

شیمی آشنیخانه‌ای راهکاری برای انجام فعالیت های عملی شیمی در آموزش مجازی

امیرحسین چشمه خاور^۱

پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۸

دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۱

چکیده

با شیوع جهانی ویروس کرونا، کلاس‌های حضوری در اکثر نقاط جهان تعطیل شد و جای خود را به آموزش‌های مجازی داد. در حالی که آموزش از راه دور برای همه مدرسان یک چالش بود، برگزاری کلاس‌های آزمایشگاهی برای مدرسان دروس شیمی به یک چالش بزرگ‌تر تبدیل شده بود. یک روش ساده و کارآمد برای آموزش‌های عملی شیمی در دوره‌های مجازی استفاده از شیمی آشنیخانه‌ای است. این رویکرد، فعالیت‌های ساده‌ای را که دانش‌آموزان می‌توانند در خانه انجام دهند و تکمیل کاربرگ‌هایی که مشاهدات آن‌ها را به تئوری تدریس شده مرتبط می‌کند، را شامل می‌شود. آزمایش‌هایی که فراگیران بتوانند به طور ایمن در خانه و بدون نیاز به خرید مواد و وسایل آزمایشگاهی تجاری گران قیمت انجام دهند، هم از نظر اقتصادی ارزشمند خواهند بود و هم بخشی از برنامه درسی را پوشش خواهند داد. در طراحی آزمایش‌های خانگی باید سه نکته سادگی، در دسترس بودن مواد و تجهیزات برای انجام آزمایش و ایمنی را در نظر داشت. پژوهش حاضر مطالعه‌ای مروری بر فعالیت‌های انجام شده در زمینه شیمی آشنیخانه‌ای در طول همه‌گیری کرونا می‌باشد. بررسی‌ها نشان دادند فراگیران انگیزه بالایی برای انجام این آزمایش‌ها داشتند و به اهداف یادگیری نسبتاً مشابه با سال‌های قبل در آزمایشگاه‌های حضوری دست یافتند.

کلیدواژه‌ها: شیمی، آزمایش، آموزش مجازی، آشنیخانه، کرونا.

^۱ استادیار گروه علوم پایه دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران، a.cheshmehkavar@cfu.ac.ir

مقدمه

ویروس کرونا^۱ (کووید-۱۹) اولین بار در دسامبر^۲ ۲۰۱۹ در ووهان چین شناسایی شد و به سرعت در سرتاسر جهان گسترش یافت و سه ماه بعد سازمان بهداشت جهانی^۳ آن را به عنوان یک بیماری همه گیر جهانی اعلام کرد (ریپل^۴، ۲۰۲۱). تا امروز بیش از ۲۶۵ میلیون نفر در سراسر جهان به این بیماری دچار شده‌اند و بیش از ۵ میلیون نفر جان خود را از دست داده‌اند. مهم‌ترین پیامد همه گیری کرونا بر آموزش، تعطیلی مدارس و دانشگاه‌ها و تغییر کلاس های سنتی و آموزش حضوری به کلاس های برخط^۵ و آموزش مجازی بود (برنت^۶، ۲۰۲۰). از همان ابتدا، نیاز به یافتن روش های نوآورانه در تدریس و ارزشیابی دانشجویان و دانش آموزان کاملاً حس می شد. گذر از یادگیری سنتی حضوری به آموزش آنلاین تجربه کاملاً متفاوتی برای دانشگاه ها، مدارس، مدرسين و فراگیران بود و یادگیری آنلاین و آموزش مجازی به دارویی برای این همه گیری بی سابقه تبدیل شد. با این حال در کنار مزایای یادگیری الکترونیک، همچون کاهش هزینه های یادگیری و هزینه های جانبی در دانشگاه ها و مدارس، توسعه زیر ساخت های الکترونیک، تقویت مهارت های دیجیتالی دانشجویان و دانش آموزان، افزایش ظرفیت کلاس ها در جهت کاهش مشکلات ناشی از کمبود اعضاء هیات علمی و...، بزرگترین مشکل در آموزش مجازی، مسئله حضور و تاثیر حضور در ایجاد ارتباط دوسویه مدرس و فراگیر، در جهت افزایش کیفیت آموزشی و استفاده از امکانات دانشگاه ها و مدارس می باشد (چن^۷، ۲۰۲۰). این چالش در مورد دروسی نظیر شیمی بسیار شدیدتر بود. چرا که مدرسان باید در آموزش خود نه تنها دانش نظری، بلکه جنبه های عملی را نیز سازماندهی می کردند و بنابراین، نیاز داشتند که آزمایش ها و فعالیت های آزمایشگاهی را به یک محیط آنلاین منتقل کنند (سوارز^۸، ۲۰۲۰). آزمایش قلب شیمی است و شاید بهترین راه برای آموزش شیمی که بسیاری از مفاهیم آن انتزاعی هستند، آموزش از طریق آزمایش و تجربه باشد. اولین راهکار ارائه شده برای برگزاری آزمایشگاه ها در زمان همه گیری کرونا، انجام آزمایش توسط مدرس و ضبط فیلم و یا استفاده از فیلم های موجود در اینترنت بود. دستورالعمل آزمایشگاهی مجازی یا شبیه سازی آزمایش ها می توانست یک جایگزین مناسب برای دانشجویان فراهم کند. ولی فلسفه برنامه های درسی آزمایشگاه انجام کارهای عملی توسط فراگیر است. لمس و تجربه فرآیندهایی که بین دانش میکروسکوپی و مشاهدات ماکروسکوپی ارتباط برقرار می کند (بابینکاوا^۹، ۲۰۲۰). بنابراین بسیاری از مدرسان و برنامه ریزان درسی با این پرسش روبرو بودند: چگونه می توانید در مواجهه با یک بیماری همه گیر از یک دوره شیمی حضوری به یک دوره آنلاین تغییر حالت دهید؟ جواب نهایی عبارت بود از: استفاده از امکانات موجود و در دسترس. این امکان وجود دارد که دانش آموزان آزمایش های عملی را در خانه انجام دهند که از آن به عنوان علم آشپزخانه^{۱۰} یاد می شود (سلکو^{۱۱}، ۲۰۲۰). بسیاری از مواد غذایی و شیمیایی موجود در خانه، داروها و گل ها و گیاهان به راحتی در دسترس هستند که می توان از آنها برای پیشبرد اهداف برنامه های درسی استاندارد شیمی در سطوح مختلف استفاده کرد. انجام آزمایش های خانگی به بسیاری از فراگیران اجازه داد تا در طول قرنطینه در زمان همه گیری کرونا، بخش های عملی شیمی را دنبال کنند (شولتز^{۱۲}، ۲۰۲۰).

با وجود اینکه نشانه هایی وجود دارد که پایان همه گیری کرونا نزدیک است، اما هر از چند گاهی ظهور سویه های جدید این ویروس و جهش های آن در نقاط مختلف جهان، نگرانی و بحران جدیدی را ایجاد می کند. بنابراین نمی توان با قاطعیت گفت که در آینده همه ی کلاس های درس حضوری خواهند شد. بعلاوه با توجه به تجربه دو سال اخیر و گسترش و بهبود زیرساخت های کلاس های مجازی، قطعاً در آینده هم بخشی از برنامه های درسی به صورت آنلاین خواهد بود. همان طور که

¹ Covid-19 coronavirus

² Desember

³ World Health Organization

⁴ Ripoll

⁵ Online

⁶ Burnett

⁷ Chen

⁸ Soares

⁹ Babincakova

¹⁰ Kitchen Science

¹¹ Selco

¹² Schultz

بسیاری از دانشگاه‌ها نحوه برگزاری بخشی یا تمام کلاس‌های ترم جاری را آنلاین اعلام کرده‌اند. بنابراین ارائه‌ی راهکاری برای برگزاری کلاس‌های از راه دور آزمایشگاهی ضروری به نظر می‌رسد.

روش بررسی

در این مطالعه مروری، از مقاله‌های مربوط به مطالعات کیفی و کمی مجلات نمایه شده در پایگاه‌های اطلاعاتی انجمن شیمی آمریکا (ACS^۱)، انجمن شیمی سلطنتی (RSC^۲) و الزویر^۳ استفاده شده است. در جست و جوی مقالات، کلمات کلیدی به کاررفته شامل این کلیدواژه‌ها بود:

Kitchen chemistry, Online chemistry laboratory, Hands-on chemistry experiments, Online experimentation

بحث

در مورد اهمیت فعالیت‌های عملی شیمی و چگونگی بهینه‌سازی یادگیری دانش‌آموزان در محیط آزمایشگاه مطالعات زیادی انجام شده است (سیری^۴، ۲۰۲۰؛ گالوی^۵، ۲۰۱۵؛ ریڈ^۶، ۲۰۰۷). بسیاری از جذابیت‌های رشته شیمی ناشی از کارهای عملی (شامل آزمایش‌هایی که توسط فراگیر و مدرس انجام می‌شود) می‌باشد و تفکر انتقادی، دانش عملی و مهارت‌های مشاهده تا حدی از طریق تجربیات آزمایشگاهی توسعه می‌یابند. همان‌طور که هنسن^۷ و باربرا^۸ اشاره کردند، نه تنها دانش فراگیران در یادگیری و نتایج تحصیلی درس شیمی مهم است، بلکه اضطراب و رضایت عاطفی دانش‌آموزان، مفید بودن آزمایشگاه و تجهیزات، مربی و غیره نیز ممکن است بر پیامدهای عاطفی دانش‌آموزان نسبت به محیط آموزشی تأثیر بگذارد (هنسن و باربرا، ۲۰۱۹). با این حال برگزاری آزمایشگاه‌ها در زمان شیوع کرونا و تعطیلی دانشگاه‌ها و مدارس غیرممکن بود. در نتیجه، یکی از بزرگترین چالش‌های قابل پیش‌بینی برای آموزش شیمی، ارائه‌ی تجربیات آزمایشگاهی با کیفیت بالا در زمان همه‌گیری کرونا بود. به طور کلی در دوره همه‌گیری و آموزش مجازی از روش‌های زیر برای برگزاری کلاس‌های آزمایشگاهی استفاده شد:

استفاده از عکس به همراه توضیحات ارائه شده توسط مدرس

ویدئوهای ضبط شده

انجام آزمایش توسط مدرس و پخش آنلاین برای فراگیران

استفاده از برنامه‌های کامپیوتری و شبیه‌سازی آزمایش‌ها

انجام آزمایش‌ها توسط دانشجویان در منزل با استفاده از مواد شیمیایی در دسترس

ویدئوها و سایر ابزارهای دیجیتال مطمئناً مکمل‌های مفیدی برای افزایش یادگیری در کلاس درس هستند و تا حدودی توانستند خلا آزمایشگاه را جبران کنند. ولی بررسی‌ها نشان داد روش‌های مذکور چندان کارآمد نیست. چرا که آزمایش یک فعالیت عملی است و نیازمند تجربه توسط فراگیر است و یادگیری در آن توسط تجربیات عملی شخصی مبتنی بر تحقیق تقویت می‌شود (دائل^۹، ۲۰۰۷؛ زولر^{۱۰}، ۲۰۰۷؛ کارترت^{۱۱}، ۲۰۱۳). یکی از ایده‌های قابل استفاده در بحران کرونا ایده "علم آشپزخانه" یا فعالیت‌های آزمایشگاهی مستقر در خانه بود، جایی که دانش‌آموزان و دانشجویان می‌توانستند با انجام آزمایش‌های بی‌خطر و با استفاده از مواد در دسترس، آزمایش‌هایی را در خانه انجام دهند و از نحوه‌ی انجام آزمایش و نتایج آن محتوای دیجیتال تولید کنند. نکته مهمی که در این زمینه باید به آن توجه کرد این است که ما عموماً با دانش‌آموزان یا

¹ American Chemical Society

² Royal Society of Chemistry

³ Elsevier

⁴ Seery

⁵ Galloway

⁶ Reid

⁷ Hensen

⁸ Barbera

⁹ McDonnell

¹⁰ Zoller

¹¹ Cartrette

دانشجویانی روبرو هستیم که تجربه کمی در انجام فعالیت های آزمایشگاهی دارند یا اینکه اصلاً تجربه ای ندارند. بعلاوه باید این نکته را در نظر داشت که شاید ساده ترین امکانات مانند ترازوی آشپزخانه برای برخی از فراگیران در دسترس نباشد. بنابراین فعالیت هایی که طراحی می شوند باید بسیار ساده باشند. با وجود کمبود تجهیزات آزمایشگاهی در دسترس برای فراگیران، راه های دیگری نیز برای استفاده از وسایل خانه به عنوان جایگزین وجود دارد. به عنوان مثال می توان را می توان از یک چوب لباسی که دو لیوان به دو انتهای آن بسته شده است، به عنوان ترازو استفاده کرد (شکل ۱).



شکل ۱. استفاده از وسایل موجود در خانه برای ساخت ترازو (سلکو، ۲۰۲۰).

مثال دیگر استفاده از برخی از گل ها و گیاهان به عنوان شناساگر اسید و باز است. واضح است که دانش آموزان به دلیل کمبود تجهیزات و مواد شیمیایی و همچنین مسائل ایمنی نمی توانند برخی از فعالیت ها و واکنش های شیمیایی را که معمولاً در آزمایشگاه های تخصصی انجام می شوند را انجام دهند. ولی با این وجود مواد شیمیایی فراوانی در خانه ها وجود دارد که جهت انجام آزمایش های شیمی می توانند مورد استفاده قرار بگیرند؛ نظیر شوینده ها، مواد غذایی، گیاهان و داروها. مطالعه ای در زمینه شیمی آشپزخانه توسط شولتز^۱ و کالاهان^۲ (شولتز و کالاهان، ۲۰۲۰) گزارش شد. دو سری آزمایش شیمی آشپزخانه توسط این گروه برای یک دوره ی آنلاین آزمایشگاه شیمی عمومی طراحی شد (KC1 و KC2). هر آزمایش شامل یک برگه دستورالعمل بود که مراحل را که باید دنبال شود و همچنین یک کاربرگ شامل سؤالات تئوری راجع به آزمایش انجام شده بود. حصول اطمینان از اینکه همه دانشجویان به اقلام مورد نیاز دسترسی دارند بسیار مهم بود. برای انجام آزمایش ها، با توجه به شرایط قرنطینه خانگی، آزمایش تئوری طراحی شد که دانش آموزان نیازی به خرید نداشته باشند. در آزمایش KC1 دانش آموزان از مواد موجود در خانه مثل آب، نمک، شکر، روغن و ... استفاده شد. دانش آموزان ذوب، حلالیت و اثر مواد شوینده را مورد بررسی قرار دادند. برای برقراری پیوند بین مطالب تئوری (میکروسکوپی) و مشاهدات عملی (ماکروسکوپی)، کاربرگ ها تئوری طراحی شده بودند که کامل کردن آن ها نیازمند معادلات شیمیایی و نمایش های شماتیک ساده باشد. علاوه بر این، محاسبات مولاریته مورد نیاز بود، اگرچه دانش آموزان نمی توانستند مقادیر را به دقت اندازه گیری کنند. یکی دیگر از اهدافی که در این آزمایش ها دنبال می شد بررسی خواص کولیگاتیو بود. اما از آنجایی که افزایش نقطه جوش آب نمک بدون دماسنج قابل مشاهده نبود، تصمیم گرفته شد تا از دانش آموزان خواسته شود نقطه انجماد را بررسی کنند. آن ها از زمان سنج تلفن همراه یا ساعت برای تعیین مدت زمان ذوب شدن تکه های یخ آب نمک در مقایسه با آب شیرین استفاده کردند. حتی این فعالیت هم تا حدودی مشکل ساز بود. زیرا فریزر موجود در خانه برخی از دانش آموزان آن قدر سرد نبود که آب نمک را منجمد کند. آب جوش هم به عنوان یک فعالیت ساده بکار گرفته شد. همان حجم آب در دمای اتاق

¹ Schultz

² Callahan

چندین بار به جوش آمد و زمان صرف شده اندازه‌گیری شد تا به دانش‌آموزان مجموعه‌ای از داده‌ها برای بحث در مورد عدم قطعیت ارائه شود.

تمرکز اصلی در آزمایش KC2، روی واکنش‌های اسید-باز بود. یک شناساگر معروف خانگی که برای آزمایش‌های اسید و باز استفاده می‌شود، کلم قرمز است. همچنین برای دانش‌آموزانی که نمی‌توانستند کلم قرمز بخرند، از گیاهان رنگی دیگر مانند توت، گل، زردچوبه یا چای استفاده شد (شکل ۲). این گیاهان برای بررسی تغییرات رنگ ناشی از pH طیف وسیعی از مواد غذایی و شیمیایی خانگی در طول دوره قرنطینه مورد استفاده قرار گرفتند. دانش‌آموزان می‌توانستند هر ماده خانگی را برای بررسی تغییر رنگ شناساگر خود انتخاب کنند.



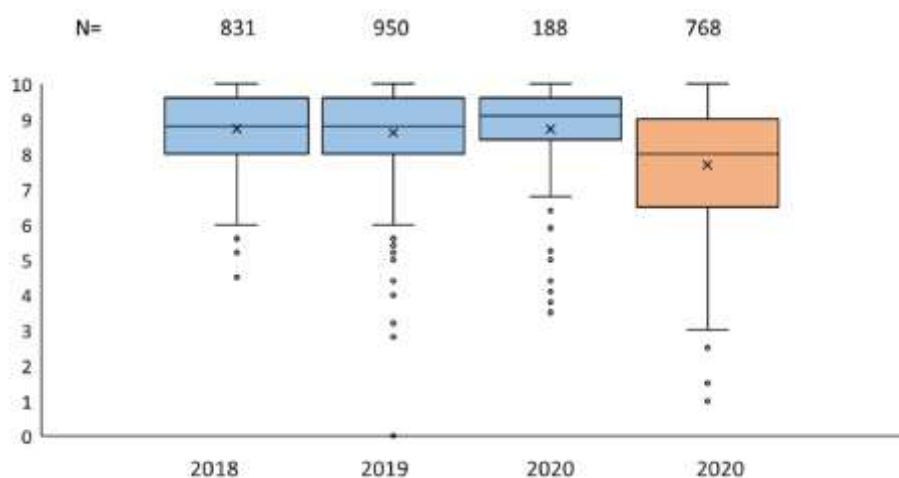
شکل ۲. آزمایش شناساگر کلم قرمز که تغییرات رنگ قابل توجهی را از اسیدی به بازی از چپ به راست نشان می‌دهد (شولتز و کالاهان، ۲۰۲۰). بخش دیگر آزمایش‌های KC2 در مورد گازها بود که در آن از جوش شیرین (بی‌کربنات سدیم) و سرکه استفاده شد. مجموعه‌ای ساختار یافته از آزمایش‌ها با مقدار ثابت جوش شیرین و مقادیر افزایشی سرکه طراحی شد تا مفهوم معرف محدودکننده نشان داده شود (شکل ۳).



شکل ۳. آزمایشی که قانون گاز محدودکننده را با بی‌کربنات سدیم و سرکه نشان می‌دهد. افزایش حجم سرکه در بطری‌ها از چپ به راست (شولتز و کالاهان، ۲۰۲۰).

هر چند نتایج یادگیری دانشجویان برای این دوره رضایت بخش بود و ۹۰٪ دانشجویان نمره بالاتر از ۷/۵ (از ده نمره) کسب کردند، اما مقایسه نمرات دوره‌های حضوری و دوره آنلاین نشان داد که یادگیری آنلاین برای برخی از دانش‌آموزان دشوار است. این ممکن است به دلیل محدودیت زمانی اعمال شده برای انجام آزمایش و پیروی از محدودیت زمانی ۳ ساعته برای درس آزمایشگاه شیمی باشد که ممکن است برای گروهی که تازه شروع به تطبیق با محیط یادگیری مبتنی بر فناوری کرده بودند، دشواری بیشتری ایجاد کرده باشد. بعلاوه در کلاس‌های حضوری، آزمایش زیر نظر مدرس و یا کارشناس آزمایشگاه برگزار می‌شد و آن‌ها به دانشجویان در تکمیل کردن کاربرگ‌ها و حل سوالات و پرسش‌ها کمک می‌کردند.

واضح است که پشتیبانی و زمان بیشتری برای دانش آموزان لازم است تا کاربرگ‌های استاندارد را به تنهایی تکمیل کنند، حتی اگر این فعالیت با آنچه که در محیط آزمایشگاه انجام می‌دادند یکسان باشد.



شکل ۴. مقایسه نمرات دانشجویان در کلاس‌های حضوری و دوره آنلاین (شولتز و کالاهان، ۲۰۲۰).

گزارش دیگری اخیراً در این حوزه توسط سلکو^۱ به چاپ رسیده است (سلکو، ۲۰۲۰). گروه هدف در این مطالعه دانش‌آموزان دبیرستان بودند. آزمایش نخستی که انجام شد، شناسایی اسید و باز بود. از دانش‌آموزان خواسته شد که لیستی از مواد شیمیایی موجود در خانه تهیه کنند. موادی نظیر آمونیاک، جوش شیرین، اسید، مایع لباسشویی، صابون، آب اکسیژنه، آسپرین، سرکه سفید، ویتامین C، آب مرکبات و ... توسط دانش‌آموزان گزارش شد. از دانش‌آموزان خواسته شد که حداقل ۴ ماده را آزمایش کنند. به عنوان شناساگر کلم قرمز مورد استفاده قرار گرفت. اگر کلم قرمز به عنوان شناساگر در دسترس نبود، این امکان به دانش‌آموزان داده می‌شد که از عصاره کلم قرمز یا گلبرگ گل استفاده کنند. برای استفاده از گلبرگ‌های گل، ابتدا باید مشخص می‌کردند که کدام رنگ نشان‌دهنده اسید و کدام رنگ نشان‌دهنده باز است. در دستور کار آمده بود که گلبرگ گل را نصف کنند و سرکه را به نصف گلبرگ و جوش شیرین حل شده در کمی آب را به نصف دیگر اضافه کنند. آنجایی که مطالعه در فصل بهار انجام شده بود و با توجه به منطقه جغرافیایی ای که دبیرستان در آنجا قرار داشت، دسترسی به گل کار ساده ای بود. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، گلبرگ‌های بنفش حاوی آنتوسیانین^۲ هستند، بنابراین رنگ آن‌ها به pH حساس است.

¹ Selco

² Anthocyanin



شکل ۵. تغییر رنگ گلبرگ با تغییر pH. در سمت چپ تصویر، گلبرگ‌ها در محلول آبی سودا به رنگ آبی تیره در آمده‌اند. در سرکه سفید به عنوان اسید، گلبرگ‌ها قرمز هستند (سلکو، ۲۰۲۰).

دانش‌آموزان به درستی ماهیت اسیدی یا بازی آسپرین، سرکه، ویتامین C و اکثر آب میوه‌ها، آمونیاک، صابون، جوش شیرین و مایع سفید کننده را گزارش کردند.

آزمایش بعدی در مورد رشد بلورها بود. در حالی که آمونیاک خانگی با اکثر فلزات واکنش نشان نمی‌دهد و غلظت آن به عنوان لیگاند برای تشکیل کمپلکس با فلزات به اندازه کافی بالا نیست، می‌توان از آن برای نشان دادن اینکه کدام هیدروکسیدهای فلزی محلول نیستند استفاده کرد. از آنجایی که محلول‌های کاتیون‌های فلزی معمولاً در خانه در دسترس نیستند، می‌توان فلزات جامد (مانند آلومینیوم) را در اسید (مانند سرکه) حل کرد و سپس با یک محلول بازی مانند آمونیاک آزمایش کرد. این کار می‌تواند روش مناسبی باشد، چرا که استات‌ها به طور کلی در آب محلول هستند و بیشتر فلزات به راحتی در اسید حل می‌شوند (باون^۱، ۲۰۲۰). سپس با اضافه کردن آمونیاک می‌توان در مورد برخی فلزات انتظار تشکیل رسوب (هیدروکسید فلز) داشت. هنگامی که یک ماده رسوب کرد، می‌توان آن را در یک ظرف قرار داد تا رشد کریستال اتفاق بیفتد. اگر فقط به رشد بلورها علاقه دارید، می‌توان محلول‌های اشباع شده از نمک یا حتی شکر را تولید کرد و از آن برای رشد بلورها استفاده کرد. به دانش‌آموزان فهرستی از مواد بالقوه ارائه شد که می‌توانستند از آن‌ها کریستال رشد دهند (شامل نمک طعام، ساکارز، زاج، نترات آمونیوم و جوش شیرین). سپس، آن‌ها باید منتظر می‌ماندند و اجازه می‌دادند تا کریستال‌ها ۴ هفته رشد کنند. تصویر شکل ۶ توسط یکی از دانش‌آموزان تهیه شده است. ارزشیابی این تکلیف ساخت یک ویدیو (یا تصویربرداری زنده) و یک پاورپوینت شامل مواد استفاده شده، زمان سپری شده و تصاویر کریستال‌ها بود.



¹ Bowen

شکل ۶: بلورهای ایجاد شده از محلول اشباع زاج بعد از ۴ هفته (سلکو، ۲۰۲۰).

ایسدن^۱ هم در پژوهشی روش انجام آزمایش‌هایی نظیر استخراج و اکسیداسیون آلدهیدها از مواد غذایی و مطالعه انتشار^۲ رنگ‌های غذایی در محلول‌هایی با pH مختلف را شرح داد (ایسدن، ۲۰۲۰). این آزمایش‌ها بخشی از برنامه درسی شیمی غذایی بودند و برای آزمایشگاه شیمی آلی هم قابل استفاده هستند. آلدهیدها ماده‌ای هستند که باعث ایجاد عطر برخی مواد غذایی مانند وانیل، دارچین، مرکبات، روغن بادام و ... می‌شوند.

ساده‌ترین و در دسترس‌ترین شناساگر برای تشخیص موفقیت آمیز بودن استخراج یک آلدهید معطر استفاده از حس بویایی می‌باشد. چندین پژوهش آزمایش‌های دانش‌آموزی مبتنی بر بویایی را توصیف می‌کنند (دیویس^۳ ۲۰۰۳؛ وینتر^۴، ۲۰۱۲؛ نیپل^۵، ۲۰۰۵؛ جانسنس^۶، ۲۰۱۴). استخراج محصولات طبیعی با استفاده از دستگاه‌های اسپرسوساز گزارش شده است؛ با این حال، این روش‌ها به معرف‌هایی نیاز دارند که به راحتی در خانه یافت نمی‌شوند و در دسترس دانش‌آموزان قرار ندارند. آزمایش‌های استخراج وانیلین^۷ (4-Hydroxy-3-methoxybenzaldehyde) و سینامالدهید^۸ (E)-3-phenylprop-2-enal که در این پژوهش شرح داده شده‌اند از مواد در دسترس از جمله الکل، جوش شیرین و سرکه استفاده می‌کنند. علاوه بر این، تجهیزات خانگی یا آشپزخانه برای این آزمایش‌ها کفایت می‌کنند. ترکیبات آلدهیدی معطر بالا در آب کم محلول، ولی در الکل محلول هستند. حلالیت آن‌ها در الکل‌ها و نامحلول بودن آن‌ها در آب را می‌توان در این آزمایش استفاده کرد. در حالی که استخراج‌ها با این روش خلوص بسیار بالایی را ارائه نمی‌دهند، نمونه‌ها را می‌توان به راحتی با بوی خوش‌شان تشخیص داد. طیف پروتون^۹ NMR (رزونانس مغناطیسی هسته‌ای) از مواد استخراج شده و اکسید شده توسط دانشجویان در خانه می‌تواند در اختیار آن‌ها قرار گیرد و به راحتی نتایج مورد انتظار را نشان دهد. طیف NMR طعم دهنده وانیل نیز می‌تواند این امکان را برای دانش‌آموزان فراهم آورد تا درصد وانیلین و اتانول را محاسبه کنند.

وانیلین را می‌توان (البته با خلوص کم) از طعم دهنده وانیل استخراج کرد و سپس با مایع سفیدکننده طی مراحل زیر اکسید کرد: (۱) تبخیر حلال از طعم دهنده در یک ظرف بزرگ کریستالیزور (تابه) طی چند روز، (۲) استخراج با استفاده از الکل (الکل ایزوپروپیل ۷۰٪)، (۳) فیلتراسیون با استفاده از فیلتر دستگاه قهوه‌جوش، (۴) تبخیر، (۵) شناسایی از طریق بو، (۶) اکسیداسیون با سفید کننده، (۷) تبخیر اسید کربوکسیلیک حاصل، و (۸) استفاده از بو برای تعیین اینکه وانیلین واکنش داده است. اسید وانیلیک را می‌توان با حل کردن در جوش شیرین اشباع شده خالص سازی کرد و با استفاده از اسید استیک ۵ درصد (سرکه) دوباره رسوب داد.

از آنجایی که سینامالدهید یک مایع است، استخراج آن در آزمایشگاه خانگی دشوار است. سینامالدهید را می‌توان با الکل ایزوپروپیل با روشی مشابه مشابه با فرایندی که برای وانیلین استفاده می‌شود استخراج کرد، اما روغن به دست آمده به سختی قابل بازیابی است. در این حالت دارچین آسیاب شده ابتدا با سفید کننده اکسید می‌شود و اسید سینامیک می‌دهد. سپس با استفاده از باز (جوش شیرین اشباع شده) استخراج می‌شود و با استفاده از اسید استیک ۵ درصد (سرکه) رسوب می‌کند. این جامد بوی دارچین نمی‌دهد و NMR آن نشان دهنده اسید ترانس سینامیک نسبتاً خالص است.

به منظور آزمایش انتشار از آب‌نبات‌های رنگی استفاده شد. انتشار رنگ‌های غذایی از آب‌نبات‌های رنگارنگ یک آزمایش رایج است. رنگ‌های غذایی از آب‌نبات‌های رنگی مختلف در قسمت‌های مختلف آب پخش می‌شوند و مناطقی جدا از هم با رنگ‌های مختلف روی سطح آب تشکیل می‌دهند. در جایی که یک رنگ به رنگ دیگری می‌رسد، اختلاط رخ

¹ Easdon

² Diffusion

³ Davis

⁴ Winter

⁵ Neppel

⁶ Janssens

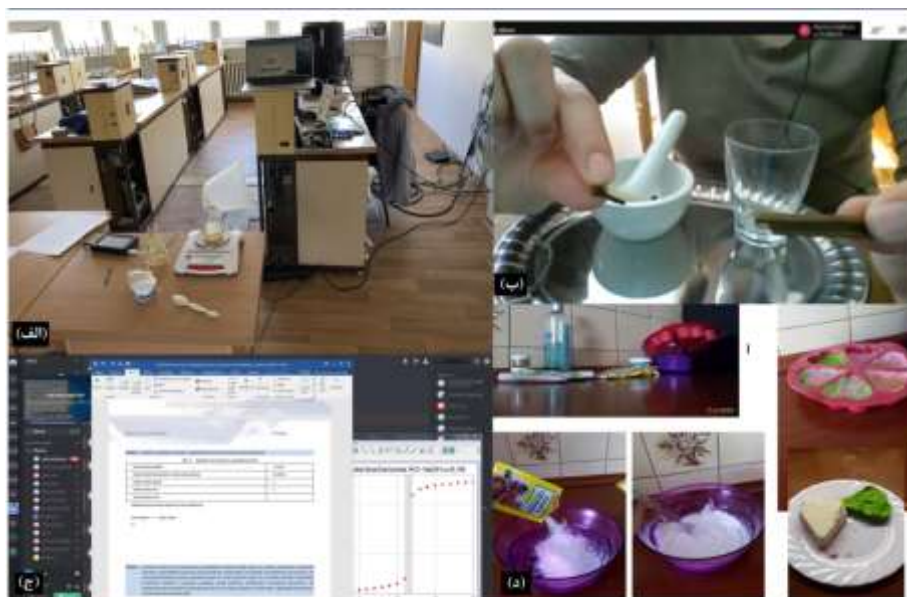
⁷ vanillin

⁸ cinnamaldehyde

⁹ Nuclear Magnetic Resonance

نمی‌دهد. خطوط واضح و کاملاً مشخص مرز مناطق را تشکیل می‌دهند. علت عدم اختلاط، دافعه بین بارهای منفی رنگ‌ها می‌باشد. توضیحات ارائه شده برای این آزمایش شامل اسمز، قطبیت، چگالی، تشکیل امولسیون و تشکیل کلوئید بود. قرار دادن آب نبات‌های رنگی روی یک بشقاب حاوی آب توسط دانش‌آموز فیلمبرداری می‌شد. برای ثبت زمان از یک ساعت یا ثانیه شمار استفاده می‌شد. از دانش‌آموزان خواسته شد این کار را با استفاده از آب لوله کشی، محلول اسیدی (سرکه) و محلول بازی (جوش شیرین اشباع شده) انجام دهند. علاوه بر این، محلول‌های دیگری مانند شکر اشباع، نمک اشباع شده، الکل و روغن نباتی را می‌توان برای بررسی بیشتر مورد استفاده قرار داد. نتایج نشان داد که اختلاط رنگ در محلول اسیدی خیلی زودتر از محلول‌های دیگر اتفاق می‌افتد، که نشان می‌دهد پروتونه شدن رنگ‌های با بار منفی باعث کاهش دافعه بارهای همنام منفی رنگ‌ها شده و امکان اختلاط را فراهم می‌کند.

بابینکاکوا^۱ و برنارد^۲ تجربیات خود را از تدریس شیمی در دوره همه‌گیری کرونا در کشور اسلواکی ارائه دادند (بابینکوا و برنارد، ۲۰۲۰). آن‌ها رویکردی چهارگانه را برای برگزاری کلاس‌های آزمایشگاهی در کلاس‌های مجازی ارائه کردند. در رویکرد اول، معلم‌ها آزمایش‌های جدیدی مانند آزمون شعله را بصورت آنلاین برای دانش‌آموزان اجرا می‌کردند. نمایش‌های زنده با فعالیت‌هایی مانند فرآیندهای جداسازی، استخراج اسانس‌ها و تصعید کافئین انجام شد. آن‌ها از رویکرد دوم برای ارائه آزمایش‌هایی که قبل از کلاس انجام دادند، مانند اندازه‌گیری سرعت واکنش شیمیایی و بررسی عوامل مؤثر بر سرعت واکنش، استفاده کردند. همچنین از ویدئوهای ضبط شده و بحث و بررسی در مورد دیتاهای موجود استفاده کردند (رویکرد سوم). دانش‌آموزان آزمایش‌هایی را در خانه (رویکرد چهارم) با استفاده از مواد خانگی انجام دادند، مانند بررسی نقش افزودنی‌های غذایی در پخت شیرینی، عوامل مؤثر بر تبلور نمک آشپزخانه و خواص کربنات‌ها با استفاده از سرکه و جوش شیرین.



شکل ۷. نمونه‌هایی از رویکردهای مختلف برای برگزاری کلاس‌های آزمایشگاه توسط معلم‌ها. (الف) پخش زنده انجام آزمایش توسط معلم در کلاس، (ب) نمایش زنده آزمایش استخراج اسانس، (ج) ارائه داده‌هایی که قبلاً در آزمایش تیتراسیون pH متری اسید-باز ثبت شده‌اند. (د) آزمایش‌های انجام شده توسط دانش‌آموزان در خانه در مورد تأثیر افزودنی‌های غذایی بر خواص شیرینی‌های پخته شده (بابینکاکوا و برنارد، ۲۰۲۰).

¹ Babincakova
² Bernard

الصوفی^۱ و همکاران موفق شدند برخی از آزمایش‌های شیمی فیزیک را بصورت شیمی آشپزخانه ارائه دهند (الصوفی، ۲۰۲۰). این پژوهش در دانشگاه سنتیگو^۲ کشور اسپانیا انجام شد و گروه هدف دانشجویان دوره کارشناسی رشته شیمی صنعتی بودند. اولین راهکار ارائه شده بعد از تعطیلی کلاس‌ها در این دانشگاه استفاده از شبیه سازی و حل مسائل و تمرینات مرتبط با موضوع آزمایش بود. ولی با توجه به عدم رضایت دانشجویان و اساتید این روش با برگزاری آزمایشگاه در خانه جایگزین شد. برنامه درسی شامل دو آزمایش بود، (۱) تعیین نمودار فاز مایع-بخار یک سیستم دوتایی و (۲) بررسی ایزوترم جذب یک رنگ در سطح مشترک محلول/جامد. با توجه به محدودیت‌ها در طول همه‌گیری کرونا، تصمیم گرفته شد تنها یکی از این دو آزمایش انتخاب شود. آزمایش دوم راحت‌تر و در آزمایشگاه خانگی قابل انجام بود، اگرچه همچنان چالش‌های زیادی را به همراه داشت. به طور کلی این آزمایش شامل ۷ مرحله است:

- ۱- تهیه یک محلول غلیظ از رنگ و ساخت ده محلول رقیق‌تر با استفاده از آن
- ۲- تهیه طیف جذبی رنگ با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر و پیدا کردن طول موج جذب ماکزیمم با استفاده از این طیف و سپس اندازه‌گیری جذب محلول‌های رقیق شده در این طول موج
- ۳- تهیه منحنی جذب بر حسب غلظت
- ۴- استفاده از کاغذ صافی به عنوان جاذب رنگ و اضافه کردن آن به حجم مشخصی از هر محلول رقیق شده
- ۵- هم خوردن محلول به مدت ۲۴ ساعت برای دستیابی به تعادل جذب-واجذب
- ۶- اندازه‌گیری مجدد جذب محلول‌ها
- ۷- بررسی داده‌ها به منظور دستیابی به ایزوترم جذب

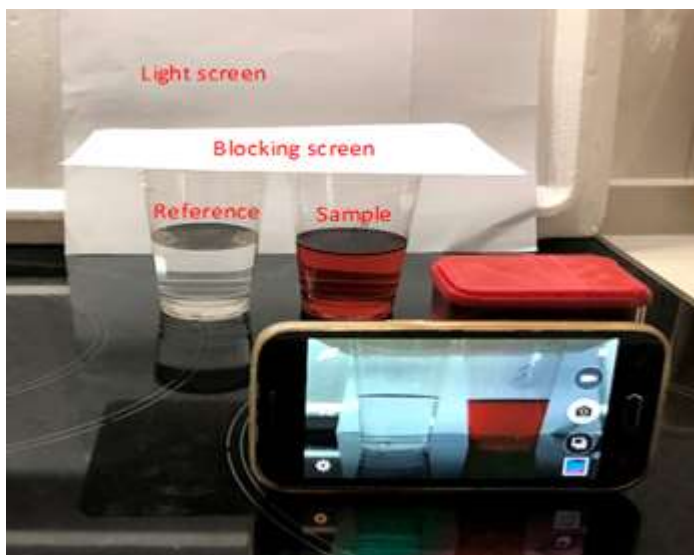
چالش‌هایی که برای برگزاری این آزمایش در خانه وجود داشت عبارت بودند از:

- ۱- ساخت یک فوتومتر
 - ۲- پیدا کردن یک رنگ و جاذب رنگ در مواد خانگی
 - ۳- تعریف کردن فرایندی برای کارهای کمی بدون استفاده از ترازو و وسایل حجم سنجی
 - ۴- هدایت دانشجویان از راه دور در طول انجام آزمایش
- در ادامه راهکارهای ارائه شده برای غلبه بر هر یک از این چالش‌ها بیان می‌شود. مشکل فوتومتر با استفاده از تلفن همراه حل شد. یک دستگاه فوتومتر به چهار جزء اصلی نیاز دارد. منبع نور، آشکارساز نور، فیلتر رنگ و کووت^۳. دوربین‌های گوشی‌های همراه شدت نور را از طریق فیلترهای رنگی قرمز، سبز و آبی تشخیص می‌دهند و بنابراین دو جزء مهم طراحی را پوشش می‌دهند. به عنوان کووت، می‌توان از هر فنجان پلاستیکی استوانه‌ای یا لیوان شیشه‌ای استفاده کرد. به عنوان منبع نور، در ابتدا نورپردازی غیرمستقیم توسط یک چراغ رومیزی یا چراغ قوه پیشنهاد شد. با این حال، خود دانش‌آموزان بعداً به این نتیجه رسیدند که می‌توانند از مانیتور رایانه شخصی یا تبلت به عنوان منبع نور بسیار همگن‌تری استفاده کنند. هنگامی که عکس گرفته می‌شد به کامپیوتر انتقال می‌یافت و توسط برنامه‌های کامپیوتری تجزیه و تحلیل می‌شد.

¹ Al-Soufi

² Santiago

^۳ اکثر نمونه‌های مورد تجزیه با طیف سنجی فرابنفش- مرئی محلول‌هایی هستند که برای اندازه‌گیری درون یک سلول ویژه قرار داده می‌شوند که به آن کووت گفته می‌شود. کووت‌ها از جنس پلاستیک شفاف، شیشه یا کوارتز، به شکل مکعب مستطیل کوچک ساخته می‌شوند.



شکل ۸. تلفن همراه از نمونه‌ها و کووت‌های مرجع در پس‌زمینه‌ای سفید که به طور همگن توسط یک چراغ رومیزی یا منبع نوری مناسب دیگری روشن می‌شود، عکس می‌گیرد. صفحه مسدود کننده از رسیدن نور مستقیم به نمونه‌ها و دوربین جلوگیری می‌کند (الصوفی، ۲۰۲۰).

رنگ مورد استفاده باید دارای ویژگی‌هایی نظیر جذب نور در محدوده مرئی، حلالیت بالا در آب، جذب کافی بر روی جاذب، ایمن بودن و البته در دسترس بودن برای دانش‌آموزان در طول قرنطینه می‌بود. رنگ‌های متفاوتی مورد آزمایش قرار گرفت؛ مانند رنگ‌های خوراکی که در آشپزی و کیک‌پزی استفاده می‌شود، رنگ‌های استخراج شده از برخی مواد غذایی و میوه‌ها و سبزیجات و حتی رنگ‌هایی که روکش شکلات‌ها را تشکیل می‌دادند. تنها جاذب در دسترس در خانه دستمال آشپزخانه بود. مشکلی که رنگ‌های اشاره شده داشتند این بود که میزان جذب آن‌ها بر روی دستمال آشپزخانه چندان زیاد نبود. در این بین آب میوه‌های قرمز نظیر آلبالو، ذغال اخته و انگور بهترین عملکرد را نشان دادند. یکی از دلایلی که دانش‌آموزان نتایج مختلفی را ارائه دادند، تفاوت ترکیب شیمیایی آب میوه‌های مختلف بود.



شکل ۹. مراحل رقیق سازی محلول‌های آب میوه (الصوفی، ۲۰۲۰).

هم منحنی کالیبراسیون جذب نور و هم آزمایش ایزوترم جذب سطحی نیاز به مجموعه‌ای از محلول‌ها با غلظت‌های مختلف شناخته شده از رنگ دارند. اکثر دانش‌آموزان هیچ گونه ترازو یا وسایل حجم سنجی با دقت کافی در دست نداشتند. به عنوان یک آزمایش آشپزخانه‌ای، نیازی به بدست آوردن نتایج دقیق نبود، اما به مقادیر غلظت نسبی خوبی نیاز بود تا اطمینان حاصل شود که هم منحنی کالیبراسیون و هم ایزوترم جذب شکل صحیحی خواهند داشت. همان‌طور که در شکل ۹ توضیح داده شده است، دانش‌آموزان شروع به تهیه محلول ۱ با بالاترین غلظت رنگ می‌کنند. آن‌ها فنجان ۱ را با آب، حداقل دو برابر ارتفاعی که بعداً برای اندازه‌گیری جذب نیاز دارند (۳ تا ۴ سانتی متر)، پر می‌کنند. سپس مقداری رنگ اضافه می‌کنند و شدت نور را با فوتومتر طراحی شده اندازه‌گیری می‌کنند. برای اولین مرحله رقیق‌سازی، نیمی از محلول ۱ در فنجان ۲ ریخته می‌شود و ارتفاع هر دو مایع با دقت، یکسان می‌شود (شکل ۹، a و b). سپس فنجان سوم با آب به ارتفاع دو فنجان قبلی پر می‌شود و به فنجان ۲ (c) اضافه می‌شود و بنابراین محلول تا نصف غلظت اولیه رقیق می‌شود. حال همین فرایند برای فنجان ۲ و ۳ تکرار

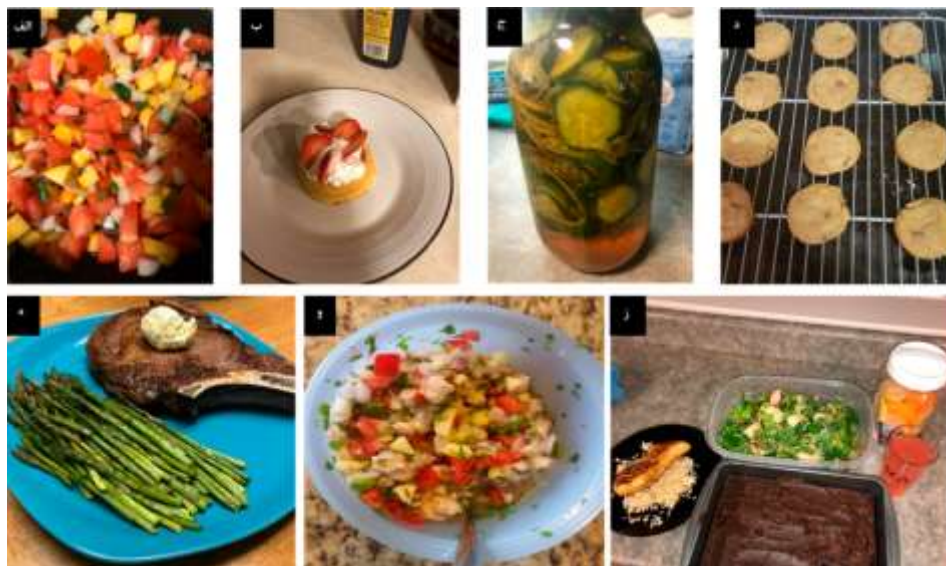
می‌شود. یعنی نیمی از محلول فنجان دو به سه اضافه می‌شود و به همان میزان آب به فنجان سوم اضافه می‌شود. این مراحل استخراج-رقیق‌سازی تا زمانی که ۵ نمونه به دست آید ادامه می‌یابد. رقت کلی $16 = 2^4$ ، برای پوشش غلظت‌های لازم برای ایزوترم جذب کافی است.



شکل ۱۰. نمونه‌هایی از ستاپ‌های ساخته شده توسط دانش‌آموزان (الصوفی، ۲۰۲۰).

نوین^۱ و همکاران (نوین، ۲۰۲۰) نیز به بررسی استفاده از شیمی در تهیه غذاها پرداختند. این گروه نخستین بار در ترم پاییز سال ۲۰۱۸ درسی را با عنوان "شیمی غذایی" بصورت آنلاین برای دانشجویان دوره کارشناسی ارائه دادند. پس از آن، این درس هر ساله در ترم پاییز بصورت آنلاین ارائه شد. البته دانشجویانی که درس «شیمی غذایی» را می‌گذرانند، دانشجوی رشته‌های غیر شیمی بودند و این دوره جزئی از برنامه درسی عمومی برای فارغ‌التحصیلی با مدرک لیسانس بود. بنابراین این گروه در هنگام مواجهه با تعطیلی مدارس و دانشگاه‌ها هنگام همه‌گیری کرونا تجربه خوبی در برگزاری دوره‌های آزمایشگاه از راه دور داشتند. دانشجویان در این درس شش غذای مختلف را تهیه کرده و سپس به بررسی فرایندهای شیمیایی دخیل در تهیه غذاها می‌پرداختند. دانشجویان با ارسال یک گزارش کار برای هر آزمایش که شامل مقدمه، روش‌ها، نتایج و بحث، و بخش منابع بود، ارزیابی می‌شدند. جزوه‌هایی به دانشجویان داده می‌شد که در آنها هدف آزمایش، مباحث تئوری مرتبط با آزمایش و روش کار آمده بود. آن‌ها همچنین ملزم به ارائه شواهد تصویری از کار خود، در حین آماده‌سازی و/یا محصول نهایی بودند. تصاویر راهی است برای تأیید اینکه دانشجویان واقعاً آزمایش را که انجام داده‌اند ارائه می‌کنند (شکل ۱۱).

¹ Nguyen



شکل ۱۱. نمونه‌های تصویری از غذای ساخته شده توسط دانش‌آموزان برای هر آزمایشگاه: (الف) نوعی سالاد (آزمایش مخلوط ها)، (ب) خامه فرم‌گرفته (آزمایش کلونیدها) (ج) ترشی (آزمایش غلظت)، (د) کوکی (آزمایش انرژی)، (ه) استیک کبابی و مارچوبه (آزمایش واکنش‌های شیمیایی)، (و) سالاد میگو (آزمایش سینتیک)، و (ز) آزمایش نهایی شامل مجموعه‌ای از آزمایش‌های انجام شده (نوبن، ۲۰۲۰).

شش آزمایش توسط دانش‌آموزان انجام می‌شد؛ آزمایش مخلوط‌ها، آزمایش کلونیدها، آزمایش غلظت، آزمایش انرژی، آزمایش واکنش‌های شیمیایی و آزمایش سینتیک. برای هر آزمایش یک جزوه آزمایشگاهی به دانش‌آموزان داده می‌شد که در آن مفهومی که در آزمایش بررسی شده و نحوه اعمال آن در غذا ارائه می‌شد.

کلی^۱ (۲۰۲۰) مطالعه‌ای متفاوت‌تر نسبت به سایر محققین در زمینه شیمی آشپزخانه‌ای داشت. بر خلاف دیگر گزارش‌ها در این پژوهش آزمایش‌های به نسبت پیچیده‌تری مورد بررسی قرار گرفت. قسمتی از مواد و وسایل مورد نیاز دانش‌آموزان جهت انجام آزمایش‌ها توسط مدرسه تامین شد و قسمتی دیگر توسط خود دانش‌آموزان تهیه شد. سه آزمایش توسط دانش‌آموزان انجام شد. در آزمایش اول، دانش‌آموزان واکنش‌های استریفیکاسیون^۲ اسیدهای کربوکسیلیک ناشناس با الکل‌های شناخته شده را انجام دادند و از رایحه‌های حاصل برای شناسایی استر استفاده کردند. سپس با استفاده از استر حاصل و الکل اولیه، نوع اسیدهای کربوکسیلیک مورد استفاده را تعیین کردند. برای آزمایش دوم، دانش‌آموزان با استفاده از نشاسته سیب زمینی پلیاستیک زیستی ساختند. و در نهایت آزمایش سوم، به ساخت آب نبات با استفاده از محلول‌های شکر با درصد اشباع متفاوت پرداخته شد. در طول دوره موارد مختلفی نظیر میزان مشارکت، مسائل مالی، میزان یادگیری و ایمنی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج به اختصار به شرح زیر می‌باشد:

مشارکت: دانش‌آموزان آزمایش‌های خانگی را به آموزش‌های ویدئویی ترجیح دادند. آن‌ها از انجام کارهای عملی و برقراری ارتباط با دیگران در مورد آن لذت می‌بردند. این فعالیت‌ها روحیه و علاقه‌ی آن‌ها را به دوره یادگیری از راه دور افزایش داد. در مقابل، هیچ دانش‌آموزی گزارشی در مورد رضایت از تکالیف جایگزین ویدئویی ارائه نکرد، اگرچه برخی از دانش‌آموزان معتقد بودند که تکالیف ویدئویی آسان‌تر بوده و سریع‌تر تکمیل می‌شدند.

مسائل مالی: تهیه مواد و لوازم برای دانش‌آموزان چالش‌هایی را ایجاد کرد. ارسال برخی لوازم از سوی مدرسه برای دانش‌آموزان، به آن‌ها کمک کرد تا بتوانند آزمایش‌ها را انجام دهند، اما نتوانست همه موانع و منابع نابرابری پیرامون انجام آزمایش‌ها در خانه، تکمیل تکالیف و یادگیری را از بین ببرد. برخی از خانواده‌ها از هزینه کردن برای تهیه مواد و لوازم آزمایش‌ها اجتناب کردند.

¹ Kelley

² Esterification

یادگیری/عملکرد: مشارکت در آزمایش از یادگیری/عملکرد پشتیبانی می‌کند (در سطحی که احتمالاً با آزمایش‌های حضوری قابل مقایسه است) و به طور بالقوه ضعف یادگیری در کلاس مجازی را کاهش می‌دهد. اگرچه این روش‌ها مسلماً بالاترین استانداردها را برای آموزش دانش‌آموزان برآورده نمی‌کنند، ولی انجام فعالیت‌های عملی آزمایشگاهی در منزل تأثیر مفیدی روی یادگیری دانش‌آموزان دارد. برخی دانش‌آموزان ضعیف‌تر که قبلاً به دلایل متعدد در کلاس‌های حضوری (عمدتاً تفاوت‌های یادگیری، اجتناب رفتاری و/یا مسائل سلامتی) تکمیل فعالیت‌ها مشکل داشتند، در انجام فعالیت‌های خانگی هم عملکرد ضعیف‌تری داشتند.

ایمنی: اگرچه دانش‌آموزان دبیرستانی باید بتوانند با وسایل آشپزخانه به‌طور قابل اعتمادی کار کنند، اما همچنان خطر وجود دارد. آزمایش اول حاوی موادی بود که معمولاً در آشپزخانه یافت نمی‌شوند (به ویژه، ویال‌های کوچک که هر کدام حاوی هیدروکلراید رقیق، سود و گلیسرول بودند). کاهش مقیاس و رقیق کردن محلول‌های موجود (نسبت به روش اصلی در مدرسه) ایمنی را افزایش داد، همان‌طور که قرار دادن اطلاعات ایمنی در ابتدای دستور کار باعث افزایش ایمنی شد. البته دانش‌آموزان قبلاً در کلاس‌های حضوری در مورد مسائل مرتبط با ایمنی آموزش‌های لازم را دیده بودند. بسیاری از مواد شیمیایی بدون نظارت مناسب و تجهیزات تخصصی، به طور بالقوه خطرات قابل توجهی را به همراه دارند و خطرناک هستند. هنگام ارسال مواد شیمیایی یا تجهیزات آزمایشگاهی به خانه، باید نسبت به خطرات احتمالی به دانش‌آموز و خانواده اطلاعات دقیق داد. هنگام انجام آزمایشگاه‌های خانگی، کاهش مقیاس، رقیق کردن، جایگزینی و غیره را باید در نظر گرفت. آموزش حرفه‌ای و استانداردهای انجام آزمایش باید هر جلسه ارائه شود.

نتیجه‌گیری

شیوع همه‌گیری کرونا بر زندگی مردم سراسر جهان تأثیر گذاشته است. به طبع سیستم آموزشی هم از این قاعده مستثنی نبوده است. با وجود تمام معایب، آموزش مجازی تجربیات و دیدگاه‌های جدیدی را ارائه کرد و اهداف آموزشی را تا حدی محقق کرد. با تعطیلی انبوه مدارس و دانشگاه‌ها ناشی از شیوع کرونا، کلاس‌های حضوری جای خود را به یادگیری از راه دور دادند. با وجود گذشت دو سال از همه‌گیری هنوز این سوال حل نشده که در مورد دوره‌های مجازی آزمایشگاهی چه باید کرد. این موضوع زمانی بیشتر اهمیت پیدا می‌کند که همچنان زمان دقیق پایان همه‌گیری کرونا مشخص نیست و بعلاوه با توجه به تجربیات دو سال اخیر و توسعه‌ی زیرساخت‌های آموزش آنلاین، حتی به فرض حضوری شدن کلاس‌ها، بخشی از برنامه درسی دانشگاه‌ها احتمالاً به طور مجازی ارائه خواهد شد. با این حال، یافتن راه‌های مقرون‌به‌صرفه و پربازده برای برگزاری دوره‌های مجازی آزمایشگاهی همچنان بصورت چالش باقی مانده است. آزمایشگاه بخش جدایی‌ناپذیر برنامه‌های درسی دروس شیمی است. آزمایشگاه به فراگیران اجازه می‌دهد تا مهارت‌های عملی، مهارت‌های مشاهده‌ای، توانایی تفسیر داده‌های تجربی و توانایی برنامه‌ریزی و انجام آزمایش‌ها را کسب کنند که همگی برای درک مفاهیم شیمی ضروری هستند. از منظر آموزش علوم، کار آزمایشگاهی همچنین نقشی حیاتی در کمک به دانشجویان مقطع کارشناسی برای تجربه و یادگیری مفاهیم تدریس شده در بخش سخنرانی این دوره دارد (لیسی^۱، ۲۰۱۶؛ ایربی^۲، ۲۰۱۸؛ راو^۳، ۲۰۱۸). بنابراین، طراحی آزمایش‌هایی که دانشجویان بتوانند با خیال راحت در خانه بدون نیاز به خرید مواد آزمایشگاهی تجاری گران‌قیمت انجام دهند، ارزشمند خواهد بود. از طرف دیگر، برای جذاب‌تر کردن تجربه یادگیری، اتصال مباحث تئوری شیمی به موارد روزمره، مانند غذاها، گیاهان، مواد شوینده و داروها می‌تواند ثمربخش باشد. در واقع شیمی آشپزخانه‌ای در کی اساسی از دنیای طبیعی و چگونگی استفاده از روش علمی برای درک جهان به فراگیران ارائه می‌دهد.

سه پارامتر کلیدی در طراحی آزمایش‌های خانگی وجود دارد. اول اینکه باید بدانیم که ما عموماً با دانش‌آموزان یا دانشجویانی روبرو هستیم که تجربه کمی در انجام فعالیت‌های آزمایشگاهی دارند یا اینکه اصلاً تجربه‌ای ندارند. بنابراین فعالیت‌هایی که طراحی می‌شوند باید بسیار ساده باشند. دوم اینکه در طراحی آزمایش‌ها، برای به حداقل رساندن هزینه‌ها و

¹ Lacy

² Irby

³ Rowe

استفاده از مواد و وسایل موجود در خانه و در دسترس فراگیران تلاش شود تا آن‌ها مجبور به خرید چیز جدیدی نشوند. نکته سوم حائز اهمیت بحث ایمنی است. حتما در برگزاری یک دوره آنلاین آزمایشگاهی که در خانه انجام می‌شود از بحث‌های ایمنی منظم، تکالیف ایمنی، و قرارداد ایمنی امضا شده توسط فراگیر و خانواده استفاده کنید. اطمینان حاصل کنید که همه فراگیران (و سرپرستان خانواده) در مورد مسائل ایمنی و دفع مواد زائد آموزش دیده‌اند، و این موضوعات را به عنوان بخشی از نمرات تکالیف آزمایشگاهی قرار دهید تا بر اهمیت آن‌ها تأکید شود و از رعایت قوانین، اطمینان حاصل شود. در نهایت، آزمایشگاه‌های خانگی تنها می‌توانند با فراگیران قابل اعتماد و بالغی که به درستی آموزش دیده‌اند، به طور ایمن کار کنند. به طور انتقادی در مورد اینکه آیا فراگیران شما آماده موفقیت ایمن در آزمایشگاه‌های خانگی هستند یا خیر فکر کنید. اگر نه، آن را امتحان نکنید. تصور کنید که چگونه می‌توان خواسته یا ناخواسته از مواد شیمیایی استفاده نادرست کرد یا روشی نادرست را دنبال کرد. با همه این توصیفات، آزمایش‌های شیمی آشپزخانه‌ای چیز جدیدی نیست و می‌توان با خیال راحت آن را در خانه انجام داد، مشروط بر اینکه مدرس و فراگیر اقدامات احتیاطی مناسب را انجام دهند.

نکته مشترک در بین تمام پژوهش‌های بررسی شده بازخورد بسیار مثبت فراگیران نسبت به شیمی آشپزخانه‌ای بود. بسیاری از فراگیران بیان کردند که چقدر از طراحی خود لذت می‌برند. فراگیران علاقه زیادی به توسعه آزمایشگاه‌های خانگی خود داشتند. آن‌ها در حل مسائل و به دست آوردن داده‌های تجربی خلاقیت زیادی از خود نشان دادند. این آزمایش‌ها به فراگیران اجازه می‌داد تا سطحی از تکنیک‌های آزمایشگاهی عملی را که از دانشجویان علوم انتظار می‌رفت، را تجربه کنند. ماهیت حل مسئله انجام آزمایش‌ها در یک موقعیت خانگی تجربه ارزشمندی بود. البته مشکلاتی نیز وجود داشت که فراگیران با آن مواجه بودند. نبود فضای قابل استفاده آشپزخانه و همچنین مشکل در تهیه لوازم و یا پرداخت هزینه مواد توسط برخی از فراگیران بیان شده است. به طور خلاصه، آزمایشگاه‌های خانگی به عنوان یک راه حل اورژانسی یک موفقیت بزرگ و یک تجربه مهم برای آموزش و پرورش و آموزشی عالی بود که با صرف وقت و برنامه‌ریزی بهتر می‌توانند در آینده هم مورد استفاده قرار بگیرند. لازم به ذکر است که این فعالیت‌ها صرفه جویی در هزینه‌ها را برای دانشگاه‌ها و مدارس نسبت به فعالیت‌های آزمایشگاهی حضوری به همراه داشته‌اند، چرا که در برگزاری آن‌ها نیازی به پشتیبانی کارشناس آزمایشگاه، مواد شیمیایی، تجهیزات و فرایند دفع پسماندهای آزمایشگاهی نیست. انتظار نمی‌رود در آینده شیمی آشپزخانه‌ای جایگزین جلسات حضوری آزمایشگاهی شود. با این حال، می‌تواند بخشی از برنامه درسی آزمایشگاهی را تشکیل دهد، بخصوص زمانی که تعداد دانشجو نسبت به فضای آزمایشگاهی و امکانات و تجهیزات بالا باشد.

منابع

- Al-Soufi, W.; Garcia, C. J.; Cox, E.; Novo, M. (2020), When the kitchen turns into a physical chemistry lab. *J. Chem. Educ.*, 9, 3090–3096.
- Babincakov, M.; Bernard, P. (2020), Online experimentation during COVID-19 secondary School closures: teaching methods and student perceptions. *J. Chem. Educ.*, 97, 3295–3300.
- Burnett, J. W.; Burke, K. A.; Stephens, N. M.; Bose, I.; Bonaccorsi, C.; Wade, A. M.; Awino, J. K. (2020), How the COVID-19 Pandemic Changed Chemistry Instruction at a Large Public University in the Midwest: Challenges Met, (Some) Obstacles Overcome, and Lessons Learned. *J. Chem. Educ.*, 97, 2793–2799.
- Bowen, R. J.; Burke, B. A.; Casalnuovo, J.; Walton, E. (2020), *General chemistry laboratory manual*, Macmillan Learning.
- Cartrette, D. P.; Miller, M. L. (2013), Purposeful design of formal laboratory instruction as a springboard to research participation. *J. Chem. Educ.*, 90, 171–177.
- Chen, K.; Chen, Y.; Ling, Y.; Lin, J. (2020), The Individual Experience of Online Chemistry Teacher Education in China: Coping with COVID-19 Pandemic. *J. Chem. Educ.*, 97, 3265–3270.
- Davis, C.; Uffelman, E.; Cox, E.; Goehring, J.; Lorig, T. (2003), An NMR smell module for the first-semester general chemistry laboratory. *J. Chem. Educ.*, 80, 1368.
- Easdon, J. (2020), Stay at home laboratories for chemistry courses. *J. Chem. Educ.*, 97, 3070–3073.
- Galloway, K. R.; Bretz, S. L. (2015), Development of an assessment tool to measure students' meaningful learning in the undergraduate chemistry laboratory. *J. Chem. Educ.*, 92, 1149–1158.
- Hensen, C.; Barbera, J. (2019), Assessing affective differences between a virtual general chemistry experiment and a similar hands-on experiment. *J. Chem. Educ.*, 96, 2097–2108.
- Irby, S. M.; Borda, E. J.; Haupt, J. (2018) Effects of implementing a hybrid wet lab and online module lab curriculum into a general chemistry course: impacts on student performance and engagement with the chemistry Triplet. *J. Chem. Educ.*, 95, 224–232.
- Janssens, N.; Wee, L.; Martens, J. (2014), Esterification reaction utilizing sense of smell and eyesight for conversion and catalyst recovery monitoring. *J. Chem. Educ.* 91, 876–879.
- Kelley, E. W. (2020), Reflections on three different high school chemistry lab formats during COVID-19 remote learning. *J. Chem. Educ.*, 97, 2606–2616.
- Lacy, A. J.; Cross, C.; Nguyen, J. G. (2016) *The purification of river water: an open-Inquiry experiment for the undergraduate teaching laboratory*. *Chem. Educator*, 21, 5–9.
- McDonnell, C.; O'Connor, C.; Seery, M. K. (2007), Developing practical chemistry skills by means of student-driven problem based learning mini-projects. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8, 130–139.
- Neppel, K.; Oliver-Hoyo, M.; Queen, C.; Reed, R. (2005), A closer look at acid–base olfactory titrations. *J. Chem. Educ.*, 82, 607.
- Nguyen, J.; Keuseman, K. J. (2020), Chemistry in the kitchen laboratories at home. *J. Chem. Educ.*, 9, 3042–3047.
- Reid, N.; Shah, I. (2007), The role of laboratory work in university chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8, 172–185.
- Ripoll, V.; Godino-Ojer, M.; Calzada, J. (2021), Teaching chemical engineering to biotechnology students in the time of COVID-19: Assessment of the adaptation to digitalization. *Education for Chemical Engineers.*, 34, 21–32.
- Rowe, R. J.; Koban, L.; Davidoff, A. J.; Thompson, K. H. (2018) Efficacy of online laboratory science courses. *J. Form. Des. Learn.*, 2, 56–67.
- Seery, M. K. (2020), Establishing the laboratory as the place to learn how to do chemistry. *J. Chem. Educ.*, 97, 1511.

Selco, J.I., (2020), Using hands-on chemistry experiments while teaching online. *J. Chem. Educ.*, 97, 9, 2617–2623.

Schultz, M.; Callahan, D. L. (2020), Development and use of kitchen chemistry home practical activities during unanticipated campus closures. *J. Chem. Educ.*, 97, 2678–2684.

Soares, R.; Santiago de Mello, M.; da Silva, C. M.; Machado, W.; Arbilla, G. (2020), Online Chemistry Education Challenges for Rio de Janeiro Students during the COVID-19 Pandemic. *J. Chem. Educ.*, 97, 3396–3399.

Winter, R.; van Beek, H.; Fraaije, M. (2012), The nose knows: biotechnological production of vanillin. *J. Chem. Educ.*, 89, 258–261.

Zoller, U.; Pushkin, D. (2007), Matching higher-order cognitive skills (HOCS) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8, 153–171.