



دانشکده مهندسی

گروه مهندسی شیمی

تولید آسپرین با استفاده از هتروپلی اسیدها در فرم‌های نانوساختار و بالک به  
عنوان کاتالیزورهای سبز و سازگار با محیط زیست در مقیاس نیمه صنعتی

پایان نامه کارشناسی ارشد جداسازی و پدیده‌های انتقال

حدیثه نظری

اساتید راهنما

دکتر علی احمدپور

دکتر فاطمه فراش بامحرم

استاد مشاور

دکتر مجید ممهد هروی

خرداد ۱۳۹۰





### صور تجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان نامه آقای/خانم مسیح نظری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی در ساعت ۱۲ روز چهارشنبه در محل اتاق ۱۰۵ دانشکده مهندسی با حضور امضا کنندگان ذیل تشکیل گردید. پس از بررسی های لازم، هیأت داوران پایان نامه نامبرده را با نمره به عدد ۱۹.۷۵ به حروف نوزده و هفتاد و پنج صد و با درجه عالی مورد تأیید قرار داد / نداد.

### عنوان رساله

تولید آبرین استاده از هنرهای اسیر ما در فرم های انوساختار و مالک به عنوان کما الزم در های هنر و سازگار  
با محاسبات دستیار  
نیمه صنعتی

هیئت داوران

• داور: دکتر فریدون اسماعیلی

گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه فردوسی مشهد

• داور و نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر بابک محمدی تفاهات الاسلام

گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه فردوسی مشهد

• استاد راهنما: دکتر علی محمدی دانشگاه فردوسی مشهد

گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه فردوسی مشهد

• استاد مشاور: دکتر محمد محمدی

گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه فردوسی مشهد

• مدیر گروه: دکتر محمد محمدی

گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه فردوسی مشهد

## «پروردگارا»

سپاس ستایش حقیقی تراست که با قلم قدرت خویش جامعه بشریت را به زیور علم و دانش آراستی و انسانیت را در زیر لوای فرهنگ و معارف تعالی بخشیدی. امید آنست که همه ما را از حسن نیت و اخلاص عمل برخوردار ساخته تا در جهت کسب رضا و خشنودیت موفق و کامیاب باشیم.

## «سپاسگزاری»

با قدردانی از جناب آقای دکتر احمدپور برای تمامی زحماتی که در طول انجام پروژه متحمل شدند و از راهنمایی های سازنده و مساعدتهای ایشان کمال تقدیر و تشکر را دارم. همچنین از خانم دکتر بامحرم و جناب آقای دکتر م مهد هروی که در اجرای این پروژه، تجربیات خود را صمیمانه در اختیار بنده قرار دادند کمال سپاس و تشکر را دارم.



## تعهد نامه

اینجانب حدیثه نظری دوره کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، نویسنده پایان نامه: تولید آسپرین با استفاده از هتروپلی اسیدها در فرم‌های نانوساختار و بالک به عنوان کاتالیزورهای سبز و سازگار با محیط زیست در مقیاس نیمه صنعتی، تحت راهنمایی دکتر علی احمدپور و دکتر فاطمه فراش بامحرم متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از این نتایج محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه فردوسی مشهد» و یا «Ferdowsi University of Mashhad» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیر گذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده است، اصل رازداری و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ ۹۰/۳/۲۵

امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شده است.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

- متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه‌های تکثیر شده وجود داشته باشد.

## «تقدیم»

چه چیز لایق لبخند و رضایت پدر و مادر بس مهربانم می تواند باشد. این پایان نامه که ثمره تلاش

چندین ساله ام در مسیر علم و حقیقت است به نشانه تمام عمر و وجودم به پدر عزیز و مادر

مهربانم تقدیم می کنم.

و با سپاس از برادرم حسین.

چکیده.....	۱
پیش گفتار.....	۲
فصل اول: مروری بر منابع کتابخانه‌ای	
۱-۱ مقدمه .....	۵
۲-۱ هتروپلی آنیونها .....	۵
۳-۱ ساختار هتروپلی آنیون ها .....	۵
۱-۳-۱ هتروپلی آنیون‌های اولیه (مرکزی) .....	۷
۲-۳-۱ هتروپلی آنیون‌های ثانویه (قشری) .....	۸
۴-۱ طبقه‌بندی هتروپلی آنیون ها .....	۸
۱-۴-۱ ساختار کگین .....	۸
۲-۴-۱ ساختار آندرسون_اوانس .....	۹
۳-۴-۱ ساختار داوسون .....	۱۰
۴-۴-۱ ساختار پرایسلر .....	۱۱
۵-۴-۱ ساختار حفره‌دار کگین .....	۱۲
۵-۱ ویژگی‌های هتروپلی آنیون ها .....	۱۳
۶-۱ کاربردهای هتروپلی آنیون ها .....	۱۴
۱-۶-۱ کاربرد دارویی .....	۱۴
۲-۶-۱ کاربرد در جمع آوری زباله های اتمی .....	۱۴
۳-۶-۱ کاربرد در رنگ‌ها، جوهرها و رنگدانه‌ها .....	۱۴
۴-۶-۱ به عنوان پوششهای مقاوم در برابر خوردگی .....	۱۵
۵-۶-۱ کاربرد کاتالیزوری .....	۱۵
۶-۶-۱ کاربردهای دیگر .....	۱۵
۷-۱ روشهای سنتز پلی اکسومتالاتها .....	۱۵
۱-۷-۱ سنتز در محلول‌های آبی .....	۱۶

- ۱۶-۲-۷-۱ ستنز در محلول‌های غیر آبی .....
- ۱۷-۸-۱ بررسی واکنش‌های کاتالیتی هتروپلی آنیون‌ها در شرایط هموزن و هتروژن .....
- ۱۷-۱-۸-۱ انواع سیستم‌های کاتالیزوری .....
- ۱۸-۲-۸-۱ هتروپلی‌اسیدها و واکنش‌های اسید-کاتالیز توسط HPAs .....
- ۱۸-۳-۸-۱ هتروپلی آنیون‌ها به عنوان کاتالیزور هموزن .....
- ۱۸-۱-۳-۸-۱ واکنش‌های تراکمی .....
- ۲۰-۲-۳-۸-۱ واکنش‌های استری شدن .....
- ۲۱-۱۳-۳-۸-۱ اکسیداسیون آلکن‌ها .....
- ۲۲-۱۴-۳-۸-۱ اکسیداسیون آلکان‌ها .....
- ۲۲-۱۵-۳-۸-۱ اکسیداسیون آلدئیدها .....
- ۲۳-۱۶-۳-۸-۱ اکسیداسیون آمین‌ها .....
- ۲۳-۷-۳-۸-۱ واکنش‌های شکستن اتر .....
- ۲۴-۸-۳-۸-۱ واکنش‌های آلکیلاسیون و دآلکیلاسیون .....
- ۲۵-۴-۸-۱ کاتالیزورهای هتروژن .....
- ۲۶-۱-۴-۸-۱ معرفی کاتالیزورهای هتروژن آلی و معدنی .....
- ۲۶-۲-۴-۸-۱ کاتالیزورهای هتروژن اسیدی .....
- ۲۶-۱-۲-۴-۸-۱ سیلیکا و آلومینای بی‌شکل .....
- ۲۷-۲-۲-۴-۸-۱ زئولیت‌ها .....
- ۲۷-۳-۲-۴-۸-۱ هتروپلی‌اسیدها .....
- ۲۹-۳-۴-۸-۱ کاتالیزورهای هتروژن بازی .....
- ۲۹-۴-۴-۸-۱ ترکیبات هتروپلی نهش‌یافته یا ساپورت‌شده .....
- ۳۰-۱-۵-۸-۱ واکنش‌های استریفیکاسیون .....
- ۳۰-۵-۸-۱ واکنش‌های هتروژن هتروپلی‌اسیدها .....
- ۳۱-۹-آسپرین .....
- ۳۲-۱۰-۱ خواص دارویی آسپرین .....



۳۳	۱۱-۱ ستنز آسپیرین .....
۳۶	۱۲-۱ تست‌های استاندارد شناسایی آسپیرین .....
۳۶	۱-۱۲-۱ تست فریک کلراید .....
۳۶	۲-۱۲-۱ تست نقطه ذوب .....
۳۷	۳-۱۲-۱ طیف جذب فرابنفش .....
۳۷	۴-۱۲-۱ طیف جذب مادون قرمز (IR) .....

فصل دوم: اصول طراحی و آنالیز آزمایش‌ها به روش تاگوچی

۳۹	۱-۲ مقدمه .....
۴۰	۲-۲ طراحی آزمایش .....
۴۰	۳-۲ لزوم طراحی آزمایشات به روش تاگوچی .....
۴۲	۴-۲ تحلیل نتایج در روش تاگوچی .....
۴۳	۵-۲ تداخل .....
۴۴	۶-۲ فاکتورهای اغتشاشی .....
۴۴	۷-۲ آزمون تایید .....
۴۴	۸-۲ مزایای حاصل از تکرار آزمایشات .....
۴۵	۹-۲ تحلیل واریانس (ANOVA) .....
۴۶	۱-۹-۲ درجه آزادی .....
۴۶	۲-۹-۲ مجموع مربعات .....
۴۷	۳-۹-۲ نسبت واریانس .....
۴۷	۴-۹-۲ مجموع مربعات خالص .....
۴۷	۵-۹-۲ درصد مشارکت .....
۴۷	۱۰-۲ دامنه اطمینان .....

فصل سوم: بخش تجربی

۴۹	۱-۳ مقدمه .....
۴۹	۲-۳ نوع دستگاه‌ها و مواد به کار برده شده در آزمایشات .....

۴۹.....	۱-۲-۳ دستگاه IR
۵۰.....	۲-۲-۳ دستگاه اسپکترومتر فوتومتر
۵۰.....	۳-۲-۳ دستگاه تعیین نقطه‌ی ذوب
۵۰.....	۴-۲-۳ دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD)
۵۱.....	۵-۲-۳ میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)
۵۲.....	۳-۳ مواد اولیه مورد نیاز
۵۲.....	۴-۳ تهیه کاتالیزورهای هتروپلی
۵۲.....	۱-۴-۳ تهیه نمک پتاسیم پرایسلر، $K_{12.5}Na_{1.5}[NaP_5W_{30}O_{110}]$
۵۳.....	۲-۴-۳ تهیه اسید پرایسلر، $H_{14}[NaP_5W_{30}O_{110}]$
۵۳.....	۱-۲-۴-۳ آماده سازی رزین
۵۳.....	۲-۲-۴-۳ تهیه اسید پرایسلر
۵۴.....	۳-۲-۴-۳ تعیین تعداد هیدروژنهای مبادله شده در اسید پرایسلر
۵۴.....	۳-۴-۳ تهیه اسید داوسون، $H_6[P_2W_{18}O_{62}]$
۵۴.....	۱-۳-۴-۳ تهیه اسید داوسون
۵۴.....	۲-۳-۴-۳ تعیین تعداد هیدروژنهای مبادله شده
۵۴.....	۴-۴-۳ تهیه کاتالیست نانو پرایسلر
۵۴.....	۵-۳ روش سنتز آسپرین
۵۷.....	۶-۳ روش محاسبه بازده واکنش سنتز آسپرین
۵۸.....	۷-۳ بازیابی کاتالیزور

فصل چهارم: نتایج و بحث

۶۱.....	۱-۴ مقدمه
۶۲.....	۲-۴ طراحی آزمایش
۶۴.....	۳-۴ بررسی تداخل
۶۶.....	۴-۴ محاسبه اثرات عمده و اصلی فاکتورها
۶۷.....	۵-۴ تحلیل واریانس

۶-۴	منحنی احتمال نرمال	۷۰
۷-۴	منحنی باقی مانده بر حسب ترتیب آزمایش ها	۷۱
۸-۴	آنالیز مدل خطی	۷۳
۸-۴	شرایط بهینه عملکرد	۷۴
۹-۴	دامنه اطمینان	۷۶
۱۰-۴	بررسی پارامترهای موثر بر بازده آسپرین	۷۶
۱۱-۴	تست های استاندارد شناسایی و تشخیص آسپرین	۷۸
۱-۱۱-۴	تست فریک کلراید	۷۸
۲-۱۱-۴	طیف IR	۷۸
۳-۱۱-۴	تست نقطه ذوب	۷۹
۱۲-۴	تعیین خلوص آسپرین	۷۹
۱۳-۴	بررسی طیف IR کاتالیزورها	۸۱
۱۴-۴	آنالیز نانو پرایسلر نهش یافته بر پایه سلیکا	۸۱
۱۵-۴	تست کاتالیزور نانوپرایسلر در واکنش سنتز آسپرین	۸۲
۱۶-۴	بازیابی کاتالیزور	۸۳
۱۷-۴	تست پرایسلر بازیابی شده	۸۳
فصل پنجم: برآورد اقتصادی تولید نیمه صنعتی آسپرین		
۱-۵	مقدمه	۸۶
۲-۵	تولید آسپرین در مقیاس نیمه صنعتی	۸۶
۳-۵	برآورد کل هزینه های سرمایه گذاریدر تولید آسپرین	۸۶
۴-۵	مقایسه هزینه تولید آسپرین با کاتالیست کگین و اسید سولفوریک	۸۸
فصل ششم: بحث و نتیجه گیری		
۱-۶	نتیجه گیری	۹۲
۲-۶	پیشنهادات	۹۳
	مراجع	۹۵

پیوست ها

طیف ها ..... ۱۰۰

- شکل ۱-۱: برخی از ساختارهای معروف هتروپلی آنیون‌ها..... ۷
- شکل ۱-۲: ساختار هتروپلی نوع کگین..... ۹
- شکل ۱-۳: ساختار آندرسون-اوانس..... ۱۰
- شکل ۱-۴: ساختار داوسون..... ۱۱
- شکل ۱-۵: ساختار هتروپلی آنیون نوع پرایسلر..... ۱۲
- شکل ۱-۶: ساختار میله‌ای پرایسلر..... ۱۲
- شکل ۱-۷: (a) ساختار اولیه (ساختار کگین  $PW_{12}O_{40}^{3-}$ )، (b) ساختار ثانویه  $(H_3PW_{12}O_{40}.6H_2O)$  و (c) ساختار نوع سوم هتروپلی اسید کگین..... ۲۷
- شکل ۱-۸: ساختار مولکولی استیل سالیسیلیک اسید (آسپرین)..... ۳۴
- شکل ۳-۱: دستگاه UV اسپکتوفتومتر..... ۵۰
- شکل ۳-۲: میکروسکوپ الکترونی عبوری..... ۵۲
- شکل ۳-۳: مرحله اول آزمایش به صورت شماتیک..... ۵۵
- شکل ۳-۴: محیط واکنش در مراحل اولیه آزمایش..... ۵۵
- شکل ۳-۵: محیط واکنش قبل از مرحله رسوب‌گیری در هنگام اضافه کردن آب..... ۵۶
- شکل ۳-۶: مرحله رسوب‌گیری به صورت شماتیک..... ۵۶
- شکل ۳-۷: مرحله رسوب‌گیری از مخلوط واکنش..... ۵۷
- شکل ۴-۱: میزان تداخل بین فاکتورها به صورت نمودار ستونی..... ۶۴
- شکل ۴-۲: نمودار اثرات میانگین و عمده فاکتورها بر حسب نسبت سیگنال به نویز در برابر سطوح فاکتورها..... ۶۶
- شکل ۴-۳: نمودار دایره‌ای درصد مشارکت فاکتورها..... ۶۸
- شکل ۴-۴: منحنی احتمال نرمال..... ۶۹
- شکل ۴-۵: منحنی احتمال برای بازده تولید آسپرین براساس نوع کاتالیست با فاصله اطمینان ۹۵٪..... ۷۰
- شکل ۴-۶: منحنی احتمال برای بازده تولید آسپرین براساس مقدار کاتالیست با فاصله اطمینان ۹۵٪..... ۷۰
- شکل ۴-۷: منحنی احتمال برای بازده تولید آسپرین براساس زمان انجام واکنش با فاصله اطمینان ۹۵٪..... ۷۱
- شکل ۴-۸: منحنی باقی‌مانده بر حسب ترتیب آزمایش‌ها..... ۷۲
- شکل ۴-۹: محاسبات مربوط به بازده در شرایط بهینه..... ۷۴

- شکل ۴-۱۰: دامنه اطمینان و روابط مربوط به آن..... ۷۵
- شکل ۴-۱۱: نمودار کانتور میانگین بازده بر حسب زمان و نوع کاتالیزور..... ۷۶
- شکل ۴-۱۲: نمودار کانتور میانگین بازده بر حسب مقدار و نوع کاتالیست..... ۷۷
- شکل ۴-۱۳: رنگ محلول حاصل در تست فریک کلراید..... ۷۸
- شکل ۴-۱۴: منحنی کالیبراسیون..... ۷۹
- شکل ۴-۱۵: عکس‌های TEM مربوط به نانو کاتالیزورهای پرایسلر..... ۸۰
- شکل ۴-۱۶: XRD مربوط به ذرات نانو پرایسلر سنتز شده..... ۸۱
- شکل ۴-۱۷: نمودار ستونی مقدار بازده بر حسب تعداد دفعات استفاده کاتالیزور در واکنش سنتز آسپرین..... ۸۲



جدول ۱-۱: اتم‌هایی از جدول تناوبی که می‌توانند نقش اتم هترو را در ساختار هتروپلی‌آنیون‌ها بازی کنند.....	۶
جدول ۱-۴: فاکتورها و سطوح آن‌ها در طراحی انجام شده.....	۶۱
جدول ۲-۴: آزمایشات طراحی شده با استفاده از آرایه از توگونال L <sub>16</sub> .....	۶۲
جدول ۳-۴: نتایج حاصل از آزمایشات.....	۶۳
جدول ۴-۴: میزان تداخل بین فاکتورها.....	۶۴
جدول ۵-۴: مقادیر اثرات عمده و اصلی فاکتورها.....	۶۵
جدول ۶-۴: جدول نهایی تحلیل واریانس.....	۶۸
جدول ۷-۴: پارامترهای مدل خطی.....	۷۲
جدول ۸-۴: شرایط بهینه.....	۷۴
جدول ۹-۴: بازده کاتالیست نانوپرایسدر در سنتز آسپرین.....	۸۱
جدول ۱-۵: هزینه‌های سرمایه‌گذاری ثابت در تولید آسپرین.....	۸۷
جدول ۲-۵: هزینه‌های تولید آسپرین با استفاده از کگین.....	۸۹
جدول ۳-۵: هزینه‌های تولید آسپرین با استفاده از اسید سولفوریک.....	۸۹

## چکیده

در این تحقیق نقش کاتالیزوری هتروپلی اسیدهای مختلف در واکنش سالیسیلیک اسید با استیک انیدرید جهت تولید استیل سالیسیلیک اسید با نام تجاری آسپرین مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور ابتدا هتروپلی اسیدهای نوع پرایسلر و داوسون سنتز شد. جهت بررسی کارآیی و بهینه سازی کاتالیزورهای سنتز شده پرایسلر، داوسون و کگین در مقایسه با کاتالیزور اسید سولفوریک که در حال حاضر در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این واکنش از طراحی آزمایش به روش تاگوچی استفاده گردید. نوع کاتالیزور، مقدار آن و زمان واکنش به عنوان پارامترهای طراحی آزمایش انتخاب شدند. واکنش در دمای محیط و شرایط داده شده توسط طراحی آزمایش انجام شد. نتایج حاصل از طراحی آزمایش نشان داد که هر سه پارامتر مورد بررسی باعث افزایش بازده واکنش شده ولی در این میان نوع کاتالیزور دارای بیشترین اثر افزایشی بر بازده تولید آسپرین است. شرایط بهینه بدست آمده توسط طراحی آزمایش به روش تاگوچی عبارتند از: هتروپلی اسید نوع پرایسلر، مقدار کاتالیزور ۰/۲۲۲ گرم و زمان واکنش ۴۵ دقیقه. برای این شرایط بازده توسط روش تاگوچی حدود ۸۰٪ پیش بینی شد و در ادامه آزمایش تایید با بازده ۷۹/۵٪ نتیجه مورد انتظار را تایید کرد.

کاتالیزور نانو پرایسلر بر پایه سیلیکا با اندازه ذرات ۳۰nm در واکنش تولید آسپرین در شرایط بهینه بدست آمده دارای بازده ۸۶٪ می‌باشد. در قسمت نهایی کار، آسپرین در شرایط بهینه و در مقیاس نیمه صنعتی تولید شد و سپس برآورد اقتصادی از هزینه‌های اولیه سرمایه‌گذاری و هزینه‌های تولید جهت یکبار تولید آسپرین در شرایط بهینه و به میزان یک کیلوگرم صورت گرفت.

**کلمات کلیدی:** استیل سالیسیلیک اسید، آسپرین، هتروپلی اسید، نانو کاتالیزور، طراحی آزمایش، روش تاگوچی

## پیش گفتار

کاتالیزورها از اهمیت زیادی در صنایع مختلف از جمله صنعت داروسازی برخوردارند. به طور ساده کاتالیزورها موجب بهبود واکنش شیمیایی، تسریع آن، انجام آن در شرایط عادی و متعادل یا انجام آن به صورت یک مرحله ای می شوند. هر صنعتی که به واکنش های شیمیایی متکی باشد از کاتالیزورهای پیشرفته سود می برد؛ به عنوان مثال می توان به صنعت داروسازی و تولیدکنندگان مواد شیمیایی برای مصارف گوناگون از جمله کودهای شیمیایی، حشره کش ها و صنعت نفت که به شدت به کاتالیزورها وابسته است، اشاره کرد.

در تولید داروها به دلیل شرایط ویژه و حساسیت بالای آنها و محدودیت در استفاده از مواد موجود، انتخاب ماده ای بی ضرر به عنوان کاتالیزور بسیار حائز اهمیت است. یکی از فرآیندهای دارویی متداول در کشور ما تولید آسپرین یا همان استیل سالیسیلیک اسید است که تحت یک واکنش کاتالیزوری با یک اسید معدنی قوی به عنوان کاتالیزور تولید می شود. کاتالیزورهای اسیدی مورد استفاده در این واکنش معمولاً اسید سولفوریک یا اسید فسفریک است. یکی از مهمترین مشکلات استفاده از این دو کاتالیزور خورنده بودن و آلودگی زیست محیطی آنها می باشد. خوردگی بالای آنها باعث افزایش هزینه های ساخت و نگهداری ادوات صنعتی شده است.

در سال های اخیر هتروپلی اسیدها به عنوان کاتالیزورهای اسیدی جامد مورد توجه قرار گرفته اند. این مواد از نظر قدرت اسیدی قوی و در حد اسیدهای قوی مانند اسید سولفوریک هستند. به طور کلی عواملی که باعث می شود هتروپلی اسیدها کاربرد زیادی به عنوان کاتالیزور داشته باشند شامل خواص اکسایشی - کاهش، ساختار متنوع، قدرت اسیدی زیاد، حلالیت بالا در حلالهای قطبی و غیر قطبی، سازگاری با محیط زیست و پایداری در برابر هیدرولیز و گرما می باشد.

در این پروژه به بررسی سه نوع مهم کاتالیزورهای هتروپلی اسید در حالت بالک و نانو ساختار در واکنش استیلایون سالیسیلیک اسید با انیدرید استیک پرداخته شده است. این پایان نامه شامل شش فصل می باشد که در ذیل به خلاصه ای از مطالب ارائه شده در هر فصل اشاره می گردد:

فصل اول شامل معرفی فرآیندهای کاتالیزوری، هتروپلی اسیدها و برخی از کاربردهای مهم این مواد و معرفی آسپرین، فرآیند ساخت و برخی خواص ویژه آن می باشد

فصل دوم شامل اصول اساسی طراحی و آنالیز آزمایش‌ها و پارامترهای مهم در طراحی آزمایشات به روش تاگوچی می‌باشد.

فصل سوم شامل مواد و روش‌ها، تجهیزات به کار رفته برای انجام آزمایش‌ها و روش‌های آنالیز می‌باشد.

در فصل چهارم نتایج حاصل از تولید آسپرین در شرایط بهینه در مقیاس نیمه صنعتی آورده شده است و برآورد کلی از هزینه‌های تولید آن در مقیاس نیمه صنعتی به عمل آمد.

فصل پنجم به تحلیل و بررسی نتایج به دست آمده از آزمایش‌های انجام گرفته می‌پردازد.

فصل ششم خلاصه‌ای از نتایج بدست آمده و پیشنهادات لازم برای مطالعه جامع‌تر و امکان‌سنجی کاربرد کاتالیزورهای مذکور در صنعت را ارائه می‌دهد.

# فصل اول

مروری بر منابع کتابخانه‌ای

## فصل اول

### مروری بر منابع کتابخانه‌ای

#### ۱-۱ مقدمه

یکی از مباحث تحقیقاتی در زمینه کاتالیزورها که در سال‌های اخیر به سرعت رشد کرده است، مطالعه فعالیت کلاسترهای فلز واسطه- اکسیژن- آنیون است. فلزات عناصر واسطه خصوصاً تنگستن و مولیبدن ترکیباتی را به وجود می‌آورند که آن‌ها را به عنوان پلی‌اکسو آنیون‌ها می‌شناسیم. نظر به اینکه فعالیت هر ترکیب ارتباط نزدیکی با ساختار مولکولی آن دارد ابتدا مروری مختصر بر ساختار این مواد و ساختارهای معروف و مهم آن‌ها خواهیم داشت. سپس خلاصه‌ای از کاربردهای آن‌ها را بیان می‌کنیم و در انتهای این فصل به بررسی برخی از واکنش‌های هموزن و هتروژن در حضور هتروپلی‌اسیدها می‌پردازیم.

#### ۱-۲ هتروپلی‌آنیونها

پلی‌اکسومتالاتها<sup>۱</sup> یا POMها دسته‌ای از ترکیبات معدنی هستند که از کنار هم قرار گرفتن چند وجهی‌های  $MO_n$  تشکیل شده‌اند. این مواد به دو دسته کلی ایزوپلی‌آنیون‌ها<sup>۲</sup> (IPA) و هتروپلی‌آنیون‌ها<sup>۳</sup> (HPA) تقسیم می‌شوند. [۱]، [۲]

---

<sup>۱</sup> - Polyoxometalat

<sup>۲</sup> Isopolyanion (IPA)

<sup>۳</sup> Heteropolyanion (HPA)