مجله میکرب شناسی پزشکی ایران
سال ۶ شماره ۱۰، زمستان ۱۳۹۱، صفحات ۵۸- ۵۱

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 رمضانعلی 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
٤- 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 مایکروویو 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 ٦٣٢ و بسیار نزدیک به کربن فعال ایجاد گردید.

بحث: این تحقیق نشان داد که استفاده از روش تابش مایکروویو 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.

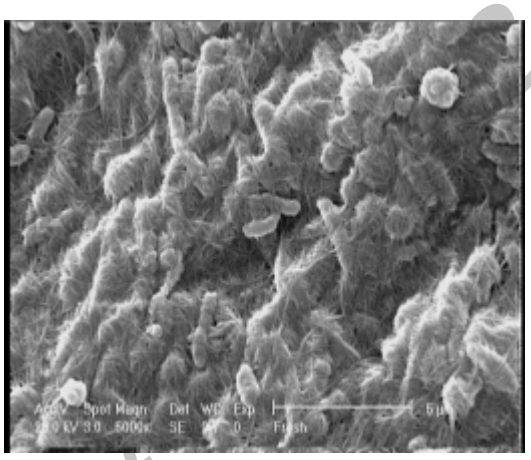
کلمات کلیدی: سلولز باکتریایی، ارتقاء منافذ، جاذب، آلودگی هوا

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه:

سلولز یکی از فراوانترین 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 منشاء 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 استوباکترگزیلینوم در سال ۱۸۸٦ برای اولین بار توسط آدریان براون معرفی شد [۳ و ٤]. 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 ٦]. 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 ومنافذ سلولز باکتریایی با استفاده از یک دستگاه اسکن میکروسکوپ الکترونی(SEM) مدلXL30 ساخت شرکت فیلیپس از آن تصویر تهیه گردید (شکل۱).



وجود بافت شبکه‌ای 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 ازآن 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 وجود دارد[۷و۸]. در حال حاضر برخی از شرکتهای خارجی از جمله Milipore و SKC با استفاده از سلولز و برخی ترکیبات مشابه انواع فیلتر با منافد 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

Archive of SID

www.SID.ir

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[۹و۱۰]. 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[۱۱و۱۲]. 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 گازنیتروژن (FD) نیز مطرح می باشد.

مواد و روشها:

-تولید سلولز میکروبی با استفاده از *استوباکتر گزیلینوم*

اولین مرحله در تولید سلولز میکروبی کشت باکتری *استوباکتر گزیلینیوم* می باشد. بمنظور کشت باکتری از سویه استاندارد *استوباکتر گزیلینوم* ATCC۱۰۲٤٥ استفاده گردید. این باکتری قبلا در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفته و امکان رشد وتکثیر 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 ۲درصد، پیتون۰/۵ درصد، عصاره مخمر۰/۵درصد، دی سدیم فسفات۰/۲۷درصد و اسید سیتریک۰/۱۱۵ درصد می باشد. ترکیبات فوق ابتدا به آب مقطر افزوده شده و برای حل شدن آگار موجود در آنها 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 (شکل۲). در این حالت سلولز تولید شده حاوی مواد آلی و باقیمانده آثار استوباکتر گزیلینوم می باشد که برای استفاده باید بقایای میکروبها 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 دسیل سولفات همراه با جوشاندن آن به مدت سی دقیقه انجام گرفت. در این مرحله باقی مانده حاصل از محیط کشت و بقایی باکتری از سلولزها خارج گردیده و سلولز به رنگ شیری و کاملا شفاف تبدیل شد.

Archive of SID

www.SID.ir

-خشک کردن 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 بااستفاده 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 قرمزبا 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[۱٤] . 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

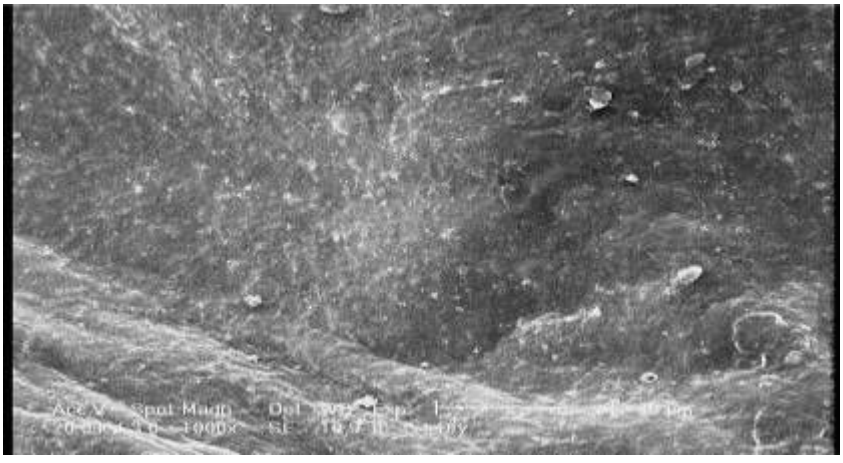
سلولز باکتریایی پس از تولید در معرض تابش توانهای مختلفی از اشعه مایکروویو در محدوده ۷۲۰W - ۱٦۰ قرار گرفت و با توجه به مناسب بودن این روش، آزمایشات تکمیلی به منظور بهینه سازی روش خشک کردن به عمل آمد.

- 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 ازیک دستگاه آسیاب آزمایشگاهی باسرعت 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 و۳۰ 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 ودر 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 (شکل۳).

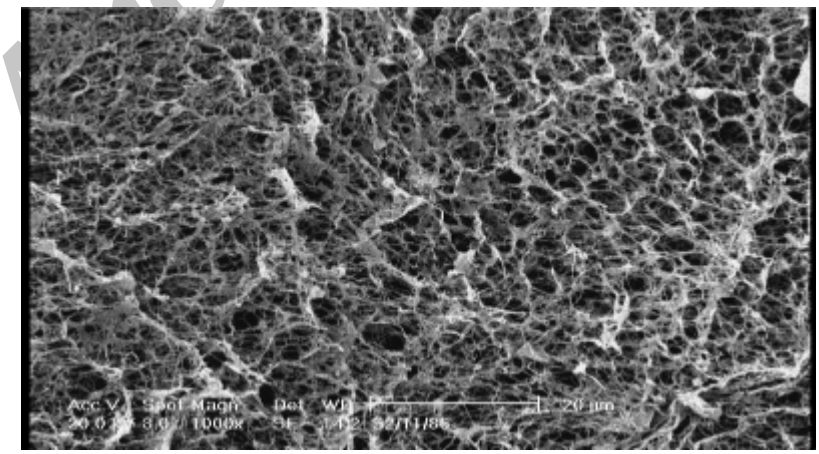


Archive of SID

www.SID.ir

نتایج آزمایشات ناشی از بکارگیری اشعه مایکروویو نشان داد، در قدرتهای ۷۲۰W – ۵٤۰ ، سلولز باکتریایی کاملا خشک گردیده وحجم اولیه خود را از دست می دهد ولی در قدرت ۳٦۰W – ۱۸۰ 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 شدن به صورت متورم یا پف کرده باقی می‌ماند. پس از تکرار آزمایش مشخص گردید که در قدرت۳٦۰W 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(شکل٤). این سلولز به طور کامل ضخامت اولیه خود را که حدود یک سانتیمتربوده است حفظ نموده و دارای حجم منافذ بالا می باشد.

منافذ و سطوح داخلی سلولز باکتریایی پس از خشک شدن با حفظ حجم اولیه آن در شکل ۵ نشان داده شده است.



www.SID.ir

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

نوع سلولز مقدار منافذ	سلولز خشک ورقه ای	سلولزخشک متورم
سطح منافذ BET (m^2/g)	۷/ ۰۰۲	٦۳۲/۰۱۵
حجم منافذ ATPV (cm^3/g)	۰/۰۲	۰/٤۸

در حالی که پس از ایجاد حالت تورم همراه با خشک شدن سلولز میکروبی منافذ آن به مقدار بسیار زیادی باقی می مانند، به طوری که عدد ٦۳۲ برای سلولز میکروبی بسیار نزدیک به اندازه های مربوط به کربن فعال می باشد.

بحث:

نتایج تحقیقات مختلف از جمله پیتر و تویوساکی [۱٦و۱۷] نشان می دهد که سلولز میکروبی دارای منافذ وخلل 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 [۱۸و۱۹] . 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 درآنها می توان سایز منافذ ایجاد شده در سلولز باکتریایی را افزایش داد. نتایج تحقیقات مختلف از جمله پیتر و تویوساکی [۲۱و۲۲] نشان می دهد که سلولز باکتریایی دارای منافذ وخلل 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 هوای گرم، فریز کردن و استفاده از خلا می باشد[۲۳و۲٤] .علاوه بر آن در سالهای اخیر روش بکارگیری امواج مایکروویو نیز برای خشک کردن محصولات کشاورزی مورد استفاده قرارگرفته است. اولووید و گرومبریج توانستند خشک کردن چوب را با استفاده از مایکروویو با درجه بازدهی بیشتری نسبت به سایر روشها انجام دهند و مشخص نمودند قدرت۵٤۰ 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 روزبروز در حال گسترش می باشد. انواع دانه هایی مانند ذرت و گندم از جمله این مواد غذایی می باشند. جاسپریت سینگ [۲٦] 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 ازآن به عنوان جاذب آماده می نماید.

Archive of SID

www.SID.ir

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 درآنها می توان سایز منافذ ایجاد شده در سلولز میکروبی را افزایش داد. راتاندیچو (۲۰۰۶) با استفاده از بکارگیری امواج مایکروویو در طول موج GHz ۲/۴۵ و قدرت w ۱۰۰۰ برای خشک کردن چوب توانست میزان خشک شدن ضخامتهای مختلف چوب رابرای 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 تااو انجام گرفت میزان حفظ چربی و پروتئین در روش خشک کردن با مایکروویو مناسبتراز خشک کردن با جریان هوای گرم گزارش 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 باکتریایی۰/۴۸سانتیمتر مکعب بر هر گرم می باشد که تقریبا بیش از پنجاه در صد حجم منافذ کربن فعال می باشد. حجم منافذ کربن فعال مطابق تحقیق انجام شده توسط ژانگ۱/۲ –۰/۶ بیان شده است[۳۱] ، ولی فوزادی در تحقیق خود عدد ۰/۸۹۹ را گزارش نموده است. مطابق مقایسه فوق میزان منافذ سلولز باکتریایی خشک متورم را۸۰–۵۰ 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.

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 Lette 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

Archive of SID

www.SID.ir

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 Sciand 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 xylinium*. 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 xylinium*. 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, Mujumdarc 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.

Archive of SID

www.SID.ir