بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده شیمی

سنتز مشتقات ۲–آریل و ۲–آلکیل تیازول در محیط بدون حلال در حضور هوا

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی

گرایش شیمی آلی

نازنین صداقت

استاد راهنما:

دکتر محمد رضا نعیمی جمال

اساتید مشاور:

دکتر عبدالجلیل مستشاری

دکتر شهرزاد جوانشیر

آذر ۱۳۸۷

تقدیم

تقدیم به دو یگانهٔ زندگیم، آنانکه به من هستی بخشیدند و چمنزار نورستهٔ زندگیم را با شکوفه‌های عشق و ایثار آذین بستند. آنان که در لحظه لحظهٔ زندگیم یاور و پشتیبانم بودند و به من آموختند که از سختیها نهراسم، چرا که در پایان راه، پاداش تلاشهایم، موفقیت است که انتظارم را می‌کشد.

تقدیم به خوب روزگار: پدر و مادرم.

قدردانی

استاد راهنمای بسیار عزیز و گرامیم، جناب آقای دکتر نعیمی جمال:

چگونه سپاس گویم تو را؟ تو را که دلسوزانه و مشفقانه دستانم را گرفتی و در کوره راههای ناشناختهٔ دانش، راهنما و پشتیبانم بودی.

استاد مشاور گرانقدر و گرانبهایم، جناب آقای دکتر مستشاری:

چگونه سپاس گویم تو را؟ تو را که اندیشهٔ توانا و خرد والایت انگیزه‌ای شد برای بهتر بودن. بودن درمحضر علم و دانشت جسارت داشتن رویای دنیایی بهتر برای همگان را در قلبم ایجاد کرد.

دیگر استاد مشاور عزیزم، سرکار خانم دکتر جوانشیر:

سپاست می‌گویم که حضور داشتی و حمایتم کردی.

سپاس می‌گویم خواهر و برادر بسیار بسیار عزیز و دلبندم را. آنان که بودندو بودنشان، عشقشان وحمایتشان گرمابخش قلب و روحم بود.

و سپاس می‌گویم پویای عزیزم را. او که عشق را به زندگیم آورد و قلبم را به میهمانی شقایقها برد. با او بقای دنیا بر قانون عشق را باور کرده‌ام.

بالاترین سپاس نثار نور درونم است که غیرممکن‌ها را ممکن می‌سازد. نوری که تجلی‌بخش قدرتهای خارق‌العادهٔ من است و مرا به قله‌های رفیع انسانیت رهنمون گشته بر تارک جهان می‌نشاندم.

چـــکیـــده

مشتقات بنزوتیازول که در روی کربن شمارهٔ ۲ خود دارای استخلاف هستند، به خاطر چارچوب ساختاری شان بسیار جالب توجه می باشند و جزء دستهٔ مهمی از ساختارهای دو حلقه ای ارزشمند در شیمی آلی و داروسازی هستند. نیمهٔ بنزوتیازول در ۲- آریل بنزوتیازول ها نقشی اساسی در ترکیباتی دارد که به طور وسیع و گزینشی خاصیت ضد توموری دارند. لازم به ذکر است که ترکیباتی که دارای چنین حلقه های هتروسیکلی می باشند در داروسازی به عنوان عامل ضد باکتری، ضد میکروب، ضد قارچ، ضد سرطان، آنتی بیوتیک و غیره از اهمیت بالایی برخوردار می باشند. همچنین از این ترکیبات در سنتزهای نامتقارن به عنوان لیگاند استفاده می شود.

روش های زیادی برای سنتز بنزوتیازول های استخلاف دار در موقعیت ۲ وجود دارد. اما بهترین روش برای تهیه این ترکیبات روشی خواهد بود که در آن از حلال، دماهای بالا، شرایط خلاء، زمان طولانی واکنش و غیره استفاده نشده باشد . این گونه روشها سازگار با محیط زیست بوده و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می باشند.

بنابراین در این پروژه سعی گردیده است با استفاده از *ارتو*- آمینو تیوفنل و آلدئیدهای مختلف به عنوان مواد اولیه با روشی آسان و سریع که در آن نیازی به هیچ گونه حلال و کاتالیزوری نمی باشد، بنزوتیازول های استخلاف دار در موقعیت ۲ را سنتز کنیم.

فـهـرسـت

عنوان	صفحه
فصل اول: شیمی سبز	
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- شیمی سبز	۳
۱-۳- شیمیدان سبز کیست؟	۴
۱-۴- مزایای شیمی سبز	۴
۱ -۵- اصول دوازده گانه شیمی سبز	۵
۱-۶- کوشش ها و دستاوردهای شیمی سبز	۸
۱-۷- واکنش های چند جزیی	۱۰
فصل دوم: بررسی سنتز۲-آریل و۲-آلکیل بنزوتیازول ها	
۲-۱-مقدمه	۱۳
۲-۲- کاربرد مشتقات بنزوتیازول ها	۱۴
۲-۳ بررسی روش های سنتز۲-آریل و۲-آلکیل بنزوتیازول ها	۱۶
۲-۳-۱- بررسی نقش پلی فسفریک اسید در سنتز ۲- آلکیل و ۲- آریل بنزوتیازول ها	۱۶
۲-۳-۲- سنتز ۲- آریل و ۲- آلکیل بنزوتیازول ها در حضور P_2O_5/CH_3SO_3H	۱۷
۲-۳-۳- سنتز ۲-آریل بنزویتازول ها با استفاده از کاتالیزور پالادیم و DMAC	۱۸
۲-۳-۴- سنتز مشتقات بنزوتیازول استخلاف دار در موقعیت ۷	۲۱

۲-۳-۵- سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها از واکنش نیتریل های آروماتیک و تیوفنل ها ۲۳

۲-۳-۶- سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها با استفاده از *p*-TsOH ۲۵

۲-۳-۷- سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها با استفاده از کاتالیزور پالادیم ۲۸

۲-۳-۸- سنتز ۲-آریل و ۲-آلکیل بنزوتیازول ها بدون استفاده از حلال و برروی سیلیکاژل و تحت تابش میکروویو ۳۰

۲-۳-۹- سنتز ۲– آریل بنزوتیازول ها و کاربردشان در واکنشMizoroki-Heck ۳۳

۲-۳-۱۰- سنتز بنزوتیازول ها از طریق بسته شدن درون مولکولی تیوفرمانیلیدها ۳۴

۲-۳-۱۱-سنتز۲- آریل بنزوتیازول را از تراکم۲- آمینوتیوفنل با مشتقات بنزوئیل کلراید یا مشتقات بنزآلدئید ۳۶

۲-۳-۱۱-۱-سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها توسط اسیدکلراید ۳۷

۲-۳-۱۱-۲- سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها توسط آلدئیدهای استخلاف دار ۳۸

۲-۳-۱۱-۳- سنتز چند مرحله ای برای تولید ۲- آریل بنزوتیازول ها ۳۸

فصل سوم:روش تجربی

۳-۱مقدمه ۴۶

۳-۲-تجهیزات و وسایل مورد استفاده ۴۷

۳-۳- مواد شیمیایی ۴۷

۳-۴- روش کلی سنتز بنزوتیازول های استخلاف دار در موقعیت۲ ۴۷

فـهـرسـت

۳-۴-۱- سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها ۴۷

۳-۴-۲- سنتز ۲-هترو آریل بنزوتیازول ها ۵۲

۳-۴-۳- سنتز ۲-آلکیل بنزوتیازول ها ۵۳

فصل چهارم بحث ونتیجه گیری

۴-۱مقدمه ۵۷

۴-۲- بحث و نتیجه گیری سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها ۵۸

۴-۳- مکانیسم سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها ۵۸

۴-۴- بررسی داده های طیفی مشتقات بنزوتیازول ها ۶۱

۴-۴-۱- بررسی داده های طیفی ترکیب ۲-(۴- برمو فنیل) بنزوتیازول ۶۱

۴-۴-۲- بررسی داده های طیفی ترکیب ۲-پریدیل بنزوتیازول ۶۲

۴-۵- بررسی حلال مناسب برایTLC ۶۲

۴-۶- بررسی واکنش در شرایط خلأ و بدون خلأ ۶۳

۴-۷- نتیجه گیری کلی ۶۴

فصل پنجم : پیوست ها ۶۵

فصل ششم : مراجع ۸۱

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول۳-۱- سنتز۲- (۴-کلروفنیل) بنزوتیازول	۵۰
جدول۳-۲- سنتز۲-آریل بنزوتیازول ها در زمان و دمای بهینه.	۵۱
جدول۳-۳- سنتز۲-هترو آریل بنزوتیازول ها در زمان و دمای بهینه	۵۲
جدول۴-۱- مقایسهٔ روش های سنتز مشتقات بنزوتیازول‌ها	۶۴

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شمای ۱-۱- سنتز چند جزیی استرکر ۱۰

شمای ۲-۱. سنتز ۲- آلکیل و ۲- آریل بنزوتیازول ها در حضور پلی فسفریک اسید ۱۶

شمای ۲-۲. - سنتز ۲- آریل و ۲- آلکیل بنزوتیازول ها در حضور P_2O_5/CH_3SO_3H ۱۷

شمای ۲-۳. سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها با استفاده از کاتالیزور پالادیم وDMAC ۱۸

شمای ۲-۴. استفاده از دی سولفید برای کاهش واکنش پذیری تیول ۱۹

شمای ۲-۵. سنتز مشتقات بنزوتیازول استخلاف دار در موقعیت ۷ ۲۲

شمای ۲-۶. سنتز *ترشری*- بوتیل بنزوتیازول های استخلاف دار در موقعیت ۷ ۲۳

شمای ۲-۷. سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها از واکنش نیتریل های آروماتیک و تیوفنل ها ۲۴

شمای ۲-۸. سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها از واکنش *ارتو*-آمینوتیوفنل با β-کلرو سینام آلدئید ۲۵

شمای ۲-۹. مکانیسم سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها از واکنش *ارتو*-آمینوتیوفنل با β-کلرو سینام آلدئید ۲۶

شمای ۲-۱۰.مکانیزم سنتز ۲- (۴-نیتروفنیل) بنزوتیازول ۲۷

شمای ۲-۱۱. سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها با استفاده از کاتالیزور پالادیم ۲۸

شمای ۲-۱۲. سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها بدون استفاده از حلال و برروی سیلیکاژل و تحت تابش میکروویو ۳۰

شمای ۲-۱۳. سنتز ۲-آلکیل بنزوتیازول ها بدون استفاده از حلال و برروی سیلیکاژل و تحت تابش میکروویو۳۲

شمای ۲-۱۴. سنتز ۲- آریل بنزوتیازول ها در حضور کربن فعال و تحت اکسیزن یا هوای اتمسفر ۳۳

شمای ۲-۱۵.سنتز مستقیم بنزوتیازول ۳۴

فهرست اشکال

شمای ۲-۱۶. سنتز ۲-پریدیل بنزوتیازول ۳۴

شمای ۲-۱۷. سنتز بنزوتیازول ها از طریق بسته شدن درون مولکولی تیوفرمانیلیدها ۳۵

شمای ۲-۱۸. مکانیسم عمل ۲و۳-دی کلرو،۵و۶-دی سیانوبنزوکوئینون ۳۶

شمای ۲-۱۹. سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها از اسید کلراید ۳۷

شمای ۲-۲۰. سنتز ۲-آریل بنزوتیازول ها توسط آلدئیدهای استخلاف دار ۳۸

شمای ۲-۲۱. سنتز چند مرحله ای برای تولید ۲- آریل بنزوتیازول ها ۳۹

شمای ۳-۱.طیف ^{1}HNMR محصول واکنش ایزوبوتیرآلدئید و *ارتو*-آمینوتیوفنل ۵۴

شمای۴-۱. مکانیسم تشکیل ۲-آریل بنزوتیازول ها در صورت حمله از سمت نیتروژن ۵۹

شمای ۴-۲. مکانیسم تشکیل ۲-آریل بنزوتیازول ها در صورت حمله از سمت گوگرد ۵۹

شمای ۴-۳. طیف IR مخلوط واکنش ۴-برمو بنزآلدئید و *ارتو*- آمینو تیوفنل ۶۰

فصل اول

شیمی سبز

فـــصـــــل اول

شیـــــــــــمی ســـــبـــــز

۱-۱- مقدمه

شیمی در محیط زیست ما نقش اساسی دارد. در واقع در بین مردم متداول است که بیـشتر مـسائل آلودگی جاری را به گردن مواد شـیمیایی سـنتزی و پدیـد آورنـدگان آنهـا بیاندازنـد. فرآینـدهای جدیـد در آزمایشگاه ها می توانند از ایجاد آلاینده های صنعتی جلوگیری کنند و محصولات جدیدی که دوستدار محیط زیست هستند را تولید نمایند. این فنآوری رو به رشد، استفاده از مـواد خطرنـاک در طراحـی و تولیـد را بـه حداقل می رساند، بنابراین، روشی اساساً متفاوت برای کاهش آلودگی عرضه می کنـد. بـا توجـه بـه اهمیـت کاهش آلودگی محیط زیست ما در این پروژه سعی کردیم که واکنش ها از شیمی سبز پیروی کنند. بـه ایـن منظور در اینجا مرور مختصری بر شیمی سبز خواهیم داشت.

۱-۲-شیمی سبز

واژه شیمی، اغلب با کلماتی نظیر محصولات، صنعت، شغل، تجارت، پیشرفت و خطرات همراه است. صنایع شیمیایی برای افراد زیادی اشتغال ایجاد کرده اند. بنابراین در حیات اجتماعی و اقتصادی جوامع نقش کلیدی دارند. از سوی دیگر بسیاری از فرآیندهایی که از مواد شیمیایی استفاده می کنند، می توانند اثرهای زیان آوری روی محیط زیست یا سلامتی انسان داشته باشند. بنابراین حذف یا کاهش این خطرات تا یک سطح قابل قبول، مسئله ای بسیار مهم است. خطرهای مواد شیمیایی را می توان با این رابطه نشان داد:

انتشار × زیان آوری = خطر

با توجه به رابطه بالا با کاهش انتشار مواد خطرناک می توان از خطرهای احتمالی مواد شیمیایی کاست. این کار معمولاً با اعمال محدودیت های قانونی در مراحل استفاده، جابجایی، تصفیه و دفع مواد شیمیایی انجام می شوند. اما شیمی سبز به عامل اول یعنی زیان آوری مواد شیمیایی می پردازد و به دنبال این است که خطر ذاتی مواد را کاهش دهد. شیمی سبز بنا به پذیرفته ترین تعریف عبارت است از: طراحی، توسعه و به کارگیری فرآیندها و محصولات برای کاهش یا حذف موادی که برای انسان یا محیط زیست خطرناک هستند. در علم شیمی انقلابی سبز در حال شکل گیری است که نه تنها پایداری محیط و سود بخشی را به ارمغان می آورد بلکه از خطرات فاجعه های صنعتی نیز می کاهد.

آقای رابین راجرز[1] پژوهشگر و رئیس مرکز تولید صنعتی سبز دانشگاه آلاماها می گوید: شیمی سبز عبارت است از ساخت و تولید محصولات جدید با استفاده از روش های جدیدی که متناسب با اهداف سه گانه محیط زیست پایدار، اقتصاد پایدار و جامعه پایدار است [۱].

1 . Robin Rogers

۱-۳- شیمیدان سبز کیست؟

شیمیدانهایی که در این حوزه فعالیت دارند شیمیدان سبز نامیده شده اند. تولید صنعتی اکثر محصولات بر اساس فعل و انفعالات شیمایی صورت می گیرد. در دهه گذشته بعضی از شیمیدانها نگرش جدید خود را متوجه تولید محصولات بدون استفاده از مواد سمی و بدون ایجاد پسماند های سمی نموده اند. شیمی سبز یک نوع "شستشوی سبز" تکنولوژی قدیمی نمی باشد بلکه جزء اصلی تکنولوژی های جدیدیست که کارایی بهتری دارند، ارزان تمام می شوند و به انرژی کمتری احتیاج دارند. در یک دوره کامل تولید از ماده خام گرفته تا ایجاد محصول نهایی آلودگی کمتری ایجاد می نمایند و باید اضافه نمود که در واقع انقلاب تکنولوژی سبز برابر با انقلاب صنعتی می باشد.

۱-۴- مزایای شیمی سبز

کشورهای پیشرفته و یا در حال توسعه از این تکنولوژی استفاده می نمایند چون شیمی و تکنولوژی سبز ارزان‌تر و بهتر می باشد و می توانند در اقتصاد جهانی به رقابت پرداخته و نیز سهم خود را در بازار افزایش دهند .

دکتر کیت سدان [۲] استاد شیمی دانشگاه کوئینز از بلفاست ایرلند اظهار می دارد که شیمی سبز موضوعی است بین المللی، زیرا پراکنده شدن آلودگی ها و سموم پیامد های جهانی دارد. بطور مثال نشت بنزین که در سال ۲۰۰۵ در چین بر اثر واژگونی کشتی های بنزین اتفاق افتاد آب آشامیدنی میلیونها نفر را آلوده کرد و این آب آلوده بطرف شرقی ترین بخش روسیه و رودخانه Songhua روان شد [۱]. بنا به اظهارات دانشمندان انگیسی یکی از دلایل استفاده از شیمی سبز در کشورهای در حال توسعه ایجاد نکردن

2. Seddon kenneth

آلودگی می باشد و دلیل دیگر عدم توانایی چنین کشورهایی در پرداخت بهای گزاف و روز افزون مواد پتروشیمی است.

استفاده از شیمی سبز بطور کلی با کاستن مخارج همراه است که کاهش یا حذف کلی مخارج از بین بردن پسماندهای شیمی، جزیی از آن است و نیز پیامد ها و اثرات منفی زیست محیطی را به حداقل می رساند. این دو عامل، رقابت پذیری بیشتری برای کمپانی ها ایجاد می نماید.

شیمی سبز کره زمین را تمیز تر، ایمن تر و بهره ورتر می نماید. شیمی سبز وجدان علم شیمی و راه آینده است. یک شبکه جهانی از طرفداران محیط زیست و شیمیدانهای سبز بوجود آمده است که برای شیمی سبز اصولی را مبتنی بر ۱۲ اصل مشخص نموده اند.

۱-۵-اصول دوازده گانه شیمی سبز

اصل اول: پیشگیری از تولید فراورده های بیهوده

بهتر است که از ساخت و تولید زباله و پسماندهای سمی جلوگیری شود تا اینکه پس از تولید به فکر حذف نمودن پسماندهای سمی و یا پاک کردن آنها از محیط باشیم.

اصل دوم: اقتصاد اتمی(کارآیی اتمی)، افزایش بهره وری از اتم

اقتصاد اتم به این مفهوم است که بازده واکنش های شیمیایی را افزایش دهیم. یعنی طراحی واکنش های شیمیایی به شیوه ایی باشند که فراورده های نهایی بیشتری بدست آید. بهتر است با کاهش میزان تولید فراورده های بیهوده و مازاد بازده واکنش ها را افزایش دهیم.

اصل سوم: طراحی فرایندهای شیمیایی کم آسیب تر

شیمیدانها تا جایی که ممکن است باید شیوه ایی را طراحی کنند یا موادی را بکـار ببرنـد یـا تولیـد کنند، که اثرات سوء کمتری برای آدمی یا محیط زیست داشته باشد. اغلب برای یک واکنش شـیمیایی مـواد اولیه گوناگونی وجود دارد که از میان آن ها می توان مناسب ترین را برگزید .

اصل چهارم: طراحی مواد و فراورده های شیمایی سالم تر

فراورده های شیمیایی باید به گونه ای طراحی شوند که با وجود کاهش خطر سمیت کار خود را بـه خوبی انجام دهند. فراورده های جدید را می توان به گونه ای طراحی کرد که سالم تر باشند و در همان حال، کار در نظر گرفته شده برای آنها را به خوبی انجام دهند.

اصل پنجم: بهره گیری از حلال های کمتر و شرایط واکنشی سالم تر

بهره گیری از مواد کمکی (مانند حلال ها و عامل های جـدا کننـده) تـا جـایی کـه امکـان دارد بـه کمترین مقدار خود برسند و زمانی که بکار می روند از گونه های کم آسیب رسان باشند.

اصل ششم: افزایش بازده انرژی

در فرآیندهای شیمیایی، روش های ساخت و جداسازی تا جایی کـه امکـان دارد بـه گونـه ای بایـد طراحی شوند که نیاز به انرژی را کاهش دهند و در انتهای واکنش به انرژی بیشتری دست یابیم.

اصل هفتم: بهره گیری از مواد اولیه قابل بازیابی

واکنش های شیمیایی باید به گونه ایی طراحی شوند تا از مواد اولیه ای که قابلیت بازیابی دارند، بهره بگیریم.

اصل هشتم: پرهیز از مشتق سازی شیمیایی

مشتق سازی (مانند بهره گیری از گروه های محافظت کننده یا تغییر های شیمیایی و فیزیکی گذرا) باید کاهش یابد، زیرا چنین مرحله هایی که به واکنشگرهای اضافی نیاز دارند، می توانند فرآورده های بیهوده نیز تولید کنند.

اصل نهم: بهره گیری از کاتالیزورها

کاتالیزورها، گزینشی بودن یک واکنش را افزایش می دهند؛ دمای مورد نیاز را کاهش می دهند، واکنش های جانبی را به حداقل می رسانند و میزان تبدیل شدن مواد اولیه به فرآورده ی نهایی را افزایش می دهند.

اصل دهم: طراحی برای تخریب پذیر بودن محصولات

فرآورده های شیمیایی باید به گونه ای طراحی شوند که در پایان محصولات به صورتی باشند که در طبیعت تخریب پذیر باشند و در محیط زیست زیاد باقی نمانند و هر چه سریعتر تجزیه شوند.

اصل یازدهم: تخمین زمان واقعی یک واکنش برای پیشگیری از آلودگی

بسیار اهمیت دارد که پیشرفت یک واکنش را همواره پی گیری کنیم تا بدانیم چه هنگام واکنش کامل می شود زیرا پس از کامل شدن یک واکنش شیمیایی فرآورده های ناخواسته جانبی تولید می شوند.

اصل دوازدهم: کاهش احتمال رویدادهای ناگوار

یک راه برای کاهش احتمال رویدادهای شیمیایی ناخواسته بهره گیری از واکنش گرها و حلال هایی است که احتمال انفجار، آتش سوزی و رها شدن ناخواسته ی مواد شیمیایی را کاهش می دهند. آسیب های مرتبط با این رویدادها را می توان با تغییر دادن حالت (جامد، مایع، گاز) یا ترکیب واکنش گرها کاهش داد.

۱-۶- کوشش ها و دستاوردهای شیمی سبز

شیمیدانهای سبز در پی آن هستند که روندهای شیمیایی سالم تری را جایگزین روندهای کنونی کنند یا با جایگزین کردن مواد اولیه ی سالم تر یا با انجام دادن واکنش ها در شرایط ایمن تر، فراورده های سالم تری را به جامعه هدیه کنند. برخی از آنها می کوشند شیمی را به زیست شیمی نزدیک کند، چرا که واکنش های زیست شیمیایی طی میلیونها سال رخ داده اند و چه برای آدمی و چه برای محیط زیست چالش های نگران کننده ای بوجود نیاورده اند. بسیاری از این واکنش ها در شرایط طبیعی رخ می دهند و به دما و فشار بالا نیاز ندارند. فرآورده های آنها نیز به آسانی به چرخه ی مواد باز می گردند و فرآورده های جانبی آنها برای جانداران سودمند هستند.

الگو برداری از این واکنش ها می تواند چالش های بهداشتی و زیست محیطی کنونی را کاهش دهد. گروه دیگری از شیمیدانهای سبز می کوشند کارآیی اتمی را افزایش دهند. طی یک واکنش شیمیایی، شماری اتم آغازگر واکنش هستند و در پایان بیشتر واکنش ها با فراورده هایی روبه رو هستیم که شمار اتم های آن از شمار همه ی اتم های آغازین بسیار کم تر است. بی گمان آن اتم ها نابود نشده اند، بلکه در ساختمان فرآورده های بیهوده و اغلب آسیب رسان به طبیعت رها می شوند و سلامت آدمی و دیگر جانداران را به چالش می کشند. هر چه بتوانیم اتم های بیشتری در فرآورده ها بگنجانیم، هم به سلامت خود و محیط

زیست کمک کرده ایم و هم از هدر رفتن اتم هایی که بعنوان مواد اولیه برای آنها هزینه پرداخت کرده ایم جلوگیری می کنیم. .باز طراحی واکنش های شیمیایی نیز راه کار سودمند دیگری برای پیشگیری از پیامدهای ناگوار مواد شیمیایی است. در این باز طراحی ها از مواد آغازگر سالمتر بهره می گیرند یا روند هایی را طراحی می کنند که با واکنش های مرحله ای کمتر به فرآورده برسند. همچنین روند هایی را طراحی می کنند که به مواد کمکی کمتر، بویژه حلال های شیمیایی نیاز داشته باشند. گاهی نیز واکنش های زیست شیمی و شیمی را به هم گره می زنند تا به روند سالمتر شدن آنها بینجامد و اثرات جانبی آنها بر روندهای زیست شناختی بدن، تا جایی که امکان دارد را کاهش دهند. نمونه هایی از دستاوردهای شیمیدانهای سبز به شرح زیر می باشد :

۱- سوخت های جایگزین سوخت های فسیلی

۲- تهیه پلاستیک های سبز و تجزیه پذیر

۳- باز طراحی واکنش های شیمیایی

۴- چند سازه های زیستی.

باز طراحی و روندهای شیمیایی فرصت های تازه و بی شماری برای شیمیدانها بوجود آورده است و هر شیمیدانی می تواند به طراحی هر یک از واکنش های شناخته شده ای که سالها در کارخانه ها یا آزمایشگاه های دانشگاه بکار گرفته می شد، در راستای سالم تر کردن آن و کاهش هزینه ها و افزایش کارآمدی و بازده بپردازد. از این رو به نظر می رسد فرصت هایی که برای شیمیدانها طی تاریخ دراز و کهن این دانش فراهم شده، اکنون بار دیگر برای شیمیدانهای امروزی فراهم شده است تا با ویرایش آن چه آنان در تاریخ شیمی به یادگار گذاشته اند، یادگارهای سالم تری برای آیندگان بر جای گذارند [۱].