

شیمی سبز

(قسمت اول)

تهیه و تنظیم: سہانا نیولول

مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
آزمایشگاه ICP-OES

مقدمه‌ای بر شیمی سبز

شیمی نقشی بنیادی در پیشرفت تمدن بشر داشته و جایگاه آن در اقتصاد، سیاست و زندگی، روز به روز پررنگ تر شده است. با این همه، شیمی طی روند پیشرفت خود - که همواره با سود رساندن به همراه بوده - آسیب‌های چشمگیری نیز به سلامت آدمی و محیط زیست وارد کرده است. شیمی‌دانان طی سال‌ها کوشش و پژوهش، مواد خاصی از طبیعت برداشت کرده‌اند که با سلامت آدمی و شرایط محیط زیست سازگاری بسیار دارد اما این مواد کم‌کم سلامت آدمی و محیط زیست را به چالش کشیده است؛ موادی که به سادگی به چرخه طبیعت باز نمی‌گردند و سال‌های زیادی به صورت زباله‌های بسیار آسیب رسان و سمی در طبیعت می‌مانند. بارها از آسیب‌های مواد شیمیایی به بدن انسان و محیط زیست شنیده و خوانده‌ایم. اما چاره کار چیست؟ آیا دوری و پرهیز از بهره‌گیری از مواد شیمیایی می‌تواند به ما کمک کند، تا چه اندازه‌ای می‌توانیم از آنها دوری کنیم؟ کدام‌ها را می‌توانیم به کار نبریم؟ کدام یک از فرآورده‌های شیمیایی را می‌توان یافت که به سلامت آدمی یا محیط زیست آسیب نرساند؟ آیا می‌توان آب تصفیه شده با مواد شیمیایی را نوشید؟ پیرامون ما را انبوهی از مواد شیمیایی گوناگون فراگرفته اند که در زهرآگین بودن و آسیب رسان بودن بیشتر آنها شکی نداریم و از بسیاری از آنها نیز نمی‌توانیم دوری کنیم.

بی‌گمان هر اندازه که بتوانیم از به کارگیری مواد شیمیایی در زندگی خود پرهیزیم یا از رها شدن این گونه مواد در طبیعت جلوگیری کنیم، به سلامت خود و محیط زیست کمک کرده‌ایم. اما به نظر می‌رسد که در این راهکارهای پیشگیرانه - که تا کنون کارآمدی چشمگیری از خود نشان نداده‌اند - باید به راه‌های کارآمدتری نیز بیندیشیم؛ از جمله ایجاد تغییر در نحوه ساختن موادی شیمیایی که آسیب‌رسانی کمتری داشته‌باشند. امروزه از این رویکرد جدید با عنوان شیمی سبز یاد می‌شود که عبارت است از: طراحی فرآورده‌ها و فرآیندهای شیمیایی که به کارگیری و تولید مواد آسیب‌رسان به سلامت آدمی و محیط زیست را کاهش می‌دهند یا از بین می‌برند.

در علم شیمی، انقلابی سبز در حال شکل‌گیری است که نه تنها پایداری محیط و سود بخشی را به برافراشتن می‌آورد بلکه از خطرات فاجعه‌های صنعتی نیز می‌کاهد.

رابین راجرز (Robin Rogers) پژوهشگر و رئیس مرکز تولید صنعتی



سبز دانشگاه آلاماها می‌گوید: شیمی سبز عبارت از ساخت و تولید محصولات جدید با استفاده از روش‌های جدید متناسب با اهداف سه‌گانه محیط زیست پایدار، اقتصاد و جامعه پایدار است.

تاریخچه شکل‌گیری شیمی سبز:

● **اوایل ۱۹۹۰:** شیمی سبز در نتیجه همکاری فی ما بین دولت آمریکا، صنعتگران و انجمن علمی آمریکا، اعتبار کنونی‌اش را به عنوان یک نظام علمی در جهت جلوگیری از آلودگی هوا به دست آورد. در این زمان پائول آنتنستاس، رئیس شیمی صنعتی EPA آمریکا با تلاش‌های خستگی ناپذیر خود توانست به مفهوم شیمی سبز اعتبار خاصی ببخشد.

● **اواسط ۱۹۹۰:** پائول آنتنستاس و جان وارنر با طرح ایجاد ۱۲ اصل از شیمی سبز، به بررسی چارچوبی کلی به منظور چگونگی جلوگیری از آلودگی هوا هنگام اختراع ماده شیمیایی پرداختند.

و انگلیس نیز دیگر کشورهایی هستند که در این عرصه نقش حائز اهمیتی دارند.

مزایای شیمی سبز:

ممالک پیشرفته و ممالک در حال رشد از این فناوری استفاده می‌کنند چون شیمی و تکنولوژی سبز ارزان‌تر و بهتر است و به این طریق می‌توانند در اقتصاد جهانی رقابت پذیرتر شوند و سهم خود را در بازرگانی افزایش دهند.

دکتر کیت سلان (Seddon Kenneth) استاد شیمی دانشگاه کوبلنز از بلغارستان ایرلند اظهار می‌کند که شیمی سبز موضوعی بین‌المللی است زیرا پراکنده شدن آلودگی‌ها و سموم، پیمانهای جهانی دارد؛ به طور مثال نشت بترین که سال ۲۰۰۵ در چین بر اثر واژگونی کشتی‌های بترین اتفاق افتاد و آب آشامیدنی میلیون‌ها نفر را آلوده کرد و این آب آلوده به طرف شرقی ترین بخش روسیه و رودخانه Songhua روان شد.

بنا به اظهارات دانشمندان انگلیسی، حذف آلودگی یکی از دلایلی است که ممالک در حال رشد به دنبال استفاده از شیمی سبز هستند و دلیل دیگر ناآشنایی چنین معالکی در پرداختن روز افزون بهای گزاف مواد پتروشیمی است.

سال ۱۹۹۳: با نظارت دولت آمریکا کتابی تحت عنوان شیمی دنیای پاک از سوی انجمن شیمی در ژوئن ۱۹۹۳ مورد چاپ رسید و مورد توجه افراد بسیاری در اروپا قرار گرفت.

سال ۱۹۹۵: در زمان ریاست جمهوری بیل کلینتون، وی به شناسایی فناوری‌های شیمیایی با اصول شیمیایی توجه نشان داد و در نهایت پاتنتی برای ایجاد رقابت در تولید شیمی سبز در نظر گرفت.

سال ۱۹۹۶: اولین پاداش ریاست جمهوری برای رقابت شیمی سبز اعلام شد. جوایز اهدا شده و قدرتی‌های سالانه دولت از گروه‌ها و همچنین سازمان‌ها و انجمن‌ها، سرعت نشر اطلاعات شیمی سبز در صنعت را افزایش داد.

سال ۱۹۹۷: پس از گذشت یک سال عده‌ای از صنعتگران و انجمن‌ها به کمک دولت موفق به ثبت سازمان شیمی سبز GCI در سال ۱۹۹۷ شدند. این امر نه به خاطر سود و منافع فردی بلکه به دلیل ارتقا و پیشرفت شیمی سبز صورت گرفت و نقطه عطفی برای توسعه جهانی این علم به حساب می‌آید.

سال ۱۹۹۸: تعریف و اصول کتاب شیمی دنیای پاک راهبردهای قابل قبولی را در شیمی سبز در برداشته. این کتاب بعد از چاپ اولیه خود به زبان‌های متعدد دیگری نیز به چاپ رسید.

سال ۱۹۹۹: فوریه سال ۱۹۹۹ کشور انگلستان به چاپ نشریه علمی بین‌المللی خود با عنوان شیمی سبز اقدام کرد. عمده‌مطلب این نشریه، ترکیبی از صفحات مجلات مرتبط با این موضوع بوده است.

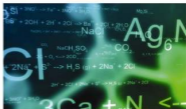
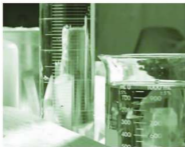
سال ۲۰۰۱: GCI در این سال طی تلاش مستمر به جامعه شیمی آمریکا ملحق شد.

سال ۲۰۰۶: اتحادیه بین‌المللی شیمی، کمیسیون اختصاصی شیمی سبز را تشکیل داد و همچنین کنفرانس بین‌المللی دوسالانه‌ای را برگزار کرد که اولین کنفرانس در آلمان سپس در روسیه و در سال ۲۰۱۰ نیز در کانادا برپا شد.

سال ۲۰۰۷: سال ۲۰۰۷ جان وارنر با بازگشت خود به صنعت به منظور توسعه تکنولوژی‌های سبز توسط جیم بایکوک، اولین کمپانی خود را در جهت توسعه شیمی سبز با نام وارنر بایکوک پایه‌گذاری کرد.

سال ۲۰۰۹: این سازمان با هدف توسعه راهکارهای بی‌خطر موثر در طبیعت ایجاد شد. سال ۲۰۰۹ پائول آنتاستاس به ریاست آژانس حفاظت از محیط زیست با هدف پیشرفت و تحلیفات (EPA) منصوب شد. انتصاب فاطمانه وی به این مقام، دستاوردی در جهت پیشرفت اصول و راهبردهای شیمی سبز بود.

امروز: کشورهایی همچون استرالیا، چین، آلمان، هلند، آمریکا، اسپانیا





اقتصاد اتم، افزایش بهره‌وری از اتم

اقتصاد اتم به این مفهوم است که بازدهی دگرگونی‌های شیمیایی را افزایش دهیم. یعنی طراحی دگرگونی‌های شیمیایی به شیوه‌ای باشد که نتایج آن بیشتر مواد آغازین در فرآورده‌های نهایی داشته باشد. گزینش این گونه دگرگونی‌ها، بازده را افزایش و فرآورده‌های بی‌بهره را کاهش می‌دهد.

طراحی فرآیندهای شیمیایی کم‌آسیب‌تر

شیمی‌دانان تا جایی که امکان دارد باید شیوه‌ای را در تولید موادی طراحی کنند که سم کمتری برای آدمی یا محیط زیست داشته باشند. اغلب برای یک دگرگونی، شیمیایی، واکنشگرهای گوناگونی وجود دارد که از میان آنها می‌توان مناسب‌ترین را برگزید.

طراحی مواد و فرآورده‌های شیمیایی سالم‌تر

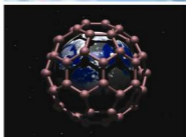
فرآورده‌های شیمیایی باید به گونه‌ای طراحی شود که با وجود کاهش سمی بودن، کار خود را به‌خوبی انجام دهند. فرآورده‌های جدید را می‌توان به گونه‌ای طراحی کرد که سالم‌تر باشند و در همان حال، کار در نظر گرفته شده برای آنها را به‌خوبی انجام دهند.

بهره‌گیری از حلال‌ها و شرایط واکنش سالم‌تر

بهره‌گیری از مواد کمکی (مانند حلال‌ها و عامل‌های جداکننده) تا جایی که امکان دارد به کمترین اندازه برسد و زمانی که به کار می‌روند، از گونه‌های کم‌آسیب‌بران باشند. دوری کردن از جداسازی در جایی که امکان دارد و کاهش بهره‌گیری از مواد کمکی، در کاهش فرآورده‌های بی‌بهره کمک زیادی می‌کند.

افزایش بازده انرژی

نیاز به انرژی در فرآیندهای شیمیایی از نظر اثر آنها بر محیط زیست و اقتصاد باید در نظر گرفته شود و به کمترین میزان خود کاهش یابد.



استفاده از شیمی سبز به طور کلی با کاستن مخارج همراه است که کاهش یا حذف کلی مخارج از بین بردن پسماندهای شیمی جزئی از آن است و نیز پیامدها و تاثیرات منفی زیست محیطی را به حداقل می‌رساند این دو عامل، رقابت پذیری بیشتری برای کمپانی‌ها ایجاد می‌کند.

اصول شیمی سبز

شیمی سبز، کره زمین را تمیزتر، ایمن‌تر و بهره‌ورتر می‌کند. شیمی سبز وجدان علم شیمی و راه آینده است. یک شبکه جهانی از طرفداران محیط زیست و شیمی‌دانان سبز به وجود آمده است که برای شیمی سبز، اصولی را مبتنی بر ۱۲ اصل مشخص کرده‌اند.

پیشگیری از تولید فرآورده‌های بی‌بهره

توانایی شیمی‌دانان برای بازطراحی دگرگونی‌های شیمیایی برای کاستن از تولید فرآورده‌های بی‌بهره و آسیب‌بران، نخستین گام در پیشگیری از آلودگی است. با پیشگیری از تولید فرآورده‌های بی‌بهره، آسیب‌های مرتبط با آنها، کاهش می‌یابد و رفتار با آنها را به کمترین اندازه خود کاهش می‌دهیم.

خوشدنی‌های علوم زمین

۷۵ درصد از یخ‌های هیمالایا کم شده است



محققان هندی در تحقیقاتی که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام شد و ۱۵ سال به طول انجامید، دریافته‌اند ۷۵ درصد از یخ‌های هیمالایا در حال کاهش هستند. پژوهشگران سازمان تحقیقات فضای هند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نشان دادند که ۷۵ درصد از یخ‌های هیمالایا در حال کم شدن هستند. هدف از این پروژه که با بودجه وزارت محیط زیست و جنگل‌های هندی انجام شد، بررسی پایه‌های علمی افسانه‌های تأیید شدن یخ‌های بام دنیاست. در حقیقت نتایج بررسی‌های یک کمیسیون تجسس درباره تغییرات آب و هوایی نشان می‌داد که یخ‌های بام دنیا تا سال ۲۰۳۵ به طور کامل از بین می‌روند. هرچند تحقیقات هندی پیش‌بینی‌های کمیسیون تجسس را تأیید نمی‌کند، اما دلایل نگران‌کننده‌ای در مورد کاهش یخ‌های این سلسله جبال ارائه می‌کند.

این تحقیقات حوزه‌های اخیراً ایندوس، گنگه، برامپوترا و منامقی از چین، نپال، بوتان و پاکستان را بررسی کرده است. براساس گزارش «هلسیا نیوز»، این سازمان تأیید کرد که در ۱۵ سال اخیر ابعاد یخ‌ها به طور متوسط ۳۷۵ کیلومتر کاهش یافته است و ۱۷ درصد نیز از سال ۱۹۸۹ هیچ تغییری را به ثبت نرسانده‌اند. ۸ درصد نیز در حال حاضر در فاز توسعه قرار دارند.

اگر امکان دارد روش‌های مساخت و جداسازی باید به گونه‌ای طراحی شود که هزینه‌های انرژی مرتبط با دعا و فشار بسیار بالا یا بسیار پایین به کمترین اندازه خود برسد.

پره‌گیری از مواد اولیه قابل بازیافت

دگرگونی‌های شیمیایی باید به گونه‌ای طراحی شوند تا از مواد اولیه قابل بازیافت بهره‌گیری کنند. فرآورده‌های کشاورزی یا فرآورده‌های بیپوده فرایندهای دیگر، نمونه‌هایی از مواد قابل بازیافت هستند. تا جایی که امکان دارد، این گونه مواد را به جای مواد اولیه‌ای که از معدن یا سوخت‌های فسیلی به دست می‌آیند، به کار ببریم.

پرهیز از مشتق‌های شیمیایی

مشتق‌گرفتن (مانند پره‌گیری از گروه‌های مسدودکننده یا تغییرهای شیمیایی و فیزیکی گنرا) باید کاهش یابد، زیرا چنین مرحله‌هایی به واکنشگرهای اضافی نیاز دارند که می‌توانند فرآورده‌های بیپوده تولید کنند. توالی‌های چابگری می‌توانند نیاز به گروه‌های حفاظت‌کننده یا تغییر گروه‌های عاملی را از بین بیاورند یا کاهش دهند.

پره‌گیری از کاتالیزورها

کاتالیزورها، گرینشی بسودن یک واکنش را افزایش می‌دهند؛ دمای مورد نیاز را کاهش می‌دهند؛ واکنش‌های جانبی را به کمترین اندازه می‌رسانند؛ میزان دگرگون‌شدن واکنشگرها به فرآورده‌های نهایی را افزایش می‌دهند و میزان فرآورده‌های بیپوده مرتبط با واکنشگرها را کاهش می‌دهند.

طراحی برای خراب شدن

فرآورده‌های شیمیایی باید به گونه‌ای طراحی شوند که در پایان کاری که برای آنها در نظر گرفته شده، به فرآورده‌های تجزیه‌پذیر، بشکنند و زیاد در محیط زیست نمانند. روش طراحی در سطح مولکول برای تولید فرآورده‌هایی که پس از آزاد شدن در محیط به مواد آسیب‌رسان تجزیه می‌شوند، مورد توجه است.

تحلیل در زمان واقعی برای پیشگیری از آلودگی

بسیار اهمیت دارد که پیشرفت یک واکنش را همواره پیگیری کنید تا بدانید چه هنگام واکنش کامل می‌شود یا بروز هر فرآورده جانبی ناخواسته را شناسایی کنید.

هر جا که امکان داشته باشد، روش‌های آنالیز در زمان واقعی به کار گرفته شود تا به وجود آمدن مواد آسیب‌رسان پیگیری و از آن پیشگیری شود.

کاهش احتمال رویدادهای شیمیایی ناخواسته:

پره‌گیری از واکنشگرها و حلال‌هایی است که احتمال انفجار، آتش‌سوزی و رها شدن ناخواسته مواد شیمیایی را کاهش می‌دهند. آسیب‌های مرتبط با این رویدادها را می‌توان به تغییر دادن حالت (جامد، مایع یا گاز) یا ترکیب واکنشگرها کاهش داد.