

سنتز پوپوپ، سوسوزن مورد استفاده در آشکارسازهای هسته‌ای

سیدمجتبی موسوی^{۱*}، میریوسف موسوی^۲، امیر غلامی^۳

۱- استادیار، ۳ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، گروه شیمی

(دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۲۲، پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲۰)

چکیده

سوسوزن‌ها (سینتی‌لاتورها) موادی هستند که وقتی توسط پرتوهای یونیزه‌کننده و یا ذرات اتمی و هسته‌ای پرتوزی مورد اصابت قرار می‌گیرند، انرژی آنها را جذب کرده و سوسو می‌کنند. پوپوپ، ۱ و ۴- بیس - (۵- فنیل - اکسازولیل - ۲) - بنزن، یکی از مواد سوسوزن آلی می‌باشد که در آشکارسازی پرتوهای هسته‌ای و ذرات پرتوزی کاربرد دارد. از این رو سنتز پوپوپ مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته و برای سنتز پوپوپ برخی روش‌ها تا به حال ارائه شده است. در این مقاله سنتز پوپوپ با روشی جدید ارائه می‌شود. ابتدا با استفاده از ۲- آمینو استوفنون و ترفثالوئیل دی‌کلراید، حد واسطی تهیه گردیده سپس با استفاده از اسید سولفوریک غلیظ، حلقه‌های اکسازولی در فرآورده پوپوپ تشکیل شده و ترکیب هدف (پوپوپ) سنتز گردید.

کلیدواژه‌ها: سوسوزن، آشکارساز هسته‌ای، پوپوپ.

Synthesis of POPOP, a Scintillator Used in the Nuclear Radiation Detectors

S. M. Moosavi^{*}, M. Y. Moosavi, A. Gholami

Imam Hossein University, Department of Chemistry

(Received: 11/13/2011, Accepted: 01/10/2012)

Abstract

Scintillators are materials which exhibit scintillation (luminescence property) when excited by ionizing radiation. Luminescent materials, when struck by an incoming particle, absorb its energy and scintillate. POPOP, 1,4-bis-(5-phenyl-oxazolyl-2)-benzene, is one of the organic scintillators that have applications in detecting the nuclear rays and charged particles. Herein, the synthesis of POPOP have been reconsidered and some synthetic methods have been investigated and a new and efficient method for the preparation of POPOP is presented. An intermediate was synthesized by the reaction of 2-aminoacetophenone with terphthaloyl dichloride. The oxazole rings in the final product (POPOP) were then formed by the reaction of this intermediate with concentrated sulfuric acid.

Keywords: Scintillator, Nuclear Detector, POPOP.

*Corresponding author E-mail: smmoosavi26@yahoo.com

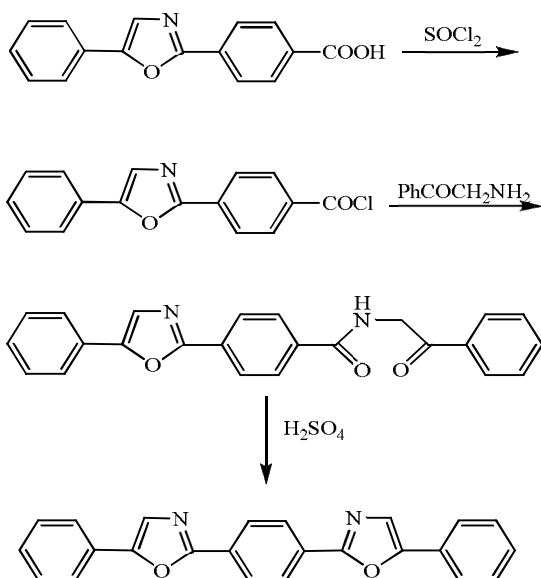
۱. مقدمه

(از ۳۸۰ تا ۴۰۵ نانومتر) می باشد [۸]. از این رو سنتز پوپوپ مورد توجه ویژه ای قرار گرفته است.

در تهیه پوپوپ که مشتقی از اکسازولها محسوب می شود، مرحله بستن حلقه مهم می باشد. زیرا این مرحله باعث افزایش و یا کاهش بازده اکسازول سنتزی خواهد شد و بنابراین باید از معرف های خوبی برای بستن حلقه استفاده کرد. یکی از معرف های خوب برای ایجاد حلقه ی اکسازول، اسید سولفوریک (H_2SO_4) می باشد که زمان انجام واکنش با آن سریع بوده و اکسازول مورد نظر در مدت زمان کوتاهی تهیه می گردد [۹-۱۰]. برای بستن حلقه ی اکسازول از مواد دیگری مانند مخلوط ($Et_3N/I_2/Ph_3P$)، بسته به شرایط واکنش، نیز می توان استفاده کرد که البته به خاطر استفاده ی هم زمان از چندین معرف، مناسب نمی باشد [۱۱]. برای سنتز پوپوپ روش هایی ارائه شده است که از جمله ی آنها می توان به چند مورد زیر اشاره کرد.

۱-۱. سنتز پوپوپ با استفاده از ماده ی اولیه ی ۴- (۵- فنیل اکسازول-۲- ایل) بنزوئیک اسید

در این روش از مشتق بنزوئیک اسید استفاده شده است که یک طرف آن فعال بوده و در نتیجه هنگام اضافه کردن ۲- آمینو استوفنون، کلر به سرعت با آن جایگزین شده و حد واسط تشکیل می شود که در ادامه با استفاده از اسید سولفوریک، تبدیل به فرآورده هدف می گردد [۱۲]. شمای فرمولی این روش در شکل (۲) ارائه شده است.

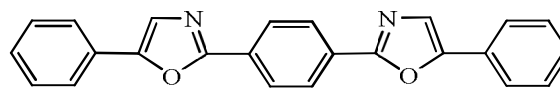


شکل ۲. سنتز پوپوپ با استفاده از ماده ی اولیه ی ۴- (۵- فنیل اکسازول-۲- ایل) بنزوئیک اسید

وقتی که ذرات اتمی و هسته ای پراثری از میان ماده ای عبور می کنند، انرژی خود را صرف یونیزاسیون و تحریک مولکول های این مواد می نمایند. سوسوزن ها^۱ موادی هستند که وقتی توسط پرتوهای یونیزه کننده و یا ذرات اتمی و هسته ای پراثری مورد اصابت قرار می گیرند، انرژی آنها را جذب کرده و سوسو می کنند. یعنی انرژی جذب شده را به صورت باریکه کوچکی از نور منتشر می کنند که این عمل در ناحیه ی مرئی انجام گرفته و باعث آشکارسازی مواد هسته ای و ذرات اتمی پراثری می شود [۱-۲]. سوسوزن ها را می توان به چند دسته، از لحاظ مواد، تقسیم بندی کرد که عبارتند از: سوسوزن های غیر آلی، سوسوزن های آلی، سوسوزن های شیشه ای و سوسوزن های گازی [۲]. سوسوزن های آلی، دسته ای از مواد سوسوزن هستند که شامل ترکیبات هیدروکربن آروماتیک به هم وصل شده و یا فشرده شده ی حلقه های بنزن می باشند. این مواد همچنین می توانند در حلال های آلی حل شده و محلول های آلی سوسوزن را ایجاد نمایند.

پوپوپ، ۴- بیس (۵- فنیل-۲- اکسازول) بنزن، ماده ای به وزن مولکولی ۳۶۴/۴۰ گرم می باشد که یکی از مواد سوسوزن آلی، شکل (۱)، بوده و کاربرد زیادی در آشکارسازی پرتوهای هسته ای و ذرات پراثری دارد. این ماده همچنین به عنوان جابه جاکننده طول موج های نامرئی به ناحیه ی مرئی در ترکیب انواع سوسوزن ها برای آشکارسازی ذرات هسته ای به کار می رود [۳-۴]. پوپوپ یکی از مشتقات اکسازول محسوب می شود که در ساختار خود دارای دو حلقه ی اکسازول بوده و خواص آن نیز تحت تأثیر حلقه های اکسازول قرار دارد [۵].

اکسازول ها گروهی از هتروسیکل ها می باشند که خاصیت سوسوزنی خوبی دارند و به همین خاطر از زمان های گذشته تا به حال مورد توجه بوده اند. اکسازول ها جزو سوسوزن های آلی محسوب می شوند و با حل شدن در حلال های مناسب، باعث ایجاد خاصیت سوسوکندگی در مواجهه با تابش های گوناگون می گردند. البته از آنها می توان به عنوان سوسوزن جامد نیز استفاده کرد [۶].



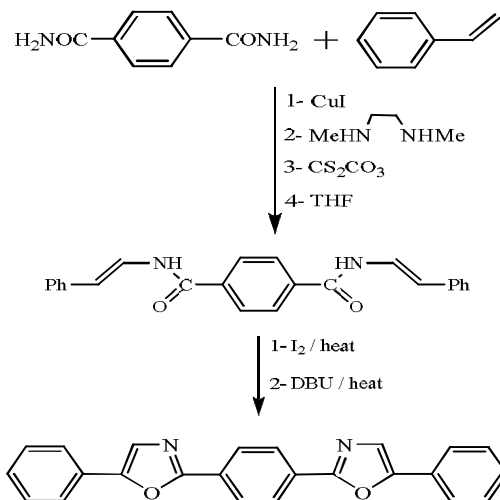
شکل ۱. ساختار مولکولی پوپوپ

از پوپوپ به عنوان فعال کننده در سوسوزن های شیشه نیز استفاده می شود [۷]. سوسوزن ها و از جمله پوپوپ می توانند به عنوان منبع تولید لیزر نیز عمل کنند و در دامنه ی طیفی مربوط به ماوراء بنفش، نور لیزر ایجاد کنند، به خصوص پوپوپ که دارای دامنه ی تنظیم ۲۵ نانومتر

^۱ Scintillators

۲-۱. سنتز پوپوپ با استفاده از بنزن دی آمید

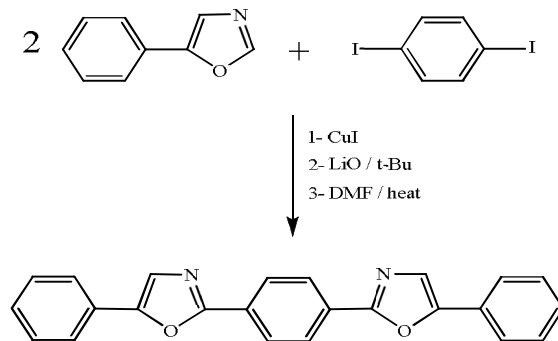
در این روش که در شکل (۳) شمای فرمولی آن ارائه شده است، با استفاده از مس یداید، استایرن هالیدی شده و مستعد حمله از طرف نیتروژن‌های ترفتالامید می‌شود که در ادامه با ایجاد حلقه‌های اکسازول، تبدیل به فرآورده می‌شود [۱۳]. البته این روش به‌خاطر استفاده از گروه محافظت‌کننده و ید، روش سخت و پرهزینه‌ای به حساب می‌آید.



شکل ۳. سنتز پوپوپ با استفاده از بنزن دی آمید

۳-۱. سنتز پوپوپ با استفاده از ۵- بنزیل اکسازول

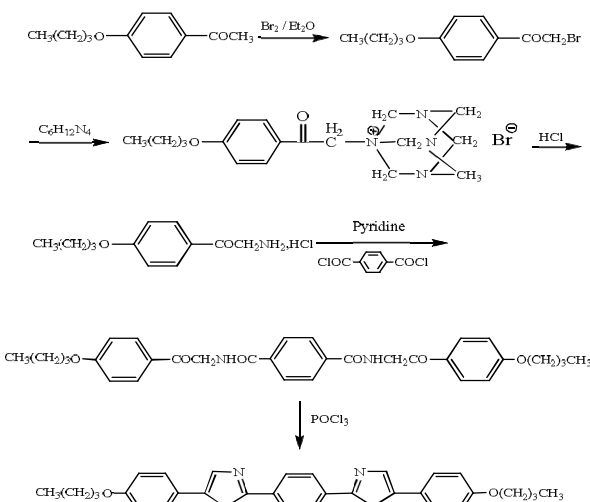
در این روش از ماده اولیه ۵- بنزیل اکسازول استفاده شده است که دارای حلقه‌ی اکسازول بوده و بنابراین بعد از واکنش جایگزینی با گروه‌های ید، نیازی به ایجاد حلقه‌ی اکسازول نمی‌باشد، زیرا حلقه‌ی اکسازول مورد نیاز در ساختار فرآورده هدف (پوپوپ) در مواد اولیه وجود دارد [۱۴]. البته مواد مورد استفاده در این روش گران‌بها بوده و از لحاظ اقتصادی مقرون به‌صرفه نمی‌باشند. شمای فرمولی سنتز پوپوپ با استفاده از این روش در شکل (۴) ارائه شده است.



شکل ۴. سنتز پوپوپ با استفاده از ۵- بنزیل اکسازول

۴-۱. سنتز دی بوتوکسی پوپوپ

در این روش که شمای فرمولی سنتز آن در شکل (۵) ارائه شده است، یکی از مشتقات پوپوپ که دارای دو استخلاف دی بوتوکسی می‌باشد، سنتز می‌گردد. مشاهده می‌شود که در این واکنش، مواد اولیه استخلاف مورد نیاز برای سنتز دی بوتوکسی پوپوپ را دارا می‌باشند [۱۵]. افزودن استخلاف بوتوکسی به صورت مستقیم بر روی POPOP سخت می‌باشد و لذا در این واکنش از مواد اولیه‌ای استفاده شده است که دارای استخلاف بوتوکسی می‌باشد. برم ماده‌ای سمی و فرار بوده و استفاده از آن شرایط ویژه‌ای لازم دارد.



شکل ۵. سنتز دی بوتوکسی پوپوپ

در این مقاله، روش سنتزی جدیدی برای تولید پوپوپ ارائه شده است که در آن با ایجاد حالت بافری، امکان انجام واکنش‌های فرعی تا حد زیادی از بین رفته و تولید فرآورده نهایی با بازده زیاد فراهم می‌شود.

۲. بخش تجربی

۱-۲. مواد شیمیایی و دستگاه‌ها

مواد شیمیایی استفاده شده: استات سدیم، ۲- آمینو استوفنون هیدروکلراید، اسید استیک یخی، ترفتالوئیل دی کلراید، اسید سولفوریک غلیظ. تمامی مواد به غیر از ۲- آمینو استوفنون هیدروکلراید که با درصد خلوص ۹۹٪ در آزمایشگاه تولید شد، فرآورده‌های کارخانه‌ی مرک آلمان می‌باشند.

طیف‌های NMR توسط دستگاه رزونانس مغناطیسی هسته مدل بروکر^۱ با قدرت میدان ۳۰۰ مگاهرتز برای پروتون و ۶۲/۹ مگاهرتز برای کربن در حضور حلال CDCl₃ و دی متیل سولفاکسید دوتره به دست آمد. طیف FT-IR با استفاده از دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز پراکین المر^۲ به صورت قرص KBr به دست آمد.

^۱ Bruker ADVANCE DPX 300 MHz

^۲ Perkin Elmer Spectrum

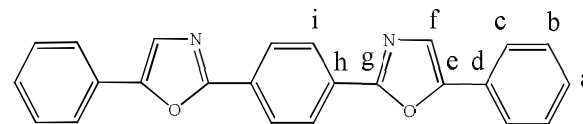
۲-۲. سنتز پوپوپ

۸/۷۵ گرم (۰/۵۰ مول) ۲-آمینو استوفنون هیدروکلراید به بافر حاصل از ۳/۵ گرم (۰/۰۴۳ مول) استات سدیم بی-آب حل شده در ۳۵ میلی لیتر استیک اسید یخی، اضافه شد و ۲۰ دقیقه هم زده شد. سپس ۴/۱۴ گرم (۰/۰۲۰ مول) ترفتالوئیل دی کلراید، طی مدت ۴۰ دقیقه و هم زدن شدید، کم کم به مخلوط حاصل اضافه شد. در ادامه، مقدار ۳/۵ گرم استات سدیم دیگر به مخلوط واکنش اضافه شده و محلول حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب جوش، حرارت داده شد. پیشرفت واکنش با TLC کنترل می شد. پس از اتمام واکنش، مخلوط واکنش در ۳۵۰ میلی لیتر آب سرد ریخته شده و رسوب به دست آمد سپس صاف و چندین بار با آب شسته شد. رسوب خشک شده و در نهایت، ۶/۱۳ گرم رسوب سفید رنگی به عنوان حد واسط حاصل گردید. ۶۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ با ۶/۱۳ گرم از حد واسط سنتز شده، مخلوط شده و به طور کامل هم زده شد. سپس مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب جوش با مگنت هم زده شد. پیشرفت واکنش با TLC کنترل می شد. رنگ مخلوط واکنش با پیشرفت واکنش، سبز تیره گردید. پس از اتمام واکنش، مخلوط واکنش در ۱۵۰ میلی لیتر آب ریخته شده و سپس صاف گردید. رسوب حاصل چندین بار با آب شسته شده و سپس به مدت ۳ ساعت در دمای ۶۰°C قرار گرفت تا به طور کامل خشک شود.

برای خالص سازی، ماده‌ی خام سنتز شده در THF حل شده و از ستون آلومینای اسیدی عبور داده شد و پس از تقطیر حلال در خلا، باقی مانده‌ی تقطیر به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰°C قرار گرفت تا به طور کامل خشک گردد. در نهایت فرآورده‌ای به وزن ۴/۲۳ گرم به رنگ زرد و با بازده ۵۷٪ حاصل شد. دمای ذوب فرآورده ۲۴۳-۲۴۶°C می باشد.

داده‌های طیفی فرآورده به دست آمده به صورت زیر می باشد.

$^1\text{H NMR}$ (CDCl_3 , δ ppm): 8.2 (s, 4H, CH), 7.8 (d, $J_{\text{H-H}}=7.4$ Hz, 4H, CH), 7.5 (s, 2H, CH), 7.5 (dd, $J_{\text{H-H}}=7.8$ Hz, 4H, CH), 7.4 (t, $J_{\text{H-H}}=7.8$ Hz, 2H, CH).

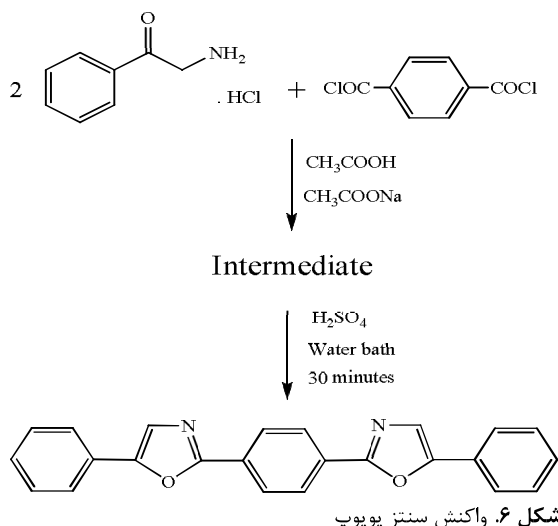


$^{13}\text{C NMR}$ (CDCl_3 , DMSO δ ppm): 160.2(2C, C_d), 151.5(2C, C_e), 129.5(4C, C_b), 128.7(2C, C_h), 128.5(2C, C_a), 127.5(2C, C_d), 126.6(4C, C_i), 124.8 (4C, C_c), 124.3(2C, C_f).

FT-IR (KBr pellet, cm^{-1}): 3098 (C-H), 1588, 1494 and 1411 ($\text{C}=\text{C}$) and ($\text{C}=\text{N}$), 1137 (C-O-C).

۳. نتایج و بحث

پوپوپ ماده‌ای جامد و به رنگ زرد و دارای محدوده‌ی ذوب ۲۴۶°C-۲۴۳°C می باشد [۱۵]. فرآورده به دست آمده دارای رنگ زرد بوده و همچنین دارای نقطه‌ی ذوب ۲۴۳-۲۴۶°C می باشد که به طور کامل با مشخصات موجود در مراجع یکسان می باشد. واکنش تولید پوپوپ در شکل (۶) ارائه شده است.

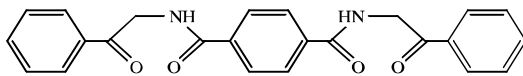


شکل ۶. واکنش سنتز پوپوپ

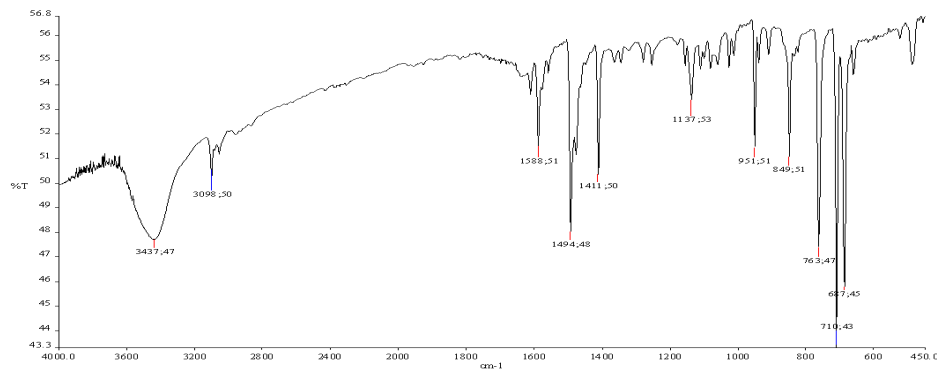
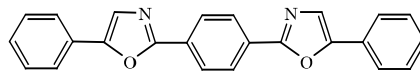
برای سنتز پوپوپ در این پروژه، از یکی از روش‌های سنتزی اکسازول‌ها استفاده شده است که تا به حال برای سنتز پوپوپ استفاده نشده است. این واکنش کمی شبیه واکنش (۱-۱) قید شده در بخش اول می باشد، با این تفاوت که در این واکنش، از ترفتالوئیل دی کلراید استفاده شده است که از هر دو طرف با ۲-آمینواستوفنون واکنش می دهد، در حالی- که در واکنش (۱-۱) این عمل از یک طرف انجام می گیرد و مواد اولیه‌ی استفاده شده گران بوده و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشد. در این تحقیق، از ماده‌ی ۲-آمینواستوفنون هیدروکلراید سنتز شده در آزمایشگاه استفاده شده است که به علت تحریم واردات این کالا در زمان فعلی، باعث صرفه جویی ارزی شده و نیز موجب بومی سازی این روش سنتزی گردیده است. همچنین انجام واکنش در شرایط بافوری، به علت کاهش احتمال ایجاد واکنش‌های فرعی تحت تغییرات pH، برای این واکنش یک مزیت می باشد.

در روش (۲-۱) از معرف‌های زیادی برای سنتز پوپوپ استفاده شده است که از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشد، ولی در این مقاله، با استفاده از یک روش ساده و ارزان قیمت، پوپوپ سنتز شده است که مزیتی دیگر برای آن محسوب می شود. به علت استفاده از اسید سولفوریک برای ایجاد حلقه‌ی اکسازول، زمان انجام این واکنش نسبت به زمان انجام واکنش (۱-۱) که در حدود ۱۰ ساعت می باشد، کم و در

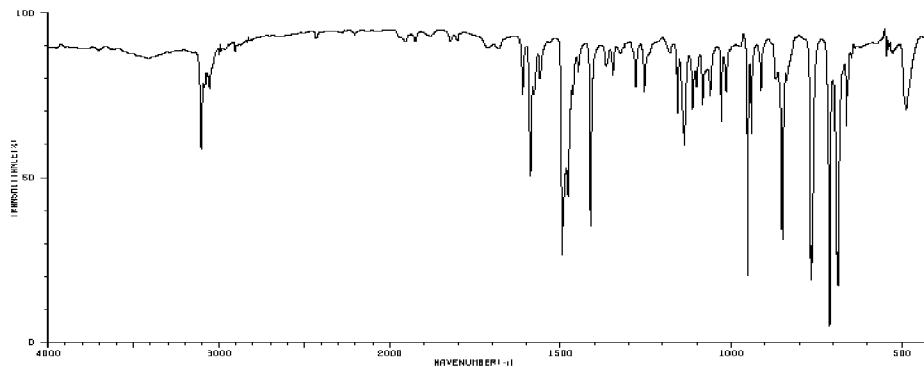
کلراید با ۲-آمینو استوفنون کامل شده و حد واسط مربوطه تشکیل شود. مقدار اضافی ۲-آمینو استوفنون هیدروکلراید اضافه شده، هنگام-شستشو در آب حل شده و جداسازی می‌شود. ترفتالوئیل دی کلرایدهایی که فقط از یک طرف با ۲-آمینو استوفنون واکنش داده‌اند، به‌علت قطبی بودن، در مرحله‌ی خالص سازی پوپوپ، توسط ستون آلومینا جداسازی می‌شوند. حد واسط تشکیل شده که باید ترکیب N^4, N^1 بیس (۲-اکسو-۲-فنیل اتیل) ترفتالامید باشد، دارای دو موقعیت برای ایجاد حلقه‌ی اکسازول می‌باشد. شمای مولکولی این ترکیب در شکل (۹) آورده شده است.



شکل ۹. شمای مولکولی حد واسط سنتر شده



شکل ۷. طیف FT-IR پوپوپ سنتر شده



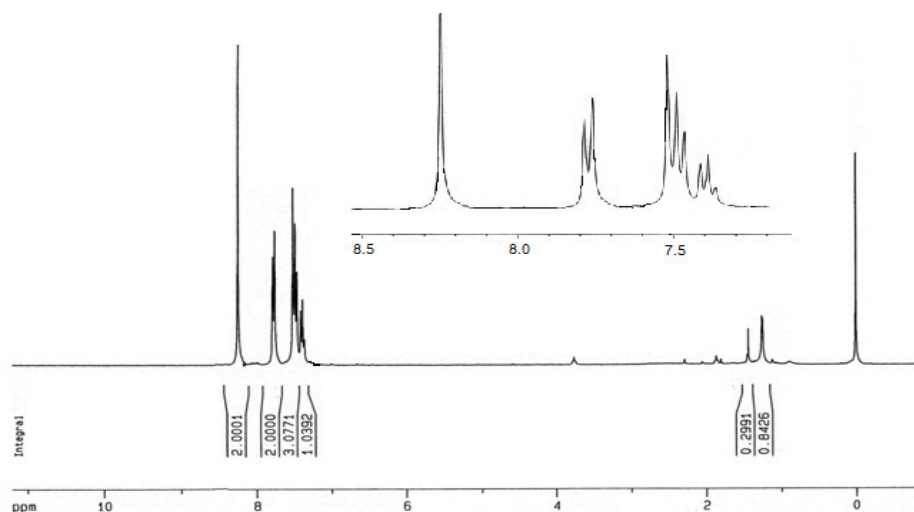
شکل ۸. طیف FT-IR مربوط به نمونه‌ی استاندارد پوپوپ [۱۶]

حدود ۳۰ دقیقه می‌باشد. واکنش (۱-۳) نسبت به سایر روش‌های قید شده ساده‌تر می‌باشد، ولی در این واکنش از مواد اولیه و معرف‌هایی استفاده شده است که گران‌قیمت بوده و بنابراین این روش از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد.

ترفتالوئیل دی کلراید که ماده‌ای حساس به آب بوده و در حضور آب تبدیل به اسید می‌شود، در این واکنش، در شرایط بافری و به‌طور کامل بی‌آب، به مخلوط واکنش اضافه گردیده و بدون ایجاد هیچ‌گونه مزاحمتی از سوی حلال واکنش، با ۲-آمینو استوفنون واکنش داده و تبدیل به حد واسط مورد نیاز برای سنتر پوپوپ می‌شود. برای سنتر این حد واسط، از مقدار اضافی ۲-آمینو استوفنون هیدروکلراید نسبت به ترفتالوئیل دی کلراید استفاده شده است. برای انجام هرچه بهتر واکنش، ترفتالوئیل دی کلراید طی ۴۰ دقیقه همراه با هم زدن شدید به مخلوط واکنش اضافه گردید. پس از افزودن ترفتالوئیل دی کلراید، به‌علت ایجاد HCl، دوباره ۳/۵ گرم از استات سدیم به مخلوط واکنش اضافه شد تا واکنش در pH بافری ادامه یابد. در ادامه، مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه در دمای آب جوش قرار گرفت تا واکنش ترفتالوئیل دی

آلومینای فعال شده‌ی اسیدی استفاده شده است. آلومینای فعال شده‌ی اسیدی تمام گروه‌های قطبی را در خود نگه داشته و مانع عبور آنها از ستون می‌شود. از طرفی، پوپوپ که دارای ساختاری تقریباً غیر قطبی می‌باشد، توسط حلال THF از ستون عبور داده شده و بعد از تقطیر حلال، به‌صورت خالص جداسازی می‌گردد.

برای تولید پوپوپ از حد واسط تشکیل شده، از اسید سولفوریک به‌عنوان عامل بستن حلقه‌ی اکسازول استفاده شد. واکنش حدود ۴۰ دقیقه به طول انجامید. در این مرحله مقدار اضافی از اسید سولفوریک با حد واسط سنتزی مخلوط شده و به‌طور کامل هم زده شد. برای خالص‌سازی پوپوپ از ستون کروماتوگرافی پر شده از



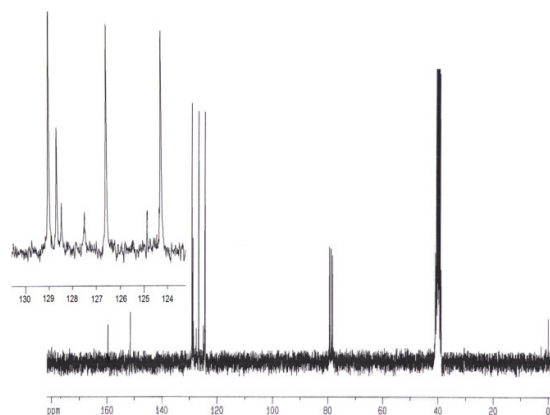
شکل ۱۰. طیف ^1H NMR پوپوپ سنتز شده در حلال کلروفرم دوتره

پیک dd مربوط به هیدروژن متای حلقه‌های بنزنی انتهایی می‌باشد. بلندی پیک هیدروژن حلقه‌های اکسازول، به‌علت تداخل پیک‌های هیدروژن متای حلقه‌ی بنزنی با آن می‌باشد. پیک یکتایی موجود در ۸/۲ بیانگر هیدروژن‌های موجود در بنزن وسطی ترکیب است که باهم یکسان می‌باشند. انتگرال پیک‌ها به‌خاطر متقارن بودن ترکیب، نصف هیدروژن‌های موجود را نشان می‌دهد.

طیف ^{13}C NMR دارای ۹ نوع کربن می‌باشد. نبود پیک مربوط به کربن کربونیلی موبد ایجاد حلقه‌های اکسازول می‌باشد. کربن‌های متصل به اکسیژن در ۱۵۱/۵ ppm و ۱۶۰/۲ ppm پیک داده‌اند. کربن موجود در ۱۶۰/۵ ppm به‌خاطر پیوند دوگانه با نیتروژن و چسبیدن به اکسیژن از لحاظ محافظت الکترونی، ضعیف‌تر از کربن دیگر متصل به اکسیژن در حلقه‌ی اکسازول است و بنابراین دارای پیک‌های جدا از هم می‌باشند. سایر کربن‌های موجود در ترکیب حاصل، به‌علت آروماتیک بودن و شباهت موقعیت فضایی آنها، خیلی نزدیک به هم و در ناحیه‌ی ۱۲۴ الی ۱۳۰ پیک داده‌اند. طیف مربوط به ^{13}C NMR پوپوپ سنتز شده در شکل (۱۱) ارائه شده است.

با مقایسه‌ی طیف FT-IR گرفته شده با طیف مرجع [۱۶] که در بالا هم آورده شده‌اند، شکل‌های (۷ و ۸)، می‌توان شباهت کامل این دو طیف را مشاهده کرد. پیک موجود در ۳۴۳۷ در طیف گرفته شده نشان‌گر ناخالصی آب و اسید مربوط به ستون کروماتوگرافی می‌باشد و این تنها تفاوت این دو طیف می‌باشد [۱۷-۱۸]. پیک‌های موجود در ۶۸۷ و ۷۶۳ بیانگر حلقه‌های آروماتیک تک استخلاخی در ترکیب می‌باشند که در این ترکیب بیانگر حلقه‌های بنزنی کناری می‌باشند. پیک موجود در ۸۴۹ بیانگر وجود حلقه‌ی آروماتیک دو استخلافی ۴و۱ می‌باشد که در این ترکیب بیانگر حلقه‌ی بنزنی وسطی است که در موقعیت‌های ۴و۱ به حلقه‌های اکسازولی متصل می‌باشد. پیک‌های موجود در ۱۴۱۱ و ۱۴۹۴ و ۱۵۸۸ بیانگر پیوندهای $\text{C}=\text{N}$ و $\text{C}=\text{C}$ در ترکیب می‌باشند. پیک موجود در ۳۰۹۸ پیک اورتون مربوط به پیوندهای C-H حلقه‌های آروماتیک می‌باشد. در طیف ^1H NMR، پنج نوع هیدروژن وجود دارد (شکل ۱۰). پیک سه‌تایی موجود در ۷/۴ مربوط به هیدروژن انتهایی حلقه‌ی بنزن می‌باشد. پیک سه‌تایی نشان داده شده در ۷/۵، در اصل پیک سه‌تایی نیست بلکه یک پیک یکتایی مربوط به هیدروژن موجود در حلقه‌ی اکسازول بوده و یک

- [3] Knoll, G. F. "Radiation Detection and Measurement."; 2nd edition, John Wiley and Sons Publication, 1989.
- [4] Leo, W. R.; "Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments."; 2nd edition, Springer-Verlag, 1994.
- [5] Berlman, I. B. "Handbook of Fluorescence Spectra of Aromatic Molecules."; Academic Press, 1971.
- [6] Eicher, T.; Houptman, S. "The Chemistry of Heterocycles."; John Wiley and Sons, 2004.
- [7] Zhu, D.; Luo, F.; Zhao, H.; Zhou, W. "Scintillating Glass Doped with Organic Activator p-TP and/or POPOP."; Journal of Physics. 2006, 28, 110-114.
- [8] Marowsky, G.; Schafer, E. P.; Keto, J. W.; Tittel, F. K. "Fluorescence Studies of Electron-Beam Pumped POPOP Dye vapor."; Appl. Phys. 1976, 9, 143-146.
- [9] Pavlopoulos, T. G.; Hammond, P. R. "Spectroscopic Studies of Some Laser Dyes."; J. Am. Chem. Soc. 1974, 96, 6568-6579.
- [10] Hayes, F. N.; Betty, S. R.; Donald, G. O. "The Fluorescence and Scintillation Properties of New Oxazoles."; J. Am. Chem. Soc., 1955, 77, 1850-1852.
- [11] Juan, F. S. C.; Blasco, R.; Piera, J.; Cynamon, M.; Ibanez, I.; Murguia, M.; Fustero, S. "Solution *Versus* Fluorous *Versus* Solid-Phase Synthesis of 2,5-Disubstituted 1,3-Azoles. Preliminary Antibacterial Activity Studies."; J. Org. Chem. 2009, 74, 8988-8996.
- [12] Doroshenko, A. O.; Baumer, V. N.; Verezubova, A. A.; Ptyagina, L. M. "Molecular Structure of Unsubstituted Oxadiazolic Analog of orto-POPOP and Peculiarities of Conformational Structure of this Class of Sterically Hindered Organic Compounds." J. Mol. Struct. 2002, 609, 29-37.
- [13] Cachca, R.; Martin, A.; Buenwald, S. L. "Copper-Catalyzed C-N Bond Coupling Approach to Highly Substituted Oxazoles."; J. Org. Lett. 2007, 9, 5521-5524.
- [14] Do, H.-Q.; Daugulis, O. "Copper-catalyzed Arylation of Heterocycle C-H Bonds."; J. Am. Chem. Soc. 2007, 129, 12404-5.
- [15] Pavlopoulos, T. G.; Hammond, P. R. "Spectroscopic Studies of Some Laser Dyes."; J. Am. Chem. Soc. 1974, 96, 6568.
- [16] SDBS, "Spectral Database for Organic Compounds", http://riodb01.ibase.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/cre_index.cgi. 2011.
- [17] Silverstein, R. M.; Webster, F. X.; Kiemle, D. J. "Spectrometric Identification of Organic Compounds."; John Wiley and Sons Publication, 1913.
- [18] Pavia, D. L.; Lampman, G.; Kriz, G. "Introduction to Spectroscopy."; Western Washington University Bellingham Washington, 1996.



شکل ۱۱. طیف ^{13}C NMR پوپوپ سنتر شده

۴. نتیجه گیری

با توجه به نتایج طیف‌های گرفته شده از فرآورده‌های سنتر شده و مقایسه‌ی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها با نمونه‌های استاندارد، نتیجه می‌شود که پوپوپ با استفاده از این روش سنتری جدید، سنتر و خالص‌سازی شده است. یکسان بودن طیف FT-IR گرفته شده از فرآورده سنتر شده با طیف نمونه‌ی استاندارد این ماده و همچنین تفسیر طیف‌های NMR این ماده‌ی سنتری، سنتر این ماده را تایید می‌نماید. سادگی روش، مقرون به صرفه بودن از لحاظ اقتصادی و زمان کم انجام واکنش، مزایای روش استفاده شده برای سنتر پوپوپ در پروژه حاضر می‌باشد. تنها عیب روش استفاده شده، زمان نسبتاً زیاد خالص‌سازی با ستون کروماتوگرافی پر شده با آلومینا می‌باشد که البته برای مورد استفاده قرار دادن پوپوپ در دستگاه‌های آشکارسازی، اجتناب ناپذیر است. به طور کلی، روش پیشنهادی به علت ساده بودن روش و مقرون به صرفه بودن از لحاظ اقتصادی، روش مناسبی ارزیابی می‌شود.

۵. مراجع

- [1] Birks, J. B. "The Theory and Practice of Scintillation Counting."; The University of Manchester, 1967, 64, 28, 24.
- [2] Rino, Ch. L. "The Theory of Scintillation with Applications in Remote Sensing."; John Wiley and Sons, Publication, 2011.