



کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا یا استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.

....., Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

مقالات خارجی

..... گروه ..... دانشکده .....، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

مقالات داخلی



دانشکده شیمی

گروه شیمی آلی

**پایان نامه :**

برای دریافت درجه دکتری در رشته شیمی آلی

**عنوان :**

سنتز و کاربرد سیلیکا برمید ، سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده و سولفو فنیل سیلیکا در سنتز ،  
تغییر و تبدیل گروههای عاملی آلی

**استاد راهنما :**

دکتر محمد علی زلفی گل

**اساتید مشاور :**

دکتر فرج ا... مهنازاده

دکتر فرهاد شیرینی

**پژوهشگر :**

علیرضا سدرپوشان

۱ اسفندماه ۱۳۸۹



دانشکده شیمی

گروه شیمی آلی

پایان نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم جهت اخذ درجه دکتری (Ph.D)

در گرایش شیمی آلی

**عنوان :**

سنتر و کاربرد سیلیکا برمید ، سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده و سولفو فنیل سیلیکا در سنتر ،  
تغییر و تبدیل گروههای عاملی آلی

**توسط :**

علیرضا سدرپوشان

**استاد راهنما :**

دکتر محمد علی زلفی گل

**اساتید مشاور :**

دکتر فرج ا... مهنزاده

دکتر فرهاد شیرینی

توسط هیأت داوران با درجه ... عالی... تصویب و ارزیابی شد .

**کمیته ارزیابی پایان نامه**

- ۱- پروفیسور محمد علی زلفی گل (استاد شیمی آلی، رئیس جلسه) .....
- ۲- دکتر فرج ا... مهنزاده (دانشیار شیمی آلی، استاد مشاور).....
- ۳- پروفیسور داود آذرفر (استاد شیمی آلی، داور داخلی).....
- ۴- پروفیسور امین قربانی واقعی (استاد شیمی آلی، داور داخلی).....
- ۵- دکتر خلیل فقیهی (دانشیار شیمی آلی، داور خارجی).....
- ۶- دکتر علیرضا کریمی (استاد یار شیمی آلی، داور خارجی).....



دانشکده شیمی

گروه شیمی آلی

جلسه دفاع از پایان نامه دکتری (Ph.D)

علیرضا سدرپوشان در رشته شیمی گرایش شیمی آلی

تحت عنوان:

سنتر و کاربرد سیلیکا برمید ، سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده و سولفو فنیل سیلیکا در سنتر ،  
تغییر و تبدیل گروههای عاملی آلی

به ارزش ۲۵ واحد در روزیکشنبه ۱۳۸۹/۱۲/۱ ساعت ۱۰ در سالن آمفی تئاتر ۲ دانشکده شیمی و با  
حضور دانشجویان و اعضای هیأت داوران زیر برگزار گردید و با نمره ..... ۱۹.۵ و درجه ... عالی ... ارزیابی  
گردید.

**کمیته ارزیابی پایان نامه**

- ۱- پروفیسور محمدعلی زلفی گل (استادشیمی آلی، رئیس جلسه) .....
- ۲- دکتر فرج ا... مهنزاده (دانشیار شیمی آلی، استاد مشاور) .....
- ۳- پروفیسور داود آذریفر (استادشیمی آلی، داور داخلی) .....
- ۴- پروفیسور رامین قربانی واقعی (استادشیمی آلی، داور داخلی) .....
- ۵- دکتر خلیل فقیهی (دانشیار شیمی آلی، داور خارجی) .....
- ۶- دکتر علیرضا کریمی (استادیار شیمی آلی، داور خارجی) .....

إلهي أنا الفقير في غنى فكيف لا أكون فقيراً في قسوة

خدایا من در وقت غنا و ثروت فقیر و محتاج به تو هستم تا چه رسد به هنگام فقر و بینوایی

إلهي أنا الجاهل في علمي فكيف لا أكون جهولاً في جهلي

ای خدای من در حال دانایی باز نادانم تا چه رسد به وقت نادانی

دعای عروه امام حسین علیه السلام



أَلَمْ نَجْعَلْ لَكَ نُورًا مِّنَ النُّجُومِ  
فَلْيُبَظِّرْ عَلْمًا بِأَنَّكَ وَالْغَيْبِ تَعَلُّقِي أَمِّنَ الْحَارِكِ

حضرت مهدی علیها السلام علم ما به شما احاطه دارد و چیزی از اخبار

شما بر ما پوشیده نیست

قالی ح ۱ ص ۳۷۲

پیشگشی است بسیار ناچیز به

ساحت مقدس حضرت ولی عصر (عج)،

هرچند بسیار اندک ، امید است ما را نیز

در زمره ی خریداران یوسف بنویسند.

تقدیم به

همسر عزیزم

که دست یاریکش صمیمیترین و آشنا ترین دست  
برای یادیم در زندگی است

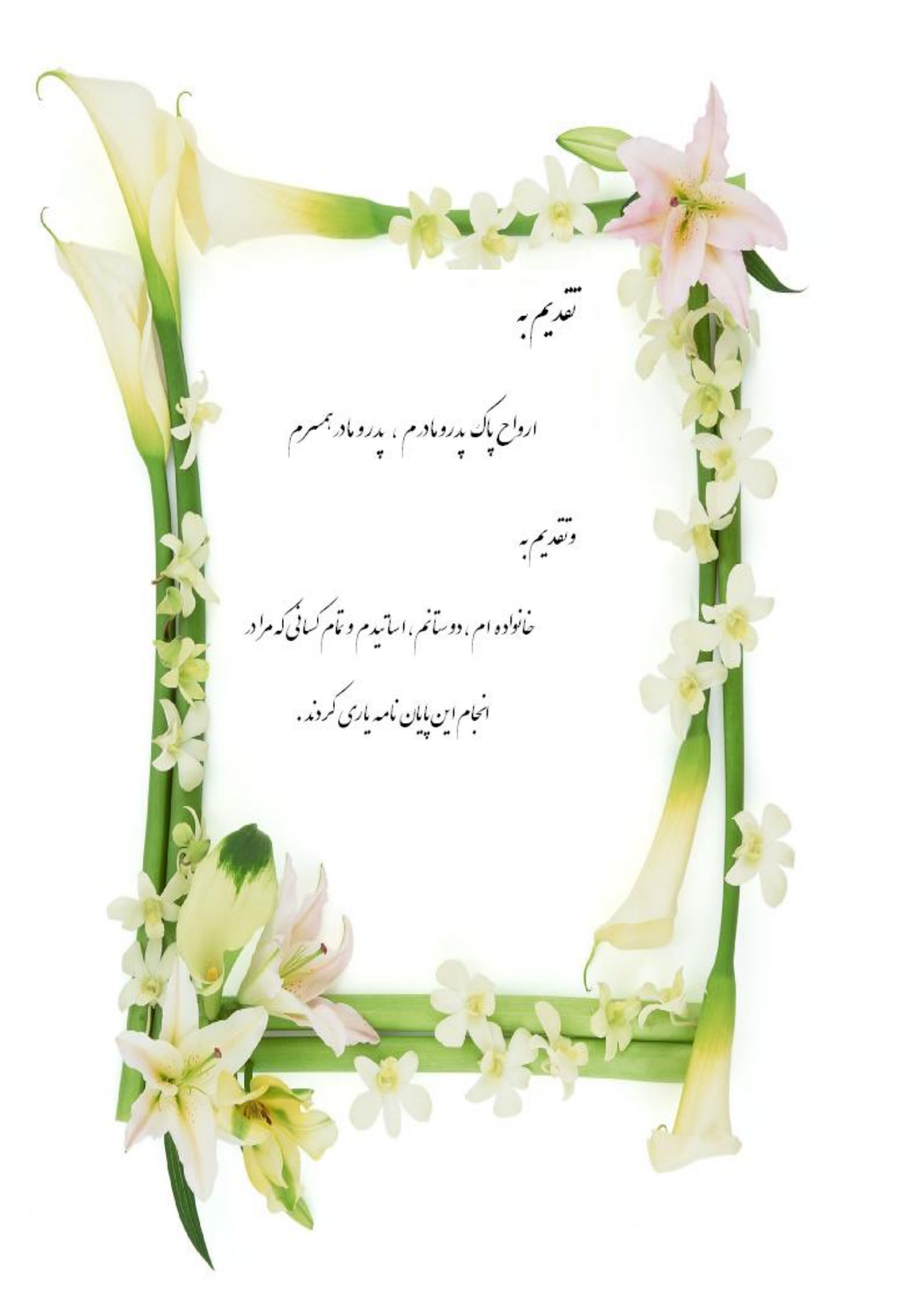
و فرزندان عزیزم

سیده و سپهر

سیده و سپهر







تقدیم بہ

ارواح پاک پرومادم ، پروماد بمسرم

و تقدیم بہ

خانوادہ ام ، دوستانم ، اساتیدم و تمام کسانی کہ مراد

انجام این پایان نامہ یاری کردند.

## بسم الله الرحمن الرحيم

شکر و سپاس بی نهایت خدای کریمی که درهای معرفت ربوبیت و پروردگاری اش را بر ما گشوده و نعمت بزرگ شکر و سپاسگزاری را به ما الهام کرده است. این بنده کمترین را به دیده مرحمت نگریسته و هر لحظه را دریچه ای کرد، برای درک آن که بدانم او بی اندازه و بی نهایت است و من کوچک و ناچیز.

خرسندی خود را از این که در این سالها توفیق بهره مندی از اساتید گرانقدر علم و اخلاق جناب آقای پروفیسور زلفی گل و جناب آقای دکتر مهنازاده که همواره بنده را مورد راهنمایی های ارزشمند و حمایت های بی دریغ خود قرار داده اند، اعلام میدارم و کمال سپاسگزاری و امتنان را از ایشان دارم و عنوان شاگردی چنین اساتید بزرگواری را در طول زندگی ام افتخار خود می دانم. امید آن دارم که بتوانم به عنوان شاگردی کوچک همواره قدر دان زحمات، مهربانی ها و دلسوزی های این اساتید گرانمایه باشم.

قدردانی و تشکر ویژه خود را از دوست عزیز جناب آقای دکتر ویسی که در اجرای این پایان نامه از هیچ چیز مضایقه نکرده و به حق استاد مشاور بی نام من بودند ابراز می دارم.

از استاد مشاور گرانقدر خود جناب آقای پروفیسور شیرینی ، کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

از اساتید محترم مدعو جناب آقای پروفیسور آذریفر و جناب آقای پروفیسور قربانی که افتخار شاگردی این اساتید بزرگوار را داشته ام و از اینکه زحمت داوری پایان نامه را متقبل شده اند کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

از اساتید محترم مدعو ، آقایان دکتر فقیهی و دکتر کریمی، از اینکه زحمت داوری پایان نامه را متقبل شده اند بسیار سپاسگزارم.

از تمامی اساتید محترم دانشکده شیمی ، بخصوص اساتید گروه شیمی آلی کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

از آقایان دکتر شیری، دکتر چهاردولی ، دکتر کلوری، دکتر امیری، دکتر مخلصی و دکتر موسوی بسیار سپاسگزارم.

و همچنین لازم می دانم از زحمات کلیه کارمندان دانشکده شیمی تشکر نمایم.



دانشگاه بوعلی سینا  
مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان:

سنتز و کاربرد سیلیکا برماید ، سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده و سولفو فنیل سیلیکا در سنتز ، تغییر و تبدیل گروههای عاملی آلی

نام نویسنده: علیرضا سدرپوشان

استاد راهنما: پروفسور محمد علی زلفی گل

اساتید مشاور: دکتر فرج ا...مهنازاده و پروفسور فرهادشیرینی

دانشکده : شیمی

گروه آموزشی: شیمی آلی

رشته تحصیلی: شیمی

گرایش تحصیلی: شیمی آلی

مقطع تحصیلی: دکتری

تاریخ تصویب: ۸۷/۱۱/۱۵

تاریخ دفاع: ۱۳۸۹/۱۲/۱

تعداد صفحات: ۱۴۵

چکیده:

در این رساله ، سیلیکا برماید ، سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده و سیلیکا فنیل سولفونیک اسید( سولفو فنیل سیلیکا ) به عنوان مشتقات جدیدی از سیلیکاژل تهیه گردید و به عنوان کاتالیزور و معرف در تغییر و تبدیل گروههای عاملی آلی بکار گرفته شد. سیلیکا برماید از طریق واکنش سیلیکاژل و  $PBr_3$  تهیه شد . مطالعات ما نشان داد که سیلیکا برماید معرف مناسبی برای تبدیل الکل ها به آلکیل برماید ها و اکسیژن زدایی از سولفوکسیدها و تبدیل آنها به سولفیدها در دمای اتاق و شرایط هتروژن می باشد. سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده به عنوان مشتق جدیدی از سیلیکا سولفوریک اسید تهیه و به طور موثری در افزایش مزدوج ایندول ، پیرول و تیولها با پذیرنده های مایکل تحت شرایط ملایم در دمای اتاق استفاده شد. همچنین سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده به عنوان کاتالیزور در سنتز ۳،۱،۱-تری ایندولیل متان ها با راندمانهای خوب در دمای اتاق بکار برده شد. سیلیکا فنیل سولفونیک اسید ( سولفو فنیل سیلیکا ) نیز تهیه شد و به عنوان کاتالیزور در سنتز تک مرحله ای ۲-آریل-۱-متیل-۳،۱-HI-بنزایمیدازولها با استفاده از تراکم ارتوفنیلن دی آمین (OPDA) و آلدئیدها در حضور تترابوتیل-آمونیم برماید (TBAB) در آب استفاده شد. از سیلیکا فنیل سولفونیک اسید (SPSA) به عنوان کاتالیزور در سنتز بیس(ایندولیل) متانها در آب نیز استفاده گردید . سولفو فنیل سیلیکا همچنین به عنوان کاتالیزور فعالی جهت تیواستیله کردن و تیواستیله زدائی ترکیبات کربونیل دار تحت شرایط ملایم ، مورد استفاده قرار گرفت .

واژه‌های کلیدی: سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده ، سیلیکا برماید ، سیلیکا فنیل سولفونیک اسید( سولفو فنیل سیلیکا)و تغییر و تبدیل گروههای عاملی آلی

| ردیف  | عنوان   | صفحه |
|---|---|------|
| <b>فصل اول : مقدمه و مروری بر تحقیقات انجام شده</b> |   |      |
| ۱-۱   | افزایش مایکل  | ۲    |
| ۲-۱   | سنتز و توصیف بیس ایندولیل متان ها   | ۸    |
| ۱-۲-۱   | بررسی روشهائی جهت سنتز بیس ایندولیل متان ها   | ۹    |
| ۲-۲-۱   | ۳،۱،۱- تری هترو آریل ها   | ۱۴   |
| ۳-۱   | اهمیت بنزایمیدازول ها   | ۱۸   |
| ۱-۳-۱   | روشهای گوناگون سنتز بنزایمیدازول ها   | ۱۸   |
| ۲-۳-۱   | بررسی روشهای سنتز ۲-آریل-۱-آریل متیل H <sub>1</sub> - بنزایمیدازول ها از طریق تراکم ارتوفنیلن دی آمین با آلدئیدها | ۱۸   |
| ۴-۱   | تیواستال دار کردن آلدئیدها و کتون ها  | ۲۳   |
| <b>فصل دوم : کارهای تجربی</b>                       |   |      |
| ۱-۲   | اطلاعات عمومی دستگاہها  | ۲۷   |
| ۲-۲   | ورقه های TLC  | ۲۷   |
| ۳-۲   | حلال ها ، معرفها و واکنش دهنده ها   | ۲۷   |
| ۴-۲   | تهیه کاتالیزور سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده [MSSA]  | ۲۷   |
| ۵-۲   | تهیه کاتالیزور سیلیکا فنیل سولفونیک اسید [SPSA]   | ۲۹   |
| ۶-۲   | تهیه معرف سیلیکا برماید [SB]  | ۳۰   |

| ردیف | عنوان   | صفحه |
|------|---|------|
| ۷-۲  | روش عمومی تبدیل الکلها به آلکیل برآمدها با استفاده از سیلیکا برماید   | ۳۱   |
| ۸-۲  | روش عمومی احیاء سولفوکسیدها به سولفیدها با استفاده از سیلیکا برماید   | ۳۱   |
| ۹-۲  | روش عمومی سنتز ۲-آریل-۱-آریل متیل- $H_{1-3}$ بنزایمیدازول ها با استفاده از کاتالیزور سیلیکا فنیل سولفونیک اسید [SPSA]                           | ۳۱   |
| ۱۰-۲ | سنتزیس (ایندولیل) متان ها در آب با استفاده از کاتالیزور سیلیکا فنیل سولفونیک اسید [SPSA]  | ۳۲   |
| ۱۱-۲ | روش عمومی افزایش مایکل ایندول و پیروول به ترکیبات کربونیلی $\alpha$ ، $\beta$ -غیراشباع در حضور کاتالیزور سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده [MSSA] | ۳۲   |
| ۱۲-۲ | روش عمومی افزایش مایکل تیول ها به ترکیبات کربونیلی $\alpha$ ، $\beta$ -غیراشباع در حضور کاتالیزور سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده [MSSA]         | ۳۳   |
| ۱۳-۲ | روش عمومی سنتز ترکیبات $\alpha, \beta$ -تری ایندولیل متان ها در حضور کاتالیزور سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده [MSSA]                            | ۳۳   |
| ۱۴-۲ | روش عمومی تیواستاله کردن آلدئیدها وکتون ها با استفاده از کاتالیزور سیلیکا فنیل سولفونیک اسید [SPSA] در حلال استونیتریل                          | ۳۳   |
| ۱۵-۲ | روش عمومی محافظت زدائی مشتقات تیواستاله آلدئیدها وکتون ها با استفاده از کاتالیزور سیلیکا فنیل سولفونیک اسید [SPSA] در شرایط بدون حلال           | ۳۴   |

## فصل سوم : بحث و نتیجه گیری

|     |  |    |
|-----|--|----|
| ۱-۳ | سنتز و کاربرد سیلیکا برماید در تبدیل الکلها به آلکیل برآمدها | ۳۶ |
|-----|--|----|

| ردیف  | عنوان   | صفحه |
|-------|---|------|
| ۲-۳   | کاربرد سیلیکا برماید در اکسیژن زدائی سولفوکسیدها  | ۴۰   |
| ۳-۳   | سنتز و کاربرد سیلیکا فنیل سولفونیک اسید به عنوان کاتالیزور اسیدی هتروژن برای سنتز<br>۲-آریل-۱-آریل-متیل- $H_{1-3}$ بنزایمیدازولها و بیس(ایندولیل)متان ها در حلال آب | ۴۳   |
| ۱-۳-۳ | داده های اسپکتروسکوپی محصولات انتخاب شده  | ۵۰   |
| ۴-۳   | سنتز و کاربرد سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده به عنوان کاتالیزور اسیدی هتروژن<br>در واکنشهای افزایش مایکل  | ۵۶   |
| ۱-۴-۳ | داده های اسپکتروسکوپی محصولات انتخاب شده  | ۶۵   |
| ۵-۳   | تیواستال دار کردن و تیواستال زدائی ترکیبات کربونیل دار با استفاده از کاتالیزور<br>سیلیکا فنیل سولفونیک اسید در شرایط ملایم  | ۷۵   |
|       | ضمیمه   | ۸۷   |
|       | منابع   | ۱۳۷  |

| صفحه | عنوان   | جدول                       |
|------|---|----------------------------|
|      |   | فصل سوم : بحث و نتیجه گیری |
| ۳۶   | تهیه معرفهای ساپورتی مختلف  | ۱-۳                        |
| ۳۷   | شرایط بهینه برای تبدیل بنزیل الکل به بنزیل برامید با استفاده از مقادیر مختلف سیلیکا برامید در دمای اتاق و در حلال دی کلرومتان در ۵ دقیقه          | ۲-۳                        |
| ۳۸   | تبدیل الکلها به آلکیل برامیدها  | ۳-۳                        |
| ۳۹   | واکنشهای رقابتی در حضور سیلیکا برامید   | ۴-۳                        |
| ۴۱   | تبدیل دی فنیل سولفوکسید به دی فنیل سولفید ، با مقادیر مولی مختلف سیلیکا برامید در دی کلرومتان در دمای اتاق  | ۵-۳                        |
| ۴۱   | تبدیل سولفوکسیدها به سولفیدها در حضور سیلیکا برامید   | ۶-۳                        |
| ۴۵   | سننتز ۲-آریل-۱-آریل متیل- $H_1-3,1$ -بنزایمیدازولها با استفاده از سیلیکا فنیل سولفونیک اسید به عنوان کاتالیزور اسیدی هتروژن در حلال آب            | ۷-۳                        |
| ۴۷   | سننتز بیس (ایندولیل) متانها بوسیله واکنش ایندول با آلدهیدها و کتونها در حضور سیلیکا فنیل سولفونیک اسید به عنوان کاتالیزور اسیدی هتروژن در حلال آب | ۸-۳                        |
| ۵۷   | مقایسه سیلیکا سولفوریک اسید با سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده   | ۹-۳                        |
| ۵۹   | افزایش مایکل پیرول ، ایندول و تیولها به ترکیبات $\alpha$ ، $\beta$ -غیراشباع در حضور کاتالیزور سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده (MSSA)              | ۱۰-۳                       |
| ۶۲   | سننتز ترکیبات ۳،۱،۱-تری ایندولیلها در حضور کاتالیزور سیلیکا سولفوریک اسید اصلاح شده (MSSA)  | ۱۱-۳                       |



---

| صفحه | عنوان  | جدول |
|------|--|------|
| ۷۶   | تأثیر حلال روی واکنش بنزآلدهید با ۲،۱- اتان دی تیول در حضور سیلیکا فنیل - سولفونیک اسید در دمای اتاق | ۱۲-۳ |
| ۷۶   | تیواستال دار کردن آلدهیدها و کتونها با سیلیکا فنیل سولفونیک اسید به عنوان کاتالیزور                  | ۱۳-۳ |
| ۷۹   | محافظت زدایی تیواستالها با استفاده از سیلیکا فنیل سولفونیک اسید در حضور Wet-SiO <sub>2</sub>         | ۱۴-۳ |

---

| صفحه | عنوان   | شکل                        |
|------|---|----------------------------|
|      |   | فصل سوم : بحث و نتیجه گیری |
| ۴۳   | طیف FT – IR سیلیکا فنیل سولفونیک اسید                           | ۱-۳                        |
| ۴۶   | تصویر مراحل واکنش ایندول با بنزالدهید در حضور SPSA و TBAB در آب | ۲-۳                        |

| صفحه | عنوان   | طیف  |
|------|---|--|
| ۸۷   | (۴- متیل بنزیل)-۲- (۴- متیل فنیل)-H۱-۳,۱- بنزایمیدازول                | $^1\text{H-NMR}$ و $^{13}\text{C}$ ۱- (۴- متیل بنزیل)-۲- (۴- متیل فنیل)-H۱-۳,۱- بنزایمیدازول (حلال: استون دوتره) |
| ۸۸   | (۳- هیدروکسی بنزیل)-۲- (۳- هیدروکسی فنیل)-H۱-۳,۱- بنزایمیدازول        | $^1\text{H-NMR}$ ۱- (۳- هیدروکسی بنزیل)-۲- (۳- هیدروکسی فنیل)-H۱-۳,۱- بنزایمیدازول (حلال: $\text{CDCl}_3$ )      |
| ۸۹   | (پارا- نیترو بنزیل)-۲- (پارا- نیترو فنیل)-H۱-۳,۱- بنزایمیدازول        | $^1\text{H-NMR}$ ۱- (پارا- نیترو بنزیل)-۲- (پارا- نیترو فنیل)-H۱-۳,۱- بنزایمیدازول (حلال: DMSO)                  |
| ۹۰   | متان از بنزآلدهید (حلال: $\text{CDCl}_3$ )                            | IR و $^1\text{H-NMR}$ مشتق بیس (ایندولیل) متان از بنزآلدهید (حلال: $\text{CDCl}_3$ )                             |
| ۹۱   | ۴- کلو بنزآلدهید و ۵، ۳- دی متوکسی -                                  | $^1\text{H-NMR}$ مشتق بیس (ایندولیل) متان از ۴- کلو بنزآلدهید و ۵، ۳- دی متوکسی - (حلال: $\text{CDCl}_3$ )       |
| ۹۲   | دی متیل آمینو - بنزآلدهید و ایزاتین                                   | $^1\text{H-NMR}$ مشتق بیس (ایندولیل) متان از N.N- دی متیل آمینو - بنزآلدهید و ایزاتین (حلال: DMSO)               |
| ۹۳   | متان از ترفتالدهید حلال: DMSO   | IR و $^1\text{H-NMR}$ مشتق دی- بیس (ایندولیل) متان از ترفتالدهید حلال: DMSO                                      |
| ۹۴   | تری ایندولیل متان (حلال: DMSO)  | IR و $^1\text{H-NMR}$ تری ایندولیل متان (حلال: DMSO)   |
| ۹۵   | تری (بیس- ایندولیل) متان (حلال: DMSO) و (حلال: $\text{D}_2\text{O}$ ) | $^1\text{H-NMR}$ تری (بیس- ایندولیل) متان (حلال: DMSO) و (حلال: $\text{D}_2\text{O}$ )                           |
| ۹۶   | تری (بیس- ایندولیل) متان (حلال: DMSO)                                 | $^{13}\text{C}$ و $^1\text{H-NMR}$ تری (بیس- ایندولیل) متان (حلال: DMSO)   |
| ۹۷   | تترا (بیس- ایندولیل) متان (حلال: DMSO)                                | IR و $^1\text{H-NMR}$ تترا (بیس- ایندولیل) متان (حلال: DMSO)   |
| ۹۸   | ۳- متیل ایندول و بنزآلدهید (حلال: $\text{CDCl}_3$ )                   | IR و $^1\text{H-NMR}$ بیس (ایندولیل) متان از ۳- متیل ایندول و بنزآلدهید (حلال: $\text{CDCl}_3$ )                 |
| ۹۹   | کروتونالدهید و محصول ایندول (حلال: $\text{CDCl}_3$ )                  | IR و $^1\text{H-NMR}$ محصول ایندول و کروتونالدهید (حلال: $\text{CDCl}_3$ )                                       |

| صفحه | عنوان   | طیف |
|------|---|-----|
| ۱۰۰  | $^{13}\text{C}$ و $^1\text{H-NMR}$ محصول ایندول و کروتونالدهید (حلال: DMSO) و (حلال: $\text{D}_2\text{O}$ ) | ۱۴  |
| ۱۰۱  | $^1\text{H-NMR}$ و IR محصول ایندول و آکروئین (حلال: $\text{CDCl}_3$ )                                       | ۱۵  |
| ۱۰۲  | $^{13}\text{C NMR}$ محصول ایندول و آکروئین (حلال: DMSO)   | ۱۶  |
| ۱۰۲  | IR محصول ۱- متیل ایندول و آکروئین   | ۱۷  |
| ۱۰۳  | $^{13}\text{C}$ و $^1\text{H-NMR}$ محصول ۱- متیل ایندول و آکروئین (حلال: DMSO)                              | ۱۸  |
| ۱۰۴  | IR و $^1\text{H-NMR}$ محصول ۲- متیل ایندول و آکروئین (حلال: $\text{CDCl}_3$ )                               | ۱۹  |
| ۱۰۵  | $^{13}\text{C NMR}$ - محصول ۲- متیل ایندول و آکروئین (حلال: DMSO)   | ۲۰  |
| ۱۰۵  | IR محصول ۱- متیل ایندول و کروتونالدهید  | ۲۱  |
| ۱۰۶  | $^{13}\text{C}$ و $^1\text{H-NMR}$ محصول ۱- متیل ایندول و کروتونالدهید (حلال: DMSO)                         | ۲۲  |
| ۱۰۷  | IR و $^1\text{H-NMR}$ محصول ۲- متیل ایندول و کروتونالدهید (حلال: $\text{CDCl}_3$ )                          | ۲۳  |
| ۱۰۸  | $^{13}\text{C}$ محصول ۲- متیل ایندول و کروتونالدهید (حلال: DMSO)  | ۲۴  |
| ۱۰۸  | IR محصول ایندول و ترانس- ۲- پنتن- اون   | ۲۵  |
| ۱۰۹  | $^{13}\text{C}$ و $^1\text{H-NMR}$ محصول ایندول و ترانس- ۲- پنتن- اون (حلال: DMSO)                          | ۲۶  |
| ۱۱۰  | IR و $^1\text{H-NMR}$ محصول ۱- متیل ایندول و ترانس- ۲- پنتن- اون (حلال: $\text{CDCl}_3$ )                   | ۲۷  |
| ۱۱۱  | $^{13}\text{C}$ محصول ۱- متیل ایندول و ترانس- ۲- پنتن- اون (حلال: DMSO)                                     | ۲۸  |
| ۱۱۱  | IR محصول ۲- متیل ایندول و ترانس- ۲- پنتن- اون   | ۲۹  |