

استخراج مرحله‌ای مواد ارگانیک از خاک مرداب‌ها توسط حلال‌های آلی

میلاذ کردی^۱، تیمور اسلام کیش^{۲*}

۱. دانشجوی دکتری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران
۲. عضو هیات علمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران

چکیده

یکی از روش‌های بررسی و تعیین اجزای سازنده حل شونده از مخلوط‌های پیچیده در حلال‌های مختلف، روش استخراج مرحله‌ای است که در آن با استفاده از چند مرحله استخراج با حلال‌های مختلف نوع مواد و نقش برهمکنش آن‌ها با حلال‌های آلی بررسی می‌شود. در این پژوهش به منظور بررسی اجزای سازنده نمونه خاک غنی از مواد آلی از مرداب جنگلی سوته در جنگل‌های استان گلستان، از روش استخراج مرحله‌ای با ۴ نوع حلال آلی شامل دی اتیل اتر، اتانول، دی اکسان و هگزان استفاده شد. به این منظور نمونه خاک در هر مرحله با یکی از چهار حلال فوق‌الذکر شستشو داده شد و پس از جداسازی، به منظور بررسی مواد استخراج شده در هر مرحله از روش طیف سنجی مادنی قرمز (FTIR) استفاده شد. پس از هر مرحله استخراج گروه‌های عاملی آلی استخراج شده بر حسب پیک‌های بدست آمده در طیف سنجی مادنی قرمز (FTIR) مورد ارزیابی قرار گرفته و تعیین شدند. در نتیجه این بررسی مشخص شد که برخی از ترکیبات مانند لیگنیت، چربی‌ها، واکس‌ها، لیپیدها در خاک مرداب و کربوهیدرات‌ها و فنل‌های ناشی از مواد ارگانیک در محیط‌های آبی در همه حلال‌ها حل شده‌اند و این در حالی است که ترکیباتی مانند رس‌ها، آلدئیدها، استرها، هیومیک اسید، پروتئین‌ها، پلی ساکاریدها و سلولزها در برخی از فازهای خاص حضور دارند.

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۹ اردیبهشت ۹۵
دریافت پس از اصلاح: ۱۸ بهمن ۹۵
پذیرش نهایی: ۱۷ اردیبهشت ۹۶

کلمات کلیدی:

مرداب
حلال‌های ارگانیک
استخراج مرحله‌ای
FTIR
مواد ارگانیک

۱- مقدمه

با توجه به کاربرد فراوان پیت‌ها در مصارف صنعتی و تولید، تحقیقات زیادی روی آن توسط شیمیدانان و زمین‌شناسان بر روی انجام شده است [۱]. پیت‌زارها بخش حیاتی و ضروری بیوسفر زمین هستند که تقریباً ۴٪ کل زمین‌های دنیا را در برمی‌گیرد؛ بنابراین نقش مهمی در چرخه ژئوشیمیایی عناصر در مقیاس جهانی دارند [۲]. پیت‌زارها اکوسیستم‌هایی حاوی پیت تجمع یافته با حداقل ۳۰ سانتی‌متر ضخامت هستند [۳]. میزان مواد آلی موجود در خاک مناطق خشک می‌تواند از کمتر از یک درصد تا بیش از ۴۰ درصد متغیر باشد [۴]. بر اساس گفته Kurbatov [۵] تمایز پیت جنگلی و باتلاقی در میزان هوادهی و شدت تجزیه مواد آلی است، به این صورت که در پیت جنگلی هوادهی بیشتر و در نتیجه تجزیه بیشتر بوده در حالی که پیت‌های باتلاقی در شرایط به‌شدت بی‌هوای تشکیل شده و تجزیه آن‌ها کندتر اتفاق می‌افتد. از این رو در پیت جنگلی لیگنیت و کربوهیدرات‌ها به‌طور کامل تجزیه شده و مقدار ترکیبات آلی موجود در این پیت‌ها کم بوده و این در حالی است که لیگنیت آلت‌ره نشده و سلولز زیاد از مشخصه‌های اصلی پیت‌های باتلاقی می‌باشد.

یکی از مهم‌ترین مباحث شیمی مواد آلی، استخراج مواد آلی از خاک‌های غنی از مواد ارگانیک مانند پیت‌ها و مرداب‌ها و بررسی نوع استخراج شده توسط حلال‌های مختلف است. بحث استخراج مواد از پیت‌ها و مرداب‌ها سابقه طولانی‌ای دارد. Achard [۶] از حلال‌های قلیایی برای استخراج مواد موجود در پیت استفاده کرد. این روش امروزه نیز یکی از مهم‌ترین روش‌های استخراج مواد آلی مخصوصاً هیومیک اسید و فلویک اسید به شمار می‌آید. در سال‌های اخیر چندین روش برای استخراج مواد آلی با استفاده از حلال‌های قلیایی، حلال‌های آلی و محلول‌های آب شور ارائه شده است [۷ و ۸]. البته باید در نظر داشت که مواد ارگانیک با پلیمرهای با وزن مولکولی بالا یا ترکیبات هوموس‌دار ترکیب شده با کوارتز و ترکیبات اکسیژن‌دار به راحتی استخراج نمی‌شوند [۷].

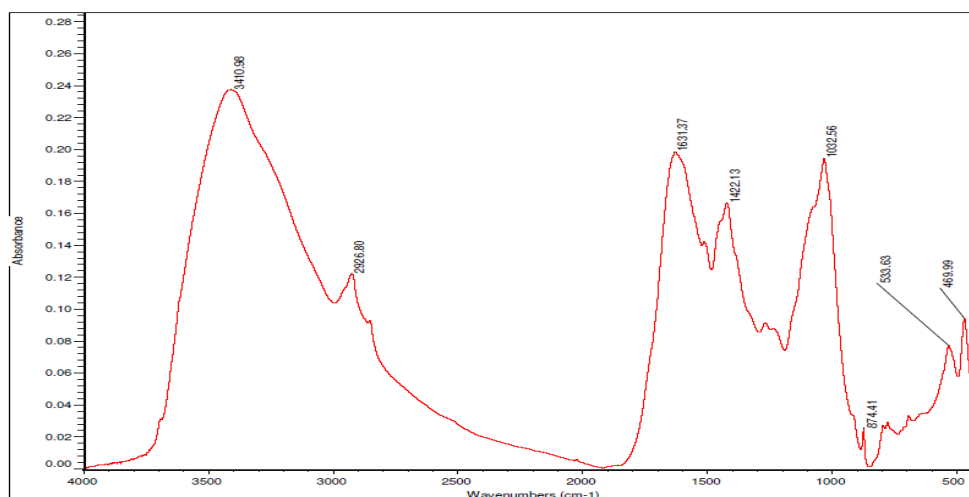
استفاده از حلال‌های آلی برای استخراج مواد آلی، مخصوصاً هوموس‌ها، نسبت به استخراج با حلال‌های قلیایی ارجحیت دارد [۹]. استخراج ترتیبی بر پایه کاهش pH یکی از روش‌های تعیین و بررسی ویژگی‌های مواد ارگانیک خاک است [۱۰]. برای استخراج بیشتر و کامل‌تر مواد ارگانیک از خاک، بعد از استخراج توسط حلال‌های قلیایی، می‌توان از ترکیب

سدیم هیدروکسید و سدیم پیروفسفات استفاده کرد. همچنین حل در گلیسرین هم نتایج خوبی را نشان داده است [۱۱]. امروزه با توجه به اهمیت مواد ارگانیک موجود در پیت‌ها و مرداب‌ها در زمینه‌های مختلفی همچون کشاورزی، انرژی، محیط‌زیست و حتی پزشکی، مطالعات زیادی برای شناسایی و استخراج مواد ارگانیک موجود در آن‌ها انجام می‌گیرد اما متأسفانه در کشور ایران مطالعات جامعی وجود ندارد.

تمرکز این تحقیق بر استخراج ترتیبی مواد ارگانیک توسط حلال‌های آلی است. برای دستیابی به این هدف، ۴ نوع حلال مختلف انتخاب گردید. در این مطالعه علاوه بر بررسی واکنش مواد آلی برداشت شده از مرداب، به بررسی ویژگی‌های نوع واکنش‌های این مواد با حلال‌ها به‌صورت استخراج ترتیبی با استفاده از بررسی پیک‌های FTIR پرداخته شده است.

۲- روش و مراحل تحقیق

برای بررسی میزان مواد ارگانیک موجود در نمونه‌های خاک‌های حاوی مواد آلی، از نمونه خاک پیت مردابی جنگل سوته در استان گلستان استفاده شد. نمونه‌ها در ظروف شیشه‌ای شفاف با حلال‌های ارگانیک مختلف حل شدند و روند تغییرات مشاهده شد. ابتدا نمونه خاک برداشت شده از منطقه در دمای اتاق خشک شد و سپس برای انجام مطالعات، نمونه‌ها تا زیر ۲۰۰ میکرون آسیاب شد. سپس آزمون FTIR بر روی نمونه اولیه بدون تیمار و اصلاح انجام شد و گروه‌های عاملی آن بررسی شد. در مرحله بعد، نمونه حدود ۱۰ روز در حلال دی اتیل اتر قرار گرفت و سپس بخش جامد نمونه و مایع آن توسط سانتریفیوژ جداسازی شد و بخش مایع (بخش انحلال یافته در دی اتیل اتر) جهت بررسی بیشتر، خشک شده و برای FTIR ارسال شد و بخش جامد (بخش حل نشده) وارد فاز بعدی شد و با حلال بعدی ترکیب شد. به همین ترتیب این مراحل برای حلال‌های دی اتیل اتر، اتانول، دی اکسان و هگزان به ترتیب انجام شد و نمونه‌های حاصل از استخراج هر فاز جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. قابل ذکر است که تمامی مواد شیمیایی و حلال‌های مورد استفاده در این تحقیق از شرکت مرک خریداری شده و بدون خالص‌سازی مجدد مورد استفاده قرار گرفته‌اند. طیف‌های FTIR توسط دستگاه طیف‌سنج مادون‌قرمز Nexus ساخت آمریکا در آزمایشگاه حرارتی دانشگاه امیرکبیر با استفاده از قرص پتاسیم برمید گزارش شده است.



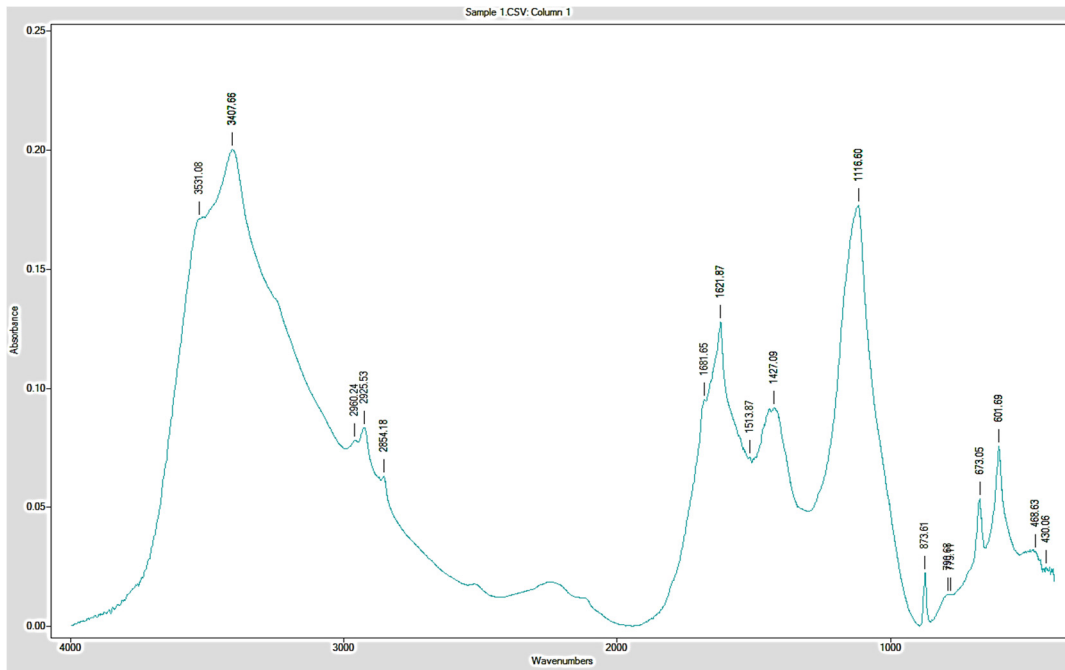
شکل (۱) طیف FTIR نمونه اولیه مرداب بدون اصلاح

۳- نتایج و بحث

نتیجه FTIR ماده اولیه که نمونه‌ای از مرداب جنگلی سوته هست در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تحلیل طیف‌های ماده اولیه نشان می‌دهد که در 467 cm^{-1} و 3700 cm^{-1} پیک‌های کوچکی وجود دارد که می‌تواند ناشی از حضور کانی‌های رسی باشد. کانی‌های رسی موجب کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود. باندهای دی سولفیدی نقش مهمی را در پایداری پروتئین‌ها دارد. پیک دی سولفید ممکن است مرتبط با ترکیبات سولفید غیر ارگانیک هم باشد. با توجه به توانایی سولفور در کاهش عدد اکسایش، ممکن است ناشی از حضور ترکیبات معدنی نظیر پیرت (سولفید آهن) باشد. در 533 cm^{-1} می‌توان پیک مربوط به دی سولفیدها را که ممکن است ناشی از حضور پروتئین‌ها باشد را مشاهده کرد. پیک ناشی از پیوندهای C-O و O-H در ساختار پلی ساکاریدها در این طیف را می‌توان در 1030 cm^{-1} مشاهده کرد. پیت‌های خزه‌ای می‌توانند حاوی پلی ساکاریدها باشند که هیدرولیز شده و مونوساکاریدها را در پیت‌ها و مرداب برجای می‌گذارد. یکی از مهم‌ترین زیرگروه پلی ساکاریدها می‌تواند گلایکون‌ها باشند که می‌تواند منشا حیوانی یا گیاهی داشته باشد. پیوندهای دوگانه آروماتیک کربن C=C مرتبط با لیگنیت یا چربی‌های کربوکسیلات در 1600 cm^{-1} تا 1650 cm^{-1} نشان داده شده است. لیگنیت در واقع به معنی مشتق شده از چوب است که ناشی از بافت‌های گیاهی یا آوندها است که طی یک فرایند پیچیده از واحدهای قندی در گیاهان بیوسنتز می‌شود. با توجه به اینکه لیگنیت در برابر پوسیدگی مقاوم است، می‌تواند دلیلی بر پایداری ترکیبات ناشی از این مواد باشد. چربی‌ها در

واقع نوعی از کربوکسیلات اسیدها هستند. اسیدهای آلی بیشتر در بدن جانوران یافت می‌شوند و می‌توانند تبدیل به استر شوند. از واکنش این اسیدها با الکل‌ها، استر فرآوری می‌شود. پیک ناشی از پیوندهای CH از ترکیبات آلیفاتیک (بلند زنجیر) در 2850 cm^{-1} تا 2950 cm^{-1} قابل مشاهده است که می‌توان آن را ناشی از حضور چربی‌ها، واکس‌ها و لیپیدها در خاک مرداب دانست. منبع این چربی‌ها گیاهان و باقی‌مانده حیوانات و اجتماع میکروبه‌های موجود در خاک است. در 3410 cm^{-1} پیک مربوط به حضور کربوهیدرات‌ها و فنول‌ها که ممکن است ناشی از واکنش این مواد ارگانیک در محیط‌های آبی باشد، وجود دارد. همچنین پیک ناشی از پیوندهای CH مرتبط با فنول را می‌توان در 1450 cm^{-1} مشاهده کرد.

در اولین فاز از استخراج، نمونه مورد نظر در اثر حل شدن و سپس مواد استخراج شده آنالیز گردید. نتیجه FTIR این فرآیند در شکل ۲ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، پیک‌های مربوط به حضور رس‌ها در این فاز دیده نمی‌شود که این امر می‌تواند نشان دهنده از بین رفتن کمپلکس‌های رسی یا تبدیل آن‌ها به مواد دیگر باشد. همچنین پیک ناشی از حضور دی سولفیدها نیز در این فاز دیده نمی‌شود. اما در این فاز در قسمت‌های ابتدایی طیف، می‌توان پیک‌هایی را در 673 cm^{-1} و 602 cm^{-1} مشاهده نمود که احتمالاً این پیک‌ها ناشی از ترکیبات C-H از گروه آلکین‌ها می‌باشد. آلکین‌ها که در گذشته به نام استیلن هم شناخته می‌شدند، مانند سایر هیدروکربن‌ها آب‌گریز هستند اما تمایل بیشتری به واکنش دادن دارند. در 1117 cm^{-1} پیکی مشاهده می‌شود که ناشی از تأثیر اثر بر نمونه است که در واقع نشان دهنده ساختار C-O است.



شکل (۲) طیف FTIR نمونه مرداب پس از انحلال در اتر

اولیه مرداب که حاوی مقدار زیادی سیلیس بوده و اتر، این ترکیب به وجود آمده باشد.

در شکل ۳ نتیجه طیف FTIR حاصل از نمونه فرآوری شده در فاز دوم استخراج نشان داده شده است. در این مرحله، نمونه خروجی از مرحله اول (پس از اصلاح با اتر)، در داخل اتانول حل شد و ۱۰ روز انحلال یافت و پس از آن استخراج گردید. همان طور که مشاهده می‌شود، در این فاز هم دیگر آثار کانی‌های رسی و دی سولفیدها وجود ندارد. در بخش اولیه مانند استخراج اتر می‌توان پیک‌های کوچکی که ممکن است ناشی از حضور آلکین‌ها در 650 cm^{-1} باشد. در 743 cm^{-1} می‌توان خوبی پیکی را مشاهده کرد که احتمالاً ناشی از استر هست. استرها می‌توانند از اسیدهای ارگانیک مشتق شده باشند. از واکنش بین الکل (اتانول) و اسید (ارگانیک) و حضور یک عامل هیدراته کننده، استر به وجود می‌آید.

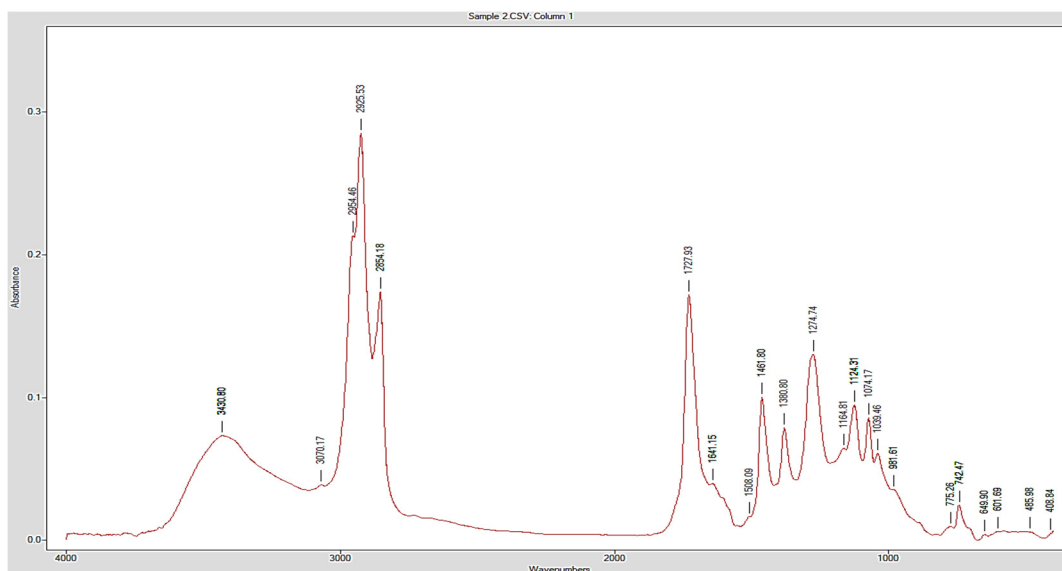
در 1039 cm^{-1} پیک ناشی از پلی ساکاریدها به وضوح دیده می‌شود و نشان می‌دهد که بخشی از این مواد ارگانیک در اتانول به خوبی حل شده و استخراج گردیده است. در 1074 cm^{-1} و 1125 cm^{-1} پیک ناشی از حضور ترکیبات ارگانیک مانند اتر یا استر که از واکنش کربوکسیلیک اسیدها و الکل به وجود می‌آید، دیده می‌شود. در 1462 cm^{-1} پیک هیومیک اسید که احتمالاً ناشی از واکنش کربوکسیلات اسید با اتانول هست. کربوکسیلات موجود ممکن است از اکسید شدن اتانول در شرایط هوازی (در حضور اکسیژن) به وجود آمده باشد.

پیک ناشی از پلی ساکاریدها که در نمونه اصلی با شدت زیادی وجود داشت، در این نمونه وجود ندارد که می‌تواند ناشی از انحلال این مواد در اتر باشد.

در 1426 cm^{-1} پیکی مشاهده می‌شود که ناشی از حضور هیومیک اسید است. این امر می‌تواند نشان دهنده استخراج هیومیک اسید موجود در نمونه پس از انحلال در اتر در این فاز باشد.

پیوندهای دوگانه آروماتیک کربن $\text{C}=\text{C}$ مرتبط با لیگنیت در 1621 cm^{-1} مانند نمونه اصلی اما با شدتی کمتر نشان داده شده است. همچنین پیک ناشی از پیوندهای CH از ترکیبات آلیفاتیک (بلند زنجیر) ناشی از چربی‌ها، واکس‌ها و لیپیدها در 2925 cm^{-1} و همچنین در 3407 cm^{-1} پیک مربوط به حضور کربوهیدرات‌ها و فنول‌های ناشی از واکنش مواد ارگانیک در محیط‌های آبی مانند نمونه اولیه نشان داده شده است.

در 1707 cm^{-1} پیکی کوچک و ضعیف نشان داده شده که می‌تواند ناشی از حضور اسیدهای ارگانیک آزاد که از واکنش نمونه مرداب با الکل‌ها ایجاد شده باشد. همچنین از نکات دیگر این فاز می‌توان به پیک‌های ضعیف و پهنی که در بازه 2100 الی 2250 cm^{-1} وجود دارد اشاره کرد. این پیک می‌تواند ناشی از حضور سولفات هیدروژن باشد. این ماده یک ترکیب غیر ارگانیک است که ناشی از واکنش سیلیس با اتم‌های هیدروژن هست که ممکن است بر اثر واکنش نمونه



شکل (۳) طیف FTIR نمونه مرداب پس از انحلال در اتانول

1213 cm^{-1} می‌توان پیک‌های ناشی از استر را مشاهده کرد که احتمالاً از واکنش بین حلال و اسیدهای ارگانیک و حضور یک عامل هیدراته کننده، به وجود آمده است.

در 1076 cm^{-1} پیک ناشی از پلی ساکاریدها به وضوح دیده می‌شود و نشان می‌دهد که بخشی دیگری از این مواد ارگانیک در دی اکسان هم مانند اتانول به خوبی حل شده و استخراج گردیده است. علاوه بر آن در 914 cm^{-1} پیک کوچکی وجود دارد که احتمالاً ناشی از حضور سلولوز است. سلولز در واقع ساختار اولیه دیوار سلولی گیاهان است.

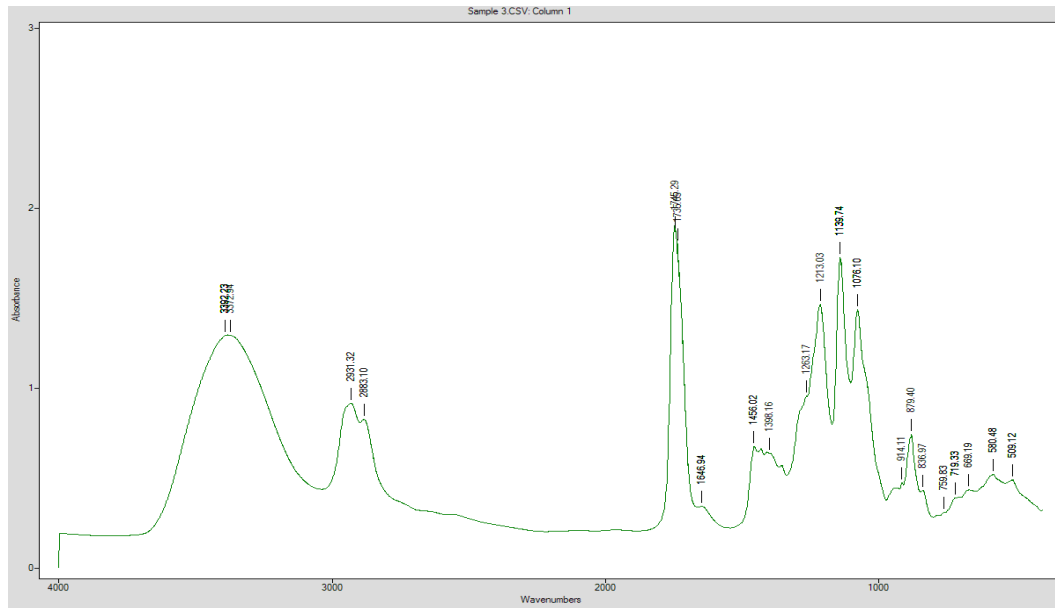
در 1139 cm^{-1} پیکی مشاهده می‌شود که شباهت زیادی به پیک اتر دارد ولی ممکن است با توجه به شباهت ساختاری اتر و دی اکسان، این پیک که در واقع نشان دهنده ساختار C-O هست، ناشی از تأثیر حلال دی اکسان بر نمونه باشد. پیوندهای آروماتیک کربن که احتمالاً مرتبط با لیگنیت است در $1455, 1646\text{ cm}^{-1}$ قابل رؤیت است.

در 1743 cm^{-1} یک پیک تند وجود دارد که ممکن است نشان دهنده کتون‌ها در استخراج این فاز باشد. کتون‌ها در واقع یک ترکیب ارگانیک می‌باشند که می‌توانند از اکسایش هیدروکربورها یا اسیدهای چرب دیگر ناشی از بدن جانداران باشد که در اثر اکسید شدن با الکل‌های دیگر به وجود آمده باشد. پیک ناشی از پیوندهای CH از ترکیبات آلیفاتیک (چربی‌دار) ناشی از چربی‌ها، واکس‌ها و لیپیدها در 2925 cm^{-1} و پیک مربوط به حضور کربوهیدرات‌ها و فنول‌های ناشی از واکنش مواد ارگانیک در محیط‌های آبی در 3407 cm^{-1} با شدتی بسیار کمتر نسبت به طیف‌های قبل، رویت می‌شود.

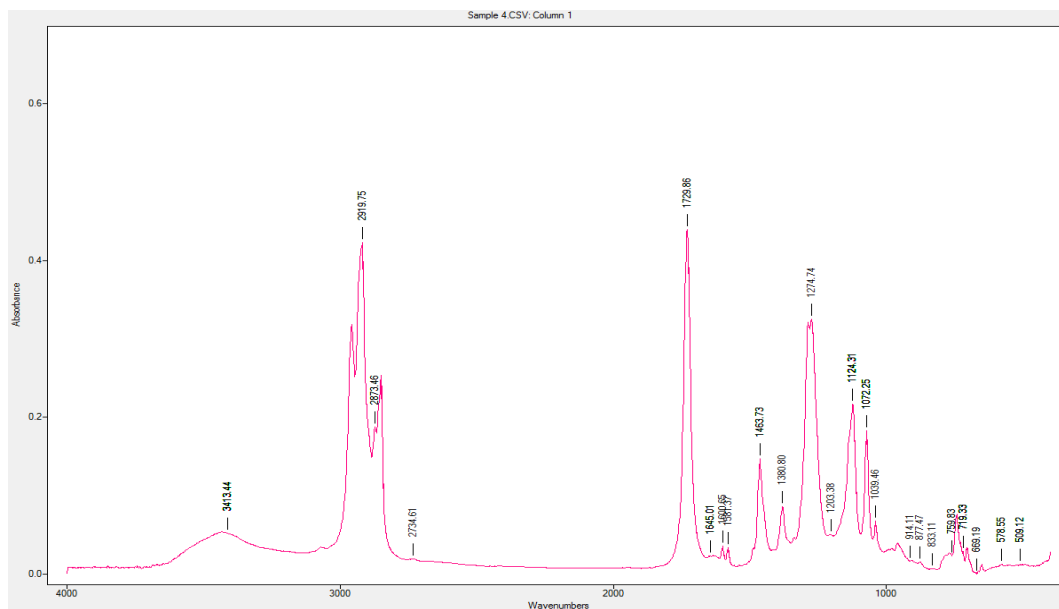
پیوندهای دوگانه آروماتیک کربن C=C مرتبط با لیگنیت در 1641 cm^{-1} مانند نمونه اصلی و نمونه اصلاح شده با اتر اما با شدتی کمتر حضور دارد.

در 1728 cm^{-1} پیکی مشاهده می‌شود که نشان دهنده حضور استر هست. آلدئیدها یا آلکان‌ها نیز از گروه ترکیبات ارگانیک می‌باشند که در آن اتم کربن پیوندی دوگانه با اکسیژن و از سوی دیگر با هیدروژن دارد. آلدئیدها ممکن است طی فرآیند اکسیداسیون الکل‌ها به وجود آمده باشند. همچنین در 2720 cm^{-1} نیز می‌توان پیک کوچکی از آلدئیدها را مشاهده کرد. پیک ناشی از پیوندهای CH از ترکیبات آلیفاتیک (چربی‌دار) ناشی از چربی‌ها، واکس‌ها و لیپیدها در 2854 و 2925 cm^{-1} و همچنین در 3407 cm^{-1} پیک مربوط به حضور کربوهیدرات‌ها و فنول‌های ناشی از واکنش مواد ارگانیک در محیط‌های آبی مانند نمونه اولیه و نمونه استخراج شده از فاز اتر نشان داده شده است. در فاز بعد، نمونه‌های جامد باقی مانده در حلال ارگانیک دی اکسان انحلال یافت.

در شکل ۴ نتیجه طیف FTIR استخراج این مرحله نشان داده شده است. ساختار دی اکسان شبیه اتر است ولی قوی‌تر، قابل حل تر و آب دوست‌تر از آن است. پیک ناشی از حضور دی سولفیدها مجدداً در این فاز می‌تواند ناشی از انحلال بخش دیگر پروتئین‌ها در این حلال باشد. علاوه بر آن در قسمت ابتدایی می‌توان پیک کوچکی را در 580 cm^{-1} مشاهده نمود که احتمال کمی وجود دارد که این پیک ناشی از ترکیبات R-Br از گروه هالوآلکان‌ها هست که گروهی از مواد آلی است که شامل یک یا چند هالوژن هست. در 879



شکل (۴) طیف FTIR نمونه مرداب پس از انحلال در دی اکسان

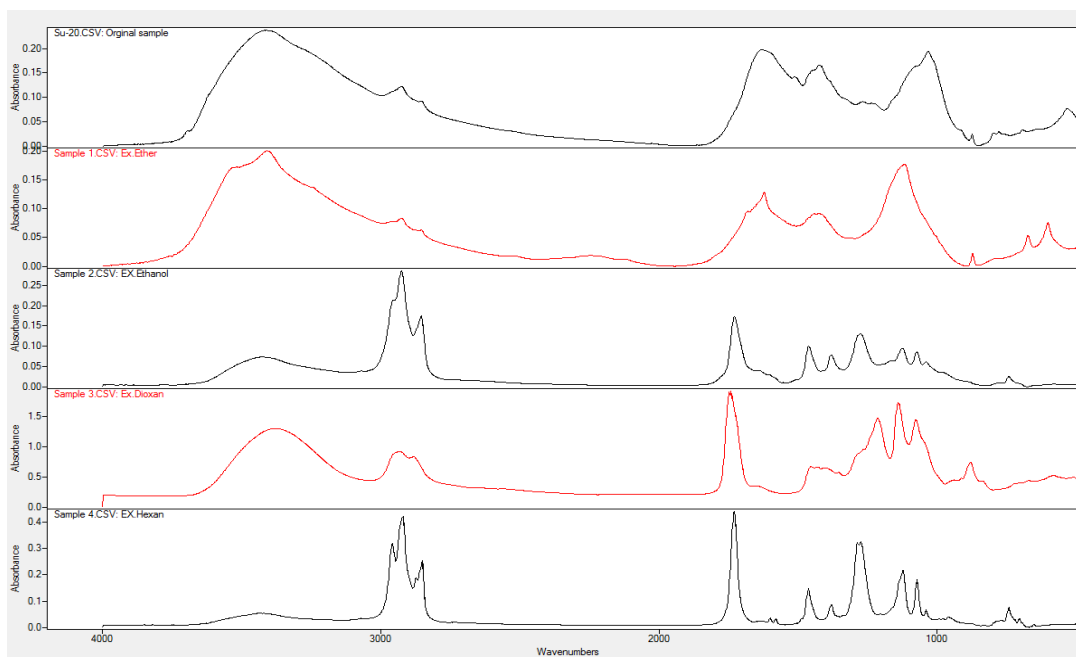


شکل (۵) طیف FTIR نمونه مرداب پس از انحلال در هگزان

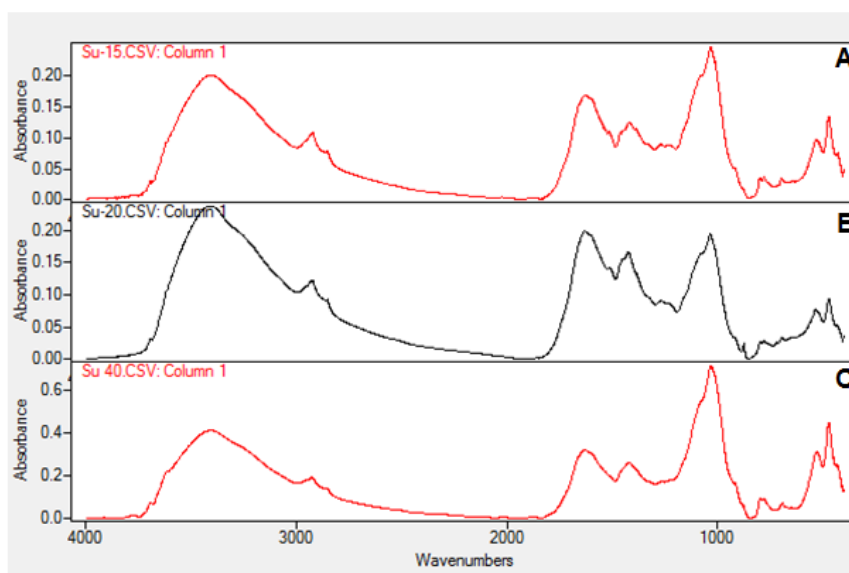
به خوبی در 1380 cm^{-1} نشان داده شده است. در 1463 cm^{-1} پیکی مشاهده می شود که ناشی از حضور هیومیک اسید هست. این پیک که در اتر و اتانول نیز وجود داشت، احتمالاً نشان دهنده هیومیک اسید باقی مانده در نمونه است که در فاز استخراج هگزان نیز نشان داده شده است. در 1729 cm^{-1} پیک ناشی از حضور استرها دیده می شود که ممکن است همانند فاز اتانول، طی فرآیند اکسیداسیون الکل ها به وجود آمده باشد. همچنین در 2750 cm^{-1} نیز می توان پیک کوچکی از آلدئیدها را نیز مشاهده نمود. پیک ناشی از پیوندهای CH از ترکیبات آلیفاتیک (چربی دار) ناشی از چربی ها، واکس ها و

در آخرین فاز استخراج، مواد ارگانیک در حلال آلی هگزان نرمال که یک ترکیب آلی از دسته آلکان ها است، حل شدند. نتیجه طیف FTIR حاصل از این فاز در شکل ۵ آورده شده است. در $705, 742\text{ cm}^{-1}$ می توان پیک های ناشی از استر را مشابه استخراج اتانول به خوبی مشاهده کرد. در 1123 cm^{-1} می توان پیک ساختار C-O ناشی از وجود آثار هگزان بر نمونه را که منجر به تولید اتر گردیده، مشاهده کرد. پیک مربوط به وجود سلولز در 950 cm^{-1} و پیک های ناشی از حضور پلی ساکاریدها در $1040, 1072\text{ cm}^{-1}$ به خوبی قابل رؤیت است. پیک ناشی از ترکیبات فنولیک که مرتبط با لیگنیت هست

استخراج مرحله‌ای مواد ارگانیک از خاک مرداب‌ها توسط حلال‌های آلی



شکل (۶) طیف‌های FTIR نمونه مرداب در تمامی فازهای استخراج مرحله‌ای





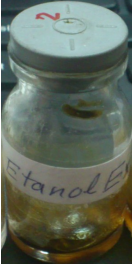
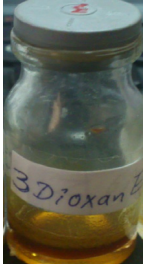

شکل (۷) طیف‌های نمونه خاک اولیه مرداب سوته در اعماق مختلف (A= 15 cm, B= 20 Cm , C= 40 cm)

دهد. همچنین به منظور بررسی تکرارپذیری، طیف‌های FTIR برای دو نمونه دیگر از نمونه‌های اولیه بررسی شد. همانطور که مشاهده می‌شود، تغییرات پیک‌ها در این سه نمونه که در شکل ۷ نشان داده شده است بسیار کم می‌باشد و تنها در شدت جذب پیک‌ها تفاوت اندکی دارند که نشان دهنده تکرارپذیری خوب آنالیز می‌باشد. متأسفانه، با توجه به اینکه فرآیند استخراج مواد توسط حلال‌های آلی یک فرآیند زمان‌بر بوده و میزان مواد استخراج شده نیز کم بود، امکان تکرارپذیری نتایج حاصل از انحلال وجود نداشت.

لیپیدها در 2925cm^{-1} و پیک مربوط به حضور کربوهیدرات‌ها و فنول‌های ناشی از واکنش مواد ارگانیک در محیط‌های آبی در 3407cm^{-1} با شدتی بسیار کم دیده می‌شود.

در شکل ۶، مقایسه ۵ طیف FTIR نشان داده شده در شکل‌های قبل در یک نمودار آورده شده است تا بتوان یک مقایسه جامع انجام داد. در نهایت نتایج حاصل از طیف‌های FTIR در فازهای مختلف در جدول ۱ مقایسه گردید تا مقایسه کاملی از مواد استخراج شده در هر مرحله را نمایش

جدول (۱) مقایسه نتایج بدست آمده در فازهای مختلف استخراج مرحله‌ای

طیف	نمونه اصلاح نشده	فاز Ethyl ether	فاز Ethanol	فاز Dioxane	فاز Hexane
					
Aromatic C=C Stretching (لیگنیت)	✓	✓	✓	✓	✓
CH Stretch Of Aliphatic (چربی‌ها، واکس‌ها)	✓	✓	✓	✓	✓
کانی‌های رسی	✓				
C-O Stretching (پلی ساکارید)	✓		✓	✓	✓
OH Stretch (آب و کربوهیدرات‌ها)	✓	✓	✓	✓	✓
C-H Deformations (لیگنیت- فنول)	✓				
Disulfide (پروتئین)	✓				
C-H Compound (آلکین)		✓	✓		✓
C-O Stretch (اتر)		✓			✓
C-O Stretch (اسید هیومیک)		✓	✓		✓
اسیدهای ارگانیک آزاد		✓			
استر			✓	✓	
C = O stretch (آلدهید)			✓		
سلولز				✓	
C = O stretch (کتون یا الکل‌ها)				✓	

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از استخراج مرحله‌ای توسط حلال‌های آلی به بررسی مواد ارگانیک استخراج شده از خاک‌های مرداب سوتنه پرداخته شد. در نتیجه استخراج مواد آلی از نمونه‌های مورد بررسی توسط حلال‌های اتر، اتانول، دی اکسان و هگزان مشخص شد که:

- در نمونه خاک اولیه بدون تیمار کانی‌های رسی، دی-سولفیدها ناشی از حضور پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، ترکیبات آروماتیکی لیگنیت یا چربی‌های کربوکسیلات، چربی‌ها، واکس‌ها، لیپیدها، کربوهیدرات‌ها و فنول‌ها حضور دارند.

- در فاز اول استخراج در اتر، مواد رسی، دی‌سولفیدها و پلی‌ساکاریدها وجود ندارد اما هیومیک اسیدها، ترکیبات آروماتیک کربنی لیگنیت، چربی‌ها، واکس‌ها، لیپیدها و کربوهیدرات‌ها حضور دارند. علاوه بر آن پیک‌های کوچک و ضعیفی ناشی از حضور اسیدهای ارگانیک آزاد ناشی از واکنش نمونه مرداب با الکل‌ها و سولفات هیدروژن در این فاز نشان داده شده است.

- در فاز دوم، استر مشتق شده از اسیدهای ارگانیک، پلی‌ساکاریدها، لیگنیت‌ها، کربوهیدرات‌ها و آلدئیدها حضور دارد. - نتایج حاصل از انحلال مواد جامد باقی مانده از فاز دوم در حلال دی‌اکسان شباهت‌های زیادی با اکسترکت فاز اتر دارد که این امر به علت شباهت ساختاری اتر و دی‌اکسان می‌باشد. همچنین دی‌سولفیدها، پلی‌ساکاریدها، لیگنیت، چربی‌ها، واکس‌ها و لیپیدها و کربوهیدرات‌ها مانند فازهای قبلی و کتون‌ها و سلولوزها نیز حضور دارد. - در آخرین فاز (هگزان) استر، هیومیک اسید، آلدهیدها، ترکیبات آلیفاتیک (چربی‌دار) ناشی از چربی‌ها، واکس‌ها و لیپیدها و کربوهیدرات‌ها با شدت کمتر نسبت به فازهای حضور دارد.

مراجع

- [1] Andriessse, J.P. *Nature and management of tropical peat soils* (1988).
 [2] Weiss, D., Shotyky, W., Rieley, J., Page, S., Gloor, M., Reese, S., & Martinez-Cortizas, A. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **66**(2002), 2307-2323.

استخراج مرحله‌ای مواد ارگانیک از خاک مرداب‌ها توسط حلال‌های آلی

- [8] Rosa, A.H., Rocha, J.C. and Sargentini Jr, E., *Understanding and Managing Organic Matter in Soils, Sediments, and Waters*. (2001).
- [9] Ziechmann, W. *Humic substances*, (1994).
- [10] You, S.J., Thakali, S. and Allen, H.E. *Environment international*, **32**(2006), 101-105.
- [11] Baglieri, A., Ioppolo, A., Negre, M. and Gennari, M., *Organic geochemistry*, **38**(2007), pp.140-150.
- [4] Abdoallahi, K., Movahedi, S. A. A., Mashayekhi, K., & Mazaheri, M. *Journal Agricultural Sciences and Natural Resources*. **14** (2007) 35-42.
- [3] Shotyky, W. *Earth-Science Reviews*, **25**(1988), 95-176.
- [5] Kurbatov, I. M. *the 2nd international peat congress, Leningrad*. **1**(1968), 133-137.
- [6] Achard, F.K., *Crell's Chem. Ann.*, **2**(1786), 391-403.
- [7] Stevenson, F.J., *Humus chemistry. Genesis, composition, reactions*, (1982).26-54.

Subsequent Extraction of Organic Matter from Peat Swamp Soil by Organic Solvents

Milad Kurdi ¹, Taymour Eslamkish ^{2,*}

1. Ph.D. Student of Amirkabir University of Technology
2. Assistance Professor of Amirkabir University of Technology

ABSTRACT

Study of substances dissolved in various solvents and extraction organic material extracted from organic soils like peat and swamps is one of the most important discussions in the field of organic chemistry. In this article, the application of Subsequent Extraction Method to study of the extracted substances in the organic solvents and the interaction with organic solvents has been studied. To achieve this goal, firstly, soil samples which consist organic matter have been collected from a swamp in Golestan province and then 4 types of organic solvent, Diethyl Ether, Ethanol, Dioxane, and Hexane were chosen as a solvent and were used respectively. To investigate the changes of solvents and determining the functional groups, FTIR was used in each phase of extraction. Results showed some compounds like lignin, fats, waxes, lipids, carbohydrates, and phenols are present in all phases but compounds such as clay, aldehydes, esters, humic acids, proteins, polysaccharides, and cellulose are shown in particular phases.

ARTICLE INFO

Article history:

Received: May 08, 2016

Revised in: February 06, 2017

Accepted: May 06, 2017

Key words:

Peat Swamp

Organic Solvents

Subsequent Extraction Method

FTIR

Organic material

All right reserved.

* Corresponding author

T.Eslamkish@aut.ac.ir
