

سنتز سه جزئی پیرازولیل ۷-بوتیرولاکتون های جدید

لیلا زارع فکری*

دانشیار گروه شیمی، دانشگاه پیام نور، گروه شیمی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۳۱ تاریخ تصحیح: ۹۸/۰۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۲۰

چکیده

در این تحقیق، ۷-بوتیرولاکتون ها با یک روش سبز، موثر، ملایم و ساده از طریق واکنش چند جزئی پیرازول کربالدهیدیا ایندول-۳-کربالدهید، اتیل پیروات و N -برموسوکسین امید تهیه شدند. روند انجام واکنش شامل یک واکنش برم دارشدن، تراکم و در ادامه حلقوی شدن درون مولکولی می باشد. این روش کاملا نوین محسوب می شود و دارای زمان انجام واکنش کوتاه و بازده بالا می باشد. این روش دارای مزایایی چون روش ساده، شرایط ملایم، محیط آبی و کاهش آلودگی های زیست محیطی است. همه ترکیبات سنتز شده با تعیین دمای ذوب، طیف سنجی زیر قرمز، طیف سنجی رزونانس مغناطیس هسته های هیدروژن و کربن و نیز تجزیه عنصری مورد ارزیابی قرار گرفتند. نوآوری در روش به همراه جدید بودن ترکیبات سنتز شده از دیگر نقاط قوت این روش می باشد.

کلمات کلیدی: واکنش چند جزئی، ۷-بوتیرولاکتون، اتیل پیروات، N -برموسوکسین امید.

۱- مقدمه

۷-بوتیرولاکتون گونه هایی از ترکیبات آلی هستند که در ساختار ترکیبات طبیعی وجود دارند. این مواد، محصولات فرایند زیست شیمایی سنتز پلی کیتید هستند. آن ها همچنین فعالیت های زیستی همانند ضدتومور، ضد لوسمی، آنتی بیوتیک، ضد قارچ، ضد عفونت و نیز فعالیت سیتوتوکسیک در مقابل *Absidia glauca*، *Botrytis cinerea*، *Mucor miehei*، *Rhodotorula glutinis* داشته و در تعدادی از هورمون های گیاهی نیز یافت می شوند [۱].

با توجه به خواص زیستی متعدد ۷-بوتیرولاکتون ها، روش های سنتزی مختلفی برای آن ها گزارش شده است که از آن جمله می توان به واکنش کاتالیز شده با فسفین موریتا-بیلیس- هیلمن استات ها [۲]، واکنش پشت سر هم سیکلو ایزومریزه شدن/ اکسایش هوموپروپارژیل الکل ها با کاتالیزگر طلا [۳]، کندن هیدروژن بنزلی کربوکسیلیک و بنزوئیک اسید در حضور واکنشگر ید (III) و پتاسیم برمید [۴]، سنتز مستقیم لاکتون از کتو الکل در حضور کاتالیزگر هیدروژن دار شدن بی تقارن نوپوری [۵]، افزایش درون مولکولی گروه هیدروکسیل و کربوکسیل به اولفین کاتالیز شده با نقره (I) تریفیلات [۶]، حلقوی شدن الکن های حاوی کربوکسیلیک اسید در حضور Au_2O_3 [۷]، واکنش حلقه زایی اکسایشی [۳+۲] کاتالیز شده با مس الکن با اندرید با استفاده از اکسیژن [۸]، افزایش هسته دوستی سایلیل کتن استال به اپوکسید با استفاده از تترابوتیل آمونیوم فلوراید [۹] اشاره کرد.

اما تاکنون تنها یک روش چند جزئی برای سنتز بوتیرولاکتون گزارش شده که شامل واکنش بین ایزوسیانید، گلی اکسال و استوفسفونیک اسید دی اتیل استر می باشد [۱۰].

به هر حال اکثر این روش ها از گران بودن فرایند واکنش، بازده نامناسب، زمان واکنش طولانی، جداسازی مشکل و استفاده از مقادیر زیاد کاتالیزگر و واکنشگر رنج می برند. از این رو توسعه روش های بهینه جدید در کنار سنتز ترکیبات جدید بوتیرولاکتون برای شیمیدان ها دارای اهمیت زیادی است.

استفاده از مولکول های آلی به عنوان کاتالیزگر در مقایسه با کاتالیزگرهای سنتی فلزی، جذابیت خاصی برای شیمیدان ها دارد که علت آن ایده های نوآورانه، موثرتر بودن و گزینشی تر بودن واکنش های کاتالیز شده با ترکیبات آلی می باشد [۱۱].

N-برموسوکسین ایمید یک واکنشگر برم دارکننده ساده و غیرسمی و یک کاتالیزگر اکسنده مناسب است که امروزه در بسیاری از واکنش های شیمیایی مورد استفاده قرار می گیرد [۱۲-۲۰]. از طرف دیگر، انجام واکنش در محیط آبی جالب و جذاب است چون استفاده از آن اقتصادی و دوستدار محیط زیست محسوب می شود [۲۱].

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد شیمیایی و دستگاهها

مواد شیمیایی به کار رفته در این تحقیق، از شرکت مرک آلمان تهیه و بدون نیاز به خالص سازی مورد استفاده قرار گرفتند. بعضی از حلال ها از شرکت مرک آلمان و برخی دیگر از شرکت ایرانی (دکتر مجللی) تهیه شد. پایش پیشرفت واکنش به وسیله کروماتوگرافی لایه نازک (TLC) و با استفاده از صفحات آلومینیومی پوشیده شده از سیلیکاژل ۶۰، GF254 ساخت شرکت مرک انجام شد. دمای ذوب ترکیبات سنتز شده، به وسیله دستگاه الکتروترمال ۹۱۰۰ اندازه گیری شد. طیف های زیر قرمز (FT-IR) با دستگاه طیف سنج Shimadzu-470 با ساختن قرص KBr ثبت شد. طیف های ^1H NMR و ^{13}C NMR با طیف سنج Bruker DRX-500 AVANCE به ترتیب در ۴۰۰ و ۱۰۰ مگاهرتز در حلال DMSO-d_6 ثبت شدند. جابجایی های شیمیایی نسبت به استاندارد تترامتیل سیلان (TMS) اندازه گیری شدند. تجزیه عنصری نمونه ها با دستگاه Carlo-Erba EA1110CNNO-S analyzer انجام گرفت.

۲-۲- روش تهیه پیرازول کربالدهید

پیرازول کربالدهید های مورد استفاده در این واکنش به روش زارع فکری و همکاران سنتز شد [۲۴].

۲-۳- روش عمومی سنتز ۷-بوتیرولاکتون به روش واکنش سه جزئی

به منظور سنتز مشتقات ۷-بوتیرولاکتون، در یک بالن مجهز به همزن، مشتقات آلدئید های متنوع سنتز شده

(1mmol, 0.1mL) اتیل پیروات (1mmol 1a, 0.27g; 1b, 0.26g; 1c, 0.29g; 1d, 0.28g; 1e, 0.24g; 1f, 0.28g; 1g, 0.16g) و N -برمو سوکسین ایمید (2mmol, 0.34g) در 10mL آب اضافه شد. سپس مخلوط واکنش به مدت ۶۰ دقیقه در دمای اتاق هم زده شد. بررسی پیشرفت واکنش به وسیله کروماتوگرافی لایه نازک (اتیل استات: پترولیوم اتر با نسبت ۴:۱) تشکیل محصول را نشان داد و پس از پایان واکنش، مخلوط واکنش با صاف کردن جداسازی شد. محصول جامد بدست آمده به وسیله مخلوط آب و اتانول تبلور مجدد شد. ساختار محصولات بدست آمده به وسیله طیف سنجی های FT-IR، 1H NMR، Mass، ^{13}C NMR و تجزیه عنصری مورد تایید قرار گرفت.

۴-۲-۴ داده های طیفی برخی محصولات به دست آمده

جدول ۱، ردیف ۱

۴-برمو-دی هیدرو-۵-۵-۴-متوکسی فنیل-۱-فنیل- H ۱-پیرازول-۳-ایل-فوران-۲،۳-دی اون

White solid, mp 134-136 °C, FT-IR (KBr): 1284 (C-O stretch), 1490, 1596 (aromatic C=C stretch), 1726 (C=O stretch), 2960 (aliphatic C-H stretch) cm^{-1} . 1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ 3.94 (s, 3H), 4.08 (s, 1H), 4.10 (s, 1H), 6.55 (dd, J = 6.4, 1.6 Hz, 2H), 7.48-7.55 (m, 2H), 7.59 (s, 2H), 7.71 (m, 2H), 7.92 (dd, J = 6.4, 1.9 Hz, 1H), 8.19 (d, J = 1.9 Hz, 1H) ppm. ^{13}C NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ 62.4, 71.2, 95.8, 110.4, 118.4, 122.6, 124.7, 126.7, 128.9, 131.6, 132.5, 135.8, 138.9, 145.3, 164.8, 193.6 ppm. HR-Ms (m/z 427). Anal Calc. for $C_{20}H_{15}BrN_2O_4$: C, 56.22; H, 3.54; N, 6.56. Found: C, 56.26; H, 3.57; N, 6.54.

جدول ۱، ردیف ۲

۴-برمو-دی هیدرو-۵-۵-۴-هیدروکسی فنیل-۱-فنیل- H ۱-پیرازول-۳-ایل-فوران-۲،۳-دی اون

White solid, mp 163-165°C, FT-IR (KBr): 1728 (C=O stretch), 2960 (aliphatic C-H stretch), 3068 (aromatic C-H stretch), 3419 (O-H stretch) cm^{-1} . 1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ 4.08 (s, 1H), 4.09 (s, 1H), 7.51-7.55 (m, 5H), 7.68-7.74 (m, 4H), 8.26 (s, 1H) ppm. ^{13}C NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ 71.8, 97.2, 110.6, 118.2, 125.8, 128.7, 128.8, 130.9, 132.4, 132.5, 135.1, 141.2, 148.3, 164.6, 199.8 ppm. HR-Ms (m/z 413). Anal Calc. for $C_{19}H_{13}BrN_2O_4$: C, 55.23; H, 3.17; N, 6.78. Found: C, 55.19; H, 3.17; N, 6.81.

جدول ۱، ردیف ۳

۴-برمو-دی هیدرو-۵-۵-۳-نیترو فنیل-۱-فنیل- H ۱-پیرازول-۳-ایل-فوران-۲،۳-دی اون

White solid, mp 174-176°C, FT-IR (KBr): 1282 (C-O stretch), 1344 (NO_2 symmetric stretch), 1521 (NO_2 Asymmetric stretch), 1596, 1631 (aromatic C=C stretch), 2960 (aliphatic C-H stretch) cm^{-1} . 1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ 4.09 (s, 1H), 4.10 (s, 1H), 7.33-7.38 (m, 1H), 7.47-7.56 (m, 2H), 7.59-7.65 (m, 2H), 7.70-7.74 (m, 2H), 8.06 (s, 1H), 8.25 (s, 1H), 8.38 (s, 1H) ppm. ^{13}C NMR (100 MHz,

DMSO-d₆) δ 71.8, 94.9, 118.9, 120.2, 122.4, 123.1, 127.4, 128.8, 129.1, 129.3, 129.6, 130.9, 132.7, 133.2, 133.3, 163.4, 191.2 ppm. HR-MS (m/z 442). Anal Calc. for C₁₉H₁₂BrN₃O₅: C, 51.60; H, 2.74; N, 9.50. Found: C, 51.64; H, 2.77; N, 9.49.

جدول ۱، ردیف ۴

۴-برمو-دی هیدرو-۵-(۵-کلرو فنیل)-۱-فنیل -H۱ -پیرازول-۳-ایل)فوران-۲،۳-دی اون

White solid, mp 146-148°C, FT-IR (KBr): 1282 (C-O stretch), 1492, 1595 (aromatic C=C stretch), 1726 (C=O stretch), 2923 (aliphatic C-H stretch) cm⁻¹. ¹H NMR (400 MHz, DMSO-d₆) δ 4.14 (s, 2H), 7.42 (d, J = 6.4 Hz, 2H), 7.56-7.59 (m, 5H), 7.92 (d, J = 6.4 Hz, 2H), 7.98 (s, 1H) ppm. ¹³C NMR (100 MHz, DMSO-d₆) δ 71.9, 93.9, 119.4, 119.8, 127.8, 127.9, 128.6, 128.9, 129.2, 131.6, 133.7, 137.4, 148.3, 168.4, 197.8 ppm. HR-MS (m/z 431). Anal Calc. for C₁₉H₁₂BrClN₂O₃: C, 52.87; H, 2.80; N, 6.49. Found: C, 52.86; H, 2.87; N, 6.44.

جدول ۱، ردیف ۵

۴-برمو-دی هیدرو-۵-(۵-دی فنیل -H۱ -پیرازول-۳-ایل) فوران-۲،۳-دی اون

White solid, mp 143-145°C, FT-IR (KBr): 1280 (C-O stretch), 1514, 1596 (aromatic C=C stretch), 1726 (C=O stretch), 2960 (aliphatic C-H stretch), 3066 (aromatic C-H stretch) cm⁻¹. ¹H NMR (400 MHz, DMSO-d₆) δ 4.09 (s, 1H), 4.22 (s, 1H), 7.37-7.50 (m, 3H), 7.52-7.57 (m, 2H), 7.60 (d, J = 6.7 Hz, 1H), 7.70-7.76 (m, 3H), 7.97-8.02 (m, 1H), 8.03 (s, 1H) ppm. ¹³C NMR (100 MHz, DMSO-d₆) δ 71.8, 94.4, 118.8, 126.9, 127.7, 128.3, 128.8, 129.5, 130.9, 131.7, 132.3, 139.5, 150, 165.3, 197.4 ppm. HR-MS (476). Anal Calc. for C₁₉H₁₃BrN₂O₃: C, 57.45; H, 3.30; N, 7.05. Found: C, 57.41; H, 3.32; N, 7.04.

جدول ۱، ردیف ۶

۴-برمو-۵-(۵-کلرو فنیل)-۱-فنیل -H۱ -پیرازول-۳-ایل)-دی هیدرو فوران-۲،۳-دی اون

White solid, mp 233-235°C, FT-IR (KBr): 1099, 1237 (C-O stretch), 1593, 1670 (aromatic C=C stretch), 1726 (C=O stretch) cm⁻¹. ¹H NMR (400 MHz, DMSO-d₆) δ 4.08 (s, 1H), 4.10 (s, 1H), 7.24-7.27 (m, 2H), 7.48-7.55 (m, 4H), 7.64-7.70 (m, 1H), 7.73 (dd, J = 5.7, 3.3 Hz, 1H), 7.96-7.98 (m, 1H), 8.01 (s, 1H) ppm. ¹³C NMR (100 MHz, DMSO-d₆) δ (ppm): δ 70.7, 93.6, 118.4, 123.4, 123.9, 128.0, 128.8, 128.9, 129.3, 129.8, 130.8, 133.6, 136.9, 139.0, 139.4, 151.7, 154.6, 197.2 ppm. HR-MS (m/z 431). Anal Calc. for C₁₉H₁₂BrClN₂O₃: C, 52.87; H, 2.80; N, 6.49. Found: C, 52.89; H, 2.72; N, 6.44.

جدول ۱، ردیف ۷

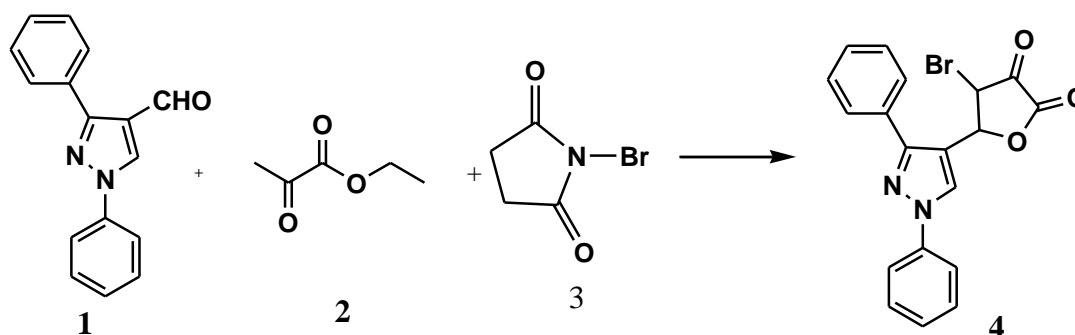
۴-برمو-دی هیدرو-۵-(H۱ -ایندول-۳-ایل)فوران-۲،۳-دی اون

White solid, mp 246-248°C, FT-IR (KBr): 1095, 1234 (C-O stretch), 1435 and 1589 (aromatic C=C stretch), 1733 (C=O stretch) cm⁻¹; ¹H NMR (400 MHz, DMSO-d₆) δ 4.07 (s, 1H), 4.09 (s, 1H), 7.45 (d, J = 1.6 Hz, 1H), 7.53 (dd, J = 5.6, 3.3 Hz, 1H), 7.59 (d, J = 6.7 Hz, 1H), 7.66 (d, J = 6.6 Hz, 1H), 7.73

(dd, $J = 6.6, 3.2$ Hz, 1H), 8.31 (s, 1H, NH) ppm. ^{13}C NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ 71.0, 93.7, 118.9, 127.8, 129.9, 135.4, 136.8, 138.9, 142.3, 151.6, 153.7, 197.1 ppm. HR-MS (m/z 294). Anal. Calc. for $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{BrNO}_3$: C, 49.01; H, 2.74; N, 4.76. Found: C, 49.09; H, 2.72; N, 4.79.

۳- بحث و نتیجه گیری

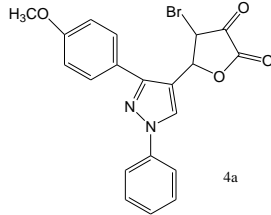
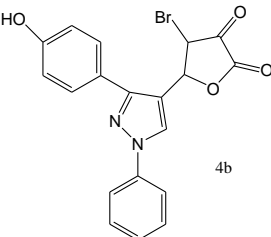
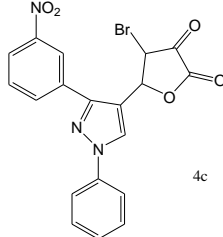
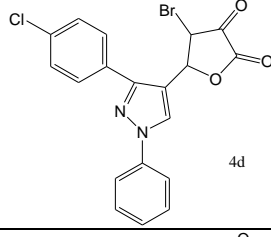
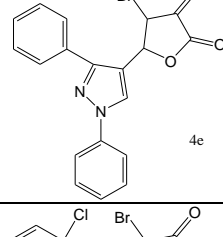
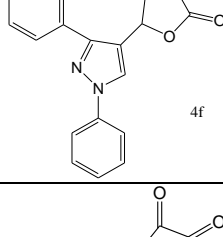
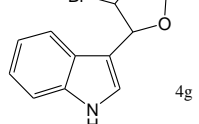
در ادامه تحقیقات خود در زمینه سنتز ترکیبات هتروسیکلی و زیستی [۲۲-۲۸] یک روش ساده و سه جزیی برای سنتز ۷- بوتیرولاکتون **۴a-g** در محیط آبی با استفاده از پیرازول کربالدهید های سنتز شده، اتیل پیرووات و *N*-برموسوکسین ایمید ارایه می شود (شمای ۱).



شمای ۱- سنتز بوتیرولاکتون های دارای اتصال پیرازولی با استفاده از واکنش چندجزیی

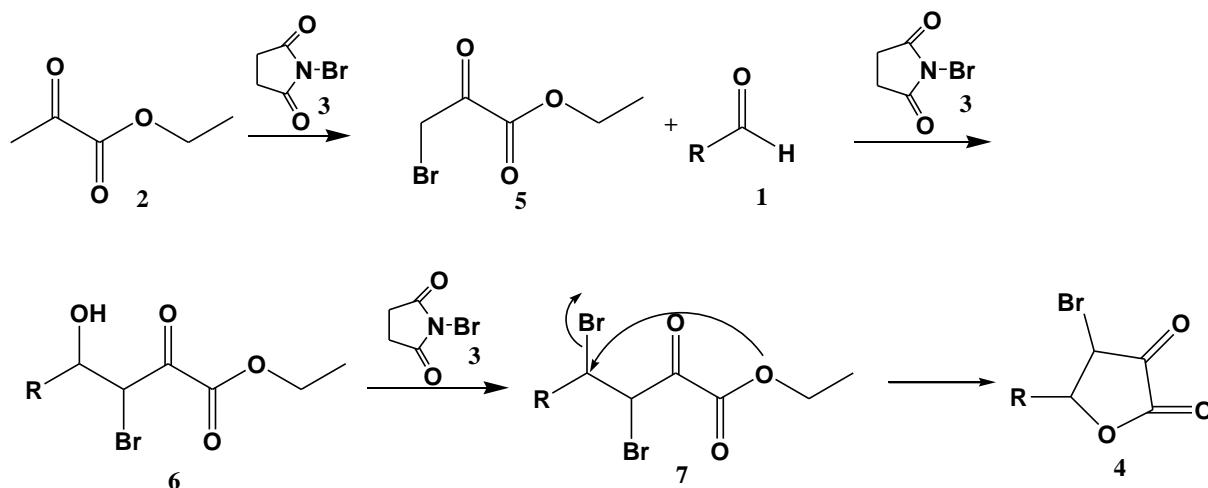
این واکنش با پیرازول کربالدهید های دارای گروه های الکترون کشنده مانند NO_2 و Cl و Br (موارد ۶ و ۳، ۴) منجر به تهیه بوتیرولاکتون مورد نظر با بازده خوب شد و همچنین پیرازول کربالدهید دارای گروه الکترون دهنده روی حلقه آروماتیک (موارد ۲ و ۱) نیز محصولات بوتیرولاکتون را با بازده خوب تولید کردند. در گام آخر ایندول-۳- کربالدهید به عنوان سوبسترا مورد استفاده قرار گرفت. داده ها در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱: سنتز بوتیرولاکتون با واکنش چند جزئی

ردیف	محصول الف	زمان (ساعت)	بازده (%)	دمای ذوب (°C)
۱		۱/۵	۸۸	۱۳۶-۱۳۴
۲		۱/۵	۸۳	۱۶۵-۱۶۳
۳		۱	۹۴	۱۷۶-۱۷۴
۴		۱	۹۴	۱۴۸-۱۴۶
۵		۱/۵	۸۵	۱۴۵-۱۴۳
۶		۲	۸۶	۲۳۵-۲۳۳
۷		۲	۹۳	۲۴۸-۲۴۶

الف. ساختار این فرآورده با روش های طیف سنجی FT-IR، $^1\text{H NMR}$ ، $^{13}\text{C NMR}$ و تجزیه عنصری مورد تأیید قرار گرفت.

مکانیسم واکنش مطابق شمای ۲ پیشنهاد می شود. ابتدا پروتون α اسیدی اتیل پیرووات ۲ به وسیله NBS برم دار شده و سپس کربن فعال موجود در ترکیب ۵ طی یک حمله هسته دوستی به آلدهید ۱ حدواسط ۶ را تولید می کند. در حضور هم ارز دوم NBS، برم با گروه هیدروکسیل جانشین می شود و حدواسط ۷ تهیه می شود. در ادامه واکنش درون مولکولی منجر به تولید لاکتون ۴ می شود.



شمای ۲. مکانیسم پیشنهادی واکنش سه جزیی سنتز لاکتون

ساختار همه ترکیبات با طیف سنجی FT-IR، $^1\text{H NMR}$ ، $^{13}\text{C NMR}$ ، طیف جرمی و تجزیه عنصری مورد تأیید قرار گرفت.

به منظور مقایسه میزان موثر بودن این روش، سنتز ۴-برمو-دی هیدرو-۵-۵-(۴-متوکسی فنیل)-۱-فنیل-۱-فنیل-۳-پیرازول-۳-یل(فوران-۲،۳-دی اون به عنوان واکنش الگو در شرایط مشابه ولی با ترکیبات دیگر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۲. مقایسه عملکرد NBS با برخی ترکیبات مشابه در سنتز محصول ۴ a

بازده (%)	زمان (ساعت)	شرایط واکنش
۸۷	۲	DBH
۸۳	۲/۵	TCCA
۸۳	۲	NCS
۸۸	۱/۵	NBS

۴- خلاصه

در این تحقیق دسته ای از γ -بوتیرولاکتون جدید دارای اتصال پیرازولی و ایندولی با استفاده از واکنش سه جزیی آلدهید، اتیل پیرووات و N -برموسوکسین ایمید سنتز شدند. ساختار این فرآورده ها با طیف سنجی FT-IR، $^1\text{HNMR}$ ، $^{13}\text{CNMR}$ و تجزیه عنصری مورد تأیید قرار گرفت. با استفاده از این شرایط، بهبود قابل ملاحظه ای در زمان انجام واکنش ها و بازده آن ها ایجاد شد. همچنین، این روش از قواعد شیمی سبز پیروی کرده و کمترین آلودگی زیست محیطی را به همراه دارد. مطالعه استخلاف

های متنوع روی حلقه آروماتیک سوبسترا بیانگر آن است که استخلاف های الکترون دهنده و همچنین استخلاف های الکترون کشنده، این واکنش را با بازده خوب و زمان نسبتاً کوتاه انجام می دهند. فرایند آسان، جداسازی راحت، استفاده از مواد اولیه ارزان و روش دوست دار محیط زیست از مزایای این روش است.

۵- تقدیر و تشکر

نویسنده وظیفه خود می داند تا از حمایت های دانشگاه پیام نور استان گیلان و دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، در جهت انجام این کار تحقیقاتی، کمال تشکر را داشته باشد.

۶- مراجع

- [1] a) S. Huang, L. Yang, W. Xiao, C. Lei, J. Liu, Y. Lu, Z. Weng, L. Li, R. Li, J. Yu, Q. Zheng and H. Sun, *Chem. Eur. J.* 13 (2007) 4816; b) H. N. Kamel, D. Ferreira, L. F. Garcia-Fernandez and M. Slattery, *J. Nat. Prod.* 70 (2007) 1223; c) Y. Wang, C. Tang, P. Dien and Y. Ye, *J. Nat. Prod.* 70 (2007) 1356; d) T. Hu, I. W. Burton, A. D. Cembella, J. M. Curtis, M. A. Quilliam, J. A. Walter and J. L. C. Wright, *J. Nat. Prod.* 64 (2001) 308; e) T. Seki, M. Satake, L. MacKenzie, H. F. Kaspar and T. Yasumoto, *Tetrahedron Lett.* 36 (1995) 7093; f) J. S. Roach, P. LeBlanc, N. I. Lewis, R. Munday, M. A. Quilliam and S. L. MacKinnon, *J. Nat. Prod.* 72 (2007) 1237-1240; g) B. M. Fraga, *Nat. Prod. Rep.* 19 (2002) 650; h) C. E. Cook, L. P. Whichard, B. Turner, M. E. Wall and G. H. Egley, *Science* 154 (1966) 1189; i) R. A. Fernandes, P. H. Patil and A. K. Chowdhury, *Asian J. Org. Chem.* 3 (2014) 58; j) A. de Fa'tima, L. K. Kohn, M. Aparecid, Anto, J. E. de Carvalho and R. A. Pilli, *Bioorg. Med. Chem.* 13 (2005) 2927; k) S. B. Buck, C. Hardouin, S. Ichikawa, D. R. Soenen, C. -M. Gauss, I. Hwang, M. R. Swingle, K. M. Bonness, R. E. Honkanen and D. L. Boger, *J. Am. Chem. Soc.* 125 (2003) 15694. l) F. Doragi, M. Javaherian, *J. of Applied chemistry*, 13 (1397) 189.
- [2] C. W. Cho and M. J. Krische, *Angew. Chem.* 116 (2004) 6857.
- [3] C. Shu, M. -Q. Liu, Y. -Z. Sun and L. -W. Ye, *Org. Lett.* 14 (2012) 4958.
- [4] T. Dohi, N. Takenaga, A. Goto, A. Maruyama and Y. Kita, *Org. Lett.* 9 (2007) 3129.
- [5] S. K. Murphy and V. M. Dong, *J. Am. Chem. Soc.* 135 (2013) 5553.
- [6] C. -G. Yang, N. W. Reich, Z. Shi and C. He, *Org. Lett.* 7 (2005) 4553.
- [7] P. Y. Toullec, E. Genin, S. Antonioti, J. -P. Genêt and V. Michelet, *Synlett* (2008) 707.
- [8] L. Huang, H. Jiang, C. Qi and X. Liu, *J. Am. Chem. Soc.* 132 (2010) 17652.
- [9] S. Bonollo, A. Z. Ahmady, C. Petrucci, A. Marocchi, F. Pizzo and L. Vaccaro, *Org. Lett.* 16 (2014) 5721.
- [10] B. Beck, M. Magnin-Lachaux, E. Herdtweck and A. Domling, *Org. Lett.* 3 (2001) 2875.
- [11] P. I. Dalko and L. Moisan, *Angew. Chem. Int. Ed.* 43 (2004) 5138.
- [12] K. Surendra, N. S. Krishnaveni, V. P. Kumar, R. Sridhar and K. R. Rao, *Tetrahedron Lett.* 46 (2005) 4581.

- [13] B. Karimi, H. Hazarkhani and J. Maleki, *Synthesis* (2005) 279.
- [14] S. K. Talluri and A. Sudalai, *Org. Lett.* 7 (2005) 855.
- [15] N. S. Krishnaveni, K. Surendra and K. R. Rao, *Adv. Synth. Catal.* (2004) 346.
- [16] R. Rajagopal, D. V. Jarikote, R. J. Lahoti, D. Thomas and K. V. Srinivasan, *Tetrahedron Lett.* 44 (2003) 1815.
- [17] A. Podgorsek, S. Stavber, M. Zupan and J. Iskra, *Tetrahedron Lett.* 47 (2006) 1097.
- [18] I. Pravst, M. Zupan and S. Stavbre, *Tetrahedron Lett.* 47 (2006) 4707.
- [19] J. Wu, W. Sun, X. Sun and H. -G. Xia, *Green Chem.* 8 (2006) 365.
- [20] C. -W. Kuo, S. V. More and C. -F. Yao, *Tetrahedron Lett.* 47 (2006) 8523.
- [21] (a) C. J. Li, *Chem. Rev.* 105 (2005) 3095. (b) M. O. Simon and C. J. Li, *Chem. Soc. Rev.* 41 (2012) 1415.
- [22] L. Zare, N. O. Mahmoodi, A. Yahyazadeh and M. Mamaghani, *Synth. Commun.* 41 (2011) 2323.
- [23] L. Zare, N. O. Mahmoodi, A. Yahyazadeh and M. Nikpassand, *Ultrason. Sonochem.* 19 (2012) 740.
- [24] L. Zare Fekri, M. Nikpassand and K. Hassanpour, *Curr. Org. Syn.* 12 (2015) 76.
- [25] L. Zare Fekri and M. Nikpassand, *Russ. J. Gen. Chem.* 84 (2014) 1825.
- [26] L. Z. Fekri and R. Maleki, *J. Hetero. Chem.* 54 (2017) 1167.
- [27] L. Z. Fekri, M. Nikpassand and R. Maleki, *J. Mol. Liq.* 222 (2016) 77.
- [28] M. Nikpassand and L. Zare Fekri, *J. of Applied chemistry*, 14 (1398) 323.

