

شناسایی کمی و کیفی مواد قالب‌گیری دندان بر پایه آلزینات

منصور کیانپورراد*⁺، سارا شقاقی، دریه ابراهیمی

تهران، پژوهشگاه مواد و انرژی، صندوق پستی ۴۷۷۷ - ۱۴۱۵۵

سیما کیانپورراد

تهران، دانشگاه تهران، پردیس دانشکده علوم

چکیده: یک نمونه ماده قالب‌گیری دندان بر پایه آلزینات که به وسیله دندان‌پزشکان ایرانی مورد استفاده فراوان قرار می‌گیرد، ابتدا مورد تفکیک مواد آلی و معدنی قرار گرفت و سپس اجزای آن با استفاده از روش‌های گوناگون اسپکتروسکوپی و شیمیایی مورد شناسایی دقیق کمی و کیفی قرار گرفت. در این بررسی مشخص شد که ماده قالب‌گیری شامل ۱۵ درصد مواد آلی و ۸۱ درصد مواد معدنی و ۴ درصد آب است. قسمت آلی شامل ۱۲ درصد آلزینات، ۲ درصد روغن و ۱ درصد رنگ و بخش معدنی آن حاوی خاک دی‌اتمیت، اکسیدهای منیزیم، آلومینیم، کلسیم سولفات آبدار و سدیم فسفات است.

واژه‌های کلیدی: مواد قالب‌گیری دندان، تجزیه کمی و کیفی، آلزینات، شناسایی اسپکتروسکوپی.

KEY WORDS: Dental impression materials, Quantitative and qualitative analysis, Alginates, Spectroscopic identification.

مقدمه

بحث پیرامون ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی این‌گونه مواد از حوصله این مقاله خارج است و ویژگی‌های آن‌ها به‌طور مفصل در مقالات مروری و کتاب‌های متعددی منعکس شده‌است [۸-۶].

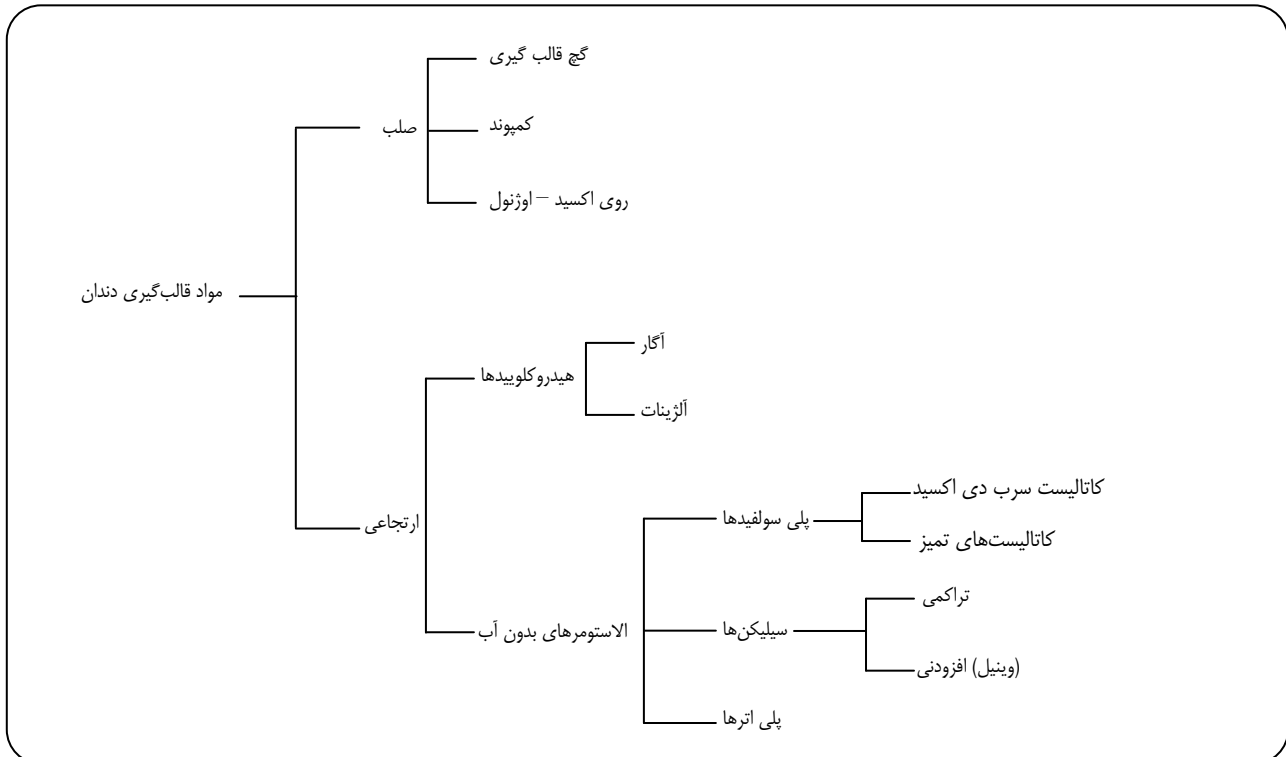
مواد قالب‌گیری دندان بر مبنای ارتجاعی یا صلب بودن آن‌ها به گروه‌های متفاوت مطابق شکل ۱ طبقه بندی شده‌اند. همان طوری که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، مواد قالب‌گیری آلزیناتی در گروه هیدروکلوئیدهای ارتجاعی طبقه بندی شده است. در دندان‌پزشکی ابتدا از مواد قالب‌گیری آگار استفاده می‌شد و به‌علت درگیر شدن کشور ژاپن، که به‌عنوان منبع اصلی آگار محسوب می‌شد، در جنگ جهانی دوم و کمیابی آگار، دانشمندان به‌سرعت در پی یافتن نوع دیگری از مواد قالب‌گیری و جایگزینی

مواد قالب‌ساز دندان‌پزشکی مدت مدیدی است که برای ثبت ابعاد بافت‌های دهان و رابطه دقیق فضایی آن‌ها با یکدیگر در زمینه‌های متفاوت دندان‌پزشکی مورد استفاده قرار گرفته و برای بهبود بخشیدن کارایی آن‌ها پژوهش‌های زیادی صورت گرفته است [۴-۱].

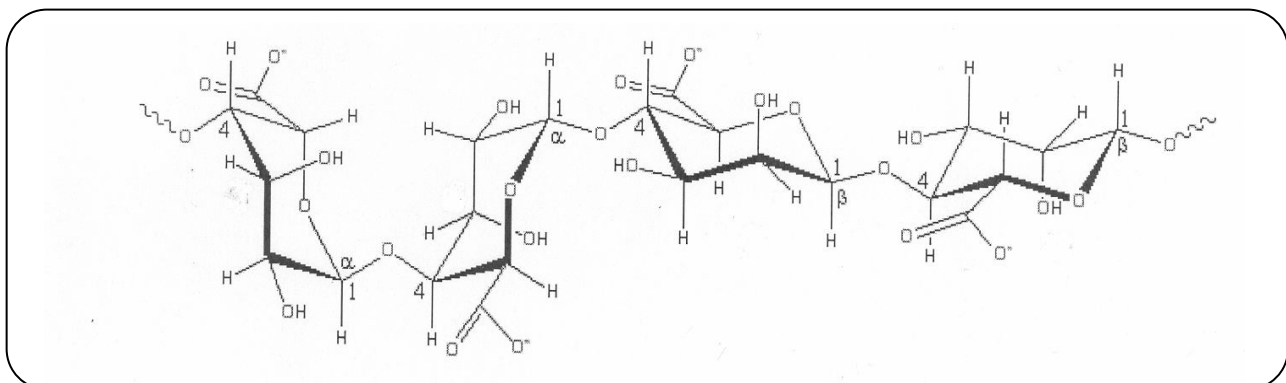
در هنگام استفاده از ماده قالب‌ساز، آن را در حالت موم سان بر روی بافت‌های دهان قرار می‌دهند تا به اصطلاح "ببندد". قالب را پس از سفت شدن از دهان بیرون می‌آورند تا برای تهیه المثنی بافت‌های دهان مورد استفاده قرار گیرد. قالب، اثر منفی مجدد این بافت‌ها را نشان می‌دهد و اثر مثبت دوباره به وسیله ریختن گچ ویژه دندان‌پزشکی با ماده مناسب دیگری در داخل قالب پس از سفت شدن به دست می‌آید [۵].

+E-mail: m_kianpourrad@yahoo.com

*عهده دار مکاتبات



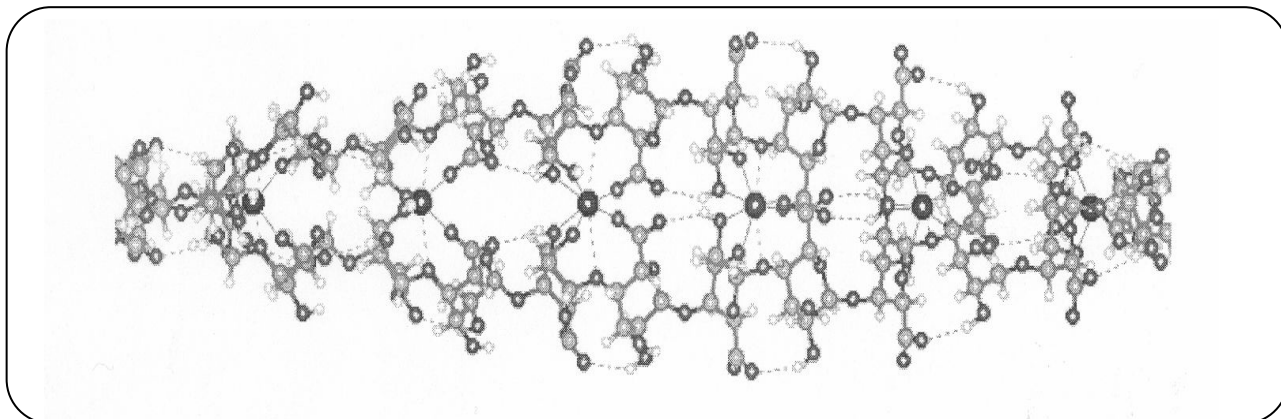
شکل ۱- طبقه بندی مواد قالب‌گیری دندان بر مبنای صلب و ارتجاعی بودن آن‌ها.



شکل ۲- ساختار واحد پلیمری آلژینیک اسید.

یک ظرفیتی مثل سدیم یا پتاسیم، آن را قابل حل در آب می‌کنند و در نتیجه محلولی که همان "سُل" است حاصل می‌شود. برای قالب‌گیری "سُل" باید به "ژل" تبدیل شود و برای این کار کلسیم سولفات به پودر اضافه می‌شود که پس از مخلوط شدن آب و پودر، واکنش بین سدیم آلژینات و کلسیم سولفات صورت می‌گیرد و یون‌های کلسیم جایگزین سدیم می‌شوند و بدین ترتیب یون دو ظرفیتی کلسیم موجب اتصال دو رشته آلژینات مطابق شکل ۳

آن با نوع آگار بر آمدند و در نتیجه به مواد قالب‌گیری آلژیناتی که دارای ویژگی‌هایی شبیه به نوع آگاری بود دست یافتند. ماده اصلی این نوع مواد قالب‌گیری دندان یک پلیمر خطی طبیعی به نام آلژینیک اسید یا anhydro- β -d-mannuronic acid است که از جلبک به دست می‌آید و دارای گروه‌های متعدد کربوکسیلیک اسید روی زنجیره پلیمری است (شکل ۲) [۹]. اما این شکل آن محلول در آب نیست و به همین خاطر به وسیله‌ی واکنش با یون‌های



شکل ۳- نمایی از پیوندهای عرضی برای تشکیل کلسیم آلزینات و همچنین تشکیل پیوندهای هیدروژنی.

خارج است. مواد قالب‌گیری آلزیناتی دندان در مقایسه با دیگر مواد قالب‌گیری از ویژگی‌های زیر برخوردارند:

- متداول‌ترین مواد قالب‌گیری دندان هستند.
- کار با آن‌ها بسیار ساده است.
- بیماران در دهان خود احساس راحتی می‌کنند.
- به علت این که اجزای سازنده آن‌ها مواد ساده‌ای هستند در مقایسه با دیگر مواد قالب‌گیری ارزانند.
- برای حرارت دادن یا سرد کردن آن‌ها به دستگاه ویژه‌ای احتیاج نیست.
- به صورت پودر عرضه می‌شوند که به سادگی می‌توان آن‌ها را با آب مخلوط کرد.

- به آن‌ها به سادگی می‌توان در حین مخلوط کردن با آب یا در هنگام تهیه پودر اولیه مواد ضد عفونی کننده اضافه کرد. بنا به دلایل بالا و انجام بررسی‌ها و نظر خواهی‌های متفاوت، از دندان‌پزشکان، یکی از متداول‌ترین مواد قالب‌گیری آلزیناتی در ایران که ساخت کمپانی بایر هلند است، مورد تجزیه دقیق کیفی و کمی قرار گرفت و بعد از مشخص شدن اجزای متشکله آن، مبادرت به تهیه فرمول‌بندی آن گردید که جزئیات آن در مقاله دیگری برای چاپ ارایه شده است [۱۳].

بخش تجربی

مواد

مواد مصرف شده در این بررسی عبارت‌اند از اتانول، هگزان، سیلیکاژل و اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) که هر دو ماده جاذب دارای میانگین اندازه‌ی ذره‌های ۲۵۱۱ هستند.

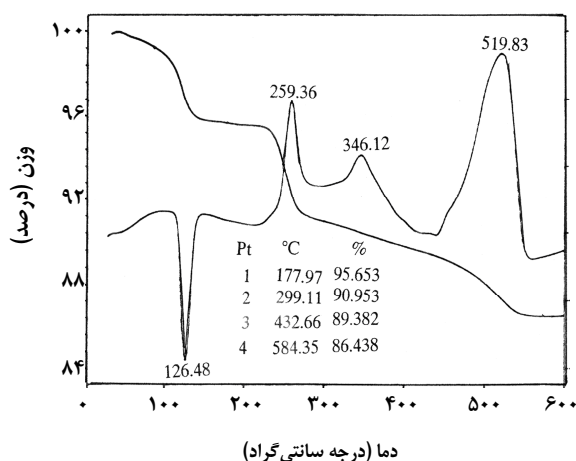
به همدیگر می‌شود. همانطوری که در شکل ۳ مشاهده می‌شود فقط تعدادی از مولکول‌ها به صورت شبکه درمی‌آیند [۱۰].

افزون بر دو ماده اصلی بالا (در مجموع حدود ۳۰ درصد) مواد دیگری در فرمول‌بندی قالب‌گیرهای آلزیناتی دندان، مثل خاک دی‌اکسید (حدود ۶۰ درصد) به‌عنوان مواد پرکننده، پتاسیم تیتانیم فلورید (حدود ۳ درصد) به‌عنوان سرعت دهنده، سدیم فسفات (حدود ۲ درصد) به‌عنوان کند کننده و یا مواد مشابه اضافه می‌شود که در مجموع تشکیل‌دهنده قسمت پودر هستند [۱۱]. برای خوش طعم و خوش بو کردن و همچنین ضد عفونی کردن، به طور معمول مواد دیگری به مقدار کم به قسمت پودر اضافه می‌شود [۱۲].

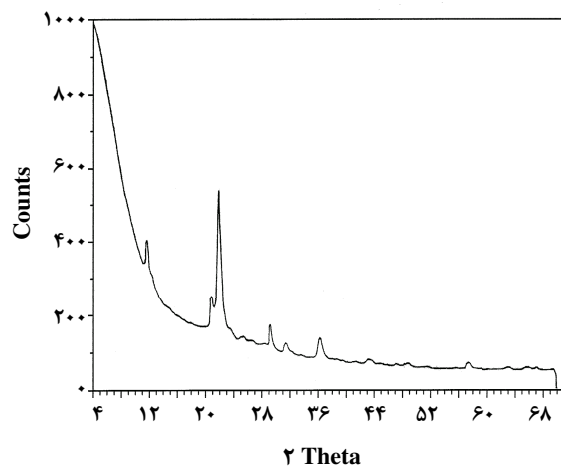
قالب‌گیرهای آلزیناتی که خریداری می‌شوند به طور معمول پودرهایی به رنگ‌های صورتی یا سفیدند که با مقدار معینی آب مخلوط شده تا به صورت خمیری با قوام معینی در آید تا آن را روی ظرف مخصوص گذاشته و به داخل دهان برای قالب‌گیری انتقال می‌دهند. سیلان این مواد سبب می‌شود که به اطراف اجزای بافت‌های نرم و سخت نفوذ کرده و کم‌کم شروع به سخت شدن می‌کند تا این که به شکل ژل سختی درآمده و از دهان خارج می‌شود. باید توجه داشت که تمام واکنش‌های مربوط شیمیایی است و تا زمانی که مواد قالب‌گیری به طور کامل در ظرف ویژه با هم مخلوط نشوند واکنش‌ها انجام نمی‌پذیرند. ژل سفت شده پس از خارج شدن درگچ ویژه قرار گرفته و از این راه قالب مورد نظر برای انجام امور بعدی دندان‌پزشکی تهیه می‌شود. جزئیات فرایندهای متفاوت مانند زمان کارکرد^(۱)، زمان گیرش^(۲) و غیره در ارتباط با مواد قالب‌گیری آلزیناتی از حوصله این مقاله

(۱) Working time

(۲) Setting time



شکل ۵- گرما نداشت DSC-TG نمونه.



شکل ۴- طیف خاکستر نمونه.

تجزیه کیفی و کمی مواد معدنی

خاکستر حاصل تحت تجزیه‌ی عنصری با X-ray فلورسانس و سپس نور سنج شعله‌ای و در نهایت ICP برای تعیین درصد عناصرها قرار گرفت. برای بررسی فازها از دستگاه پراش پرتو X استفاده شد (شکل ۴).

تجزیه کمی و کیفی مواد آلی

در گرما نداشت DSC-TG نمونه، ۳ جزء حاوی روغن، رنگ و آلزینات مشاهده شد که سپس مبادرت به جداسازی این سه جزء از یکدیگر شد (شکل ۵).

جداسازی روغن از رنگ

به ۵۰ گرم پودر نمونه اولیه مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر هگزان درحال جوش اضافه شد و بعد از به هم زدن از صافی عبور داده شد. بدین ترتیب دو جزء محلول و نامحلول (رسوب) در هگزان جوشان حاصل شد که به بالای ستون کروماتوگرافی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و قطر ۵ سانتی‌متر، حاوی جاذب سیلیکاژل اضافه و سپس با اضافه شدن ۲۰۰ میلی‌لیتر هگزان داغ اجازه داده شد که محلول به آرامی از ستون عبور داده شود. بعد از جمع آوری محلول‌ها و تبخیر حلال، ماده حاصل به مدت یک ساعت در آون ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از خشک شدن و رسیدن به وزن ثابت مقدار جسم باقیمانده به ۲ درصد وزن پودر اولیه بالغ شد. طیف FTIR فراورده (شکل ۶) بعد از مقایسه با طیف‌های مرجع مشخص شد که یک پارافین خطی سیرشده است [۱۴].

دستگاه‌ها

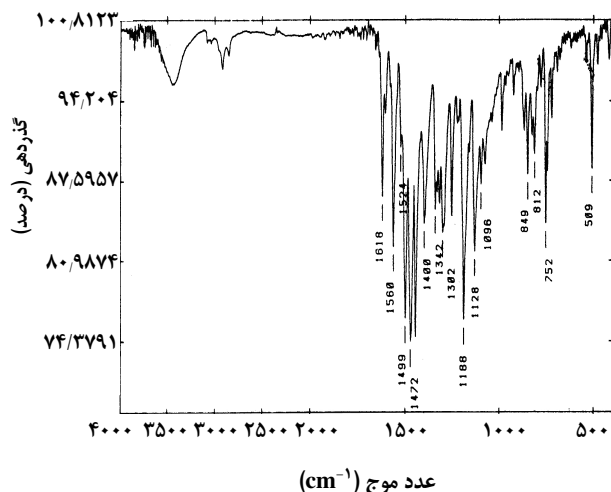
دستگاه‌های مورد استفاده در این بررسی به قرار زیر هستند: طیف سنج زیرقرمز (FTIR) مدل پرکین‌لمر، تجزیه عنصری CHNO مدل پرکین‌لمر، تجزیه‌ی پلاسمای القایی (ICP) مدل 3410 ساخت شرکت ARL سوئیس، نورسنج شعله‌ای، کروماتوگراف ژل تراوایی میلی‌پور 150-C ساخت شرکت واترز، رزونانس مغناطیس هسته‌ای (NMR) ساخت شرکت بروکر مدل AC80، سامانه‌ی تجزیه‌ی حرارتی (DSC-T) مدل 1640 ساخت شرکت پلیمر - لب، XRD ساخت شرکت زیمنس آلمان مدل D-500، دستگاه X-ray فلورسانس مدل 8410 ساخت شرکت ARL.

روش‌ها

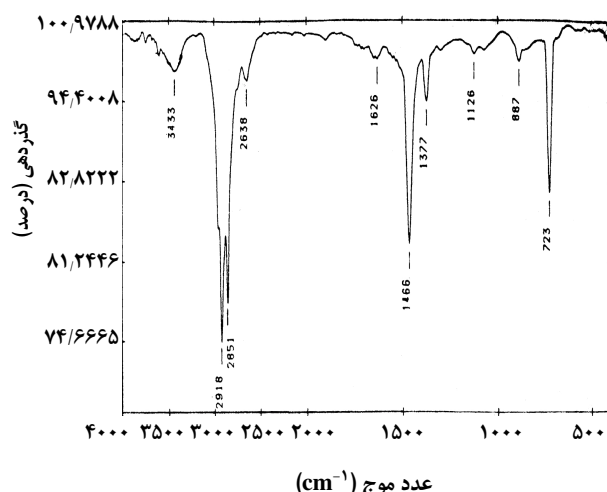
با توجه به اطلاعات مندرج در مراجع پیرامون مواد قالب‌گیری آلزیناتی دندان [۱۱]، مشخص شد که نمونه مورد نظر از دو جزء آلی و معدنی تشکیل شده که دومین جزء بیشترین حجم نمونه را شامل می‌شود. لذا به صورت زیر مبادرت به جداسازی مواد آلی از معدنی شد و سپس هر یک از اجزاء مورد شناسایی کیفی و کمی قرار گرفت.

جداسازی مواد آلی از معدنی

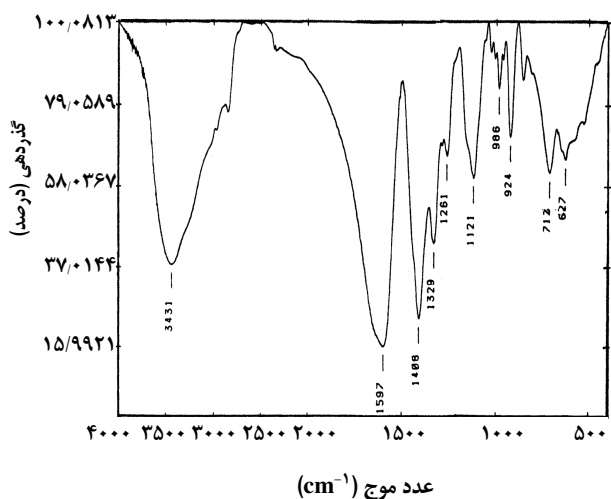
با سوزاندن ۱۰ گرم از نمونه پودر در کوره ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یکساعت و سرد شدن کروزه و توزین مجدد آن، مشخص شد که مواد معدنی موجود در نمونه ۸۱ درصد پودر اولیه را تشکیل می‌دهند.



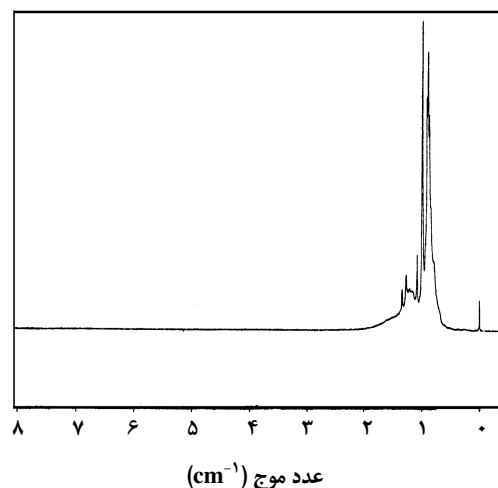
شکل ۸- طیف FTIR رنگ خالص شده.



شکل ۶- طیف FTIR روغن خالص شده.



شکل ۹- طیف FTIR سدیم آلزینات خالص شده.



شکل ۷- طیف NMR پارافین.

با طیف‌های موجود در مراجع، نوع و خانواده رنگ مشخص شد [۱۵]. مقدار این رنگ در نمونه به ۱ درصد بالغ می‌شود.

جداسازی آلزینات از سایر ترکیب‌های آلی

پس از جداسازی کامل رنگ و روغن از نمونه، به رسوب حاصل، مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۱ M اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) اضافه شد. محلول حاصل از صافی عبور داده شد و پس از تبخیر آب اضافی، در آون خلاء در ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت قرار گرفت و پس از رسیدن به وزن ثابت، طیف FTIR آن به دست آمد (شکل ۹). مقدار آلزینات موجود در نمونه ۱۲٪ اندازه‌گیری شد.

پارافین به دست آمده سپس به وسیله NMR مورد بررسی ساختاری قرار گرفت (شکل ۷).

جداسازی رنگ موجود در نمونه

پس از جداسازی کامل پارافین و خارج شدن محلول مربوطه، ستون کروماتوگرافی با ۳۰۰ میلی‌لیتر اتانول داغ شستشو داده شد. محلول جمع‌آوری شده تبخیر شد سپس در آون خلاء به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از خشک‌شدن و رسیدن به وزن ثابت جسم باقیمانده به وسیله طیف FTIR (شکل ۸) مورد ارزیابی کیفی قرار گرفت و با مقایسه آن

جدول ۱- نتیجه‌های تجزیه ای ICP خاکستر نمونه

عنصر	Ca	Al	Mg	Ti	P	S	Fe	Si
درصد	۱،۵۳	۵،۳۶	۴،۷۴	۲،۴	۰،۱۵	۲،۹۸	۱،۲	۱۷،۹۸

جدول ۲- ترکیب‌های موجود در نمونه قالب‌گیری آلزیناتی.

ماده	درصد وزنی
سدیم آلزینات	۱۲
روغن پارافینی	۲
رنگ مونوآزو	۱
خاک دی اتمیت	۶۱
کلسیم سولفات آبدار	۱۵
سدیم فسفات	۲
آلومینم اکسید	۲
منیزیم اکسید	۱
آب	۴

نمونه آلزینات به دست آمده سپس تحت تجزیه‌ی ICP، CHN قرار گرفت و وزن مولکولی آن به وسیله GPC با شرایط زیر ارزیابی شد:
فاز متحرک آب، حرکت فاز متحرک ۱ mm/min، استاندارد PSS، آشکارساز UV، طول موج ۲۵۰ میلی‌متر و حجم تزریق ۲۰۰ μl. تجزیه عنصری CHNO از پودر آلزینات صورتی رنگ اولیه (بدون هیچ گونه جداسازی) نیز وجود عنصرهای C، H، N را به ترتیب ۸، ۱/۳، و کمتر از ۰/۱ درصد وزنی و مقدار O ده درصد وزنی محاسبه شد.

نتیجه‌گیری

بررسی‌های پرتو x فلورسانس (XRF) خاکستر حاصل از سوزاندن نمونه اولیه در ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد، وجود عنصرهای Mg، Ti، Fe، Si، K، Na، Ca را نشان می‌دهد. در صد عنصرهای K، Na در نمونه اولیه که بدون هیچ گونه جداسازی به وسیله‌ی دستگاه نور سنج شعله ای تعیین شد، به ترتیب ۱/۱۹ درصد و ۳/۰۵ درصد هستند. درصد عنصرهای دیگر که به وسیله‌ی ICP تعیین شد به شرح جدول ۱ است.

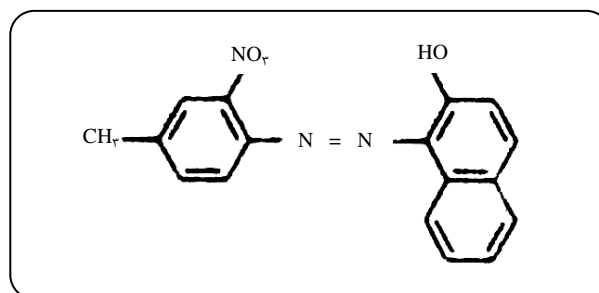
طیف پراش پرتو X این خاکستر، وجود فازهای کریستالو بالیت، منیزیم اکسید، کلسیم سولفات و آلومینیم اکسید نوع آلفا را تأیید می‌کند (شکل ۴).

در میان فازهای شناخته شده از راه تجزیه‌های بالا، کلسیم سولفات به‌عنوان عامل "واکنش‌دهنده" است و فازهای دیگر، به همراه نتیجه‌های تجزیه ای ICP مؤید وجود فقط یک‌نوع ماده پرکننده و آن هم خاک دی اتمیت است. فقدان عنصرهای روی در بررسی‌های پرتو X فلورسانس و همچنین ICP مؤید فقدان ZnO به عنوان ماده پرکننده ثانوی در نمونه است. عنصرهای فهرست شده در جدول ۱ به‌صورت اکسید هستند و به همین دلیل مجموع درصد آن‌ها به ۱۰۰ بالغ نمی‌شود. خاک‌های دی اتمیت شامل حدود ۷۰ درصد SiO_۲، ۱۵ درصد Al_۲O_۳، ۴ درصد Fe_۲O_۳، ۱/۵ درصد Ca و ۱/۴ درصد MgO، ۲/۵ درصد K_۲O و ۰/۷ درصد Na_۲O و TiO_۲ به مقدار کمی است [۱۵]. همچنین خاک‌های دی اتمیت بر اثر حرارت به کریستوبالیت تبدیل می‌شوند [۱۶].

بنابراین، با توجه به نتیجه‌های حاصل از تجزیه‌ی پرتو X خاکستر و همچنین نتیجه‌های تجزیه‌ای ICP این خاکستر، وجود خاک دی اتمیت که متداول‌ترین ماده پرکننده در این گونه مواد قالب‌گیری دندان است در نمونه تأیید می‌شود. مقدار خاک دی اتمیت برابر ۶۱ درصد محاسبه شد.

همان‌گونه که در منحنی‌های TG، DSC شکل ۵ مشاهده می‌شود، در گرمانگاشت حرارتی (TG) چهار تغییر حرارتی در نمونه ایجاد شده است. نخستین کاهش وزنی که معادل ۴،۳۴۷ درصد است در ۱۲۶/۴۸ درجه سانتی‌گراد ایجاد شده که منحنی DSC مربوط حاکی از یک واکنش گرماگیر است و متعلق به متبلور شدن آلزینات از حالت ژل به بلور است [۱۷]. این دگرگونی حرارتی در نقطه ۱ منحنی TG که متعلق به دمای ۱۷۷/۹۷ درجه سانتی‌گراد است به حالت نرمال خود برگشته و واکنش حرارتی دیگری که در واقع با از دست دادن کامل آلزینات همراه است در ۲۵۹/۳۶ درجه سانتی‌گراد انجام می‌پذیرد [۱۷]. واکنش مزبور در نقطه ۲ منحنی TG که متعلق به ۲۹۹/۱۱ درجه سانتی‌گراد است متوقف شده و واکنش حرارتی دیگری در ۳۴۶/۱۲ درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد که در مقایسه به دو واکنش حرارتی قبلی در منحنی TG به مراتب ضعیف‌تر است که متعلق به

شناسایی رنگ موجود در نمونه اولیه بر مبنای بررسی‌های FTIR و تطبیق آن با طیف‌های مرجع می‌باشد. طیف IR به دست آمده به دقت با طیف IR رنگ قرمز شماره ۵۸ به فرمول شکل ۱۰ که از جمله رنگ‌های آزو می‌باشد مطابقت می‌کند [۱۴]. مقدار رنگ آزو در نمونه برابر ۱ درصد وزن ماده قالب‌گیری محاسبه شد.



شکل ۱۰- ساختمان شیمیایی رنگ مونو آزو موجود در ماده قالب‌گیری.

جداسازی آلزینات از سایر ترکیب‌های آلی

همان‌طوری که در بخش تجربی اشاره شد، این جداسازی به وسیله‌ی محلول یک دهم مولار EDTA انجام پذیرفت. طیف IR آلزینات (شکل ۹) با طیف IR سدیم آلزینات مطابقت می‌کند [۱۴]. تجزیه‌ی ICP آلزینات مؤید وجود سدیم و در نتیجه تأیید کننده‌ی وجود سدیم آلزینات و نه پتاسیم در ماده قالب‌گیری است. در بررسی‌های GPC، متوسط محدوده وزن مولکولی (Mr) ۱۵۰۲۰۰، متوسط جرمی وزن مولکولی (MW) ۱۶۹۱۵۰ و چند پراکنی ۱/۱۳۶ به دست آمد. وزن سدیم آلزینات برابر ۱۲ درصد وزن نمونه ماده قالب‌گیری محاسبه شد. بنابراین، با توجه به تجزیه‌های انجام شده ترکیب‌های موجود در نمونه قالب‌گیری به همراه مقدار درصد آن‌ها در جدول ۲ فهرست شده است.

خارج شدن روغن پارافینی است (۳۱۲ درجه سانتی‌گراد bp). این دگرگونی حرارتی در نقطه ۳ منحنی TG که متعلق به دمای ۴۳۲/۶۶ درجه سانتی‌گراد است به طور کامل متوقف شده و واکنش حرارتی دیگری که متعلق به حذف رنگ آزو است انجام می‌گیرد. رنگ آزو (Toluidine Red) دارای ۲۷۰-۲۷۲^o mp است که در دماهای بین ۴۹۰-۴۷۰ درجه سانتی‌گراد تجزیه شده و به تدریج حذف می‌شود [۱۸]. در $T_g = 584/35^{\circ}C$ رنگ آزو به طور کامل حذف می‌شود.

طیف IR روغن موجود در نمونه (شکل ۶) مؤید وجود یک پارافین خطی و سیر شده است که به دقت با طیف IR پارافین خطی سیر شده در طیف‌های مرجع مطابقت می‌کند [۱۴]. طیف NMR این پارافین همچنین تأییدی بر فقدان هرگونه ترکیب‌های آروماتیکی است و وجود پیک‌های مربوط به یک هیدروکربور سیر شده در ۱/۴ - ۰/۷ ppm مؤید این موضوع است. دامنه جوش این پارافین خطی سیر شده ۱۶۰-۱۹۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. مقدار پارافین بالغ بر ۲ درصد نمونه ماده قالب‌گیری محاسبه شد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری آقای مهندس علی بازرگان بابت تنظیم هرچه بهتر این مقاله تشکر و قدردانی می‌شود.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۳

مراجع

- [1] Lemon, J.C., Okay, D.J., Powers, J.M., Martin, J.W., Chambers, M.S., The Effect of a Retarder on Compressive Strength and Working and Setting Times of Irreversible Hydrocolloid Impression Material, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **90** (3), p. 276 (2003).
- [2] Kanehira M., Finger W., Konatsu M., Surface Detail Production with New Electrometric Dental Impression Materials, *Quintessence Int.*, **38** (6), p. 479, (2007).
- [3] Futami S., Watanabe N., Low-dust Dental Alginate Impression Material, *U. S. Patent 5 698 610* Dec. 16 (1997).
- [4] S. Mc Cabe and A. Walls, "Applied Dental Materials", Oxford Press, UK, (2007).

- [5] Chen S.Y., Liang W.M., and Chen F.N., Factors Affecting the Accuracy of Elastometric Impression Materials, *Journal of Dentistry*, **32**, p. 603 (2004).
- [6] Craig R.G., Review of Dental Impression Materials, *Adv. Dent. Res.*, **2**, p. 1 (1988).
- [7] Finger W. and Komatsu M., Elastic and Plastic Properties of Dental Impression Materials, *Dental Mater*, **1**, p.129 (1985).
- [8] Rueggeberg F.A. and Paschal S., Proportioning Effect on Physical and Mechanical Properties of Impression Materials, *J. Prosthet. Dent*, **72**, p. 406 (1994).
- [9] Boyd J., Turvey J.R., Structural Studies of Alginic acid, Using a Bacterial Poly-L-Curonatelyase, *Carbohydr. Res.*, **66**, p. 187 (1978).
- [10] Steginsky C.A., Beale J.M., and Floss H.G., Structural Determination of Alginic Acid and the Effect of Calcium Binding as Determined by High-Field NMR, *Carbohydr. Res.* **225**, p. 11 (1992).
- [11] Kamohara H., Dental Impression Materials Composition, *US. Patent* 6861457, March 1 (2005).
- [12] Wassell R. , Disinfection of Impression Materials and Cast, *British Dental Journal*, **202**, p. 36 (2007). (4A-1456A-1605A).
- [13] Keyanpour-Rad, M., Keyanpour-Rad, S., Formulation and Preparation of a Novel Dust Free Fast Setting Dental Alginate Impression Materials, *Iranian Journal of Materials Science and Engineering*, **3**, p. 33 (2008).
- [14] Pouchert C.Y., "The Aldrich Library of Infrared Spectra", Edition III, Aldrich Chemical Company, USA (1981).
- [15] Goren R., Baykara T., Marsoglu M., A Study of the Purification of Diatomite in Hydrochloric Acid, *Scandinavian Journal of Metalurgy*, **31** (1,2), p. 115 (2002).
- [16] Elias, Z., Poirot, O., Fenoglio, I., Ghiazza, M., Celeste Daniere, M., Terzetti, F., Dane, C., Coulais, C., Matekovit, J. and Fubini, B., Surface Reactivity, Cytotoxic and Morphological Transforming Effects of Diatomaceous Earth Products in Syrian Hamster Embryo Cells, *Toxicological Science*, **91** (2), p. 510 (2006).
- [17] Xu J.B., Spittler D.A., Bartley J.P., and Johnson R.A., Alginic Acid-Silica Hydrogel Coatings for the Protection of Osmotic Distillation Membranes Against Wet-Out by Surface-Active Agents, *Journal of Membrane Science*, **260** (1,2), p. 19 (2005).
- [18] Kocaoutgen H., Heren Z., Thermal behavior of Azo Dyes, *Turk Journal of Chemistry*, **22**, p. 403 (1998).