صنعت زیستی، مهندسی و اقتصاد سبز

یحیی سفیدبخت[1]

چکیده

شـیمی سـبز و زیست فنآوری مجموعه روشهای فیزیکی، شیمیایی و زیسـتی در طراحی و به کارگیری مواد اولیه، محصولات شیمیایی، کشاورزی و صنعتی جهت کاهش مصرف منابع و همچنین حذف، جلوگیری از تمرکز و یا تولید مواد شیمیایی سمی و خطرناک می باشد. هدف این فنآوریها یافتن مسیرهای خلاقانه جایگزین به جای روشهای صنعتی قدیمی است به طوری که همراه با افزایش بازده حداقل اثر را بر محیط زیست داشته باشد. رشد اقتصادی و صنعتی پایدار نیاز به منابع ایمن و تجدید پذیر برای تولید دارد.

زیست فنآوری با به کارگیری سیستمهای زنده و اجزاء مولکولی آنها در تولید مواد و فرآیندهایی سازگار با محیط زیست همسو با شیمی سبز به کاهش آلودگی زیست محیطی و جبران کمبود مواد اولیه کمک کرده و باعث توسعه پایدار و بدون خدشه به محیط زیست و توان انسانی می‌شود. همچنین، دیدگاه و دانش جدید زیست الگو با سرمشق گرفتن و ایجاد روشهایی مشابه با آنچه که در طبیعت و موجودات زنده دیده می شود می تواند در جهت رفع آلودگیهای طبیعی و مصنوعی به کار گرفته شده تا گامی مهم در جهت صرفه جویی در منابع اولیه و حفظ محیط زیست برداشته شود.

کلمات کلیدی: شیمی سبز، اقتصاد سبز، مهندسی سبز، زیست فن‌آوری، زیست الگو

۱.مرکز تحقیقات پروتئین، دانشگاه شهید بهشتی، ولنجک، تهران، ایران.
تلفن: ۲۹۹۰۵۰۱۵(۹۸۲۱+)، فاکس: ۲۲۴۳۴۵۰۰(۹۸۲۱+)، نشانی الکترونیکی: y.sefid@alumni.ut.ac.ir

مقدمه

در قرن نوزدهم، به دلیل اندک بودن کشورهای توسعه یافته و فرآیندهای صنعتی، نرخ تولیدات و آلودگی های محیطی دلیلی جدی برای نگرانی نداشت. در قرن بیستم در نتیجه انقلاب فن–آوری و تغییرات اقتصادی حرکت کشورها به سمت توسعه صنعتی به عنوان هدفی برای کامیابی سرعت گرفت. این تغییرات با پی آمدهای منفی همراه بود. توسعه گسترده صنایع که نتیجه آن تقاضای روزافزون برای انرژی و مواد خام بود موجب اکتشاف زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی شد. این موضوع خود دلیلی برای تولید حجم بالایی از زباله و نفوذ آن به پیکره هوا، آب، خاک، موجودات زنده و درنتیجه برهم خوردن تعادل زیست کره شد. قطع درختان نیز خود دلیل مضاعفی برای افزایش حجم دی اکسیدکربن و گازهای گلخانه ای گردید.

از زمان انقلاب صنعتی پیشرفت های جدیدی در جهت درک تاثیر آلودگی بر محیط زیست وجود داشته است که منجر به آگاهی بیشتری از مفهوم سازگاری با محیط زیست و همچنین تاکید بیشتر بر اجرای شیوه های پاکسازی صنایع که منبع عظیم آلودگی بودند، شده است. افزایش آگاهی عمومی و نگرانی درخصوص اثرات آلودگی باعث شده تا بسیاری از تولیدکنندگان دانش محور سعی کنند با استفاده از شیوه های جدید و اعمال و روش های سازگار با محیط زیست و اقتصادی تصویر عمومی را نسبت به خود بهبود بخشند[۱].

آلودگی و انواع آن

آلودگی وارد شدن هرنوع ماده مصنوعی یا طبیعی آلاینده به محیط به میزانی است که کیفیت فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی آن را به گونه ای تغییر دهد که باعث بی ثباتی، اختلال یا اثرات مضر برای انسان، سایر موجودات زنده شود[۲].

طبق تعریف، آلودگی محیطی را می توان به پنج دسته عمده تقسیم کرد (هوا، آب، خاک، نوری، بصری). یکی از منابع اصلی آلوده کننده محیط زیست صنایع شیمیایی هستند. در حال حاضر این صنایع در اقتصاد جهانی جدید مواد خام (نفت، گاز، هوا، آب، فلزات و مواد معدنی) را به بیش از هفتاد هزار نوع محصول مختلف (الیاف مصنوعی، پلاستیک، آفت–کش، تولید رنگ، تولیدات دارویی و غیره) تبدیل می کنند[۳]. بنابراین صنایع شیمیایی از مهمترین منابع آلوده کننده محیط زیست محسوب می شوند زیرا برای فرآیندهای تولید شیمیایی مواد خام و مصرفی از هر جزئی از محیط زیست استفاده می کنند. واضح است که خسارات ناشی از فعالیت صنایع شیمیایی نه تنها به علت فرآیندهای صنعتی بیشمار آن–ها می باشد بلکه به علت فرسایش منابع طبیعی نیز هست. اثر اولیه صنایع شیمیایی برمحیط و روی سبک زندگی به واسطه آلودگی ناشی از انتشار گاز، آلودگی آب ها و آب های زیرزمینی و زباله های خشک و تر باقی مانده است.

هر صنعتی نیازمند تامین انرژی برای فرآیندهای مکانیکی خود، گرما و الکتریسیته است، بنابراین صنایع شیمیایی به طور مستقیم با انتشار دی اکسید کربن، مونوکسید، سولفور، اکسیدهای نیتروژن و ریزگردها محیط زیست را تحت تاثیر قرار می دهند. از جمله صنایعی که می بایست آلودگی ناشی از آن ها را کنترل نمود صنعت تولید اسید سولفوریک، کودهای نیتراته، اسید نیتریک، نیترات آمونیوم، اوره، هیدروکسید سدیم (از طریق الکترولیز) و صنعت تولید سیمان است. به دلیل ماهیت متنوع محصولات، طیف گسترده ای از آلاینده ها تولید و منتشر می شوند. از جمله مهمترین آن ها می توان به سرب، کروم، کادمیوم، آرسنیک، دی اکسیدسولفور و ترکیبات آلی فرار اشاره کرد[٤].

برای کاهش میزان آلودگی های زیست محیطی و توسعه پایدار عوامل مختلفی بایستی در کنار هم قرار گیرند که مهمترین آن ها شیمی، اقتصاد، صنعت و مهندسی سبز هستند.

۱.شیمی سبز

شیمی سبز که شیمی پایدار نیز نامیده می شود فلسفه پژوهش‌های است که هدف آن طراحی محصولات و فرآیندهایی است که میزان استفاده و تولید مواد خطرناک در آن ها حداقل باشد. شیمی سبز به دنبال راهی است تا با جلوگیری از آلودگی در مبدا و استفاده از منابع طبیعی کمتر، از اثر منفی مواد شیمیایی بر محیط زیست بکاهد. یکی از افرادی که در این زمینه بسیار شناخته شده است پائول آناستاس[1] است. وی کار خود را با طراحی و ساخت مواد شیمیایی که برای محیط زیست بی خطر و غیر سمی هستند آغاز نمود. همچنین مطالعات ایشان در علم پایداری و نوآوری برای حفاظت محیط زیست پیشرو بوده و موجب توجه گسترده و جهانی به قدرت طراحی مولکولی به منظور کمک به محیط زیست شده است.

شماری از مقالات وی در مجله شیمی سبز به چاپ رسیده است. شیمی سبز عنوان یک مجله علمی ماهانه است که جنبه های مختلف از شیمی پایدار و اجرای آن در مهندسی شیمی را تحت پوشش قرار می دهد. این مجله در سال ۱۹۹۹ توسط جیمز کلارک[2] از دانشگاه یورک تاسیس گردیده و توسط انجمن سلطنتی شیمی[3] منتشر می شود. با توجه به گزارش استنادی، ضریب تاثیر[4] این مجله در سال ۲۰۱۳ برابر با ٦/٨٥ بوده

1. Paul Anastas
2. James Clark
3. Royal Society of Chemistry
4. Impact Factor

است. اصطلاح شیمی سبز در اوایل سال ۱۹۹۰ توسط آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده[1]، معرفی شده است. مجموعه ای از ۱۲ اصل توسط پل آناستاس و جان وارنر[2] در سازمان حفاظت محیط زیست برای هدایت صنایع شیمیایی ارائه شده است. این اصول علاوه برحمایت از محیط زیست گاهی منجر به سودآوری نیز شده است که در اینجا آورده شده اند [۵].

اصول شیمی سبز:

۱. جلوگیری از تولید زباله
۲. اقتصاد یا بهره وری اتم
۳. سنتز مواد شیمیایی کمتر خطرناک و غیرسمی
٤. طراحی مواد شیمیایی ایمن تر
۵. حلال ها و مواد کمکیی خطرتر
٦. طراحی برای بهره وری انرژی
۷. استفاده از مواد خام تجدیدپذیر
۸. کاهش مشتقات
۹. کاتالیزورها
۱۰. **طرحی برای تخریب** : محصولات شیمیایی بایستی به گونه ای طراحی شوند که در پایان عملکرد شکسته شده و به مواد بی ضرر تخریب شده و در محیط باقی نمایند.
۱۱. تجزیه و اندازه گیری همزمان برای پیشگیری از آلودگی
۱۲. **شیمی ایمن تر برای جلوگیری از سوانح**: مواد و فرآیندهای شیمیایی بایستی به گونه ای انتخاب شوند که احتمال ایجاد آلودگی از طریق رخ دادن سوانحی نظیر، آزاد سازی گازهای سمی و حریق به کمترین سطح برسد.

پیشگیری از تولید زباله قابل دست یابی است اگر بیشتر معرف–ها و حلال ها قابل بازیافت شوند. برای رسیدن به این هدف معیارهایی ارائه شده اند که در قالب معیارهای شیمی سبز جای می گیرند[۵].

معیارهای شیمی سبز

معیار شیمی سبز روش اندازه گیری بهره وری یک فرآیند شیمیایی است. پس از اصلاح یک فرآیند شیمیایی مهم است که قادر به کمی نمودن تغییر حاصل باشیم. با کمی نمودن میزان بهبود، می توان معیاری ملموس و سودمند از فن آوری های جدید معرفی کرد. برای کسی که شیمی دان نیست جذاب ترین روش برای بیان بهبود، مثلا کاهش "x" مقدار پوند در هر کیلو از ترکیب"y" است.

اگرچه این کار ساده است اما اجازه تجسم بهبود مورد نظر را در میزان سمیت یا خطر نمی دهد. آن چه باید در نظر داشت این است که در کل معیار اندازه گیری بایستی ساده، قابل اندازه گیری و هدفمند باشد[٦]. عوامل گوناگونی برای ارزیابی اثرات زیست محیطی فرآیندهای صنعت شیمیایی تعریف شده است همچون عامل E، بهره وری فرآیند و بهره وری کربن که برای مطالعه بیشتر در مورد آن ها می توان به منابع علمی رجوع نمود [٦–۸]. در ادامه به اختصار دو عامل اقتصاد اتم[3] معیار اکوسیکل[4] را بیان می نماییم.

اقتصاد اتم

از روش های محاسبه راندمان واکنش شیمیایی که به طورگسترده مورد استفاده قرار می گیرد اقتصاد یا بهره وری اتم است. در یک فرآیند شیمیایی ایده آل مقدار مواد ورودی یا واکنش‌دهنده ها برابر مقدار محصول تولید شده است و هیچ اتمی هدر نمی رود. اقتصاد اتم یک مفهوم مهم در شیمی سبز و یکی از گسترده ترین راه ها برای اندازه گیری میزان طبیعت دوستی فرآیند شیمیایی است هرچند که شامل مصرف انرژی، انتشار آلاینده و هزینه نمی شود[۹و۱۰].

معیاراکواسکیل

معیار اکواسکیل به تازگی برای ارزیابی اثربخشی یک واکنش مصنوعی تعریف شده است که کیفیت آماده سازی موادآلی را براساس عملکرد، هزینه، ایمنی ارزیابی می کند. این روش ابزاری قدرتمند برای مقایسه چند روش آماده سازی برای یک محصول براساس ایمنی و ویژگی های زیست محیطی است[۱۱و٦].

متاتسیس[5]، روشی ارزشمند در راستای حفاظت از محیط زیست

در سال ۲۰۰۵ جایزه نوبل شیمی به دو دانشمند به نام های روبرت گرابز[6] و ریچارد شراک[7] و یک دانشمند فرانسوی به نام ایو چاوین[8] برای معرفی واکنش متاتسیس[9] و یافتن کاتالیزوری مناسب برای آن اختصاص یافت. متاتسیس روشی است که به صورت مستمر در صنایع شیمیایی نظیر داروسازی و مواد پلاستیکی پیشرفته استفاده می گردد. کلمه متاتسیس به معنی تغییر مکان است. روشن است که مواد آلی حاوی عنصر کربن هستند.

اتم های کربن می توانند حلقه ها و زنجیرهای طولانی، متصل به عناصری همچون هیدروژن و اکسیژن، تشکیل دهند. حیات بر روی زمین براساس این ترکیبات کربنی است. این ترکیبات را می توان از طریق سنتز آلی به طورمصنوعی ساخت. متاتسیس در واقع تغییردادن شریک پیوند بین دو جفت پیوندی در حضور کاتالیزور ویژه است.

1. Environmental Protection Agency USA
2. John Warner
3. Atom economy
4. Ecoscale
5. Metathesis
6. Robert Grubbs
7.Richard R.Schrock
8.Yves Chauvin
9. Metatheses

ایـــن روش ها کارآمدتر (با کاهش مراحل واکنـــش، منابع و مواد زائد خطرناک) باکاربردی ساده تر (پایدارتر در هوا، دما و فشار معمولی) و ســـازگاری بیشتر با محیط زیست (حلال غیرمضر، مواد زائد خطرناک کمتر) هستند[۱۲].

۲.زیست فن آوری

زیســـت فن آوری استفاده از اندامک های زنده ، اجزاء و یا فرآیندهای آن ها توسط صنایع مختلف برای بهبود کمی و کیفی تولید و نگهداری مواد دارویی، محصولات کشـــاورزی و دام اســـت. زیســـت فن آوری رشته نسبتا جدید و بسرعت درحال توسعه ای است که از ادغام علوم مرسوم همچون شیمی، بیوشیمی، بیوفیزیک، میکروب شناسی، ژنتیک و مهندسی شیمی ایجاد شده است. زیست فن آوری دارای برنامه هایی کاربردی در زمینه های مختلف دارو و درمان، کشاورزی، صنعتی (مانند، روغن نباتی، پلاستیک تخریب پذیر) است. از یک دیدگاه بخش های این فن آوری با رنگ‌های گوناگون مشخص شده اند.

زیست فن آوری قرمز

زیست فناوری قرمز شاخه مهم و پرکاربردی از زیست فن آوری است که به حوزه پزشـــکی مرتبط اســـت. طراحی میکرواورگانیسم ها برای تولید انواع آنتی بیوتیک و استفاده از مهندسی ژنتیک برای بهبود بیماری ها از طریق دست کاری ژنتیکی از کاربرد–های این شاخه است.

زیست فن آوری سبز

زیســـت فناوری سبز در زمینه کشـــت گیاهان به کار گرفته می شود تا باعث ایجاد مقاومت گیاهان مورد نظر در مقابل شرایط محیطی و انواع آفات شود.

زیست فن آوری خاکستری

زیســـت فن آوری خاکســـتری در زمینه روش هـــای مربوط به محیط زیست کاربرد دارد. روش های زیست فن آوری در بهینه سازی زمین، زدایـــش مواد زائد آب، تصفیه راه های عبور گاز و هوا و بازیافت مواد زائد و زباله ها مورد استفاده قرار می گیرد.

زیست فن آوری آبی

زیست فن آوری آبی برای تشریح کاربردهای زیست فن آوری در زمینه های دریایـــی و جانـــوران و یا گیاهان دریایی به کار مـــی رود اما کاربرد آن محدود اســـت. در واقع محققان در این شاخه بر روی موجودات آبزی و دریایی کار می کنند.

زیست فن آوری سفید

زیســـت فن آوری ســـفید بیش از همه در صنعت شـــیمی به کار برده می‌شـــود. از جمله وظایف زیســـت فن آوری سفید تولید موادی مانند الکل، ویتامین، آمینواسید،آنتی بیوتیک و نیز آنزیم ها است که با توجه به اصول حفاظت از محیط زیســـت و منابع طبیعی تولید می شوند. در واقع از زیســـت فن آوری ســـفید یا صنعتی برای تولید مواد صنعتی از موجودات زنده و غالبا میکروارگانیســـم ها استفاده می کنند. استفاده از آنزیم ها در مصارف صنعتی از دیگر کاربردهای این شـــاخه محسوب می شود[۱۳].

چند نمونه از مطالعات موردی که طیف گســـترده ای از شـــرکت ها در بخـــش های صنعتی از زیســـت فن آوری اســـتفاده کرده و هزینه تولید و اثرات زیست محیطی تولید خود را کاهش داده اند به‌صورت زیراست:

• شـــرکت بکسندن[1] (انگلستان) از آنزیم لیپازیک مخمر (نمونه ای از قطب جنوب) برای کاتالیز واکنش پلیمریزه شدن در دمایی بسیار پایین تر از ۶۰ درجه سانتی گراد استفاده نمود. در این فرآیند حلال های آلی و اسیدهای غیرآلی حذف شده، هزینه تولید کاهش یافته و در مصرف انرژی صرفه جویی می شود[۱۴].

• شـــرکت کارگیل[2] (ایالات متحده) از مواد کشاورزی تجدیدپذیر همچون ذرت برای تولید پلیمری زیستی به نام اسید پلی لاکتیک استفاده می کند که قابل بازیافت بوده و می تواند کمپوزیت شود. این ماده می تواند جایگزینی برای پلاستیک هایی همچون نایلون شود [۱۵].

• شـــرکت بیوکم[3] (آلمان/ استرالیا) شرکت تابعه از گروه نوارتیس[4] از فرآیند تســـریع شده با آنزیم برای تولید آنتی بیوتیک سفالوسپورین استفاده نمود. فرآیند صدمرتبه زباله حلال کمتر تولید کرده و در نتیجه هزینه تولید و اثرات زیست محیطی کاهش می یابند[۱۶].

• شـــرکت دومتـــار[5] (کانادا) از آنزیم زایلانـــاز[6] به عنوان یک عامل روشـــن کننده خمیر کاغذ استفاده نمود. با این روش مقدار دی اکسید کلر تولیدی تا ۶۰ ٪ و هزینه مواد شـــیمیایی ســـفید کننده ۱۰ تا ۱۵ ٪ کاهش می‌یابد[۱۷].

1. Baxenden Chemicals
2. Cargill Dow LLC
3. Biochemie
4. Novartis
5. Domtar
6. Xylanase

۳.اقتصاد سبز

اقتصاد سبز اقتصادی است که منجر به کاهش خطرات زیست محیطی و کمبودهای زیستی می شود و هدفش توسعه پایدار بدون خدشه به محیط زیست است. این نوع اقتصاد رابطه نزدیکی با اقتصاد زیست محیطی دارد اما تمرکزش بیشتر روی جنبه های مدیریتی است. برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد (UNPE)[1] در سال ۲۰۱۱، استدلال می کند برای سبز بودن نه تنها اقتصاد بایستی موثر باشد بلکه منصفانه نیز باید باشد. در اقتصاد سبز رشد اقتصادی و اشتغال توسط سرمایه گذاری های دولتی و خصوصی با هدف کاهش آلودگی وگازهای گلخانه ای، افزایش منابع (انرژی، مواد و آب) بهره وری و جلوگیری از دست دادن سرمایه های طبیعی و خدمات زیست بوم هدایت می شود. اقتصاد سبز شامل نیروی کار، سرمایه، زمین و منابع طبیعی و فرآیندهای اقتصادی همچون تولید، تجارت، توزیع، مصرف کالا و خدمات است. از این رو نیازمند تغییرات عمده در کشاورزی، ارائه مواد غذایی، سیستم های حمل و نقل، تجارت، کسب و کار، صنعت، مسکن، توسعه شهر، آموزش و پرورش و... است. صنعت سبز نیز زیر مجموعه ای از اقتصاد سبز است. براساس آمار آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده (EPA)[2] در سال ۲۰۱۳ میزان تولید گاز دی اکسید کربن در این کشور برابر با ٦٥٢٦ میلیون تن بوده که ۲۰ ٪ آن حاصل از صنایع بوده است[۱۸].

۴.صنعت سبز

صنعت سبز به معنای تلاش اقتصادی برای یافتن مسیرهای صنعتی پاک و پایدارتر رشد، با انجام سرمایه گذاری های عمومی و اجرای سیاست های عمومی است که سرمایه گذاران خصوصی را به مسئولیت پذیری در قبال محیط زیست تشویق می کند.

این صنعت دارای مزایایی است:

مزایای اقتصادی، نوآوری و رشد بیشترو افزایش تکاپو

مزایای اجتماعی، اشتغال بیشتر، افزایش درآمد و توانمندسازی

مزایای زیست محیطی، استفاده از منابع کارآمدتر، تولید زباله و آلودگی کمتر[۱۹].

۵.مهندسی سبز

مهندسی سبز توسعه و تجاری سازی فرآیندهای صنعتی است که از لحاظ اقتصادی امکان پذیر بوده و برای انسان و محیط زیست کمترین خطر را داشته باشند. همانند شیمی سبز این شیوه نیز دارای دوازده اصول است. این اصول توسط پائول آناستاس و جولی زیمرمن[3] ارائه شده اند[۲۰]:

۱. فرآیند باید طبیعت (ویژگی) پاک داشته باشد: طراحان بایستی تلاش نمایند تا از بی خطر بودن تمام مواد و انرژی ورودی و خروجی اطمینان حاصل نمایند.

۲. پیشگیری به جای درمان

۳. طراحی برای جدا نمودن و خالص سازی

٤. بهره وری حداکثر

۵. اهمیت به محصول به جای مواد اولیه: فرآیندها وسیستم–های تولیدی بایستی انرژی و مواد در دسترس را بر اساس محصول مورد نیاز استفاده کنند نه به علت اینکه یک ماده اولیه در دسترس است کار تولید را شروع کنند.

٦. حفظ پیچیدگی و شناخت طبیعت اولیه مواد: برای تصمیم گیری در مورد ویژگی کاربردی، استفاده مجدد و یا بازیافت مواد می بایست آنتروپی و پیچیدگی درونی ماده را در نظر گرفت در نتیجه تا آنجا که ممکن است از این ویژگی به عنوان یک فرصت برای بهره وری استفاده شود.

۷. دوام و قوام به جای ابدی بودن: دوام هدفمند، نه جاودانگی، بایستی هدف طراحی شود.

۸. طراحی با توجه به کاربرد و نیاز

۹. حداقل نمودن تنوع مواد: محصولات چند جزئی باید با کمینه تنوع مواد شیمیایی ساخته شوند تا طراحی برای بازیافت راحت تر شود.

۱۰. در نظر گرفتن مواد و انرژی در دسترس: محصولات، فرآیندها و سیستم ها بایستی ویژگی های بوم شناسی صنعتی را داشته باشند ، یعنی بر اساس توان منطقه طراحی شوند.

۱۱. طراحی برای دوام و قوام بیش از عمر تجاری: افزایش عمر کارایی بهینه یک دستگاه باعث صرفه جویی بسیاری در انرژی می شود.

۱۲. استفاده از منابع تجدیدپذیر : مواد و انرژی ورودی به جای تهی شدن بایستی تجدیدپذیر باشند.

۶. زیست الگو[4]

علم الگوپذیری حیاتی یا زیست الگو، دانش الگوگرفتن از سیستم ها و عناصر طبیعت به منظور حل مشکلات پیچیده انسان است. در این راستا برای نیل به اهداف و پاسخ به مشکلات جمعیتی به طبیعت نگاه شده است. طبیعت مشکلات مهندسی مانند تحمل و استقامت قرار گرفتن

1. United Nations Environment Programme
2. United States Environmental Protection Agency
3. Julie Zimmerman
4. Biomimetics

در معرض محیط، آب گریـــزی، خودمونتاژی و بهره برداری از انرژی خورشید را حل کرده است. این علم توسط بیوفیزیک دان آمریکایی به نام اشمیت[1] در سال ۱۹۵۰ ابداع شده است.

به دلیل پیچیدگی سیستم های زیستی و تعداد ویژگی های بیشمار می توان از روش های زیســت الگو در بســیاری از زمینه ها استفاده نمود. برای نمونه جاذب زیست الگوی تریولئین[2] بوده که برای از بین بردن آلاینده های آلی پایدار در آب اســتفاده می شود[۲۱]. البته زمینه زیست الگــو، حکمت‌های فراوانی در آن نهفته اســت که می باید به آن توجه خاص نمود[۲۲].

در انتها فهرستی از مواد شیمیایی که به دلیل خطرناک یا سمی بودن که در مواردی می توانند جایگزین شوند در جدول ۱ ارائه شده است.

نتیجه‌گیری

چالش هــای آینده ما به دلیل نیازهای مســتمر محیطــی، اقتصادی و اجتماعی به منابع باعث شــده تا خواســتار فن آوری های کارآمدتر و بی خطرتری در فرآیندهای شــیمیایی و محصولات صنعتی باشیم. فن آوری زیستی با به کارگیری ارگانیسم های زنده و سیستم های زیستی همسو با شیمی سبز با ابداع فرآیندها و واکنش های جدید چنین چالش هایی را برطرف می کند. روش های جدید بایستی به گونه ای باشند که توانایی حداکثر نمودن محصولات زیست سازگار مورد نظر و حداقل نمودن مواد زائد را داشته باشند. چنین خلاقیت و نوآوری های بنیادی در علوم، تولید مواد صنعتی از موجودات زنده و غالبا میکروارگانیســم هــا، تولید داروهای ایمن تــر و تولید علف کش ها و آفت کش هایی ســازگار با محیط زیست ما را به نســل جدیدی ازصنعت و سنتزهای شــیمیایی رهنمون خواهد کرد. روشهای زیست الگو نیز می توانند با الگوگرفتن از طبیعت و موجودات زنده بری حل مشکلات بشر بسیار مفید باشند. بنابراین به نظر می رسد سوق دادن قسمتی از مطالعات در جهت بالابردن بازده و رفع آلودگی ها و بازیافت با کمک روش های زیستی بیش از پیش مورد توجه محققان قرار گیرد.

جدول ۱.مواد شیمیایی آلوده کننده و جایگزین پاک تر و سازگارتر با محیط زیست آن ها

ماده شیمیایی	جایگزین
سدیم دی کرومات	سدیم هایپو کلرید [۲۳]
تتراکلرید کربن	سیکلوهگزان[۲۳]
استامید	اسید استئاریک[۲۳]
بنزن	تولوئن، اگزایلن، متیلن کلرید[۲۴]
فرمالدهید	کربوفیکس[۲۵]
دی اتیل اتر	دی اتیلن گلیکول، دی بوتیل اتر[۲۶]
متانول	کاتالیزورهای سیلیکا- آلومینا فلورایدشده[۲۷]

1. Otto Eschmitt
2. triolein

منابع و ماخذ

[1].Andrews, R.N.L (2006)."Managing the Environment, Managing Ourselves", Second Edition, Yale University Press.

[2]. Hill, M. K. (1997). "Understanding Environmental Pollution", Cambridge University Press.

[3].Govorushko, S. M. (2012)."Natural Processes and Human Impacts", Springer Science and Business Media. P. 442.

[4].Hocking, M. B. (2005). "Handbook of Chemical Technology and Pollution Control", 3rd Edition, Academic Press.

[5].Anastas, P.T., Warner, J. C. (1988). "Green Chemistry, Theory and Practice", New York, Oxford University Press.

[6].Lapkin, A., Constable, D. (2008)."Green Chemistry Metrics, Measuring and Monitoring Sustainable Processes", Wiley.

[7].Sheldon, R. A. (2007). "The E Factor: Fifteen Years on Green Chemistry", Green Chem. 9. 1273-1283.

[8]. Sheldon, R. A. (2008)."E Factors, Green Chemistry and Catalysis: An Odyssey", Chem Commun. 3352-3365.

[9].Trost, B. M. (1991)."Atom Economy, A Search for Synthetic Efficiency", Science. 254 (5037). 1471–1477

[10].Trost, B. M. (2002). "On Inventing Reactions for Atom Economy", Acc Chem Res. 35(9). 695–705.

[11].Aken, K. V., Strekowski, L., Patiny, L. (2006). "EcoScale, a Semi-Quantitative Tool to Select an Organic Preparation based on Economical and Ecological Parameters", Beilstein Journal of Organic Chemistry.

[12].Singh, A., Singh, S., Singh, N. (2014)."Green Chemistry; Sustainability an Innovative Approach", Applied Chemistry. 2(2). 77-82.

[13].Peacokck, K. W. (2010). "Biotechnology and Genetic Engineering", Infobase Publishing, Elsevier.

[14].Binns F, Taylor A, Roberts SM, Williams CF (1994)."Br UK Pat Appl 2272904" (Baxenden Chemicals Ltd., UK)

[15].Erwin T.H. Vink, E. T. H., Ra´bago, K. R., Glassner, D. A., Gruber, P. R. (2002). "Applications of Life Cycle Assessment to Nature Works TM Polylactide (PLA) Production", Polymer Degradation and Stability 80. PP. 403–419

[16].Ulber, R., Sell, D. (2010)."White Biotechnology", Springer Science & Business Media. P. 120.

[17].Zhong, J.J. (2004)."Biomanufacturing", Springer Science & Business Media. P.230.

[18].Lynn, R., Kahle, E., Gurel-Atay, E. (2014)."Communicating Sustainability for the Green Economy", New York: M.E. Sharpe.

[19]. Lambin, J.J. (2013)"Rethinking the Market Economy: New Challenges, New Ideas", New Opportunities, Business and Economics.

[20].Anastas, P.T., Zimmerman, J. B. (2003)."Design through the Twelve Principles of Green Engineering", Environmental Science and Technology. 37(5). 94A-101A.

[21]. Huijuan, L., Jiuhui, Q., Ruihua, D., Jia, R., Zijian, W. (2007). "A Biomimetic Absorbent for Removal of Trace level Persistent Organic Pollutants from Water", Environmental Pollution. 147. 337-342.

[۲۲]. علی اکبر موسوی موحدی "زیست الگو: همگرایی در علم و حکمت" نشریه نشا علم، مجلد٤، شماره ١صفحات ٦-٩ سال ١٣٩٢.

[23]. Mohanty, R.P. (2008). "Quality Management Practices", Excel Books India. .P. 13

[24]. Cheremisinoff, P. N., Morresi, A. C. (1979)."Benzene, Basic and Hazardous Properties", M. Dekker.

[25].Hayat, M.A. (2013) "Microscopy, Immunohistochemistry, and Antigen Retrieval Methods: For Light and Electron Microscopy", Springer Science & Business Media.

[26].Wakefield, B.J. (1995)."Organomagnesium Methods in Organic Chemistry", Academic Press. P .11.

[27]. Tundo, P., Perosa, A., Zecchini, F. (2007)."Methods and Reagents for Green Chemistry", Wiley. P.252.