

لیگنین پرکننده‌ای تقویت کننده در آمیزه‌های لاستیکی

Lignin as reinforcing filler in rubber compound

چکیده:

لیگنین پرکننده‌ای است که خصوصیات تقویت‌کنندگی آن به همراه خواصی چون فراوانی، تجدیدپذیری سالانه، بازده بیولوژیکی بالا، سازگاری اکولوژیکی و وزن کم آن باعث شده که مورد توجه بسیاری از محققین قرار گیرد و به‌عنوان جایگزینی برای دوده مطرح شود. در این نوشتار سعی شده به‌طور خلاصه لیگنین مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا به ساختار شیمیایی لیگنین و انواع ساختارهای آن توجه شده است. از دیدگاه کاربردی و فرایندی مشخص شده که این پلیمر به‌خاطر داشتن گروه‌های عاملی قطبی فراوان تمایل کمی برای پخش در بستر لاستیک دارد بدین دلیل در زمان آمیزه‌کاری به‌صورت کلوخه‌ای درآمده و خصوصیت تقویت‌کنندگی آن ظاهر نخواهد شد برای رفع این مشکل و همچنین بهبود خواص کامپوزیت‌های تقویت شده با این پرکننده کارهایی انجام گرفته است. از جمله این کارها اصلاح فرایند اختلاط، افزایش جاذبه آن با بستر لاستیک و تشکیل ساختارهای نانویی و هیبریدی است و در اینجا بخشی از این فعالیت‌ها به‌همراه اثرات این ماده بر خواص پختی، مکانیکی و حرارتی آن به‌طور خلاصه آمده است.

واژه‌های کلیدی: لیگنین، اصلاح شیمیایی، تکنیک‌های اختلاط، خواص لاستیک لیگنین‌دار

نوع مقاله: ترجمه

علی نیک‌اختر*

۱- دکترای تخصصی، استادیار، مدرس دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

ایمیل نویسندگان و عهده‌دار مکاتبات:

anikakhtar@birjand.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۰

مقدمه

پلیمری به‌عنوان یک پرکننده تقویت‌کننده شناخته می‌شود. به‌علاوه لیگنین چندین خصوصیت بارز دارد که از آن جمله می‌توان به خواص مکانیکی و خواص فیزیکوشیمیایی مناسب، قابلیت تجزیه بیولوژی، خواص ضد اکسیدانی خوب و پایداری حرارتی عالی اشاره کرد. [۴] در مقابل، وارد کردن و پخش لیگنین در آمیزه لاستیک به‌خاطر برهم‌کنش قوی آن با خودش مشکلاتی دارد. از جمله کارهای انجام شده برای رفع این مشکل می‌توان به افزودن سازگار کننده، اصلاح سطح، ساخت پرکننده‌های هیبریدی آن و ... اشاره کرد.

شیمی لیگنین و اصلاح خواص آن برای استفاده در لاستیک

لیگنین پلیمری است که زنجیرهای آن شبکه‌ای سه‌بعدی داشته و در ایجاد خواص مکانیکی گیاه نقش دارد. این ماده به‌صورت چسبی در داخل رشته‌ها و بین رشته‌ها می‌باشد و باعث ایجاد مقاومت و سفتی در دیواره سلول گیاهی می‌گردد و سلول‌های گیاهی را در شرایط سخت محیطی مثل محیط‌های پر از آب محافظت می‌کند. اما در مقابل تخریب‌زیستی توسط اشعه UV مقاومت ندارد [۵].

ساختار پایه لیگنین از نوع فنیل پروپانویدی^۱ است، که در شکل (۱) نمایش داده شده است. واحدهای ساختاری اصلی لیگنین پاراکوماریل الکل (پاراتیدروکسیل فنیل الکل، H)^۲، کونی فریلی الکل (گونی سیل، G)^۳ و سینا فیل الکل (سیر ینگیل S)^۴ است [۶]. به علت فراوانی گروه‌های عاملی بر روی لیگنین می‌توان از آن به‌عنوان یک پرکننده تقویت‌کننده استفاده کرد. با تصحیح شیمیایی گروه‌های عاملی روی سطح، امکان سازگاری آن با انواع بسترهای پلیمری فراهم می‌شود. لیگنین‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند. نوع اول لیگنین چوب نرم است. این نوع لیگنین بیشتر از واحدهای کونی فریلی الکل (G) ساخته می‌شوند. این ماده را می‌توان از انواع فرآیندهای مختلف جداکننده لیگنین از منابع مختلف به‌دست آورد. ساختمان این نوع لیگنین‌ها که از منابع مختلف به‌دست

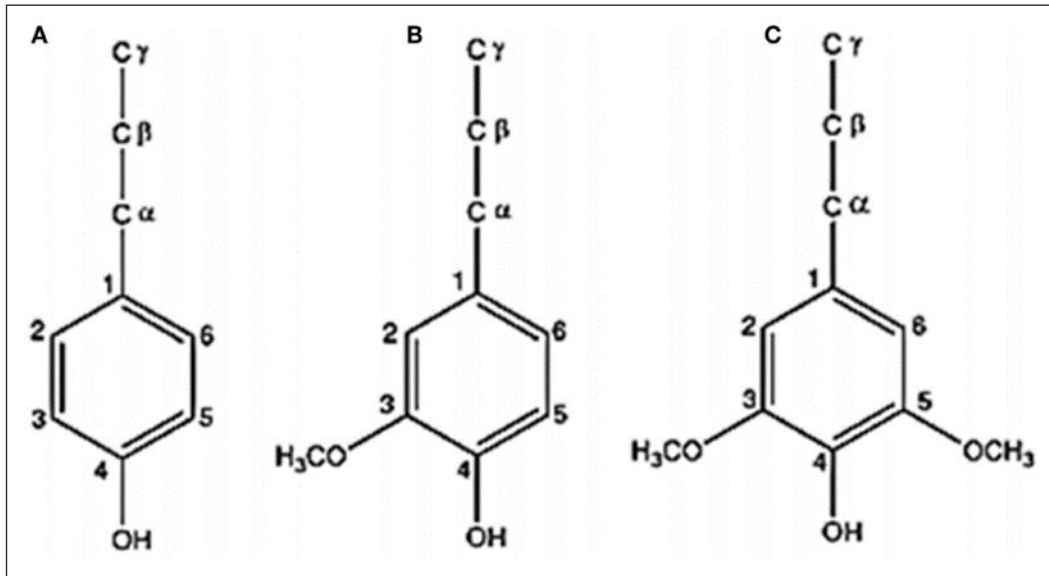
لاستیک‌ها در بخش‌های مختلف زندگی امروز کاربردهای زیادی دارند در هر کاربردی برای رسیدن به عملکرد خوب لاستیک، خواصی موردنیاز است. پرکننده‌های تقویت‌کننده از جمله موادی هستند که نقش مهمی در ایجاد این خواص بر عهده دارند. پرکننده‌ها مخصوصاً در تکنولوژی ساخت تایر بسیار مهم هستند. به‌طور کلی تقویت، به‌عنوان اضافه‌کردن ذرات نرم به آمیزه برای بهترکردن خواص قطعه لاستیکی پس از پخت می‌باشد که از جمله این اثرات می‌توان به‌بهبود سایش، پارگی، برش و مقاومت پارگی بدلیل سفتی و سختی آن اشاره کرد [۱].

تایرهادر بین محصولات لاستیکی چه از نظر حجم تولید و چه از نظر اهمیت، بارزترین می‌باشند. به‌طوری‌که بیشتر لاستیک طبیعی و لاستیک مصنوعی و همچنین ۹۰٪ دوده تولیدی دنیا در این صنعت مصرف می‌شود [۲]. دوده علاوه بر مزایای متعدد استفاده از آن، معایبی نیز دارد که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: ۱- انرژی زیاد برای تولید ۲- ماهیت شیمیایی نفتی ۳- داشتن مواد غیر قابل تخریب ۴- آلاینده‌گی طبیعت ۵- رها شدن میزان زیادی دی‌اکسیدکربن در اتمسفر جهت تولید آن ۶- ایجاد مقاومت غلظتی بالا در تایرها که باعث سوزاندن سوخت بیشتر در خودروها می‌شود. علاوه بر عوامل فوق کاهش ذخایر نفتی و بوجود آمدن بحران‌های زیست محیطی باعث شده که تحقیقات بر روی تایرهای سبز که از مواد تجدیدپذیر بدست می‌آید متمرکز گردد [۳].

پس از دوده، سیلیکا پرکننده بسیار مهمی است که در آمیزه‌های لاستیکی استفاده می‌شود از دیگر پرکننده‌ها دندلايون^۱ و لیگنین^۲ را می‌توان نام برد. در حال حاضر تحقیقات زیادی در زمینه پرکننده‌های سبز انجام می‌شود این کارها با هدف پیشرفت در ساخت آمیزه‌های سبز انجام می‌شود تا بدین ترتیب تایرهای سبز بتوانند توان رقابت در بازار تایر را داشته باشند.

لیگنین در بین پرکننده‌های سبز ماده‌ای است که در بین منابع تجدیدپذیر طبیعی در رتبه دوم می‌باشد این ترکیب با ساختار

1. Dandelion 2. Lignin 3. phenylpropanoid 4. p-coumarylalcohol (p-hydroxyphenyl, H) 5. sinapyl alcohol (syringyl, S)
6. coniferyl alcohol (guaiacyl, G)



شکل ۱- فنیل پروپانوئید های اصلی تشکیل دهنده لیگنین (A) پاراکوماریل الکل، (B) کونی فریلی الکل (C) سینا فیل الکل [۱۰]

و حرارتی آن به طور خلاصه آمده است. نوع دوم لیگنین چوب سخت است. این‌ها طبقه دیگری از لیگنین‌ها بوده و از مخلوطی از واحدهای G و S ساخته می‌شوند. نوع سوم لیگنین‌ها از واحدهای G.S و H ساخته می‌شوند که در گیاهانی مثل غلات، دانه‌های روغنی و غیرچوبی‌ها یافت می‌شود. حلقه آروماتیک پاراهیدروکسی فنیل (H) واکنش‌پذیری را افزایش می‌دهد چرا که سه و پنج موقعیت فعال در واکنش دارند بخش بزرگی از این گروه‌ها برای ساخت فوم‌های لیگنین به کار می‌روند. لیگنین‌های جدا شده از منابع مختلف، جرم مولکولی در بازه بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ گرم بر مول دارند [۶].

ساختار شیمیایی و خواص لیگنین بسته به گیاهی که از آن به دست می‌آید متفاوت است. همچنین این موضوع به این‌گونه است یا محصول جانبی است، یا به صورت مستقیم از مواد دارنده لیگنو سلولز بدست آمده مربوط است. علاوه بر این به روش استخراج به کار رفته نیز بستگی دارد. لیگنین مزایای زیادی دارد. ۱- فراوانی ۲- وزن کم ۳- هزینه تولید کم که آن را قابل رقابت می‌سازد

می‌آیند خیلی مشابه به هم بوده و لیگنین پرکننده‌ای است که خصوصیات تقویت‌کنندگی آن به همراه خواصی چون فراوانی، تجدیدپذیری سالانه، بازده بیولوژیکی بالا، سازگاری اکولوژیکی و وزن کم آن باعث شده که مورد توجه بسیاری از محققین قرار گیرد و به عنوان جایگزینی برای دوده مطرح شود. در این نوشتار سعی شده به طور خلاصه لیگنین مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا به ساختار شیمیایی لیگنین و انواع ساختارهای آن توجه شده است. از دیدگاه کاربردی و فرآیندی مشخص شده که این پلیمر به خاطر داشتن گروه‌های عاملی قطبی فراوان تمایل کمی برای پخش در بستر لاستیک دارد، بدین دلیل در زمان آمیزه‌کاری به صورت کلوخه‌ای درآمده و خصوصیت تقویت‌کنندگی آن ظاهر نخواهد شد. برای رفع این مشکل و همچنین بهبود خواص کامپوزیت‌های تقویت‌شده با این پرکننده، کارهایی انجام گرفته است. از جمله این کارها اصلاح فرایند اختلاط، افزایش جاذبه آن با بستر لاستیک و تشکیل ساختارهای نانوئی و هیبریدی است. در اینجا بخشی از این فعالیت‌ها به همراه اثرات این ماده بر خواص پختی، مکانیکی

در صنعت لاستیک و مخصوصاً برای آمیزه‌های تایر، استفاده از ماشین میل برای تولید آمیزه‌ها مرسوم است. بخاطر در دسترس بودن این روش تجربیات زیادی در این زمینه وجود دارد. خواص آمیزه به اندازه زیادی به مهارت اپراتور دستگاه و همچنین مواد اولیه تشکیل‌دهنده آمیزه وابسته است. اختلاط مستقیم پودر خشک لیگنین در بستر لاستیک اثرات تقویتی کم و یا اغلب موارد تقویت‌نشدن را باعث می‌گردد و در این حالت پرکننده رفتار خنثی خواهد داشت [۷]. توانایی تقویت لیگنین لاستیک به دو عامل اندازه ذرات لیگنین و برهم‌کنش بین سطوح بستر لاستیک و لیگنین مربوط است که برهم‌کنش سطوح به زیادی محتوای گروه‌های هیدروکسیل سطح لیگنین وابسته است. ایجاد حفره در اطراف کلوخه‌های لیگنین نتیجه‌نا سازگاری است که به‌خاطر چسبیدن ضعیف بین سطوح لیگنین و لاستیک اتفاق می‌افتد.

یک روش دیگر در ساخت آمیزه‌لاستیکی با کمک میل آزمایشگاهی بدین صورت است که ابتدا لیگنین به ENR^۱ اضافه می‌شود و آمیزه‌لاستیکی به کمک بنبوری (مخلوط‌کن داخلی) تحت فرآیند رژیم حرارت‌دهی دینامیکی در دمای بالا ۱۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار می‌گیرد. سپس بقیه مواد بر روی میل به آمیزه اضافه می‌شود، استفاده از این روش باعث می‌شود که لیگنین به‌خوبی در آمیزه پخش‌شده و سازگاری عالی با ENR نشان‌داده و آمیزه‌ای فعال ایجاد کند [۸]. به‌طوری‌که در اثر ولکانش مرسوم بیش‌ترین

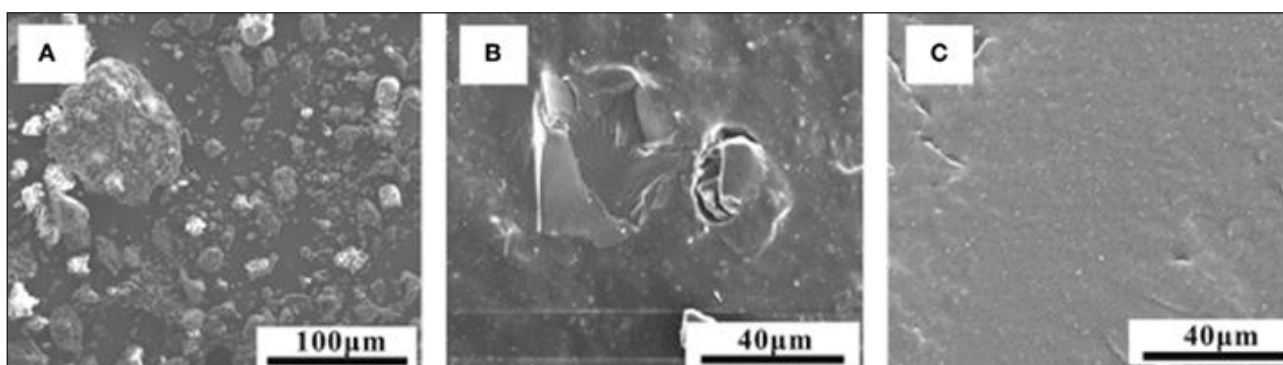
زیست تخریب‌پذیر و دوستدار طبیعت بودن.

رفتار آب دوستی لیگنین باعث مشکلاتی در پخش لیگنین در بستر لاستیک شده واز این روبر خواص نهایی لاستیک نیز تاثیرگذار است. راه‌های زیادی توسط محققین اتخاذ شده تا فرآیند تولید آمیزه‌لاستیکی را بهتر کنند و انعطاف‌پذیری کامپوزیت نهایی را ارتقاء بخشند. شیوه‌های مقابله با این مشکل دو دسته‌اند.

۱- طراحی روش‌های جدید برای آمیزه‌کاری که باعث بهبود توزیع لیگنین در بستر لاستیک می‌شود.

۲- تصحیح سطح لیگنین توسط جفت‌کننده‌ها که باعث سازگاری با بستر لاستیک می‌شود.

روش اختلاط یکی از عوامل تعیین‌کننده خواص آمیزه‌لاستیکی می‌باشد. اگر از روش نامناسبی استفاده گردد، ممکن است محصول کیفیت ضعیفی داشته باشد و کیفیت اختلاط نه تنها بر روی خواص رئولوژی تاثیرگذار است بلکه بر روی خواص مکانیکی و فیزیکی محصول تولیدی نیز موثر است. چرا که وقتی مواد لاستیکی به‌طوریکه‌نواخت مخلوط نشوند فرآیند تقویت و توان‌دهی شروع نخواهد شد. از آنجا که افزودن لیگنین در آمیزه‌لاستیکی به‌صورت پودر باعث کلوخه‌ای شدن آن شده و خواص ضعیفی را در مخلوط باعث می‌گردد، لذاچندین روش اختلاط برای رسیدن به بهترین خواص محصول از نظر خواص رئولوژیکی و مکانیکی بررسی شده‌است.



شکل ۲- تصویر میکروسکوپالکترونی (A ذرات لیگنین (B آمیزه تولیدی بر روی میل دو غلتکی (C آمیزه تولیدی با روش اصلاح شده [۸])

1. epoxidized natural rubber (ENR)

همان گونه که ذکر گردید دسته دیگر از روش ها بر پایه اصلاح پرکننده لیگنین است. روش اصلاحی را به عنوان روشی می شناسند که به وسیله آن قدرت اتصال سطح بین لیگنین و بستر لاستیک را افزایش می یابد. اصلاح شیمیایی لیگنین به چند صورت انجام می گیرد. ۱- اصلاح سطح لیگنین ۲- جایگزینی بعضی مواد آمیزه با بعضی مواد دیگر در طول اختلاط به طوری که این مواد شامل گروه های عاملی هستند و قادرند به صورت پلی بین لیگنین و بستر لاستیک قرار گیرند ۳- اصلاح بستر لاستیک، سازگاری بهتر و خواص بهتری برای محصول نهایی ایجاد می کند [۲].

عوامل جفت کننده و چسباننده باعث ایجاد پیوند کووالانسی بین لیگنین و بستر لاستیک می شوند. از جمله این اصلاح کننده ها بین لیگنین و بستر لاستیک های غیر قطبی می توان از تترامیلین هگزامین و هگزیل آمین نام برد [۸ و ۱۲]. همچنین واکنش لیگنین و فرمالدئید مقاومت سایشی را عالی می کند و باعث بهبود خواص تایر می شود.

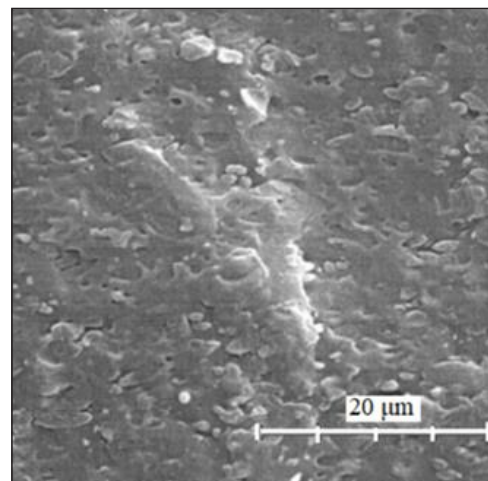
یک روش جدید برای افزایش پراکنش و سازگار کننده لیگنین و بستر لاستیک، تشکیل ساختار شبکه عرضی دوگانه است. یک شبکه اتصال عرضی دوگانه متشکل از پیوندهای کووالانسی بین اتم های گوگرد و کربن در لاستیک و پیوندهای غیر کووالانسی تشکیل شده مربوط به لیگنین و یون های Zn^{2+} است. کار دیگری که باعث ایجاد عملکرد بالا می گردد، افزودن پیوندهای کئوردیناسیونی بر پایه Zn و تشکیل شبکه ای متشکل از پیوندهای کووالانسی گوگردی و پیوندهای کئوردیناسیونی که حالت دینامیک دارند (شکل ۴) و این شبکه ساختار محکم و قوی را در محصول لاستیکی ایجاد می کند [۱۳، ۱۴].

روش دیگر ساختن الیاف نانولیگنین و پخش آن در آمیزه در حد مقیاس نانو است که این کار با تشکیل کمپلکس های لیگنین- پلی (دی آلایل دی متیل آمونیوم کلراید) (LPC) 2 کلونیدی انجام می شود و نتیجه آن بهبود تقویت توسط نانوکامپوزیت های NR- لیگنین، همان گونه که در شکل (۵) نشان داده شده است. وقتی

تقویت رخ دهد. موفقیت این روش با عکس های میکروسکوپ الکترونی در شکل (۲) نشان داده شده است. عکس C نمایان گر توزیع کامل لیگنین در بستر لاستیک است.

تشکیل آمیزه لاستیک با پرکننده لیگنین با استفاده از هم رسوبی^۱ با لاتکس لاستیک، روشی است که می توان از آن برای وارد کردن لیگنین در آمیزه لاستیکی و تشکیل مسترچ لاستیکی استفاده کرد. این روش توانایی تقویت را بهبود بخشیده و ویژگی های ترکیب را بهتر می کند. مطالعات نشان دادند که لیگنینی که با استفاده از روش هم رسوبی وارد آمیزه لاستیکی می شود می تواند از نظر تقویت کنندگی به حد کربن فعال و سیلیکا باشد [۸ و ۹].

محلول قلیایی لیگنین می تواند نقش یک پرکننده فعال در آمیزه لاستیکی را داشته باشد. روش هم رسوبی، یعنی رسوب دادن هم زمان لیگنین و لاستیک از محلول، باعث پراکندگی یکنواخت و نرم ذرات لیگنین در آمیزه لاستیکی شده این خصوصیت به کم میکروسکوپ الکترونی، شکل (۳)، نشان داده شده، البته فرایند لخته سازی و صاف کردن هم رسوبی لیگنین به همراه لاستیک بسیار آهسته است که این یک محدودیت جدی بر سر راه توسعه کامپوزیت های لاستیکی بر پایه لیگنین است [۱۰، ۱۱].

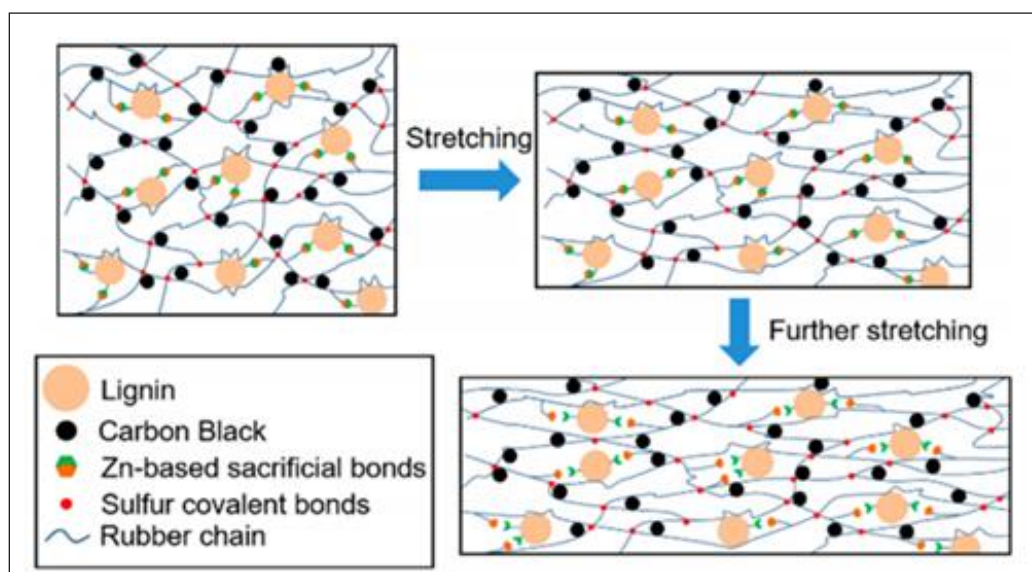


شکل ۳- عکس میکروسکوپ الکترونی آمیزه SBR حاوی ۵۰ phr لیگنین [۱۱]

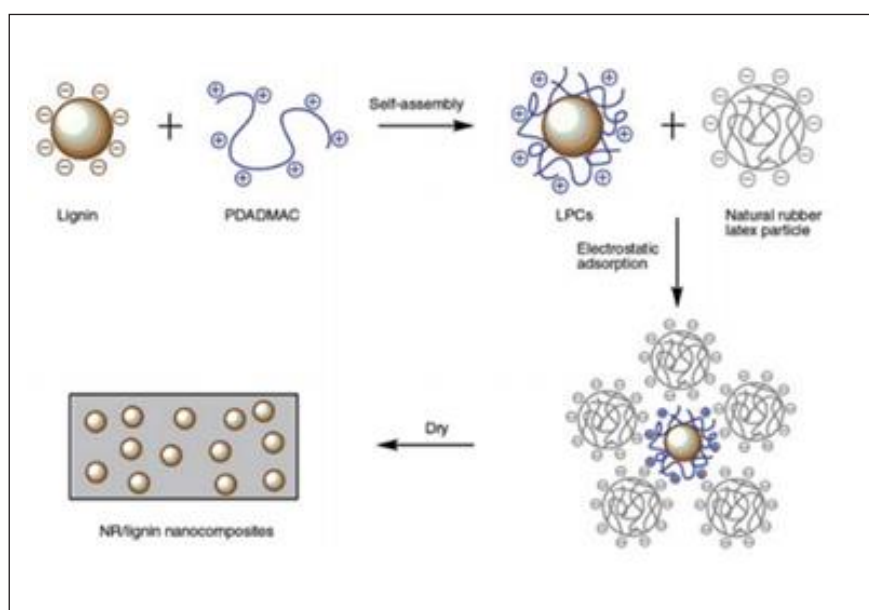
1. Co-precipitation 2. lignin-Poly(diallyldimethylammonium chloride) (PDADMAC) complexes (LPCs)

بین لیگنین و زنجیره‌های PDADMAC با کمک FTIR مطالعه شده است [۱۵].
روش دیگر گرافت کردن پلیمرها بر روی لیگنین است در این روش از پلیمریزاسیون رادیکالی کنترل شده استفاده می‌شود. مشخص شده که این روش نسبت به لیگنین‌های اصلاح شده

گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیل روی لیگنین تجزیه می‌شوند لیگنین یک پلی الکترولیت آنیونی می‌شود. LPCها می‌توانند به صورت یکنواخت در بستر NR پخش شوند و کامپوزیت‌هایی از NR/LC ایجاد نماید که خواص مکانیکی، حرارتی بهتر داشته و پایداری اکسیداسیون حرارتی آن افزایش می‌یابد. وجود بهمکنش



شکل ۴- شمای پیوند عرضی دوگانه کامپوزیت لیگنین، دوده و NR [۱۳]



شکل ۵- شمای نانو الیاف سازی لیگنین و ساخت نانو کامپوزیت لیگنین NR [۱۰]

کرده و تعداد پیوند های عرضی تشکیل شده را کاهش می دهند. مشخص شده در صورتی که پخش لیگنین در بستر لاستیک بهتر شود کیفیت پخت بهتر می گردد. اثر سیستم پخت علاوه بر رفتار پختی آمیزه، بر تشکیل انواع پیوندهای عرضی و رفتار مرحله برگشتفرآیند پخت تاثیرگذار است. مشخص شده که افزایش لیگنین باعث افزایش مقاومت حرارتی آمیزه شده و فرآیند مرحله برگشترا کم می کند. همچنین لیگنین پیوندهای عرضی پلی سولفیدی را کم و پیوندهای مونو و دی سولفیدی را تغییر نمی دهد. به علاوه بخاطر ارتباط متقابل گروه های عاملی اسیدی روی لیگنین با آمیزه پایه باعث پوشیده شدن بعضی از موقعیت های پیوندهای عرضی می گردد [۱۸].

با کمک پرکننده های هیبریدی لیگنین می توان توازن بهینه ای در خواصی از تایر مثل مقاومت غلتشی، کشش مرطوب و مقاومت سایشی ایجاد کند. همچنین این پرکننده ها باعث استحکام و پایداری حرارتی بالاتر و مقاومت غلتشی کمتر می گردد. چرا که اجزای پرکننده هیبریدی با همدیگر کار می کنند. لیگنین یک شبکه ایجاد می کند و پرکننده های دیگر به پخش آن کمک می کنند. عیب پرکننده های هیبریدی زمان زیاد برای ساخت آن ها می باشد. وجود لیگنین در آمیزه ها مقاومت آن ها را در مقابل از دست رفتن خواص مکانیکی بواسطه تخریب اکسیداسیونی افزایش می دهد [۱۷].

تنش های محیطی مثل گرما و اکسیژن باعث از بین رفتن شکل پذیری، کیفیت سطح و تغییر در جرم مولکولی و ساختمان می شوند. شکست زنجیرها باعث ایجاد ماکرو رادیکال، پیوند دوگانه کربن-کربن و مولکول های کوچکی مثل آب، دی اکسید کربن و مونومرها می شود و با ایجاد حفره، زمینه ایجاد ترک را فراهم می کند. وجود لیگنین در آمیزه باعث افزایش مقاومت حرارتی می شود چرا که گروه های هیدروکسیل فنلی می توانند نقش جمع کننده رادیکال ها را داشته باشند و از فرایندهای مخرب جلوگیری کنند [۱۹].

مزایایی دارد. این روش با تبدیل کردن گروه های فنلیک یا آلیفاتیک هیدروکسیل به گروه های عاملی جدیدی مثل کتون ها و آلدئیدها باعث بهتر کردن فعالیت سطح می شوند [۱۶]. این فرایند خصوصیات تقویت را نسبت به لیگنین اولیه بهبود می بخشد. ساخت گرافت های لیگنین پتانسیل های زیادی دارد به طوری که حتی می توان نتایج قابل مقایسه ای را با روش مخلوط هم رسوبی به دست آورد اما نسبت به آن زمان کمتری نیاز دارد.

علاوه بر این، تبدیل گروه های هیدروکسیل به گروه های استیل نیز می تواند بهبود مشابهی از لحاظ سازگاری و پراکندگی (پخش) در بستر لاستیک بوجود آورد [۱۷]. با این حال قابلیت دسترسی به گروه های هیدروکسیل باید حفظ شود چرا که باعث ویژگی آنتی اکسیدانی است. اصلاحات سطح خارجی لیگنین باعث نزدیکی بیشتر آن به بستر لاستیک می گردد.

از دیگر روش ها، هیبرید کردن لیگنین با دوده می باشد که توجه زیادی را به خود معطوف داشته است. این تکنیک عمدتاً توانایی تقویت خوبی را با آمیزه لاستیکی فراهم می آورد. با کمک یک پرکننده هیبرید، متشکل از لیگنین و دوده می توان اتلاف خصوصیت ویسکوالاستیک را کم کرد. این روش زمانبر است و برای تولید در مقیاس بزرگ مناسب نیست. با این حال اصلاح لیگنین در یک آمیزه لاستیکی با استفاده از روش هیبرید از نظر پخش لیگنین و برهم کنش لاستیک-لیگنین رضایت بخش است [۱۷].

اثر لیگنین بر خواص کامپوزیت های لاستیک

افزودن لیگنین به عنوان تقویت کننده در آمیزه لاستیکی بر خواص مکانیکی، پختی، حرارتی و دینامیکی کامپوزیت حاصل تاثیر دارد. افزودن لیگنین زمان پیش پخت و پخت بهینه را زیاد می کند و مقدار گشتاور نهایی را کاهش می دهد چرا که گروه های هیدروکسید فنلیک روی این ماده با جذب رادیکال های موجود در محیط باعث از بین رفتن آن ها شده لذا سرعت واکنش را کم

چشم انداز آینده

در جهت وارد کردن لیگنین در آمیزه‌هایی بر پایه‌ی الاستومرهای سنتزی دارای پیوند دوگانه است و رسیدن به فرمولاسیون‌هایی با خواص بهینه با لیگنین به‌عنوان یک هدف دنبال می‌شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله نویسنده مقاله مراتب قدردانی خود را از مسئولین محترم شرکت کویر تایر بخاطر همکاری‌های صمیمانه ایشان ابراز می‌دارد *IRM*

لیگنین به‌خاطر خواص منحصر به فردی که دارد باعث علاقه‌مندی بسیاری از محققین در این زمینه شده است. در رابطه با چگونگی ساخت لیگنین و خواص آن کارهای زیادی صورت گرفته است اما برای اینکه به‌عنوان یک محصول تجاری بتواند وارد بازار شده و جایگزین پرکننده‌هایی مثل دوده شود، بایستی تحقیقات بیشتری صورت گیرد. با این وجود دوده به‌خاطر اینکه بر پایه روغن بوده و مضرات زیست محیطی زیادی دارد، لازم است با پرکننده‌های تقویت‌کننده دیگر جایگزین گردد. در حال حاضر بیشتر فعالیت‌ها

مراجع

1. Medalia A, Kraus G., "Reinforcement of elastomers by particulate fillers," in Science and technology of rubber: Elsevier, pp. 387-418.1994
2. Mohamad Aini N, Othman N, Hussin M, Sahakaro K, Hayeemasae N, "Lignin as Alternative Reinforcing Filler in the Rubber Industry: A Review," Front. Mater.vol. 6,pp1,2020
3. Attharangsana S, Ismail H, Bakar MA, Ismail J., "Carbon black (CB)/rice husk powder (RHP) hybrid filler-filled natural rubber composites: effect of CB/RHP ratio on property of the composites," Polymer-Plastics Technology and Engineering, 517, pp. 655-662, 2012.
4. Frigerio P, Zoia L, Orlandi M, Hanel T, Castellani L., "Application of sulphur-free lignins as a filler for elastomers:effect of hexamethylenetetramine treatment," BioResources, vol. 9, no. 1, pp. 1387-1400, 2014.
5. Singha A, Thakur VK, Mehta I, Shama A, Khanna A, Rana R, et al. "Surface-modified Hibiscus sabdariffa fibers: Physicochemical, thermal, and morphological properties evaluation," International Journal of Polymer Analysis and ChA. Siaracterization, vol. 14, no. 8, pp. 695-711, 2009.
6. Thakur VK, Thakur MK, Raghavan P, Kessler MR. "Progress in green polymer composites from lignin for multifunctional applications: a review," ACS Sustainable Chemistry & Engineering, vol. 2, no. 5, pp. 1072-1092, 2014.
7. Barana D, Ali SD, Salanti A, Orlandi M, Castellani L, Hanel T, et al., "Influence of lignin features on thermal stability and mechanical properties of natural rubber compounds," ACS Sustainable Chemistry & Engineering, vol. 4, no. 10, pp. 5258-5267, , 2016
8. Jiang C, He H, Yao X, Yu P, Zhou L, Jia D., "In situ dispersion and compatibilization of lignin/epoxidized natural rubber composites: reactivity, morphology and property," Journal of Applied Polymer Science, vol. 132, no. 23, 2015.
9. Yu P, He H, Jiang C, Wang D, Jia Y, Zhou L, et al., "Reinforcing styrene butadiene rubber with lignin-novolac

- epoxy resin networks," *Express Polymer Letters*, vol. 9, no. 1, 2015.
10. Jiang C, He H, Jiang H, Ma L, Jia D, "Nano-lignin filled natural rubber composites: Preparation and characterization," *Express Polymer Letters*, vol. 7, no. 5, 2013.
 11. Košíková B, Gregorová A., "Sulfur-free lignin as reinforcing component of styrene-butadiene rubber," *Journal of applied polymer science*, vol. 97, no. 3, pp. 924-929, 2005.
 12. Bahl K, Jana SC, "Surface modification of liginosulfonates for reinforcement of styrene-butadiene rubber compounds," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 131, no. 7, 2014.
 13. Wang H, Liu W, Huang J, Yang D, Qiu X., "Bioinspired engineering towards tailoring advanced lignin/rubber elastomers," *Polymers*, vol. 10, no. 9, p. 1033, 2018.
 14. Zhang HJ, Sun TL, Zhang AK, Ikura Y, Nakajima T, Nonoyama T, et al., "Tough physical double-network hydrogels based on amphiphilic triblock copolymers," *Advanced Materials*, vol. 28, no. 24, pp. 4884-4890, 2016.
 15. Pillai KV, Rennecker S., "Cation- π interactions as a mechanism in technical lignin adsorption to cationic surfaces," *Biomacromolecules*, vol. 10, no. 4, pp. 798-804, 2009.
 16. Shukla M, Nigam V, Singh H, Setua D, Mathur G., "Lignin reinforced rubber composites," 1998.
 17. Bahl K, Miyoshi T, Jana SC., "Hybrid fillers of lignin and carbon black for lowering of viscoelastic loss in rubber compounds," *Polymer*, vol. 55, no. 16, pp. 3825-3835, 2014.
 18. Kakroodi A, Sain M., "Lignin-reinforced rubber composites," *Lignin polymer composites*. Elsevier, Toronto, 2016.
 19. Xing W, Yuan H, Yang H, Song L, Hu Y., "Functionalized lignin for halogen-free flame retardant rigid polyurethane foam: preparation, thermal stability, fire performance and mechanical properties," *Journal of Polymer Research*, vol. 20, no. 9, p. 234, 2013.

L Lignin as reinforcing filler in rubber compound

A. Nik-akhtar

1. PhD, Assistant Professor, Lecturer, Birjand University, Birjand, Iran

*Corresponding author Email: anikakhtar@birjand.ac.ir

Abstract: Lignin is a reinforcing filler with properties such as abundant annually renewable, low weight, high biological efficiency, and wide ecological adaptability. These properties are causing increasing attention from researchers and become an alternative to carbon black in the rubber industry. In this paper, we try to briefly review the lignin. In this regard, initially, the chemical structure of lignin and its structures are reconsidered. It is obvious from the application and process point that this polymer has little tendency to spread in the rubber matrix due to polar functional groups and so it will not appear as agglomeration in rubber compounds and therefore won't be as reinforcing filler. There have been studies in order to solve this problem and improve the reinforcing properties of lignin. These include modifying the mixing process, increasing the interfacial bonding strength between lignin and the rubber, formation of nano structure with lignin and use of hybrid technologies with other fillers. Here some of these methods and the effects of lignin on its curing, mechanical and thermal properties are summarized.

Keywords: lignin, chemical modification, mixing technique, rubber-lignin properties