





دانشگاه مازندران - دانشکده شیمی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته شیمی آلی

موضوع:

سنتر اسپرو پیرولیدین های جدید از طریق واکنش حلقه افزایشی چند جزئی

۳،۱- دو قطبی

استاد راهنما:

دکتر یعقوب صرانی

استاد مشاور:

دکتر موسی قائمی

دانشجو:

آیه اصغری

اردیبهشت ۱۳۹۰

پاسکزاری

اکنون در آستانه‌ی نو، برپاس نعمت بی‌حد و پروردگار بر خود لازم می‌دانم پاسکزار تمام غیزانی باشم که در برابر سختی‌ها و ناملایات روزگار یاریم نمودند. از پدر و مادر مهربانم که همواره در مراحل مختلف زندگی یاری رسان من بوده‌اند بسیار پاسکزارم و دست‌های پینه‌زده‌شان را می‌بوسم. همچنین از برادر و خواهرانم که همیشه مشوق من در مراحل مختلف تحصیلی بوده‌اند ممنونم.

از همسر و خانواده محترمشان که یاری‌دهنده و مشوق همیشگی من بوده‌اند بسیار پاسکزارم.

از جناب آقای دکتر یعقوب صرانی، استاد محترم راهنما، که در مراحل مختلف این پژوهش همواره یاری‌دهنده بوده و با کمک و تکمیل و پروراندن این پژوهش من را حمایت نموده‌اند نهایت تقدیر و تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر موسی قائمی، استاد محترم مشاور، که از راهنمایی‌ها و هدایت‌های علمی ایشان در طول انجام این تحقیق بهره‌مند بوده‌ام، کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر کمال علی محمدی که لطف همیشگی ایشان در اجرای مراحل مختلف رساله شامل حال من بوده است، تشکر فراوان دارم.

همچنین لازم می‌دانم از همکاری صمیمانه مسئولین محترم دانشکده شیمی و کارکنان محترم واحدهای انبار مواد شیمیایی، شیشه‌گری، کتابخانه، انتشارات، آزمایشگاه Mass، NMR و تیم تحقیقاتی آزمایشگاه دکتر صرانی خانم‌شهابی، حمزه لونیان، رجب پور و آقای همراستی کمال تشکر و قدردانی داشته باشم و از دوستانم در آزمایشگاه‌های شیمی آلی و پلیمر بویژه خانم‌های شیمی برای همکاری‌های فراوانشان بسیار ممنون و متشکرم.

آسیه اصغری

اردیبهشت ۱۳۹۰

تقدیم بہ

پدر و مادر عزیزم

فصل اول:

مقدمه

فصل دوم:

تجربی

فصل سوم:

بحث و نتیجه گیری

فصل چہارم:

طیف

فصل پنجم:

مراجع

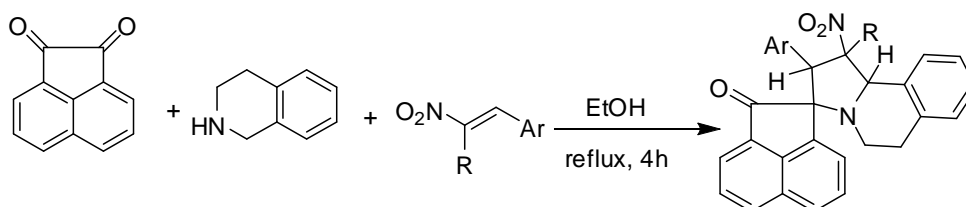
پوست

چکیده

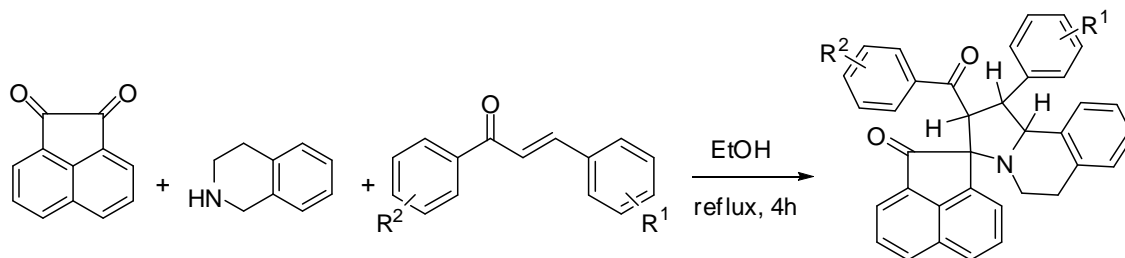
واکنش‌های حلقه افزایی ۳،۱-دوقطبی به عنوان یک روش مناسب جهت تولید ترکیب‌های هتروسیکل پنج عضوی استفاده می‌شوند. یکی از مهمترین ترکیبات هتروسیکل، پیرولیدین و مشتقات آن پیرولیزیدین و ایندولیزیدین‌ها می‌باشند، که خاصیت زیست شناختی و دارویی دارند. افزایش نیاز به آکالوئیدهای ایندولیزیدین و پیرولیزیدین به خاطر فعالیت زیست شناختی باعث شده است که این دسته از ترکیبات در سنتز آلی مورد توجه بسیار قرار گیرند.

در این پایان‌نامه سعی بر آن شده است که به تشریح روشی مدرن و راحت برای سنتز مشتقات نوینی از اسپایرو ایندولیزیدین‌ها از طریق واکنش ۳،۱-دوقطبی پردازیم. دوقطبی دوست‌های به‌کار رفته در این واکنش‌ها مشتقات مختلفی از ترانس بتا نیترواستایرن و چالکون می‌باشند که دارای خواص دارویی و زیست‌شناختی فراوانی هستند و این خواص در محصول حاصل از حلقه افزایی آنها نیز حفظ می‌شوند. آزومتین ایلیدهای حاصل از طریق مهاجرت ۵،۱-پروتون به عنوان ۳،۱-دوقطبی مورد استفاده قرار گرفته اند.

در این رابطه سنتز مشتقات مختلف از ۱-نیترو-۲-آریل-۲،۵،۶،۱۰b-تراهایدرو-۱،۲H-اسپیرو[اسنفتیلین-۱،۳-پیرولو[۱،۲]-a] ایزوکینولین]-۲-اون از تراکم مشتقات اسنفتوکینون، ۱،۲،۳،۴-تراهایدروایزوکوئینولین و مشتقات مختلف ترانس- β -نیترواستایرن در شرایط رفلکس در حلال اتانول را گزارش می‌کنیم. مشتقات ترانس- β -نیترواستایرن از واکنش هنری بین نیترومتان و آلدهیدهای آروماتیک مناسب سنتز شده‌اند.



همچنین مشتقات ۲' - آریل - ۱' - آریل - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو- ۱'H, ۲H - اسپيرو[اسنفتیلین-۱, ۳- پیرولو[۱,۲-a] ایزوکینولین]-۲- اون از تراکم مشتقات اسنفتوکینون، ۱, ۲, ۳, ۴- تتراهیدروایزوکوئینولین و مشتقات مختلف چالکون در شرایط رفلکس در حلال اتانول تهیه شده است. مشتقات چالکون از واکنش تراکمی کلایزن- اشمیت بین کتون‌های مختلف و آلدهیدهای آروماتیک مناسب سنتز شده‌اند.



واژه‌های کلیدی: واکنش حلقه افزایی ۳,۱- دوقطبی، آزومتین ایلید، ایندولیزیدین، ترانس- β - نیترواستایرن، چالکون.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه:	۱
۱-۱- ایندولیزیدین	۱
۲-۱- سنتز آلکالوئیدهای ایندولیزیدینی	۲
۱-۲-۱- سنتز از طریق دی ان آلدئیدها	۲
۲-۲-۱- استفاده از ترکیبات لاکتام	۳
۳-۲-۱- سنتز به کمک ترکیبات نیکل	۴
۴-۲-۱- سنتز از طریق β و γ -کلرو آمین ها و استیلنیک سولفون ها	۴
۵-۲-۱- سنتز از طریق واکنش‌های حلقه زایی ۱،۳-دوقطبی نایترون ها	۵
۳-۱- چالکون	۶
۴-۱- روش‌های تهیه چالکون ها	۷
۱-۴-۱- واکنش جفت شدن آریل آلکین ها با آلدئیدها	۷
۲-۴-۱- واکنش تراکم کلایزن- اشمیت کتون‌ها و آریل آلدئیدها	۸
۳-۴-۱- واکنش سوزوکی فنیل وینیل برونیک اسید و بنزوئیل کلرید	۸
۵-۱- کاربرد چالکون‌ها در واکنش‌های آلی	۹
۱-۵-۱- واکنش چالکون‌ها با فنیل هیدرازین	۹
۲-۵-۱- واکنش چالکون‌ها با استواستانیلید	۹
۳-۵-۱- واکنش چالکون‌ها با پراکسیدها	۱۰
۴-۵-۱- واکنش چالکون‌ها با اوره یا تیو اوره	۱۰
۶-۱- β - نیترواستایرن	۱۰

عنوان	صفحه
۷-۱- مشتقات β - نیترواستایرن.....	۱۲
۸-۱- روش‌های تهیه β - نیترواستایرن :	۱۲
۸-۱-۱- واکنش تراکمی ناوناگل :	۱۲
۸-۱-۲- سنتز سبز β - نیترواستایرن با استفاده از مایعات یونی	۱۳
۸-۱-۳- سنتز β - نیترواستایرن در شرایط مایکروویو	۱۳
۹-۱- واکنش‌های β - نیترواستایرن	۱۴
۹-۱-۱- β - نیترواستایرن در سنتز مشتقات پیرول :	۱۴
۹-۱-۲- β - نیترواستایرن در سنتز نیتریل‌ها توسط PCl_3	۱۴
۹-۱-۳- واکنش حلقه‌افزایی β - نیترواستایرن	۱۴
۱۰-۱- واکنش حلقه‌افزایی	۱۶
۱۱-۱- تاریخچه واکنش‌های حلقه‌افزایی ۱.۳- دوقطبی	۱۷
۱۲-۱- حلقه‌افزایی ۱.۳- دوقطبی	۱۸
۱۳-۱- مکانیسم واکنش‌های حلقه‌افزایی ۱.۳- دوقطبی	۱۹
۱۴-۱- گزینش پذیری در واکنش‌های حلقه‌افزایی ۱.۳- دوقطبی	۲۲
۱۴-۱-۱- ناحیه‌گزینی	۲۲
۱۴-۱-۲- فضا‌گزینی	۲۳
۱۵-۱- آزومتین‌ایلید	۲۵
۱۵-۱-۱- ساختار آزومتین‌ایلید	۲۵
۱۵-۱-۲- واکنشگری آزومتین‌ایلید	۲۶
۱۶-۱- روش‌های تهیه آزومتین‌ایلید	۲۸

- ۱-۱۶-۱- کربوکسیل زدایی ۲۸
- ۱-۱۶-۲- تشکیل آزومتین ایلید از واکنش بین آلدهید و آمینواسیدهای نوع دوم ۲۹
- ۱-۱۶-۳- سنتز به واسطه مهاجرت ۱،۵ پروتون ۲۹
- ۱-۱۶-۴- سنتز از طریق واکنش با فلز (متالاسیون) ۳۰
- ۱-۱۶-۵- تشکیل آزومتین ایلید از پیریدین ها و پیرازین ها ۳۱
- ۱-۱۶-۶- روش های دیگر تهیه آزومتین ایلید ۳۱
- ۱۷-۱- اهمیت ترکیبات اسپرو ۳۲
- ۱۸-۱- روش های تهیه ترکیبات اسپرو ۳۳
- ۱-۱۸-۱- تهیه ترکیبات اسپرو از طریق واکنش حلقه افزایشی ۱،۳-دوقطبی ۳۳
- ۱-۱۸-۲- تهیه ترکیبات اسپرو با استفاده از تابش فراصوت ۳۶
- ۱-۱۸-۳- تهیه ترکیبات دی اسپرو در شرایط بدون حلال و تحت تابش مایکروویو ۳۷
- ۱-۱۸-۴- تهیه ترکیبات دی اسپرو با کاتالیزور هتروپلی اسید ۳۷
- ۱-۱۸-۵- تهیه اسپروپیرولیدین از طریق شکست حرارتی آزیریدین ها ۳۸
- ۱۹-۱- هدف پژوهش: ۳۹
- بخش تجربی (روش ها و داده های تحقیق) ۴۰
- ۱-۲- اطلاعات عمومی ۴۰
- ۲-۲- روش تهیه مشتقات ترانس- β - نیترواستایرن ۴۰
- ۳-۲- روش تهیه β - متیل - β - نیترواستایرن ۴۱
- ۴-۲- روش تهیه مشتقات ۱- نیترو- ۲- آریل - ۳، ۵، ۶، ۱۰b- تتراهیدرو- ۱،۲H- اسپرو[اسنفتیلن-۱]،
- ۳- پیرولو[۱،۲-a] ایزو کینولین]-۲-اون ۴۲

- ۲-۴-۱- تهيه ۱- نيترو- ۲- فنيل- ۲', ۵', ۶', ۱۰b'- تتراهيدرو- ۱'H, ۲H- اسپيرو[اسنفتيلن-۱, ۳]-
 ۴۴..... پيرولو [a-۱,۲] ايزوكينولين-۲-اون (۴a)
- ۲-۴-۲- تهيه ۲- (۴-فلوئوروفنيل)- ۱-نيترو- ۲', ۵', ۶', ۱۰b'- تتراهيدرو- ۱'H, ۲H- اسپيرو[اسنفتيلن-۱, ۳]-
 ۴۴..... پيرولو [a-۱,۲] ايزوكينولين-۲-اون (۴b)
- ۲-۴-۳- تهيه ۲- (۴-كلروفنيل)- ۱-نيترو- ۲', ۵', ۶', ۱۰b'- تتراهيدرو- ۱'H, ۲H- اسپيرو[اسنفتيلن-۱, ۳]-
 ۴۵..... پيرولو [a-۱,۲] ايزوكينولين-۲-اون (۴c)
- ۲-۴-۴- تهيه ۲- (۴-بروموفنيل)- ۱-نيترو- ۲', ۵', ۶', ۱۰b'- تتراهيدرو- ۱'H, ۲H- اسپيرو[اسنفتيلن-۱, ۳]-
 ۴۶..... پيرولو [a-۱,۲] ايزوكينولين-۲-اون (۴d)
- ۲-۴-۵- تهيه ۲- (۴-متيلوفنيل)- ۱-نيترو- ۲', ۵', ۶', ۱۰b'- تتراهيدرو- ۱'H, ۲H- اسپيرو[اسنفتيلن-۱, ۳]-
 ۴۷..... پيرولو [a-۱,۲] ايزوكينولين-۲-اون (۴e)
- ۲-۴-۶- تهيه ۲- (۴-متوكسى فنيل)- ۱-نيترو- ۲', ۵', ۶', ۱۰b'- تتراهيدرو- ۱'H, ۲H- اسپيرو[اسنفتيلن-۱, ۳]-
 ۴۸..... پيرولو [a-۱,۲] ايزوكينولين-۲-اون (۴f)
- ۲-۴-۷- تهيه ۲- (۳-متوكسى فنيل)- ۱-نيترو- ۲', ۵', ۶', ۱۰b'- تتراهيدرو- ۱'H, ۲H- اسپيرو[اسنفتيلن-
 ۴۸..... پيرولو [a-۱,۲] ايزوكينولين-۲-اون (۴g)
- ۲-۴-۸- تهيه ۲- (۴-دى متيل آمينو) فنيل)- ۱-نيترو- ۲', ۵', ۶', ۱۰b'- تتراهيدرو- ۱'H, ۲H-
 ۴۹..... اسپيرو[اسنفتيلن-۱, ۳]- پيرولو [a-۱,۲] ايزوكينولين-۲-اون (۴h)
- ۲-۴-۹- تهيه ۲- (۴-نيتروفنيل)- ۱-نيترو- ۲', ۵', ۶', ۱۰b'- تتراهيدرو- ۱'H, ۲H- اسپيرو[اسنفتيلن-۱, ۳]-
 ۵۰..... پيرولو [a-۱,۲] ايزوكينولين-۲-اون (۴i)
- ۲-۴-۱۰- تهيه ۲- (۴-سيانوفنيل)- ۱-نيترو- ۲', ۵', ۶', ۱۰b'- تتراهيدرو- ۱'H, ۲H- اسپيرو[اسنفتيلن-۱, ۳]-
 ۵۱..... پيرولو [a-۱,۲] ايزوكينولين-۲-اون (۴j)
- ۲-۴-۱۱- تهيه ۲- (۲-كلرو-۵-نيتروفنيل)- ۱-نيترو- ۲', ۵', ۶', ۱۰b'- تتراهيدرو- ۱'H, ۲H-
 ۵۲..... اسپيرو[اسنفتيلن-۱, ۳]- پيرولو [a-۱,۲] ايزوكينولين-۲-اون (۴k)
- ۲-۴-۱۲- تهيه ۱-متيل- ۱-نيترو- ۲-فنيل- ۲', ۵', ۶', ۱۰b'- تتراهيدرو- ۱'H, ۲H- اسپيرو[اسنفتيلن-۱, ۳]-
 ۵۳..... پيرولو [a-۱,۲] ايزوكينولين-۲-اون (۴l)

- ۵-۲- تهیه بنزال استوفنون (چالکون) و مشتق های آن ۵۴
- ۶-۲- روش تهیه مشتقات ۲- آریل - ۱- آریل - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو- ۱'H, ۲H - اسپيرو[اسنفتیلن-۱, ۳- پیرولو [a-۱,۲] ایزو کینولین] - ۲-اون ۵۵
- ۲-۶-۱- تهیه ۲- بنزوئیل - ۱- فنیل - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو- ۱'H, ۲H - اسپيرو[اسنفتیلن-۱, ۳- پیرولو [a-۱,۲] ایزو کینولین] - ۲-اون (۶a) ۵۶
- ۲-۶-۲- تهیه ۲- بنزوئیل - ۱- (۴-فلوئوروفنیل) - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو- ۱'H, ۲H - اسپيرو[اسنفتیلن-۱, ۳- پیرولو [a-۱,۲] ایزو کینولین] - ۲-اون (۶b) ۵۷
- ۲-۶-۳- تهیه ۲- بنزوئیل - ۱- (۴-کلروفنیل) - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو- ۱'H, ۲H - اسپيرو[اسنفتیلن-۱, ۳- پیرولو [a-۱,۲] ایزو کینولین] - ۲-اون (۶c) ۵۸
- ۲-۶-۴- تهیه ۲- بنزوئیل - ۱- (۴-بروموفنیل) - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو- ۱'H, ۲H - اسپيرو[اسنفتیلن-۱, ۳- پیرولو [a-۱,۲] ایزو کینولین] - ۲-اون (۶d) ۵۹
- ۲-۶-۵- تهیه ۲- بنزوئیل - ۱- (۴-متیل فنیل) - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو- ۱'H, ۲H - اسپيرو[اسنفتیلن-۱, ۳- پیرولو [a-۱,۲] ایزو کینولین] - ۲-اون (۶e) ۵۹
- ۲-۶-۶- تهیه ۲- بنزوئیل - ۱- (۴-متوکسی فنیل) - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو- ۱'H, ۲H - اسپيرو[اسنفتیلن-۱, ۳- پیرولو [a-۱,۲] ایزو کینولین] - ۲-اون (۶f) ۶۰
- ۲-۶-۷- تهیه ۲- بنزوئیل - ۱- (۴-نیتروفنیل) - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو- ۱'H, ۲H - اسپيرو[اسنفتیلن-۱, ۳- پیرولو [a-۱,۲] ایزو کینولین] - ۲-اون (۶g) ۶۱
- ۲-۶-۸- تهیه ۲- (۴-متوکسی بنزوئیل) - ۱- فنیل - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو- ۱'H, ۲H - اسپيرو[اسنفتیلن-۱, ۳- پیرولو [a-۱,۲] ایزو کینولین] - ۲-اون (۶h) ۶۲
- ۲-۶-۹- تهیه ۲- (۴-کلروبنزوئیل) - ۱- فنیل - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو- ۱'H, ۲H - اسپيرو[اسنفتیلن-۱, ۳- پیرولو [a-۱,۲] ایزو کینولین] - ۲-اون (۶i) ۶۳
- ۲-۶-۱۰- تهیه ۲- (۳-کلروبنزوئیل) - ۱- فنیل - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو- ۱'H, ۲H - اسپيرو[اسنفتیلن-۱, ۳- پیرولو [a-۱,۲] ایزو کینولین] - ۲-اون (۶j) ۶۴

- ۱۱-۶-۲- تهپه ۲' - (۴-متوکسی بنزوئیل) - ۱' - (۴-متوکسی فنیل) - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو - ۱'H, ۲H -
 اسپيرو|اسنفتیلن-۱, ۳' - پيرولو [a - ۱,۲] ايزو کينولين [۲-اون (۶k) ۶۴
- ۱۲-۶-۲- تهپه ۲' - (۳-کلروبنزوئیل) - ۱' - (۴-کلروفنیل) - ۲', ۵', ۶', ۱۰b' - تتراهیدرو - ۱'H, ۲H -
 اسپيرو|اسنفتیلن-۱, ۳' - پيرولو [a - ۱,۲] ايزو کينولين [۲-اون (۶ا) ۶۵
- ۶۷ بحث و نتیجه گیری
- ۱-۳- واکنش حلقه افزایی آزومتین ایلید حاصل از اسنفتوکینون، ۱,۲,۳,۴ تتراهیدرو ایزو کوئینولین با مشتقات β-
 نیترواستایرن ۶۷
- ۱-۱-۳- واکنش حلقه افزایی آزومتین ایلید حاصل از اسنفتوکینون، ۱,۲,۳,۴ تتراهیدرو ایزو کوئینولین با β-
 نیترواستایرن ۶۸
- ۲-۱-۳- واکنش حلقه افزایی آزومتین ایلید حاصل از اسنفتوکینون، ۱,۲,۳,۴ تتراهیدرو ایزو کوئینولین با ۴ -
 برومو - β- نیترواستایرن ۶۹
- ۳-۱-۳- واکنش حلقه افزایی آزومتین ایلید حاصل از اسنفتوکینون، ۱,۲,۳,۴ تتراهیدرو ایزو کوئینولین با β-
 متیل - β- نیترواستایرن ۷۰
- ۲-۳- واکنش حلقه افزایی آزومتین ایلید حاصل از اسنفتوکینون و ۱,۲,۳,۴- تترا هیدرو ایزو کوئینولین با مشتقات
 چالکون ۷۲
- ۱-۲-۳- واکنش حلقه افزایی آزومتین ایلید حاصل از اسنفتوکینون و ۱,۲,۳,۴- تترا هیدرو ایزو کوئینولین با
 چالکون ۷۲
- ۲-۲-۳- واکنش حلقه افزایی آزومتین ایلید حاصل از اسنفتوکینون و ۱,۲,۳,۴- تترا هیدرو ایزو کوئینولین با ۴ -
 فلوئورو چالکون ۷۳
- ۳-۲-۳- واکنش حلقه افزایی آزومتین ایلید حاصل از اسنفتوکینون و ۱,۲,۳,۴- تترا هیدرو ایزو کوئینولین با ۴' -
 متوکسی چالکون ۷۵
- ۳-۳- الگوی شکستگی Mass ۷۶
- ۴-۳- مکانیسم کلی واکنش ها ۷۸

۳-۵- بررسی جهت‌گزینی در مشتقات ۱'-نیترو-۲'-آریل-۳',۵',۶'-b'۱۰- تتراهیدرو-۱'H, ۲H-	۸۰
اسپیرو[اسنفتیلن-۱, ۳'-پیرولو[۱,۲-a] ایزوکینولین]-۲-اون	۸۰
۳-۶- بررسی جهت‌گزینی در مشتقات ۲'-آریل-۱'-آریل-۳',۵',۶'-b'۱۰- تتراهیدرو-۱'H, ۲H-	۸۲
اسپیرو[اسنفتیلن-۱, ۳'-پیرولو[۱,۲-a] ایزوکینولین]-۲-اون	۸۲
۳-۷- بررسی فضا‌گزینی در مشتقات اسپيرو[اسنفتیلن-۱, ۳'-پیرولو[۱,۲-a] ایزوکینولین]-۲-اون	۸۲
۳-۸- نتیجه‌گیری:	۸۵
۳-۹- پیشنهادات:	۸۵
مراجع	۱۳۴

فهرست طیف‌ها

صفحه	عنوان
۸۶	طیف شماره ۱- طیف IR (KBr) ترکیب ۴a
۸۶	طیف شماره ۲- طیف $^1\text{H NMR}$ (۴۰۰ MHz, CDCl_3) ترکیب ۴a
۸۷	طیف شماره ۳- طیف $^{13}\text{C NMR}$ (۱۰۰ MHz, CDCl_3) ترکیب ۴a
۸۷	طیف شماره ۴- طیف جرمی ترکیب ۴a
۸۸	طیف شماره ۵- طیف IR (KBr) ترکیب ۴b
۸۸	طیف شماره ۶- طیف $^1\text{H NMR}$ (۴۰۰ MHz, CDCl_3) ترکیب ۴b
۸۹	طیف شماره ۷- طیف $^{13}\text{C NMR}$ (۱۰۰ MHz, CDCl_3) ترکیب ۴b
۸۹	طیف شماره ۸- طیف جرمی ترکیب ۴b
۹۰	طیف شماره ۹- طیف IR (KBr) ترکیب ۴c
۹۰	طیف شماره ۱۰- طیف $^1\text{H NMR}$ (۴۰۰ MHz, CDCl_3) ترکیب ۴c
۹۱	طیف شماره ۱۱- طیف $^{13}\text{C NMR}$ (۱۰۰ MHz, CDCl_3) ترکیب ۴c
۹۲	طیف شماره ۱۲- طیف IR (KBr) ترکیب ۴d
۹۲	طیف شماره ۱۳- طیف $^1\text{H NMR}$ (۴۰۰ MHz, CDCl_3) ترکیب ۴d
۹۳	طیف شماره ۱۴- طیف $^{13}\text{C NMR}$ (۱۰۰ MHz, CDCl_3) ترکیب ۴d
۹۳	طیف شماره ۱۵- طیف جرمی ترکیب ۴d
۹۴	طیف شماره ۱۶- طیف IR (KBr) ترکیب ۴e
۹۴	طیف شماره ۱۷- طیف $^1\text{H NMR}$ (۴۰۰ MHz, CDCl_3) ترکیب ۴e
۹۵	طیف شماره ۱۸- طیف $^{13}\text{C NMR}$ (۱۰۰ MHz, CDCl_3) ترکیب ۴e
۹۶	طیف شماره ۱۹- طیف IR (KBr) ترکیب ۴f