شیمی نساجی

طیف‌سنجی FTIR و کاربرد آن در نساجی

پوریا نوروز کرمانشاهی[1,2*]، مریم محمدی[2]

چکیده

روش‌های طیف‌سنجی متفاوتی برای تجزیه و تحلیل ترکیبات مختلف وجود دارد. به طور کلی طیف‌سنجی به سه روش طیف‌سنجی با استفاده از اشعه مادون قرمز، طیف‌سنجی با استفاده از فلورسانس، طیف‌سنجی با استفاده از رزونانس مغناطیسی هسته‌ای انجام می‌شود. FTIR به دلیل مزایای فراوان، پتانسیل استفاده در آزمایشات و تحقیقات مختلف را دارا می‌باشد. تقریباً تمام ترکیباتی که پیوند کوالانسی دارند، فرکانس‌های متفاوتی از اشعه الکترومغناطیس را در ناحیه مادون قرمز جذب می‌کنند و پس از جذب امواج مادون قرمز در یک مولکول، موجب ایجاد یک سری حرکات ارتعاشی در آن می‌شود که اساس و مبنای طیف‌سنجی مادون قرمز را تشکیل می‌دهد. طیف‌سنجی در بسیاری از زمینه‌ها مانند نساجی، پزشکی، کشاورزی، دامپزشکی، دارویی، مواد غذایی، نفت، ژنتیک و غیره کاربرد داشته و می‌تواند به توصیف کمی و کیفی مواد و پدیده‌ها بپردازد. به طور کلی می‌توان بیان نمود که FTIR در نساجی نیز همانند سایر رشته‌ها کاربردهای فراوانی دارد. از جمله این کاربردها می‌توان به استفاده در شناسایی و تفکیک قارچ‌ها در آثار چرمی، تاثیر آنزیم روی ساختار شیمیایی پارچه، بررسی واکنش استری شدن، جذب سطحی آب بر روی لیف اشاره نمود.

مقدمه

امروزه از روش طیف‌سنجی، جهت تجزیه و تحلیل ترکیبات موجود در ترکیبات شیمیایی، منسوجات، خوراک دام، طیور و آبزیان بیش از گذشته استفاده می‌گردد. طیف‌سنجی در بسیاری از زمینه‌های دیگر مانند پزشکی، دامپزشکی، دارویی، کشاورزی و غلات، مواد غذایی، نفت، ژنتیک و غیره کاربرد دارد. اندازه‌گیری‌های کمی و کیفی از طریق روش طیف‌سنجی در مقایسه با روش‌های معمول و شیمیایی دارای سرعت عمل بالاتری می‌باشد که این امر باعث شده است تا بتوان از نمونه‌های زیادی در طول آزمایشات در مدت زمان کوتاه بهره جست. روش طیف‌سنجی بطور مستقیم برای تجزیه و تحلیل پارامترهای مورد نظر در ترکیبات مختلف به کار گرفته شده‌اند، بدون اینکه ماده اولیه نیازی به آماده‌سازی داشته باشد و یا اینکه فرآوری اولیه مثل خردکردن صورت گرفته باشد.

بطور کلی روش طیف‌سنجی، پتانسیل استفاده در مرحله آزمایشگاه و در حین تولید محصول را دارا می‌باشد. محدوده وسیعی از طیف‌های الکترومغناطیسی در طی آزمایشات و تحقیقات طیف‌سنجی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که عبارتند از: اشعه‌های با انرژی کم و طول موج بلند، مادون قرمز دور، مادون قرمز متوسط، مادون قرمز نزدیک، مرئی، مادون بنفش، اشعه‌هایی با انرژی بالا مانند اشعه ایکس و غیره. چون این اشعه‌ها با مولکول‌های مختلف و باندهای مولکولی متفاوت برخورد می‌کنند، بنابراین می‌توانند محدوده وسیعی از کاربردها را پوشش دهند و برای بررسی ترکیبات بیشماری استفاده شوند. [۱] [۲] [۳]

به طور کلی سه روش طیف‌سنجی مورد استفاده قرار می‌گیرند که عبارتند از:

۱. طیف‌سنجی با استفاده از اشعه مادون قرمز

۲. طیف‌سنجی با استفاده از فلورسانس

۳. طیف‌سنجی با استفاده از رزونانس مغناطیسی هسته‌ای

فرکانس تشعشع الکترومغناطیس در ناحیه مادون قرمز (I.R) بر اساس فرکانس ارتعاش طبیعی اتم‌های یک پیوند است. تقریباً تمام ترکیباتی که پیوند کوالانسی دارند (اعم از آلی یا معدنی)، فرکانس‌های متفاوتی از اشعه الکترومغناطیس را در ناحیه مادون قرمز جذب می‌کنند و پس از جذب امواج مادون قرمز در یک مولکول، موجب ایجاد یک سری

جدول ۱: تقسیم‌بندی طیف مادون قرمز بر اساس طول موج

ناحیه	گستره طول موج
نزدیک	۲/۵ تا ۰/۷۸
میانه	۵۰ تا ۲/۵
دور	۱۰۰۰ تا ۵۰
پر استفاده ترین	۱۵ تا ۲/۵

حـرکات ارتعاشـی در آن می‌شـود کـه اسـاس و مبنـای طیف‌سـنجی مـادون قرمـز را تشـکیل می‌هـد.

بـرای اینکـه تابـش مـادون قرمـز توسـط یـک مولکـول جـذب شـود بایـد گشـتاور دو قطبـی ایـن مولکـول، در نتیجـه حرکـت چرخشـی و ارتعاشـی آن، متحمـل یـک تغییـر خالـص شـوند. سـاده‌ترین نـوع حـرکات ارتعاشـی در یـک مولکـول، حـرکات خمشـی و کششـی اسـت.

ناحیـه مـادون قرمـز، ناحیه‌هـای از طیـف الکترومغناطیـس اسـت کـه طـول موجـی بلندتـر از نـور مرئـی (۴۰۰ تـا ۸۰۰ نانومتـر) و کوتاه‌تـر از امـواج مایکروویـو دارد. طیـف مـادون قرمـز IR بـه سـه قسـمت نزدیـک، دور و میانـه تقسـیم می‌شـوند. (جـدول ۱) [۴][۵]

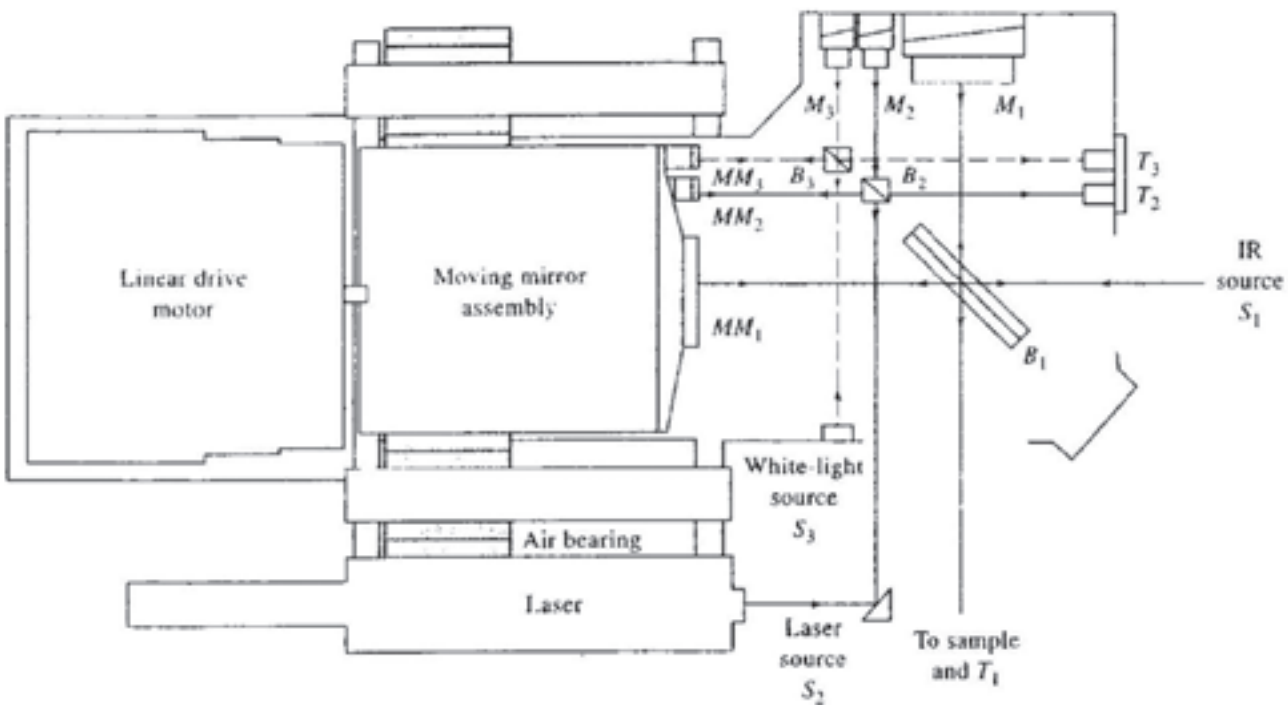
انـرژی حاصـل از نـور مـادون قرمـز را کـه توسـط پیوندهـای شـیمیایی یـا گروه‌هـای عاملـی خـاص در طـول مـوج مشـخص جـذب می‌شـود، موجـب کاهـش شـدت عبـور نـور می‌شـود و بـه عنـوان تابعـی از عـدد مـوج رسـم می‌شـود. البتـه تمـام پیوندهـای مولکـول قـادر بـه جـذب انـرژی مـادون قرمـز نیسـتند، حتـی اگـر فرکانـس اشـعه بـا فرکانـس حرکـت تطبیـق کنـد، فقـط پیوندهایـی کـه گشـتاور دو قطبـی دارنـد، قـادر بـه جـذب اشـعه مـادون قرمـز هسـتند.

بایـد توجـه داشـت کـه هـر پیونـد فرکانـس ارتعـاش طبیعـی خاصـی دارد. یـک پیونـد، در دو مولکـول مختلـف، در محیط‌هـای متفاوتـی از نظـر اتم‌هـا و پیوندهـای پیرامونـی خـود قـرار دارنـد و هیچـگاه دو مولکـول بـا سـاختمان‌های متفـاوت، طیـف مـادون قرمـز یکسـانی از خـود نشـان نمی‌دهنـد. بـا توجـه بـه ایـن مطلـب، می‌تـوان از طیـف مـادون قرمـز هماننـد اثـر انگشـت در انسـان، بـرای شناسـایی مولکول‌هـا اسـتفاده کـرد. [۵] [۶]

بـا اسـتفاده از آنالیـز فوریـه یـک سـیگنال می‌تـوان موج‌هـای سینوسـی و کسینوسـی تشـکیل‌دهنده آن را اسـتخراج کـرد و از روی موج‌هـای سینوسـی نیـز می‌تـوان فرکانس‌هـای تشـکیل‌دهنده سـیگنال گفتـار را بـه دسـت آورد. بـا ایـن حـال نمی‌تـوان مسـتقیماً از سـری‌های فوریـه بـرای ایـن منظـور بهـره جسـت.

چـرا کـه سـری‌های فوریـه بـر روی توابـع متنـاوب تعریـف شـده‌اند. بـرای رفـع ایـن مشـکل ابـزاری بـا نـام تبدیـل فوریـه معرفـی شـده اسـت کـه بـر روی داده‌هـای عـددی (سـیگنال) اعمـال می‌شـود. تبدیـل فوریـه در محاسـبات تصویـری ماننـد ام آر آی در فیزیـک پزشـکی جهـت ایجـاد تصویـر نهایـی اطلاعـات امـواج سـاطع شـده از هسـته‌های هیـدرژن از حـوزۀ فرکانسـی (frequency domain) بـه حـوزۀ فضایـی (spatial domain) کاربـرد دارد. همچنیـن در علـم دینامیـک سـازه‌ها و ارتعاشـات مکانیکـی بـرای تعییـن پاسـخ سـازه در برابـر تحریـکات غیـر هارمونیـک از تبدیـل فوریـه بـه منظـور تبدیـل ایـن تحریـکات بـه اجـزای هارمونیـک اسـتفاده می‌شـود. سـپس می‌تـوان معادلـه دیفرانسـیل حرکـت سـازه را حـل کـرد.

یکـی دیگـر از کاربردهـای آن در تجزیـه و تحلیـل مـدارات مخابراتـی و مـدارات قـدرت بـرای بدسـت آوردن هارمونیک‌هـای پدیدآورنـده یـک شـکل مـوج اسـت. اسـتفاده از تبدیـل ریاضـی فوریـه مزایـای زیـادی در مقایسـه بـا دسـتگاه آی آر معمولـی دارد. آزمایشـات بـر روی نمونـه سـرعت بالایـی دارد و جمع‌آوری اطلاعـات و نویـز سـیگنال‌ها بهتـر اسـت. تبدیـل فوریـه کـه بیشـتر در طیـف سـنجی IR، NMR، UV، Visible بـکار مـی‌رود، می‌توانـد خطـوط



شکل ۱: تداخل‌سنج‌ها در یک طیف تبدیل فوریه زیر قرمز. زیر نویس ۱ مسیر تابش در تداخل‌سنج زیر قرمز را نشان می دهد؛ زیر نویس‌های ۲ و ۳ به ترتیب به تداخل سنج‌های لیزری و نور سفید اشاره دارد.

پیچیده‌ی طیف IR را به طیف معمولی تبدیل نمود. [۵] طیف سنج‌های زیر قرمز تبدیل فوریه برای اولین بار در بازار بسیار حجیم و گران بودند (۱۰۰۰۰۰ دلار) و به تنظیم‌های مکرر مکانیکی احتیاج داشتند که باعث محدود شدن این دستگاه به کاربردهای خاص شده بود. امروزه دستگاه‌های تبدیل فوریه به اندازه‌ای قابل استفاده روی میز آزمایشگاه کاهش یافته‌اند.

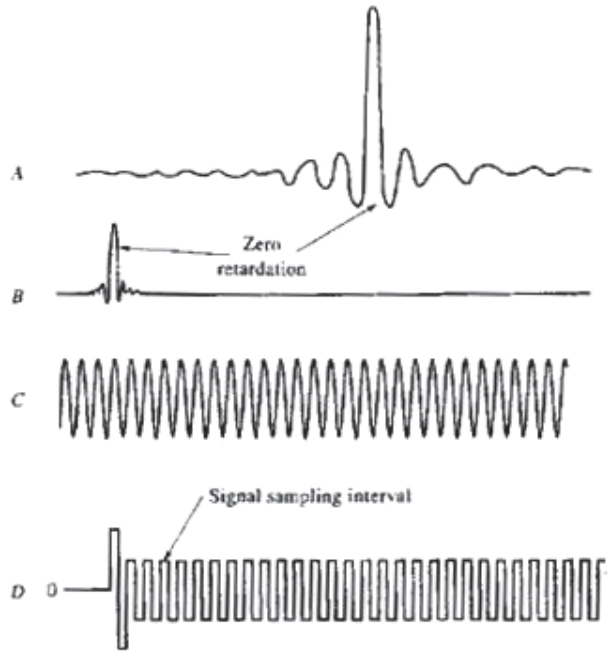
قیمت نمونه‌های ساده‌تر نیز از تمام دستگاه‌های پاشنده کمتر است و به این دلیل در آزمایشگاه، دستگاه‌های پاشنده با دستگاه‌های تبدیل فوریه جایگزین شده‌اند. [۴]

اجزای دستگاه‌های FTIR

دستگاه‌های مادون قرمز تبدیل فوریه عموماً بر اساس تداخل سنج مایکلسون استوارند. شرح الگوی مایکلسون به صورت زیر است:

مکانیسم رانش: برای داشتن تداخل سنج‌های رضایت‌بخش باید سرعت آینه‌ی متحرک ثابت باشد و در هر لحظه موقعیت دقیق آن معلوم باشد. مسطح بودن آینه نیز باید طی کل پیمایش ۱۰ cm یا بیشتر باقی بماند. در ناحیه‌ی مادون قرمز دور که طول موج‌ها در گستره‌ای از ۵۰ تا ۱۰۰ میکرومتر قرار دارند، جابه‌جایی یک آینه با کسری از یک طول موج و اندازه‌گیری دقیق موقعیت آن را می‌توان توسط یک پیچ ریز سنج رانده شده با موتور انجام داد. مجموعه قاب و آینه بر روی بالشتک‌های هوا معلق است و درون روکش‌های فولاد ضدزنگ نگه داشته شده‌اند. (شکل ۱).

این مجموعه با یک سیم پیچ الکترومغناطیسی رانده شده و سپس یک جریان افزایشی در سیم پیچ، آینه را با سرعتی ثابت می‌رانند. در انتها، آینه به سرعت به کمک یک جریان معکوس سریع به نقطه‌ی آغاز، برای پیمایش بعدی برگردانده می‌شود. طول مسیری که آینه می‌پیماید بین ۱ تا ۲۰ سانتی‌متر متغیر است؛ سرعت پیمایش در گستره‌ی ۰٫۰۱ تا ۱۰ cm/s قرار دارد.

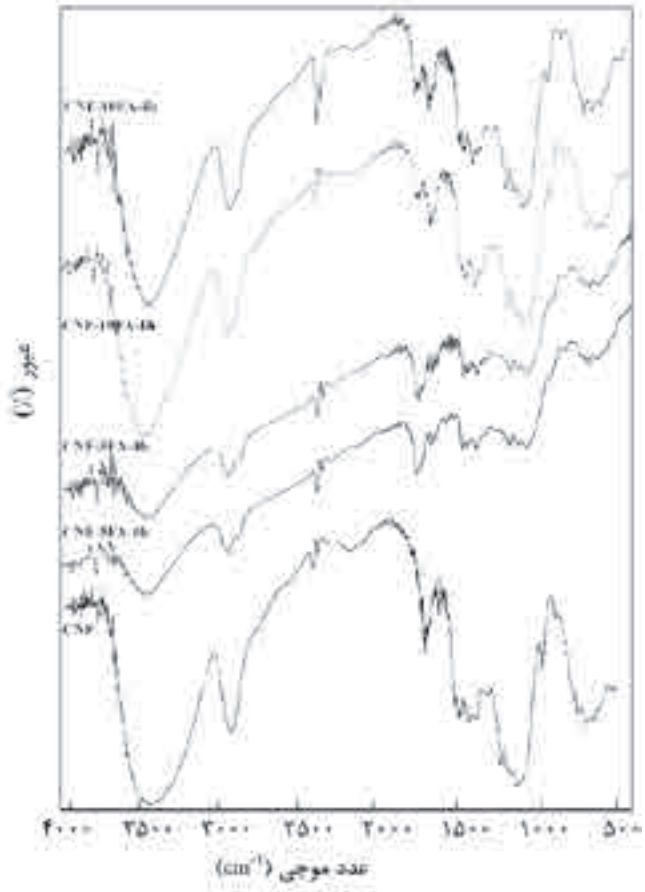


شکل ۲: علامت های پیشرفت زمان برای سه تداخل سنج موجود در یک دستگاه مادون قرمز تبدیل فوریه. منحنی A: علامت مادون قرمز؛ منحنی B: علامت نور سفید؛ منحنی C: علامت مرجع فریز لیزری؛ منحنی D: علامت الکتریکی موج مربعی تشکیل شده از علامت لیزری

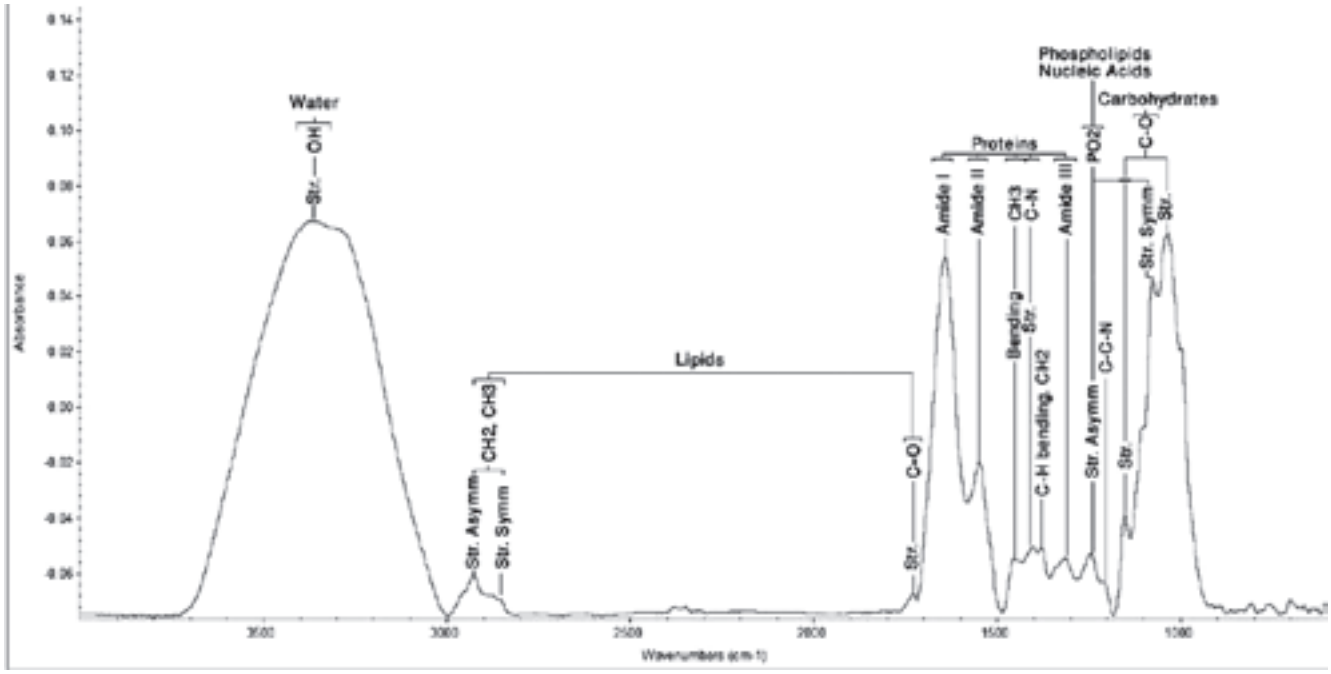
دو جنبه ی دیگر در سیستم آینه نیز لازم است. اولی وسیله‌ای برای نمونه‌برداری از تداخل سنج که در فواصل پس‌افتادگی کاملاً یکسان است. دومی روشی برای تعیین دقیق نقطه پس‌افتادگی است. اگر در این نقطه دقت کافی نباشد، علامت‌های حاصل از پیمایش‌های تکراری کاملاً همفاز نمی‌شوند و متوسط‌گیری به جای بهبود، سبب تحلیل علامت می‌شود.

برای غلبه بر مشکل نمونه‌برداری دقیق و متوسط‌گیری علامت می‌توان از سه تداخل‌سنج به جای یک تداخل‌سنج و یک قاب آینه‌ی تک که هر سه آینه‌ی متحرک را در خود جا می‌دهد، استفاده کرد. (شکل ۱) اجزا و مسیرهای تابش برای هر یک از سه سیستم تداخل سنج به ترتیب با زیرنویس‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده است.

سیستم ۱، سیستمی زیر قرمز است که نهایتاً یک تداخل‌سنج مشابه به آنچه که بصورت منحنی A در شکل ۲ آمده است، در اختیار می‌گذارد. سیستم ۲ را سیستم مرجع فریز لیزری می‌گویند و اطلاعات فواصل



شکل ۳: طیف FTIR نمونه‌های CNF طبیعی و اصلاح شده با اولئیک اسید.



شکل ٤: گروه های عاملی کلی قارچ(پلی سیلیوم) طیف ATR-FTIR در محدوده cm^{-1} ٤٠٠٠-٦٠٠ پس از تصحیح خط زمینه

نمونه‌برداری را فراهم می‌کند. این سیستم از یک لیزر هلیوم/ نئون S_2 ، یک سیستم تداخل‌سنجی شامل آینه‌های MM_2 و M_2، یک شکافنده‌ی باریکه B_2 و یک ترانسدیوسر T_2 تشکیل شده است. خروجی این سیستم مطابق قسمت C شکل ۲ یک موج کسینوسی است. این علامت به شکل موج مربعی که در قسمت D نشان داده شده است به طریق الکترونیکی تبدیل شده و نمونه‌برداری در هر گذر از صفرهای پشت سر هم آغاز یا خاتمه می‌یابد. با سیستم مرجع فریز لیزری فاصله‌ی نمونه‌برداری بسیار منظم و تکرارپذیر می‌شود. در بیشتر دستگاه‌ها، از علامت لیزر نیز برای کنترل سرعت سیستم رانش آینه در یک سطح ثابت استفاده می‌شود.

سیستم تداخل سنج سوم که گاهی سیستم نور- سفید نامیده می‌شود، شامل منبع تنگستن S_3 و یک ترانسدیوسر T_3 حساس به تابش مرئی است. سیستم آینه‌ی آن ثابت است تا یک پس‌افتادگی صفر بدست دهد که به سمت چپ پس‌افتادگی صفر برای علامت تجزیه‌ای جابه‌جا می‌شود. (تداخل سنج B در شکل۲) به دلیل چند فامی بودن منبع توان آن در پس افتادگی صفر بسیار بزرگتر از توان در هر علامتی قبل و بعد از آن نقطه است. در نتیجه، از این ماکسیمم می توان برای به راه‌انداختن شروع نمونه‌برداری از داده‌ها برای هر پیمایش، در یک نقطه‌ی بسیار تکرارپذیر استفاده کرد.

شکافنده‌های باریکه از مواد شفاف با ضرایب شکستی که تقریباً ۵۰٪ از تابش بازتابیده می‌شود و ۵۰٪ عبور می‌کند، ساخته شده‌اند. یکی از مواد متداول برای ناحیه‌ی مادون قرمز دور، لایه‌ی نازکی از میلار است که بین دو صفحه جامد با ضریب شکست کوچک پیچیده شده است. لایه‌های نازکی از ژرمانیم یا سیلسیم رسوب داده شده بر روی یدید یا برمید سزیم، کلریدسدیم یا برمید پتاسیم برای ناحیه‌ی مادون قرمز- میانه به کار می‌رود. برای مادون قرمز نزدیک لایه‌ی اکسید آهن III رسوب داده شده بر روی فلوئورید کلسیم قابل استفاده است.

معمولاً آشکارسازهای گرمایی به خاطر زمان‌های جواب کند، به راحتی با دستگاه‌های تبدیل فوریه مطابقت ندارند. از آشکارسازهای تف الکتریکی‌تری گلیسین سولفات در ناحیه‌ی زیر قرمز- میانه به طور وسیعی استفاده می‌شود.

هنگامی‌که به حساسیت بهتر و یا زمان‌های جواب سریع‌تر نیاز است، از آشکارسازهای فتو رسانایی جیوه/کادمیم تلورید یا ایندیم آنتیمونید سرد شده با نیتروژن مایع استفاده می‌شود.

برای این دستگاه‌ها از نواحی مادون قرمز میانی و دور استفاده می‌شود. از منابع مادون قرمز می‌توان منبع گلوبار، منبع سیم ملتهب، قوس جیوه‌ای، لامپ تنگستن، منبع افروزه نرنست و لیزر دی‌اکسید کربن را نام برد. انواع آشکارساز طیف‌سنجی مادون قرمز عبارتند از آشکارسازهای حرارتی، آشکارساز پیروالکتریک، آشکارساز فتورسانا یا نور- هدایت. [۴]

کاربرد FTIR در نساجی

الماسی و همکارانش به منظور بررسی تاثیر اصلاح سطحی با اولئیک اسید بر خواص فیزیکی نانو الیاف سلولز از دستگاه FTIR طیف نورسنج Shimadzu 4100 ساخت ژاپن استفاده نموده‌اند. آنها در آزمایش خود حدود ۲ mg از نانو الیاف سلولز (CNF) به روش دستی آسیاب کرده و با نسبت ۱:۱۰۰ با KBr مخلوط نموده‌اند.

مخلوط آسیاب شده را به کمک پرس به قرصی با ضخامت حدود ۱ mm تبدیل کرده‌اند. آزمون طیف‌سنجی FTIR روی نمونه‌های CNF

طبیعی و اصلاح شده، در محدوده ۵۰۰ تا cm^{-1} ۴۰۰۰ انجام شده است. نتایج آزمون، انجام واکنش استری شدن را در نمونه‌های اصلاح شده با اولئیک را تأیید کرد، به این دلیل که طیف IR نمونه‌های CNF طبیعی و اصلاح شده، تفاوت‌های قابل‌ملاحظه‌ای با یکدیگر داشتند. (شکل ۳) مقایسه محدوده طیف ۲۸۵۰ تا cm^{-1} ۲۹۵۰ نشان می‌دهد، پیک جذب CNF اصلاح نشده، به دو پیک جذب در حدود cm^{-1} ۲۹۰۰ برای نمونه‌های اصلاح شده تبدیل شده است. این موضوع می‌تواند مربوط به وجود گروه‌های متیلن (پیوندهای C-H) بیشتر در نمونه‌های عمل‌آوری شده با اولئیک اسید باشد. کاهش شدت پیک در ناحیه cm^{-1} ۳۴۰۰ که مربوط به گروه‌های O-H سلولز است، دلیلی دیگر برای موفقیت انجام واکنش استری شدن محسوب می‌شود.

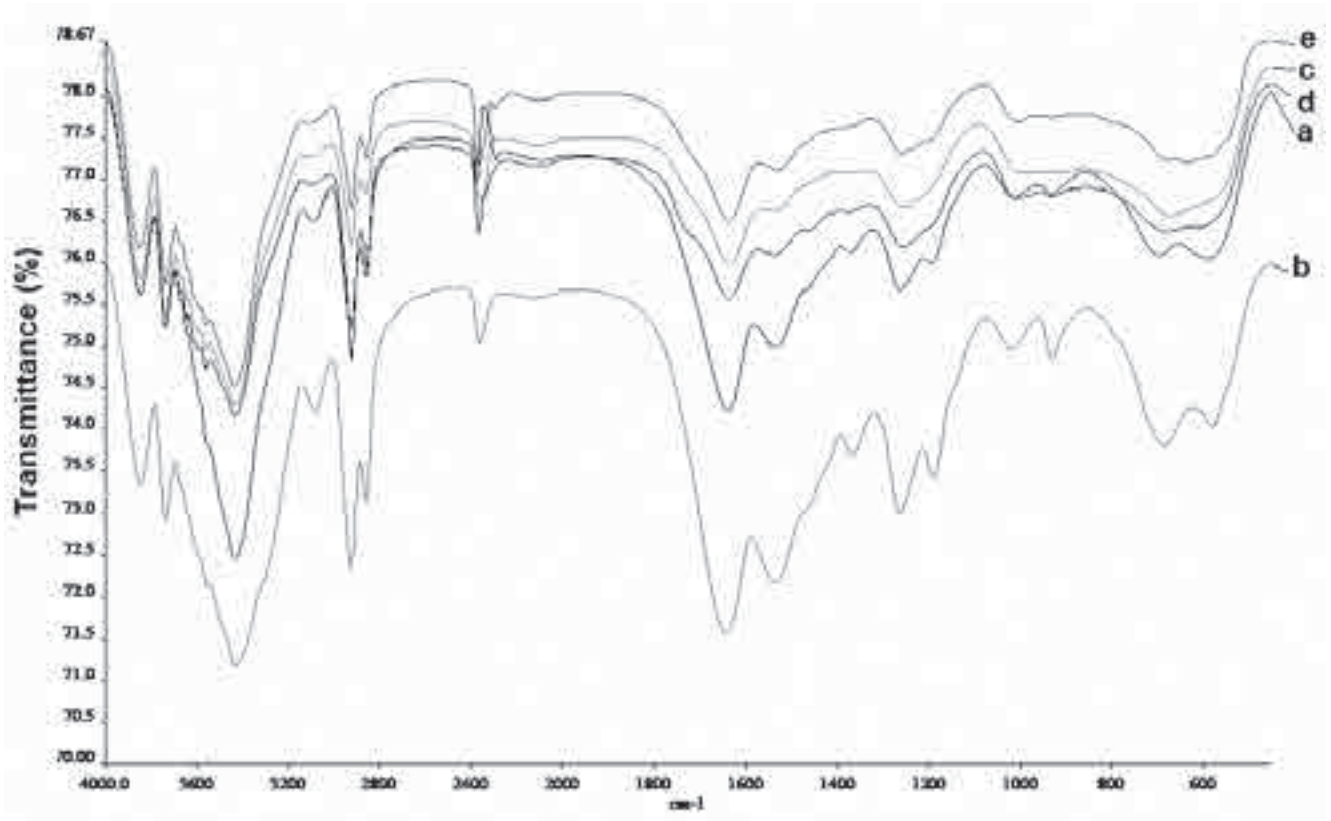
همانطور که در شکل ۳ مشخص است، با افزایش درجه استخلاف، جذب گروه‌های استر C=O به طیف‌های بالاتر منتقل شده و شدت جذب برای گروه‌های OH کاهش یافته است. [۷]

کوچکزایی و همکارانش از دستگاه FTIR به منظور شناسایی و تفکیک قارچ‌ها در یک مجموعه آثار چرمی مربوط به عصر سلجوقی استفاده نموده‌اند. آنها از دو روش ارزیابی ویژگی طیفی بر اساس شکل و موقعیت و تحلیل خوشه‌ای بر اساس مساحت زیر نمودار استفاده کرده‌اند. آنها بیان نمودند که FTIR ابزار مناسبی برای شناسایی و تفکیک قارچ‌ها و میکروارگانیسم‌ها بوده و ابراز داشتند که مزایای این روش، FTIR را به ابزاری مناسب در بررسی قارچ‌ها تبدیل کرده است. شکل ۴ نتایج بدست آمده از آزمون طیف‌سنجی بر روی آثار چرمی مربوط به عصر سلجوقی را نشان‌می دهد. [۸]

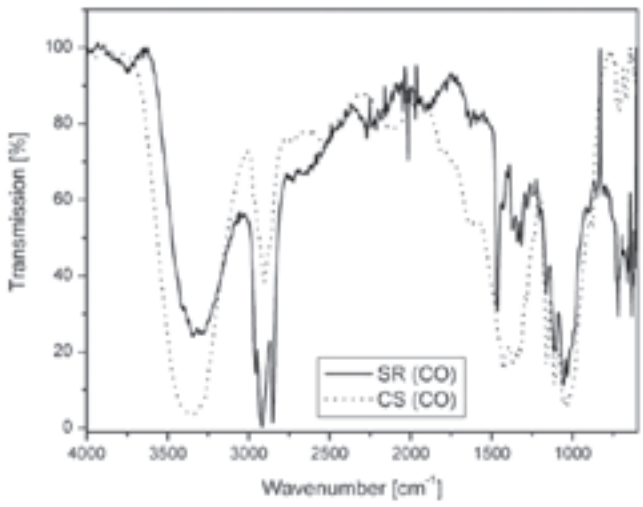
پروین‌زاده و همکارانش تاثیر آنزیم روی ساختار شیمیایی پارچه نایلونی ۶۶ را با استفاده از طیف‌سنج Bruker Tensor 27 FTIR مورد بررسی قرار داده اند. نتایج طیف‌سنجی برای پارچه عمل نشده و عمل شده با مخلوط پروتئاز و لیپاز در شکل ۵ نشان داده شده است. در طول موج cm^{-1} ۱۶۴۰ یک باند قوی و یک باند شدید در cm^{-1} ۳۴۳۵ نشان داده شده که به ترتیب مربوط به باند کششی C=O و ارتعاشات خمشی N-H است. [۹]

Célinoa و همکارانش جذب سطحی آب بر روی سه لیف طبیعی (کتان، کنف و سیسال) با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه را مورد مطالعه قرار داده اند. اطلاعات طیفی بدست آمده، امکان هر دو آنالیز کیفی و کمی مکانیسم‌های رطوبتی را فراهم می‌کند. هدف کار آنها گسترش یک روش سریع و آسان بر پایه‌ی طیف‌سنجی ATR-FTIR برای توصیف کردن کمی و کیفی پدیده‌ی جذب سطحی آب به طور صحیح بر روی الیاف خام بوده است. [۱۰]

Kavkler با همکارانش در بررسی منسوجات تاریخی تخریب شده، از میکروسکوپ مادون قرمز تبدیل فوریه مرسوم و میکروسکوپ مادون قرمز



شکل ۵: طیف FTIR: a) پارچه نایلونی ٦٦ عمل نشده، b) پارچه نایلونی عمل شده با Protex 40 L /Lipex 50T (٪۳:٪۳)، c) پارچه نایلونی عمل شده با Protex gentle L /Lipex 50T (٪۳:٪۳) d) پارچه نایلونی عمل شده با Protex multiplus L/Lipex 50T (٪۳:٪۳) e) پارچه نایلونی عمل شده با Protex 50FP /Lipex 50T (٪۳:٪۳)



شکل ٦: مقایسه دو میکروسکوپ مادون قرمز تبدیل فوریه با تقویت ذرات باردار (SR) و روش مرسوم (CS) برای الیاف پنبه در منسوجات تاریخی

تبدیل فوریه با تقویت ذرات باردار (SR-FTIR) استفاده کرده است. او و همکارانش در مقایسه این دو میکروسکوپ بیان کرده‌اند که استفاده از تقویت ذرات باردار باعث روشن‌تر شدن تصویر و کاهش نویز می‌گردد. شکل ۶ نشان‌دهنده مقایسه این دو میکروسکوپ می‌باشد. در این تحقیق سه نوع لیف پنبه، کنف و کتان مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج نشان داد که با استفاده از میکروسکوپ مادون قرمز تبدیل فوریه در بعضی از طول موج‌ها مانند ۸۹۷ تا ۱۱۲۰ cm^{-1} تغییراتی دیده می‌شود که در استفاده از میکروسکوپ مرسوم دیده نمی‌شود. علاوه بر بررسی انجام شده، آنها اقدام به تهیه نگاشت توسط میکروسکوپ مادون قرمز تبدیل فوریه با تقویت ذرات باردار از سطح مقطع الیاف نموده‌اند. اگرچه این تصویر نمی‌تواند مشخص‌کننده سطح مقطع الیاف باشد ولی می‌توان حضور مواد مختلف را در سطح مورد نظر بررسی نمود. [۱۱]

نتیجه گیری

روش طیف‌سنجی، پتانسیل استفاده در آزمایشات و تحقیقات مواد شیمیایی مختلف را دارا می‌باشد. تقریباً تمام ترکیباتی که پیوند کوالانسی دارند، فرکانس‌های متفاوتی از اشعه الکترومغناطیس را در ناحیه مادون قرمز جذب می کنند و پس از جذب امواج مادون قرمز در یک مولکول، موجب ایجاد یک سری حرکات ارتعاشی در آن می شود که اساس و مبنای طیف سنجی مادون قرمز را تشکیل می هد. برای اینکه تابش مادون قرمز توسط یک مولکول جذب شود باید گشتاور دو قطبی این مولکول در نتیجه حرکت چرخشی و ارتعاشی آن متحمل یک تغییر خالص شوند. طیف‌سنجی در بسیاری از زمینه‌ها مانند پزشکی، دامپزشکی، دارویی، کشاورزی وغلات، مواد غذایی، نفت، ژنتیک و غیره کاربرد دارد و می‌تواند به توصیف کمی و کیفی مواد و پدیده‌ها بپردازد. به طور کلی می‌توان بیان نمود که FTIR کاربرد گسترده‌ای در رشته‌های مختلف دارد و در صنعت نساجی برای شناسایی عناصر، مقایسه و بررسی خصوصیات منسوجات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پی‌نوشت

۱- مدرس مدعو، گروه مهندسی پلیمر، دانشگاه پیام نور، مشهد، ایران، صندوق پستی ۹۱۷۳۵/۴۳۳

۲- دانشجوی دکتری مهندسی شیمی نساجی و علوم الیاف، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبه، یزد، ایران، صندوق پستی ۸۹۱۹۵/۱۵۵

۳- دانشجوی کارشناسی مهندسی پلیمر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبه، یزد، ایران، صندوق پستی ۸۹۱۹۵/۱۵۵

*Email: Kermanshahi@iauyazd.ac.ir

منابع

[۱] ع. گلشنی، «کاربرد طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک (NIR) در صنعت خوراک دام، طیور و آبزیان: قسمت اول» کیمیا فام، pp. ۵۴-۵۵، ۱۳۹۰.

[۲] س. حسینی شیرازی، ا. فرهادی و ن. وکیلی ظهیر، «مروری بر طیف‌سنجی مادون قرمز و کاربرد آن در علوم پزشکی» پژوهش در پزشکی، جلد ۲۹، شماره ۴، pp. ۳۷۹-۳۸۶، ۱۳۸۴.

[۳] ش. بقاپور، س. مختاری، پ. پروین و ا. امجدی، «اثر تابش ناهمدوس فرابنفش برروی بافت کپسول کلیوی با استفاده از آزمون کششی دینامیکی و طیف‌سنجی FTIR» لیزر پزشکی، جلد ۷، شماره ۴، pp. ۱۹-۲۳، ۱۳۸۹.

[4] D. Scoog, F. Holler Crouch, Principles of Instrumental Analysis, Belmont, USA: Thomson Higher Education, 2007.

[۵] م. محمودی، م. مهدوی مجد و ح. ملازینلی، «آنالیز پلیمرها از طریق طیف‌سنجی مادون قرمز» ماهنامه اندیشه گستر سایپا، جلد ۱۲۹، pp. ۶۶-۶۷، ۱۳۹۱.

[۶] «تبدیل فوریه» ۲۲ تیر ۱۳۹۱

Available: http://mathworks.ir/matlab-learning/31-general/198-fourier-transform.

[۷] ه. الماسی، ب. قنبرزاده و ج. دهقان نیا، «اثر اصلاح سطحی با اولئیک اسید بر خواص فیزیکی نانوالیاف سلولوز» مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، جلد ۲۶، شماره ۴، pp. ۲۹۱-۳۰۲، ۱۳۹۲.

[۸] ع. کوچکزایی، ح. احمدی و م. محمدی آچاچلویی، «شناسایی و تفکیک قارچها به روش ATR-FTIR در یک مجموعه آثار چرمی مربوط به عصر سلجوقی» فصلنامه علمی - پژوهشی زیست شناسی میکروارگانیسم‌ها، جلد ۷، pp. ۵۳-۶۸، ۱۳۹۲.

[۹] م. پروین زاده گشتی، ر. آصفی پور و آ. الماسیان، «تاثیر آبکافت آنزیمی نایلون ۶۶ با استفاده از مخلوط آنزیم‌های پروتئاز و لیپاز بر رنگ‌پذیری» نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ، جلد ۷، pp. ۱۸۱-۱۹۳، ۱۳۹۲.

[10] A. Célinoa, O. Gonc, F. Jacquemin و S. Fréour, "Qualitative and quantitative assessment of water sorption in natural fibres using ATR-FTIR spectroscopy," Carbohydrate Polymers, جلد ۱۰۱, p. 163– 170, 2014.

[11] K. Kavkler, N. Gunde-Cimerman, P. Zalar و A. Demsar, "FTIR spectroscopy of biodegraded historical textiles," Polymer Degradation and Stability, جلد ۹۶, pp. 574-580, 2011.