

فتالیمید-N-سولفونیک اسید به عنوان کاتالیزوری بسیار کارآمد برای سنتز مشتقات

۴،۱-دی‌هیدروپیرانو [۲،۳-*c*] پیرازولمریم خلیلی^۱، احمدرضا موسوی زارع^{۲*}

۱. دانشجوی دکتری، گروه شیمی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. استادیار، گروه شیمی، دانشگاه سید جمال‌الدین اسدآبادی

(تاریخ وصول: ۹۷/۰۳/۱۶ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۱۵)

Phthalimide-N-sulfonic Acid as Highly Efficient Catalyst for the Synthesis of 1,4-dihydropyrano [2,3-*c*] Pyrazole DerivativesMaryam Khalili¹, Ahmad Reza Moosavi-Zare^{2*}

1. Ph.D Student, Department of Chemistry, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Chemistry, University of Seyyed Jamaledin Asadabadi, Asadabad, Iran.

(Received: Jun. 06, 2018 - Accepted: Aug. 06, 2018)

Abstract

In this research, a simple and efficient method for the synthesis of 1,4-dihydropyrano [2,3-*c*] pyrazoles by the condensation reaction of aromatic aldehydes with malononitrile and 3-methyl-1-phenyl-2-pyrazolin-5-one in the presence of solid-acid catalyst phthalimide-*N*-sulfonic acid under solvent-free conditions has been reported. At first, by studying on a model reaction, the catalyst amount and the reaction temperature were optimized; the optimal catalyst amount was 5 mol%, and the optimized temperature was 50 °C. Afterward, by varying the aldehydes, different derivatives of the mentioned compounds were synthesized in high yields and in short reaction times.

چکیده

در این پژوهش، روشی ساده و کارآمد برای سنتز ۴،۱-دی‌هیدروپیرانو [۲،۳-*c*] پیرازول‌ها از واکنش تراکمی بین آلدئیدهای آروماتیک، مالونیتریل و ۳-متیل-۱-فنیل-۲-پیرازولین-۵-اون در مجاورت کاتالیزور اسید جامد فتالیمید-N-سولفونیک اسید در شرایط بدون حلال گزارش شده است. در ابتدا، با مطالعه روی یک واکنش مدل، مقدار کاتالیزور و دمای واکنش بهینه‌سازی شد، مقدار بهینه کاتالیزور ۵ مول درصد و دمای بهینه ۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. سپس، با تغییر آلدئیدها، مشتقات مختلف ترکیبات مذکور با بازده بالا و در مدت‌زمان کوتاه سنتز شدند.

Keywords

1,4-Dihydropyrano[2,3-*c*] pyrazole, phthalimide-*N*-sulfonic acid, solid acid, solvent-free conditions.

واژگان کلیدی

۴،۱-دی‌هیدروپیرانو [۲،۳-*c*] پیرازول، فتالیمید-N-سولفونیک اسید، اسید جامد، شرایط بدون حلال.

*Corresponding Author: Ahmad Reza Moosavi-Zare

Email: moosavizare@yahoo.com

*نویسنده مسئول: احمدرضا موسوی زارع

مقدمه

در سال‌های اخیر، کاتالیزورهای اسیدی جامد، به‌ویژه انواع دارای گروه عاملی سولفونیک اسید، توجه زیادی را در شیمی آلی سنتزی به خود جلب کرده‌اند زیرا دارای مزایای زیادی هستند از جمله: توانایی کاتالیز کردن طیف گسترده‌ای از واکنش‌ها، کاهش زمان انجام واکنش، افزایش بازده، بهره‌وری بالای اتمی، به‌کارگیری راحت، سنتز آسان کاتالیزور، سمیت کم، گزینش پذیری بالا، کاهش تولید محصولات جانبی و ضایعات، سازگاری با محیط‌زیست و امکان انجام واکنش در شرایط بدون حلال و هم محلول [۱-۱۱].

پیرازول‌ها گروه مهمی از ترکیبات هتروسیکل هستند که در صنعت داروسازی بسیار مورد توجه قرار گرفته و به‌عنوان هسته ساختاری تعداد زیادی از ترکیبات فعال زیستی و داروها به شمار می‌روند [۱۲]. تعدادی از خواص این ترکیبات عبارت‌اند از: ضد باکتری، ضد انعقاد خون، ضد سرطان، ضد حساسیت، ضد تشنج، خواب‌آور و حشره‌کشی [۱۳-۱۹]. همچنین، بعضی از این مشتقات می‌توانند در فعالیت‌های فوتوشیمیایی به کار گرفته شوند [۲۰، ۲۱]. علاوه بر این، مشتقات پیران واحدهای ساختاری بسیاری از ترکیبات طبیعی و زیستی را تشکیل می‌دهند [۲۲-۲۸]. یک گروه مهم از ترکیبات دارای حلقه‌های پیرازول و پیران، مشتقات ۴،۱-دی‌هیدروپیرانو [۲، ۳-c] پیرازول هستند که از طریق واکنش تراکمی بین آریل‌آلدهیدها، مالونونیتریل و ۳-متیل-۱-

فنیل-۲-پیرازولین-۵-اون سنتز می‌شوند. در سال ۲۰۰۴، شی و همکاران، این واکنش را در حضور تری‌اتیل بنزیل آمونیوم کلرید در محیط آبی انجام دادند، در این پژوهش، محصولات مورد نظر در دمای نسبتاً بالا و در مدت‌زمان طولانی تولید شده‌اند [۲۹].

در سال ۲۰۰۶، سنتز این ترکیبات توسط جین و همکاران با کاتالیزور p-دودسیل بنزن سولفونیک اسید تحت شرایط رفلکس در آب انجام شد [۳۰].

در سال ۲۰۰۱، باسول و همکاران سنتز ۴،۱-دی‌هیدروپیرانو [۲، ۳-c] پیرازول‌ها را در حضور کاتالیزور سزیم فلوراید در حلال اتانول را انجام دادند [۳۱]. در این تحقیق، بیشتر محصولات با بازده متوسط به‌دست‌آمده و واکنش در زمان نسبتاً زیاد انجام شده است.

چندین کاتالیزور دیگر از قبیل سولفید قلع تثبیت شده روی کربن فعال [۳۲]، سولفوریک اسید تنگستات [۳۳]، سیلیکا سدیم کربنات [۳۴]، نانوتیتانیم سولفوریک اسید [۳۵]، آلومین سرم گاو [۳۶]، $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ [۳۷]، $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_4$ تثبیت شده روی نانوذرات مغناطیسی NiFe_2O_4 پوشش داده شده با سیلیکا [۳۸] و L-پرولینات تثبیت شده روی آمبرلیت [۳۹] نیز برای این واکنش ارائه شده‌اند.

ولی خیلی از روش‌های ارائه شده برای این سنتز دارای معایبی می‌باشند از جمله:

تترامتیل سیلان به عنوان استاندارد داخلی در حلال‌های دوتریم‌دار (DMSO-d₆) ثبت شده‌اند. نقاط ذوب توسط دستگاه Buchi B-545 اندازه‌گیری شد.

روش تهیه اسید جامد فتالیمید-N- سولفونیک‌اسید: به یک بالن ته‌گرد حاوی فتالیمید (۵ میلی‌مول، ۰/۷۳۶ گرم)، قطره‌قطره کلروسولفونیک اسید (۵/۱ میلی‌مول، ۰/۵۹۴ گرم) در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد اضافه شد، سپس مخلوط واکنش به مدت ۵ ساعت در دمای اتاق و ۳ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد هم زده شد. در آخر، مخلوط واکنش با دی‌کلرومتان (۱۰ میلی‌لیتر) شسته و خشک شد تا کاتالیزور مورد نظر به صورت یک جامد سفید رنگ با بازده ۹۸ درصد حاصل شود [۱۱].

سنتز ۴،۱-دی‌هیدروپیرانو [C-۳،۲] پیرازول‌ها با استفاده از فتالیمید-N-سولفونیک اسید: به لوله آزمایش حاوی آریل‌آلدهید (۱ میلی‌مول)، مالونونیتریل (۱ میلی‌مول، ۰/۰۶۶ گرم) و ۳-متیل-۱-فنیل-۲-پیرازولین-۵-اون (۱ میلی‌مول، ۰/۱۷۴ گرم)، PhSA (۰/۰۵) مخلوط (۰/۱۱۴ گرم) اضافه شد. مخلوط واکنش در ابتدا به وسیله مگنت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد هم زده شد و بعد از پیشرفت واکنش و سخت شدن محیط واکنش، هم زدن به کمک همزن شیشه‌ای ادامه یافت. برای تعیین زمان اتمام واکنش، پیشرفت آن با کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) پیگیری شد،

استفاده از کاتالیزورهای گران‌قیمت، استفاده از حلال‌های آلی فرار و مضر به عنوان محیط واکنش، به کار بردن کاتالیزورهای ناسازگار با محیط‌زیست، زمان واکنش طولانی، بازده متوسط، روش تهیه مشکل کاتالیزور و دمای بالا.

در پژوهش ما، روشی ساده و بسیار مؤثر برای سنتز ۴،۱-دی‌هیدروپیرانو [C-۳،۲] پیرازول‌ها از آریل‌آلدهیدها، مالونیتریل و ۳-متیل-۱-فنیل-۲-پیرازولین-۵-اون در حضور فتالیمید-N-سولفونیک اسید (PhSA) تحت شرایط بدون حلال در دمای ۵۰ درجه سانتی-گراد گزارش شده است. این روش، مشکلات روش‌های قبلی را تا حد زیادی برطرف کرده است.

مواد و روش‌ها

بخش تجربی: مواد شیمیایی و دستگاه‌ها: مواد شیمیایی از شرکت‌های شیمیایی مرک یا فلوکا خریداری شده‌اند. تمام محصولات شناخته شده، با مقایسه نقطه ذوب یا داده‌های طیفی آن‌ها با داده‌های گزارش شده در منابع شیمی شناسایی شده‌اند. بازده گزارش شده مربوط به محصولات با درجه خلوص بالا است. پیشرفت واکنش با کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) و با استفاده از ورقه‌های سیلیکاژل SIL G/UV254 مشخص شده‌اند. طیف‌های ¹H-NMR (۲۵۰ مگاهرتز) و ¹³C NMR (۶۲/۵ مگاهرتز) توسط اسپکترومترهای FT-NMR مدل Bruker Avance DPX با استفاده از

متیل-۱-فنیل-۲-پیرازولین-۵-اون (۱ میلی-مول) به عنوان واکنش مدل در نظر گرفته شد. (طرح ۱) و شرایط واکنش برای آن بهینه شد. به منظور دستیابی به شرایط بهینه، هر بار یکی از شرایط مؤثر بر واکنش شامل دما و مقدار کاتالیزور مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). بهترین نتیجه زمانی به دست آمد که ۵ مول درصد از کاتالیزور فتالیمید-N-سولفونیک اسید در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به کار برده شد (جدول ۱، داده ۴). با افزایش مقدار کاتالیزور، بازده واکنش کاهش یافت که علت آن تولید محصولات جانبی بود (جدول ۱، داده‌های ۱-۳). افزایش دما تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد، تغییری در بازده واکنش نداد، ولی با افزایش دما تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد، بازده واکنش مقدار کمی کاهش پیدا کرد (به علت تولید محصولات جانبی) (جدول ۱، داده‌های ۷ و ۸).

بعد از به دست آوردن شرایط بهینه، برای ارزیابی کارایی کاتالیزور، آریل‌آلدهیدهای مختلف (بنزآلدهید و آلدهیدهای آروماتیک دارای استخلاف‌های الکترون کشنده، الکترون دهنده و هالوژن) با مالونیتریل و ۳-متیل-۱-فنیل-۲-پیرازولین-۵-اون واکنش داده شدند. نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌گونه که در این جدول مشخص است فتالیمید-N- سولفونیک اسید کاتالیزوری بسیار کارآمد و عمومی برای این واکنش است و همه محصولات با بازده بالا در زمان واکنش کوتاه و دمای ملایم تهیه شده‌اند.

حلال‌های مورد استفاده برای TLC، مخلوط اتیل استات و *n*-هگزان با نسبت ۱ به ۲ بود. پس از اتمام واکنش و سرد شدن آن تا دمای اتاق، رسوب حاصل در اتانول (۹۶ درصد) تبلور مجدد یافت تا محصول خالص به دست آید. بعضی ترکیبات هم در مخلوط آب و اتانول به نسبت ۱/۵ به ۲ تبلور مجدد یافتند. داده‌های طیفی انتخابی از ۴،۱-دی-هیدروپیرانو [C-۳،۲] پیرازول‌ها:

6-Amino-3-methyl-4-(3-nitrophenyl)-1-phenyl-1,4-dihydropyrano[2,3-*c*]pyrazol-5-carbonitrile (2):

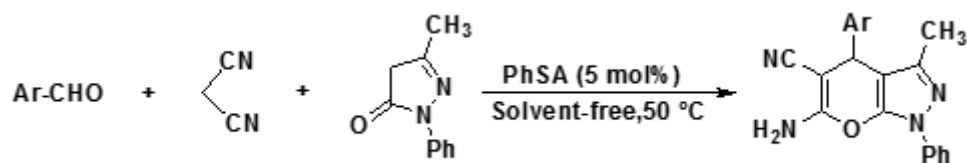
¹H NMR (250 MHz, DMSO-*d*₆): δ (ppm) 1.77 (s, 3H), 4.94 (s, 1H), 7.27-7.50 (m, 6H), 7.61-7.78 (m, 4H), 8.13 (s, 2H). ¹³C NMR (62.5 MHz, DMSO-*d*₆): δ (ppm) 12.5, 36.1, 56.9, 97.6, 110.5, 119.7, 120.0, 122.2, 126.2, 129.3, 130.8, 134.7, 137.4, 143.9, 145.1, 145.9, 147.9, 159.7.

6-Amino-3-methyl-1-phenyl-4-(*p*-tolyl)-1,4-dihydropyrano[2,3-*c*]pyrazol-5-carbonitrile (6):

¹H NMR (250 MHz, DMSO-*d*₆): δ (ppm) 2.16 (s, 3H), 2.39 (s, 3H), 4.66 (d, *J* = 10.8 Hz, 1H), 7.05-7.22 (m, 3H), 7.43 (t, *J* = 8.2 Hz, 4H), 7.68 (d, *J* = 7.8 Hz, 2H), 11.53 (s, 2H). ¹³C NMR (62.5 MHz, DMSO-*d*₆): δ (ppm) 20.5, 26.2, 41.1, 57.5, 102.2, 114.1, 118.7, 120.4, 124.9, 127.5, 128.9, 129.2, 130.6, 136.2, 137.1, 147.8, 161.2.

بحث و نتیجه‌گیری

به منظور تعیین شرایط بهینه برای سنتز ۴،۱-دی‌هیدروپیرانو [C-۳،۲] پیرازول‌ها، ابتدا واکنش بدون حلال بین ۳-نیترобенزآلدهید (۱ میلی‌مول)، مالونونیتریل (۱ میلی‌مول) و ۳-



طرح ۱. سنتز ۴،۱-دی‌هیدروپیرانو [C-۳،۲] پیرازول‌ها با استفاده از کاتالیزور PhSA

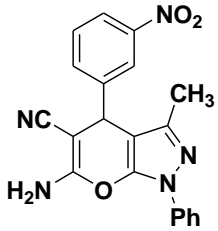
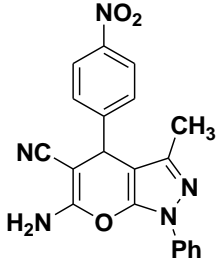
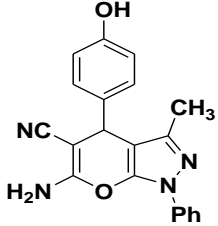
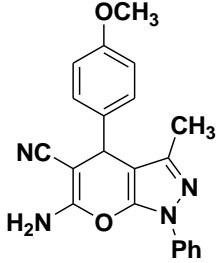
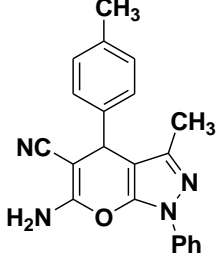
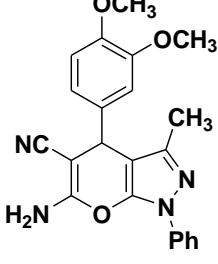
جدول ۱. بررسی اثر مقدار کاتالیزور و دما بر سنتز مشتقات ۴،۱-دی‌هیدروپیرانو [C-۳،۲] پیرازول‌ها

ردیف	مقدار کاتالیزور (مول.%)	دما (°C)	زمان (دقیقه)	بازده (%)	محصول
۱	۱۵	۵۰	۱۰	۸۴	
۲	۱۰	۵۰	۵	۸۶	
۳	۷/۵	۵۰	۶	۹۲	
۴	۵	۵۰	۴	۹۵	
۵	۲/۵	۵۰	۷	۸۱	
۶	۵	۶۰	۴	۹۵	
۷	۵	۷۰	۴	۹۱	
۸	۵	۴۰	۸	۹۲	

جدول ۲. سنتز بدون حلال ۴،۱-دی‌هیدروپیرانو [C-۳،۲] پیرازول‌ها از آلدهیدهای آروماتیک، مالونیتریل و ۳-متیل-۱-فنیل-۲-پیرازولین-۵-ون در حضور ۵ مول درصد از کاتالیزور PhSA در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد (طرح ۱)

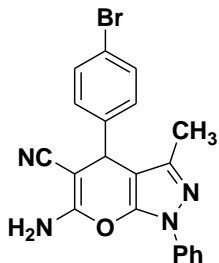
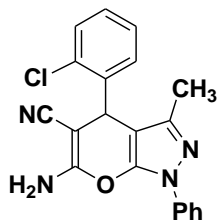
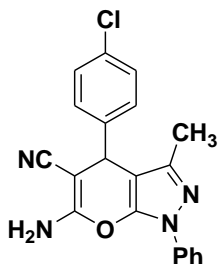
ردیف	محصول	زمان (دقیقه)	بازده (%)	نقطه ذوب به دست آمده (گزارش شده) (°C)
۱		۱۳	۹۰	۱۸۸-۱۹۰ (۱۸۵-۱۸۷) [۲۹]

خلیلی و موسوی زارع: فتالیمید-N- سولفونیک اسید به عنوان کاتالیزوری بسیار کارآمد برای سنتز مشتقات ...

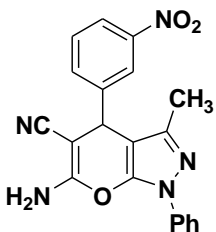
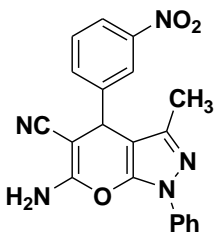
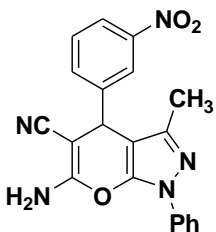
[۴۰] (۱۹۲-۱۹۰) ۱۹۲-۱۸۹	۹۵	۴		۲	
[۲۹] (۱۹۰-۱۸۸) ۱۸۸-۱۸۶	۹۵	۶		۳	
	نقطه ذوب به دست آمده (گزارش شده) (°C)	بازده (%)	زمان (دقیقه)	محصول	ردیف
[۲۹] (۲۰۶-۲۰۴) ۲۰۳-۲۰۰	۹۱	۱۲		۴	
[۲۹] (۱۸۵-۱۸۳) ۱۸۸-۱۸۵	۹۳	۳۰		۵	
[۲۹] (۱۷۸-۱۷۶) ۱۷۷-۱۷۵	۹۴	۱۱		۶	
[۲۹] (۱۹۳-۱۹۱) ۱۹۳-۱۹۰	۸۹	۲۰		۷	

حلال بود. کاتالیزور بازیافت شده بدون کاهش وزن، به خوبی و با بازده مناسب تا ۳ بار مورد استفاده قرار گرفت؛ نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.

لازم به ذکر است که کاتالیزور فتالیمید-N-سولفونیک اسید قابل بازیافت و استفاده مجدد است. بازیافت این کاتالیزور با حلال‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت که اتیل استات بهترین

ردیف	محصول	زمان (دقیقه)	بازده (%)	نقطه ذوب به دست آمده (گزارش شده) (°C)
۸		۷	۹۳	۱۹۷-۱۹۸ (۱۹۸-۲۰۰) [۲۹]
۹		۶	۹۳	۱۴۵-۱۴۷ (۱۴۷-۱۴۹) [۲۹]
۱۰		۸	۹۴	۱۸۰-۱۸۲ (۱۷۹-۱۸۱) [۲۹]

جدول ۳. نتایج بازیافت کاتالیزور فتالیمید-N-سولفونیک اسید

محصول	بازده (%)	زمان (دقیقه)	دور استفاده
	۹۵	۴	۱
	۹۳	۵	۲
	۸۹	۵	۳

خلیلی و موسوی زارع: فتالیمید-N- سولفونیک اسید به عنوان کاتالیزوری بسیار کارآمد برای سنتز مشتقات ...

بود و واکنش در شرایط بدون حلال انجام شد؛ بنابراین، این روش تا حدود زیادی معایب روش-های قبلی را برطرف کرده است.

سپاسگزاری

مؤلفان از دانشگاه سید جمال‌الدین اسدآبادی به خاطر فراهم آوردن تجهیزات و مواد لازم برای انجام این تحقیق قدردانی می‌نمایند.

به طور خلاصه، در این پژوهش، یک روش جدید برای سنتز مشتقات مختلف ۴،۱-دی-هیدروپیرانو [۲،۳-*c*] پیرازول در حضور یک کاتالیزور اسید جامد به نام فتالیمید-N-سولفونیک - اسید ارائه شده است. در این روش، محصولات با بازده بالا در زمان کوتاه سنتز شدند، خالص‌سازی محصولات با تبلور مجدد و بدون استفاده از روش کروماتوگرافی انجام شد، کاتالیزور خیلی راحت از مواد اولیه ارزان ساخته شد، کاتالیزور قابل بازیافت

References

- [1] Ghodke S., Chudasama U., *Appl. Catal. A: Gen.*, 2013, 453, 219-226.
- [2] López M.I., Esquivel D., Jiménez-Sanchidrián C., Romero-Salguero F.J., Voort P.V.D., *J. Catal.*, 2015, 326, 139-148.
- [3] Rahmani S., Amoozadeh A., Kolvari E., *Catal. Commun.* 2014, 56, 184-188.
- [4] Mohammadi Ziarani G., Lashgari N., Badiei A., *J. Mol. Catal. A: Chem.*, 2015, 397, 166-191.
- [5] Heravi M.M., Hashemi E., Azimian F., *J. Iran. Chem. Soc.*, 2015, 12, 647-653.
- [6] Davoodnia A., Mahjoobin R., Tavakoli-Hoseini N., *Chin. J. Catal.*, 2014, 35, 490-495.
- [7] Moosavi-Zare A.R., Rezaei M., Merajoddin M., Hamidian H., Zare A., Kazem-Rostami M., *Sci. Iran. C*, 2014, 21, 2049-2058.
- [8] Noroozizadeh E., Moosavi-Zare A.R., Zolfigol M.A., Zare A., Zarei M., *Can. J. Chem.*, 2017, 95, 16-21.
- [9] Moosavi-Zare A.R., Zolfigol M.A., Noroozizadeh E., Tavasoli M., Khakyzadeh V., Zare A., *New J. Chem.*, 2013, 37, 4089-4094.
- [10] Khazaei A., Zolfigol M.A., Moosavi-Zare A.R., Asgari Z., Shekouhy M., Zare A., Hasaninejad A., *RSC Adv.*, 2012, 2, 8010-8013.
- [11] Zare A., Asvar H., Zarei F., Khalili M., Kordrostami Z., Moosavi-Zare A.R., Khakyzadeh V., *J. Appl. Chem. Res.*, 2016, 10, 59-67.
- [12] Mc Donald E., Jones K., Brough P.A., Drysdale M.J., Workman P., *Curr. Top Med. Chem.*, 2006, 6, 1193-1203.
- [13] Foye, W. O., *Padova: Ital.*, 1991, 416-422.
- [14] Adreani L. L., Lapi E., *Boll. Chim. Farm.* 1960, 99, 583-586.
- [15] Kuo S.G., Huang L.J., Nakamura H., *J. Med. Chem.*, 1984, 27, 539-

- 544.
- [16] Bonsignore L., Loy G., Secci D., Calignano A. *Eur. J. Med. Chem.*, 1993, 28, 517-520.
- [17] Wang J. L., Liu D., Zhang Z. J., Shan S., Han X., Srinivasula S. M., Croce C. M., Alnemri E. S., Huang Z. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 2000, 97, 7124-7129.
- [18] Hyama T., Saimoto H., Jpn. KoKai Tokkyo Koho, JP 62181276, 1987 (*Chem. Abstr.*, 1988, 108, 37645p).
- [19] Kumar D., Reddy V.B., Sharad S., Dube U., Kapur S., *Eur. J. Med. Chem.*, 2009, 44, 3805-3809.
- [20] Armetso D., Horspool W. M., Martin N., Ramos A., Seane C. *J. Org. Chem.*, 1989, 54, 3069-3072.
- [21] Ocallaghan C.N., Mcmurry T.B.H. *J. Chem. Res. (S)*, 1999, 8, 457-457.
- [22] Hatakeyama S., Ochi N., Numata H., Takano S. *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 1988, 1202-1204.
- [23] Kamaljit S. J., Harjit S. *Tetrahedron*, 1996, 52, 14273-14280.
- [24] Zaki M.E.A., Soliman H.A., Hiekal O.A., Rashad A.E., *Z. Naturforsch. C*, 2006, 61, 1-5.
- [25] Martin N., Martin G., Secoane A.C., Marco J.L., Albert A., Cano F.H. *Liebigs. Ann. Chem.*, 1993, 7, 801-804.
- [26] Maco J.L., Martin N., Grau A.M., Seoane C., Albert A., Cano F.H. *Tetrahedron*, 1994, 50, 3509-
- 3528.
- [27] Wang X.S., Shi D.Q., Tu S.J., Yao C.S., Wang Y.C. *Chin. J. Struct. Chem.*, 2003, 22, 331-335.
- [28] Breslow R., Bovy P., Hersh C.L. *J. Am. Chem. Soc.*, 1980, 102, 2115-2117.
- [29] Shi D., Mou J., Zhuang Q., Niu L., Wu N., Wang X., *Synth. Commun.* 2004, 34, 4557-4563.
- [30] Jin T.-S., Zhao R.-Q., Li T.-S., *ARKIVOC*, 2006, xi, 176-182.
- [31] Bhosale V.N., Angulwar J.A., Khansole G.S., Waghmare G.S., *J. Chem. Pharm. Res.*, 2014, 6, 733-737.
- [32] Iravani N., Keshavarz M., Shojaeian Kish H.A., Parandvar R., *Chin. J. Catal.*, 2015, 36, 626-633.
- [33] Farahi M., Karami B., Sedighimehr I., Mohamadi Tanuraghaj H., *Chin. Chem. Lett.*, 2014, 25, 1580-1582.
- [34] Eskandari K., Karami B., Khodabakhshi S., *Catal. Commun.* 2014, 54, 124-130.
- [35] Azarifar D., Khatami S.-M., Zolfigol M.A., Nejat-Yami R., *J. Iran. Chem. Soc.*, 2014, 11, 1223-1230.
- [36] Dalal K.S. , Tayade Y.A. , Wagh Y.B. , Trivedi D.R. , Dalal D.S. , Chaudhari B.L., *RSC Adv.*, 2016, 6, 14868-14879.
- [37] Azarifar A., Nejat-Yami R., Kobaisi M.A., Azarifar D., *J. Iran.*

Chem. Soc., 2013, 10, 439-446.

[38] Maleki B., Eshghi H., Barghamadi M., Nasiri N., Khojastehnezhad A., Ashrafi S.S., Pourshiani O., *Res. Chem. Intermed.*, 2016, 42, 3071-3093.

[39] Nazari S., Keshavarz M., *Russ. J. Gen. Chem.*, 2017, 87, 539-545.

[40] Zhou J.F., Tu S.J., Gao Y., Qi M., *Chin. J. Org. Chem.*, 2001, 21, 742-745.

COPYRIGHTS



© 2022 by the authors. Licensee PNU, Tehran, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY4.0) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)