

ارتقاء پارامترهای فیزیکی سلولز باکتریایی به منظور تولید جاذب آلاینده های هوا

دکتر غلامحسین پورتقی^{۱*} - دکتر عباس رضایی^۲ - دکتر علی خوانین^۳ - دکتر رضانعلی عطایی^۴

۱- مرکز تحقیقات بهداشت نظامی- دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله(عج)- تهران - ایران

۲- گروه بهداشت محیط - دانشکده پزشکی - دانشگاه تربیت مدرس - تهران - ایران

۳- گروه بهداشت حرفه ای- دانشکده پزشکی - دانشگاه تربیت مدرس - تهران - ایران

۴- مرکز تحقیقات کاربرد درمانی توکسینهای میکروبی - دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله(عج)- تهران - ایران

*- نویسنده مسئول- پست الکترونیک: ghpourtaghi@yahoo.com

چکیده:

هدف: هدف این تحقیق ارتقاء مشخصات فیزیکی سلولز باکتریایی و استفاده از آن به عنوان فیلتر هوا و جاذب سطحی آلاینده های هوا می باشد.

مواد و روش کار: تکنیک مورد استفاده در این تحقیق شامل تولید سلولز باکتریایی، رشد و تکثیر، فراوری و سپس خشک کردن آن همراه با حفظ حجم اولیه و منافذ آن بود. سپس روش های مختلف برای خشک کردن سلولز باکتریایی آزمایش و حجم اولیه و منافذ آن با دستگاه BET اندازه گیری شد. نتایج: این تحقیق نشان داد، امکان ایجاد شرایط مطلوب برای رشد باکتری استوباکتر گزیلینوم به منظور کاربردهای صنعتی آن وجود دارد. استفاده از تشعشعات میکروویو امکان خشک کردن سلولز باکتریایی همراه با حفظ حجم اولیه و منافذ آن را فراهم آورد به طوری که در آنها منافذی با عدد یدی ۶۳۲ و بسیار نزدیک به کربن فعال ایجاد گردید.

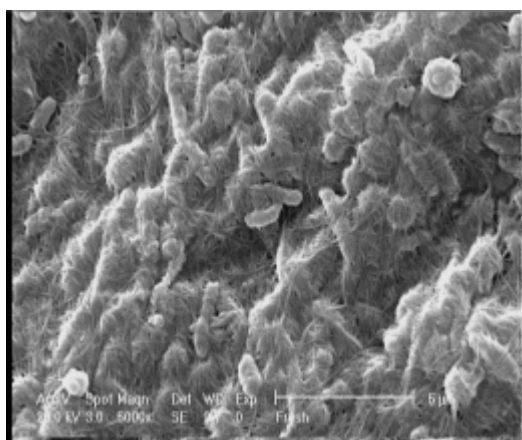
بحث: این تحقیق نشان داد که استفاده از روش تابش میکروویو باعث تولید سلولز خشک با حجم اولیه و حفظ منافذ آن می گردد، لذا با ایجاد منافذ معین در سلولز باکتریایی خشک متورم امکان استفاده از آن به عنوان فیلترهای بیولوژیک با منافذ مشخص به عنوان جاذب مناسب برای حذف آلاینده های شیمیایی موجود در هوا فراهم گردید.

کلمات کلیدی: سلولز باکتریایی، ارتقاء منافذ، جاذب، آلودگی هوا

مقدمه:

سلولز یکی از فراواترین بیوپلیمرهای موجود در روی کره زمین است. سالانه میلیونها تن سلولز از طریق دیواره سلولی گیاهان تولید شده و در صنایع مختلف به مصرف می رسد. انتشار وسیع و همچنین ساختار متحدالشکل و خواص منحصر بفرد، سلولز را به لحاظ انجام تحقیقات بنیادی و کاربردهای صنعتی در درجه بالایی از اهمیت قرار داده است. دیواره سلولی گیاهی بافت ترکیبی نیمه نفوذپذیری است که از فیبریلهای سلولزی نامحلول تشکیل شده و به علت شکل فضایی ملکول خود غیر الاستیک می باشد. گیاهان تنها منشأ مولد سلولز نبوده و برخی از باکتری ها قادرند ترکیب سلولزی با کیفیت بهتری تولید نمایند. مثلاً، استوباکتر گزیلینوم باکتری گرم منفی، هوازی و میله ای شکل است که فیبریلهای سلولزی را در طی فعالیت متابولیکی خود تولید می کند [۱ و ۲] که به آن سلولز باکتریایی یا میکروبی گفته می شود. باکتری

استوباکتر گزیلینوم در سال ۱۸۸۶ برای اولین بار توسط آدریان براون معرفی شد [۳ و ۴]. سلولز حاصل از استوباکتر گزیلینوم به لحاظ کریستالی بودن، ظرفیت بالای جذب آب، مقاومت مکانیکی بالا در شرایط مرطوب، ساختار شبکه ای ریز، شکل پذیری متناسب با ظرف رشد و بالاخره در دسترس بودن به حالت مرطوب با سلولز گیاهی متفاوت است. سلولز استوباکتر گزیلینوم از نظر شیمیایی خالص و عاری از لیگنین، پکتین و همی سلولز است که معمولاً با سلولز گیاهی همراه می باشد [۵ و ۶]. سلولز باکتریایی پلی ساکاریدی خارج سلولی است. سلولز استوباکتر گزیلینوم به عنوان دارنده خاصیت ساختار شبکه ای فوق العاده ریز شناخته شده است. از بافتهای و منافذ سلولز باکتریایی با استفاده از یک دستگاه اسکن میکروسکوپ الکترونی (SEM) مدل XL30 ساخت شرکت فیلیپس از آن تصویر تهیه گردید (شکل ۱).



وجود دارد [۷ و ۸]. در حال حاضر برخی از شرکتهای خارجی از جمله Milipore و SKC با استفاده از سلولز و برخی ترکیبات مشابه انواع فیلتر با منافذ مشخص تولید و عرضه می نمایند که اطلاعات آن را در دسترس عموم قرار نمی دهند.

سلولز و نزدیک نمودن آن به ساختار کربن اکتیو پتانسیل استفاده از آن به عنوان جاذب سطحی آلاینده های هوا

وجود بافت شبکه ای یکسان و محکم در این نوع سلولز ایده استفاده از آن را به عنوان فیلتر القا می نماید. هیچ گزارشی مبنی بر استفاده از سلولز میکروبی به عنوان فیلتر یا جاذب آلاینده های هوا وجود ندارد اما به نظر برخی از محققین توانائی بکارگیری از آن به عنوان فیلتر و جاذب با توجه به وجود منافذ وسیع در سلولز باکتریایی در این تحقیق تلاش گردید با ارتقاء مشخصات فیزیکی این نوع

جوشانده شدند، سپس محیط کشت در دمای ۱۲۱ درجه سانتی گراد بمدت ۱۵ دقیقه اتوکلاو گردید. پس از رسیدن دمای محیط کشت به حرارت اطاق یک کلنی باکتری در شرایط استریل برداشته و به محیط کشت تلقیح گردید. محیطهای کشت در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد بمدت ۷ روز در انکوباتور قرار داده شدند. در این فاصله لایه های سلولز باکتریایی که به رنگ قهوه ای می باشند در بالای محیط کشت ایجاد گردیدند. بعد از تولید سلولز به منظور استفاده در مراحل بعد، نمونه های حاوی لایه های سلولز در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

شستشو و خالص سازی سلولز

ضخامت سلولز میکروبی پس از رشد کردن در محیط کشت معمولا به حدود یک سانتیمتر می رسد و می توان آن را مورد استفاده قرار داد (شکل ۲). در این حالت سلولز تولید شده حاوی مواد آلی و باقیمانده آثار استوباکتر گزلینیوم می باشد که برای استفاده باید بقایای میکروبیها از داخل سلولز خارج گردند. به همین منظور نمونه ها پس از شستشو در آب مقطر قرار گرفتند تا باقیمانده مواد آلی و شرایط قلیایی ایجاد شده حذف گردند. بدین منظور، لایه های سلولز تولیدی را از محیط کشت خارج نموده و در داخل یک ظرف محتوی آب مقطر قرار داده و تا مدت یک هفته روزانه دو بار آب آن تعویض گردید و سپس شستشو با محلول هیدروکسید سدیم و سدیم دی سولفات همراه با جوشاندن آن به مدت سی دقیقه انجام گرفت. در این مرحله باقی مانده حاصل از محیط کشت و بقایای باکتری از سلولزها خارج گردیده و سلولز به رنگ شیری و کاملا شفاف تبدیل شد.

فراهم گردد. تکنیک مورد استفاده در این تحقیق شامل رشد و تکثیر سلولز باکتریایی و سپس خشک کردن آن همراه با حفظ حجم اولیه و منافذ آن می باشد. خشک شدن در واقع حذف رطوبت موجود در سلولز باکتریایی می باشد، تکنیکهای مختلف خشک کردن بیشتر برای سبزیجات، داروهای گیاهی، مواد غذایی، چوب و کاغذ بکارگرفته می شود [۹ و ۱۰]. مهمترین این روشها شامل خشک کردن با استفاده از قرار دادن در هوای آزاد، جریان هوای گرم، خلا، مایکروویو و اشعه مادون قرمز (IR) می باشند [۱۱ و ۱۲]. علاوه بر آن روشهای دیگری نیز از قبیل خشک کردن با جریان هوای گرم، خشک کردن در دسیکاتور، خشک کردن به روش فریز کردن با گاز نیتروژن (FD) نیز مطرح می باشد.

مواد و روشها:

تولید سلولز میکروبی با استفاده از استوباکتر گزلینیوم اولین مرحله در تولید سلولز میکروبی کشت باکتری استوباکتر گزلینیوم می باشد. بمنظور کشت باکتری از سویه استاندارد استوباکتر گزلینیوم ATCC ۱۰۲۴۵ استفاده گردید. این باکتری قبلا در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفته و امکان رشد و تکثیر آن فراهم گردیده است. برای کشت باکتری از محیط کشت SH پیشنهاد شده توسط اسکرام و هیسترین استفاده شد. ترکیب محیط کشت SH شامل گلوکز ۲ درصد، پپتون ۰/۵ درصد، عصاره مخمر ۰/۵ درصد، دی سدیم فسفات ۰/۲۷ درصد و اسید سیتریک ۰/۱۱۵ درصد می باشد. ترکیبات فوق ابتدا به آب مقطر افزوده شده و برای حل شدن آگار موجود در آنها



خشک کردن سلولز باکتریایی

سلولز های آماده شده به صورت ژلاتین مانند می باشند که برای استفاده از آن به عنوان جاذب هوا، لازم است ابتدا خشک گردیده و منافذ آنها نیز حفظ گردند. روشهای مختلفی که برای خشک کردن سلولز باکتریایی مطرح می باشند عبارتند از خشک کردن با استفاده از جریان هوای آزاد، جریان هوای گرم، نگه داری در دسیکاتور، تابش امواج مادون قرمز، روش فریز درایینگ و استفاده از مایکروویو. به منظور خشک کردن در هوای آزاد و یا جریان هوای گرم [۱۳] سلولزها پس از شستشو و آماده شدن بر روی یک قاب توری شکل قرار گرفتند، در این حالت هر دوطرف سلولز در معرض جریان هوای اتاق قرار دارند. در روش مادون قرمز با استفاده از گرمای متصاعد شده از لامپ مادون قرمز با طول موج ۷۵۰ نانومتر استفاده گردید. گرمای حاصل از لامپ مادون قرمز، باعث تبخیر آب سلولز میکروبی می گردد [۱۴]. در روش فریز درایینگ با استفاده از ورود گاز نیتروژن [۱۵] به داخل سلولز به تدریج گاز ورودی جایگزین بخار آب موجود در سلولز می گردید.

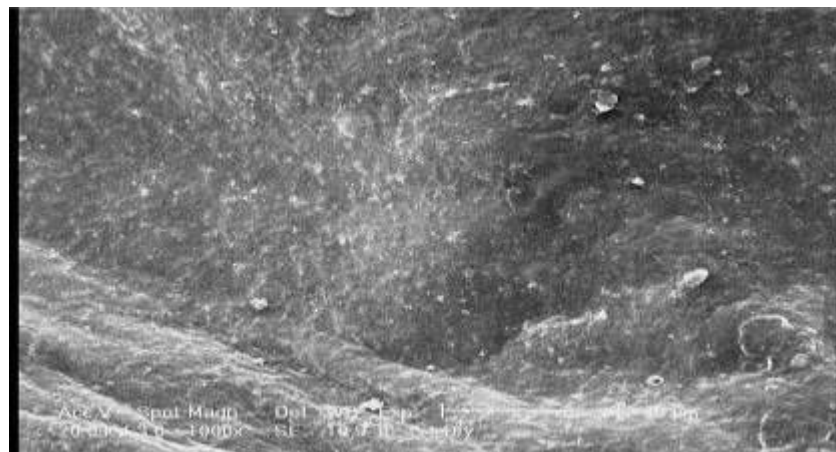
خشک کردن با تابش اشعه مایکروویو

سلولز باکتریایی پس از تولید در معرض تابش توانهای مختلفی از اشعه مایکروویو در محدوده ۷۲۰W - ۱۶۰ قرار گرفت و با توجه به مناسب بودن این روش، آزمایشات تکمیلی به منظور بهینه سازی روش خشک کردن به عمل آمد.

- تعیین مشخصات فیزیکی سلولز میکروبی خشک شده به منظور آگاهی از مشخصات فیزیکی و به ویژه سطح جذب سلولز باکتریایی در این مرحله دانسیته، عدد یدی و سطح جذب BET (Brunauer, Emmett and Teller) ورد بررسی قرار گرفت و در شرایط مختلف از آن تصاویر میکروسکوپ الکترونی تهیه گردید. به منظور تولید گرانول از سلولز میکروبی خشک شده از یک دستگاه آسیاب آزمایشگاهی با سرعت چرخش ۸۰۰ دور در دقیقه استفاده گردید. در مرحله بعد سلولز آسیاب شده دانه بندی گردید. بدین منظور از الک های استاندارد با منافذ مورد استفاد در جاذبها استفاده گردید. به طور معمول در فرایندهای تصفیه هوا کربن فعال با مشهای ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ بیشترین کاربرد را دارند.

نتایج:

پس از بکارگیری کلیه روشهای فوق مشخص گردید تنها با استفاده از روش مایکروویو امکان خشک کردن سلولز باکتریایی همراه با حفظ حجم اولی و منافذ آن وجود دارد و در سایر روشها حجم اولیه سلولز حفظ نمی گردد، بلکه باعث تبدیل آن به لایه نازک و فشرده با منافذ به کلی مسدود گردیده است. تصویر این لایه ها که با میکروسکوپ الکترونی تهیه شده، نشان می دهد منافذ موجود در این بافتها از بین رفته و به صورت یک سطح بدون منفذ تبدیل شده اند (شکل ۳).



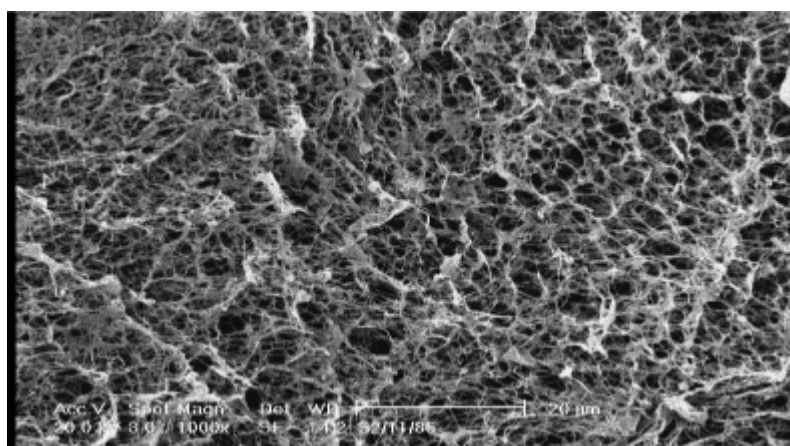
شدن به صورت متورم یا پف کرده باقی می‌ماند. پس از تکرار آزمایش مشخص گردید که در قدرت $360W$ عمده ضخامت سلولز پس از خشک شدن باقی مانده و در این حالت مجموع سطح منافذ آن بسیار بیشتر از حالت ورقه ای می باشد (شکل ۴). این سلولز به طور کامل ضخامت اولیه خود را که حدود یک سانتیمتر بوده است حفظ نموده و دارای حجم منافذ بالا می باشد.

نتایج آزمایشات ناشی از بکارگیری اشعه مایکروویو نشان داد، در قدرتهای $720W - 540$ ، سلولز باکتریایی کاملاً خشک گردیده و حجم اولیه خود را از دست می دهد ولی در قدرت $360W - 180$ عملیات خشک شدن سلولز با سرعت کمتری انجام گرفته و در حین خشک شدن بخار آب ایجاد شده باعث ایجاد فشار و باز نگه داشتن بافتهای سلولز گردیده و در نهایت نمونه سلولز پس از خشک



با حفظ حجم اولیه آن در شکل ۵ نشان داده شده است.

منافذ و سطوح داخلی سلولز باکتریایی پس از خشک شدن



است بسیار محدود بوده و در واقع در این حالت بافتها کاملا روی هم قرار گرفته و منافذ مسدود شده اند.

اندازه گیری انجام شده با دستگاه BET (جدول ۱) نشان می دهد که سطح منافذ سلولز میکروبی خشک ورقه ای که با روشهای دیگر به جز تابش مایکروویو ایجاد گردیده

نوع سلولز مقدار منافذ	سلولز خشک ورقه ای	سلولز خشک متورم
سطح منافذ BET (m^2/g)	۷/۰۰۲	۶۳۲/۰۱۵
حجم منافذ ATPV (cm^3/g)	۰/۰۲	۰/۴۸

هوای گرم، فریز کردن و استفاده از خلا می باشد [۲۳ و ۲۴]. علاوه بر آن در سالهای اخیر روش بکارگیری امواج مایکروویو نیز برای خشک کردن محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. اولوئید و گرومبریچ توانستند خشک کردن چوب را با استفاده از مایکروویو با درجه بازدهی بیشتری نسبت به سایر روشها انجام دهند و مشخص نمودند قدرت 540 W به عنوان مناسبترین توان برای خشک کردن چوب بدون کمترین عوارض می باشد [۲۵]. حجم دهی به مواد غذایی با استفاده از امواج مایکروویو روز بروز در حال گسترش می باشد. انواع دانه هایی مانند ذرت و گندم از جمله این مواد غذایی می باشند. جاسپریت سینگ [۲۶] توانست با استفاده از امواج مایکروویو و با مصرف مقدار جزئی روغن، دانه های ذرت را بدون هیچگونه ضایعات به طور کامل به ذرت متورم یا پاپ کورن تبدیل نماید. به نظر می رسد شیوه حجم دهی به ذرت، مشابه روش خشک کردن و حفظ حجم اولیه سلولز میکروبی باشد که در این تحقیق با استفاده از امواج مایکروویو انجام گرفته است. نتایج خشک کردن سلولز باکتریایی در این تحقیق نشان داد که بهترین روش برای خشک کردن سلولز باکتریایی همراه با حفظ حجم اولیه و یا منافذ آن استفاده از مایکروویو مطابق روش استفاده شده در این تحقیق می باشد. این روش در مدت زمان کوتاهی سلولز باکتریایی را برای استفاده از آن به عنوان جاذب آماده می نماید.

در حالی که پس از ایجاد حالت تورم همراه با خشک شدن سلولز میکروبی منافذ آن به مقدار بسیار زیادی باقی می ماند، به طوری که عدد ۶۳۲ برای سلولز میکروبی بسیار نزدیک به اندازه های مربوط به کربن فعال می باشد.

بحث:

نتایج تحقیقات مختلف از جمله پیتر و تویوساکی [۱۷ و ۱۶] نشان می دهد که سلولز میکروبی دارای منافذ و خلل و فرج زیادی می باشد و از همین خاصیت به همراه توانایی جذب رطوبت بسیار بالای آن برای جذب مایعات و حتی فلزات محلول در آب استفاده شده است [۱۸ و ۱۹]. پیکول وانیچارت در ادامه تحقیقات خود که برای افزایش منافذ موجود در سلولز باکتریایی انجام داد [۲۰] نتیجه گرفت که منافذ ایجاد شده در سلولز باکتریایی بستگی به زمان و چگالی سلولهای مورد استفاده دارد و با ایجاد تغییر در آنها می توان سایز منافذ ایجاد شده در سلولز باکتریایی را افزایش داد. نتایج تحقیقات مختلف از جمله پیتر و تویوساکی [۲۱ و ۲۲] نشان می دهد که سلولز باکتریایی دارای منافذ و خلل و فرج زیادی می باشد و از همین خاصیت به همراه توانایی جذب رطوبت بسیار بالای آن برای جذب مایعات و حتی فلزات محلول در آب استفاده شده است. عمده روشهای مهمی که در مطالعات سایر محققین برای خشک کردن گیاهان و چوب و انواع قارچهای خوراکی بکار می رود، شامل استفاده از جریان

گردید [۳۰]. از میان روشهای مختلفی که در این تحقیق برای خشک کردن سلولز باکتریایی استفاده گردید، بکارگیری تشعشعات مایکروویو مناسبترین خصوصیات فیزیکی برای آن ایجاد نمود بطوری که مشخصات جاذب ایجاد شده قابل رقابت با سایر جاذبهای مهم از قبیل کربن فعال می باشد. حجم منافذ سلولز باکتریایی ۰/۴۸ سانتیمتر مکعب بر هر گرم می باشد که تقریباً بیش از پنجاه درصد حجم منافذ کربن فعال می باشد. حجم منافذ کربن فعال مطابق تحقیق انجام شده توسط ژانگ ۱/۲-۰/۶ بیان شده است [۳۱]، ولی فزادی در تحقیق خود عدد ۰/۸۹۹ را گزارش نموده است. مطابق مقایسه فوق میزان منافذ سلولز باکتریایی خشک متورم را ۸۰-۵۰ درصد منافذ کربن فعال می باشد، بالا بودن سطح منافذ سلولز باکتریایی خشک متورم، امکان استفاده از آن را به عنوان جاذب آلاینده های هوا فراهم می سازد و لازم است آزمایشاتی در این مورد انجام پذیرد. پیش بینی می گردد که امکان افزایش بیشتر حجم منافذ سلولز باکتریایی با انجام آزمایشات جدید و بکارگیری روشهای مختلف وجود داشته باشد.

پیکول وانیچارت در ادامه تحقیقات خود که برای افزایش منافذ موجود در سلولز میکروبی انجام داد [۲۷] نتیجه گرفت که منافذ ایجاد شده در سلولز میکروبی بستگی به زمان و چگالی سلولهای مورد استفاده دارد و با ایجاد تغییر در آنها می توان سایز منافذ ایجاد شده در سلولز میکروبی را افزایش داد. راتانديچو (۲۰۰۶) با استفاده از بکارگیری امواج مایکروویو در طول موج ۲/۴۵ GHz و قدرت w ۱۰۰۰ برای خشک کردن چوب توانست میزان خشک شدن ضخامتهای مختلف چوب را برای سایر فرکانسها و توانهای مایکروویو شبیه سازی نماید [۲۸]. ام ژانگا نیز برای خشک کردن میوه و سبزیجات روش مایکروویو را در ترکیبی از طول موجهای مختلف بکارگیری نمود [۲۹] و نتیجه گیری نمود که در این روش میزان حفظ خصوصیات میوه و سبزی بیشتر از سایر روشهای خشک کردن می باشد. در یک مطالعه که بر روی خشک کردن گوشت ماهی توسط لینچان و تاو انجام گرفت میزان حفظ چربی و پروتئین در روش خشک کردن با مایکروویو مناسبتر از خشک کردن با جریان هوای گرم گزارش

منابع:

- [1]- Peter D, Wulf K, Erick J. Improved cellulose formation by an *Acetobacter xylinum* mutant limited in (keto) gluconate. J Chem Tech. 1999; 380: 76-380.
- [2]- Toyosaki J. Screening of bacterial cellulose-producing *Acetobacter* strains suitable for agitated culture. Biosci Biotech Biochem J. 1995; 59: 1498-1502.
- [3]- Lokesh K, Pandey C, Saxena V. Studies on pervaporative characteristics of bacterial cellulose membrane. Separation and Purification Technology. 2005; 42: 213-218.
- [4]- Koyu A, Takeshi M, Takeshi O. Photocatalytic degradation of formaldehyde and toluene mixtures in air with a nitrogen-doped TiO₂ photocatal. Chem Lett J. 2006; 35: 616-620.
- [5]- Matsunaga T, Tomodam R, Nakajima T. Continuous-sterilization system that uses photosemiconductor powders. Appl Env Microbiol. 1988; 54: 1330-1333.
- [6]- Rezaee A, Solimani S, Forozandemogadam M. Role of Plasmid in Production of *Acetobacter xylinum* biofilm. Biochem Biotech J. 2005; 1: 121-125.
- [7]- Williams W, Canon R. Alternative environmental roles for cellulose produced by *Acetobacter Xylinum*. Appl Env Micro. 1989; 10 : 2448-2452.
- [8]- Ross P, Mayer R, Benziman M. Cellulose biosynthesis and function in bacteria. Micro Rev J. 1991; 51: 35-58.
- [9]- Arsalan D, Musa M, zcan O. Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content and colour characteristics of rosemary leaves. Energy Conversion and Management. 2008; 49: 1258-1264.
- [10]- Lee J, Lee M. Effect of drying method on the moisture sorption isotherms for *Inonotus obliquus* mushroom. Food Sci and Technology. 2008; 41: 1478-1484.
- [11]- Lee M, Han D, Jeong J. Effect of kimchi powder level and drying methods on

- quality characteristics of breakfast sausage. *Meat Sci* 2008;80: 708–714.
- [12]- Tsami E, Krokida M, Drouzas A. Effect of Drying Method on the Sorption Characteristics Model Fruit Powders. *Journal of Food Engineering*. 1999; 38: 381-302.
- [13]- Seres I, Farkas I. Determination of air flow pattern during solar drying of fruits using a low range air speed sensor. *Trans IChemE*. 2007; 85: 155–162.
- [14]- Zhongli P, Connie S, Tara H. Study of banana dehydration using sequential infrared radiation heating and freeze-drying. *Food Sci and Technology*. 2008; 41:1944-1951.
- [15]- Tsami E, Krokida M, Drouzas A. Effect of Drying Method on the Sorption Characteristics Model Fruit Powders. *Journal of Food Engineering*. 1999; 38: 381-302.
- [16]- Peter D, Wulf K, Erick J. Improved cellulose formation by an *Acetobacter xylinum* mutant limited in (keto) gluconate. *J Chem Tech*. 1999; 380: 76-380.
- [17]- Toyosaki J. Screening of bacterial cellulose-producing *Acetobacter* strains suitable for agitated culture. *Biosci Biotech Biochem J*. 1995; 59: 1498-1502.
- [18]- Rezaee A, Derayat j, Mortazavi S. Removal of mercury from chloralKali industry Waste water using *Acetobacter xylinum* cellulose. *J Enviro Sci*. 2005; 2: 102-105.
- [19]- Rezaee A, Solimani S, Forozandemogadam M. Role of Plasmid in Production of *Acetobacter xylinum* biofilm. *Biochem Biotech J*. 2005; 1: 121-125.
- [20]- Pikul W, Sanae K, Khemmarat B. Characterization of cellulose membranes produced by *Acetobacter xylinum*. *J Sci Tech* 2004; 855-862.
- [21]- Rainer J, Luiz F, Farah c. Production and application of microbial cellulose. *Polymer Degrad Stab*. 1998; 59: 101-106.
- [22]- American society for testing and materials (ASTM). Standard test method for carbon tetrachloride of activated carbon. 2002; 3467-3488.
- [23]- Sanya E, Rezzoug A, Allaf K. A new method for drying waterlogged wooden artefacts: comparisons of cyclical pressure drops with conventional methods. *Trans IChem j*. 2003; 81:1243-1249.
- [24]- Lee J, Lee M. Effect of drying method on the moisture sorption isotherms for *Inonotus obliquus* mushroom. *Food Sci and Technology*. 2008; 41:1478–1484.
- [25]- Oloyede A, Groombridge P. The influence of microwave heating on the mechanical properties of wood. *Journal of Materials Processing Technology*. 2000; 100: 67-73.
- [26]- Jaspreet S, Narpinder S. Effects of different ingredients and microwave power on popping characteristics of popcorn. *Journal of Food Engineering*. 1999; 42: 161-165.
- [27]- Pikul W, Sanae K, Khemmarat B. Characterization of cellulose membranes produced by *Acetobacter xylinum*. *J Sci Tech* 2004; 855-862.
- [28]- Rattanadecho P. The simulation of microwave heating of wood using a rectangular wave guide: Influence of frequency and sample size. *Chemical Engineering Sci* 2006; 61:4798 – 4811.
- [29]- Zhanga M, Tangb J, Mujumdar A, Wang S. Trends in microwaverelated drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Sci & Technology*. 2006; 17: 524-534.
- [30]- Tao W, Linchun M. Influences of hot air drying and microwave drying on nutritional and odorous properties of grass carp. fillets *Food Chemistry*. 2008; 110:647–653.
- [31]- Wei L, Li B, Zhang O. Preparation of high surface area activated carbons from tobacco stems with K₂CO₃ activation using microwave radiation. *Industrial Crops and Products*. 2008; 27: 341-347.