

## مقایسه عملکرد نرم‌کننده‌های دی استری با روغن معدنی در آمیزه لاستیکی

# C Comparison of the performance of diester plasticizers with mineral oil in rubber compounding

### چکیده

هدف: هدف از این پژوهش، مقایسه عملکرد نرم‌کننده‌های دی استری با روغن معدنی در آمیزه لاستیکی است. روش‌ها: در این پژوهش، نرم‌کننده‌های دی استری سنتز شده با استفاده از روش کارآمد به کار گرفته شده در پژوهش‌های قبلی در آمیزه‌کاری لاستیک به کار گرفته شدند. به‌منظور بررسی عملکرد نرم‌کننده‌های استری در آمیزه لاستیکی، آمیزه‌هایی بر پایه لاستیک طبیعی RSS و SBR حاوی نرم‌کننده‌های دی استری و یا پارافین با فرمول‌بندی یکسان و با تغییر در نوع نرم‌کننده، تهیه شده و اثر نرم‌کننده‌ها بر روی فرایند ولکانیزاسیون و خواص فیزیکی آمیزه بررسی شد. یافته‌ها: نتایج حاصل از منحنیهای رئومتر مربوط به پخت آمیزه‌های حاوی نرم‌کننده‌های دی استری و پارافین نشان دادند که ولکانیزاسیون در حضور نرم‌کننده‌های دی استری به دلیل بهبود هر چه بیشتر پخش عوامل پخت سریع‌تر صورت گرفته و نیز تأثیر نرم‌کننده‌های دی استری بر روی خواص فیزیکی کائوچوی ولکانیزه شده از جمله ازدیاد طول تا پارگی نسبت به پارافین بیشتر می‌باشد؛ بنابراین استفاده از نرم‌کننده‌های دی استری سنتز شده با استفاده از روشی کارآمد در آمیزه لاستیکی، گام مؤثری در راستای تقویت الاستومرها تلقی می‌شود.

کلمات کلیدی: نرم‌کننده‌های دی استری، پارافین، آمیزه‌کاری لاستیک، فرایند ولکانیزاسیون، خواص فیزیکی کائوچوی ولکانیزه شده

نوع مقاله: پژوهشی

مه‌ری ندیری نیری<sup>۱</sup> صفا سراج مهدی‌زاده<sup>۲</sup>

۱. دکتری شیمی آلی، محقق شرکت طنین پیک سبلان

۲. مدیر عامل شرکت طنین پیک سبلان

mnadiriniri@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱-۰۱-۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲-۰۱-۲۱

## مقدمه

بوتیل و دی اکتیل فتالات می‌باشند. دی استرها به‌عنوان ترکیبات آلی مهم در زمینه‌های گوناگون از جمله به‌عنوان حد واسط در سنتز مواد شیمیایی و داروها [۷,۸]، به‌عنوان نرم‌کننده [۹,۱۰]، مواد شیمیایی کشاورزی [۱۱] و کمک کایرال [۱۲] کاربرد دارند. کاتالیزگرهای گوناگونی برای سنتز دی استرها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. [۱۳-۱۵] در بیشتر این شیوه‌نامه‌ها نیاز به استفاده از مقادیر زیاد کاتالیزگرهای گران قیمت و غیرقابل بازیافت می‌باشد و در بسیاری از موارد نیز زمان واکنش طولانی است. همچنین، برخی از کاتالیزگرهای استفاده شده در سنتز نرم‌کننده‌های دی استری تحت شرایط واکنش غیرفعال می‌شوند و جداسازی آن‌ها از مخلوط واکنش مشکل است [۱۶-۱۹]. عده دیگری از کاتالیزگرها نیز سمی و گران بوده و محصول اصلی واکنش استری شدن به‌جای دی استر، مونو استر می‌باشد. به‌علاوه گزینش پذیری کاتالیزگر نسبت به سنتز دی استرها همواره رضایت‌بخش نیست.

باتوجه به مطالب بالا و در ادامه تلاش‌هایمان در سنتز ترکیبات آلی [۲۰-۲۳]، ما در این‌جا، نرم‌کننده‌های دی استری سنتز شده با استفاده از روش ارائه شده در پژوهش‌های قبلی [۲۴-۲۶] به‌عنوان روشی کارآمد، گزینشی، سازگار با محیط زیست و اقتصادی را در آمیزه‌کاری لاستیک به کار گرفته و در نهایت اثر نرم‌کننده‌های دی استری و پارافین را بر روی فرایند ولکانیزاسیون و خواص فیزیکی آمیزه با همدیگر مورد مقایسه قرار دادیم.

## بخش تجربی

## مواد شیمیایی و ابزارها

تمامی مواد شیمیایی به کار گرفته‌شده، بدون نیاز به خالص‌سازی بیشتر مورد استفاده قرار گرفتند. برای آمیزه‌کاری از لاستیک RSS و SBR 1502 تهیه شده از بندر امام، گوگرد و شتاب‌دهنده‌های D<sup>۰</sup> CZ و DM از شرکت کیمیا تجارت کارن

نرم‌کننده‌ها عموماً به‌صورت روغن‌های معدنی، محصولات طبیعی و نرم‌کننده‌های مصنوعی طبقه‌بندی می‌شوند که به مواد پلیمری مثل رنگ‌ها، لاستیک‌ها و چسب‌ها به‌منظور بهبود ویژگی‌های اصلی آن‌ها اضافه می‌شوند [۱]. این گروه از مواد به حرکت ماکرو و مایکرو براونی<sup>۱</sup> زنجیره‌های پلیمری و به‌موجب آن به جریان گران روی کمک می‌کنند. از آن‌جا که نرم‌کننده‌ها پلیمر را متورم می‌کنند بنابراین گران روی آمیزه لاستیکی ولکانیزه نشده و دمای انتقال شیشه‌ای پلیمر را کاهش می‌دهند [۲]. علاوه بر این‌ها بر روی سایر خواص فیزیکی پلیمر مانند افزایش انعطاف‌پذیری در دمای پایین، ازدیاد طول و الاستیسیته آن، افزایش هدایت الکتریکی و افزایش حفاظت در مقابل شعله‌ور شدن نیز تأثیر می‌گذارند. برای پلیمرهای مختلف، نرم‌کننده‌های متفاوتی می‌توانند ایفای وظیفه کنند. برای مثال نرم‌کننده‌های قطبی با الاستومرها قطبی و غیر قطبی‌ها با الاستومرها غیر قطبی سازگاری دارند [۳-۵]. مولکول‌های پلیمری با وزن مولکولی بالا با ماهیت غیر قطبی، میدان‌های نیروهای بین‌مولکولی تشکیل می‌دهند؛ آن‌ها با نرم‌کننده‌های قطبی نظیر استرها یا اترها، برای تشکیل توده‌های مجتمع شده، ترکیب می‌شوند که این امر باعث کاهش میدان‌های نیرو و افزایش حجم آزاد پلیمر شده و بدین وسیله قابلیت حرکت بیشتر قطعه‌های زنجیره‌های پلیمر بر روی همدیگر مهیا می‌شود. بنابراین نرم‌کننده‌ها از طریق کاهش گران روی و دمای انتقال شیشه‌ای، باعث افزایش انعطاف‌پذیری پلیمر می‌شوند [۶].

یکی از پرکاربردترین گروه نرم‌کننده‌ها، نرم‌کننده‌های استری هستند که از دسته نرم‌کننده‌های مصنوعی محسوب شده و در صنایع مختلف کاربرد دارند. رایج‌ترین نرم‌کننده‌های استری نیز دی استرهای مثل دی اتیل، دی

1. Brawnian

تهيه آميزه‌ها روي آسياب دو غلتكي با فاصله بين دو غلتك ترتيب بود كه ابتدا لاستيك‌هاي RSS و SBR به مدت ۷ دقيقه روي غلتك براي کاهش گرانروي و افزايش فراورش پذيري نرم شد. در مرحله بعد، استتاريك اسيد، روي اكسيد و نرم كننده دي بوتيل فتالات در آميزه A (و يا روغن معدني پارافين در آميزه B) اضافه شده و به مدت ۱۰ دقيقه هم زده شد. در مرحله آخر كلسيم كربنات اضافه شده و به مدت حدود ۳ دقيقه هم زده شد. سپس لايه بسيار نازكي از آميزه روي غلتك و به وزن ۵۰۰ گرم تهيه شد. به منظور تهيه تركيب فاينال، ابتدا لايه ۵۰۰ گرمي به دست آمده از مرحله قبل، حدود ۲ دقيقه هم زده شده و سپس مخلوط تركيبات شامل گوگرد (۴/۲۷ گرم)، DPG (۴/۲۷ گرم)، MBTS (DM) (۲/۲۸ گرم) (و CBS (CZ) (۱/۷۱ گرم) اضافه شده و اين مخلوط نيز حدود ۲ دقيقه هم زده مي شود تا تركيب يكنواختي به دست آيد.

اصفهان، كربنات كلسيم از شركت پارس شيمي، روغن پارافين از شركت نفت بهران، دوده ۵۵۰ و روي اكسيد ساخت شركت رنگينه پارس و استتاريك اسيد ساخت شركت southern ac- ids مالزي استفاده شد. براي تهيه آميزه‌ها از آسياب دو غلتكي آزمايشگاهي مدل X(s)k160 ساخت كشور چين با نسبت سرعت ۱۱:۹ m/min و ظرفيت ۲ kg در دماي ۳۵-۴۰ C استفاده شد. پخت آميزه‌ها به وسيله رنومتر Zwick ساخت كشور آلمان در دماي ۱۵۰ C مطابق با استاندارد ASTM D2084 انجام شد. خواص ازدياد طول نمونه‌ها با دستگاه CM ساخت كشور چين با سرعت كشش ۵۰۰ mm/min مطابق با استاندارد ASTM D412 اندازه گيري شد.

## ۲-۲- آميزه كاري

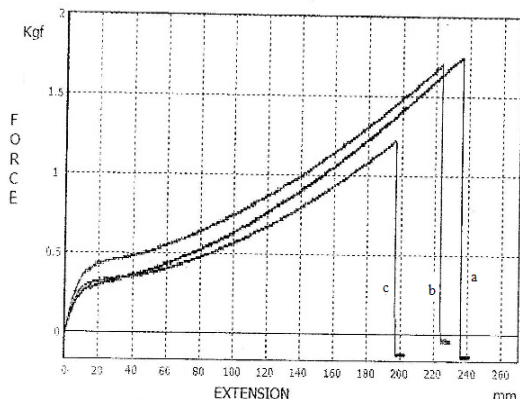
آميزه‌ها با فرمول بندي مورد نظر در دو مجموعه A و B مطابق جدول ۱ تهيه شدند.

جدول ۱- فرمول بندي استفاده شده براي آميزه‌هاي لاستيكي A و B.

Compound A											
CBS (CZ)	MBTS (DM)	DPG	sulfur	Zink oxide	Stearic acid	Dibutyl phthalate	paraffin	Calcium carbonate	SBR rubber	RSS rubber	Materials
0.6,1.71	0.8,2.28	1.5,4.27	1.5,4.27	7,42.19	3,18.09	10,60.29	0	30,181	30,180.3	70,423.1	Amount, gr (phr)
Compound B											
CBS (CZ)	MBTS (DM)	DPG	sulfur	Zink oxide	Stearic acid	Dibutyl phthalate	paraffin	Calcium carbonate	SBR rubber	RSS rubber	Materials
0.6,1.71	0.8,2.28	1.5,4.27	1.5,4.27	7,42.19	3,18.09	0	10,60.29	30,181	30,180.3	70,423.1	Amount, gr (phr)

نتایج و بحث

ازدیاد طول تا پارگی آمیزه



شکل ۱- تغییرات ازدیاد طول تا پارگی برای آمیزه‌های حاوی دی بوتیل فتالات (a)، بیس (۲-اتیل هگزیل) فتالات (b) و پارافین (c)

شکل ۱ تغییرات ازدیاد طول تا پارگی آمیزه‌های حاوی نرم‌کننده دی بوتیل فتالات (DBP)، بیس (۲-اتیل هگزیل) فتالات (BEHP) و روغن معدنی پارافین را نشان می‌دهد که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. مقایسه نتایج مربوط به سه نوع آمیزه نشانگر مؤثرتر بودن نرم‌کننده دی بوتیل فتالات

تأثیر نرم‌کننده‌های دی استری بر روی خواص فیزیکی و خواص پخت آمیزه لاستیکی و مقایسه نتایج حاصله با آمیزه لاستیکی حاوی روغن معدنی

برای بررسی خواص فیزیکی و خواص پخت آمیزه لاستیکی در حضور نرم‌کننده‌های مصنوعی دی استری و پارافین، ابتدا آمیزه‌هایی بر پایه RSS و SBR همراه با دی بوتیل فتالات و پارافین با فرمول‌بندی یکسان و با تغییر در نوع نرم‌کننده تهیه شدند و اثر آن‌ها بر روی خواص فیزیکی از جمله ازدیاد طول تا پارگی آمیزه و خواص پخت از قبیل سرعت پخت و میزان اتصالات عرضی تشکیل شده در بخش لاستیکی آمیزه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله حاکی از آن بود که نرم‌کننده‌های دی استری باعث بهبود هر چه بیشتر خواص فیزیکی و نیز خواص پخت می‌شوند. نتایج این بررسی‌ها به تفصیل در ادامه آورده شده و در شکل‌های ۱-۳ و جداول ۲ و ۳ نیز نشان داده شده است.

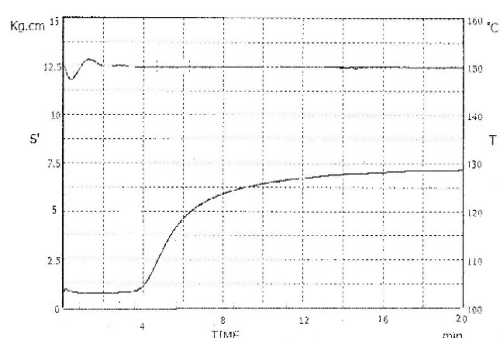
جدول ۲- ازدیاد طول تا پارگی و نیروی لازم برای پارگی آمیزه‌های حاوی دی بوتیل فتالات، بیس (۲-اتیل هگزیل) فتالات و پارافین

Peak Force (Kgf)	Peak Extension (mm)	Break Force (Kgf)	Break Extension (mm)	Samples
1.750255	235.7343	1.750255	235.7343	Compound with DBP
1.712538	223.7094	1.712538	223.7094	Compound with BEHP
1.22528	196.3318	1.22528	196.3318	Compound with Paraffin

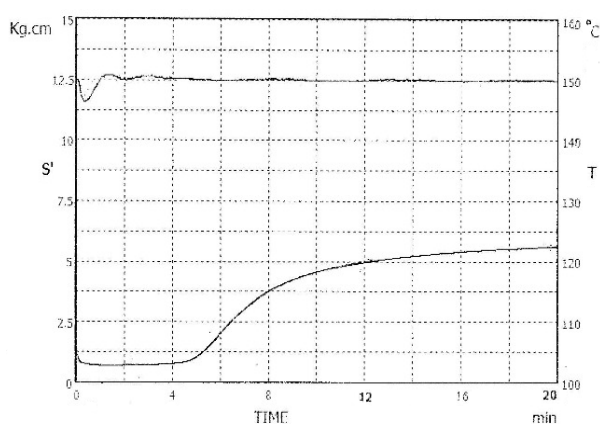
استری با زنجیره کوتاه‌تر، انعطاف‌پذیری کمتری در آمیزه ایجاد می‌کنند و میزان ازدیاد طول تا پارگی آمیزه در حضور DBP نسبت به آمیزه حاوی BEHP بیشتر بوده و در نتیجه نیروی زیادی نیز برای پارگی آمیزه حاوی آن در اثر ازدیاد طول، لازم است. حال در مقایسه نرم‌کننده‌های استری با پارافین می‌توان

بر روی ازدیاد طول تا پارگی آمیزه حاوی آن در مقایسه با BEHP و روغن معدنی پارافین می‌باشد. در بین استرهای اسید فتالیک به‌عنوان نرم‌کننده‌های مصنوعی، فتالات‌های با زنجیره طولانی به دلیل محدودیت حرکت (با خاطر داشتن جرم و حجم زیاد) در سرتاسر آمیزه نسبت به فتالات‌ها یا نرم‌کننده‌های

(شکل‌های ۲ و ۳، جدول ۳، ردیف‌های ۲ و ۴). گشتاور نیرویی است که به‌طور چرخشی در رئومتر بر آمیزه وارد می‌شود، حال با پیش رفتن فرایند پخت و افزایش اتصالات عرضی، آمیزه سخت‌تر شده و مقاومتی که در برابر حرکت بخش متحرک دستگاه برای به حرکت در آمدن نشان می‌دهد بیشتر بوده و در نتیجه برای به حرکت در آوردن آمیزه نیروی بیشتری لازم خواهد شد. همچنین آمیزه A مقدار ML کمتری (۰/۹۵) در مقایسه با آمیزه B (۱/۱۴) دارا می‌باشد (جدول ۳، ردیف‌های ۱ و ۳)، در نتیجه فرایندپذیری آمیزه A (در حضور نرم‌کننده دی بوتیل فتالات) راحت‌تر می‌باشد. علاوه بر این‌ها، اختلاف MH-ML نیز برای آمیزه A بیشتر است در نتیجه اتم‌های گوگرد بیشتری بین زنجیره‌ها قرار گرفته و به‌عبارتی دانسیته اتصالات عرضی در این آمیزه بیشتر و میزان پخت بالاتر است.



شکل ۲- منحنی رئومتر آمیزه حاوی نرم‌کننده دی بوتیل فتالات (A)



شکل ۳- منحنی رئومتر آمیزه حاوی نرم‌کننده پارافین (B)

گفت که یکی از راهکارها برای سهولت خرد کردن اجزای آمیزه به ریزترین قطعات ممکن یا تفکیک<sup>۱</sup> بهتر و نیز توزیع<sup>۲</sup> مؤثرتر استفاده از مواد مایع در ترکیب آمیزه می‌باشد. با توجه به مایع بودن نرم‌کننده‌های استری در مقایسه با پارافین که جامد می‌باشد، فرایند تفکیک و توزیع برای نرم‌کننده‌های استری راحت‌تر بوده و پخش این نرم‌کننده‌ها در بافت آمیزه نیز بهتر صورت می‌گیرد و در نتیجه انعطاف‌پذیری آمیزه افزایش یافته و به موازات آن ازدیاد طول تا پارگی نیز بیشتر شده و نیروی زیادی برای پارگی آمیزه حاوی این نرم‌کننده‌ها به کار گرفته خواهد شد (جدول ۲، ردیف‌های ۱ و ۲).

### خواص پخت

برای بررسی فرایند ولکانیزاسیون آمیزه‌های A و B، رئومتر Zwick از طریق حرارت دادن آمیزه‌ها در دمای  $150^{\circ}\text{C}$  در مدت‌زمان ۲۰ دقیقه و محدوده گشتاور ۱۵-۰ Kg.cm، به کار گرفته شد. همان‌طور که از منحنی‌های رئومتر به‌دست آمده برای آمیزه‌های A و B نیز مشخص است (شکل‌های ۲ و ۳)، پخش اجزای آمیزه و از جمله عوامل پخت شامل گوگرد و شتاب‌دهنده‌ها در حضور نرم‌کننده دی بوتیل فتالات (آمیزه A) بهتر صورت گرفته که این امر باعث افزایش سرعت و مقدار پخت آمیزه حاوی نرم‌کننده دی بوتیل فتالات نسبت به آمیزه حاوی پارافین شده‌است. دلیل مؤثر بودن پخش اجزا در حضور نرم‌کننده‌های استری به‌خاطر داشتن تفکیک و توزیع راحت این دسته از ترکیبات در آمیزه به‌دلیل مایع بودن آن‌ها می‌باشد. مقایسه ردیف‌های ۱ و ۳ جدول ۳، نشان می‌دهد که مقادیر  $t_{90}$ ،  $t_{50}$ ،  $t_{10}$ ،  $t_{5}$ ،  $t_{s2}$ ،  $t_{s1}$  و  $t_{95}$  برای آمیزه A پایین‌تر می‌باشد؛ این نتیجه بیانگر این می‌باشد که پخت آمیزه در حضور نرم‌کننده دی بوتیل فتالات در مراحل مختلف فرایند ولکانیزاسیون در مدت زمان پایین‌تر و با سرعت بیشتری صورت گرفته است. در هر دو آمیزه، با شروع پخت و افزایش اتصالات عرضی، آمیزه سخت‌تر شده و گشتاور نیز افزایش می‌یابد

1. Dispersion

2. Distribution

جدول ۳- مقایسه رفتار پخت آمیزه‌های تهیه شده

ML	t' 5	t' 10	t' 50	t' 90	t' 95	MH	t s2	t s1	Property	CRI 95(% min <sup>-1</sup> )	Entry
<b>Compound A</b>											
0.95	3.95	4.2	5.51	10.47	12.95	20	4.86	4.39	Time (min)	11.684	1
0.75	1.08	1.4	3.97	6.53	6.84	7.16	2.77	1.76	S' (Kg.cm)		2
<b>Compound B</b>											
1.14	4.84	5.23	7.14	13.16	15.7	20	6.63	5.73	Time (min)	10.03	3
0.71	0.96	1.22	3.17	5.13	5.38	5.62	2.71	1.72	S' (Kg.cm)		4

### نتیجه‌گیری

انعطاف‌پذیرتر می‌شود. از طرف دیگر نرم‌کننده‌های دی استری به دلیل داشتن تفکیک و توزیع راحت‌تر در بافت آمیزه، به سهولت در سرتاسر آمیزه حرکت کرده و انعطاف‌پذیری و ازدیاد طول تا پارگی را افزایش می‌دهند، علاوه بر این باعث بهبود پخش سایر اجزای آمیزه لاستیکی نیز شده و متعاقباً سرعت پخت و میزان اتصالات عرضی تشکیل شده در بخش لاستیکی آمیزه به‌هنگام به‌کارگیری نرم‌کننده‌های استری بیشتر می‌شود.

### قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی شرکت طنین پیک سبلان (تولیدکننده توپ‌های بتا) اردبیل به اجرا درآمده است. بدین‌وسیله از شرکت طنین پیک سبلان در راستای به ثمر رسیدن این پژوهش سپاس‌گزاری می‌شود.

در این پژوهش، از نرم‌کننده‌های فتالاتی سنتز شده با استفاده از روش کارآمد به کار گرفته‌شده در پژوهش‌های قبلی، در آمیز همکاری لاستیک استفاده شد. دی استرهای موردتوجه در این پژوهش به‌عنوان نرم‌کننده‌های مصنوعی، تأثیر بیشتری بر روی بهبود خواص فیزیکی کائوچوی ولکانیزه شده از جمله ازدیاد طول تا پارگی و الاستیسیته آن نسبت به روغن معدنی پارافین داشتند، به این دلیل که مولکول‌های پلیمری SBR و RSS با وزن مولکولی بالا با ماهیت غیرقطبی، نیروهای بین‌مولکولی بین زنجیره‌ای تشکیل می‌دهند و نرم‌کننده‌های دی استری قطبی نیز به دلیل توزیع غیریکنواخت بار در ساختارشان، نسبت به روغن‌های معدنی هر چه بیشتر جذب فضای بین زنجیره‌ها شده که این امر باعث کاهش میدان‌های نیرو شده و بدین‌وسیله امکان حرکت بیشتر زنجیره‌های پلیمری بر روی همدیگر مهیا شده و پلیمر

## مراجع

- [1]. Kumar S., Recent Developments of Biobased Plasticizers and Their Effect on Mechanical and Thermal Properties of Poly (Vinyl Chloride): A Review, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 58, 11659-11672, 2019.
- [2]. Sears J.K. and Darby J.R., *The Technology of Plasticizers*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, 1-200, 2003.
- [3]. Ludwig L.E., *India Rubber World*, 3rd ed., Bill Brothers Publishing Corp., 55-180, 1944.
- [4]. Stephens H. L., *Plasticizer Theory- an Overview Based on Work of Doolittle*, Paper at the 123rd ACS-Conf., Rubber-Div., May 10-12, Toronto, 1983.
- [5]. Dimeler G. R., *Plasticizers for Rubber and Related Polymers*, Paper at the 122nd ACS-Conf., Rubber-Div., Oct. 5-7, Chicago, 1982.
- [6]. Zhu H., Chen P., Kong L., Tian Y. and Yang J., *Biobased Plasticizers from Tartaric Acid: Synthesis and Effect of Alkyl Chain Length on the Properties of Poly (Vinyl Chloride)*, *ACS Omega*, 6, 13161-13169, 2021.
- [7]. Kumari P., Gulia M., Gupta S., Singh D. and Kumar S., *An Economic and Efficient Synthesis of Acid-Labile Glycerol Based  $\beta$ -Thiopropionate Esters for Potential Application in Drug Delivery*, *Chemical Biology Letters*, 8, 1-13, 2021.
- [8]. Zhang K., Zhang H., Yi H., Huang G., Zhao X. and Yu S., *The Protective Effects of 1,3-Butanediol Acetoacetate Diester on Decompression Sickness in Rats*, *Journal of Applied Physiology*, 131, 435-441, 2021.
- [9]. Ogliaruso M. A. and Wolfe J. F., *Synthesis of Carboxylic Acids, Esters and Their Derivatives*, 2nd ed., Wiley, New York, 1-224, 2010.
- [10]. Fareghi-Alamdari R., Mousavi Nodoushan S. A. and Zekri N., *Design, Synthesis and Characterization of New Energetic Phthalate Plasticizers Based on Imidazolium Ionic Liquids*, *Journal of Chemical Science*, 86, 1-12, 2021.
- [11]. Da Silva J. A. L., *Borate Esters of Polyols: Occurrence, Applications and Implications*, *Inorganica Chimica Acta*, 520, 120307-120321, 2021.
- [12]. Chen F., Lu C., Nie J., Chen Z. and Yang G., *Scope and Limitations of Optical Pure Hydantoins as Chiral Auxiliaries in Asymmetric Mannich Reactions*, *Chemical Research in Chinese Universities*, 32, 219-225, 2016.
- [13]. Ibrahim S. M., *Preparation, Characterization and Application of Novel Surface-Modified  $ZrSnO_4$  as Sn-Based TMO<sub>s</sub> Catalysts for the Stearic Acid Esterification with Methanol to Biodiesel*, *Renewable Energy*, 173, 151-163, 2021.
- [14]. Shakeel U., *Development of Highly Efficient Solid Acid Catalysts Supported on Mesoporous KIT-6 for Esterification of Oleic Acid*, *Korean Journal of Chemical Engineering*, 38, 966-974, 2021.

- [15]. Guang B., Wu Y., Liu W., Wang J., Xiao Y. and Liu Y., Kinetics Study of the Esterification Reaction of Cyclohexene to Cyclohexyl Acetate Catalyzed by Novel Brønsted–Lewis Acids Bifunctionalized Heteropolyacid Based Ionic Liquids Hybrid Solid Acid Catalysts, *Catalysis Letters*, 152, 75-86, 2022.
- [16]. Maki-Arvela P., Salmi T., Sundell M., Ekman K., Peltonen R. and Lehtonen J., Comparison of Polyvinylbenzene and Polyolefin Supported Sulphonic Acid Catalysts in the Esterification of Acetic Acid, *Applied Catalysis A: General*, 184, 25-32, 1999.
- [17]. Setien R. A., Ghasemi S., Pourhashem G. and Webster D. C., Comparison of Epoxidation Methods for Biobased Oils: Dioxirane Intermediates Generated from Oxone Versus Peracid Derived from Hydrogen Peroxide, *Polymer International*, 70, 594–603, 2021.
- [18]. Dijks I. J., Van Ochten H. L. F., Van Walree C. A., Geus J. W. and Jennesskens L. W., Alkyl Sulphonic Acid Surface-Functionalised Silica as Heterogeneous Acid Catalyst in the Solvent-Free Liquid-Phase Addition of Acetic Acid to Camphene, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 188, 209-224, 2002.
- [19]. Mazitova A. K., Vikhareva I. N., Aminova G. K. and Savicheva J. N., Application of Zinc Oxide to Obtain and Modify Properties of Adipate Plasticizer of Polyvinyl Chloride, *Polymers*, 12, 1-12, 2020.
- [20]. Fareghi-Alamdari R. and Hatefipour R., Synthesis and Thermophysical Characterization of Novel Azide Functionalized Imidazolium Based Ionic Liquids, *Thermochimica Acta*, 617, 172-178, 2015.
- [21]. Fareghi-Alamdari R., Ghorbani Zamani F. and Shekarriz M., Synthesis and Thermal Characterization of New Ammonium–Imidazolium Dual Dicyanamide-Based Ionic Liquids, *Journal of Molecular Liquids*, 211, 831-838, 2015.
- [22]. Fareghi-Alamdari R., Ghorbani-Zamani F. and Zekri N., Synthesis and Hypergolic Activity Evaluation of Some New Ammonium-Imidazolium Based Ionic Liquids, *RSC Advances*, 6, 26386-26391, 2016.
- [23]. Fareghi-Alamdari R., Hatefipour R., Rakhshi M. and Zekri N., Novel Diol Functionalized Dicationic Ionic Liquids: Synthesis, Characterization and DFT Calculations on H-Bonding Influence on Thermophysical Properties, *RSC Advances*, 6, 78636-78647, 2016.
- [24]. Fareghi-Alamdari R., Nadiri Niri M. and Hazarkhani H., Synthesis and Characterization of a New Hydroxyl Functionalized Diacidic Ionic Liquid as Catalyst for the Preparation of Diester Plasticizers, *Journal of Molecular Liquids*, 227, 153-160, 2017.
- [25]. Fareghi-Alamdari R., Nadiri Niri M., Hazarkhani H. and Zekri N., Diacidic Ionic Liquid Supported on Magnetic-Silica Nanocomposite: a Novel, Stable, and Reusable Catalyst for Selective Diester Production, *Journal of the Iranian Chemical Society*, 15, 2615–2629, 2018.
- [26]. Fareghi-Alamdari R., Nadiri Niri M. and Hazarkhani H., A Novel Hydrogen-Bonded Silica-Supported Acidic Ionic Liquid: An Efficient, Recyclable and Selective Heterogeneous Catalyst for the Synthesis of Diesters, *Journal of Chemical Sciences*, 130, 1-13, 2018.



***IRM***

# C Comparison of the performance of diester plasticizers with mineral oil in rubber compounding

M. Nadiri Niri<sup>1</sup>, S. Saraj Mehdizadeh<sup>2</sup>

1- Research laboratory, Tanin Peak Sabalan Company (Beta)

2- Industrial Zone, Ardebil, Iran

\* Corresponding Author E-mail: mnadiriniri@yahoo.com

## Abstract

**Aim:** The aim of this study is to compare the performance of diester plasticizers with mineral oil (paraffin) in rubber compound. **Methods:** In this work, synthesized diester plasticizers using the efficient method presented in the previous studies were used in rubber compound. In order to evaluate the performance of diester plasticizers in rubber compound, compounds based on RSS and SBR containing diester plasticizer or paraffin with the same formulation and with a change in the type of plasticizer were prepared. Then, the effects of diester and paraffin plasticizers on the vulcanization process and the physical properties of the compound were investigated. **Findings:** The results of rheometer curves related to the curing of mixtures containing diester and paraffin plasticizers showed that vulcanization was faster in the presence of diester plasticizers due to the improvement of the spreading of curing agents. Also, the effect of diester plasticizers on the physical properties of the vulcanized rubber such as peak extension is greater than that of paraffin. Therefore, using of diester plasticizers synthesized by an efficient procedure is considered a significant step in strengthening of elastomers.

**Keywords:** Diester plasticizers, Paraffin, Rubber compounding, Vulcanization process, Physical properties of the vulcanized rubber.