

بررسی استفاده از پرکننده های طبیعی در آمیزه های لاستیکی و تاثیر آنها بر خواص مکانیکی

S

Study on the use of natural fillers in rubber compounds and their effects on mechanical properties

چکیده

در هر کشوری با توجه به موقعیت جغرافیایی آن کشور، محصولات منحصر به فرد وجود دارند که از قابلیت کاربرد در آمیزه های لاستیکی برخوردار می باشند. نشان داده شده است که استفاده از برخی از آن ها می تواند به بهبود خواص مکانیکی آمیزه لاستیکی، سازگاری با محیط زیست و در مواردی به کاهش هزینه بیانجامد. بنابراین اطلاع از خواص و ویژگی های این مواد و نیز استفاده از تجارب دیگران در به کارگیری آن ها می تواند کمک موثری بر انتخاب آنها به عنوان یک جز از آمیزه بنمایند. در این تحقیق، براساس مقالات و مطالعات گزارش شده، تعدادی از مواد که می توانند به عنوان پرکننده مصرف شوند معرفی شده و تاثیر آنها بر خواص مکانیکی مواد پلیمری به ویژه آمیزه های لاستیکی ارایه می شود. برخی از این مواد در داخل کشور قابل دسترس بوده و مطالب ارایه شده در این مطالعه، در چگونگی به کارگیری آنها کمک می نماید. همچنین انتظار می رود که توجه به این موضوع انگیزه ای باشد برای یافتن دیگر موادی که بومی کشور ما هستند و قابلیت به کارگیری در آمیزه را دارند.

کلمات کلیدی: پرکننده های طبیعی، آمیزه های لاستیکی، خواص مکانیکی

نوع مقاله: پژوهشی

اعظم جلالی آرانی^۱، مریم بیات جوزانی^۲

۱- دانشگاه صنعتی امیرکبیر دانشکده مهندسی پلیمر و رنگ، تهران، ایران

۲- دانشگاه صنعتی امیرکبیر دانشکده مهندسی پلیمر و رنگ، تهران، ایران

1- ajalali@aut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰-۰۹-۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰-۱۲-۰۳

مقدمه

برای بهبود خواصی همچون مدول، سختی، استحکام کششی، مقاومت به سایش و مقاومت پارگی لاستیک‌ها از تقویت کننده‌ها و فیلرها استفاده می‌شود. دوده و سیلیکا (SiO_2) بیشترین کاربرد را در این زمینه دارند، اگرچه کلسیم کربنات (CaCO_3) نیز به عنوان فیلر در لاستیک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان تقویت کنندگی یک فیلر در آمیزه لاستیکی، به عوامل متعددی مانند اندازه ذره، شیمی و مساحت سطح، ساختار و شکل فیلر بستگی دارد.

دوده که به عنوان تقویت کننده استفاده می‌شود، بعد از پلیمر یکی از مهمترین مواد مورد استفاده در صنعت ساخت محصولات لاستیکی است. برای تهیه دوده از منابع نفت و گاز استفاده می‌شود. از این رو جایگزینی برخی از انواع دوده با استفاده از فیلرهایی که از منابع دیگری بجز نفت و گاز به دست می‌آیند یک نیاز کاملاً محسوس است.

یکی دیگر از فیلرهای پر کاربرد در صنعت لاستیک و حتی پلاستیک، کلسیم کربنات است. کلسیم کربنات ماده جامد سفید رنگی است که به طور فراوان در ترکیب صخره‌ها در تمام نقاط جهان یافت می‌شود. مهمترین کانی‌های آن آراگونیت، سنگ آهک، ماربل و تراورتن است. این ماده به مقدار بسیار کم در آب حل می‌شود، اما در آبی که حاوی CO_2 باشد به طور کامل حل می‌شود. انحلال کلسیم کربنات در آب‌های جاری که مقداری CO_2 محلول دارند، باعث ایجاد سختی در آب می‌شود [۱]. در حال حاضر استفاده از این ماده در مقیاس نانومتری، نظر پژوهشگران را به خود جلب کرده است [۲].

کلسیم کربنات به صورت صنعتی در بیشتر کشورهای تولید می‌شود اما می‌توان آن را با مواد ضایعاتی که حاوی این ماده هستند، جایگزین کرد. ضایعات محصولات کشاورزی و دریایی بخش بزرگی از ضایعات جامد را در کشورهای در حال توسعه

تشکیل می‌دهد که از بین بردن آنها نیز بسیار پرهزینه و مشکل‌ساز است. به تازگی استفاده از منابع تجدید پذیری همچون سبوس برنج، چوب ذرت، پوست بادام‌زمینی، پوسته غلاف کاکائو، پوست موز، پوست دانه درخت هوا، کیتین، و نارگیل و . . . ، به عنوان فیلر در پلیمرها مورد توجه واقع شده است [۳-۵]. این مواد می‌توانند به صورت مستقیم و یا پس از فرایندهای ساده‌ای که بر روی آنها انجام می‌شود، مورد استفاده قرار گیرند. از مزایای به کارگیری این فیلرها می‌توان به قیمت اندک، وزن کم، زیست تخریب پذیری آنها و تاثیر بر کاهش حجم ضایعات اشاره کرد. در این مقاله سعی شده است تا فیلرها و مواد تقویت کننده به دست آمده از منابع طبیعی با منشا معدنی، حیوانی و گیاهی که برای بهبود خواص آمیزه پلیمرها استفاده شده اند، به اختصار معرفی شوند. در این راستا، ابتدا توضیحاتی کلی درباره ماده مورد نظر ارائه شده و سپس برخی از مقالات که به بررسی استفاده از این مواد در لاستیک‌ها به ویژه لاستیک طبیعی پرداخته اند مرور می‌گردند.

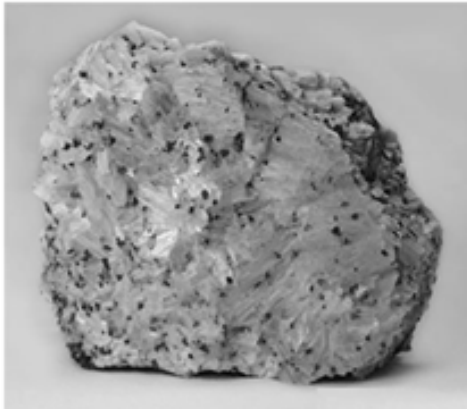
فیلرها و مواد تقویت کننده با منشاء معدنی

ولاستونایت

ولاستونایت (CaSiO_3)، یک ماده معدنی حاوی ۴۸٪ کلسیم اکسید (CaO) و ۵۱٪ سیلیسیم اکسید (SiO_2) و مقادیر اندکی از مواد دیگر مانند آهن، منیزیم، منگنز و . . . می‌باشد. این سنگ در دو رنگ سفید و خاکستری موجود است و زمانی به وجود می‌آید که سنگ آهک و یا دولستون در شرایطی مشخص تحت فشار و دمای بالا قرار بگیرد. برخی از خواص همچون شفافیت بالا، جذب رطوبت، جذب روغن و محتوای مواد فرار اندک آن، سبب گردیده که ولاستونایت در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گیرد. این ماده در برابر مواد شیمیایی مقاوم بوده و از نظر شیمیایی خنثی است و خاصیت

در صنعت رنگ به عنوان فیلر استفاده می‌شود [۶].

مغناطیسی ندارد. این سنگ عمدتاً در صنایع سرامیک، خودرو سازی (در کلاچ و ترمز)، ساخت فلزات، پلاستیک، لاستیک و



شکل ۱- نمایی از دو نوع سنگ ولاستونایت.

اطلاعات در باره استخراج ولاستونایت در بسیاری از کشورها در دسترس نیست و به طور کلی زمان زیادی از معرفی آن نمی‌گذرد، اما می‌توان از آن به عنوان یکی از منابع طبیعی جدید با قابلیت کاربرد زیاد نام برد. ولاستونایت در فلزات و پلاستیک‌ها جمع شدگی و خروج گاز در حین عملیات پخت را کاهش داده و استحکام پس از پخت را افزایش می‌دهد. همچنین باعث پخت سریعتر و کاهش ایجاد ترک‌ها و ترکچه‌ها در محصول نهایی می‌گردد. در صنعت پلاستیک، ولاستونایت باعث بهبود خواصی مانند استحکام کششی و خمشی، کاهش مقدار رزین مصرفی و بهبود پایداری ابعادی و حرارتی در دماهای بالا می‌شود. برای بهتر کردن چسبندگی بین ولاستونایت و پلیمرهایی که این ماده به عنوان فیلر معدنی به آنها اضافه می‌شود، باید عملیات آماده سازی سطح انجام بگیرد. در شرایطی که بهبود در پایداری ابعادی، مدول خمشی و عدم تغییر شکل ناشی از حرارت حائز اهمیت است، ماهیت سوزنی بلور این ماده معدنی، آن را قابل رقابت با سایر مواد سوزنی شکل از جمله الیاف سرامیکی، الیاف شیشه،

اطلاعات در باره استخراج ولاستونایت در بسیاری از کشورها در دسترس نیست و به طور کلی زمان زیادی از معرفی آن نمی‌گذرد، اما می‌توان از آن به عنوان یکی از منابع طبیعی جدید با قابلیت کاربرد زیاد نام برد. ولاستونایت در فلزات و پلاستیک‌ها جمع شدگی و خروج گاز در حین عملیات پخت را کاهش داده و استحکام پس از پخت را افزایش می‌دهد. همچنین باعث پخت سریعتر و کاهش ایجاد ترک‌ها و ترکچه‌ها در محصول نهایی می‌گردد. در صنعت پلاستیک، ولاستونایت باعث بهبود خواصی مانند استحکام کششی و خمشی، کاهش مقدار رزین مصرفی و بهبود پایداری ابعادی و حرارتی در دماهای بالا می‌شود. برای بهتر کردن چسبندگی بین ولاستونایت و پلیمرهایی که این ماده به عنوان فیلر معدنی به آنها اضافه می‌شود، باید عملیات آماده سازی سطح انجام بگیرد. در شرایطی که بهبود در پایداری ابعادی، مدول خمشی و عدم تغییر شکل ناشی از حرارت حائز اهمیت است، ماهیت سوزنی بلور این ماده معدنی، آن را قابل رقابت با سایر مواد سوزنی شکل از جمله الیاف سرامیکی، الیاف شیشه،

دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، اصلاح شوند. این اصلاح ذرات فیلر باعث بهبود برخی خواص آمیزه‌های لاستیکی مانند استحکام کششی و پارگی خواهد شد.

در سال ۲۰۰۷، پارک و همکارانش در کره [۱۰]، خواص مکانیکی و فرآیندپذیری کامپوزیت‌های لاستیک سیلیکون تقویت شده با الیاف شیشه و ولاستونایت را بررسی نمودند. مشاهده شد که استفاده از ولاستونایت و الیاف شیشه که با سیلان اصلاح سطح شده باشد سبب می‌گردد که استحکام کششی، مقاومت سایشی و استحکام پارگی لاستیک سیلیکون به طور قابل توجهی افزایش یابد. دلیل این بهبود خواص، افزایش نیروهای بین مولکولی میان فیلر و الیاف و ماتریس پلیمری بیان شد. در همان سال، چن و همکارانش در چین [۱۱]، به بررسی خواص لاستیک طبیعی پر شده با ولاستونایت اصلاح شده پرداختند. پس از بررسی خواص مکانیکی، نحوه شکست نمونه‌ها در آزمون کشش به وسیله آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی و مشاهده شد که ولاستونایت تاثیر قابل توجهی بر تقویت و سفتی لاستیک طبیعی داشته و در واقع یک پرکننده مطلوب برای آن است.

در سال ۲۰۰۹، سینگ و همکارانش در هند [۱۲]، خواص مکانیکی پلی پروپیلن و لاستیک سیلیکون پر شده با ولاستونایت را مطالعه نمودند. در این کار عملی نمونه‌های پلی پروپیلن در دو حالت بدون حضور لاستیک سیلیکون و با حضور ۵٪ لاستیک سیلیکون، با درصدهای ۱۰٪، ۲۰٪، ۳۰٪ و ۴۰٪ از ولاستونایت تهیه و تحت آزمایش قرار گرفتند. به عنوان نتیجه مشاهده شد که افزایش مقدار ولاستونایت باعث کاهش مقاومت ضربه نمونه بدون شکاف و استحکام کششی و افزایش در مقاومت ضربه نمونه شکاف خورده، مدول خمشی و دمای خمش حرارتی (HDT) می‌شود. در سال ۲۰۱۵ [۱۳] نانوکامپوزیت های مبتنی بر لاستیک استایرن

الیاف فولاد و بسیاری از الیاف آلی مانند آرامید، پلی اتیلن، پلی پروپیلن و پلی تترافلورواتیلن می‌نماید. ولاستونایت همچنین با مواد معدنی مانند کائولین، میکا، تالک و کلسیم کربنات که به عنوان فیلر جهت به وجود آوردن پایداری ابعادی استفاده می‌شوند رقابت می‌کند.

استفاده از این ماده معدنی همراه با موادی همچون دوده در یک ماتریس پلیمری که از قابلیت بلورینگی برخوردار است، تشکیل نقاط هسته‌گذار بیشتری را سبب می‌گردد و در نتیجه تعداد اسفروولایت‌ها افزایش و اندازه آنها کاهش می‌یابد و مقدار بلورینگی بیشتر می‌شود. نتیجه تحقیقات مختلف روی کامپوزیت‌های پلیمری حاوی این ماده نشان می‌دهد که حضور این ماده سبب افزایش مدول کششی کامپوزیت می‌گردد. در سال ۱۹۹۹، ژن و همکارانش در چین [۷]، کاربرد ترکیبی از تالک و ولاستونایت را به عنوان فیلر معدنی در لاستیک سیلیکون بررسی کردند. فیلرها پس از خرد شدن و اصلاح سطح، در ترکیب درصدهای مختلفی به لاستیک سیلیکون اضافه شدند. اثر اندازه ذرات، عوامل جفت کننده و تغییر در ترکیب درصد فیلرها بر خواص آمیزه مورد بحث قرار گرفت. در سال ۲۰۰۱، لیو و همکارانش در چین [۸]، به بررسی نحوه آماده‌سازی و اصلاح سطح پودر ولاستونایت از سنگ معدن آن و کاربردهایش در صنعت لاستیک و پلاستیک پرداختند. همچنین چشم‌انداز رو به رشد و مشکلات مرتبط با استفاده از این ماده معدنی را بررسی نمودند. هدف اصلی در آن پژوهش، آماده سازی پودر ولاستونایت اصلاح شده با مش بندی بسیار ریز با نسبت طول به قطر بالا بود. در سال ۲۰۰۶، ویی و همکارانش در چین [۹]، در مورد اندازه مناسب ذرات ولاستونایت و نسبت طول به قطر بهینه و مناسب‌ترین دستگاه ریزکننده برای رسیدن به مش بندی مورد نظر پژوهش نمودند. این گروه پیشنهاد داد که ذرات قبل از استفاده در لاستیک‌ها، با استتاریک اسید به مقدار ۲٪ و زمان ۱۵ تا ۲۰

هوا خشک شده و سپس ساییده و از الکی با مش بندی 75nm عبور داده شد. مشخصه‌های مقدار رطوبت، اتلاف در هنگام احتراق، مقدار سیلیکا، عدد یدی، مقدار جذب روغن،



شکل ۲- خاک سرخ.

pH و ترکیبات اکسید فلزی در آن اندازه گیری شد. سپس این خاک سرخ به عنوان یک فیلر به همراه دوده استاندارد (N۳۳۰) در یک سیستم پخت گوگردی کارا، در لاستیک طبیعی به کار برده شد. مشخصه‌های پخت و خواص فیزیکی- مکانیکی آمیزه‌های پخت شده به عنوان تابعی از مقدار فیلر اندازه گیری شدند. نتایج به دست آمده با آمیزه حاوی ۱۰۰٪ دوده به عنوان فیلر مقایسه شدند. مشاهده شد که لاستیک طبیعی پر شده با خاک سرخ خاصیت تقویت‌کنندگی قابل توجه اما کمتری نسبت به دوده تجاری دارد. خواص کششی آمیزه‌های حاوی خاک سرخ در ترکیب با دوده، به میزان قابل توجهی افزایش یافت ولی همچنان کمتر از خواص کششی نمونه حاوی دوده تنها بود.

در سال ۲۰۰۷، اوسابوهین و همکارانش در نیجریه [۱۵]، به تحقیق درباره توانایی تقویت‌کنندگی خاک سرخ (گل اخری) به عنوان فیلر برای آمیزه‌های لاستیک طبیعی پرداختند. در این تحقیق، خاک سرخ تهیه شده در هوا خشک شده و سپس ساییده و از الکی با مش بندی 75nm عبور داده شد. مشخصه‌های مقدار رطوبت، اتلاف در هنگام احتراق، مقدار

بوتادی ان (SBR) حاوی درصد‌ها مختلف وزنی (۳/۵-۴/۵) از نانو میله‌های ولاستونایت اصلاح نشده و اصلاح شده تهیه شدند. بر روی نمونه‌ها آزمونهای گرمایی، میکروسکوپی و اسپکتروسکوپی زیر قرمز انجام شد. نتایج به دست آمده وجود برهمکنش قوی‌تر بین SBR و نانومیله‌های اصلاح شده را در مقایسه با نانو میله‌های اصلاح نشده نشان دادند. همچنین پایداری گرمایی نانوکامپوزتهای حاوی ولاستونایت اصلاح شده، به طور قابل توجهی افزایش یافت. در سال ۲۰۱۷ [۱۴] اثرات استفاده از نسبت‌های مختلف از ولاستونایت و پودر میکا بر خواص مکانیکی و سایش مخلوط (NR/SBR) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان دادند که با افزایش مقدار ولاستونیت و پودر میکا، سختی، چگالی و مقدار ساییدگی افزایش یافته، حال آنکه ازدیاد طول در هنگام شکست، استحکام کششی، مقاومت در برابر خستگی کاهش یافتند. البته در زمینه‌های مشابه با آنچه آورده شد و درباره استفاده ترکیبی از این فیلر معدنی با سایر فیلرها در انواع آمیزه‌های لاستیکی و کامپوزیت‌ها، گزارشات دیگری هم وجود دارد.

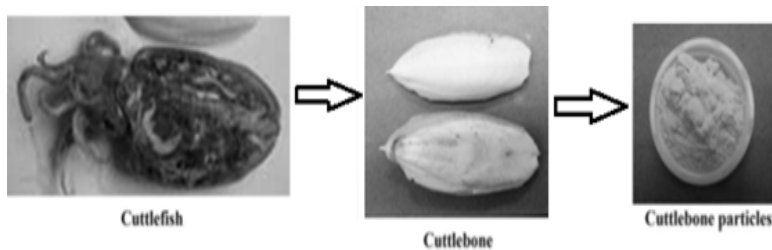
خاک سرخ

در برخی از مناطق کره زمین خاک‌های منحصر به فرد دارای خواص منحصر به فرد یافت می‌شوند. از این جمله می‌توان به خاک سرخ رنگ موجود در برخی از کشورهای آمریکای مرکزی، نیجریه و استرالیا اشاره کرد. این خاک با خاک رس متفاوت است و علاوه بر آن که در صنعت رنگدانه سازی از آن استفاده می‌شود، می‌توان آنرا در صنعت لاستیک به عنوان فیلر نیز استفاده کرد در سال ۲۰۰۷، اوسابوهین و همکارانش در نیجریه [۱۵]، به تحقیق درباره توانایی تقویت‌کنندگی خاک سرخ (گل اخری) به عنوان فیلر برای آمیزه‌های لاستیک طبیعی پرداختند. در این تحقیق، خاک سرخ تهیه شده در

اسکلت سخت و شکننده داخلی یک نوع هشت پای کوچک (Cuttlefish) که قسمت عمده آن را کلسیم کربنات تشکیل می‌دهد، Cuttlebone گفته می‌شود. Cuttlebone در درجه اول از آرگونایت (یک کربنات معدنی که معمولاً حاوی مقدار بالایی کلسیم کربنات است و به طور زیستی و طی فرآیندهای فیزیکی در اطراف محیط‌های آبی یافت می‌شود) تشکیل شده است. ساختمان میکروسکوپی Cuttlebone شامل لایه‌های باریکی است که توسط تعداد زیادی ستون یا اتصالات عمودی به یکدیگر متصل شده‌اند. در گذشته از Cuttlebone در ساخت پودر سفید کننده استفاده می‌شد. این پودر به خمیر دندان اضافه می‌شد و به عنوان جاذب نیز کاربرد داشت. همچنین از آن به عنوان منبع مهمی از کلسیم برای تغذیه پرندگان، حلزون‌ها و خرچنگ‌ها استفاده شده است. در کشورهایی همچون تایلند که از این هشت پای کوچک به عنوان یکی از منابع غذایی استفاده می‌کنند، حجم زیادی از Cuttlebone به عنوان ضایعات انباشته می‌شود. از

سیلیکا، عدد پدی، مقدار جذب روغن، pH و ترکیبات اکسید فلزی در آن اندازه گیری شد. سپس این خاک سرخ به عنوان یک فیلر به همراه دوده استاندارد (N۳۳۰) در یک سیستم پخت گوگردی کارا، در لاستیک طبیعی به کار برده شد. مشخصه‌های پخت و خواص فیزیکی- مکانیکی آمیزه‌های پخت شده به عنوان تابعی از مقدار فیلر اندازه گیری شدند. نتایج به دست آمده با آمیزه حاوی ۱۰۰٪ دوده به عنوان فیلر مقایسه شدند. مشاهده شد که لاستیک طبیعی پر شده با خاک سرخ خاصیت تقویت‌کنندگی قابل توجه اما کمتری نسبت به دوده تجاری دارد. خواص کششی آمیزه های حاوی خاک سرخ در ترکیب با دوده، به میزان قابل توجهی افزایش یافت ولی همچنان کمتر از خواص کششی نمونه حاوی دوده تنها بود.

فیلرها و مواد تقویت کننده با منشاء حیوانی
پودر استخوان (Cuttlefish) یا (Cuttlebone) به

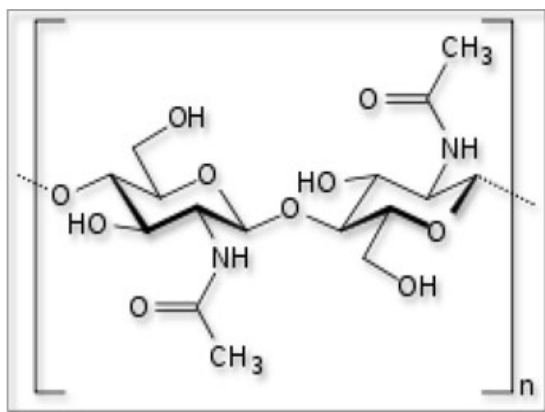


شکل ۳ نحوه تهیه ذرات Cuttlebone [۱۶].

صنعت لاستیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. کیتین نیز به عنوان یک پلیمر زیستی، از پوست خرچنگ و میگو به دست می‌آید. گزارش شده است که پودر کیتین اثر تقویت‌کنندگی در کامپوزیت‌های لاستیکی ولکانیزه شده از خود نشان می‌دهد. شکل ۳ نحوه تهیه ذرات Cuttlebone را به صورت تصویری نشان می‌دهد [۱۶].

این رو سعی شد که از آن در صنایع لاستیک و پلاستیک نیز استفاده شود. از آنجا که قسمت عمده‌ای از Cuttlebone را کلسیم کربنات و کیتین تشکیل داده است، می‌توان از آن به عنوان جایگزینی برای این مواد در صنعت پلیمر استفاده کرد. همانگونه که بیان شد کلسیم کربنات به عنوان فیلر برای دستیابی به خواص مشخص و نیز کاهش قیمت در محصولات

پخت شده، در هر دو روش دفن زباله و روش کشت باکتریایی نشان داد که نمونه ها می توانند به ترتیب در عرض ۳ ماه و



شکل ۴- ساختمان یک مونومر کیتین.

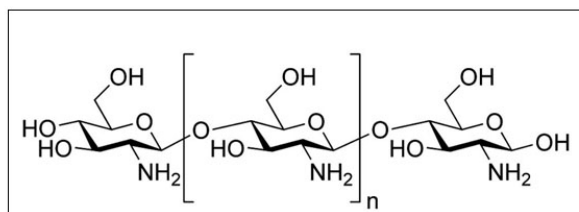
۸ هفته تجزیه شوند. همچنین، در سال ۲۰۱۹ [۱۹] از این ذرات در پلی اتیلن استفاده شد و مشاهده شد که خواص تریبولوژیک (خواص مربوط به سطح) این پلیمر در حضور این ذرات بهبود می یابد.

کیتین و کیتوسان

کیتین ($C_8H_{13}NO_5$) یک پلیمر بلند زنجیر است که مونومر تشکیل دهنده آن N-استیل گلوکز آمین، یکی از مشتقات گلوکز می باشد و در بسیاری از نقاط طبیعت یافت می شود. شکل ۴ ساختمان یک مونومر کیتین را نشان می دهد. در واقع می توان گفت کیتین یک پلی ساکارید اصلاح شده است. می دهد. در واقع می توان گفت کیتین یک پلی ساکارید اصلاح شده است. از این پلیمر می توان به عنوان یک فیلر حیوانی نام برد. این ماده یکی از اساسی ترین مواد سازنده دیواره سلولی قارچ ها، اسکلت خارجی بندپایان از جمله سخت پوستان (مانند خرچنگ ها، لابسترها و انواع میگوها)، حشرات و نرم تنان مانند هشت پا و انواع ماهی های مرکب

در سال ۲۰۰۸، پومپرادیب و همکارانش در تایلند [۱۶]، ذرات Cuttlebone را به وسیله خرد کردن و عبور آنها از الک هایی با اندازه مش ۲۵ به شکل پودر قابل استفاده به عنوان فیلدر در لاستیک در آوردند. پودر حاصل شامل دو بخش آلی (۰.۸٪) کیتوسان و غیر آلی (۰.۹۲٪) کلسیم کربنات است. در پژوهش مذکور، سطح مقطع و قطر میانگین برای ذرات Cuttlebone اندازه گیری و اثر تقویت کنندگی آن به عنوان فیلر در لاستیک طبیعی در مقایسه با کلسیم کربنات بررسی شده است. نتایج نشان دادند که ذرات Cuttlebone مانع از وقوع واکنش اتصالات عرضی پراکسیدی در لاستیک نشده و گمان می رود که حضور کیتین در سطح ذرات Cuttlebone باعث برهمکنش بین مولکولی خوب بین ذرات Cuttlebone و لاستیک طبیعی شده و در نتیجه خواص مکانیکی نمونه های پر شده با Cuttlebone بهبود یابند. در سال ۲۰۱۰ مجدداً پومپرادیب و همکارانش [۱۷] نتایج جدیدی پیرامون اثر ذرات Cuttlebone بر روی خواص مکانیکی (همچون کشش و پارگی و ...) آمیزه های پخت شده لاستیک طبیعی ارائه دادند. در این تحقیقات نیز نمونه های حاوی ذرات Cuttlebone با نمونه های حاوی کلسیم کربنات تجاری مقایسه شده اند. خواص کششی نمونه ها قبل و بعد از زمانمندی حرارتی بررسی شدند که نشان دهنده کاهش تغییرات این خواص در نمونه های حاوی ذرات Cuttlebone بودند. همچنین همانگونه که گمان می رفت، حضور ماده آلی باعث بهبود برهمکنش ذرات Cuttlebone و لاستیک شده و در تصاویر میکروسکوپی این موضوع تایید شد. در سال ۲۰۱۳ [۱۸] خواص مکانیکی و زیست تخریب پذیری لاستیک طبیعی حاوی Cuttlebone پخت شده توسط سامانه های مختلف گوگردی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که حضور ذرات Cuttlebone مانع ولکانش نمی شود و خواص مکانیکی را بهبود می دهد. بررسی تخریب نمونه های

می‌باشد. کیتین می‌تواند از نظر ساختاری با پلی ساکارید سلولز و از نظر عملکرد با پروتئین کراتین مقایسه شود. به دلیل همین شباهت‌ها از آن به عنوان یک ماده پر کاربرد در بسیاری از اهداف پزشکی و صنعتی استفاده می‌شود. از کیتین می‌توان به عنوان سلولزی که یک گروه هیدروکسیل آن در هر مونومر با یک گروه استیل آمین جایگزین شده است، نام برد. این ساختار باعث ایجاد پیوندهای هیدروژنی بیشتر بین ماتریس پلیمری و کیتین می‌شود و در نتیجه به آمیزه پلیمری استحکام بیشتر و خواص بهتر می‌بخشد. در حالت اصلاح نشده، کیتین شفاف، انعطاف‌پذیر و بسیار سخت است. با این وجود در بندپایان معمولاً کیتین به صورت اصلاح شده وجود دارد که یک ماتریس پروتئینی سخت است و اسکلت را تشکیل می‌دهد. در حالت خالص مانند چرم نرم است، اما زمانی که در کلسیم کربنات قرار می‌گیرد بسیار سخت‌تر از حالت اول می‌شود. این پلیمر کاربردهای صنعتی، پزشکی و کشاورزی فراوانی دارد. به دلیل زیست سازگار بودن آن با بدن انسان،



شکل ۵- ساختمان کیتوسان.

از آن به عنوان پوست مصنوعی در پزشکی استفاده می‌شود. در صنعت، به عنوان افزودنی برای غلیظ کردن و پایدار کردن دارو و غذایی، هم چنین به عنوان اتصال دهنده (بایندر) در رنگدانه‌ها، الیاف و چسب‌ها استفاده می‌شود. یکی از مشتقات حاصل از کیتین، کیتوسان نامیده می‌شود. این ماده از دی استیله کردن کیتین به دست می‌آید و قابل انحلال در آب است بنابراین کاربردهای دارویی و صنعتی بسیار دارد و

می‌تواند از نظر ساختاری با پلی ساکارید سلولز و از نظر عملکرد با پروتئین کراتین مقایسه شود. به دلیل همین شباهت‌ها از آن به عنوان یک ماده پر کاربرد در بسیاری از اهداف پزشکی و صنعتی استفاده می‌شود. از کیتین می‌توان به عنوان سلولزی که یک گروه هیدروکسیل آن در هر مونومر با یک گروه استیل آمین جایگزین شده است، نام برد. این ساختار باعث ایجاد پیوندهای هیدروژنی بیشتر بین ماتریس پلیمری و کیتین می‌شود و در نتیجه به آمیزه پلیمری استحکام بیشتر و خواص بهتر می‌بخشد. در حالت اصلاح نشده، کیتین شفاف، انعطاف‌پذیر و بسیار سخت است. با این وجود در بندپایان معمولاً کیتین به صورت اصلاح شده وجود دارد که یک ماتریس پروتئینی سخت است و اسکلت را تشکیل می‌دهد. در حالت خالص مانند چرم نرم است، اما زمانی که در کلسیم کربنات قرار می‌گیرد بسیار سخت‌تر از حالت اول می‌شود. این پلیمر کاربردهای صنعتی، پزشکی و کشاورزی فراوانی دارد. به دلیل زیست سازگار بودن آن با بدن انسان، از آن به عنوان پوست مصنوعی در پزشکی استفاده می‌شود. در صنعت، به عنوان افزودنی برای غلیظ کردن و پایدار کردن دارو و غذایی، هم چنین به عنوان اتصال دهنده (بایندر) در رنگدانه‌ها، الیاف و چسب‌ها استفاده می‌شود. یکی از مشتقات حاصل از کیتین، کیتوسان نامیده می‌شود. این ماده از دی استیله کردن کیتین به دست می‌آید و قابل انحلال در آب است بنابراین کاربردهای دارویی و صنعتی بسیار دارد و در صنعت لاستیک می‌توان علاوه بر گرفتن خواص بهتر، برای زیست سازگار کردن لاستیک‌ها نیز از آن به عنوان فیلر استفاده نمود. شکل ۵ ساختمان این پلیمر را نشان می‌دهد. از این پلیمر می‌توان به عنوان یک فیلر حیوانی نام برد. این ماده یکی از اساسی‌ترین مواد سازنده دیواره سلولی قارچ‌ها، اسکلت خارجی بندپایان از جمله سخت پوستان (مانند خرچنگ‌ها، لابسترها و انواع میگوها)، حشرات

مولکولی برای مقدار ۹۵٪ لاستیک طبیعی و ۵٪ کیتوسان اتفاق می‌افتد. در سال ۲۰۱۱، اسماعیل و همکارانش در مالزی [۲۷]، نمونه‌های حاوی لاستیک طبیعی اپوکسید شده و کیتوسان را بر روی آسیاب دو غلته مخلوط و تاثیر مقدار کیتوسان بر مشخصه‌های پخت، خواص کششی و مورفولوژی آمیزه را بررسی نمودند. نتایج نشان دادند که کیتوسان موجب تغییرات اندکی در زمان پخت (t_{90}) و زمان اسکورچ شده، گشتاور ماکزیمم، مدول کششی و سختی آمیزه را بیشتر کرده ولی استحکام کششی و ازدیاد طول پارگی با افزایش مقدار کیتوسان کاهش می‌یابد. در سال ۲۰۲۰ استفاده از کیتوسان در لاتکس لاستیک طبیعی [۲۸] مورد مطالعه قرار گرفت. در این کار نسبت‌های مختلف از کیتوسان در لاتکس استفاده شد و مخلوط‌های تهیه شده در معرض دوزهای متفاوت از تابش پرتو گاما قرار داده شدند تا اتصالات عرضی در آنها ایجاد شوند. با ارزیابی ویژگی‌های نمونه‌ها، نشان داده شد که چسبندگی بین سطحی دو فاز در نمونه‌هایی که حاوی درصد بالایی از لاتکس بودند، به مقدار قابل توجهی بهبود یافته و خواص مکانیکی لاتکس لاستیک طبیعی در حضور کیتوسان افزایش یافت. همچنین در سال ۲۰۲۱ [۲۹] استفاده از کیتوسان در لاستیک سیلیکون گزارش شده است. در این پژوهش نانوکامپوزیت ضد باکتری مبتنی بر لاستیک سیلیکون/کیتوسان در حضور نانو ذرات زئولیت، نقره و مس تهیه شده و فعالیت ضد باکتریایی و همچنین خواص مکانیکی نمونه‌های تهیه شده ارزیابی گردید. نتایج پژوهش نشان داد که کامپوزیت‌های حاصله از خواص مکانیکی مورد نیاز و ویژگی آنتی باکتریال مطلوب برخوردارند.

فیلرها و مواد تقویت کننده با منشاء گیاهی

خاکستر سبوس برنج

سبوس یا شلتوک برنج، پوشش سخت محافظ دانه برنج

در صنعت لاستیک می‌توان علاوه بر گرفتن خواص بهتر، برای زیست سازگار کردن لاستیک‌ها نیز از آن به عنوان فیلر استفاده نمود. شکل ۵ ساختمان این پلیمر را نشان می‌دهد.

از این پلیمر در صنعت پوشش و فوم سازی نیز استفاده می‌شود. یکی از خواص قابل توجه آن قابلیت باز سازی مجدد در یک نقطه تخریب شده می‌باشد. برای توضیحات بیشتر در مورد این دو پلیمر، مطالعه مقاله ارائه شده توسط پیلائی و همکارانش [۲۰]، پیشنهاد می‌شود. این مقاله به طور کلی به معرفی این دو ماده به عنوان دو پلیمر زیست تخریب پذیر و ساختار شیمیایی، انحلال پذیری و قابلیت لیف شدن آنها پرداخته است. در سال ۱۹۹۳ عبدالله در مالزی [۲۱] خواص مکانیکی - دینامیکی و الکتریکی آلیاژهای لاستیک طبیعی و کیتوسان تهیه شده به روش محلولی را بررسی نمود. نایر و همکاران نیز در سال ۲۰۰۳ در فرانسه [۲۴-۲۲] اثر تقویت‌کنندگی الیاف ریز کیتین به دست آمده از پوست خرچنگ در نانو کامپوزیت‌های لاستیک طبیعی را بررسی نمودند. این گروه الیاف ریز کیتین به شکل میله‌های باریک موازی با نسبت طول به قطر برابر با ۱۶ را به وسیله هیدرولیز اسیدی از پوست خرچنگ به دست آورده و در لاتکس لاستیک طبیعی به کار بردند [۲۲] و میزان تورم و همچنین خواص مکانیکی و مقاومت گرمایی نمونه‌ها را بررسی نمودند [۲۳]. اصلاح شیمیایی ذرات تاثیر مثبتی بر روی خواص مکانیکی نمونه‌ها نداشت [۲۴]. در سال ۲۰۰۸، جونز و همکاران در هند [۲۵] کیتوسان را در آلیاژ پلیمری حاوی لاستیک طبیعی به کار بردند و نشان دادند که خواص مکانیکی آلیاژ با تغییر نسبت کیتوسان به لاستیک طبیعی تغییر می‌کنند. این گروه در کار دیگری [۲۶] خصوصیات آلیاژهای لاتکس لاستیک طبیعی و کیتوسان را مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که بهترین چسبندگی بین

پس از مقایسه میان نمونه‌های حاوی سیلیکای تجاری و دوده تجاری (N۳۳۰) با نمونه‌های حاوی WRHA و BRHA، مشاهده شد که خواص نمونه WRHA از BRHA بهتر بوده اما در کل این خواص، به خصوص استحکام کششی و پارگی، نسبت به نمونه‌های حاوی فیلرهای تجاری ضعیف‌تر بود. اما حضور عامل جفت کننده باعث افزایش زمان پخت (t₉₀)، استحکام کششی و پارگی در ENR گردید.

در سال ۱۹۹۹، اسماعیل و همکارانش در مالزی [۳۳]، تاثیر افزودنی‌های چند عاملی را بر روی لاستیک طبیعی بررسی کردند. آنان مقدار بهینه برای WRHA پر شده با و مقدار بهینه افزودنی چند عاملی را، ۱۰ phr WRHA، ۳ phr WRHA گزارش نمودند. در کارهای دیگری نیز از ۳ phr استفاده شده است. از جمله به کار گیری آن در آلیاژ لاستیک طبیعی و پلی اتیلن خطی [۳۴] و به کار گیری آن در حضور سازگار کننده در بستر لاستیک طبیعی [۳] و مقایسه آن با سیلیکا، دوده، خاک رس چینی، تالک و کلسیم کربنات را می توان نام برد. نتایج به دست آمده در مرجع [۳] نشان داد قابل مقایسه با نمونه‌های RHA که خواص نمونه پر شده با پر شده با دوده و سیلیکا نبوده اما برای نمونه‌های پر شده با سایر فیلرها با اختلاف بسیار اندکی، این خواص مشابه هستند. اضافه کردن عامل جفت کننده سیلان نیز به دلیل کمبود گروه‌های عاملی سیلان در سطح خاکستر، تاثیر چندانی بر نداشته است. در RHA روی خواص نمونه‌های پر شده با در لاستیک طبیعی استفاده شد RHA سال ۲۰۱۹ [۳۵] نیز RHA و نشان داده شد که استفاده از سیلان بر هم کنش و لاستیک را می افزاید و به بهبود خواص منجر می شود. استفاده از این پرکننده در لاستیک نیتریل در سال ۲۰۲۱ [۳۶] گزارش شده است. در این کار استفاده از هیبرید سیلیکا و پوسته برنج در مقایسه با استفاده از سیلیکای تنها مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج انجام آزمونها نشان داد که

است و به عنوان یکی از ضایعات مهم کشاورزی در کشورهای تولید کننده برنج، همچون کشور ایران، انباشته می‌شود. در نتیجه یافتن کاربردهای جدید برای این محصول جهت کاهش این ضایعات کاملاً ضروری است. می‌توان از سبوس برنج به عنوان مصالح ساختمانی، سوخت، عایق و ... استفاده کرد. در صنعت لاستیک سازی از خاکستر سبوس برنج به عنوان یک فیلر گیاهی جهت تقویت خواص لاستیک استفاده می‌شود. خاکستر سبوس برنج (RHA) زمانی که در حضور اکسیژن می‌سوزد دو نوع فیلر شامل خاکستر سفید رنگ سبوس برنج (WRHA) و خاکستر سیاه رنگ سبوس برنج (BRHA) را تولید می‌کند. محصول سوختن لایه بالایی توده RHA که در معرض جریان مستقیم هوا انجام می‌گیرد BRHA است که به شکل یک لایه کربنی خواهد بود. اما محصول سوختن لایه درونی توده سبوس برنج که در معرض دمای بالاتر و اکسیژن کمتری است WRHA خواهد بود. WRHA حاوی حدود ۹۶٪ سیلیکا است در حالی که BRHA درصد کمتری سیلیکا معمولاً حدود ۵۴٪، و درصد قابل توجهی کربن حدود ۴۴٪، دارد. مشاهده شده است که WRHA، جدا از ارائه خواص فیزیکی بهتر از BRHA، خواص نزدیک تری به دوده تجاری از خود نشان می‌دهد. در نتیجه در مواقعی که خواص مشابه با دوده مورد نیاز است از آن به عنوان یک منبع طبیعی و تجدید پذیر می توان جایگزین دوده استفاده کرد [۳۰]. در سال ۱۹۹۵، ایشاک و همکارانش در مالزی [۳۱ و ۳۲]، به بررسی احتمال استفاده از RHA به عنوان فیلر در لاستیک طبیعی اپوکسید شده (ENR) پرداختند. نمونه‌های ENR (با ۵۰٪ مولی درجه اپوکسیداسیون) با یک سامانه پخت گوگردی نیمه کارا پخت شده و خواص کششی، پارگی و سختی نمونه‌ها بررسی شد. همچنین اثر استفاده از عامل جفت کننده "مرکاپتو-پروپیل تری متوکسی سیلان بر خواص فیزیکی و زمان‌های پخت مورد بحث قرار گرفت.

افزایش است. شکل ۶ تصاویری از میوه این درخت و برش عرضی یکی از آنها را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود، هر غلاف کاکائو دارای پوسته زبر و چرم ماندی است که تقریباً ۱/۵ اینچ ضخامت دارد. داخل غلاف، گوشت باریک صورتی رنگی وجود دارد که شیرین مزه است اما قابل خوردن نیست. داخل این گوشت، ۳۰ تا ۵۰ دانه که ظاهر آنها شبیه دانه بادام است وجود دارند که به محض این که دانه‌ها می‌رسند، غلاف‌ها را باز می‌کنند و اجازه می‌دهند تا محتویات آن خشک شود و برای مرحله بعدی تهیه کاکائو آن را آماده می‌کنند. اما این پوسته خارجی که پس از در آوردن

مقدار تورم در حلال، در نمونه حاوی هیبرید دو فیلر کاهش یافت و استحکام کششی در آن بهتر بود

غلاف و پوسته دانه کاکائو

درخت کاکائو یک درخت نسبتاً کوتاه است که در تمام فصول سال میوه می‌دهد و در مناطق استوایی قاره آمریکا رشد می‌کند. از میوه‌های آن برای تولید پودر کاکائو یا شکلات استفاده می‌شود. آمارها نشان می‌دهند که میزان تولید کاکائو در دنیا روند رو به رشدی دارد و به همان نسبت نیز حجم ضایعات حاصل از تولید کاکائو از میوه‌های این درخت رو به



شکل ۶- تصویری از میوه کاکائو الف- بر روی درخت ب- برش عرضی و نمای داخلی میوه .

پخت آمیزه توسط رئومتر اندازه‌گیری شد. خواص فیزیکی و مکانیکی آمیزه‌های پخت شده به عنوان تابعی از مقدار فیلر مورد بررسی قرار گرفتند. مشاهده شد که آمیزه با ۴۰ تا ۵۰٪ فیلر، بیشترین مقدار استحکام کششی برای هر دو نوع فیلر را نشان می‌دهد. مقدار سختی با افزایش مقدار فیلرها افزایش یافت و در نهایت نتیجه‌گیری شد که قابلیت تقویت‌کنندگی پودر غلاف دانه کاکائو تقریباً برابر با دوده تجاری N۳۳۰ است. در سال ۲۰۰۶ نیز ایمانا و همکارانش [۳] غلاف دانه کاکائو و پوست میوه درخت هوا را در مقایسه با دوده تجاری N۳۳۰ در لاستیک طبیعی به کار بردند. آنها نمونه‌ها را با ۵۰ phr

در سال ۲۰۰۳، ایمانا و همکارانش در نیجریه [۳۷] خواص مکانیکی و رئولوژیکی لاستیک طبیعی تقویت شده با ضایعات کشاورزی را بررسی نمودند. یکی از این ضایعات غلاف دانه کاکائو بود. در این تحقیقات غلاف دانه کاکائو به دو صورت پودر معمولی (CP) و پودر کربنیزه شده (CCP) از الکی با مش بندی $150\ \mu\text{m}$ عبور داده شد و ویژگی‌هایی همچون اتلاف به واسطه احتراق، مساحت سطح، مقدار رطوبت و میزان جذب روغن برای آن اندازه‌گیری شد. این پودرها به عنوان فیلر با لاستیک طبیعی مخلوط شده و نمونه‌ها با یک سامانه پخت کارا ولکانش شدند. خواص رئولوژیکی و مشخصه‌های

مقایسه با دوده تجاری بهبود دهد. نکنگاف و همکاران در سال ۲۰۲۰ [۳۸] از این گیاه همراه با دوده در لاستیک طبیعی استفاده نمودند و خواص حرارتی آمیزه را بررسی نمودند.

پوست میوه درخت هوآ

درخت هوآ در حال حاضر بزرگترین منبع تولید لاستیک طبیعی در جهان است. لاستیک طبیعی در حقیقت شیره داخل این درخت است اما این درخت نیز مانند بیشتر درختان دارای میوه‌ای است که در فصلهای مختلف سال بدون استفاده و به عنوان ضایعات دور ریخته می‌شود. برای جلوگیری از این موضوع، پژوهشگران به بررسی ساختار و ترکیبات موجود در این میوه پرداختند.

فیلر و سامانه پخت نیمه کارا ولکانش کردند. خواص فیزیکی مکانیکی، استحکام کششی، مدول در ازدیاد طول ۱۰۰٪، ازدیاد طول در نقطه پارگی، سختی، مقاومت به سایش و خستگی و میزان مانایی فشاری آمیزه های حاوی این سه نوع فیلر را با یکدیگر مقایسه نمودند. تاثیر مخلوط این فیلرها با دوده تجاری نیز بر خواص فیزیکی مکانیکی بررسی شد. مشاهده شد که این ضایعات کشاورزی به صورت خام در مقایسه با دوده N۳۳۰، در آمیزه لاستیک طبیعی بی اثر بوده و می‌توانند در گروه فیلرهای نیمه تقویت کننده دسته بندی شوند. اما مخلوط حاوی ۴۰٪ وزنی از این فیلرها به صورت خام و بیش از ۶۰٪ وزنی به صورت کربنیزه شده، می‌تواند خواص فیزیکی مکانیکی آمیزه های لاستیک طبیعی را قابل



شکل ۷- میوه درخت هوآ.

یک فیلر گیاهی پیشنهاد شده است، پوسته سخت خارجی میوه است. برای تهیه فیلر مناسب، پس از جدا کردن پوسته سخت از دانه، آن را در معرض جریان هوا قرار می‌دهند تا هرگونه رطوبت آن از بین برود، سپس پوسته‌ها را آسیاب کرده و از الک‌هایی با مش بندی مورد نظر عبور می‌دهند و از پودری که به دست می‌آید به عنوان فیلر استفاده می‌کنند [۳]. در سال ۲۰۰۶، سان و همکارانش در چین [۳۹] توانستند که از این میوه کربن فعال به دست بیاورند که از آن می‌توان به عنوان پرکننده و تقویت کننده در صنعت لاستیک استفاده

همان گونه که در شکل ۷ نشان داده شده است، میوه‌های درخت هوآ حدود ۳ سانتی متر طول و پوستی سخت و قهوه‌ای رنگ، مانند پوست گردوی خشک دارند. اگر این پوسته سخت شکسته شود، دانه نرم داخلی آن دیده می‌شود. این دانه دارای روغن فراوانی است و در آمیزه‌های لاستیکی به صورت فراوان استفاده می‌شود چرا که به دلیل تشابه ساختار با لاستیک طبیعی، سازگاری بسیار مناسبی با آن دارد و می‌تواند خواص فیزیکی و مکانیکی آمیزه نهایی را بهبود بخشد. بخشی از این میوه که در صنعت لاستیک به عنوان

معدنی، حیوانی و گیاهی معرفی شدند و چگونگی استفاده از آنها به عنوان پرکننده و تقویت کننده در آمیزه‌های پلیمری به ویژه در لاستیک طبیعی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده توسط پژوهشگران می‌توان بیان نمود که بسیاری از این مواد طبیعی از خواص مناسبی برای به کارگیری در صنعت لاستیک برخوردار هستند و می‌توان آنها را با اعمال برخی اصلاحات، جایگزین بخشی از دوده و یا کل دوده مصرفی در یک آمیزه نمود. به کار بردن این مواد نه تنها باعث حفظ محیط زیست و کاهش هزینه‌های تولید و بالا بردن خواص آمیزه‌های لاستیکی می‌شود، بلکه هزینه‌هایی که برای جمع‌آوری و از بین بردن ضایعات کشاورزی و حیوانی، لاستیک‌ها و مواد لاستیکی کار کرده صرف می‌شود را نیز کاهش می‌دهد. البته بسیاری از منابع نام برده شده، در کشور ما به وفور یافت می‌شوند و جا دارد که چگونگی به کارگیری آنها به طور تجربی مورد مطالعه قرار گیرد.

نمود. در یک کار پژوهشی دیگر در سال ۲۰۰۷ [۴۰] از پودر کربنیزه شده پوست میوه این درخت در مخلوط لاستیک طبیعی و لاستیک طبیعی اپوکسید شده استفاده شد. در این تحقیق نشان داده شد که این پودر همانند یک نرم کننده عمل می‌کند و جایگزینی ۲۰٪ از دوده مصرفی در آمیزه با این ماده، باعث تهیه آمیزه‌هایی می‌شود که فرآیند پذیری بهتری دارند ولی خواص فیزیکی- مکانیکی آنها نسبت به آمیزه‌های حاوی ۱۰۰٪ دوده، قابل قبول اما کمتر است. البته اکیباف و همکاران [۴۱] نشان دادند که دمای فرآیند تهیه این ماده بر خواص آمیزه ای که حاوی آن باشد موثر است و پودر کربنیزه تهیه شده در محدوده دمایی ۶۰۰-۵۰۰ درجه سانتیگراد از خواص بهینه برخوردار است. استفاده از این ماده در پلی پروپیلن و تاثیر سازگار کننده ها بر روی خواص مخلوط در سال ۲۰۲۰ گزارش شده است [۴۲].

نتیجه گیری

در این گزارش برخی از پرکننده های طبیعی با منشاء *IRM* سپاسگزاری

مراجع

- [1] Wolfgang Tegethoff, F. "Calcium Carbonate from the Cretaceous Period into the 21st Century", Springer 2001.
- [2] Sadeghi Ghari, H.; Jalali-Arani, A. "Nanocomposites based on natural rubber, organoclay and nano-calcium carbonate: Study on the structure, cure behavior, static and dynamic-mechanical properties", Appl. Clay Sci., 119, PP. 348-357 (2016).
- [5] Imanah, J.E.; Okieimen, F.E. "Studies in the Utilization of Agricultural Waste Products as Filler in Natural Rubber Compounds", J. Appl. Polym. Sci., 100, PP. 2561-2564 (2006).
- [4] Sae-uol, P.; Rakdee, C.; Thanmathorn, P. "Use of Rice Husk Ash as Filler in Natural Rubber Vulcanizates: In Comparison With Other Commercial Fillers", J. Appl. Polym. Sci., 83, PP.2485-2893 (2002).
- [5] Ismail, H.; Nasaruddin, M.N.; Ishiaku, U.S. "White Rice Husk Ash Filled Natural Rubber Compound: The Effect of Multifunctional Additive and Silane Coupling Agents", J. Polym. Testing, 18, PP.187-198 (1999).
- [6] Guan, J.F.; Yang, H.Q.; Yu, Y.Q.; Chen, Y.; Yang, G.B. "Reinforcement of Natural Rubber with Quartz/Sericite/Wollastonite", J. Adv. Materials research, 239-242, PP.2953-2957 (2011).

- [7]Zhen, S.; Jihuai, W. "Application of Talcum-Wollastonite Compounding Mineral Filler to Silicone Rubber", China Synthetic Rubber ind., (1999)
- [8]Liu, X.; Huang, S.; Qiu, G. "Preparation and Application of Wollastonite Powders", Conservation and Utilization of Mineral Resources", (2001)
- [9]Wei, J.; Ge, X.; Shi, L. "Superfine Grinding and Surface Modification of Wollastonite and Its Application in Rubber", Ind. Minerals and Processing, (2006)
- [10]Park, E.S. "Mechanical Properties and Process ability of Glass fiber, Wollastonite and Flouro Rubber-Reinforced Silicone Rubber Composites", J. Appl. Polym. Sci., 105, PP.460-468 (2007)
- [11]Chen, Y.; Ge, X.; Wei, J. "Mechanical Properties of Modified Wollastonite Filled in Rubber", ind. Minerals and Processing, (2007).
- [12]Singh, U.P.; Biswas, B.K.; Ray, B.C. "Evaluation of Mechanical Properties of Polypropylene Filled With Wollastonite and Silicone Rubber", Minerals Sci. and Eng., 501, PP.94-98 (2009).
- [13]Chatterjee, A.; Khobragade, Satyendra Mishra, S. "Physic mechanical properties of wollastonite (CaSiO₃)/styrene butadiene rubber (SBR) nanocomposites" Appl. Polym. Sci., 132, 42811 (2015).
- [14]Akçakale, N.; Bülbül, S. "The Effect of Mica Powder and Wollastonite Fillings on the Mechanical Properties of NR/SBR Type Elastomer Compounds", Journal of Rubber Research, 20, 157-167 (2017).
- [15]Osabohien, E.; Egboh, S.H.O. "An Investigation on the Reinforcing Potential of Red Earth as Filler for Natural Rubber Compounds", J. Appl. Polym. Sci., 105, PP.515-520 (2007).
- [16]Poompradub, S.; Ikeda, Y.; Kokubo, Y.; Shiono, T. "Cuttlebone as Reinforcing Filler for Natural Rubber", Eur Polym J., 44, PP.4157-4164 (2008).
- [17]Poompradub, S.; Klungsuwan, P. "Smart Green Composite: Effect of Cuttlebone Particle on Mechanical Properties of Natural Rubber Vulcanizates", Adv. Material Research, 150-151, PP.547-550 (2010)
- [18]Klungsuwan, P.; Jarerat, A.; Poompradub, S. "Mechanical Properties and Biodegradability of Cuttlebone/NR Composites", J. Polym. Environ., 21, PP. 766-779 (2013).
- [19]Salem, A.; Bensalah, W.; Mezlini, S. "Tribological Investigation of HDPE-cuttlebone and HDPE-red Coral Composites", Journal of Bionic Engineering, 16, PP. 1068-1079 (2019).
- [20]Pillai, C.K.S.; Paul, W.; Sharma, C.P. "Chitin and Chitosan Polymers: Chemistry Solubility and Fiber and Formation", J. Progress in Polym. Sci., 34, PP.641-678(2009).
- [21]Abdullah, S. "Dynamic Mechanical and Electrical Properties of Natural Rubber: Chitosan Blends", Thesis (Masters), (1993)
- [22]Nair, K.G.; Dufresne, A. "Crab Shell Chitin Whisker reinforced Natural Rubber Nano-Composites.1. Processing and Swelling Behavior", J. Biomacromolecules, 4, PP.657-665 (2003).
- [23]Nair, K.G.; Dufresne, A. "Crab Shell Chitin Whisker reinforced Natural Rubber Nano-Composites.2. Mechanical Behavior", J. Biomacromolecules, 4, PP.666-674 (2003).
- [24]Nair, K.G.; Dufresne, A. "Crab Shell Chitin Whisker reinforced Natural Rubber Nano-Composites.3. Effect of Chemical Modification of Chitin Whiskers", J. Biomacromolecules, 4, PP.1835-1842 (2003).
- [25]Johns, J.; Rao, V. "Mechanical Properties of Thermoplastic Elastomeric Blends of Chitosan and Natural Rubber Latex", J. Appl. Polym. Sci., 107, PP.2217-2223 (2007).

- [26] Johns, J.; Rao, V. "Characterization of Natural Rubber Latex/Chitosan Blends", *Int. J. Polym. Anal. Charact.*, 13, PP.280-291(2008).
- [27] Ismail, H.; Shaari, S.M.; Othman, N. "The Effect of Chitosan Loading on The Curing Characteristics, Mechanical and Morphological Properties of Chitosan-filled NR, ENR and SBR Compounds", *J. Polym. Testing*, 30, PP.784-790 (2011).
- [28] Magida, M. M.; Ibrahim, S.M.; Elnahas, H.H. "Effect of gamma radiation on the characterization of chitosan/natural rubber latex polymer blends" *Int. J. Polym. Anal. Charact.*, 25 (8), PP. 565-580 (2020).
- [29] Rezazadeh, N.; Kianvash, A. "Preparation, characterization, and antibacterial activity of chitosan/silicone rubber filled zeolite, silver, and copper nanocomposites against *Pseudomonas aeruginosa* and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*" *J. Appl. Polym. Sci.*, 138(23), 50552 (2021).
- [30] Ismail, H.; Nasaruddin, M.N.; Ishiaku, U.S. "White Rice Husk Ash Filled Natural Rubber Compound: The Effect of Multifunctional Additive and Silane Coupling Agents", *J. Polym. Testing*, 18, PP.187-198 (1999).
- [31] Shens, E.; Bradley, R.H.; Sutherland, I.; Freakley, P.K.; Ismail, H. "Interfacial Effects of Multifunctional Additives on Carbon Black Filled Rubber", *Surf. Interface Anal.*, 22, PP.491-496 (1994).
- [32] Ismail, H.; Siriwardena, S.; Ishiaku, U.S. "Effect of Mixing Sequence in The Prepration of WRHA Filled PP/EPDM Blend", *J. Polym. Testing*, 20, PP.105-113(2000).
- [33] Ismail, H.; Nasaruddin, M.N.; Ishiaku, U.S. "White Rice Husk Ash Filled Natural Rubber Compound: The Effect of Multifunctional Additive and Silane Coupling Agents", *J. Polym. Testing*, 18, PP.187-198 (1999).
- [34] Ismail, H.; Siriwardena, S.; Ishiaku, U.S. "Effect of Mixing Sequence in The Prepration of WRHA Filled PP/EPDM Blend", *J. Polym. Testing*, 20, PP.105-113(2000).
- [35] Boonmee, A.; Sabsiroht, P.; Jarukumjorn, K., "Preparation and characterization of rice husk ash for using as a filler in natural rubber" *Materials Today: Proceedings*, 17, PP. 2097-2103 (2019).
- [36] Sethuramalingam, V.C.; Prabakaran, S.; Ganesan, K. "Studies on influence of silica filler and rice husk ash on the mechanical properties of vulcanized hybrid rubber composite" *Materials Today: Proceedings*, 37, PP. 2207-2213 (2019).
- [37] Imanah, J.E.; Okieimen, F.E. "Rheological and Mechanical Properties of Natural Rubber Reinforced with Agricultural Byproducts", *J. Appl. Polym. Sci.*, 90, PP.3718-3722 (2003).
- [38] Nkengafac, N.J.; Alegria, A.; Arrese- Igor, S.; Edgengele, A.; Eugene, E, "A Comparative Study on the Thermal Behaviour of Natural Rubber Filled with Carbon Black and Plant Residues", *Journal of Materials Science Research and Reviews*, 6, PP 21-30 (2020).
- [39] Sun, K.; Jiang, J.; Zhang, T.; Deng, X.; Dai, W. "Study on Preparation of Activated Carbon from Rubber Seed Shell with Steam Method", *J. Chemistry and ind. Of Forest Products*, (2006)
- [40] Akinlabi, A.K.; Okieimen, F.E.; Okwu, V.N. "Properties of Vulcanizates from Blends of Natural Rubber and Thioglycolic Acid Modified, Epoxidized, Low Molecular Weight Natural Rubber Filled with Carbonized Rubber Seed Shell", *J. Appl. Polym. Sci.*, 104, PP.2830-2838 (2007).
- [41] Ekebafé, L.O.; Imanah, J.E.; Okieimen, F.E. "Physico-Mechanical Properties of Rubber Seed Sheel Carbon: Filled Natural Rubber Compounds", *J. Chem. Ind. And Chem. Eng. Quarterly*, 16, PP.149-156 (2010).
- [42] Danial Shafiq, M.; Ismail, H. "The effect of epoxidized vegetable oil and phthalic anhydride as compatibilizers

S Study on the use of natural fillers in rubber compounds and their effects on mechanical properties

A.Jaali M.Bayat Jozani

1. Amirkabir University of Technology, Faculty of Polymer and Paint Engineering
Iran
2. Amirkabir University of Technology Faculty of Polymer and Paint Engineering

*Corresponding author Email: ajalali@aut.ac.ir

Abstract

In each country, according to the geographical location of that country, there are unique products that can be used in rubber compounds. The use of these materials in some cases can improve the mechanical properties of the rubber compound, reduce environmental risks and in some cases reduce costs. Therefore, knowing the properties and characteristics of these materials and also using the experiences of others in using them can be an effective help in choosing them as a component of the compound. In this research, based on the reported articles and studies, a number of materials that can be used as fillers are introduced and their effect on the mechanical properties of polymeric materials, especially rubber compounds is presented. Some of the introduced materials are available in our country and the study of the present article is useful for how to use them in polymer matrices. It is also expected that paying attention to this issue will be an incentive to find other materials that are native to our country and can be used in the rubber compound. role in the relationship between the use of social media and the marketing performance of insurance companies.