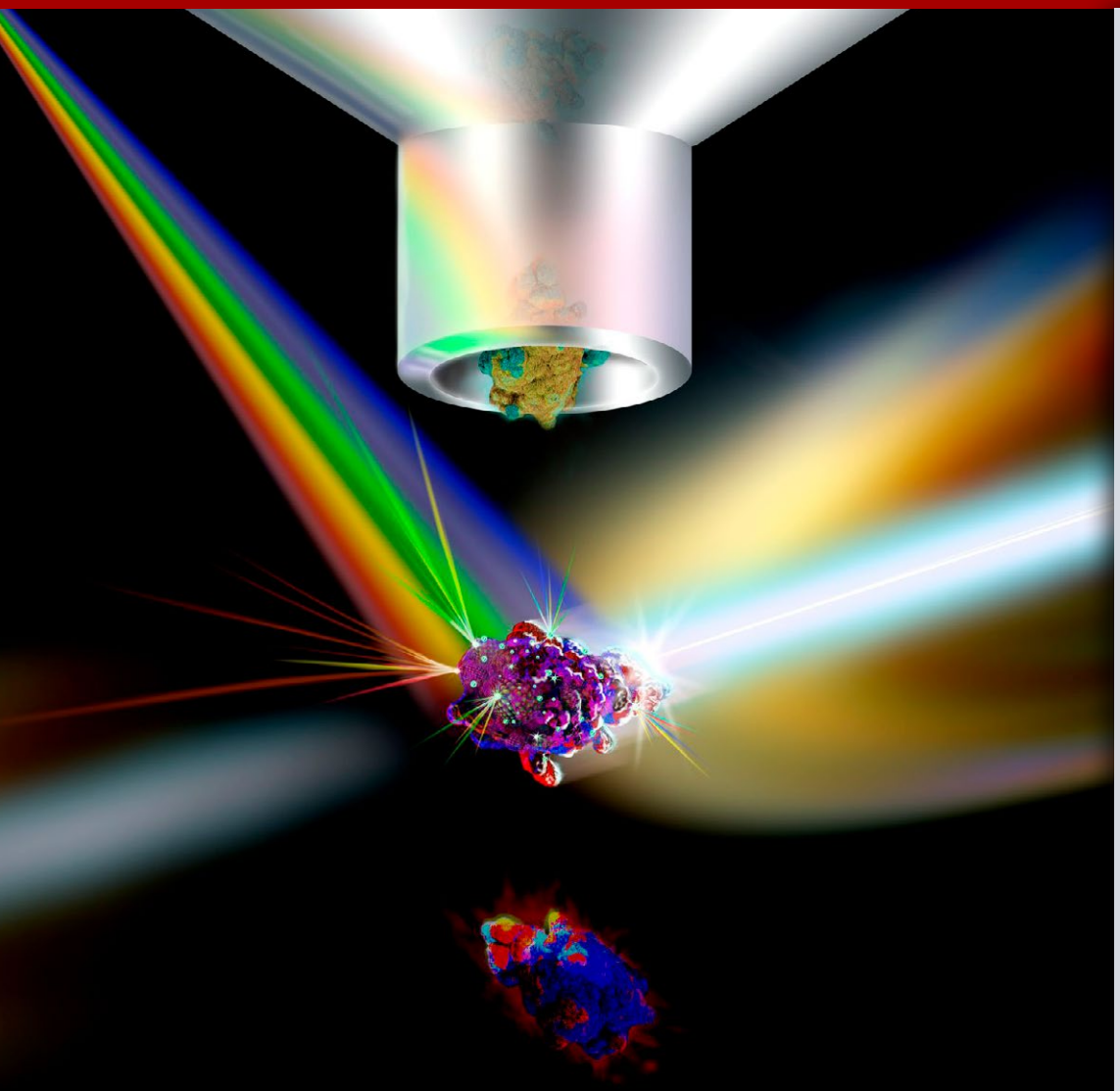
شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

فصلنامه تخصصی

دانش آزمایشگاهی ایران

سال نهم ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۰ ■ شماره پیاپی ۳۴

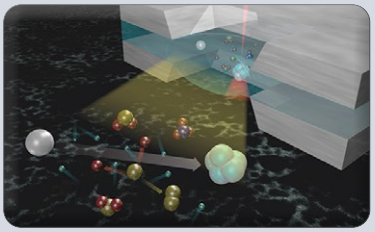
ISSN 2538-3450



معرفی روش آنالیز فلوسایتومتری

به اشتراک‌گذاری تجربیات کارشناسان آزمایشگاه‌ها؛ برنامه زنده اینترنتی شبکه آزمایشگاهی

معرفی روش واکنش زنجیره‌ای پلیمراز هم‌زمان



معرفی اصول عملکرد میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا / بهنگام مجهز به سلول مایع

معرفی آزمون خستگی فرتینگ یا خستگی - سایشی مواد با بارگذاری خمشی متناوب

جداسازی و شناسایی اجزاء تشکیل دهنده اسانس و اسیدهای چرب تری گلیسریدی در گیاه کلپوره به روش کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی

کاربردهای جدید رزونانس مغناطیس هسته

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir

نویسندگان
سلمان طاهری[1*]
نیوشا مهران شاد[2]
مرضیه شریفی[3]
*taheri@ccerci.ac.ir

کاربردهای جدید رزونانس مغناطیس هسته

چکیده

با توجه به توسعه روزافزون روش‌های مختلف یک، دو و سه بعدی رزونانس مغناطیس هسته در سال‌های اخیر در سطح جهانی و لزوم توسعه تحقیقات جدید و کاربردهای این دستگاه همگام با توسعه جهانی در داخل کشور در مقاله حاضر تلاش شده‌است تا کاربردهای جدید این حوزه برای استفاده دانشجویان و محققان این زمینه پویا و روبه رشد از آنالیز به‌صورت مختصر معرفی شود. در این راستا، کاربردهای این دستگاه در حوزه‌های پزشکی و منشاءیابی صنایع غذایی و حالت جامد و پیشرفت‌های دستگاهی اخیر در این حوزه به‌طور خلاصه معرفی شده‌است.

واژه‌های کلیدی

Food Screener، NMR، متابولیت، Benchtop NMR، Solid State NMR.

مقدمه

طیف‌بینی رزونانس مغناطیس هسته‌ای[۴]، مشابه آنچه در روش تصویربرداری رزونانس مغناطیسی[۵] بکار رفته بر پایه تابش امواج الکترومغناطیس در ناحیه امواج رادیویی بنا شده‌است. در طیف‌سنجی NMR، هسته اتم به جای الکترون‌های بیرونی که در بیشتر روش‌های طیف‌سنجی دیگر دخیل هستند، در فرایند جذب درگیر است. وقتی هسته اتم در میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد و انرژی مورد نیاز به‌منظور رزونانس را توسط امواج رادیویی دریافت می‌کند، اسپین هسته اتم ضمن انتقال تغییر می‌کند و پدیده رزونانس هسته‌ای رخ می‌دهد. هسته اتم‌هایی در روش NMR قابل استفاده و آنالیز هستند که دارای عدد اتمی، عدد جرمی یا هر دو فرد باشند. از جمله هسته های مهم که دارای این قابلیت هستند می‌توان به هیدروژن، کربن۱۳ و فسفر۳۱ اشاره کرد. درطیف‌سنجی رزونانس مغناطیس هسته‌ای مشابه روش پزشکی MRI از امواج رادیویی برای تصویربرداری استفاده می‌کند، لذا برخلاف دیگر روش‌های طیف‌سنجی تخریب نمونه و آسیب‌های احتمالی به اپراتور به حداقل می‌رسد. به‌طور معمول بیشتر اندازه‌گیری‌های NMR برای هسته پروتون H^1 انجام می‌شود و اندازه‌گیری سایر هسته‌ها بیشتر با استفاده از روش‌های افزایش سیگنال به‌منظور مشاهده طیف، انجام می‌شود. به‌طور معمول از میان هسته‌هایی با فراوانی نسبی پایین که رزونانس مغناطیس هسته را نشان می‌دهند، C^{13} و N^{15} با توجه به حضور در ساختارهای دارویی و زیستی بیشتر مورد توجه شیمیدان‌ها قرار دارد. نامگذاری دستگاه‌های تجاری نیز براساس قدرت میدان مغناطیسی و در نتیجه فرکانس رزونانسی پروتون صورت می‌گیرد؛ به‌عنوان مثال، یک دستگاه NMR MHz 500 یعنی قدرت میدان مغناطیسی آن (۱۱/۷ تسلا) سبب رزونانس پروتون‌ها در حدود ۵۰۰ مگا هرتز خواهد شد.

برای آنالیزهای HNMR نمونه باید در حلالی فاقد پروتون حل شود. برای استفاده از حلال‌های دیگر، حلال به کار برده شده باید دوتریوم‌دار باشد، یعنی به جای هیدروژن مولکول حلال، اتم‌های دوتریوم قرار گرفته باشد. سل نمونه شامل یک لوله شیشه‌ای استوانه‌ای به قطر ۵ میلی‌متر است که معمولا حدود ۴ میلی‌متر از نمونه در آن قرار داده می‌شود. سل نمونه سپس در فضای دو قطب آهن‌ربا قرار می‌گیرد. وقتی نمونه وارد دستگاه می‌شود، یک جریان سریع هوا محفظه نمونه را می‌چرخاند تا نمونه یکنواخت‌تری برای بررسی آماده شود. ضمن این که با چرخش نمونه حول محور خود تمام قسمت‌های محلول، میدان مغناطیسی به نسبت یک نواختی را احساس می‌کنند. زمانی که نمونه در داخل مگنت یا میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، ابتدا نمونه در معرض امواج رادیویی قرار می‌گیرد، سپس این امواج رادیویی توسط گیرنده رادیویی خاصی دریافت می‌شود و با الگوریتم تبدیل فوریه رمزگشایی انجام شده و زبان هسته به زبان قابل فهم تبدیل می‌شود. به‌طور کلی، NMR و MRI به دلیل اساس و ماهیت روش مورد استفاده یکسان هستند. در رزونانس مغناطیس هسته‌ای به جای تولید تصویر که خروجی روش MRI است، یک طیف تولید می‌شود که از دو محور افقی وعمودی تشکیل شده‌است؛ محور افقی بیانگر جابجایی شیمیایی و محور عمودی شدت سیگنال حاصل از میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد که در آن می‌توان با کمک پیک‌های بدست آمده گروه‌های شیمیایی و متابولیت مختلف را تشخیص داد.

تمام روش‌هایی که حساسیت NMR را افزایش می‌دهند از اهمیت بالایی برخوردار هستند، به همین منظور امروزه از دستگاه‌هایی با قدرت میدان مغناطیسی بالا (۵۰۰ مگا هرتز به بالا مانند ۱/۲ گیگا هرتز) استفاده می‌شود. اولین بار در سال ۲۰۱۷ از دستگاه ۱/۲ گیگا هرتز در دنیا استفاده شد. سیم‌پیچ‌های سوپر کنداکتور دمای بالا[۶] می‌توانند سیگنال طیف‌ها را افزایش دهند. پروب‌های ۱/۵ میلی‌متری ابررسانایی دمای بالا برای کربن سیزده، امکان مطالعات ترکیبات طبیعی را بسیار تسهیل نموده است. این پیشرفت با پروب‌های دوتایی هیدروژن-کربن براساس تنظیم فرکانس مضاعف[۷] بهینه و دنبال شده‌است. کریوپروب‌ها نیز در این راستا سهم بسزایی داشته‌اند. با کوپل کردن NMR به طیف‌سنج جرمی نیز می‌توان تحول شگفت انگیزی را مشاهده نمود. در ادامه با توجه به کاربرهای رو به گسترش دستگاه NMR در حوزه‌های مختلف برخی از کارکردهای نوین در کاربرد دستگاه بیان می‌شود.

کاربرد NMR در پزشکی و آنالیز متابولیت‌ها:

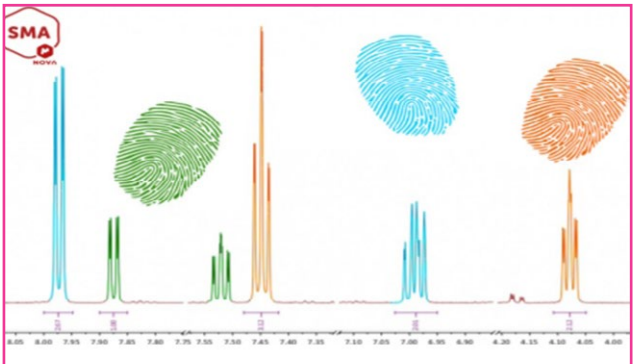
یکی از کاربردهای نوین NMR استفاده از این روش در حوزه‌های پزشکی نظیر رهیابی متابولیت‌های انسان و استفاده از آن در تشخیص زودهنگام بیماری‌ها است؛ بیشتر روش‌های مورد استفاده برای شناسایی و تشخیص بیماری‌ها مستلزم استفاده از روش‌های تهاجمی و پر هزینه هستند و یا دسترسی به ارگان هدف، نیاز به جراحی و روش‌های پیچیده پزشکی دارد. ولی با استفاده از روش طیف‌سنجی غیرتهاجمی NMR می‌توان اطلاعات ضروری از سازوکار بیماری‌ها را فراهم کرد تا درک بشر از علت وقوع بیماری‌ها به‌خصوص بیماری‌های متابولیکی افزایش یابد. متابونومیکس به مطالعه کمّی و کیفی متابولیت‌ها در واکنش به یک محرک بیماری‌زا یا تغییرات ژنتیکی در یک سیستم زنده اطلاق می‌شود [۳]. در واقع متابولیت به مولکول‌های آلی با جرم مولکولی کمتر از ۱۵۰۰ دالتون نسبت داده می‌شود که می‌توان به ترکیباتی همچون قندها، نوکلئوزیدها، اسیدهای آلی، کتون‌ها، آلدئیدها، آمین‌ها، اسیدهای آمینه، لیپیدها، استروئیدها، آلکالوئیدها، مواد غذایی، افزودنی‌های مواد غذایی، مواد سمی، آلوده کننده‌ها، مواد مخدر، متابولیت‌های دارو و غیره اشاره کرد.

یکی از دلایلی که می‌توان با NMR مطالعات به‌صورت کمّی انجام داد این است که بیشتر متابولیت‌ها مانند اثر انگشت هستند و تغییرات شیمیایی خاص و منحصر به فردی دارند به طوری که جابجایی شیمیایی، ثابت کوپلاژ و مساحت زیر پیک هر ماده مختص خودش است، به دلیل این که دو ترکیب دارای تعداد یکسان از پیک‌ها با تغییرات شیمیایی یکسان، شدت‌های پیک یکسان، کوپلینگ چرخشی یا شکل خطی یکسان باشند، بعید است. با استفاده از طیف‌سنجی NMR وتحلیل‌های آماری بر مبنای متابولومیکس کمّی قادر به شناسایی حداکثر ۱۰۰ ترکیب در یک زمان در نمونه‌های زیستی خاص است [۱].

کاربرد NMR در منشاءیابی و کیفیت سنجی مواد غذایی:

امروزه NMR به‌عنوان وسیله‌ای مهم برای تشخیص اصل یا تقلبی بودن مواد غذایی با منشاء طبیعی و حیوانی مانند عسل و زعفران و ژلاتین و سایر مواد غذایی نظیر آب میوه‌ها محسوب می‌شود. در این راستا، دو روش در NMR وجود دارد: روش‌های هدفمند و روش‌های غیر هدفمند. در دیدگاه هدفمند، کیفیت و اعتبارسنجی (اصل یا تقلبی بودن نمونه غذایی) شناسایی می‌شود. به‌عنوان مثال، با استفاده از HNMR با وضوح بالا و قدرت میدان مغناطیسی مناسب، مانند 500 MHz، اگر به وجود ۱۶متیل کافستول[۸] در نوعی از قهوه که به‌عنوان قهوه ۱۰۰ درصد طبیعی فروخته می‌شود پی ببریم، متوجه می‌شویم که این قهوه تقلبی است، زیرا 16-OMC یک ماده شیمیایی ارزان قیمت صنعتی در قهوه است که در قهوه طبیعی وجود ندارد.

در دیدگاه غیر هدفمند، پروفایل شیمیایی تمام نمونه‌های غذایی مورد بررسی قرار می‌گیرد تا اطلاعات خاص به‌عنوان منبع مانند اثر انگشت برای آن ماده به‌دست آید تا به‌منظور تشخیص نمونه‌های نامشخص مورد استفاده قرار گیرد (شکل (۱)).



شکل (۱): سیگنال‌های به‌دست آمده از آنالیز که مانند اثر انگشت هستند [۲]..

در این دیدگاه از آنالیز متابولیت‌ها استفاده می‌شود. زمانی که اعتبارسنجی ماده غذایی به آنالیز یک یا چند ترکیب محدود نباشد از این روش استفاده می‌کنیم. در این حالت باید تعداد زیادی از ترکیبات یا تمام متابولیت ماده شناسایی شود تا یک الگوی شخصیتی خاص برای آن ماده به‌دست آید تا با استفاده از آن کیفیت و اعتبار ماده مورد بررسی قرار گیرد.

به‌عنوان مثال، تشخیص منشاء عسل؛ به این صورت که در یک مطالعه، ۱۱۸ نمونه عسل از مناطق و کشورهای مختلف و یک منبع اطلاعات در دسترس قرار می‌گیرد. حال نمونه جدید مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از این بانک اطلاعاتی منشاءیابی می‌شود [۲].

از روش NMR برای اعتبارسنجی و منشاءیابی روغن زیتون نیز استفاده می‌شود. برای منشاءیابی، ۸۹۶ نمونه از روغن زیتون منطقه مدیترانه در طول سه سال مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور اعتبارسنجی وجود اسیدهای چرب، اسکوالن و بتاسیتوسترول با استفاده از آنالیز HNMR، مقدار آن‌ها بررسی می‌شود [۲].

در نهایت می‌توان گفت به دلیل اینکه آنالیز NMR نیازی به اطلاعات اولیه در مورد ترکیبات موجود در نمونه ندارد، کارکرد بسیار خوبی در آنالیز تغییر در

متابولیت‌های غذا، به‌عنوان مثال، اضافه شدن افزودنی‌ها، دارد.

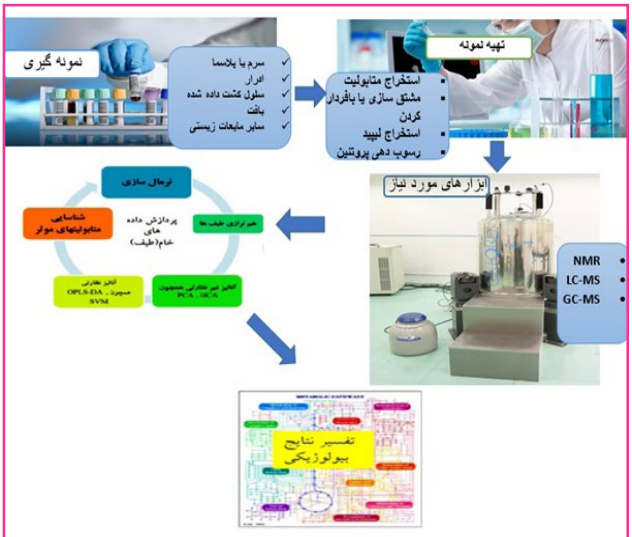
امروزه یک پلتفورم NMR محور به نام نمایشگر غذا[9] ارتقا یافته که امکان ارزیابی همزمان اصالت و کیفیت ماده غذایی را فراهم می‌کند. این پلتفورم، مجموعه‌ای ناهمگن از مدل‌های آماری که به‌طور متوالی روی یک واحد اعمال می‌شود را نشان می‌دهد. بسته به مدل استفاده شده روی ماده غذایی (به‌عنوان مثال، آبمیوه‌ها) موارد ذیل قابل پیش‌بینی است:

- تمایز میوه؛
- نوع ماده تولید شده؛
- ناخالصی با وجود قند یا اسیدها؛
- منشاء جغرافیایی محصول؛
- نوع میوه.

به‌طور دقیق، آنالیز هدفمند اطلاعات در مورد محتوای شکر (گلوکز، فراکتوز، سلولز)، اسیدیتی کلی (سیتریک، مالیک، ایزوسیتریک و کینیک اسید)، مواد فاسد شدنی (اتانول، لاکتیت) و عوامل کنترل فرایند (گالاکترونیک اسید، فلورین) را در اختیار قرار می‌دهد [۲].

مطالعات متابولومیکی در بررسی بیماری‌ها به کمک 1HNMR :

بیماری‌های وسیعی با روش NMR مورد مطالعه قرار گرفته است. بطوری که تاکنون ۶۵۹ بیماری به کمک متابولومیک قابل بررسی است. یکی از اهداف مهم مطالعات متابولومیکی، کشف شاخص‌های زیستی درگیر در فرآیندهای زیستی است. در واقع، شاخص زیستی را می‌توان یک مولکول، ژن یا مشخصه‌ای که به‌طور طبیعی رخ می‌دهد و قابل اندازه‌گیری در شرایط زیستی است و می‌تواند به‌عنوان عامل اختلال زیستی ناشی از یک بیماری ویا تغییر در هومئوستازی باشد، تعریف کرد. شاخص‌های زیستی را می‌توان برای تشخیص یا پیش‌بینی بیماری و همچنین به‌منظور اندازه‌گیری پاسخ‌های زیستی برخی داروها مطالعه و بررسی نمود. شاخص‌های زیستی طیف گسترده‌ای از مواد از قبیل مواد شیمیایی، متابولیت، ژن، رونوشت RNA، پروتئین‌ها یا کمپلکس پروتئین‌ها با لیگاندها و غیره را شامل می‌شوند. همان‌طور که گفته شد به کمک طیف رزونانس مغناطیس هسته‌ای به‌عنوان یک روش غیرتهاجمی اطلاعات متابولیت‌های درگیر در فعل و انفعالات شیمیایی درگیر در سلول‌ها را بدست آورده و با بررسی نقش و عملکرد متابولیت‌های افتراقی در شبکه‌های سلولی آنها را به‌عنوان شاخص زیستی مطرح نمود. نمای کلی مطالعات متابولیکی در شکل (۲) آورده شده‌است [۱].



شکل (۲): نمای کلی از روند یک مطالعه متابولومیکی [۱].

بیماری‌هایی همچون سرطان و انواع آن، بیماری‌های قلبی عروقی، دیابت و چاقی جزء پر استنادترین بیماری‌های بررسی شده با این روش هستند. مطالعات اپیدمیولوژیکی در مقیاس وسیع متابولومیک بر پایه NMR جزء داغ‌ترین موضوعات این حوزه است که هر روزه مطالب جدیدی در این خصوص منتشر می‌شود.

به‌طور مثال، سرطان یکی از وسیع‌ترین حوزه‌های مطالعات متابولومیکی است. بیشتر تحقیقات نشان می‌دهند که سلول‌های سرطانی به مقدار بیشتری از انرژی برای رشد و سنتز زیستی ترکیبات ضروری خود نیاز دارند که به‌صورت عمده از طریق افزایش گلوکز و گلوتامین، تولید الکتات و سنتز زیستی لیپیدها تأمین می‌شود. برای تولید انرژی حتی در حضور اکسیژن، سلول‌های توموری، فرآیندی بنام گلیکولیز هوازی (که با عنوان اثر «واربرگ» نیز شناخته می‌شود) را انجام می‌دهند که منجر به تولید متابولیت‌هایی در سیتوزول شده که برای رشد سلول‌های سرطانی الزامی هستند. مطالعات متابولومیکی روی بافت دست نخورده سرطان با کمک طیف‌سنجی جامد با زاویه جادویی نتایج خیلی جالبی را نشان می‌دهد. مطالعه‌ای روی بافت سرطانی پانکراس و مقایسه آن با بافت سالم انجام شده که نشان می‌دهد اتانول آمین مارکر واحد و شاخص اختصاصی بیماری معرفی شده‌است.

برای تشخیص زود هنگام بیماری‌های قلبی عروقی مطالعات متابولیک گزینه‌ای عالی به نظر می‌رسد. به‌عنوان مثال، نارسایی قلبی به‌عنوان سندرم پیش رونده، پیچیده و مزمن بوده که در آن عضله قلب قادر به انجام پمپ مقدار کافی خون و اکسیژن برای رفع

نیاز بدن نیست و متأسفانه نارسایی قلبی در مراحل اولیه بدون علامت است. بنابراین، ارزیابی زودرس این بیماری از اهمیت بسیاری برخوردار است. به همین منظور، مطالعه‌های متعددی با رویکرد متابولومیک انجام شده که از بین آنها به یک مورد اشاره می‌شود. تنوری و همکاران در سال ۲۰۱۳ روی ۱۸۵ نمونه سرم افراد مبتلا به نارسایی قلبی و ۱۱۱ نفر افراد سالم به کمک روش NMR مطالعه‌ای انجام دادند. نتایج یافته‌ها با حد اختصاصیت بسیار خوبی توانست بین دو گروه مورد مطالعه افتراق قائل شود یا به عبارتی، فرد با یک آزمایش ساده خون می‌تواند از سلامت قلب خود اطمینان حاصل نماید. در کنار مطالعات متابولومیک روی بیماری‌ها، این حوزه تحقیقاتی در سایر زمینه‌ها همچون داروسازی نیز گام‌هایی را برداشته است [۱].

NMR حالت جامد[۱۰]:

امروزه NMR حالت جامد پیشرفت زیادی نموده و کاربرد گسترده‌ای دارد به‌گونه‌ای که تعداد تحقیقات منتشر شده در این حوزه بیشتر از حالت معمول و محلول ثبت و انتشار پیدا کرده است. از این روش برای شناسایی جامدات از کاتالیست‌ها و شیشه تا پلیمرها و پروتئین‌ها استفاده می‌شود. این آنالیز به دلیل پیشرفت فناوری در مطالعه فاصله بین نوکلیرها، زاویه پیچش، نظم اتمی، گسست اسپین، دینامیک مولکولی ضمن حفظ آنالیز قوی، وضوح و حساسیت بالا که در بردارنده نکات اصلی و کاربردی آنالیز NMR در شیمی است، پیشرفت نموده است [۳].

NMR جامدات روشی قوی برای آنالیز مولکول‌های زیستی در فاز طبیعی خودشان است. غشاهای زیستی در فاز بلور مایع وجود دارند که ویژگی‌های مولکولی آن‌ها در فاصله مزوسکوپیک و اسکیل زمانی نقش کلیدی را در فهمیدن رفتارهای زیستی آن‌ها بازی می‌کنند. NMR جامدات، اطلاعات درباره ساختار و دینامیک در سطح اتمی در فاز بلور مایع را در پروتئین‌ها و لیپیدها فراهم می‌کند. همچنین NMR جامدات روشی مکمل در کنار روش‌های ایکس-ری[۱۱] و پراکنش نوترون[۱۲] و اسپکتروسکوپی لرزشی و الکترونی برای آنالیز غشاهای زیستی است [۴].

یکی از کاربردهای NMR، بررسی ساختار مواد پارامغناطیس در فازهای مایع و جامد است. مواد پارامغناطیس موادی هستند که یک یا چند مرکز پارامغناطیس دارند که این مراکز، اتم‌ها یا یون‌هایی هستند که حداقل یک الکترون جفت نشده دارند. روش‌های NMR جدید تمرکز بر نمونه‌های جامد در اسپین با زاویه جادویی دارد. این روش‌ها به دلیل عملکرد بد روش‌های استاندارد مرسوم در دیامغناطیس‌ها بر پارامغناطیس‌ها توسعه یافته‌اند [۵].

پیشرفت‌های اخیر در دستگاه NMR:

یکی از ضعف‌های روش NMR، حساسیت پایین این دستگاه است. تمام روش‌هایی که حساسیت دستگاه را افزایش می‌دهند از اهمیت بالایی برخوردار هستند. در سال ۲۰۱۷ مارکلی، در مورد آینده روش NMR در متابولومیکس به بررسی راهکارهایی می‌پردازد که حساسیت پایین این روش را بهبود می‌دهد. به همین منظور، امروزه از دستگاه‌هایی با قدرت میدان مغناطیسی بالا (۶۰۰ مگا هرتز تا ۱/۲ گیگا هرتز) استفاده می‌شود. در سال ۲۰۱۷ برای اولین بار از دستگاه ۱/۲ گیگا هرتز استفاده شد. پروب‌های سوپر کنداکتور دمای بالا می‌توانند سیگنال‌های ضعیف را تقویت کنند. پروب‌های ۱/۵ میلی‌متری ابررسانای دمای بالا برای کربن سیزده امکان مطالعات ترکیبات طبیعی را بسیار تسهیل نموده‌اند. این پیشرفت با پروب‌های دو کانال هیدروژن-کربن براساس تنظیم فرکانس مضاعف[۱۳] بهینه و دنبال شده‌است. کریوپروب‌ها نیز در این راستا سهم بسزایی داشته‌اند. با کوپل کردن NMR به طیف‌سنج جرمی نیز می‌توان تحول شگفت انگیزی را مشاهده نمود [۲].

NMR رومیزی[۱۴]:

با پیشرفت علم و فناوری، حساسیت و وضوح NMR پیشرفت بسیاری نموده اما این ویژگی‌ها باعث بزرگ شدن دستگاه‌ها، افزایش مواد اولیه مورد نیاز، افزایش هزینه اپراتور و نیاز به آزمایشگاه تخصصی شده‌است. استفاده از روش‌های طیف‌سنجی NMR به‌عنوان کاوشگر تحلیلی به دلیل تجهیزات بسیار بزرگ هم گران قیمت بوده هم از نظر منطقی چالش برانگیز است. همچنین به دلیل پیشرفت در مینیاتوری کردن فناوری رزونانس مغناطیسی، NMR رومیزی کوچک و غیرسرمازا مورد استفاده بیشتری قرار گرفته است. این دستگاه‌ها برای آنالیزهای مربوط به کشاورزی و غذایی استفاده می‌شوند.

دستگاه‌های رومیزی حاضر از شرکت‌های ترموفیشر[۱۵]، نانالیسیس[۱۶]، اکسفورد[۱۷] و مگریکیت[۱۸] با فرکانس‌های ۶۰ یا ۸۰ مگا هرتز هستند. ساخت و در دسترس بودن این آهنرباها در داخل دستگاه‌های رومیزی که مزیت‌های زیادی دارند موجب استفاده زیاد از این فناوری شده است [۶].

نتیجه‌گیری

با توجه به پیشرفت‌های اخیر در حوزه NMR، دو رویکرد برای استفاده از NMR موجود است: پیشرفت پلتفورم‌های اصالت‌سنجی غذایی برای کاربردهای غیر هدفمند و پیشرفت دیدگاه هدفمند برای دستگاه‌های رومیزی کم میدان. در این راستا، پیشرفت غربالگری غذایی بستگی به افزایش بانک اطلاعاتی غذایی دارد. بانک اطلاعاتی موجود در مواد غذایی بر اجزای منفرد یا کلاس‌های اجزا تمرکز دارد که اطلاعات کاملی براساس آنالیز کردن اجزای استاندارد را در برمی‌گیرد [۲].

مطالعات در تحقیقات سال‌های اخیر نشان می‌دهد که متابولومیکس بر پایه NMR نقش مهمی در مطالعات نمونه‌های پیچیده زیستی، شبکه متابولیکی و واکنش متابولیت‌ها با ماکرومولکول‌های زیستی دارد. NMR فرصت‌های منحصر به فردی برای درک سیستم زیستی، کشف شاخص‌های زیستی و اهداف بالقوه درمان ارائه می‌دهد و یافته‌های آزمایشگاهی را به کاربرد در بالین نزدیک می‌کند. امکان کمّی کار کردن از مزایای دیگر این روش است. در کنار توسعه روش‌های جدید و کارآمدتر، متابولومیک بر پایه NMR نیازمند توسعه پایگاه داده‌های استاندارد بزرگ و یکپارچه، داده‌های NMR روی مولکول‌های کوچک و همچنین وجود آرشیوهایی که نشان دهنده اثر انگشت متابولیک NMR از مایعات و بافت‌های زیستی استاندارد، عصاره بافت‌های انسانی و غیره است. برای جبران معایب روش NMR، اقداماتی همچون توسعه دستگاه‌های با قدرت مغناطیسی بالا، توسعه پروب با کوئل گیرنده‌های چندگانه، کوپل دستگاه با طیف‌سنج جرمی صورت گرفته است [۱].

پی‌نوشت

۱. عضو هیئت علمی پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران
۲. کارشناسی مهندسی پلیمر، دانشگاه امیرکبیر
۳. دانشجوی دکترای شیمی آلی پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران

4. Nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR)
5. Magnetic resonance imaging (MRI)
6. high temperature superconducting resonator
7. doubletuned
8. 16-O-methylcafestol
9. Food Screener
10. solid state NMR
11. X-ray
12. Neutron scattering
13. doubletuned
14. Benchtop NMR
15. Thermofisher
16. Nanalysis
17. Oxford
18. Magritek

مراجع

[۱] سلمان طاهری، افسانه عارفی اسکویی، میثم کلانتری، «شیمی سبز و فناوری‌های پایدار».۲, ۳۹-۲۸, ۱۳۹۸,

[2] Sobolev, Anatoly P.,Thomas, Freddy, Donarski, J., Ingallina, Cinzia, Circi, Simone, Cesare Marincola, Flaminia, Capitani, Donatella, Mannina, L., “Use of NMR applications to tackle future food fraud issues,” Trends Food Sci. Technol.,91, 347–353,2019

[3] D. D. Laws, H. M. L. Bitter, and A. Jerschow, “Solid-state NMR spectroscopic methods in chemistry,” Angew. Chemie - Int. Ed., 41, 17, 3096–3129, 2002,

[4] T. R. Molugu, S. Lee, and M. F. Brown, “Concepts and Methods of Solid-State NMR Spectroscopy Applied to Biomembranes,” Chem. Rev.,117, 19, 12087–12132, 2017

[5] A. J. Pell, G. Pintacuda, and C. P. Grey, “Paramagnetic NMR in solution and the solid state,” Prog. Nucl. Magn. Reson. Spectrosc., 111, 1–271, 2019,

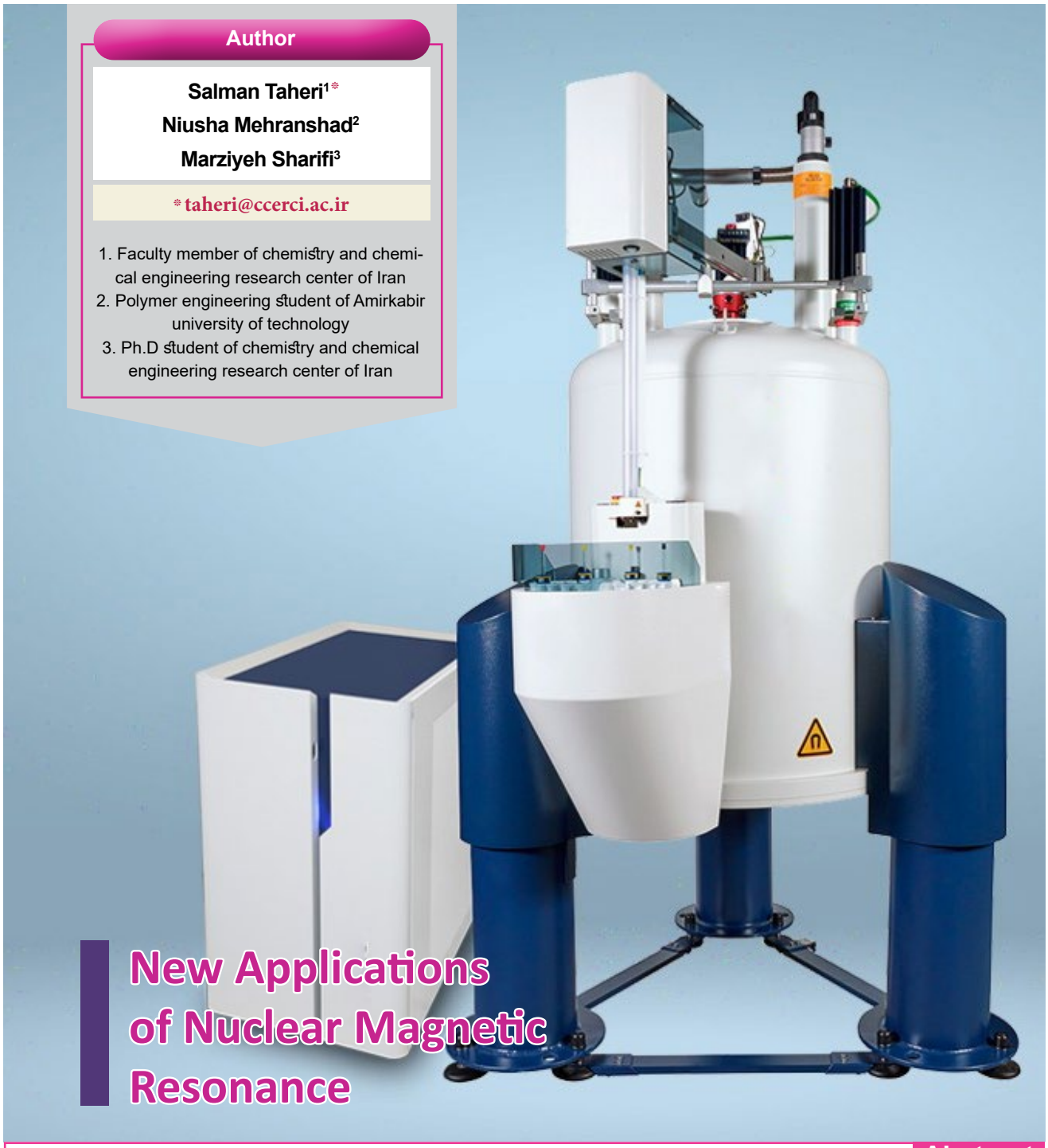
[6] Grootveld, Martin, Percival, Benita, Gibson, Miles, Osman, Yasan, Edgar, Mark, Molinari, Marco, Mather, Melissa L., Casanova, Federico, Wilson, Philippe B.., “Progress in low-field benchtop NMR spectroscopy in chemical and biochemical analysis,” Anal. Chim. Acta, 1067, 11–30, 2019,

Author

Salman Taheri[1]*
Niusha Mehranshad[2]
Marziyeh Sharifi[3]

*taheri@ccerci.ac.ir

1. Faculty member of chemistry and chemical engineering research center of Iran
2. Polymer engineering student of Amirkabir university of technology
3. Ph.D student of chemistry and chemical engineering research center of Iran



New Applications of Nuclear Magnetic Resonance

Abstract

Due to the increasing development of one, two and three dimensional methods of nuclear magnetic resonance in recent years and the need to develop new research and applications of this device in the country, this article attempts to introduce new applications in this field. The applications of this technique in the fields of medicine and food industry and solid state and recent device developments in this field are briefly introduced.

Keywords

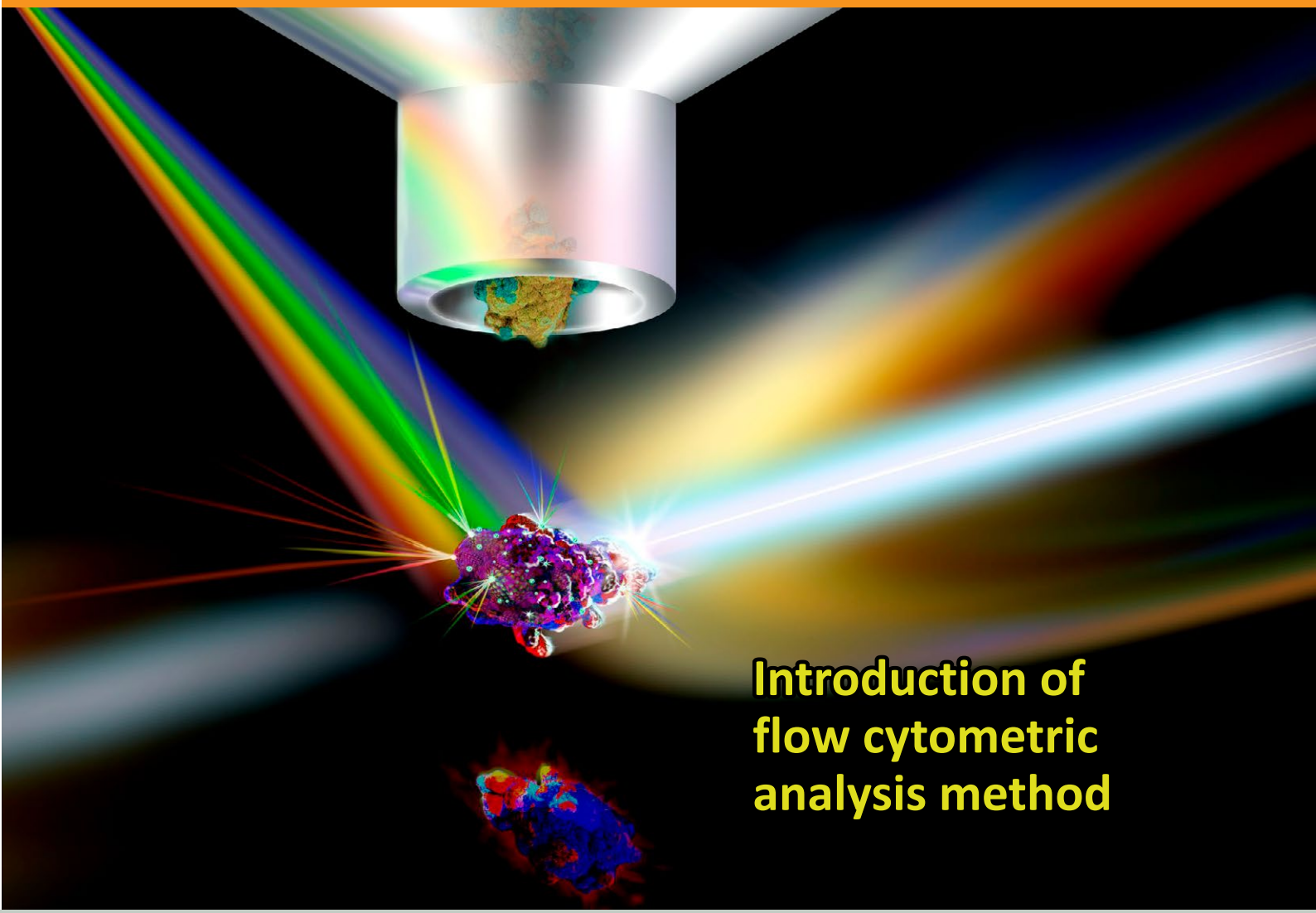
NMR, Food Screener, Metabolites, Solid State NMR, Benchtop NMR.

Iran Nanotechnology Laboratory Network

Iranian Journal of Laboratory Knowledge

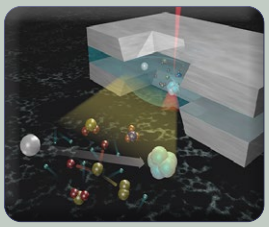
ISSN 2538-3450

Volume 9 ▪ Issue 2 ▪ Summer 2021 ▪ No.34



Introduction of Real-time PCR method

Separation and identification of essential oil and triglyceride fatty acidsIn Teucrium polium plant by gas chromatography mass spectrometry method.



An introduction to In-situ Environmental Transmission Electron Microscopy equipped with a liquid cell

Introduction to fretting fatigue or fatigue-wear testing of materials under bending cyclic loading

New Applications of Nuclear Magnetic Resonance

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir