مقاله پژوهشی

پژوهش در آموزش شیمی، سال سوم، شماره اول، صفحات ۵-۱۸

پژوهش در آموزش شیمی

http://chemedu.cfu.ac.ir

بررسی برنامه درسی اجرایی آزمایشگاه های شیمی آلی (۱) از دیدگاه شیمی سبز

زهرا احمدآبادی [۱*]، علی رجبلو[۲]، علی موحدفر[۳]

[۱] گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، مشهد، ایران

[۲] گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

[۳] گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

چکیده

از آن‌جایی که برنامه درسی شیمی عملی از جمله دروسی است که طراحان برنامه درسی مایلند با اصول شیمی سبز آن را هماهنگ نمایند و بیش از چندین سال در ایران نیز این نوع نگرش اهمیت یافته‌است، در این پژوهش به بررسی چند برنامه درسی طراحی شده دانشگاه‌های مختلف در زمینه‌ی شیمی آلی عملی پرداخته شد، میزان هماهنگی برنامه‌های درسی طراحی شده با اصول شیمی سبز بررسی شد و راهکارهایی برای منطبق کردن بیشتر این برنامه‌ها با شیمی سبز ارائه گردید. این پژوهش به روش تحلیل محتوای به صورت تحلیلی – توصیفی انجام شده است. جامعه آماری شامل پنج برنامه درسی در حوزه آموزش عملی شیمی آلی ۱ در دوره کارشناسی دانشگاه‌های کشور رشته‌های شیمی، داروسازی، مهندسی، کشاورزی و منابع طبیعی بین سال‌های ۹۵ تا ۹۸ می‌باشد که به روش اتفاقی انتخاب شدند. به طور کلی با توجه به نتایج بررسی‌های انجام شده، از میان پنج برنامه درسی تهیه شده برای آزمایشگاه شیمی آلی یک در دوره کارشناسی گرایش‌های مختلف مورد بررسی این پژوهش، تعداد میانگین بالای ۴ برنامه با هفت اصل شیمی سبز انطباق مناسبی را نشان می‌دهد؛ در مقایسه با برنامه‌های درسی گذشته، رویکردی جدی نسبت به حفظ محیط زیست و تاثیری که معرفی اصول شیمی سبز بر آموزش عملی شیمی گذاشته را ملاحظه نمود. برای غنای بیشتر برنامه‌های آموزشی مذکور در انطباق با اصول شیمی سبز، اصلاحاتی پیشنهاد شده است.

کلیدواژه‌ها: برنامه درسی، آزمایشگاه شیمی آلی، شیمی سبز.

---

* نویسنده مسئول: (z_ahmadabadi@yahoo.com ✉)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۱۸

مقدّمه

جامعه‌ی امروز بیشتر از هر زمان دیگر به مسایل زیست‌محیطی توجه دارد. تغییرات جهانی آب و هوا، صنعتی شدن، از بین رفتن منابع طبیعی، افزایش گازهای گلخانه‌ای و در نهایت افزایش آلاینده‌ها، جهان را با چالش بزرگی مواجه کرده است. برای مقابله با این چالش محقّقان تلاش کردند به منظور جلوگیری از افزایش آلایندگی‌ها، از طریق ایجاد نگرش جدیدی در شیمی به نام «شیمی سبز» اقدام نمایند (آندراوس و دیکز[1]، ۲۰۱۲، ص.۷۰). در اوایل سال ۱۹۹۰ شیمی سبز در نتیجه همکاری 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 (وودهاوس و بریمان[2]، ۲۰۰۵، ص.۲۰۰). در اواسط سال ۱۹۹۰ پائول آناستاس وجان وارنر[3] ، ۱۲ اصل از شیمی سبز را معرفی کردند که در آن به بررسی چارچوبی کلی به منظور چگونگی جلوگیری از آلودگی‌ها در طی فرآیند تولید یک ماده‌ی شیمیایی پرداخته شده است (آناستاس و وارنر، ۱۹۹۸).

اصول دوازده‌گانه شیمی سبز عبارت‌اند از:

۱. پیش‌گیری از تولید فرآورده های بیهوده
۲. اقتصاد اتم، افزایش بهره وری از اتم
۳. اجتناب از تولید موادّ خطرناک
۴. افزایش بازده انرژی
۵. بهره‌گیری از حلّال ها و شرایط واکنشی سالم تر
۶. استفاده از موادّ اوّلیّه تجدید پذیر
۷. کاهش تولید مشتق‌های شیمیایی(کاهش تولید موادّ غیر ضروری)
۸. بهره گیری از کاتالیزگرها
۹. طراحی برای تخریب پذیر بودن محصولات
۱۰. تخمین زمان واقعی یک واکنش برای پیشگیری از آلودگی
۱۱. کاهش احتمالی رویدادهای ناگوار

[1] Andraos, & Dicks
[2] Woodhouse. & Breyman
[3] Anastas, Warner

شیمیدان‌های سبز در پی آن هستند که فرآیندهای شیمیایی سالم تری را جایگزین روندهای کنونی کنند و یا با جایگزین کردن موادّ اوّلیّه‌ی سالم‌تر یا انجام دادن واکنش‌ها در شرایط ایمن‌تر، فراورده‌های سالم‌تری را تولید نمایند (یونسکو[1]، ۲۰۰۵).

از آن‌جایی که شیمی سبز با بسیاری از فرایندها، مسائل و مشکلات روزمره زندگی انسان‌ها در ارتباط است، از این‌رو سرمایه‌گذاری در آموزش و اجرای اصول شیمی سبز می‌تواند به ارتقای دانش عمومی جامعه، حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی و در نتیجه توسعه پایدار کمک کند. بنا به نظر دانشجویان فارغ‌التحصیل شرکت‌کننده در سومین کنگره سالانه جامعه شیمی سبزِ انجمن شیمی آمریکا در مونترالِ کانادا، باید شیمی سبز در تمام برنامه‌های درسی مورد توجه قرار گیرد و این امر باید از دوره ابتدایی شروع شده و تا سطح دانشگاه ادامه یابد (کیچن[2] و همکاران، ۲۰۰۶)

در سال‌های اخیر پژوهش‌های بسیاری در زمینه شیمی سبز و همچنین ارتباط آن با آموزش شیمی صورت گرفته است، که می‌توان از جمله به مطالعات حسن زاده مقیمی و همکارانش اشاره کرد. آنان با بررسی تجربه‌های جهانی در زمینه آموزش شیمی سبز به معلمان پرداخته و بیان داشته‌اند که با وجود این‌که مفاهیم شیمی سبز و توسعه‌ی پایدار از موضوعات مهم در سال‌های اخیر بوده است، اما در اجرای آن‌ها موفقیت چندانی کسب نشده است (حسن زاده و همکاران، ۱۳۹۵). مستشاری، در مطالعه دیگری ، چشم‌اندازهای آموزشی شیمی سبز در مقاطع گوناگون تحصیلی، بخصوص در شاخه‌های تخصصی آن را مطرح کرده و معتقد است که بایستی دیدگاه‌های واقعی این تحول و شاخه‌های وابسته به شیمی سبز در آموزش عالی شناسانده شوند (مستشاری، ۱۳۸۳). میرزایی و همکاران در پژوهشی به آموزش شیمی سبز مبتنی بر برنامه درسی آزمایشگاه شیمی عمومی ۱ پرداخته و نتیجه گرفته‌اند که اجرای برنامه درسی مرتبط با اصول شیمی سبز علاوه بر یادگیری بر روی نگرش دانشجومعلمان شیمی نیز تأثیری مثبت داشته است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۷). رحیمیان معتقد است، برخورداری از جهانی سالم، امن و پایدار در گرو آموزش صحیح نسل آینده می‌باشد و معلّمان در ایجاد این تفکر جدید در نسل آینده، نقش زیادی دارند (رحیمیان و همکاران، ۱۳۹۵). میری در پژوهش «شیمی سبز چشم انداز و کاربردها» به بررسی شیمی سبز و ضرورت به کارگیری و آموزش آن و معرفی کاربردهای آن در زندگی روزمره پزداخته است (میری،

[1] UNESCO
[2] Kitchens

۱۳۹۵). کرچوف[1] در سال ۲۰۰۵ مقاله‌ای تحت عنوان «نقش برنامه شیمی سبز در پایداری» ارائه نمود و در آن بر لزوم برنامه درسی پایدار در زمینه شیمی سبز تاکید نموده و شیمی سبز را به عنوان ابزاری مهم برای رسیدن به پایداری می‌داند. از نظر وی، پیاده سازی شیمی سبز یک اصل ضروری برای رسیدن به توسعه پایدار و حل مشکلات محیط زیست وگرمای جهانی می‌باشد. منطقی در مقاله «شیمی، ایمنی و آموزش برای توسعه پایا» اصول اساسی ایمنی، شیمی سبز و شیمی پایا را معرفی کرده و در جهت کاربرد و رعایت اصول آن در آموزش شیمی و شیمی آزمایشگاهی راهکارهایی ارائه کرده است(منطقی، ۱۳۹۵).

اصغری لالمی و امانی(۱۳۹۸) در مقاله‌ای، پیشینه‌ای از شیمی سبز، آموزش آن و ارتباط آن با توسعه پایدار را بیان نموده، دوره‌ها و برنامه‌هایی که در سال‌های اخیر برای رسیدن به این اهداف تلاش می‌کنند و نیز برخی از روش‌هایی که برای ارزیابی نتایج فراگیران از دوره‌های شیمی سبز مورد استفاده قرار گرفته‌اند را مورد بررسی قرار دادند.

گرچه در طی چند دهه گذشته، شیمی سبز در آموزش شیمی در جهان برجسته شده است؛ اما با این وجود، تدوین برنامه‌های درسی شیمی سبز به تمام سطوح آموزش به طور مساوی نرسیده است و بیشتر تمرکز آن بر روی دوره‌های تحصیلات تکمیلی است و در مقطع کارشناسی تعداد محدودی روش‌کارهایی با توجّه به شیمی سبز طراحی گردیده است. آرمسترانگ[2] و همکارانش(۲۰۱۹)در مقاله‌ای که منعکس کننده نتایج فعّالیّت‌های او و همکارانش در دانشگاه برکلی آمریکا در طراحی برنامه درسی منطبق با شیمی سبز در آزمایشگاه شیمی عمومی است، به طراحی ۱۶ آزمایش متناسب با اصول شیمی سبز پرداخته اند. در ایران طی چندین سال گذشته با اهمیت یافتن مسایل زیست محیطی، لزوم توجه به شیمی سبز و طراحی برنامه درسی مطابق با این نگرش مورد توجه قرار گرفته است و تلاش در طراحی آزمایشگاه‌های سبز از جمله طراحی آزمایش مبحث فازها در آزمایشگاه شیمی فیزیک و شیمی عمومی دوره کارشناسی شیمی (احمدآبادی و جامی الاحمدی[3]، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۵ و ۲۰۱۹) و توجه اندکی در تالیف کتاب درسی دوره دوم متوسطه بویژه کتاب شیمی دهم صورت گرفته است (حبیبی و دیگران، ۱۳۹۶). از آنجایی که برنامه درسی شیمی عملی آزمایشگاهی از جمله دروسی است که طراحان برنامه درسی مایل‌اند با اصول شیمی سبز آن

[1] Kirchhoff
[2] Armstrong
[3] Jamialahmadi, Ahmadabadi

را هماهنگ نمایند و بیش از چندین سال در ایران نیز این نوع نگرش اهمیت یافته است، در این پژوهش بر آن هستیم که به بررسی چند برنامه درسی طراحی شده دانشگاه‌های مختلف در زمینه شیمی آلی عملی بپردازیم و میزان هماهنگی برنامه‌های طراحی شده با اصول شیمی سبز را بررسی نماییم و راهکارهایی برای منطبق کردن بیشتر این برنامه‌ها با شیمی سبز ارائه دهیم.

روش پژوهش

این پژوهش به روش تحلیل محتوای به صورت تحلیلی – توصیفی انجام شده است. جامعه آماری شامل پنج برنامه درسی در حوزه آموزش عملی شیمی آلی ۱ در دوره کارشناسی دانشگاه‌های کشور رشته‌های شیمی، داروسازی، مهندسی، کشاورزی و منابع طبیعی بین سال‌های ۹۵ تا ۹۸ می‌باشد که به روش اتفاقی انتخاب شدند. در این پژوهش واحد زمینه، به "متن ، روش انجام ، موادّ حاصل " و واحد ثبت به "موضوع" اختصاص دارد. به بیان هولستی[1] موضوع یا مضمون از جهات بسیاری، مناسب‌ترین واحد تحلیل محتواست (هولستی، ۱۳۹۱). فرایند در تحلیل محتوا از شیوه قیاسی استفاده شد و برای تأمین روایی مقوله‌های مورد استفاده در این پژوهش ابتدا مقوله‌های مرتبط با اصول دوازده‌گانه شیمی سبز از منابع معتبر در این زمینه (انجمن شیمی آمریکا، ۲۰۲۰؛ آندروس، ۲۰۱۲ ؛آناستاز،۱۹۹۸ ؛ اصغری،۱۳۹۸ وآرمسترانگ،۲۰۱۹) استخراج شده و مقوله‌های آن با توجه به توضیح آشکار هر اصل (جدول ۱) عینا در تهیه چک لیست یا فرم مورد استفاده قرار گرفت.

بحث و نتایج

در این تحقیق، مطابق سرفصل درسی آزمایشگاه شیمی آلی یک، دوره کارشناسی دانشگاه‌های زیر نظر وزرات علوم (شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ۱۳۹۱) و از جمله سرفصل درسی دانشگاه فرهنگیان (شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ۱۳۹۴)، برنامه درسی تدوین شده در قالب دستورکار، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. سرفصل‌های درسی شیمی آلی یک رشته‌ها و دانشگاه‌های مختلف مورد بررسی این پژوهش، تقریبا تا ۹۸ ٪ با یکدیگر مشابهت داشتند که فعّالیّت‌های آن شامل سه بخش عمده می باشد؛ فعّالیّت‌های اول، تعیین پارامترهای فیزیکی موادّ آلی نظیر نقطه ذوب، جوش و دسته دوم فعّالیّت‌ها، اصول

[1] Holesti

جداسازی و خالص سازی موادّ آلی شامل تبلور، استخراج‌های جامد در مایع، تصعید، تقطیر و انواع آن و کروماتوگرافی؛ دسته سوم شامل شناسایی‌ها نظیر: تجزیه عنصری و شناسایی انواع الکل‌هاست. تعاریف و مصادیق ارائه شده برای هر اصل بر اساس تارنمای انجمن شیمیدانان آمریکا[1] استخراج گردیده (۲۰۲۰) و در جدول ۱ آمده است. چهار مورد از اصول شیمی سبز، شامل اصل چهارم و هشتم تا یازدهم (جدول۱)، با توجه به سرفصل این درس، که به طراحی و ساخت ترکیبات آلی مرتبط نمی باشد؛ لذا در مقوله‌های مورد بررسی قرار نگرفتند؛ و اصول اول تا سوم و پنجم تا هفتم و دوازدهم با توجه به موضوعات سرفصل درسی انتخاب شدند.

در چهار مورد از برنامه درسی شیمی آلی عملی، آزمایش تعیین نقطه ذوب و پنج مورد نقطه جوش با استفاده از روش‌های میکرو، با اصل اول شیمی سبز (پیشگیری از تولید فراورده‌های بیهوده، تاکید بر عدم تولید پسماند و یا زباله سمی و پاک نگاه داشتن محیط از حضور و تولید این گونه زباله‌ها) مطابقت داشتند بدین گونه که در تعیین نقطه ذوب، به استثنای یک مورد که روش کار با نفتالین ذکر شده بود؛ از موادّی نظیر اسید بنزوئیک، استانیلید و یا اوره استفاده شده که همگی براساس داده های ایمنی موادّ[2] آن (وریسک[3]، ۲۰۲۰) ترکیبات غیر سمی می باشد. اغلب برنامه های درسی آزمایشگاهی بررسی شده در مبحث "تعیین نقطه ذوب"، و همچنین " تعیین نقطه جوش"، (با انتخاب موادّ اوّلیّه مانند اتانول، آب و استون) موقعیّتی قابل قبول از جهت انطباق با اصول ۱ ، ۲، ۳،۵، ۶ و ۱۲ ، شیمی سبز دارند.

گرچه با استفاده از مقادیر میکرو در این روش کارها، می‌تواند از جهت بازدهی انرژی، اصل ششم و همچنین امکان بالقوه استفاده مجدد از موادّ اوّلیّه در صورت جمع آوری اصل هفتم شیمی سبز، منطبق باشد؛ اما در دستورکارهای مشاهده شده در این پژوهش ، اشاره‌ای به این مطلب نشده است. از میان آزمایش‌های طراحی شده در موضوع "تبلور"، تنها یکی از دستورکارها از ترکیبات کم خطر (نظیر استانیلید، اسید بنزوئیک) و حلال‌های کم خطر (آب) استفاده نموده و بقیه روش کارها از نفتالئین و ... و حلّال‌هایی نظیر تولوئن... به عنوان موادّ اوّلیّه پیشنهاد نموده اند.

[1] American Chemical Society
[2] MSDS
[3] Verisk

جدول ۱- توصیف و مصادیق اصول دوازدگانه شیمی سبز (تارنمای انجمن شیمی آمریکا، ۲۰۲۰)

شماره	اصل	توصیف و مصادیق
۱	پیشگیری از تولید فرآورده‌های بیهوده	بهتر است که موادّ زاید در فرآیندها تولید نشوند تا اینکه به فکر راهی برای از بین بردن آنها نباشیم.
۲	اقتصاد اتمی	روش‌های ساخت موادّ باید به گونه‌ای طراحی شوند که بیشترین استفاده از موادّ واکنش دهنده انجام شود و تمامی آنها به محصول تبدیل شوند.
۳	طراحی فرآیندهای شیمیایی کم‌آسیب‌تر	تا آنجا که امکان‌پذیر است، روش‌های ساخت موادّ به گونه‌ای طراحی شود که خطری را متوجه محیط زیست یا انسان نکند.
۴	طراحی موادّ و فرآورده-های شیمیایی سالم‌تر	موادّ جدید باید به گونه‌ای طراحی شوند که بیشترین کارایی همراه با کمترین سمیت را داشته باشند.
۵	بهره‌گیری از حلال‌ها و شرایط واکنشی سالم‌تر	استفاده از موادّ کمکی مانند حلّال‌ها و... به کمترین میزان ممکن برسد و در شرایط اضطرار نیز از موادّ کم‌خطر استفاده شود.
۶	افزایش بازده انرژی	انرژی مورد نیاز فرآیندها با توجه به شرایط اقتصادی و محیطی فراهم شود و تا آنجایی که امکان دارد فرآیندهای شیمیایی در دما و فشار معمولی انجام شود.
۷	بهره‌گیری از موادّ اوّلیّه قابل بازیافت	از موادّ خامی استفاده شود که قابلیت تولید مجدد در طبیعت را داشته باشند.
۸	کاهش محصولات شیمیایی جانبی	تا جایی که امکان دارد از تولید محصولات جانبی مضر جلوگیری شود.
۹	بهره‌گیری از کاتالیزورها	از واکنشگرهای کاتالیزوری به جای واکشگرهای استوکیومتری استفاده شود.
۱۰	طراحی برای موادّ زیست تخریب پذیر	سعی شود محصولات فرآیندهای شیمیایی زیست تخریب‌پذیر باشد.
۱۱	تخمین زمان واقعی یک واکنش برای کاهش آلودگی	روش‌های تجزیه‌ای برای کنترل لحظه به لحظه واکنش‌های شیمیایی طراحی و توسعه داده شوند تا بتوان در هر لحظه تولید موادّ مضر را تشخیص داد.

۱۲	توجه به ایمنی واکنش برای جلوگیری از حوادث ناگوار	از موادّی استفاده شود که کمترین قابلیت را برای انفجار یا ایجاد آلودگی داشته باشد.

جدول ۲- اصول شیمی سبز به کار گرفته شده در برنامه درسی پنج آزمایشگاه شیمی آلی ۱ در دانشگاه های مختلف بین سالهای ۹۵ تا ۹۸

اصول شیمی سبز	نقطه ذوب	نقطه جوش	تبلور	تصعید	استخراج جامد در مایع	تقطیر	کروماتوگرافی	شناسایی الکل‌ها
اصل اوّل: پیشگیری از تولید فراورده های بیهوده	۴	۵	۴	۳	۳	۳	۵	۳
اصل دوم: اقتصاد دائم ، افزایش بهره وری از اتم	۵	۵	*	*	*	*	۵	۵
اصل سوم: طراحی فرایندهای شیمیایی کم خطر	۴	۵	۴	۳	۳	۳	۵	۳
اصل پنجم: بهره گیری از حلّال ها و شرایط واکنشی سالم تر	۴	۵	۴	۳	۴	۳	۵	۳
اصل ششم: افزایش بازده انرژی	۵	۵	*	*	*	*	**	**
اصل هفتم: بهره گیری از موادّ اوّلیّه تجدید پذیر	۵	۵	*	*	*	*	*	**
اصل دوازدهم: کاهش احتمالی رویدادهای ناگوار	۵	۵	*	*	۱	*	۵	۵

*بسته به شرایط عملکرد، نتیجه می تواند متفاوت باشد. و ** قابلیت بررسی ندارد.

در مورد آزمایش "تصعید"، دو آزمایش طراحی شده، شامل تصعید نفتالین و دیگری ید جامد بود، اما سایر روش کارها از اسید بنزوئیک، کافئین و ... را انتخاب کرده بودند که با اصل ۱، ۳، ۵ و ۱۲ شیمی سبز مطابقت دارد.

استخراج و خالص سازی ترکیبات جامد توسط حلّال، موضوع دیگر برنامه درسی آزمایشگاه‌های شیمی آلی است که دو مورد از دستورکارهای طراحی شده شامل آزمایش جداسازی نفتالین و پارانیتروآنیلین و دیگری نفتالین و پتاسیم پرمنگنات می‌باشد که با توجه به پایگاه داده های ایمنی موادّ، ترکیبات نفتالین و پارانیتروآنیلین، نه تنها برای استفاده در آزمایشگاه آموزشی مناسب نیستند بلکه با اصول ۱ و ۳و ۵ شیمی سبز مطابقت ندارد (وریسک، ۲۰۲۰). در میان دستورکارهای بررسی شده یکی از آنها "آزمایش جداسازی و استخراج کافئین از چای" را طراحی و برگزیده بود که بررسی آن نشان داد که این آزمایش با اصل سوم و پنج شیمی سبز مطابقت لازم را دارد.

موضوع دیگری که در برنامه درسی آزمایشگاه های شیمی آلی، مورد بررسی قرار گرفت، انواع تقطیر، شامل تقطیر ساده: تولوئن و بنزن، تولوئن و تتراکلرید کربن و تقطیر جزء به جزء، شامل: تتراکلرید کربن و متانول و آب می باشد که تمامی آنها با اصول ۱، ۳و ۱۲ شیمی سبز (از حیث سمی بودن ترکیبات تتراکلرید کربن، بنزن مطابق داده‌های ایمنی موادّ(وریسک، ۲۰۲۰))، مطابقت ندارند؛ اما مورد دیگر در این مجموعه شامل آزمایش تقطیر با بخار آب، با اصول مورد بررسی در شیمی سبز هماهنگی لازم را داشتند. یکی از روش‌کارها برای تقطیر با بخار آب، آزمایش عصاره‌گیری از گل سرخ و یا تربانتین را طراحی کرده بود که نسبت به سایر دستور کارها، با اصول مورد بررسی شیمی سبز شامل اصل هفتم ، پنجم و سوم مطابقت بیشتری نشان می داد.

در دو برنامه درسی آزمایشگاهی، مبحث کروماتوگرافی کاغذی، لایه نازک و ستونی مشاهده گردید که به جداسازی رنگدانه کلروفیل از برگ و یا جداسازی اجزای سازنده جوهر پرداخته بودند که با اصول ۱، ۳، ۵ و ۱۲ شیمی سبز مطابقت دارد. در "تجزیه عنصری و شناسایی انواع الکل‌ها به روش نیمه میکرو و یا میکرو"، در هر پنج برنامه درسی مطالعه شده، اغلب روند مشابه ای وجود داشت و تنها در دو دستورکار برای شناسایی انواع الکل‌ها از روش "تست جونز" و یا "انیدرید کرومیک" استفاده کرده بودند که با اصل سوم و پنجم شیمی سبز همخوانی لازم را نداشتند.

نتیجه گیری

به طور کلی با توجه به نتایج بررسی‌های انجام شده در جدول ۲، از میان پنج برنامه درسی تهیه شده برای آزمایشگاه شیمی آلی یک در دوره کارشناسی گرایش‌های مختلف مورد بررسی این پژوهش،

تعداد میانگین بالای ۴ برنامه با هفت اصل شیمی سبز انطباق مناسبی را نشان می دهد؛ گرچه برای غنای بیشتر برنامه‌های آموزشی مذکور می‌تواند تغییرات و اصلاحاتی در آنها ایجاد گردد. اما می‌توان در مقایسه با برنامه‌های درسی قدیمی‌تر این درس (حبیبی و همکاران، ۱۳۷۵)، رویکردی جدی نسبت به حفظ محیط زیست و تاثیری که معرفی اصول شیمی سبز بر آموزش عملی شیمی گذاشته را ملاحظه نمود.

در طراحی برنامه درسی آزمایشگاه های شیمی که مطابقت با اصول شیمی سبز مورد توجه قرار می گیرد؛ باید این نکته مهم، یعنی لزوم دست یابی همزمان اهداف یادگیری شیمی در کنار اهداف جدید یادگیری شیمی سبز را از نظر دور نداشت و این دو را در کنار یکدیگر آموزش و ارتقاء داد. لذا تنها می‌توان به طور ضروری، مقدار محدودی از محتوای شیمی سبز و یا تغییراتی همسوی آن را در طراحی برنامه درسی دوره‌های کارشناسی عمومی مذکور انجام داد، زیرا محتوای شیمی سنتی و دستیابی به اهداف و فنون مورد نیاز آن، غالبا ثابت و اساسی هستند. جهت انطباق بیشتر برنامه درسی شیمی آلی عملی، با اصل سوم و دوازدهم در آزمایش اندازه‌گیری نقطه ذوب و جوش به روش میکرو ترکیبات آلی، از آنجایی که در آزمایشگاه های آموزشی به تعداد زیاد و به طور مکرر در هر نیمسال تحصیلی موادّ و لوله های مویین مورد استفاده و سپس دور ریخته می‌شوند؛ لذا پیشنهاد می شود این آزمایش ها را با موادّ غیر سمی و سازگار با محیط زیست(به عنوان مثال برای نقطه ذوب پالمتیک اسید یا استئارئیک اسید(جامی الاحمدی و احمدآبادی،۲۰۱۹ و ۱۳۹۸) و ...) استفاده کرد و سپس آنها را برای بازیافت جمع آوری نمود. در برنامه درسی تقطیر (یا جداسازی بلور با قیف بوخنر با استفاده از خرطوم آبی در تبلور)، هدررفت آب در مدت زمان آزمایش، با توجه به چالش‌های کم آبی در کشور، قابل توجه است؛ لذا استفاده از سیستم‌های گردش بسته آب[1] ، در این موارد پیشنهاد می‌شود. اخیرا، شودرت[2] و همکاران در مقاله طرز تهیه و استفاده از یک سیستم ساده گردش بسته آب در آزمایشگاه‌های آلی را ارائه کردند (شودرت و همکاران، ۲۰۱۹). در شناسایی الکل‌ها، روش تست لوکاس، از جهت حساس بودن به نوع الکل، آزمون به مراتب بهتری است که می‌تواند به راحتی جایگزین روش آزمون جونز در شناسایی الکل‌ها باشد. در روش استخراج جامد توسط حلال، استفاده از روش‌های نیمه میکرو، می‌تواند نقش بیشتری به رعایت اصل اول و دوم شیمی سبز را در این برنامه درسی فراهم آورد.

---

[1] Recirculation System
[2] Schoeddert

منابع

احمدآبادی، زهرا؛ جامی الاحمدی، مینا (۱۳۹۸). طراحی یک آزمایش سبز برای آزمایشگاه شیمی فیزیک - سیستم ساده تعادل فازی دو جزیی جامد-مایع۱. پژوهش در آموزش شیمی، ۱(۲)، ۳۵-۵۰.

احمدآبادی، زهرا؛ جامی الاحمدی، مینا؛ عزیزآبادی، فاطمه (۱۳۹۵). طراحی آزمایش ساده و سبز برای آزمایشگاه شیمی فیزیک ۱ سیستم تعادلی فازی دو جزیی جامد- مایع با نقطه اتکتیک ساده، نهمین کنفرانس آموزش شیمی ایران، تهران.

اصغری لالمی, نسیم؛ امانی, وحید (۱۳۹۸). چالش ها و فرصت های آموزش شیمی سبز و ارتباط آن با توسعه پایدار. پژوهش در آموزش شیمی, ۱(۱), ۴۷-۶۶.

حبیبی، زهره؛ کنوز؛ الهه و همکاران (۱۳۷۵). روش‌های عملی آزمایشگاه‌های شیمی. تهران: انتشارات شهر آب.

حبیبی, لیلا؛ صباغان, مریم؛ امام جمعه، سید محمدرضا (۱۳۹۶). مطالعهٔ تطبیقی آموزش شیمی سبز در برنامهٔ درسی مدارس متوسطه (ایران و چهار کشور پیشرفته). نوآوری های آموزشی, ۱۶(۱), ۶۷-۹۰.

حسن زاده مقیمی، ژیلا؛ صباغان، مریم؛ امام جمعه، سید محمدرضا (۱۳۹۵). برنامه آموزش شیمی سبز به معلمان در ایالات متحده آمریکا. نهمین کنفرانس آموزش شیمی ایران، دانشگاه زنجان، زنجان.

شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (۱۳۹۱). برنامه‌ی درسی دوره‌ی کارشناسی شیمی .

شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (۱۳۹۴). برنامه‌ی درسی دوره‌ی کارشناسی آموزش شیمی ویژه‌ی دانشگاه فرهنگیان.

رحیمیان، شهناز؛ صباغان، مریم؛ دماوندی، مجید (۱۳۹۵). بررسی میزان دانش معلمان از اصول شیمی سبز. نهمین کنفرانس آموزش شیمی ایران، دانشگاه زنجان، زنجان.

مستشاری, دکتر سید مرتضی (۱۳۸۳). دیدگاههای آموزشی و پژوهشی شیمی سبز. محیط شناسی, ۳۰(۳۳)، ۱۰۴-۱۰۰.

منطقی، فرانک (۱۳۹۵). شیمی، ایمنی و آموزش برای توسعه پایا. نهمین کنفرانس آموزش شیمی ایران، دانشگاه زنجان، زنجان

میرزایی, سمیرا؛ انارکی فیروز, اعظم؛ عبداله میرزائی, رسول. (۱۳۹۷). تاثیر آموزش شیمی سبز مبتنی بر فعّالیّت عملی بر روی یادگیری و نگرش دانشجو معلمان شیمی. فناوری آموزش, ۱۳(۲), ۳۴۹-۳۶۱.

میری رامشه، زهرا (۱۳۹۵). شیمی سبز چشم انداز و کاربردها. نهمین کنفرانس آموزش شیمی ایران، دانشگاه زنجان، زنجان.

هولستی، ال.آر (۱۳۹۱). تحلیل محتوا در علوم اجتماعی و انسانی. مترجم: نادر سالارزاده امیری؛ تهران: دانشگاه علامه طباطبایی

American Chemical Society. (2020). 12 Principles of Green Chemistry. Washington, DC 20036, USA. https://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/prinVHciples/12-principles-of-green-chemistry.html

Anastas, P. T. & Warner, J. C. (1998). Principles of green chemistry. Green chemistry: Theory and practice. New York: Oxford University Press.

Andraos, J. & Dicks, A. P. (2012). Green chemistry teaching in higher education: a review of effective practices. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 69-79.

Armstrong, Laura B. et al. (2019). Developing a Green Chemistry Focused General Chemistry Laboratory Curriculum: What Do Students Understand and Value about Green Chemistry?. *J. Chem. Educ*, 96(11), 2410-2419.

Jamialahmadi, M. Ahmadabadi, Z. (2019). Investigation of Two Component Phase Diagrams of Oleic Acid- Palmitic Acid and Pentadecanoic Acid - Palmitic Acid Systems. Simple Green Experiments for Under Graduation Physical Chemistry Laboratory, 7(2), 33-37.

Kirchhoff, M. M. (2005). Promoting sustainability through green chemistry. *Resources, Conservation and Recycling*, 44(3), 237–243 .

Kitchens, C. et al. (2006). Completing our education: Green Chemistry in the curriculum. *Journal of Chemical Education*, 83(8), 1126-1129.

Schoeddert, A. Babooram, K. & Pelletier, S. (2019). Reduction of Water Waste in an Organic Chemistry Laboratory Using a Low-Cost Recirculation System for Condenser Apparatus. *Journal of Chemical Education*, 96 (1), 180-182.

United Nations Educational and Cultural Organization (UNESCO). United Nations decade of education for sustainable development (2005–2014): International implementation scheme. 2005. Document code: ED/DESD/2005/PI/01.

Verisk 3E ,(2020) FREE SDS SEARCH, Version 1.4.17.0, Retrieved Aper 21, 2020, from https://www.msds.com/

Woodhouse, E. J. & Breyman, S. (2005). "Green chemistry as social movement?". *Science, Technology, & Human Values*. 30 (2), 199–222.

Research article

Research in Chemistry Education, Vol 3, No 1, 5-18

Research in Chemistry Education

http://chemedu.cfu.ac.ir

Survey of the Executive Curriculum of Organic Chemistry Labs (1) From the Perspective of Green Chemistry

Zahra Ahmadabadi [1*], Ali Rajabloo[2], Ali Movahedfar[3]

[1]*Department of Science, Farhangian University, Tehran, Iran*

[2]*Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Ferdowsi University, Mashhad, Iran*

[3]*Department of Chemistry, Faculty of Science, Birjand University, Birjand, Iran*

Abstract

Since the practical chemistry curriculum is one of the courses that curriculum designers want to combine with the principles of green chemistry, and this kind of attitude has become important in Iran for more than several years .In this study, we review several curricula designed by different universities in the field of practical organic chemistry and examine the degree of compliance of designed programs with the principles of green chemistry and provide solutions to further adapt these programs to green chemistry. This research has been done by analytical-descriptive content analysis method. The statistical population includes five curricula in the field of practical training in organic chemistry 1 in the undergraduate course of the country's universities in the fields of chemistry, pharmacy, engineering, agriculture and natural resources between 1395 and 1398, which were randomly selected. Generally, among the five curricula prepared for the Organic Chemistry Lab 1 in the undergraduate course of the various branches studied in this study, the average number of more than 4 programs with seven principles of green chemistry shows a good compliance compared to previous curricula, one can take a serious approach to environmental protection and the impact that the introduction of the principles of green chemistry has on the practical chemistry education.

Keywords: Curriculum, Organic Chemistry Laboratory, Green Chemistry**.**

[*]Corresponding Author: (✉ z_ahmadabadi@yahoo.com)