مجله علوم و فناوری نساجی
سال سوم، شماره ۱، شماره پیاپی ۶
صفحه ۴۵-۳۷، ۱۳۹۲
ISSN: ۲۱۵۱-۷۱۶۲

مقایسه روش پرتودهی با ریزموج و روش گرمایی در سنتز استرکوات بر پایه تری‌اتانول آمین به عنوان نرم‌کننده در صنعت نساجی

Comparative Study between Microwave Assisted and Thermally Synthesized TEA based Esterquat Softeners Used as Textile Softening Agents

نیما اسماعیلیان عمروآبادی[۱]، مختار آرامی[۱،*]، فیروزمهر مظاهری[۱]، سید منصور بیدکی[۲]

۱- تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده نساجی، صندوق پستی ۴۴۱۳-۱۵۸۷۴
۲- یزد، دانشگاه یزد، مجتمع فنی و مهندسی، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۷۴۱-۸۹۱۹۵

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۳/۲۳

چکیده

در این پژوهش، نرم‌کننده‌های *استرکوات* بر پایه تری‌اتانول آمین به کمک دو ماده مختلف، روغن نخل خرما و روغن سویا به دو روش متفاوت، پرتودهی با ریزموج و روش گرمایی سنتز شده‌اند. آزمون‌های مختلف از قبیل طیف‌سنجی زیرقرمز، تعیین غلظت بحرانی تشکیل میسل و دمای ذوب برای بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی نرم‌کننده‌های سنتز شده انجام شده است. قدرت نرم‌کنندگی، خواص رطوبت‌پذیری و ضدچروک و شاخص زردشدگی سه نوع پارچه ٪۱۰۰ پنبه‌ای، پنبه - پلی‌استر و پشم - پلی‌استر عمل‌آوری شده با تمام نرم‌کننده‌های سنتزی اندازه‌گیری شده است. نرم‌کننده بر پایه روغن سویا دارای نرمی بیشتری بوده است و در نهایت مشخص شد، نرم‌کننده‌های سنتز شده به روش پرتودهی با امواج ریزموج دارای نرمی بهتر، رطوبت‌پذیری بیشتر و خواص بهتر بازگشت از چروک هستند، در حالی‌که واکنش‌ها در این روش در زمان کمتر و با بازده بیشتر و هزینه کمتر نسبت به روش گرمایی انجام شد.

کلمات کلیدی
سطح‌فعال کاتیونی،
استرکوات،
ریزموج،
نرم‌کننده،
تکمیل شیمیایی منسوجات

مقدمه

سطح‌فعال‌ها ترکیباتی هستند که با توجه به خواص ویژه ساختاری اغلب به عنوان شوینده، ترکننده، پراکنده‌ساز، امولسیون‌کننده و تثبیت‌کننده به‌کاربرده می‌شوند [۱]. سطح‌فعال‌ها از نظر منبع تولید به دو گروه سنتزی (بر پایه مواد شیمیایی) و طبیعی (بر پایه روغن‌های طبیعی) دسته‌بندی می‌شوند. مواد اولیه سطح‌فعال‌های سنتزی اتیلن و بنزن است که از شکستن گرمایی مولکول‌های سنگین نفتی و تبدیل آن به واسطه‌های اتیلن اکسید، آلکیل بنزن‌های خطی و الکل‌ها به‌دست می‌آید. سطح‌فعال‌های طبیعی از دانه‌های روغنی نظیر نارگیل، نخل خرما، سویا و همچنین پیه حیوانات به‌دست می‌آیند [۲]. با رشد سریع جمعیت، مصرف سطح‌فعال‌ها نیز به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. ارتقای استانداردهای مصرفی و زیست‌محیطی و همچنین تلاش برای دستیابی به مواد اولیه و روش‌های تولید مناسب‌تر، کاراتر و ارزان‌تر لزوم پژوهش برای تولید سطح‌فعال‌های جدید، ارزان، کارآمد و به‌ویژه سازگار با محیط‌زیست را جدی کرده است [۳].

تکمیل‌های نرم‌کننده، یکی از مهم‌ترین تکمیل‌های شیمیایی نهایی روی منسوجات به‌شمار می‌رود، به‌طوری که به کمک مواد نرم‌کننده شیمیایی، زیردست نرم و قابل قبول، صافی مناسب‌تر، انعطاف‌پذیری بیشتر، افتایش و قابلیت خمشی بهتری در منسوجات ایجاد می‌کند [۴]. استرکوات‌ها یکی از انواع متفاوت این نرم‌کننده‌ها هستند [۵]. استرکوات‌ها، سطح‌فعال‌های کاتیونی با فرمول عمومی

*مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: arami@aut.ac.ir

$R_4N(+)X(-)$ هستند که در ساختار آن‌ها دم آبگریز ترکیب به وسیله پیوند استری به سر آبدوست ترکیب متصل شده است [۶]. این ترکیبات به دلیل نرمی عالی، تجزیه‌پذیری، سمی‌نبودن و تهیه آسان از جمله سطح‌فعال‌های کاتیونی بسیار مفید و پرمصرف‌اند [۷]. روش اصلی تهیه استرکوات‌ها ایجاد پیوند استری بین یک اسید چرب و یک آلکانول آمین برای تولید استر آمین و در نهایت چهارگانه‌کردن استر آمین به وسیله عوامل چهارگانه‌کننده مناسب است [۸]. امروزه استفاده از پرتودهی با ریزامواج در واکنش‌های آلی به دلیل هزینه کمتر، خلوص و بازده بیشتر محصول، بسیار مورد توجه است [۹]. گزارش‌های متعددی مبنی بر سنتز سطح‌فعال‌های کاتیونی نظیر سطح فعال‌های دوقلو، دی‌آلکیل دی‌آمینو ایمیدازولین و استرکوات‌ها ارائه شده است [۱۲-۱۰]. در این پژوهش، سطح‌فعال استرکوات بر پایه تری‌اتانول آمین به وسیله روغن نخل خرما و روغن سویا به دو روش گرمایی و پرتودهی با ریزموج تولید شده است و خواصی نظیر نرمی، رطوبت‌پذیری، بازگشت از چروک و زردشدگی آن‌ها روی پارچه‌های متفاوت بررسی شده است.

تجربی

مواد

تری‌اتانول آمین، ایزوپروپیل الکل، دی‌متیل سولفات، سدیم لوریل سولفات و کلروفرم همگی با درجه خلوص آزمایشگاهی از شرکت Merck آلمان تهیه شدند.

پتاسیم هیدروکسید و سدیم هیدروکسید با درجه خلوص آزمایشگاهی از شرکت Sigma-Aldrich تهیه شد. نرم‌کننده تجاری با نام تجاری Sapmin Bf 4، رنگ بنفش C.I Basic Violet 10 (Rhodamine B)، رنگ آبی متیلن و روغن سیلیکون از شرکت Ex Ciba-Geigy تهیه شدند. پارچه‌های ٪۱۰۰ پنبه‌ای، پنبه - پلی‌استر (٪۶۵- ٪۳۵) و پشم - پلی‌استر (٪۷۰- ٪۳۰) با بافت تافته برای ارزیابی خواص نرم‌کنندگی نرم‌کننده‌های سنتز شده و مقایسه با نرم‌کننده تجاری و روغن نخل خرما از شرکت‌های محلی در تهران تهیه شد.

روش‌ها و دستگاه‌ها

سنتز سطح‌فعال‌های استرکوات

در این سنتز، تهیه سطح فعال کاتیونی استرکوات با استفاده از مواد و روش‌های مختلف مورد توجه است. بدین منظور، برای ایجاد بخش آبگریز سطح‌فعال از روغن نخل خرما و روغن سویا، برای ایجاد بخش آبدوست از تری‌اتانول آمین و برای انجام فرایند آلکیل‌دارکردن (چهارگانه‌سازی) از دی‌متیل سولفات استفاده شده است. برای آماده‌سازی روغن‌های کاربردی ۱ mol از روغن با ۳ mol متانول در مجاورت پتاسیم هیدروکسید به عنوان کاتالیزور در دمای نزدیک به جوش متانول به مدت ۲ h واکنش داده شده است. سنتز سطح‌فعال‌های استرکوات دارای دو مرحله است که به ترتیب در زیر به آن‌ها اشاره شده است:

- تولید استر آمین
- کاتیونی‌کردن (چهارگانه سازی) مولکول استر آمین

تولید استر آمین

برای ایجاد یک مولکول استر آمین مناسب، ۰/۲ mol از روغن نخل خرما یا روغن سویا با ۰/۱ mol تری‌اتانول آمین به دو روش متفاوت واکنش داده شده است.

روش پرتودهی با ریزموج

بالن دودهانه ته‌صاف درون گرم‌خانه ریزموج با بسامد ۲۴۵۰ MHz و توان ۹۰۰ W ساخت شرکت Samsung کشور کره، که در بالای آن سوراخی تعبیه شده است، قرار داده شد. مقادیر مناسب از روغن‌های آماده شده را با تری‌اتانول آمین درون بالن قرار داده و با گاز نیتروژن که از یکی از دهانه‌های بالن به سامانه تغذیه می‌شود، واکنش یک مرتبه با کاتالیزور و بار دیگر بدون کاتالیزور انجام شد. با نمونه‌گیری از واکنش به مدت هر ۱ دقیقه و اندازه‌گیری مقدار هیدروکسیل روند پیشرفت واکنش مطالعه شده است.

روش گرمایی

ابتدا روغن‌های آماده شده درون بالن دودهانه ته‌صاف تعبیه شده درون ظرف روغن سیلیکون که روی گرم‌کن مجهز به همزن قرار داده شده بود، ریخته شد. سپس مقادیر مناسب از تری‌اتانول آمین و کاتالیزور (پتاسیم هیدروکسید) به مقدار ٪۲ وزن تری‌اتانول آمین به همراه پاشش گاز نیتروژن به سامانه وارد شده و واکنش در دماهای ۱۱۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰°C انجام شد. با اندازه‌گیری مقدار هیدروکسیل به مدت هر ۱۰ min روند پیشرفت واکنش بررسی شد.

کاتیونی‌کردن مولکول استر آمین

برای انجام فرایند چهارگانه‌سازی، تمام استرهای آماده شده در مجاورت گاز نیتروژن تا دمای محیط خنک‌سازی شد. سپس، استرها در مقادیر مناسب از ایزوپروپیل الکل حل شده یا به‌طور مستقیم با اضافه‌کردن قطره قطره دی‌متیل سولفات به گونه‌ای که دمای واکنش از ۶۵°C فراتر نرود، چهارگانه شده‌اند.

اندازه‌گیری محتوای کاتیونی

برای اندازه‌گیری محتوای کاتیونی سطح‌فعال‌های سنتز شده ۱۰ mL از سدیم لوریل سولفات استاندارد (۰/۰۰۴ مولار) درون بالن ۲۵۰ mL ریخته شد. سپس، رنگ آبی متیلن (٪۰/۰۰۳) به همراه ۱۵ mL کلروفرم به آن اضافه شد و پس از تکان شدید اجازه داده شد تا دو فاز کاملا مجزا ایجاد شود که فاز آلی، آبی رنگ است. سپس، این محلول با استرکوات ۰/۰۰۴ مولار تیتر می‌شود تا زمانی که رنگ آبی به فاز آبی مهاجرت کند. در نهایت مقدار محتوای کاتیونی از معادله (۱) اندازه‌گیری شد:

$$\text{محتوای کاتیونی} = M_1 \times \text{وزن مولی استرکوات} \times 100 / (\text{وزن نمونه} \times 4) \quad (1)$$

در این معادله، M_1 مولاریته استرکوات و برابر با $M_2V1\times10$ که

M_2 مولاریته سدیم لوریل سولفات و V1 حجم استرکوات مصرفی در تیترکردن است [۱۳].

طیف‌سنجی زیرقرمز

با استفاده از دستگاه طیف‌سنج زیرقرمز (FT IR) مدل NEXUS 670 ساخت کشور آمریکا، ساختار شیمیایی و گروه‌های عاملی سطح فعال‌های سنتز شده بررسی شده است.

اندازه‌گیری دمای ذوب

دمای ذوب سطح‌فعال‌های سنتز شده به وسیله دستگاه اندازه‌گیری دمای ذوب مدل Buchi-B 454 معین شده است.

تعیین غلظت بحرانی تشکیل میسل (CMC)

غلظت بحرانی تشکیل میسل سطح‌فعال‌های سنتز شده به دو روش رسانایی‌سنجی با استفاده از رسانایی‌سنج مدل METROHM 644 با ثابت سلول برابر با $0/82\ cm^{-1}$ و اندازه‌گیری کشش سطحی با استفاده از دستگاه کشش‌سنج مدل KRUSS K100 ساخت آلمان اندازه‌گیری شده است.

رسانایی‌سنج

در این روش غلظتی مشخص از امولسیون سطح‌فعال‌های سنتز شده در آب ساخته شده و مقدار رسانایی الکتریکی آن‌ها در دمای ۲۳°C اندازه‌گیری شده است. سپس، با رقیق‌سازی مرحله به مرحله، مقدار رسانایی الکتریکی در هر مرحله اندازه‌گیری شده است. با رسم نمودار غلظت بر حسب رسانایی الکتریکی مقدار غلظت بحرانی تشکیل میسل و رفتار الکتریکی محلول سطح‌فعال بررسی شده است.

کشش سطحی

دستگاه کشش‌سنج مدل KRUSS K100 ساخت آلمان مجهز به صفحه پلاتینی و بورت خودکار افزایش محلول است. در این دستگاه پس از واردکردن اطلاعات مشخصی شامل غلظت سطح‌فعال در محلول، چگالی سطح‌فعال، دمای آزمون (۲۳°C) و اطلاعات حلال که در این آزمون آب بود، با استفاده از روش صفحه‌ای (Wilhelmy plate) کشش سطحی در غلظت‌های متفاوت اندازه‌گیری شده است. در نهایت، با استفاده از مقادیر کشش سطحی در غلظت‌های مختلف مقدار غلظت بحرانی تشکیل میسل گزارش شده است. همچنین، این دستگاه قابلیت اندازه‌گیری مساحت سطح مقطع سطح‌فعال را دارد.

اندازه‌گیری قدرت نرم‌کنندگی

برای حذف ناخالصی‌های موجود روی پارچه‌ها تمام پارچه‌ها به وسیله محلول g/L ۰/۵ یک شوینده غیریونی شسته شده و پس از سه مرتبه آبکشی با آب مقطر در گرمخانه در دمای ۱۰۰°C خشک شده‌اند. سپس، تمام پارچه‌ها به سه روش رمق‌کشی، پد - بچ و پد - تثبیت گرمایی به نرم‌کننده آغشته شدند.

روش رمق‌کشی

تمام پارچه‌ها در اندازه‌های ۲۰×۳۰cm برش داده شدند و به وسیله دستگاه رمق‌کشی آزمایشگاهی با دو غلظت ۱ و g/L ۲ از نرم‌کننده‌های سنتز شده و تجاری در دمای ۴۰°C به مدت min ۳۰ به نرم‌کننده آغشته شدند.

روش پد - بچ

محلول g/L ۱۵ از نرم‌کننده سنتزی و تجاری به وسیله فولارد آزمایشگاهی با مقدار برداشت ٪۷۰ روی پارچه‌ها قرار گرفتند. سپس، با قراردادن نمونه‌ها درون محفظه‌ای پلاستیکی به مدت h ۲۴ سطح‌فعال‌ها روی پارچه‌ها تثبیت شدند.

روش پد - تثبیت گرمایی

محلول g/L ۱۵ از سطح‌فعال سنتزی و تجاری به وسیله فولارد آزمایشگاهی با مقدار برداشت ٪۷۰ روی پارچه‌ها قرار گرفتند. سپس، نمونه‌ها به‌وسیله گرمخانه در دمای ۱۰۰°C خشک شدند. در نهایت، به منظور تثبیت سطح‌فعال پارچه‌های پنبه-پلی‌استر و پشم - پلی‌استر در دمای ۱۴۰°C و پارچه‌های ٪۱۰۰ پنبه‌ای در دمای ۱۶۰°C داده شدند. در نهایت، تمام پارچه‌های آغشته شده برای بررسی زیردست توسط ۲۰ فرد متخصص (نساج) و غیرمتخصص ارزیابی شدند به گونه‌ای که به بهترین زیردست نمره ۴ و به بدترین زیردست نمره ۱ داده شده است.

رطوبت‌پذیری

برای بررسی مقدار رطوبت‌پذیری پارچه‌های آغشته شده به نرم‌کننده‌های سنتزی و تجاری از استاندارد ASTM D5237-92 استفاده شده است. در این روش، پارچه‌ها به اندازه‌های ۱۵ cm × ۵ بریده شده و در محلول رنگ Rhodamine B قرار داده شده است. پس از مدت min ۶ مقدار برداشت رنگ به وسیله پارچه اندازه‌گیری شده است. رطوبت‌پذیری پارچه‌های پشم - پلی‌استر با بررسی اندازه‌گیری زاویه تماس آب با پارچه به وسیله دستگاه کشش‌سنج مدل KRUSS K100 ساخت آلمان اندازه‌گیری شده است.

تعیین مقدار بازگشت‌پذیری از چروک

مقدار چروک‌پذیری پارچه‌های پنبه‌ای آغشته نشده و آغشته شده به نرم‌کننده‌های سنتزی و تجاری با استفاده از استاندارد IS 4681-1968 اندازه‌گیری و بررسی شده است. در این روش، پارچه‌ها به شکل تاخورده به مدت مشخص در زیر وزنه‌ای نگه‌داری شدند. در نهایت، مقدار بازگشت‌پذیری از چروک به وسیله صفحه مدرج اندازه‌گیری و گزارش شده است.

اندازه‌گیری مقدار زردشدگی

برای بررسی اثر زردشدگی کالاهای پنبه‌ای و پنبه - پلی‌استر آغشته شده به نرم‌کننده‌ها این پارچه‌ها به مدت min ۱ درون گرمخانه با دمای ۱۶۰°C قرار داده شد. مقدار زردشدگی این کالاها به وسیله طیف‌نورسنج انعکاسی مدل ARN-570 ساخت شرکت Jasco براساس استاندارد ASTM (YI E313 ASTM, D65/10°) اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

سنتز استرکوات با استفاده از روغن نخل خرما و روغن سویا

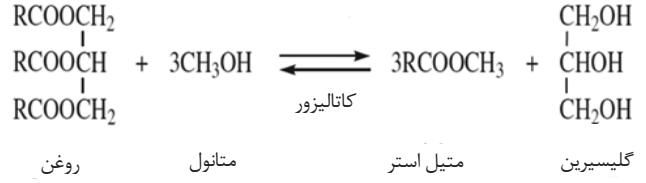
روغن نخل خرما را معمـــولا با تبلور دو جزء پالم اولئین که حاوی مقادیر بیشتر اجزای غیراشباع است و عمدتا مصرف خوراکی دارد و پالم استئارین که به‌طور عمده حاوی مقادیر بیشتر اجزای اشباع است، تهیه می‌کنند. این روغن جامدی به رنگ زرد کم‌رنگ است و به‌طور عمده زنجیرهای چرب آن را پالمتیک با حدود ٪۴۹ و اولئیک با حدود ٪۳۵ تشکیل می‌دهند که دارای ثابت اسید ۰/۳ mg_{KOH}/g و دمای ذوب ۴۴°C است [۱۳].

ســـویا روغنی گیاهی با ارزش غذایی بسیار زیاد است که به‌طور عمده دارای زنجیرهای چرب غیراشـــباع اســـت. این روغن شامل حدود ٪۵۱ لینولئیک و حدود ٪۲۳ اولئیک اســـت و ثابت اســـید کمتر از ۱ دارد که نشان‌دهنده مقدار کم اسید چرب آزاد در ترکیب این روغن است. بنابراین، با واکنش این روغن با متانول و تولید متیل استر آن، مراحل تولید سطح‌فعال استرکوات را می‌توان آسان‌تر انجام داد [۱۴].

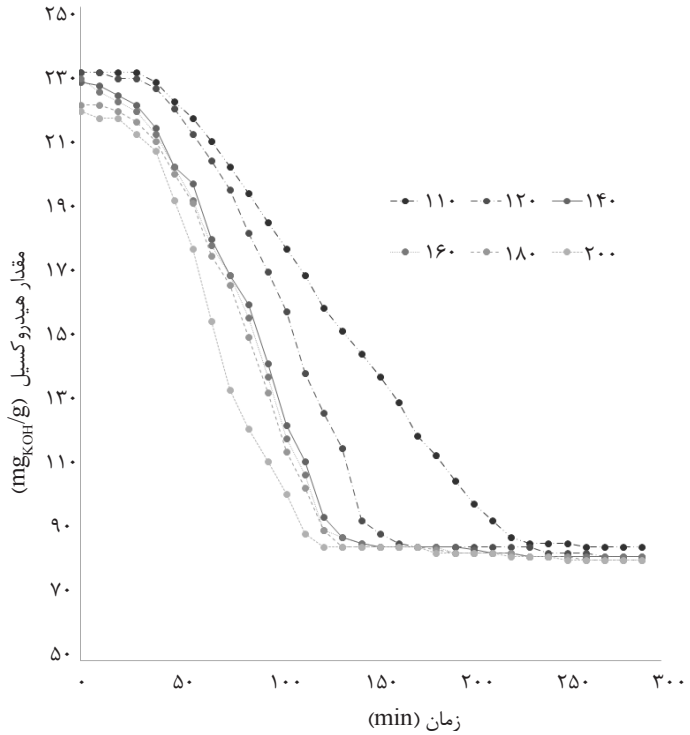
روغن‌ها مخلوطی از اسیدهای چرب آزاد، گلیسرین‌ها، گلیسریدها و سایر ترکیبات هستند که معمولا برای استفاده‌های مختلف، اسیدهای آزاد را از ترکیب روغن استخراج می‌کنند. روغن‌های تصفیه شده را که فاقد اسید آزاد هستند و ثابت اسید زیر ۱ دارند، به‌طور جداگانه مصرف می‌کنند. این روغن‌ها دارای میل واکنشی کم هستند، بنابراین با استفاده از واکنش آن‌ها با متانول در مجاورت کاتالیزوری قلیایی مناسب مانند پتاسیم هیدروکسید متیل استر روغن با میل واکنشی بیشتر، تولید شده است. در طرح ۱ واکنش کلی تولید متیل استر از روغن‌ها نشان داده شده است.

تولید استر آمین

در این مرحله، متیل اســـترهای تولید شـــده از روغن‌های نخل و سویا با مقادیر مناســـب از تری‌اتانول آمین با استفاده از پتاسیم هیدروکسید به عنوان کاتالیزور در مجـــاورت گاز نیتروژن در دماهای ۱۱۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰°C واکنش داده شـــد. مقدار هیدروکسیل برای بررسی روند واکنش‌ها به مدت هر ۱۰min اندازه‌گیری شـــد. مقدار هیدروکسیل، مقدار فتالیک یا اســـتیک انیدرید لازم برای تبدیل گروه هیدروکسیل به آسیل یک گرم نمونه مورد آزمون بر حسب میلی‌گرم پتاسیم بر گرم نمونه اســـت. روند پیشـــرفت واکنش‌های روغن نخل که با بررسی تغییر مقدار هیدروکسیل نسبت به زمان و ثابت‌شدن این متغیر مشخص می‌شود، به ترتیب در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شـــود، در دمای ۱۱۰°C واکنش روغن نخل و تری‌اتانول آمین پس از ۲۴۰min به پایان می‌رسد و در دمای ۱۲۰°C این زمان به ۱۸۰min کاهش

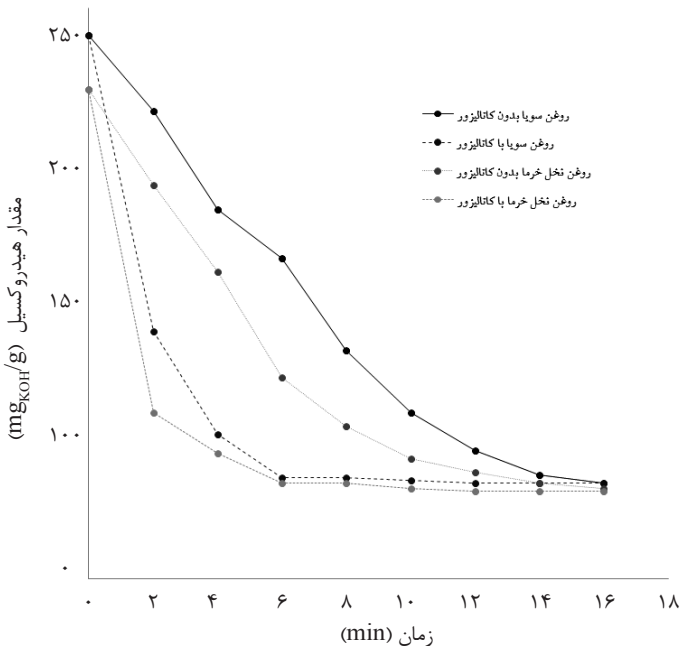


طرح ۱- واکنش بین روغن با متانول برای تولید متیل استر.

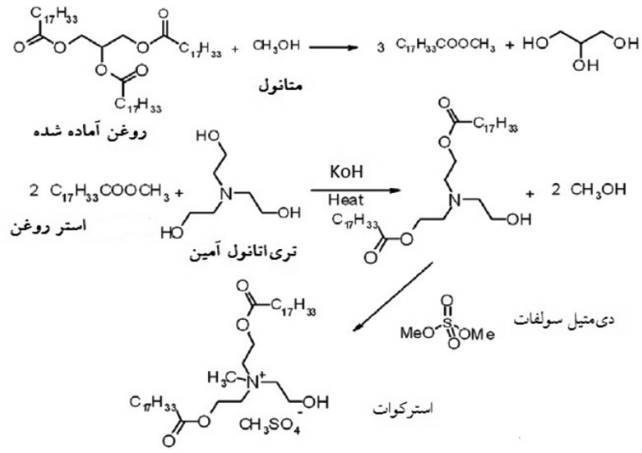


شکل ۱- روند پیشرفت واکنش روغن نخل خرما و تری‌اتانول آمین.

می‌یابد، در حالی‌که در دماهای ۱۴۰ و ۱۶۰°C در مدت حدود ۱۶۰min و در دماهـــای ۱۸۰ و ۲۰۰°C به ترتیب در زمان ۱۵۰ و ۱۴۰min واکنش به پایان می‌رسد. واکنش روغن سویا و تری‌اتانول آمین نیز نتایج مشابهی را همراه داشته اســـت، به‌طوری که دماهای ۱۱۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰°C بـــه ترتیب در زمان‌های ۲۶۰، ۲۰۰، ۱۹۰، ۱۹۰، ۱۸۰ و ۱۵۰min



شـــکل ۲- روند پیشرفت واکنش روغن نخل خرما و روغن سویا با تری‌اتانول آمین با وجود کاتالیزور و بدون آن با استفاده از پرتودهی با امواج ریزموج.



طرح۲- واکنش سنتز استرکوات با استفاده از روغن‌های آماده شده سویا و روغن نخل.

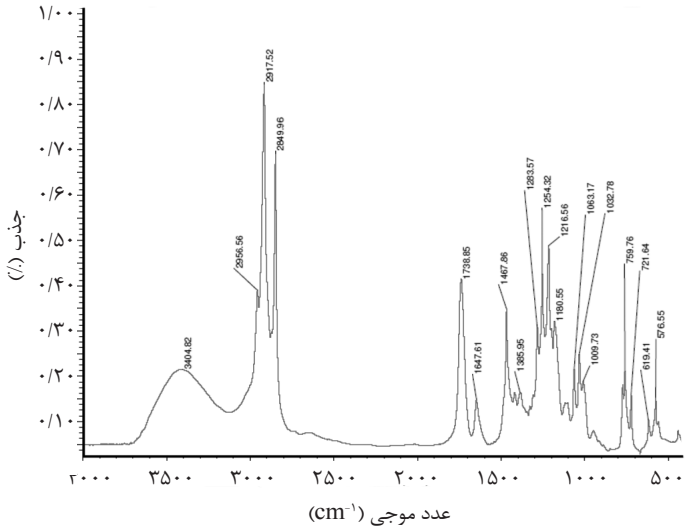
به پایان رسیده است. این افزایش اندک زمان در پایان واکنش هنگام وجود روغن سویا به جای روغن نخل خرما احتمالا به دلیل درصد زیاد لینولئیک با ۱۸ عدد کربن در ترکیبات روغن سویا در برابر درصد زیاد پالمیتیک با ۱۷ عدد کربن در ترکیبات روغن نخل خرماست که باعث ایجاد ممانعت فضایی بیشتر در رسیدن به عوامل استری می‌شود. با توجه به صرف انرژی و هزینه زیاد در راستای فراهم‌کردن شرایط دمایی بیش از ۱۴۰°C می‌توان نتیجه گرفت، بهترین دما برای تهیه مولکول استر آمین از روغن‌های نخل و سویا دمای ۱۲۰°C است. در شکل ۲، روند پیشرفت واکنش‌ها هنگام استفاده از پرتودهی ریزموج نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، به علت قدرت زیاد امواج ریزموج هر دو روغن بدون وجود کاتالیزور و در مجـــاورت گاز نیتروژن در زمان حدود ۱۴ min با تری‌اتانول آمین به‌طور کامل واکنش‌های انجام می‌دهند. پتاسیم هیدروکسید به همراه امواج اثر هم‌افزایی بسیار شدید در راستای پیشرفت واکنش ایجاد می‌کند که سبب اتمام واکنش در زمان ۶ min می‌شود.

کاتیونی‌کردن استر آمین تولیدی

برای تولید استرکوات نهایی، استر آمین تولیدی به وسیله دی‌متیل سولفات به استرکوات تبدیل می‌شود. واکنش آلکیل‌دارکردن واکنشی گرمازاست و استرکوات‌های تولیدی حین تولید به دما حساس‌اند. بنابراین، با افزایش قطره قطره دی‌متیل سولفات و استفاده از حمام آب دمای واکنش کنترل شده و حداکثر روی ۶۵°C تنظیم می‌شود. در نهایت، پس از اتمام واکنش جامد قهوه‌ای رنگ تولید می‌شـــود، البته می‌توان با حل‌کردن استر آمین تولیدی در مقادیر مناسب از ایزوپروپیل الکل و سپس کاتیونی‌کردن آن با دی‌متیل سولفات استرکوات مایع نیز تولید کرد. در طرح ۲ مراحل سنتز استرکوات نشان داده شده است.

جدول ۱- محتوای کاتیونی استرکوات‌های تولید شده از روغن نخل خرما و روغن سویا.

نوع استرکوات تهیه شده	گرمایی	پرتودهی با ریزموج
از روغن نخل خرما	۳۷/۳	۳۹/۴
از روغن سویا	۳۶/۸	۳۹/۴



شکل ۳- طیف زیرقرمز استرکوات سنتز شده.

اندازه‌گیری محتوای کاتیونی

جدول ۱ مقدار محتوای کاتیونی سطح‌فعال‌های سنتز شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشـــاهده می‌شـــود، مقدار محتوای کاتیونی سطح‌فعال‌های سنتز شده به کمک روش پرتودهی با امواج ریزموج بیشتر از روش گرمایی است.

این موضوع نشان دهنده بازده بیشتر این روش نسبت به روش گرمایی است. مقدار بیشتر محتوای کاتیونی استرکوات تهیه شده از روغن نخل خرما را نیز می‌توان با استفاده از ممانعت فضایی کمتر استر آمین این روغن نسبت به روغن سویا برای دستیابی به اتم نیتروژن توجیه کرد.

طیف‌سنجی زیرقرمز (FTIR)

ساختار استرکوات‌های تولید شده با استفاده از طیف زیرقرمز آن‌ها تأیید و بررسی شده که طیف‌های مربوط در شکل ۳ آمده است. ارتعاش کششی OH مربوط به اســـتر آمین و استرکوات به ترتیب در ۳۴۳۶ و ۳۴۱۲ cm^{-1} ظاهر شـــده است. گروه کربونیل استری در اســـتر آمین و استرکوات به ترتیب در ۱۷۳۵ و ۱۷۳۸ cm^{-1} مشاهده می‌شود. C-O در استر آمین در ۱۱۷۸ cm^{-1} و در اســـترکوات در ۱۱۸۰ cm^{-1} ظاهر شده است. پیک‌های

جدول ۲- خواص فیزیکی- شیمیایی سطح‌فعال‌های سنتز شده.

مشخصه	سطح‌فعال حاصل از روغن نخل خرما		سطح‌فعال حاصل از روغن سویا	
	پرتودهی	گرمایی	پرتودهی	گرمایی
CMC حاصل از کشش سطحی (mmol)	۱۰/۷۳	۱۰/۷۷	۹/۸۶	۹/۸۶
CMC حاصل از رسانایی‌سنجی (mmol)	۱۰/۸۹	۱۱/۱۳	۹/۶۵	۹/۸۶
اندازه سطح مقطع (A_2)	۳۰/۶	۳۱/۸	۳۲/۱	۳۲/۴
دمای ذوب سطح‌فعال (°C)	۴۴/۶	۴۴/۶	مایع*	مایع*

* در دمای محیط.

جدول ۳- مقدار قدرت نرم‌کنندگی نرم‌کننده‌های سنتزی به وسیله روغن نخل خرما و نرم‌کننده تجاری روی پارچه‌های متفاوت (۴ بهترین و ۱ بدترین).

روش سنتز	نوع پارچه	رمق‌کشی		پد- بچ	پد-تثبیت‌گرمایی
		g/L ۱ نرم‌کننده	g/L ۲ نرم‌کننده	g/L ۱۵ نرم‌کننده	g/L ۱۵ نرم‌کننده
پرتودهی	٪۱۰۰پنبه	۳	۳	۴	۴
	پنبه-پلی‌استر	۳	۳	۴	۴
	پشم-پلی‌استر	۳	۴	۴	۴
گرمایی	٪۱۰۰ پنبه	۲	۳	۴	۴
	پنبه - پلی‌استر	۲	۳	۴	۴
	پشم- پلی‌استر	۳	۳	۴	۴
نرم‌کننده‌تجاری	٪۱۰۰ پنبه	۲	۳	۴	۴
	پنبه-پلی‌استر	۳	۳	۴	۴
	پشم- پلی‌استر	۳	۳	۴	۴

۲۸۵۰ و $1650 cm^{-1}$ مشاهده شده در استر آمین مربوط به آمین نوع سوم اســت. پیک‌های ۲۸۵۰ و $1647 cm^{-1}$ مشاهده شده در استرکوات مربوط به تری‌اتانول آمین‌های واکنش نداده هستند. در طیف استرکوات سه پیک ۱۰۰۹، ۷۵۹ و $1467 cm^{-1}$ مشاهده می‌شود که این پیک‌ها در طیف استر آمین قابل مشاهده نیست. دو پیک اول مربوط به S=O دی‌متیل سولفات و پیک آخر نشان‌دهنده آمین نوع چهارم است.

خواص فیزیکی و شیمیایی سطح‌فعال‌های سنتز شده

دمای ذوب

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، دمای ذوب استرکوات نهایی وابسته به مواد اولیه تشــکیل‌دهنده آن است، به‌طوری که استرکوات ســنتز شده به وسیله روغن نخل در دمای ذوب روغن نخل خرما ذوب می‌شود و استرکوات تهیه شده از روغن سویا در دمای محیط به حالت مایعی با گرانروی زیاد است.

غلظت بحرانی تشکیل میسل کشش سطحی

مقدار غلظت بحرانی تشکیل میسل (CMC) نرم‌کننده‌های سنتزی که به وسیله اندازه‌گیری کشــش سطحی معین شده است، به همراه اندازه ســطح مقطع سطح‌فعال‌ها در جدول ۲ آمده است. همان‌طور که در این جدول مشــاهده می‌شــود، نکته قابل توجه در این جدول یکسان‌بودن خواص فیزیکی - شیمیایی سطح‌فعال‌ها در هر دو روش سنتز است. این موضوع نشان‌دهنده عدم اثر تخریبی امواج ریزموج بر خواص فیزیکی این سطح‌فعال‌هاست.

رسانایی‌سنجی

در جدول ۲ مقادیر CMC حاصل از روش رسانایی‌ســنجی آمده اســت. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، این مقادیر با مقادیر به‌دست آمده از روش کشش سطحی تقریباً برابر است.

جدول ۴- رطوبت‌پذیری پارچه ٪۱۰۰ پنبه‌ای و پنبه- پلی‌اســتر عمل‌آوری شــده با نرم‌کننده‌های سنتز شده از روغن نخل خرما بر اساس بالارفتن محلول رنگ از پارچه بر حسب سانتی متر.

روش سنتز	نوع پارچه	رمق‌کشی		پد- بچ	پد-تثبیت گرمایی
		g/L ۱ نرم‌کننده	g/L ۲ نرم‌کننده	g/L ۱۵ نرم‌کننده	g/L ۱۵ نرم‌کننده
پرتودهی	٪۱۰۰پنبه	۳/۹	۲/۸	۱/۷	۰/۷
	پنبه-پلی‌استر	۳	۱/۷	۰/۷	۰/۱
گرمایی	٪۱۰۰ پنبه	۲/۸	۱/۹	۱/۱	۰/۳
	پنبه - پلی‌استر	۱/۹	۱	۰/۵	۰
نرم‌کننده‌تجاری	٪۱۰۰ پنبه	۳	۱/۷	۱	۰/۹
	پنبه-پلی‌استر	۲/۱	۱/۲	۰/۶	۰

جدول ۵- رطوبت‌پذیری پارچه ٪۱۰۰ پنبه‌ای و پنبه- پلی‌استر عمل‌آوری شده با نرم‌کننده‌های سنتز شده از روغن سویا بر اساس بالا رفتن محلول رنگ از پارچه بر حسب سانتی متر.

روش سنتز	نوع پارچه	رمق‌کشی		پد- بچ	پد- تثبیت گرمایی
		۱ g/L نرم‌کننده	۲ g/L نرم‌کننده	۱۵ g/L نرم‌کننده	۱۵ g/L نرم‌کننده
پرتودهی	٪۱۰۰ پنبه	۳/۱	۲/۳	۱/۱	۰/۱
	پنبه- پلی‌استر	۲/۳	۱/۳	۰/۶	۰
گرمایی	٪۱۰۰ پنبه	۲/۲	۱	۰/۶	۰
	پنبه - پلی‌استر	۱/۱	۰/۶	۰/۲	۰
نرم‌کننده تجاری	٪۱۰۰ پنبه	۳	۱/۷	۱	۰/۹
	پنبه- پلی‌استر	۲/۱	۱/۲	۰/۶	۰

اندازه‌گیری قدرت نرم‌کنندگی

قدرت نرم‌کنندگی نرم‌کننده‌های سنتزی و تجاری به روش‌های رمق‌کشی و پد روی سه نوع پارچه ٪۱۰۰ پنبه‌ای، پنبه - پلی‌استر و پشم - پلی‌استر توسط ۲۰ فرد نساج و غیرنساج بررسی شده است. نتایج حاصل از بررسی قدرت نرم‌کنندگی نرم‌کننده‌های تهیه شده از روغن نخل خرما روی پارچه‌های متفاوت در جدول ۳ آمده است (تمام پارچه‌های عمل‌آوری نشده با نرم‌کننده‌ها دارای امتیاز ۱ بودند). همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، نرم‌کننده‌های تهیه شده از روغن نخل خرما به دلیل داشتن ساختارهای غیراشباع و وجود ترکیباتی با ۱۷ عدد کربن در ساختار آنها باعث ایجاد نرمی کم در روش رمق‌کشی در غلظت‌های کم شده‌اند. در حالی که تمام نرم‌کننده‌ها عمل‌آوری شده روی تمام پارچه‌ها در روش پد به دلیل حجم مصرفی بیشتر از نرم‌کننده‌ها دارای بیشترین نرمی بوده‌اند و نرمی تقریبا یکسانی با نرم‌کننده تجاری دارند. درباره تفاوت روش سنتز نیز می‌توان مشاهده کرد که در نرم‌کننده‌های تولید شده با تابش امواج ریزموج به علت بیشتر بودن بازده واکنش می‌توان نرمی بیشتری را مشاهده کرد. نرم‌کننده‌های سنتز شده با روغن سویا نیز رفتار مشابهی با نرم‌کننده سنتز شده به وسیله روغن نخل خرما دارند، به‌طوری که با افزایش غلظت این نرم‌کننده مقدار نرمی افزایش می‌یابد و به دلیل بازده بیشتر روش پرتودهی نرم‌کننده‌های ساخته شده به این روش نسبت به روش گرمایی نرمی بیشتری دارند. تنها تفاوت بین این دو نوع نرم‌کننده اثر نرمی بیشتر نرم‌کننده ساخته شده به وسیله روغن سویا نسبت به روغن نخل خرما حتی در غلظت‌های کم است. این موضوع به دلیل داشتن ترکیباتی با زنجیر چرب ۱۸ تایی در ساختار روغن سویا نسبت به وجود پالمیتیک با ۱۷ عدد کربن در روغن نخل خرماست که باعث افت اثر نرم‌کنندگی شده است.

آزمون رطوبت‌پذیری پارچه‌های عمل‌آوری شده به وسیله نرم‌کننده‌های سنتزی

پارچه‌های عمل‌آوری‌شده با نرم‌کننده‌ها به اندازه‌های مشخص و به شکل نواری برش داده شدند و درون محلول رنگ Rhodamine B قرار داده شده‌اند، مقدار بالا رفتن محلول رنگ روی پارچه به عنوان عاملی برای آزمون رطوبت‌پذیری درنظر گرفته شده است. نتایج حاصل از این آزمون برای نرم‌کننده‌های سنتز شده به وسیله روغن نخل خرما و روغن سویا به ترتیب در جدول‌های ۴ و ۵ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، عمل‌آوری پارچه‌ها با نرم‌کننده‌ها باعث کاهش مقدار صعود محلول رنگ به زیر cm ۴ می‌شود که علت آن وجود دو زنجیر چرب بسیار آبگریز در ساختار نرم‌کننده‌هاست که با افزایش غلظت نرم‌کننده مقدار آبگریزی کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج جدول ۴، نرم‌کننده‌های سنتز شده به روش پرتودهی به دلیل ایجاد شارژ الکتریکی بیشتر روی سطح پارچه‌ها قابلیت جذب رطوبت بیشتری دارند که این موضوع به وضوح در نتایج آزمون رطوبت‌پذیری قابل مشاهده است. در پارچه‌های عمل‌آوری شده به روش پد - تثبیت گرمایی بر اثر عمل‌آوری پخت بین گروه هیدروکسیل نرم‌کننده و سلولوز اتصالی ایجاد خواهد شد و این اتصال باعث کاهش رطوبت‌پذیری پارچه‌های عمل‌آوری شده نسبت به پارچه‌های عمل‌آوری شده به وسیله روش پد- بچ با غلظت یکسانی از نرم‌کننده شده است

جدول ۶- رطوبت‌پذیری پارچه پشم - پلی‌استر عمل‌آوری‌شده با نرم‌کننده‌های سنتز شده از روغن نخل خرما بر اساس مقدار زاویه تماس آب با سطح پارچه بر حسب درجه.

روش سنتز	رمق‌کشی		پد- بچ	پد- تثبیت گرمایی
	۱ g/L نرم‌کننده	۲ g/L نرم‌کننده	۱۵ g/L نرم‌کننده	۱۵ g/L نرم‌کننده
پرتودهی	۱۰۰/۵	۱۰۳/۱	۱۱۳/۱	۱۱۳/۷
گرمایی	۱۰۳/۶	۱۰۵/۳	۱۱۲/۷	۱۱۳/۳
نرم‌کننده تجاری	۱۰۶/۱	۱۰۹/۷	۱۱۵/۴	۱۱۵/۷

جدول ۷- مقدار زاویه بازگشت از چروک (CRA) بر حسب درجه برای پارچه‌های ٪۱۰۰ پنبه‌ای و پنبه- پلی‌استر عمل‌آوری شده با نرم‌کننده تهیه شده از روغن نخل خرما.

روش سنتز	نوع پارچه	رمق‌کشی		پد- بچ	پد- تثبیت گرمایی
		g/L ۱ نرم‌کننده	g/L ۲ نرم‌کننده	g/L ۱۵ نرم‌کننده	g/L ۱۵ نرم‌کننده
پرتودهی	٪۱۰۰ پنبه	۵۸	۶۵	۷۱	۱۰۹
	پنبه-پلی‌استر	۸۸	۹۴	۱۰۳	۱۲۷
گرمایی	٪۱۰۰ پنبه	۶۰	۶۲	۷۳	۱۱۰
	پنبه - پلی‌استر	۹۱	۹۴	۱۰۰	۱۳۷
نرم‌کننده تجاری	٪۱۰۰ پنبه	۶۳	۶۶	۷۳	۱۰۷
	پنبه-پلی‌استر	۹۵	۹۹	۱۱۰	۱۱۷

(مقدار بالارفتن رنگ در پارچه ٪۱۰۰ پنبه‌ای برابر ۷ cm و در پارچه پنبه - برابر ۵/۵ cm است). همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، نرم‌کننده‌های تهیه شده از روغن سویا در مقایسه با نرم‌کننده ساخته شده با روغن نخل خرما به دلیل تعداد بیشتر کربن در زنجیرهای چرب ترکیبات موجود در روغن سویا دارای خاصیت رطوبت‌پذیری بیشتری هستند.

به‌دلیل رنگی‌بودن پارچه پشم - پلی‌استر اندازه‌گیری آزمون رطوبت‌پذیری این پارچه به وسیله استاندارد بیان شده همراه با خطا خواهد بود. بنابراین، مقدار رطوبت‌پذیری پارچه پشم - پلی‌استر عمل‌آوری شده با نرم‌کننده‌ها با اندازه‌گیری زاویه تماس آب با سطح پارچه به وسیله دستگاه کشش‌سنج، بررسی شده است. در جدول ۶ نتایج مربوط به نرم‌کننده‌های سنتز شده به وسیله روغن نخل خرما، آمده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، پارچه پشم - پلی‌استر نیز رفتاری مشابه با پارچه‌های پنبه‌ای و پنبه - پلی‌استر نشان می‌دهد، در حالی‌که در روش‌های پد که نرم‌کننده غلظت یکسانی دارد، بر خلاف پارچه‌های بر پایه سلولز تغییر محسوسی بر مقدار رطوبت‌پذیری کالا مشاهده نمی‌شود. در نهایت می‌توان بیان کرد، تمام نرم‌کننده‌ها با نرم‌کننده تجاری روی تمام انواع پارچه خاصیت رطوبت‌پذیری نسبتاً یکسانی دارند. پارچه‌های عمل‌آوری شده به وسیله نرم‌کننده روغن سویا نیز دارای نتایج مشابه با پارچه‌های عمل‌آوری‌شده با نرم‌کننده روغن نخل است و همانند پارچه‌های پنبه‌ای این پارچه‌ها دارای خاصیت رطوبت‌پذیری بیشتری نسبت به پارچه‌های عمل‌آوری‌شده با نرم کننده روغن نخل است.

تعیین مقدار بازگشت‌پذیری از چروک

آزمون اندازه‌گیری مقدار بازگشت از چروک روی پارچه‌های پشم - پلی‌استر که به دلیل دارا بودن پیوندهای بین زنجیرهای پلیمر پشم به چروک‌شدن حساس نیست، انجام نشده است. نتایج حاصل از این آزمون روی پارچه‌های ٪۱۰۰ پنبه‌ای و پنبه - پلی‌استر در جدول ۷ که مربوط به روغن نخل است، آمده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، در تمام نمونه‌ها پارچه‌های عمل‌آوری شده با نرم‌کننده‌ها به دلیل آبگریزشدن مقداری خاصیت بازگشت‌پذیری از چروک را نشان می‌دهد و همان‌طور که ملاحظه می‌شود، نمونه‌های عمل‌آوری شده به وسیله روش پد - تثبیت گرمایی که به علت ایجاد پیوند بین گروه هیدروکسیل ساختار نرم‌کننده و سلولوز دارای بیشترین مقدار رطوبت‌پذیری است، دارای بیشترین مقدار بازگشت‌پذیری نیز است (مقدار بازگشت‌پذیری پارچه عمل‌آوری نشده ٪۱۰۰ پنبه‌ای برابر ۵۱ درجه و مقدار بازگشت‌پذیری پارچه عمل‌آوری نشده برابر ۸۲ درجه است). مقدار بازگشت‌پذیری از چروک نرم‌کننده‌ها بر پایه روغن سویا نیز دارای رفتار مشابه با نرم‌کننده روغن نخل است، ولی در مقایسه با نرم‌کننده بر پایه روغن نخل خرما به دلیل رطوبت‌پذیری بیشتر،

جدول ۸ - شاخص زردشدگی پارچه‌های ٪۱۰۰ پنبه‌ای و پنبه - پلی‌استر عمل‌آوری شده با نرم‌کننده‌های سنتز شده از روغن نخل خرما.

روش سنتز	نوع پارچه	رمق‌کشی		پد- بچ	پد- تثبیت گرمایی
		g/L ۱ نرم‌کننده	g/L ۲ نرم‌کننده	g/L ۱۵ نرم‌کننده	g/L ۱۵ نرم‌کننده
پرتودهی	٪۱۰۰ پنبه	۰/۵۵	۱/۲۸	۱/۶۱	۲/۵۴
	پنبه-پلی‌استر	۰/۵۳	۱/۲۸	۱/۶۸	۲/۵۰
گرمایی	٪۱۰۰ پنبه	۰/۶۲	۱/۲۹	۱/۸۵	۲/۴۱
	پنبه - پلی‌استر	۰/۵۵	۱/۲۷	۱/۸۱	۲/۵۳
نرم‌کننده تجاری	٪۱۰۰ پنبه	۰/۴۶	۱/۳۷	۱/۷۵	۲/۳۲
	پنبه-پلی‌استر	۰/۴۹	۱/۳۸	۱/۷۵	۲/۳۸

زیادتر است. در نهایت ملاحظه می‌شود، در تمام روش‌های عمل‌آوری پارچه به جز روش پد- تثبیت گرمایی پارچه‌های عمل‌آوری شـــده با نرم‌کننده‌های سنتز شـــده دارای خواص ضدچروکی نسبتا یکسانی با نرم‌کننده تجاری اســـت. ولـــی، در روش پد - تثبیت گرمایی ملاحظه می‌شود، این خاصیت برای نرم‌کننده‌های سنتزی بیشتر است.

اندازه‌گیری شاخص زردشدگی نرم‌کننده‌ها

شـــاخص زردشدگی پارچه‌های عمل‌آوری شـــده و عمل‌آوری نشده با نرم‌کننده طبـــق اســـتاندارد ASTM (YI E313 ASTM, D65/10°) پس از گرمادهی اندازه‌گیری شـــده و نتایج مربوط به روغن نخل خرما در جدول ۸ آمده اســـت. همان‌طور که نشـــان داده شـــده است، تمام نرم‌کننـــده بر اثر گرمادهی زردی ایجاد می‌کنند، ولی این مقدار زردی بسیار کم است و با نرم‌کننده تجاری برابر است. مقدار زردی با افزایش مقدار نرم‌کننده افزایـــش می‌یابد. در روش پد - تثبیت گرمایی مقدار زردشـــدگی کالاها به دلیل قرارگرفتن بیشتر در معرض گرما از سایر روش‌ها بیشتر است. شایان ذکر اســـت، پارچه‌های عمل‌آوری شده با نرم‌کننده روغن سویا دارای نتایج مشابه با پارچه‌های عمل‌آوری شده با نرم‌کننده روغن نخل خرماست (شـــاخص زردشدگی پارچه ٪۱۰۰ پنبه‌ای برابر ۰/۱۴ و در پارچه پنبه - پلی‌استر برابر ۰/۱۰ است).

نتیجه‌گیری

استر آمین برای سنتز نرم‌کننده استرکوات با استفاده از روغن نخل خرما و روغن ســـویا به دو روش گرمایی و پرتودهی با امواج ریزموج تولید شد. در روش گرمایی بهترین دما برای تولید اســـتر آمین ۱۲۰°C بوده است. استر آمین‌های تولید شده به روش پرتودهی دارای بازده بیشتر و محتوای کاتیونی بیشتری نسبت به استر آمین‌های تولید شده به روش گرمایی بوده‌اند. مولکول‌های تولید شده به دو روش پرتودهی و گرمایی با توجه به نتایج آزمون‌های غلظت بحرانی تشکیل میسل، اندازه‌گیری دمای ذوب و طیف‌سنجی زیرقرمز ساختار و خواص شیمیایی- فیزیکی یکسانی دارند و روش پرتودهی فاقد اثر مخرب روی ساختار سطح‌فعال‌هاست. با این تفاوت که در روش پرتودهی با اســـتفاده از انرژی کمتر و صرف مواد کمتر استر آمین‌هایی با بازده بیشتر تولید شده است.

در نهایت نتایج حاکی از آن اســـت که نرم‌کننده‌های تولید شده نرمی خوب، رطوبت‌پذیری قابل قبول و مقدار زردشـــدگی کم را در برابر گرما نشـــان می‌دهند. نرم‌کننده‌های تولید شده با روغن سویا خواص نرمی، رطوبت‌پذیری و ضدچروکی بیشتر از نرم‌کننده‌های تولید شده از روغن نخل دارند و در تمام آزمون‌ها خواص نرم‌کننده‌های سنتز شده با خواص نرم‌کننده‌های تجاری برابری می‌کند.

مراجع

1. Zoller U. and Broze G., *Handbook of Detergents (Properties)*, 1 st ed., Part A, Marcel Dekker, New York, 1999.
2. Rust D. and Wildes S., Surfactant a Market Opportunity Study Update, www.soynewuses.org , Visited at 2012/11/12.
3. Grandos J., Surfactants Raw Materials, Constant Evolution and Solid Future, 4th World Surfactant Congress, Barcelona-Spain, 100-121, 1996.
4. Schindler W.D., *Chemical Finishing of Textile*, 1st ed., Woodhead, Cambridge, 2004.
5. Friedli F.E., Koehle H.J., Fender M., Watts M., Keys R., Frank P., Toney C.J., and Doerr M., Upgrading triethanolamine esterquat performance to new levels, *J. Surfact. Deterg.*, 5, 211-216, 2002.
6. Holmberg K., *Surfactant Science Series, Novel Surfactants, Preparation, Applications and Biodegradability,* 2nd ed., Vol 14, Marcel Dekker, New York, USA, 2003.
7. Miao Z., Yang J., Wang L., Liu Y., Zhang, L., Li X., and Peng L., Synthesis of biodegradable Lauric acid ester quaternary ammonium salt cationic surfactant and its utilization as calico Softener, *Mate. Lett.*, 62, 3450-3452, 2008.
8. Tyagi R., Tyagi V.K., and Khanna R.K., Synthesis, characterization and performance of tallow fatty acids and triethanolamine based esterquats, *J. Oleo Sci.*, 55, 337-345, 2006.
9. Hopfl H., Gomez B., and Martinez-palou R., Microwave-assisted synthesis crystal and molecular structure, and dft study of 1-(2-aminoethyl)-2-imidazolidinethione, *J. Mex. Chem. Soc.,* 49, 4, 307-311, 2005.
10. Jia W., Rao X., Song Z., and Shang S., Microwave-assisted synthesis and properties of a novel cationic gemini surfactant with the hydrophenanthrene structure, *J. Surfact. Deterg.*, 12, 261-267, 2009.
11. Bajpai D. and Tyagi V.K., Microwave synthesis of cationic fatty imidazolinesand their characterization, *J. Surfact. Deterg.* 11, 79-87, 2008.
12. Salman M., Athar M., Shafique U., Rehman R., Zaman W.UZ., and Irshad M., Microwave assisted synthesis of esterquat for fabric softening applications, *J. Chem.Soc. Pak.* , 34, 415-418, 2012.
13. نصیری م.، تهرانی بقا ع.ل.، بررســـی خواص و کاربردهای اســـتر کوات‌ها بر پایه اسید چرب پیه و متیل استر پالم استئارین در نساجی، نشریه علوم و فناوری نساجی، سال اول، شماره اول، ۶ - ۱۰، ۱۳۹۰.
14. Shahidi F., *Bailey's Industria, Oil and Fat Products*, 6th ed., John Wiley and Sons, New Jersey, 2004.

Journal of
Textile Science
and Technology
Vol. 3, No. 1, 37-45
Spring 2013
ISSN: 2151-7162

Comparative Study between Microwave Assisted and Thermally Synthesized TEA based Esterquat Softeners Used as Textile Softening Agents

N. Esmaeilian[1], M. Arami[1*], F.M. Mazaheri[1], S.M. Bidoki[2]

1. Department of Textile Engineering, Amirkabir University of Technology, P.O. Box: 15875-4413, Tehran, Iran
2. Department of Textile Engineering, Yazd University, P.O. Box: 89195-741, Yazd, Iran,

Received 28 April 2013; Accepted 13 June 2013

Abstract

Triethanol amine-based esterquats softener using stearin oil palm and soya beans oil were synthesized by two different methods namely, microwave irradiation and conventional thermal methods at different temperatures. FTIR spectra, critical micelle concentration (CMC) and melting point were employed to investigate the chemical and physical properties of the synthesized softeners. Synthesized softeners were applied on three different fabrics such as 100% cotton, cotton-polyester (35%-65%) and wool-polyester (30%-70%) by different methods namely "exhaustion", "pad-bach" and "pad-dry-cure". The softening power, wettability, yellowness, and anti-wrinkling properties of the synthesized softeners were evaluated. It was found that microwave synthesized softener possesses better softening, wettability and anti-wrinkling properties whilst shorter reaction time with higher yield, lower cost of the synthesized product were the other advantages of this method over the conventional thermal method and the results show that the synthesized softeners display good softening, acceptable wettability and yellowness properties. By using the pad-dry-cure method the cellulose-based fabrics have suitable anti-wrinkle property.

Keywords

cationic surfactant,
esterquat,
microwave,
softener,
textile finishing

(*) Address Correspondence to M. Arami, Email: arami@aut.ac.ir