بررسی امکان بازیافت تایرهای فرسوده به روش زیستی

فریده قوی پنجه[1*]، ژیلا ضیائی‌راد[1]، فرهاد قوی پنجه[2]

۱- کرج، پژوهشگاه مواد و انرژی، آزمایشگاه محیط زیست

۲- جاده قدیم تهران - کرج، شرکت تولیدی ایران تایر

پیام نگار: **f-ghavipanjeh@merc.ac.ir**

چکیده

در این مقاله، واولکانش (پخت‌زدایی) تایرهای مستعمل با استفاده از میکروارگانیزم‌ها به منظور حذف گوگرد از شبکه بسپار پخت شده مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور، یک نوع تایر بازیافتی، و یک نوع پودر تایر مستعمل در سه اندازه مش (۴۵-۱۶، ۱۰۰-۶۰ و بزرگتر از ۸۰) توسط چند کنسرسیوم میکروبی که از خاک‌های مناطق نفتی جدا شده‌اند و چند سویه خالص باکتری به نام‌های سودوموناس پوتیدا (DSMZ 291)، رودوکوکوس اریتروپولیس IGTS8 (ATCC 53968) و دو سویه مختلف اسیدو تیوباسیلوس فرواکسیدانس (PTCC 1646) و (PTCC 1647) مورد آزمایش قرار گرفتند. پس از پنج هفته تماس میکروارگانیزم‌ها با پودر تایر، سولفات محیط کشت که معادل گوگرد آزاد شده از شبکه بسپار است، اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل نشان داد که باکتری‌های اسیدو تیوباسیلوس فرو اکسیدانس بیش از سایر باکتری‌های مورد آزمایش، سولفات محیط کشت را (در حدود ۱۲ درصد) افزایش دادند.

کلمات کلیدی: تایر فرسوده، بازیافت، واولکانش، پخت‌زدایی، فروشویی زیستی

۱- مقدمه

امروزه، با توجه به کاهش منابع اولیه و در نتیجه افزایش قیمت‌ها و نیز افزایش مشکلات زیست محیطی ناشی از آلودگی‌های تولید و انباشت محصولات فرسوده، توجه به بازیافت مواد، اهمیت ویژه‌ای یافته است. این موضوع در مورد بازیافت و کاربرد مجدد تایرهای فرسوده نیز صادق است. تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه بازیافت و استفادهٔ مجدد از تایرهای مستعمل انجام شده است. در عملیات بازیافت لاستیک‌های فرسوده ابتدا منسوجات آن، اعم از نخ و سیم، جدا شده و سپس به طرق فیزیکی به شکل پودر درمی‌آیند. پودر لاستیک، در صنایع مختلفی نظیر قطعه‌سازی، کفسازی، اسباب‌بازی و صنایع دیگری قابل استفاده می‌باشد. با این حال، استفاده مجدد از تایرهای مستعمل در صنعت تایر، به‌دلیل کاهش کیفیت بسپارهای آن، محدود است [۳-۱]. یکی از مشکلات اصلی، چسبندگی کم توده تایر بازیافتی با بسپار خام است. در این ارتباط، وجود یک شبکه سه بعدی شیمیایی مشکلات فراوانی را در بازیابی لاستیک پس از جداسازی منسوجات آن، باعث می‌شود و انجام روش‌هایی به منظور بازیافت بسپارهای وولکانیزه را دچار مشکل می‌سازد. با توجه به اینکه لاستیک‌های فرسوده و ضایعاتی علاوه بر بسپارها حاوی مواد اولیه مورد نیاز صنایع تایرسازی هستند، برگشت مجدد این مواد باعث کاهش مصرف مواد اولیه و کاهش هزینه‌ها می‌گردد.

تایر مخلوطی از مواد مختلف از جمله بسپارها (طبیعی و مصنوعی)، عوامل پخت، مقاوم‌کننده‌های زمان‌مندی[1]، پرکننده‌ها، نرم‌کننده‌ها یا روانسازها و اجزای متفرقه‌ای است که هر یک به دلایل معینی به آن

1. Ageing Protector

Archive of SID

www.SID.ir

افزوده می‌شوند تا خواص مورد نظر تایر را تأمین نمایند. به این ترکیب، آمیزهٔ تایر می‌گویند. جدول (۱)، ترکیب تقریبی اجزای سطح یک تایر را نشان می‌دهد. عوامل پخت (معمولاً گوگرد یا ترکیبات گوگردی) اجزایی هستند که به آمیزهٔ تایر اضافه می‌شوند تا واکنش‌های شیمیایی مورد نیاز در جهت شبکه‌ای شدن مولکول بسپار، انجام گیرد. فرایند پخت در تایر، یک فرایند (شیمیایی- حرارتی) است که در آن با داخل کردن گوگرد به مولکول کائوچو، ایجاد پیوند و شبکه می‌نماید. در واقع بین زنجیره‌های بسپار توسط اتم‌های گوگرد، اتصالات عرضی ایجاد می‌گردد. این امر باعث تقویت خاصیت الاستیکی و دیگر خواص در مخلوط بسپاری می‌گردد. این فرایند، در شرایط معمول (دما و فشار نرمال) قابل برگشت نیست. برای اینکه بتوان مجدداً از این قبیل لاستیک‌های پخته شده (بعد از فرسوده شدن و یا در فرم ضایعاتی آنها) استفاده کرد، ضروری است که طی فرایندی که آن را اصطلاحاً بازیابی[1] می‌گویند، لاستیک پخته شده را پخت‌زدایی یا واولکانش[2] نمود. روش‌های مختلفی نیز برای این منظور وجود دارد. لاستیک بازیافتی که در حال حاضر در بازار موجود است عمدتاً حاصل فرایندهای فیزیکی و شیمیایی بر روی لاستیک مستعمل و افزودن روغن به آن است که باعث افزایش کشسانی و فرایندپذیری آن می‌گردد.

فرایند واولکانش در اصل به معنی شکست (مونو سولفاید- دی سولفاید) و پلی سولفاید از کراس لینک (پیوند شیمیایی بین (گوگرد – گوگرد) یا (گوگرد – کربن)) در لاستیک پخته شده، می‌باشد. با وجود این در روش‌های متعدد شیمیایی و مکانیکی مرسوم، پیوندهای (کربن-کربن) نیز مورد حمله قرار گرفته که در نتیجه آن با کوتاه شدن طول زنجیره‌ها باعث افت خواص بسپار بازیافتی می‌گردد. به‌همین دلیل روش‌های دیگری نظیر استفاده از حلال‌های آلی، فراصوتی، ریزموج و یا ترکیبی از روش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۱]. در روش‌های جدید بازیافت، هدف این است که تنها پیوندهای گوگردی شکسته شوند. در این حالت، علاوه بر آن که زنجیره بسپار تخریب نگشته و باعث افت خواص بسپار نمی‌شود، امکان ایجاد اتصالات عرضی مجدد برای اختلاط بیشتر توده تایر بازیافت شده با بسپار خام فراهم می‌گردد. از جمله روش‌هایی که در این ارتباط مورد توجه قرار گرفته است، روش زیستی است. بر اساس مطالعات انجام گرفته تاکنون، میکروارگانیسم‌هایی را که قادر به شکست پیوندهای (گوگرد- گوگرد) و (گوگرد – کربن) هستند، می‌توان برای واولکانش لاستیک زائد استفاده کرد. در نتیجه، زنجیرهای بسپاری در سطح، انعطاف بیشتری پیدا می‌کنند و این عمل سبب سهولت افزایش اتصالات گوگردی در عمل وولکانیزاسیون مجدد می‌شود.

لوفلر و همکارانش در سال ۱۹۹۳ نشان دادند که توسط انواع مختلف تیوباسیلوس[3] می‌توان لاستیک با کیفیت در فرایند واولکانش به‌دست آورد [۴]. استروب در سال ۱۹۹۴ چندین نوع میکروارگانیسم، جهت واولکانش لاستیک خرد شده ضایعاتی جداسازی کرد [۵]. در سال ۲۰۰۳ بردبرگ، توانایی باکتری اکسیدکنندهٔ گوگرد، اسیدوتیوباسیلوس[4] و باکتری احیاکنندهٔ گوگرد، پی فیوریوسوس[5] را جهت شکستن گوگرد از شبکه لاستیک پخته شده بررسی نمود [۶]. بسیاری از گونه‌های اکسیدکنندهٔ گوگرد نظیر گونه‌های مختلف جنس تیوباسیلوس و ترمواسیدوفیل‌ها[6] از راسته سولفوبالس‌ها[7] در این رابطه مورد مطالعه قرار گرفته اند [۸ و ۷].

مطالعات انجام شده تاکنون نشان می‌دهند که علاوه بر نوع میکروارگانیزم به کار رفته، ترکیب تایر ضایعاتی پودر شده و اندازهٔ ذرات آن نیز مهم است [۹]. همان‌گونه که ذکر شد ترکیب اجزای تایرهای مختلف تا حدودی متفاوت است و حتی جنس قسمت‌های مختلف یک تایر نیز یکسان نمی‌باشند. تفاوت در نتایج گزارش شده برای عملکرد یک میکروارگانیزم خاص، می‌تواند ناشی از تفاوت در ترکیب تایرهای به کار رفته باشد. همچنین، ریزتر شدن اندازهٔ ذرات پودر که باعث افزایش سطح تماس پودر و میکروارگانیزم می‌شود، منطقا باعث افزایش عملکرد بازیافت زیستی می‌شود. در این خصوص، اندازهٔ ذرات پودر تایر با مش بیش از ۱۰۰ و ۲۰۰ برای عملکرد زیستی مناسب، گزارش شده است [۱]. با این حال، در تحقیقاتی که توچی و همکارانش در سال ۱۹۹۶ و ۲۰۰۱ انجام دادند، مشاهده کردند که میزان تخریب زیستی برای ذرات کوچکتر، کندتر و کمتر است. آن‌ها دریافتند که تشکیل کلنی‌ها و سرعت رشد آن‌ها بسیار تحت تأثیر شرایط محیطی نظیر، حرکت مواد جامد

1. Reclaiming
2. Devulcanization

3. *Thiobacillus*
4. *Acidithiobacillus*
5. *P. furiosus*
6. *Thermoacidophiles*
7. *Sulfobbales*

Archive of SID
www.SID.ir

و جریان سیال محیط کشت اطراف آن‌ها، می‌باشد [۱۰ و ۸]. از این جهت سرعت همزن می‌تواند عامل مهمی در تجزیه یا واولکانش زیستی پودر تایر باشد.

جدول ۱- یک نمونه ترکیب اجزای سطح تایر (phr به معنی قسمت به ازای صد قسمت از بسپار است[1]) [۷].

اجزاء	phr	اجزاء	phr
لاستیک طبیعی	۱۰۰	تأخیراندازها	۰/۲
دوده	۴۰	ضد اکسیدکننده‌ها	۱
گوگرد	۲/۳	آنتی اوزونانت‌ها	۱
شتاب‌دهنده	۰/۵	روغن آروماتیک سنگین	۴
اکسید روی	۳	عوامل ضد آفتاب	۰/۵
اسید استئاریک	۲/۵		

در این تحقیق، مقدار واولکانش دو نوع تایر، با استفاده از چند کنسرسیوم میکروبی بومی و چند سویه خالص مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است. کنسرسیوم‌های میکروبی بومی، از تحقیقی که در زمینه تغییر و تبدیل زیستی ترکیبات نفتی حاوی مقادیری ترکیبات گوگردی انجام شده است، تهیه شده و سویه‌های خالص از جنس اسیدوتیوباسیلوس فرواکسیدانس، سودوموناس و رودوکوکوس اریتروپولیس می‌باشند. تایرهای مورد آزمایش، یکی تایر مستعمل ماشین پیکان و دیگری، تایر بازیافتی از کارخانه بازیابی یزد (شرکت ایستاتیس) می‌باشد. تایر بازیافتی مذکور از انجام عملیات فیزیکی بر روی پودر تایرهای مستعمل به‌دست آمده که نرم و قابل انعطاف می‌باشد. به جهت بررسی مقدار حذف گوگرد از توده بسپار، از روش اندازه‌گیری سولفات محیط کشت استفاده شده است. با فرض اینکه گوگرد پس از اکسید شدن توسط میکروارگانیزم‌ها تماما به صورت سولفات در محیط کشت ظاهر می‌شود، لذا، افزایش سولفات محیط کشت معادل با مقدار کاهش گوگرد از تودهٔ بسپار می‌باشد.

هدف از این تحقیق، بررسی مقدار گوگردزدایی تایرهای فرسوده به روش زیستی توسط میکروارگانیزم‌های فوق الذکر و مقایسه آن‌ها می‌باشد. همچنین، امکان افزایش کیفیت تایر بازیافتی به روش زیستی مورد بررسی قرار گرفته و به عبارتی ترکیب روش‌های بازیافت فیزیکی و بازیافت زیستی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که تاکنون بررسی نشده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱ نمونه‌های تایر

در این تحقیق، از دو نمونه تایر؛ ۱- لاستیک بازیافتی و ۲- تایر مستعمل، استفاده شده است. نمونه لاستیک بازیافتی از شرکت بازیابی یزد (ایستاتیس) تهیه شده و نمونه تایر مستعمل مربوط به تایر یکسال کارکردهٔ ماشین پیکان می‌باشد. نمونه تایر مستعل با استفاده از سمباده برقی به صورت پودر درآمده و توسط غربال در سه اندازهٔ مش (۴۵-۱۶) ((۱/۲۰-۰/۳۵۵) میلی‌متر)، (۱۰۰-۶۰) ((۰/۲۵- ۰/۱۵) میلی‌متر) و مش بزرگتر از ۸۰ (و کوچک‌تر از ۰/۱۸ میلی‌متر) دسته‌بندی شد. نمونه تایر بازیافتی به دلیل نرم بودن و چسبندگی توسط سمباده به شکل پودر در نیامده و حالت اسفنجی به خود گرفت که به همین شکل در آزمایش‌ها مورد استفاده واقع شد. به منظور کاهش سمیت تایر و حذف مواد شیمیایی که دارای فعالیت ضد باکتری هستند، نمونه‌های تایر قبل از استفاده به وسیله اتانول $^{\circ}$۹۰ شسته شدند.

۲-۲ میکروارگانیزم‌ها

میکروارگانیزم‌های مورد استفاده شامل ۴ نوع کنسرسیوم تحت عنوان ۲۰۵، ۵۲، ۱۱۲و ۵ می‌باشند که از خاک‌های مناطق نفتی جدا شده‌اند [۱۲، ۱۱]. این میکروارگانیزم‌ها توانایی تجزیه و تبدیل ترکیبات نفتی را دارا بوده‌اند و مشخص شده است که مقدار گوگرد را در ترکیبات نفتی کاهش می‌دهند. همچنین، از دو نوع باکتری به نام‌های سودوموناس پوتیدا[2] (DSMZ 291) و رودوکوکوس اریتروپولیس IGTS8[3] (ATCC 53968) تهیه شده از پژوهشگاه صنعت نفت و دو سویه اسیدوتیوباسیلوس فرواکسیدانس تهیه شده از بانک میکروبی سازمان علمی و پژوهشی ایران PTCC[4]، تحت عنوان تیوباسیلوس فرواکسیدان[5] (PTCC ۱۶۴۶) و (PTCC ۱۶۴۷) استفاده گردید.

1. Parts per hundred rubber

2. *Pseudomonas putida*
3. *Rhodococcus Erythropolis*
4. Persian Type Culture Collection
5. *Thiobacillus Ferrooxidans*

Archive of SID
www.SID.ir

۲-۳ محیط کشت

برای کشت کنسرسیوم‌ها و باکتری‌های سودوموناس پوتیدا و رودوکوکوس اریتروپولیس از محیط کشت معدنی ۱ حاوی؛ $(NH_4)_2SO_4$،۲/۲۵(g/Lit) KH_2PO_4،۲/۷۵(g/Lit)K_2HPO_4، ۱(g/Lit) $MgSO_4.7H_2O$ (g/Lit)۰/۲ NaCl، (g/Lit)۰/۱ $FeCl_3$، (g/Lit)۰/۰۲، $CaCl_2$ (g/Lit)۰/۰۱ در pH برابر ۷-۶/۸ استفاده شده و کشت باکتری‌های اسیدوتیوباسیلوس فرواکسیدانس در محیط معدنی ۲ شامل؛ (۰/۴ گرم KH_2PO_4، ۰/۴ گرم ($MgSO_4.7H_2O$)، ۰/۴ گرم ($(NH_4)_2SO_4$)، ۳۳/۳ گرم ($FeSO_4 .7H_2O$) و ۱۰۰۰ میلی‌لیتر محلول اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال، انجام گرفت.

۲-۴ شرایط کشت

مقدار ۴۰ میلی لیتر از محیط معدنی ۱ درون ارلن مایرهای ۳۰۰ میلی‌لیتر ریخته شد و در دمای ۱۲۱°C به مدت ۱۵ دقیقه اتوکلاو گردید. پس از سرد شدن، مقدار ۰/۲ گرم پودر تایر (معادل ۰/۵ درصد وزنی به حجمی) و ۱ میلی لیتر از میکروارگانیزم‌ها که شامل کنسرسیوم‌های میکروبی بومی ۲۰۵، ۵۲، ۱۱۲ و ۵ و باکتری‌های سودوموناس و رودوکوکوس می‌باشند که قبلا در محیط مایع لوریا برتانی کشت داده شدند، به ارلن‌ها افزوده شد. از هر نمونه دو تکرار موازی کشت داده شد. یک ارلن نیز به عنوان شاهد (بدون میکروارگانیزم) با شرایط یکسان تهیه شد. ارلن‌ها در دمای ۳۰°C بر روی شیکر (تکان‌دهنده) با دور ۱۶۰ rpm به مدت ۵ هفته قرار داده شدند.

به منظور بررسی تأثیر اندازهٔ پودر تایر و نوع تایر بر عملکرد واولکانش زیستی, باکتری‌های تیوباسیلوس فرواکسیدانس، در سه اندازهٔ پودر تایر مستعمل با مش‌های (۴۵-۱۶)، (۱۰۰-۴۰) و مش بزرگتر از ۸۰ و نیز تایر بازیافتی، در محیط معدنی مربوط به خود (محیط کشت ۲) با شرایط مشابه سایر میکروارگانیزم‌ها کشت شدند. از هر نمونه میکروارگانیزم و پودر تایر، دو ارلن در شرایط یکسان تهیه شد. از هر نمونهٔ پودر تایر نیز یک ارلن به عنوان شاهد (بدون میکروارگانیزم) با شرایط یکسان، تهیه و همراه سایر نمونه‌ها گرماگذاری شد.

۲-۵ اندازه‌گیری مقدار سولفات

به منظور بررسی مقدار حذف گوگرد از تودهٔ بسپار، از روش اندازی‌گیری سولفات محیط کشت استفاده شد. برای اندازه‌گیری مقدار سولفات محیط کشت نمونه ها، بعد از جداکردن پودر تایر به‌وسیلهٔ کاغذ صافی، و شستشو با آب مقطر، فاز آبی با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانیده شد و pH آن به کمک HCl در (۵-۴/۵) تنظیم گردید. سپس با استفاده از محلول $BaCl_2$، سولفات محیط به شکل سولفات باریم رسوب داده شده و پس از جداسازی رسوب با کاغذ صافی، به مدت ۱ ساعت در کوره در دمای ۸۰۰°C حرارت داده شد. پس از سرد شدن، وزن رسوب توزین شده و مقدار سولفات از رابطه زیر محاسبه شد که در آن C غلظت سولفات بر حسب میلی گرم بر لیتر، M وزن رسوب سولفات باریم بر حسب میلی‌گرم و V حجم نمونه بر حسب میلی لیتر می‌باشد [۱۳]:

$$C_{\text{سولفات}} = \frac{M_{BaSO4} \times 411.6}{V_{\text{نمونه}}}$$

۳- نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری سولفات محیط‌های کشت پس از گرماگذاری نمونه‌های پودر تایر مستعمل در یک اندازهٔ مش ((۰/۲۵-۰/۱۵) میلی‌متر) تحت تأثیر میکروارگانیزم‌های مختلف در جدول (۲) آمده است. جدول (۳) نتایج حاصل از گرماگذاری سویه‌های خالص تیوباسیلوس فرواکسیدانس ۱۴۶۴ و ۱۶۴۷ در تماس با اندازهٔ مش‌های متفاوت از پودر تایر مستعمل و نیز تایر بازیافتی را نشان می‌دهد. درصد افزایش سولفات محیط‌های کشت با توجه به مقدار سولفات محیط نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد آنها پس از گرماگذاری سنجیده شده است.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

همان‌گونه که از جدول (۲) مشخص است، کنسرسیوم شماره ۵، سودوموناس پوتیدا و سویه تیوباسیلوس فرواکسیدانس ۱۶۴۶ با پودر تایر مستعمل در اندازهٔ پودر (۰/۲۵-۰/۱۵) میلی متر، بهتر از باقی نمونه‌های میکروبی عمل کرده‌اند و باعث شکست پیوندهای سولفیدی و آزاد شدن گوگرد به شکل سولفات به ترتیب با ۶/۳۴٪، ۷/۱۳٪ و ۱۱/۶۵٪ شده‌اند. تأثیر اندازهٔ پودر تایر بر روی میزان تیمار زیستی آن با استفاد ه از تیوباسیلوس فرواکسیدانس ۱۶۴۶ و ۱۶۴۷در جدول (۳) نشان داده شده است. با توجه به جدول (۳)

Archive of SID

www.SID.ir

مشخص می‌شود کـه سـویه تیوباسـیلوس فرواکـسیدانس ۱۶۴۶ در اندازهٔ پودرهای متفاوت همچنان بهتر از سـویه‌ی۱۶۴۷ عمـل کـرده است. بدین ترتیب که درصد افزایش سـولفات در انـدازهٔ پـودر تـایر (۱/۲۰-۰/۳۵۵) میلی‌متر در حـدود ۱۳/۳۴ درصـد و حـدود ۱۱/۶۵ درصد در اندازهٔ پودر (۰/۲۵-۰/۱۵) میلی متر می‌باشد. اختلاف ایـن مقادیر کمتر از خطای روش اندازه‌گیری سولفات (حدود ۵٪) اسـت. از این رو می‌توان اذعان داشت که کوچکتر شدن اندازهٔ پودر تـایر در محدودهٔ مورد آزمایش تأثیری بر افزایش عملکرد تیمـار زیـستی آن نداشته است. نتیجه فوق با نتایجی کـه تـوچی و همکـارانش بـه آن رسـیدند تقریبـاً مطابقـت دارد[۱۰و ۸]. همچنـین در تحقیقـی کـه توسط کومار و همکاران در عملیات لیچینگ مس از سنگ معدن آن توسط تیوباسیلوس فرواکسیدانس انجام شده، با افزایش اندازهٔ ذرات، راندمان لیچینگ با وجود کاهش سطح مخصوص، افزایش یافته است [۱۴]. آنان نتیجه‌گیری کردند که شانس چسبندگی میکروارگانیزم‌ها و ذرات در ارلـن‌هـای آزمایـشی بـر روی تکـان‌دهنـده بـرای ذرات درشت‌تر، بیشتر است.

جدول ۲ - مقدار سولفات محیط کشت پس از ۵ هفته تماس میکروارگانیزم با پودر تایر

نمونه ها	اندازهٔ پودر تایر (میلی متر)	غلظت سولفات (گرم در لیتر)	درصد افزایش سولفات
کنسرسیوم ۲۰۵	۰/۱۵-۰/۲۵	۰/۹۱	۰
کنسرسیوم ۵۲	۰/۱۵-۰/۲۵	۰/۸۹	-۲/۰۴
کنسرسیوم ۱۱۲	۰/۱۵-۰/۲۵	۰/۹۱	۰
کنسرسیوم ۵	۰/۱۵-۰/۲۵	۰/۹۷	۷/۱۳
سودوموناس	۰/۱۵-۰/۲۵	۰/۹۶	۶/۳۴
ردوکوکوس اریتروپولیس	۰/۱۵-۰/۲۵	۰/۸۹	۱/۸۱
شاهد محیط معدنی ۱	۰/۱۵-۰/۲۵	۰/۹۱	
تیوباسیلوس فرواکسیدانس۱۶۴۶	۰/۱۵-۰/۲۵	۲۱/۴۶	۱۱/۶۵
تیوباسیلوس فرواکسیدانس۱۶۴۷	۰/۱۵-۰/۲۵	۱۹/۹۲	۳/۵۶
شاهد محیط معدنی ۲	۰/۱۵-۰/۲۵	۱۹/۲۱	-

جدول ۳- مقدار سولفات محیط کشت پس از ۵ هفته تماس سویه‌های تیوباسیلوس فرواکسیدانس با تایر بازیافتی و تایر مستعمل در سایز مش‌های متفاوت

نام نمونه	اندازه پودر تایر (میلی‌متر)	غلظت سولفات (گرم در لیتر)	درصد سولفات
تیوباسیلوس فرواکسیدانس۱۶۴۶	۰/۱۵-۰/۲۵	۲۱/۴۶	۱۱/۶۵
تیوباسیلوس فرواکسیدانس۱۶۴۷	۰/۱۵-۰/۲۵	۱۹/۹۲	۳/۵۶
تیوباسیلوس فرواکسیدانس۱۶۴۶	<۰/۱۸	۱۹/۴۲	۰/۹۶
تیوباسیلوس فرواکسیدانس۱۶۴۷	<۰/۱۸	۲۰/۹۱	۸/۷۲
تیوباسیلوس فرواکسیدانس۱۶۴۶	۰/۳۵۵-۱/۲۰	۲۱/۸۰	۱۳/۳۴
تیوباسیلوس فرواکسیدانس۱۶۴۷	۰/۳۵۵-۱/۲۰	۲۰/۴۵	۶/۳۴
تیوباسیلوس فرواکسیدانس۱۶۴۶	بازیافتی	۱۹/۵۱	-۰/۰۳۳
تیوباسیلوس فرواکسیدانس۱۶۴۷	بازیافتی	۲۱/۱۸	۴/۹۲
شاهد	بازیافتی	۲۰/۱۸	-
شاهد	۰/۳۵۵-۱/۲۰	۱۹/۲۳	-

Archive of SID
www.SID.ir

همچنین نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که میکروارگانیزم‌ها با پودر تایر بهتر از تایر بازیافتی عمل کرده‌اند که این امر می‌تواند ناشی از درشتی زیاد قطعات تایر بازیافتی (به علت نرمی زیاد قابل پودر شدن نبود) در مقایسه با پودر تایر به کار رفته باشد که سطح تماس به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است.

نتایج فوق نشان می‌دهد که باکتری اسیدوتیوباسیلوس فرواکسیدانس ۱۶۴۶ نسبت به سایر میکروارگانیزم‌های مورد آزمایش توانایی بیشتری در حذف گوگرد از شبکه بسپار دارد. در ادامه این تحقیق، آزمایش‌های بیشتری در جهت بررسی تأثیر عوامل محیطی، افزایش درصد پودر تایر در محیط کشت و کاهش زمان مورد نیاز در جهت افزایش عملکرد تیمار زیستی و بررسی خواص ایجاد شده بر روی پودر تایر، در دست بررسی است.

۵- تشکر و قدردانی

از پژوهشگاه مواد و انرژی به جهت فراهم آوردن امکانات و هزینه‌های لازم در جهت انجام تحقیق قدردادنی و تشکر می‌شود. همچنین از خانم محبوبه بنی فاطمی جهت انجام آزمایش‌های لازم قدردادنی و تشکر می‌گردد.

مراجع

[1] CalRecovery, Inc., "Evaluation of waste tyre devulcanization technologies", Contractor's report to Integrated Waste Management Board, California, USA, www.ciwmb.ca.gov/publications/, Chapter 2 & 3, (2004).

[۲] شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک "مقدمه‌ای بر مبانی آمیزه کاری و تکنولوژی لاستیک"، ویراستار؛ جعفری ع، ملایری ع، مرکز نشر ثمر، (۱۳۷۵).

[۳] کیقبادی، ش.، "بازیابی لاستیک"، گزارش پروژه، شرکت تولیدی ایران تایر، (۱۳۶۶).

[4] Loffler, M., Straube, G., Straube, E., "Biohydrometallurgical technologies: Proceedings of an International Biohydrometallurgy Symposium", Biometallurgical Symposium, Jackson Hole, Wyo, Vol. 2,673, (1993).

[5] Staube, G., Straube, E., Neumann, W., Ruckauf, H., Forkmann, R., Loffler, M., "Method for reprocessing scrap rubber", U.S. patent, 5, 275, 948, Holzemann Metalverarbeitung GmbH (assigne), January 4,(1994).

[6] Berdberg, K., "Sulphur utilizing microorganisms in biotechnological applications- rubber recycling and vanadium reduction", Lund University Dissertation Abstract, www.lub.lu.se/cgi-bin/show_diss.pl/tec_653.html , (2003).

[7] Holst, O., Stenberg, B., Christiansson, M., "Biotechnological possibilities for waste tyre-rubber treatment", Biodegradation, Vol. 9, 301-310, (1998).

[8] Tsuchii, A., Tokiwa, Y., "Microbial degradation of tyre rubber particles", Biotechnology letters, 23, 963-969, (2001).

[9] Cherian, E. , Jayschandran, K., "Microbial degradation of natural rubber by a novel species of Bacillus sp. SBS25 isolated from soil", Int. J. Environ. Res., 3(4), 599-604, (2009).

[10] Tsuchii, A., Takeda, K., Suzuki, T., Tokiwa, Y., "Colonizatrion and degradation of rubber pieces by Nocardia sp.", Biodegradation, 7, 405-413, (1996).

[۱۱] قوی پنجه، ف.، پازوکی، م.، شایگان، ج.، "بررسی تأثیر میکروارگانیزم‌ها در کراکینگ خوراک واحد هایدروکراکینگ"، گزارش فاز اول، پژوهشگاه مواد و انرژی، شرکت ملی پالایش و پخش فراورده‌های نفتی، (۱۳۸۴).

[۱۲] شایگان، ج.، قوی پنجه، ف.، پازوکی، م.، حسین نیا، آ.، "مطالعات تجربی اولیه در بررسی امکان دستیابی به فناوری زیستی در تبدیل برش‌های سنگین به سبک در پالایشگاههای ایران"، فرایند نو، سال اول، شماره ۵، ۴۸-۴۳، (۱۳۸۵).

[13] WPCF, Standard Methods for the Examination of water and wastewater, Chairman J. Connors, 15th Edition,(1980).

[14] Kumar, S.R., Gandi, K.S., Natarajan, K.A., "Role of cell attachment in leaching of chalcopyrite minerals by Thiobacillus ferrooxidans", Appl. Microbiology Biotechnology, Vol.36, 278-282, (1991).

Archive of SID

www.SID.ir