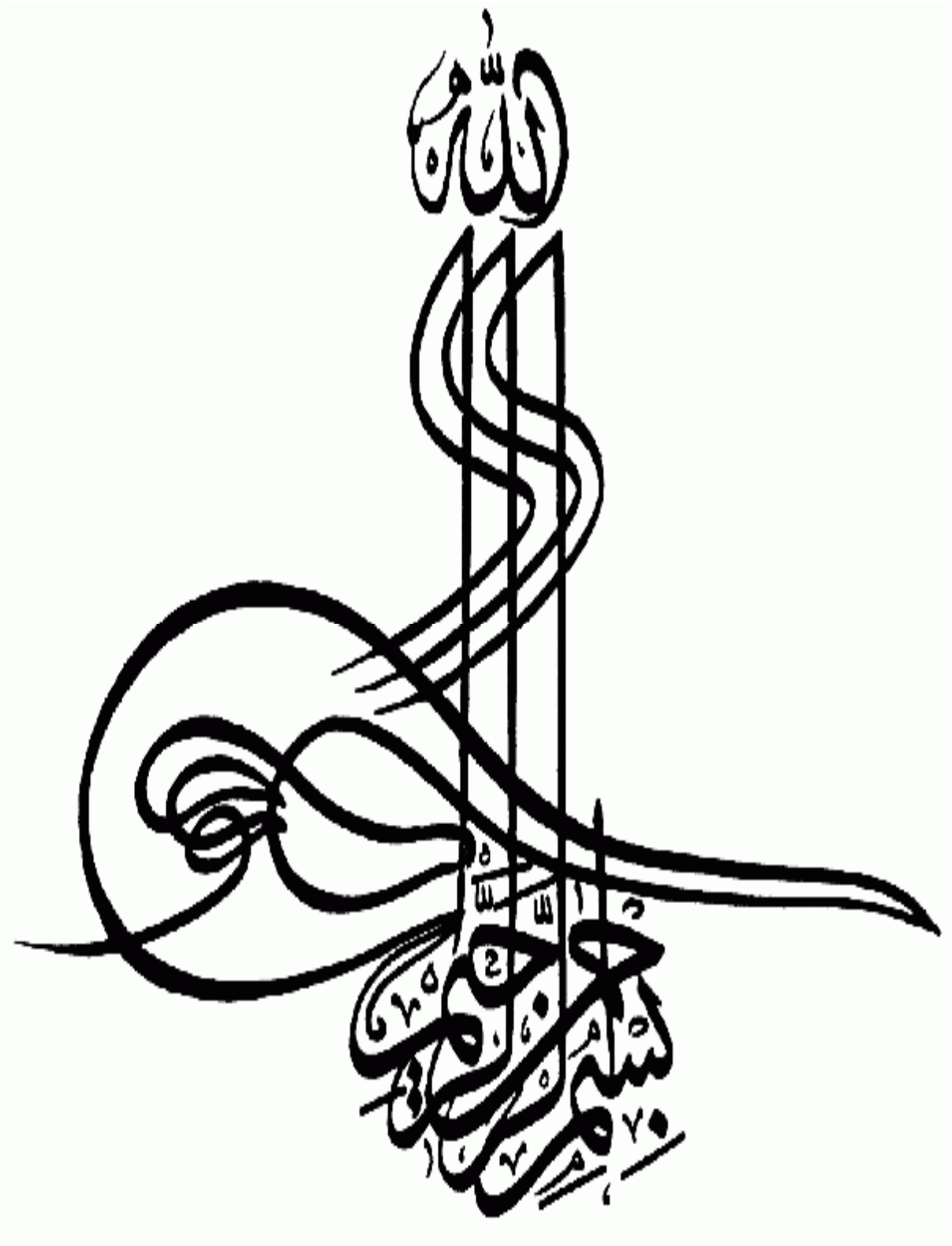
الله
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی شیمی

تهیه آزمایشگاهی غشاء ترکیبی با استفاده از مشتقات سلولز استات

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی (گرایش پدیده‌های انتقال)

محمدعلی حاج عسگرخانی

استاد راهنما

دکتر سید محمود موسوی

استاد مشاور

دکتر احسان سلجوقی

1391

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی شیمی

تهیه آزمایشگاهی غشاء ترکیبی با استفاده از مشتقات سلولز استات

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی (گرایش پدیده‌های انتقال)

محمدعلی حاج عسگرخانی

استاد راهنما

دکتر سید محمود موسوی

استاد مشاور

دکتر احسان سلجوقی

1391

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی شیمی

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی (گرایش پدیده‌های انتقال) آقای محمدعلی حاج عسگرخانی تحت عنوان

تهیه آزمایشگاهی غشاء ترکیبی با استفاده از مشتقات سلولز استات

در تاریخ 1391/11/14 توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

1- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر سید محمود موسوی
2- استاد مشاور پایان نامه	دکتر احسان سلجوقی
3- استاد داور	دکتر مهدی پورافشاری چنار
4- استاد داور و نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر مجید پاکیزه

مدیر گروه مهندسی شیمی **دکتر مهدی پورافشاری چنار**

اینجانب محمدعلی حاج عسگرخانی **نویسنده پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، با عنوان: تهیه آزمایشگاهی غشاء ترکیبی با استفاده از مشتقات سلولز استات، تحت راهنمایی آقای دکتر سید محمود موسوی متعهد می شوم:**

- **تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.**
- **در استفاده از نتایج محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.**
- **مطالب مندرج درپایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ 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 ویا *Ferdowsi University of Mashhad* به چاپ خواهد رسید.**
- **حقوق معنوی تمام افرادی که در بدست آوردن نتایج اصلی پایان نامه تاثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.**
- **در کلیه مراحل این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آنها) استفاده شده 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 شده است، اصل رازداری و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.**

مالکیت نتایج و حق نشر

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

تاریخ

امضای دانشجو

تقدیم به پدر و مادرم مهربانم

آنانکه از خواسته هایشان گذشتند

سختی ها را به جان خریدند

و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند

تا به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده ام برسم

تقدیر و تشکر

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند و سلام و درود بر محمّد و خاندان پاک او.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، بالاتر از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه از پدر و مادر عزیزم، این دو معلم همیشگی، که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده اند؛ از استاد گرانقدر، جناب آقای دکتر سید محمود موسوی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛ از استاد صبور و باتقوا، جناب آقای دکتر احسان سلجوقی که زحمت مشاوره این رساله را در حالی متقبل شدند که بدون راهنمایی های ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در انتها از تمامی دوستان مهربانم که با ایده ها و کمک های خود در طول انجام پروژه، یاری رسان و همراهم بودند، تشکر می نمایم.

باشد که این خرد ترین بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

چکیده

در این پروژه عملکرد غشاء سلولز استات بوتیرات با افزودن نانو ذرات مختلف به آن بهبود یافت. نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم (TiO_2)، دی اکسید سیلیسیوم (SiO_2) و مونت موریلونیت (MMT) استفاده شدند. درخصوص نانو ذره TiO_2، پوشش غشاء پایه با آن و پس پردازش غشاهای حاوی TiO_2 با استفاده از تشعشع UV نیز به انجام رسید. ارزیابی غشاهای حاصله با میکروسکوپ الکترونی روبشی، اندازه‌گیری شار آب خالص(PWF) و نیز بررسی گرفتگی و جداسازی محلول آبی حاوی سرم آلبومین گاوی (BSA) صورت پذیرفت.

نتایج بدست آمده نشان دهنده موفقیت تمام روش‌های مورد استفاده در بهبود خواص و عملکرد کلی غشاء پایه(عاری از نانو ذره) می‌باشند. با توجه به نتایج، غشاهای حاوی TiO_2 تحت تابش قرار گرفته با لامپ UV بهترین عملکرد را در بین غشاهای ساخته شده دارا بودند. همچنین شار آب خالص نیز در اکثر موارد با حضور نانو ذرات تقویت شد. در تمام موارد در قیاس با غشاء پایه، شار تراوه برای غشاهای حاوی نانو ذره بیشتر بود و گرفتگی آن‌ها کمتر بود. در مورد میزان جداسازی BSA توسط غشاها نیز باید گفت که به جز در غشاهای حاوی نانو ذره MMT، بهبود در میزان دفع غشاها در قیاس با غشاء پایه مشاهده گردید. میزان بازیابی شار آب خالص (پس از جداسازی محلول BSA توسط غشاء) نیز برای تمام غشاهای دارای نانو ذرات به مراتب بیشتر از غشاء پایه بود. تمام این موارد نشانگر اثر بخشی روش‌های اصلاحی و بهبود در عملکرد غشاء پایه می‌باشد.

کلمات کلیدی: سلولز استات بوتیرات، نانو ذره، دی اکسید تیتانیوم، دی اکسید سیلیسیوم، مونت موریلونیت، اولترافیلتراسیون، گرفتگی

فهرست مطالب

پیش گفتار 1

فصل اول: غشاء و روش‌های ساخت آن 3

1-1- مقدمه 4

1-2- تاریخچه غشاء 4

1-3- مقدمه ای بر فرآیندهای غشایی 7

1-4- تعریف غشاء 8

1-5- انواع غشاها 10

1-5-1 غشاهای متقارن 11

1-5-1-1- غشاهای میکرومتخلخل 11

1-5-1-2- غشاهای متراکم نامتخلخل 11

1-5-1-3- غشاهای باردار به طور الکتریکی 12

1-5-2- غشاهای نامتقارن 12

1-5-3- غشاهای سرامیکی، فلزی و مایع 13

1-6- فرآیندهای غشایی 13

1-7- روش های ساخت غشاء پلیمری 18

1-7-1- انواع غشاء پلیمری 18

1-7-1-1- غشاهای پلیمری متقارن 18

1-7-1-1-1- غشاء غیرمتخلخل 18

1-7-1-1-1-1- روش ریخته گری محلول 18

1-7-1-1-1-2- روش بیرون رانی مذاب 20

1-7-1-1-2- غشاهای میکرومتخلخل 21

1-7-1-1-2-1- روش ایجاد شیار 21
1-7-1-1-2-2- روش فیلم منبسط شده 22
1-7-1-1-2-3- روش استخراج از قالب جامد 23
1-7-1-2- غشاهای پلیمری نامتقارن 23
1-7-1-2-1- غشاهای حاصل از روش جدایش فازی 24
1-7-1-2-1-1- تکنیک ترسیب در آب (ترسیب به کمک غوطه وری) 24
1-7-1-2-1-2- روش انعقاد حرارتی 26
1-7-1-2-1-3- روش تبخیر حلال 26
1-7-1-2-1-4- روش جذب بخار آب 27
1-7-1-2-2- غشاهای حاصل از پلیمریزاسیون بین سطحی 27
1-7-1-2-3- غشاهای مرکب پوشش داده شده در محلول 29
1-7-2- روش های ساخت غشاهای نانوکامپوزیت 30
1-7-2-1- اختلاط در محلول 30
1-7-2-2- پلیمریزاسیون درجا 30
1-7-2-3- روش سل-ژل 31
فصل دوم: مروری بر کارهای انجام شده 32
2-1- مقدمه 33
2-2- مطالعات انجام گرفته بر روی پلیمر سلولز استات بوتیرات به عنوان غشاء 33
2-3- استفاده از نانو ذرات فلزی و نانو ذرات خاک رس در بهبود غشاهای سلولزی 45
فصل سوم: مواد و روش ها 50
3-1- مقدمه 51
3-2- مواد اولیه و تجهیزات لازم برای ساخت غشاها 51
3-2-1- سلولز استات بوتیرات 51

3-2-2- دی متیل فرمامید 51
3-2-3- نانو ذره دی اکسید تیتانیوم(TiO_2) 51
3-2-4- نانو خاک رس مونت موریلونیت(MMT) 51
3-2-5- نانو ذره دی اکسید سیلیسوم (سیلیکا)(SiO_2) 52
3-2-6- پلی اتیلن گیلیکول(PEG) 52
3-2-7- سرم آلبومین گاوی(BSA) 52
3-2-8- ترازو 52
3-2-9- همزن مغناطیسی 53
3-2-10- دستگاه فراصوت 53
3-2-11- لامپ فرابنفش(UV) 54
3-3- روش ساخت غشاها 54
3-3-1- ساخت غشاء سلولز استات بوتیرات بدون نانو ذره 55
3-3-2- ساخت غشاهای ترکیبی سلولز استات بوتیرات/TiO_2 56
3-3-3- ساخت غشاهای ترکیبی سلولز استات بوتیرات/TiO_2 به همراه پس پردازش با لامپ UV 57
3-3-4- ساخت غشاهای سلولز استات بوتیرات پوشش داده شده با TiO_2 57
3-3-5- ساخت غشاهای ترکیبی سلولز استات بوتیرات/MMT 58
3-3-6- ساخت غشاهای ترکیبی سلولز استات بوتیرات/SiO_2 58
3-4- ارزیابی غشاهای ساخته شده 59
3-4-1- ارزیابی غشاهای ساخته شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی(SEM) 59
3-4-2- نحوه انجام آزمایش های دینامیکی 60
3-4-2-1- مدول تست غشایی و متعلقات آن 60
3-4-2-2- تست آب مقطر 62
3-4-2-3- تست با محلول پروتئینی 62

3-4-2-4- تست مجدد آب مقطر 63
3-4-3- آنالیز خوراک و تراوه با استفاده از دستگاه طیف سنج(اسپکتروفتومتر)UV 63
فصل چهارم: نتایج و بحث 66
4-1- مقدمه 67
4-2- نتایج ارزیابی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی 67
4-2-1- غشاهای سلولز استات بوتیرات بدون نانو ذره 67
4-2-2- غشاهای ترکیبی سلولز استات بوتیرات/TiO_2 69
4-2-3- غشاهای ترکیبی سلولز استات بوتیرات/TiO_2 به همراه پس پردازش با لامپ UV 73
4-2-4- غشاهای سلولز استات بوتیرات پوشش داده شده با محلول TiO_2 74
4-2-5- غشاهای ترکیبی سلولز استات بوتیرات/MMT 75
4-2-6- غشاهای ترکیبی سلولز استات بوتیرات/SiO_2 79
4-3- نتایج حاصل از ارزیابی های دینامیکی 82
4-3-1- غشاهای سلولز استات بوتیرات بدون نانو ذره 82
4-3-2- غشاهای ترکیبی سلولز استات بوتیرات/TiO_2 84
4-3-3- غشاهای ترکیبی سلولز استات بوتیرات/TiO_2 به همراه پس پردازش با لامپ UV 89
4-3-4- غشاهای سلولز استات بوتیرات پوشش داده شده با محلول TiO_2 97
4-3-5- غشاهای ترکیبی سلولز استات بوتیرات/MMT 100
4-3-6- غشاهای ترکیبی سلولز استات بوتیرات/SiO_2 107
4-4- جمع بندی 112
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها 114
5-1- نتیجه گیری 115
5-2- پیشنهادها 116
مراجع 118

فهرست جداول

جدول1- 1: روند پیشرفت فرآیندهای غشایی 6

جدول1- 2: برخی از فرآیندهای غشایی به همراه نیروی محرکه آن ها 14

جدول1- 3: محدوده شار و فشار برای فرآیندهای غشایی با نیرومحرکه فشاری 15

جدول2- 1: شرایط ساخت غشاها توسط فو و همکاران 34

جدول2- 2: تغییرات شار آب خالص با افزایش ضخامت غشاء 35

جدول3- 1: مشخصات غشاهای بدون نانو ذره 55

جدول3- 2: مشخصات غشاهای ترکیبی ساخته شده با استفاده از نانو ذره TiO_2 56

جدول3- 3: مشخصات غشاهای ساخته شده به روش پوشش دهی 57

جدول3- 4: مشخصات غشاهای ترکیبی ساخته شده با استفاده از نانو ذره MMT 58

جدول3- 5: مشخصات غشاهای ساخته شده شامل نانو ذره SiO_2 58

جدول 4- 1: ضخامت غشاهای بدون نانو ذره 69

جدول 4- 2: ضخامت غشاهای حاوی نانو ذره TiO_2 72

جدول 4- 3: ضخامت غشاهای ساخته شده با افزودن نانو ذره MMT 78

جدول 4- 4: ضخامت غشاهای حاوی نانو ذره SiO_2 80

جدول 4- 5: شار آب خالص برای غشاهای بدون نانو ذره 82

جدول 4- 6: میزان دفع BSA توسط غشاهای بدون نانو ذره 83

جدول 4- 7: میزان جداسازی BSA توسط غشاهای حاوی نانو ذره TiO_2 87

جدول 4- 8: میزان جداسازی BSA توسط غشاهای حاوی نانو ذره TiO_2 و پس پردازش با لامپ UV 95

جدول 4- 9: میزان جداسازی BSA توسط غشاهای پوشش دهی شده با نانو ذره TiO_2 99

جدول 4- 10: میزان جداسازی BSA توسط غشاهای حاوی نانو ذره MMT 105

جدول 4- 11: میزان جداسازی BSA توسط غشاهای حاوی نانو ذره SiO_2 110

جدول 4-12: مقادیر شار آب خالص پایدار ($l/m^2.h$) برای غشاهای ساخته شده 112

جدول 4-13: مقادیر شار پایدار($l/m^2.h$) فیلتراسیون محلول BSA برای غشاهای ساخته شده 113

جدول 4-14: مقادیر درصد دفع برای غشاهای ساخته شده 113

فهرست شکل‌ها

شکل 1- 1: شماتیکی از سیستمی دوجزئی که به وسیله غشاء جدا شده است 7
شکل 1- 2: شماتیکی از سطح مقطع انواع مختلف غشاء 9
شکل 1- 3: نمایی از انواع اصلی غشاها 11
شکل 1- 4: اندازه نسبی حل شونده های قابل جداسازی به وسیله هر یک فرآیندهای غشایی با نیرومحرکه فشاری 15
شکل 1- 5: مثالی از انتقال تسهیل یافته یون ها 17
شکل 1- 6: نمایی از یک فیلم کش دستی 19
شکل 1- 7: دستگاه مورد استفاده برای ساخت غشاء به روش ریخته گری محلول در مقیاس صنعتی 20
شکل 1- 8: نمونه ای از دستگاه فشار آزمایشگاهی برای استفاده در ساخت غشاء به روش برون رانی مذاب 20
شکل 1- 9: دیاگرام فرآیند دو مرحله ای ساخت غشاء به روش ایجاد شیار 21
شکل 1- 10: روش ساخت غشاء به شیوه فیلم منبسط شده 22
شکل 1- 11: نمودار جریان سیستم ساخت غشاء به روش استخراج از قالب جامد 23
شکل 1- 12: نمایی از ماشین ساخت غشاء به روش ترسیب به کمک غوطه وری 25
شکل 1- 13: تجهیزات مورد نیاز برای ساخت غشاء میکرومتخلخل به روش انعقاد حرارتی 26
شکل 1- 14: دستگاه ساخت غشاء به وسیله روش جذب بخار آب 27
شکل 1- 15: شماتیکی از نحوه فرآیند پلیمریزاسیون بین سطحی 28
شکل 1- 16: الگوریتم و دستگاه مورد استفاده جهت ساخت غشاء به روش پلیمریزاسیون بین سطحی در مقیاس صنعتی 28
شکل 1- 17: نمایی از دستگاه پوشش دهی غشاء ترکیبی 29
شکل 1- 18: انواع مختلف غشاهای نانوکامپوزیتی پلیمری-معدنی. a) فازهای پلیمری و معدنی به وسیله اتصال کوالانسی به یکدیگر پیوند خورده اند b) فازهای پلیمری و معدنی به وسیله نیروهای واندوالس یا پیوندهای هیدروژنی به یکدیگر متصل شده اند 31
شکل 2- 1: تغییرات شار با نسبت دی اکسان به استون در محلول ریخته گری 36
شکل 2- 2: تغییرات شار و دفع برحسب فشار برای خوراک آبی حاوی پلی اتیلن گلیکول 37
شکل 2- 3: ضریب جداسازی در جداسازی 2-فنیل 1-پروپانول به وسیله غشاهای حاوی 10%، 15% و 20% وزنی CAB 38
شکل 2- 4: شار کلی به صورت تابعی از ترکیب درصد مخلوط پلیمر در غشاء 39
شکل 2- 5: درصد اتانول در تراوه به صورت تابعی از ترکیب درصد مخلوط پلیمر در غشاء 39
شکل 2- 6: اثر درصد وزنی اتانول در خوراک و دمای آزمایش بر شار 40

شکل 2- 7: تأثیر ضخامت غشاء ترکیبی بر شار SDS در روز اول آزمایش و شرایط پایدار 41
شکل 2- 8: شماتیکی از تشکیل نیمه مایسل بر روی سطح غشاء ترکیبی در نبود هیدروکلریدریک اسید(a) و در حضور هیدروکلریدریک اسید(b) 41
شکل 2- 9: عکس های SEM از غشاء الیاف تو خالی ساخته شده به روش جدایش فازی به کمک حرارت: a) سطح داخلی غشاء b) سطح خارجی غشاء 43
شکل 2- 10: نمودار TGA برای غشاء سلولز استات خالص(M1) و غشاء هیبریدی سلولز استات/TiO_2(با افزایش شماره نمونه میزان TiO_2 نیز افزایش می یابد) 47
شکل 2- 11: تأثیر میزان TiO_2 بر شار آب خالص 48
شکل 2- 12: تصویر TEM غشاء ترکیبی سلولز استات/سیلیکا ساخته شده 49
شکل 3- 1: ساختار مولکولی سلولز استات بوتیرات 51
شکل 3- 2: تصویری از ترازوی مورد استفاده 52
شکل 3- 3: تصویری از دستگاه همزن مورد استفاده 53
شکل 3- 4: تصویری از دستگاه فراصوت مورد استفاده 53
شکل 3- 5: نمایی از لامپ UV مورد استفاده 54
شکل 3- 6: مراحل ساخت غشاهای مورد نظر 55
شکل 3- 7: نمایی از دستگاه SEM مورد استفاده 60
شکل 3- 8: نمایی از مدول مورد استفاده 61
شکل 3- 9: نمایی از مدول بسته شده و آماده تست 61
شکل 3- 10: پمپ مورد استفاده در آزمایش ها 61
شکل 3- 11: تصویری از فرآیند فیلتراسیون با مدول معرفی شده 62
شکل 3- 12: اجزاء دستگاه طیف سنج 64
شکل 3- 13: نمایی از دستگاه طیف سنج مورد استفاده 64
شکل 4- 1: تأثیر دمای حمام بر ساختار غشاء بدون نانو ذره: الف) عکس سطح ب) عکس مقطع(برش عرضی) 68
شکل 4- 2: عکس های سطح از غشاهای حاوی TiO_2 70
شکل 4- 3: عکس های مقطع(برش عرضی) از غشاهای حاوی نانو ذره TiO_2 71
شکل 4- 4: تصاویر سطح غشاهای حاوی TiO_2 پس از پردازش با UV 74
شکل 4- 5: تصاویر سطح غشاهای ساخته شده به روش پوشش دهی با TiO_2 75
شکل 4- 6: تصاویر سطح غشاهای حاوی نانو ذره MMT 76
شکل 4- 7: تصاویر از مقطع(برش عرضی) غشاهای ساخته شده با استفاده از نانو ذره MMT 77
شکل 4- 8: تصاویر سطح غشاهای حاوی SiO_2 79

شکل 4- 9: تصاویر مقطع(برش عرضی) غشاهای ساخته شده با افزودن SiO_2 81
شکل 4- 10: تغییرات شار تراوه در طول فرآیند فیلتراسیون BSA برای غشاء CAB بدون نانو ذره 82
شکل 4- 11: شار آب خالص قبل و بعد از فیلتراسیون و میزان بازیابی غشاهای بدون نانو ذره 83
شکل 4- 12: شار آب خالص برای غشاهای با درصدهای مختلف TiO_2 84
شکل 4- 13: تغییرات شار تراوه در طول فرآیند جداسازی BSA برای غشاهای TiO_2/PEG 2%/ CAB 18%. الف)دمای حمام 25°C ب) دمای حمام 0°C 86
شکل 4- 14: نمودار میزان افت شار غشاهای حاوی TiO_2/PEG 2%/ CAB 18%. الف)دمای حمام 25°C ب) دمای حمام 0°C. 87
شکل 4- 15: شار آب خالص قبل و بعد از فیلتراسیون و میزان بازیابی شار غشاهای شامل نانو ذره TiO_2. الف)دمای حمام 25°C ب) دمای حمام 0°C 88
شکل 4- 16: شار آب خالص در تست آب مقطر برای غشاهای پس پردازش شده با لامپ UV 90
شکل 4- 17: مکانیسم آب دوستی شدید 91
شکل 4- 18: تغییرات شار تراوه در تست جداسازی BSA برای غشاهای پس پردازش شده با لامپ UV. الف)دمای حمام 25°C ب) دمای حمام 0°C 92
شکل 4- 19: میزان کاهش شار در طول فرآیند فیلتراسیون برای غشاهای پس پردازش شده با لامپ UV. الف)دمای حمام 25°C ب) دمای حمام 0°C 93
شکل 4- 20 : مکانیسم و فرآیند فتوکاتالیستی 94
شکل 4- 21: مکانیسم خودتمیزکنندگی و ضدگرفتگی 95
شکل 4- 22: شار آب خالص پایدار پیش و پس از جداسازی BSA و میزان بازیابی غشاء حاوی نانو ذره TiO_2 که تحت عملیات UV قرار گرفته اند. الف)دمای حمام 25°C ب) دمای حمام 0°C 96
شکل 4- 23: شار آب برای تست با خوراک آب مقطر برای غشاهای پوشش دهی شده با نانو ذره TiO_2 98
شکل 4- 24: تغییرات شار برای غشاهای ساخته شده به روش پوشش دهی نانو ذره TiO_2 99
شکل 4- 25: میزان کاهش شار به صورت تابعی از زمان برای غشاهای ساخته شده به روش پوشش دهی نانو ذره TiO_2 99
شکل 4- 26: شار آب خالص پایدار و پس از جداسازی BSA و میزان بازیابی غشاهای پوشش داده شده با نانو ذره TiO_2 100
شکل 4- 27: شار آب خالص برای غشاهای با درصدهای وزنی مختلف از MMT 101
شکل 4- 28: تغییرات شار تراوه در طول جداسازی BSA برای غشاهای حاوی MMT. الف)دمای حمام 25°C ب) دمای حمام 0°C 103
شکل 4- 29: افت شار در طول جداسازی BSA برای غشاهای حاوی MMT. الف)دمای حمام 25°C ب) دمای حمام 0°C ... 104
شکل 4- 30: شار آب خالص پایدار پیش و پس از جداسازی BSA و میزان بازیابی شار آب خالص اولیه در خصوص غشاهای حاوی نانو ذره MMT. الف)دمای حمام 25°C ب) دمای حمام 0°C 106
شکل 4- 31: شار آب خالص غشاهای حاوی نانو ذره SiO_2 تابعی از میزان نانو ذره در ساختار 107

شکل 4- 32: تغییرات شار در تست جداسازی BSA برای غشاهای حاوی SiO_2. الف)دمای حمام 25°C ب) دمای حمام 0°C 108
شکل 4- 33: میزان کاهش شار در تست جداسازی BSA برای غشاهای حاوی SiO_2. الف)دمای حمام 25°C ب) دمای حمام 0°C 109
شکل 4- 34: شار آب خالص پایدار پیش و پس از جداسازی BSA و میزان بازیابی شار آب خالص اولیه توسط غشاهای حاوی نانو ذره SiO_2. الف)دمای حمام 25°C ب) دمای حمام 0°C 111

فناوری غشایی، فناوری نوینی بوده و به یک مسئله مهم در زندگی امروز بشر تبدیل شده است. هرچند که مطالعات ابتدایی بر روی پدیده غشاها به اواسط قرن 18 میلادی برمی‌گردد اما دهه 1960 را می‌توان آغاز حضور چشم‌گیر غشاها در کاربردهای صنعتی در نظر گرفت.

با گذشت حدوداً 50 سال از این آغاز، با توجه به پیشرفت سریع این فناوری، فرآیندهای غشایی متعددی در صنایع مختلف از جمله تصفیه آب، نمک زدایی از آب دریا، غذا و جداسازی گاز و بخار، کنترل آلودگی هوا و نیز جداسازی پروتئین‌ها و میکروارگانیسم‌ها به کار گرفته شده‌اند. فناوری غشایی تا حد زیادی این امکان را فراهم کرده است که بتوان صنایع موجود را با توجه به شرایط مورد نیاز برای تولید بهتر محصول، برآورده کردن ملاحظات زیست محیطی و سلامت عمومی بازسازی کرد.

غشاها را می‌توان از مواد مختلفی ساخت. به‌عنوان اولین طبقه‌بندی، غشاها را می‌توان به دو گروه غشاهای بیولوژیکی و سنتزی تقسیم نمود. غشاهای بیولوژیکی برای زندگی بر روی زمین ضروری هستند. هر سلول زنده با یک غشاء احاطه شده‌است، اما این غشاها اساساً از نظر ساختار و عملکرد با غشاهای سنتزی متفاوت هستند. غشاهای سنتزی را می‌توان در دو گروه زیر تقسیم‌بندی نمود:

1- غشاهای آلی (پلیمری)
2- غشاهای غیرآلی

امروزه غشاهای پلیمری به دلیل سهولت در فرآیندهای ساخت و استفاده، مورد توجه صنایع مختلف قرار گرفته‌اند و روز به روز کاربرد آن‌ها رو به افزایش است. از آنجا که انتخاب نوع پلیمر مستقیماً عملکرد غشاء را (گزینش‌پذیری و شار عبوری) تحت تأثیر قرار می‌دهد، انتخاب مناسب آن در افزایش بهره‌وری سیستم امری مهم و ضروری به نظر می‌رسد.

سلولز یکی از ایده‌آل‌ترین مواد برای ساخت غشاهای پلیمری می‌باشد زیرا که بیشتر دارای منبعی آلی بوده و به طور طبیعی قابل تجزیه می‌باشد. از دیگر خواص آن می‌توان به آب دوستی و در نتیجه مقاومت در برابر

گرفتگی اشاره کرد. به همین دلایل سلولز و مشتقاتش به ویژه استرها به طور گسترده‌ای در ساخت غشاها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سلولز استات بوتیرات یکی از مشتقات استری سلولز بوده که دلیل مقاومت مناسب در برابر گرفتگی و پایداری شیمیایی به عنوان یکی از بهترین مواد جهت ساخت غشاهای پلیمری مورد توجه قرار گرفته است.

هدف در کار پیش رو ایجاد بهبود در خواص غشاء پایه‌ای از جنس سلولز استات بوتیرات به وسیله افزودن نانو ذرات به آن می‌باشد. این کار در 5 فصل نگارش شده است که در ادامه توضیح مختصری پیرامون هر فصل بیان می‌گردد.

در فصل اول پس از بیان تاریخچه مختصری از غشاها، فرآیندهای غشایی مختلف معرفی می‌شوند. در ادامه این فصل با تمرکز بر غشاهای پلیمری، روش‌های ساخت انواع مختلف این غشاها ارائه می‌گردد. در قسمت پایانی این فصل نیز روش‌های گوناگون ساخت غشاهای پلیمری حاوی نانو ذرات مورد بررسی قرار می‌گیرند.

در فصل دوم تحقیقات صورت گرفته که مرتبط با موضوع پایان‌نامه می‌باشند، به اختصار مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

در فصل سوم مواد، تجهیزات و روش‌های مورد استفاده برای ساخت و ارزیابی غشاها معرفی می‌شوند.

در فصل چهار نتایج حاصل از ارزیابی‌های مختلف انجام گرفته بر روی غشاهای حاصله، گزارش شده و مورد بررسی قرار می‌گیرند.

فصل پنج نیز که آخرین فصل گزارش است، حاوی جمع‌بندی و بیان اهم نتایج می‌باشد. همچنین در انتهای این فصل پیشنهادهایی برای انجام فعالیت‌های بعدی ارائه گردیده است.

فصل اول

غشاء و روش های ساخت آن