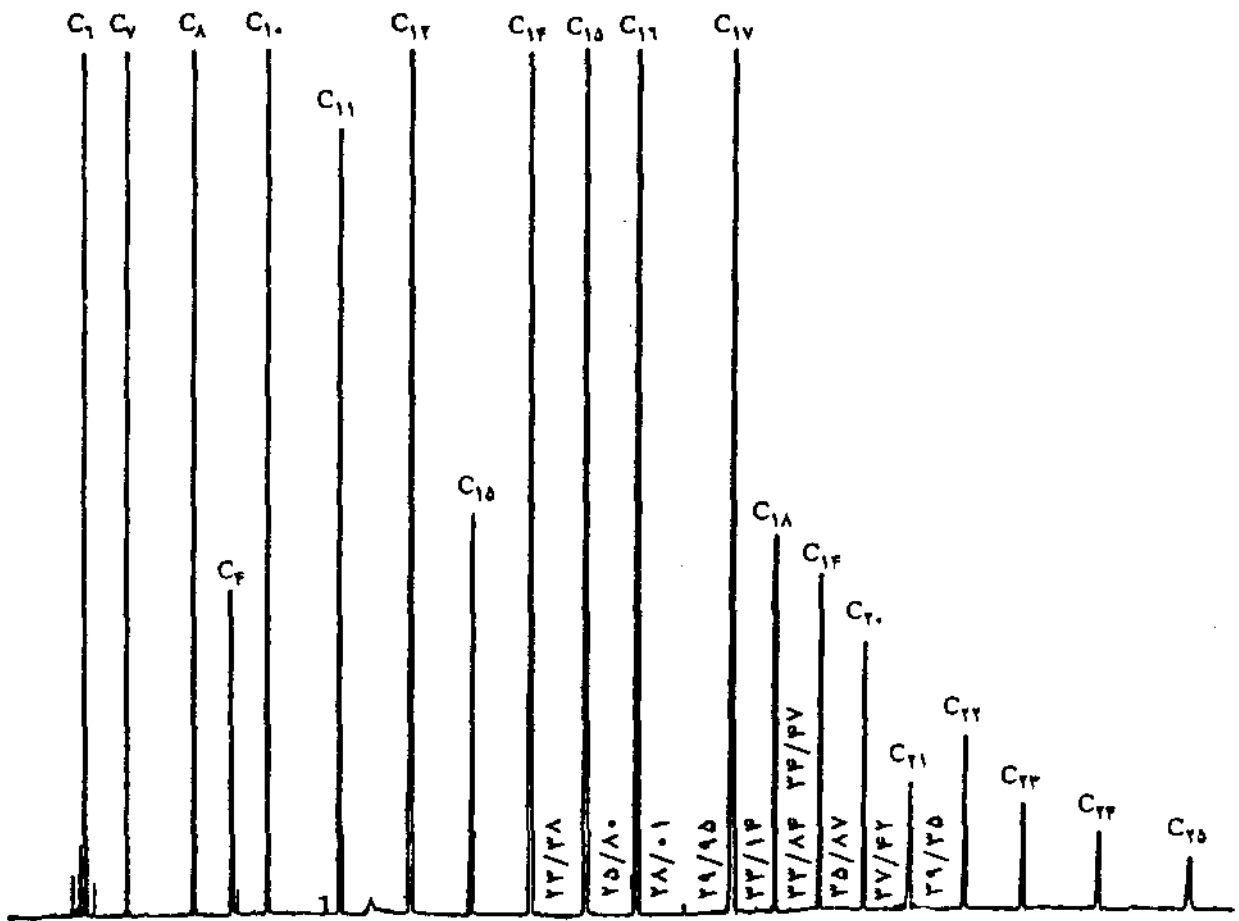
ترکیب کندکننده تولید ژل، بیروفسفات سدیم است و طبق محاسبه میزان آن ۱/۴۴ درصد نمونه است. با توجه به مراجع موجود. ترکیبات سیلیکات دار و نمک‌های فلئوروتیتانات به عنوان شتاب‌دهنده تولید ژل به پودر حالت پذیر اضافه می‌شوند [۱۴، ۱۳]. وجود تیتان در نتایج آزمایش‌های جذب اتمی و تجزیه انرژی تفکیکی پرتو ایکس می‌تواند نشان‌دهنده وجود پتاسیم هگزافلوئوروتیتانات در پودر باشد که مقدار آن معادل ۵ درصد نمونه است.  $Al_2O_3$  و  $MgO$  نیز برای بهبود کیفیت و افزایش استحکام ماده حالت پذیر به آن افزوده می‌شوند و طبق محاسبه مقادیر آنها به ترتیب معادل ۴/۷ و ۲/۳۳ درصد است.

نمک آلزینات از نمونه شاهد جداسازی و از آن طیف IR برداشت شد (شکل ۵) که مشابه طیف IR پتاسیم آلزینات است (شکل ۶). در تجزیه عنصری نیز وجود C، H، N و O تایید شد. نتایج تعیین وزن مولکولی نمک آلزینات به کمک دستگاه GPC از این قرارند:

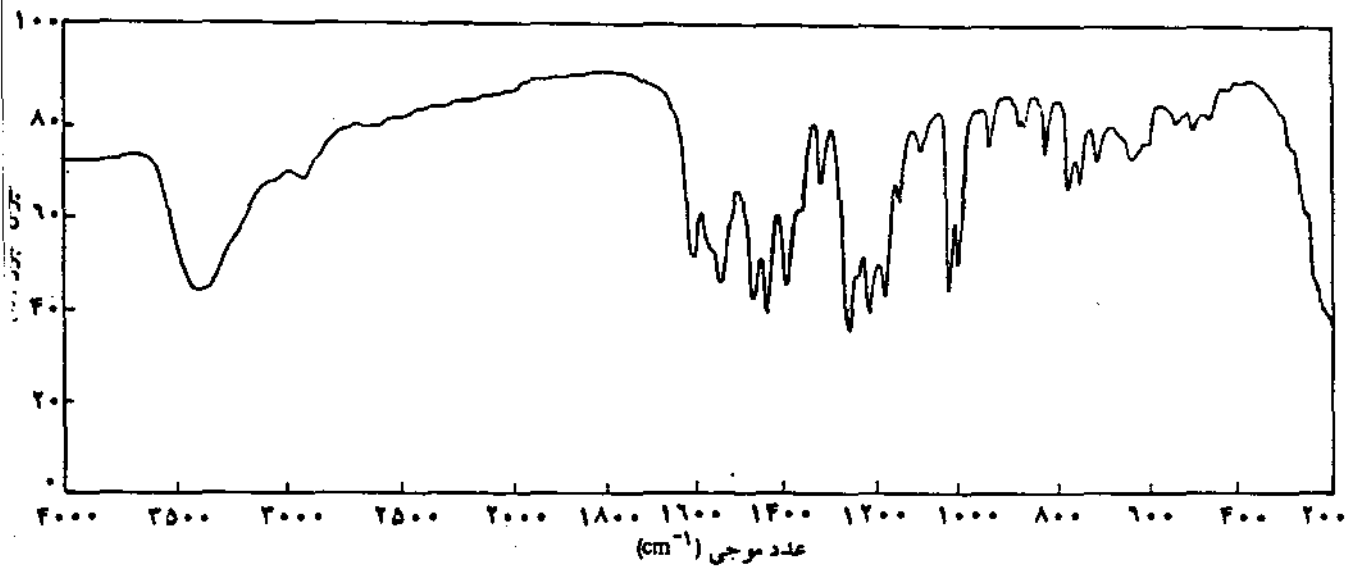
متوسط عددی وزن مولکولی ( $M_n$ ) ۵۱۳۰۰، متوسط وزنی مولکولی ( $M_w$ ) ۵۴۷۰۰ و چندپراکنی ( $X_n = \frac{M_w}{M_n}$ ) ۱/۰۶.



شکل ۹- رنگ نگاشت هیدروکربن‌های سیر شده زنجیری  $C_6$  تا  $C_{20}$ .



شکل ۱۰ - طیف NMR پارافین استخراج شده از نمونه شاهد.



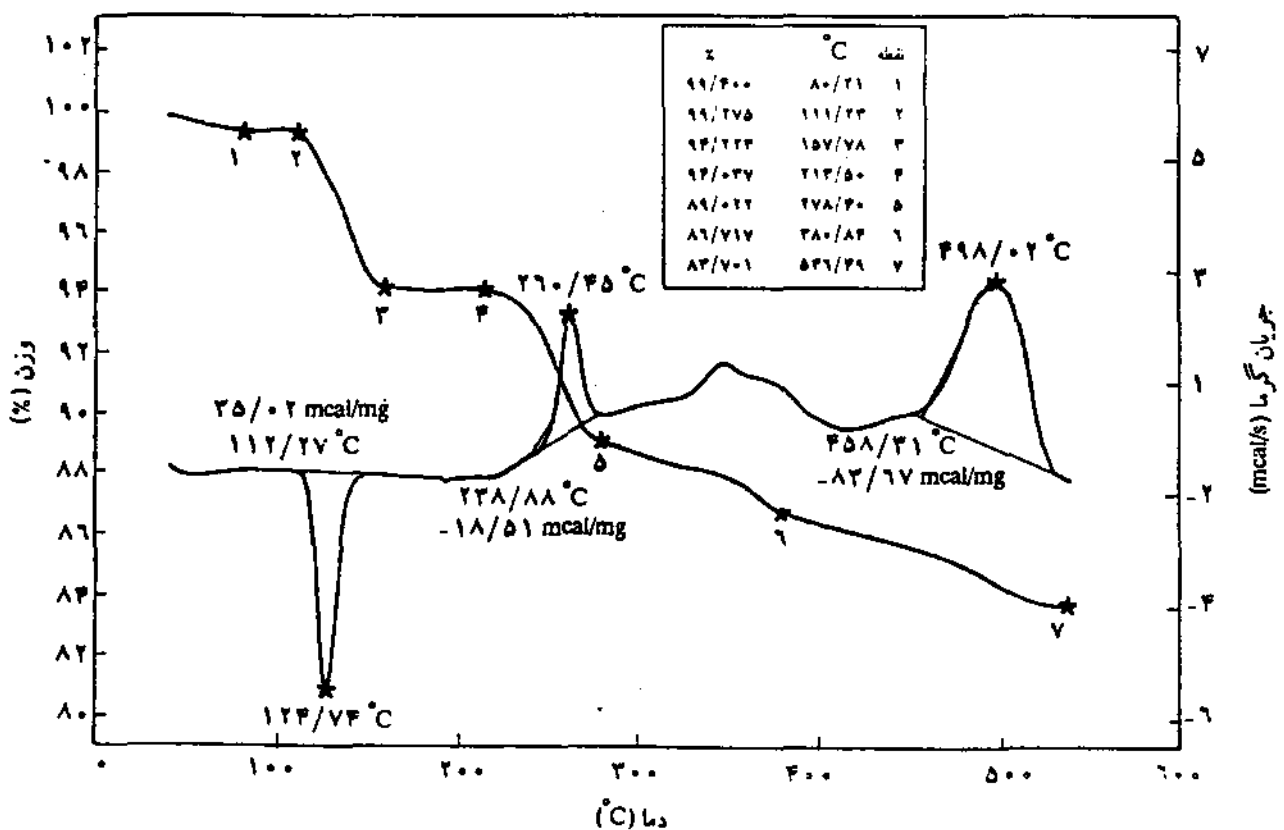
شکل ۱۱ - طیف IR رنگ استخراج شده از نمونه شاهد.



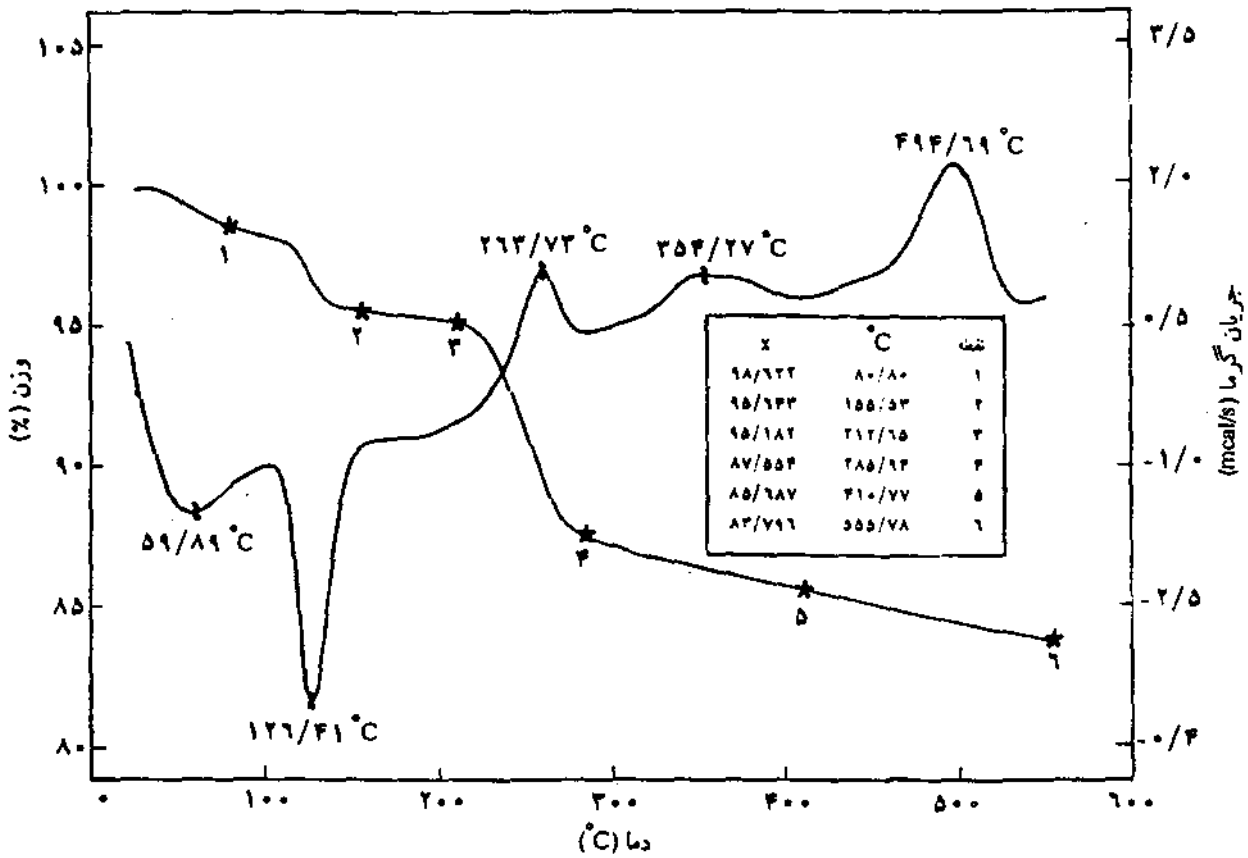
شماره فرمولبندی	سدیم آلزینات	کلسیم سولفات	خاک دیاتومه	سدیم بیروفسفات	پتاسیم هگزافلوئورو تیتانات	منیزیم اکسید	آلومینیم اکسید	پارافین مایع	زمان گرفتن (s)	میزان سختی (Shore A)
۱	۱۳/۵۹	۱۲/۰۴	۵۸/۷	۱/۴۴	۵	۲/۳۳	۴/۷	۲/۱	۱۰۵	۲/۷
۲	۱۰	۱۲/۰۴	۵۸/۷	۱/۴۴	۵	۲/۳۳	۴/۷	۲/۱	۱۳۰	۲/۱
۳	۲۱	۱۲/۰۴	۵۸/۷	۱/۴۴	۵	۲/۳۳	۴/۷	۲/۱	۹۰	۲/۹
۴	۱۳/۵۹	۹/۵	۵۸/۷	۱/۴۴	۵	۲/۳۳	۴/۷	۲/۱	۱۲۵	۲/۳
۵	۱۳/۵۹	۲۰	۵۸/۷	۱/۴۴	۵	۲/۳۳	۴/۷	۲/۱	۶۵	۲/۶
۶	۱۳/۵۹	۱۲/۰۴	۲۹/۳	۱/۴۴	۵	۲/۳۳	۴/۷	۲/۱	۹۵	۰/۸۵
۷	۱۳/۵۹	۱۲/۰۴	۱۱۷	۱/۴۴	۵	۲/۳۳	۴/۷	۲/۱	۲۴۰	۳/۱
۸	۱۳/۵۹	۱۲/۰۴	۵۸/۷	۰/۷۲	۵	۲/۳۳	۴/۷	۲/۱	۸۰	۲/۶
۹	۱۳/۵۹	۱۲/۰۴	۵۸/۷	۲/۸۸	۵	۲/۳۳	۴/۷	۲/۱	۲۳۰	۲/۱

پارافین استخراج شده از پودر ۲/۱ درصد نمونه را تشکیل می‌دهد که طیف IR آن در شکل ۷ آمده است. پارافین حاصل دارای دامنه جوش ۱۴۰ تا ۱۷۰°C است و از مقایسه رنگ نگاشت گازی

با توجه به نتایج جذب اتمی (پتاسیم و سدیم به ترتیب ۲/۹ و ۰/۳ درصد) معلوم شد که نمک آلزینات موجود از نوع پتاسیم آلزینات است.



شکل ۱۲ - گرماینگاشت DSC-TG نمونه شاهد.



شکل ۱۲- گرماتگشت DSC-TG نمونه تهیه شده با فرمولبندی بهینه.

بودر تالک و به جای سدیم پیروفسفات از سدیم فسفات استفاده گردید درصد مواد به همراه نتایج اندازه گیری میزان سختی و زمان گرفتن برای ۹ فرمولبندی در جدول ۲ آمده است. در این جدول فرمول ۱ بهینه است که در جدول ۳ زمان گرفتن، سختی، استحکام کششی و ازدیاد طول تا پارگی آن با نمونه شاهد مقایسه شده است.

چون سدیم آلزینات موجود دارای وزن مولکولی حدود نصف وزن مولکولی آلزینات به کار رفته در نمونه شاهد است، افت قابل توجهی در خواص مکانیکی مشاهده می شود که با افزایش یا کاهش مواد به کار رفته نمی توان آن را جبران کرد.

برای اطمینان از شباهت خواص محصول با نمونه شاهد،

جدول ۳- مقایسه خواص مکانیکی فرمولبندی بهینه و نمونه شاهد.

نمونه	استحکام کششی (N/mm <sup>2</sup> )	میزان سختی (Shore A)	زمان گرفتن (s)	ازدیاد طول تا پارگی (%)
نمونه شاهد	۰/۰۵۲۹۷	۴/۱	۱۵۰	۱۷/۹۶
فرمول بهینه	۰/۰۱۹۳۶	۲/۷	۱۰۵	۱۵/۹۲

آن (شکل ۸) با رنگ نگاشت مرجع (شکل ۹) پیداست که مخلوطی از پارافینهای C<sub>۲۰</sub> تا C<sub>۲۶</sub> است. با توجه به طیف NMR پارافین استخراج شده در شکل ۱۰، پارافینی بودن آن ثابت و معلوم می شود که این پارافین فاقد ترکیبات آروماتیک است. پارافین به پودر حالت پذیر به عنوان افزاینده خاصیت کشسانی و ترکیب ضدغبار اضافه می شود. از طیف IR رنگ استخراج شده (شکل ۱۱) نیز پیداست که مشابه رنگ قرمز ۴۸ از خانواده رنگهای مونوآزو است و مقدار آن در نمونه ناچیز است.

بر اساس نتایج تجزیه نمونه شاهد، فرمولبندیهای گوناگونی از نمونه تهیه شد و به علت عدم دسترسی به پتاسیم آلزینات (به مقدار مناسب) به ناچار در فرمولبندیها سدیم آلزینات مصرف شد. برای بهبود خواص مکانیکی مقادیر متغیری از مواد زیر در فرمولبندیها بکار گرفته شد:

سدیم آلزینات، کلسیم سولفات، خاک دیاتومه، سدیم پیروفسفات، پتاسیم هگزا فلورو تورتینات، پارافین مایع، اکسیدهای آلومینیم و منیزیم. همچنین، در چند فرمولبندی به جای خاک دیاتومه از

- Materials*; 5th ed., C. V. Mosby, 207, 1975.
- 2 Phillips R. W.; *J. Am. Dent. Assoc.*; 51, 566, 1955.
  - 3 Paffenbarger G. C.; *J. Am. Dent. Assoc.*; 27, 375, 1940.
  - 4 Osborne J. and Hammie G. A.; *Br. Dent. J.*; 96, 51, 1954.
  - 5 Caul H. J.; *J. Am. Dent. Assoc.*; 54, 567, 1957.
  - 6 Wilson H. J.; *Br. Dent. J.*; 121, 466, 1966.
  - 7 Jeffery G. H.; *Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis*; 5th ed., Longman, 487, 1989.
  - 8 Hoffman A. S. and Park T. G.; *J. Polym. Sci., Polym. Chem.*; A30, 505-507, 1992.
  - 9 Cresson J.; US Pat. 2,769,717; November 6, 1956.
  - 10 ADA Specification No.18 for Dental Hydrocolloid Impression Material, Alginate Type; 1964.
  - 11 Kinoshita O. and Watanabe M.; Japan Pat. 02,304,011; December 17, 1990.
  - 12 Shika G. C.; UK Pat. 2,226,039; June 20, 1990.
  - 13 Noys S. E.; UK Pat. 2,425,118; August 5, 1947.
  - 14 Tohata Y. et al.; Japan Pat. 04,49,211; February 18, 1992.

گرمانگاشتهای DSC-TG آنها برداشت شد که در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است. شباهت زیاد طیف‌ها دستیابی به ماده‌ای حالت‌پذیر را تایید می‌کند.

#### نتیجه‌گیری

پس از شناسایی و تعیین ترکیب درصد نمونه شاهد، طی آزمایش‌های متعدد، فرمولبندی بهینه‌ای برای تولید این ماده بدست آمد. در تهیه فرمولبندی بهینه، علاوه بر نوع مواد اولیه و مقدار آنها، یکسان بودن اندازه ذرات پودر همه مواد مصرفی عامل مهمی است. افزایش میزان سدیم آلونیات، کلسیم سولفات و پتاسیم هگزا فلوروفوروتیتانات باعث کاهش زمان گرفتن نمونه و افزایش سدیم بیروفسفات موجب افزایش آن می‌شود. همچنین، افزودن آلومینیم اکسید، منیزیم اکسید، سدیم آلونیات و کلسیم سولفات سختی نمونه را بیشتر می‌کند. خاک دیاتومه نسبت به پودر تالک پرکننده بهتری است و با استفاده از آن پودر حالت‌پذیر یکخواخت‌تری ایجاد می‌شود.

#### مراجع

- 1 Craig R. G. and Peyton F. A. Eds.; *Restorative Dental*