



سنتز و شناسایی پراکنش‌کننده‌های غیر یونی پلی‌اتیلن گلیکول یورتان اکریلات برای پوشش‌های تابش‌پز

منصور عامری اردستانی^۱، فرهود نجفی^{۲*}، بهزاد شیرکوند هداوند^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه رزین و افزودنی‌ها، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۶۷۶۵-۶۵۴

۲- استادیار، گروه رزین و افزودنی‌ها، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۶۷۶۵-۶۵۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۲ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۴/۹/۲۰

چکیده

در این تحقیق، پلی‌اتیلن گلیکول یورتان اکریلات که نوعی پراکنش‌گر خطی غیر یونی تابش‌پز است با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول (PEG)، ایزوفورن دی‌ایزو سیانات (IPDI)، هیدروکسی اتیل متااکریلات (HEMA)، در مجاورت کاتالیزور دی بوتیل تین دی لائورات (DBTDL) و استن به عنوان حلال، سنتز شد. ساختار مولکولی پراکنش‌گر غیر یونی پلی‌اتیلن گلیکول یورتان اکریلات با استفاده از طیف‌سنجی تبدیل فوریه زیرقرمز FT-IR و ¹H-NMR شناسایی شد و وزن مولکولی توسط GPC اندازه‌گیری شد. علاوه بر این پراکنش‌گر سنتز شده در پراکنش TiO₂ به کار برده شد و کیفیت پراکنش و میزان پراکنش ذرات توسط گریندومتر بررسی شد. نتایج نشان داد که به دلیل محافظت بر خوردی پراکنش‌گر غیر یونی، اندازه ذرات سوسپانسیون کاهش قابل توجهی یافته است. همچنین پراکنش‌گرهای با جرم مولکولی و طول زنجیر متوسط عملکرد مناسب‌تری در پایداری ذرات TiO₂ نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: سنتز، پراکنش‌گر پلیمری، پراکنش‌گر غیر یونی، تابش‌پز.

Synthesis and Characterization of Nonionic Polyethylene Glycol Urethane Acrylate as Dispersant for UV-Curable Coatings

M. Ameri Ardestani, F. Najafi*, B. Shirkavand Hadavand

Department of Resin and Additives, Institute for Color Science and Technology, P.O. Box: 16765-654, Tehran, Iran

Received: 07-12-2014

Accepted: 23-06-2015

Available online: 11-12-2015

Abstract

In this research polyethylene glycol urethane acrylate was synthesized as a nonionic linear polymeric dispersant based on polyethylene glycol (PEG), isophorone diisocyanate (IPDI), hydroxyethyl methacrylate (HEMA) in presence of dibutyltin dilaurate (DBTDL) as catalyst and acetone as a solvent. The nonionic polyethylene glycol urethane acrylate dispersant was characterized by Fourier Transform Infrared (FT-IR) and Proton Nuclear Magnetic Resonance (¹H-NMR) and molecular weight was measured by Gel Permeation Chromatography (GPC). Besides, the dispersants were used for dispersing of TiO₂ and dispersion quality and distribution was determined by Grindometer. The results indicated that because of steric protect dispersant, suspension particle size decreased. Also dispersant with the medium molecular weight and chain length, showed a better performance on the stabilization of particles of TiO₂. J. Color Sci. Tech. 9(2015), 217-223©. Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Synthesis, Polymeric dispersant, Nonionic dispersant, UV Curable.

۱- مقدمه

یکی از کلیدی‌ترین و در عین حال مشکل‌ترین قسمت‌های تهیه مخلوط‌های جامد-مایع غلیظ، پراکنش مناسب ذرات است [۱]. کیفیت بالای پوشش‌ها، براقیت مناسب و استحکام رنگ توسط پراکنده شدن خوب رنگدانه‌ها، اندازه بهینه رنگدانه و طول زمان پایداری ذرات پراکنده شده توصیف می‌شود [۲]. در این فرآیند نوع رنگدانه، حلال و عامل پراکنش کننده^۱ استفاده شده، نقش مهم و اساسی را ایفا می‌کنند. بنابراین افزودن پراکنش‌گر مناسب با درصد مشخص بسیار مهم است. یک پراکنش‌گر مناسب باید به تر کردن مناسب تر رنگدانه‌ها کمک کند، باعث شکستن تجمعات رنگدانه و تبدیل آنها به ذرات کوچک‌تر شود و مانع تجمع دوباره ذرات تفکیک شده شود [۳، ۲].

پراکنش‌گرهای پلیمری معمولاً دارای دو بخش حلال دوست و حلال‌گریز هستند که قسمت حلال‌گریز عموماً روی سطح رنگدانه‌ها جذب می‌شوند و قسمت حلال دوست باید به صورت آزادانه در محیط مایع حرکت کند تا با توجه به کوتاه بودن نیروی برهم‌کنش بین ذرات رنگدانه‌ها مانع نزدیک شدن مجدد ذرات به یکدیگر و تشکیل تجمعات شود. وزن مولکولی پراکنش‌گرهای پلیمری باید به اندازه کافی باشد تا بتواند طول بهینه زنجیرهای پلیمری را برای غلبه بر نیروی وان دروالس بین ذرات رنگدانه فراهم کند [۴، ۵].

پلی‌یورتان به دلیل دارا بودن خواص مکانیکی عالی، مقاومت در برابر آتش، سمیت و خطرات زیست محیطی پایین کاربرد گسترده‌ای در انواع پوشش‌ها و چسب‌ها دارد. در مقایسه با رزین پلی‌یورتانی، محصولات پلی‌اکریلاتی عملکرد برجسته‌تری در مقاومت به حلال‌های آلی، آب و شرایط جوی دارند. بنابراین نقش مکملی خوبی در عملکرد پلی‌یورتان و پلی‌اکریلات وجود دارد [۶].

با توجه به استفاده گسترده رنگدانه تیتان در رنگ‌ها، ساخت کاغذ و پلاستیک در بیشتر پژوهش‌های انجام شده پراکنش این نوع رنگدانه توسط پراکنش‌گرهای پلیمری مورد بررسی قرار گرفته است [۷، ۸]. در سال‌های اخیر تاثیر پراکنش‌گرهای پلیمری حاوی گروه‌های عاملی مختلف بر سوسپانسیون رنگدانه دی‌اکسید تیتانیم (TiO₂) مورد بررسی قرار گرفته است. پراکنش‌گرهای استفاده شده پلی‌اکریلیک اسید و پلی‌اکریل آمیدهای اصلاح یافته شامل همو یا کوپلیمرهای اصلاح یافته با گروه‌های هیدروکسیل و یا کربوکسیلیک بودند. میزان جذب پراکنش‌گرها در pHهای مختلف بررسی و مشخص شده است پراکنش‌گرهای غیر یونی در pHهای متفاوت میزان جذب یکسانی روی سطح رنگدانه‌ها دارند [۹]. کاراتپ^۲، میزان جذب پراکنش‌کننده غیر یونی صنعتی Tween-80 روی سطح ذرات لیگنیت را با تغییر دما و pH، مورد بررسی قرار داده است [۱۰].

همچنین پراکنش و تجمع نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیم (TiO₂) با استفاده از پراکنش‌گر پلی‌متاکریلیک اسید توسط سینگ^۳ و همکارانش مورد بررسی قرار گرفت [۱۱].

چان یون^۴ و همکارانش چند نوع پراکنش‌گر پلیمری از مونومرهای آکریلیک مثل متیل متاکریلات، بوتیل متاکریلات، بنزین متاکریلات، اسید متاکریلیک، ۲-هیدروکسی اتیل متاکریلات و استایرن برای استفاده در جوهر سیاه چاپ سنتز کردند [۱۲].

در پژوهشی دیگری تاثیر غلظت پراکنش‌گر بر فرآیند پراکنش و بررسی ارتباط بین پراکنش‌گر ذرات در حالت‌های مرطوب و خشک را مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی از پلی‌اکریلیک اسید و پلی‌اکریل آمید آنیونی به عنوان پراکنش‌گر در سیستم آب پایه استفاده شده است [۷].

رویدس^۵ و همکارانش پراکنش‌گر پلیمری کاتیونی شانه‌ای متشکل از گروه‌های متصل شونده پلی‌تری متیل آمونیم دیدید اتیل متاکریلات (PTMAM) و شاخه‌های بدون بار پلی اتیلن گلیکول (PEG) در پایدارسازی سوسپانسیون‌های آبی سیلیکا در pH و قدرت یونی متفاوت را بررسی کردند [۱۳]. در تحقیقی نوعی پراکنش‌کننده آنیونی شانه‌ای با استفاده از روش پیوندزنی متوکسی پلی اتیلن گلیکول بر روی پلی کربوکسیلیک اسید سنتز و عملکرد آن را روی ذرات TiO₂ بررسی کردند [۱۴].

در پژوهشی جداگانه، نوعی پراکنش‌گر آنیونی شانه‌ای تابش‌پز با استفاده از دی‌متیل پروپیونیک اسید (DMPA)، ایزو فورن دی‌ایزو سیانات (IPDI) و هیدروکسی اتیل متاکریلات (HEMA) سنتز کردند. وجود گروه‌های کربوکسیلیک اسید روی ستن زنجیر پراکنش‌گر علاوه بر ایجاد قابلیت انحلال در آب ساختاری شانه مانند به پراکنش‌گر داده شده است. به منظور خنثی‌سازی گروه‌های کربوکسیلیک اسید از تری اتیل آمین استفاده شده است [۱۵].

گمان می‌رود سنتز موادی که دارای پیوند دوگانه در انتهای ساختار خود و جذب مناسب روی سطح انواع رنگدانه دارند، پراکنش‌گر پلیمری مناسبی برای استفاده در سامانه‌های تابش‌پز باشد. این پراکنش‌گر می‌تواند ذرات را به خوبی پراکنده کند و طی فرآیند پخت با پرتو فرابنفش در زنجیره پلیمری شرکت کند. به نظر می‌رسد پراکنش‌گرهای پلیمری غیر یونی قابلیت استفاده در انواع سیستم‌های آب پایه، حلالی و بدون حلال در pHهای متفاوت را دارا باشند.

در این پژوهش تصمیم بر این است تا پراکنش‌گر غیر یونی پلی‌اتیلن گلیکول یورتان اکریلات قابل پخت به وسیله پرتو فرابنفش را سنتز و عملکرد آن مورد بررسی قرار گیرد.

3- Bimal P. Singh
4- Chun Yoon
5- Summer K. Rhodes

1- Dispersing agent
2- Nilgun Karatepe

۲- بخش تجربی

۱-۲- مواد

مواد به کار رفته برای سنتز پراکنش گر پلی اتیلن گلیکول یورتان اکریلات تابش پز، شامل ایزوفورن دی ایزو سیانات (IPDI)، پلی اتیلن گلیکول (PEG)، دی بوتیل تین دی لائورات (DBTDL)، استن، هیدروکسی اتیل متاکریلات (HEMA) بود که همگی از شرکت مرک آلمان تهیه و بدون هیچ گونه خالص سازی بکار برده شد. قبل از انجام واکنش ها، پلی اتیلن گلیکول به مدت ۴ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد درون آن خلاء قرار داده شد تا کاملا خشک شود و سپس مورد استفاده قرار گرفت.

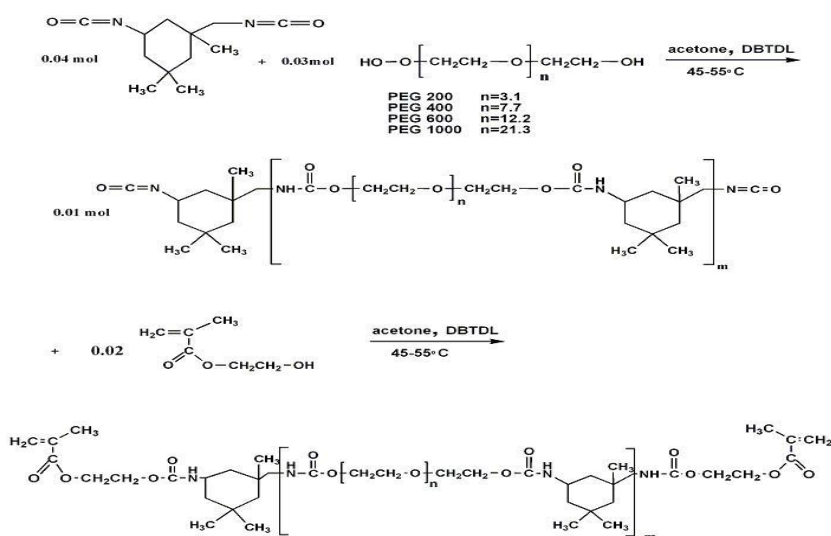
۲-۲- روش کار

در مرحله اول سنتز، ۰,۰۴ مول ایزوفورن دی ایزو سیانات به ۰,۰۳ مول پلی اتیلن گلیکول با جرم مولکولی های ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ گرم بر مول (جدول ۱) که قبلا در ۵۰ میلی لیتر استن

درون بالن ۲۰۰ میلی لیتری حل شده است اضافه شد. سپس محتویات بالن در مجاورت کاتالیزور دی بوتیل تین دی لائورات (۱, ۰ گرم) تحت دمای ۵۵ درجه سانتی گراد برای مدت ۲ ساعت روی هم زن- گرم کن، هم زده شد تا یک پیش پلیمر با گروه های انتهایی NCO- تولید شود. در مرحله بعد ۰,۰۲ مول هیدروکسی اتیل متاکریلات و ۰,۰۵ گرم از کاتالیزور دی بوتیل تین دی لائورات به محلول اضافه شد و در دمای ۵۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت روی هم زن- گرم کن، هم زده شد. به دنبال این افزایش هیدروکسی اتیل متاکریلات با گروه های NCO- انتهای زنجیر، وارد واکنش می شود. واکنش تا مرحله ناپدید شدن پیک جذب گروه NCO- در طیف پیش رفت و پراکنش گر پلی اتیلن گلیکول یورتان اکریلات تابش پز سنتز شد (شکل ۱). سپس محلول شفاف تهیه شده پس از شستشو و خالص سازی در ظرف شیشه ای خشک و در بسته، نگهداری شد. این روش برای پلی اتیلن گلیکول با وزن مولکولی های متفاوت تکرار شد.

جدول ۱: مواد اولیه برحسب نسبت مولی.

پراکنش گرها	IPDI	HEMA	PEG200	PEG400	PEG600	PEG1000	PEG1500	PEG2000
DA200	۰,۱۱۴ mol (۲۵,۴۰ g)	۰,۰۵۷ mol (۷,۴۴g)	۰,۰۸۶ mol (۱۷,۱۶g)					
DA400	۰,۰۸۵ mol (۱۸,۹۱g)	۰,۰۴۳ mol (۵,۵۴g)		۰,۰۶۴ mol (۲۵,۵۵g)				
DA600	۰,۰۶۸ mol (۱۵,۰۶g)	۰,۰۳۴ mol (۴,۴۱g)			۰,۰۵۱ mol (۳۰,۵۳g)			
DA1000	۰,۰۴۸ mol (۱۰,۷۰g)	۰,۰۲۴ mol (۳,۱۳g)				۰,۰۳۶ mol (۳۶,۱۶g)		
DA1500	۰,۰۳۵ mol (۷,۸۶g)	۰,۰۱۸ mol (۲,۳۰g)					۰,۰۲۷ mol (۳۹,۸۴g)	
DA2000	۰,۰۲۸ mol (۶,۲۱g)	۰,۰۱۴ mol (۱,۸۲g)						۰,۰۲۱ mol (۴۱,۹۷g)



شکل ۱: سنتز پراکنش گر پلی اتیلن گلیکول یورتان اکریلات تابش پز.

NCO می‌باشد و حضور آن را تایید می‌کند

با توجه به مشاهده نشدن پیک جذبی قوی در 2250 cm^{-1} در مرحله دوم واکنش که مربوط به گروه -NCO است مشخص می‌شود که IPDI به صورت کامل توسط گروه‌های هیدروکسیل موجود در هیدروکسی اتیل متاکیرات سدود شده است (شکل ۳). در شکل ۳ ارتعاشات کششی C-H در CH_2 غیراشباع HEMA در ناحیه 3063 cm^{-1} ، ارتعاشات کششی C-H گروه‌های آلیفاتیک در 2952 cm^{-1} ، ارتعاشات خمشی C-H مربوط به CH_3 در 1463 cm^{-1} ، ارتعاشات خمشی C-H مربوط به CH_2 در 1463 cm^{-1} مشاهده می‌شود. همچنین ارتعاشات کششی C=O یورتانی شامل یک پیک در ناحیه 1721 cm^{-1} می‌باشد و ارتعاشات کششی C-O، HEMA، به صورت یک پیک جذبی در 1046 cm^{-1} مشخص است. ارتعاشات کششی C-O یورتانی در 1114 cm^{-1} دیده می‌شود و ارتعاشات کششی C-O پلی اتیلن گلیکول در 1146 cm^{-1} وجود دارد و نوار جذبی در 1243 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی C-N یورتانی است [۱۶].

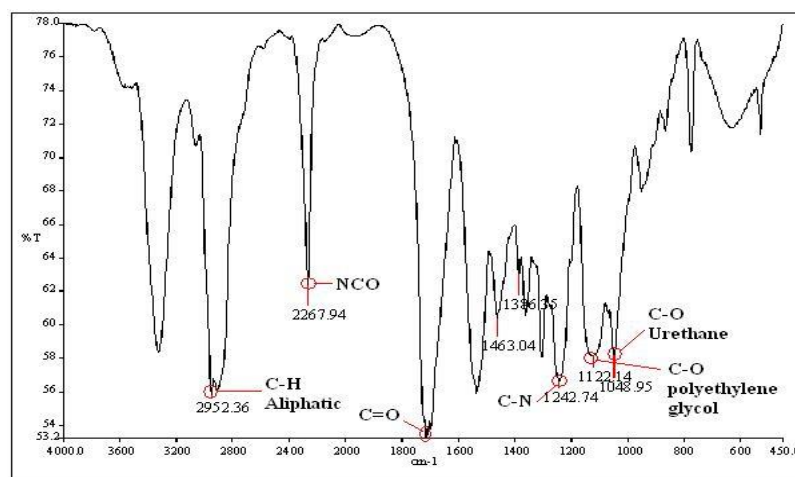
۳-۲- شناسایی و روش‌ها

شناسایی محصولات توسط طیف‌سنجی‌های FT-IR و H-NMR به ترتیب با دستگاه بروکر ۴۰۰ مگاهرتز و پیکین المر صورت گرفت. وزن مولکولی محصولات نهایی توسط آزمون GPC اندازه‌گیری شد. قرص KBr نمونه‌ها، تهیه و طیف‌سنجی FT-IR آنها به دست آمد. برای آماده‌سازی نمونه به منظور آزمون H-NMR، نمونه در کلروفرم دوتره حل شد. در پایان نیز پراکنش ذرات توسط گریندومتر که یکی از ساده‌ترین و سریع‌ترین روش‌ها برای تعیین اندازه بزرگ‌ترین تجمع‌هاست اندازه‌گیری شد.

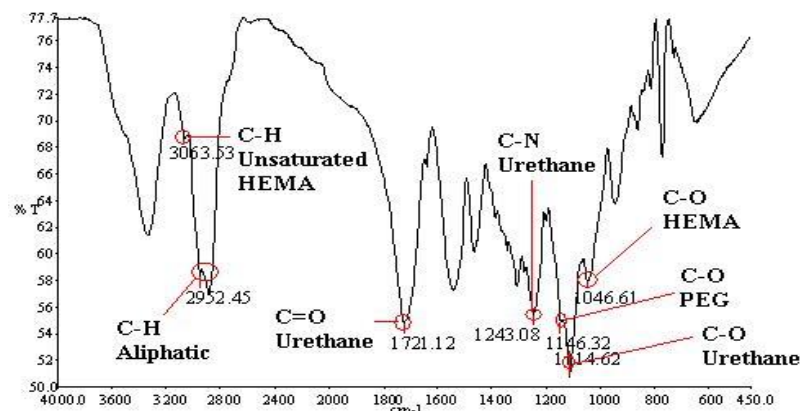
۳- نتایج و بحث

۳-۱- طیف FTIR پراکنش‌گر غیریونی پلی‌اتیلن گلیکول یورتان اکریلات

شکل ۲ طیف مربوط به مرحله اول واکنش را نشان می‌دهد که پیک جذبی قوی در 2250 cm^{-1} مشاهده می‌شود که مربوط به گروه‌های



شکل ۲: طیف FTIR مرحله اول سنتز (DA200).



شکل ۳: طیف FTIR مرحله نهایی سنتز پراکنش‌گر (DA200).

به دست آمده از سنتز، به مدت ۴ ساعت در گرم‌خانه خلاء در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. نتایج به دست آمده در جدول ۲ آورده شده است. اثر پراکنش TiO_2 در رزین یورتان اکریلات رقیق‌شده با تری‌متیلول پروپان تری‌اکریلات بررسی شد. رزین یورتان اکریلات مطابق روش ذکر شده در کارهای گذشته تهیه شد [۱۷].

به منظور استفاده از درصد بهینه پراکنش‌گر، پخش شدن رنگدانه برای تمام پراکنش‌گرهای سنتز شده در درصدهای متفاوت پراکنش‌گر در زمان ثابت ۱۰ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که بهترین نتیجه مربوط به میزان افزودن ۳ درصد از پراکنش‌گر می‌باشد (جدول ۳). بنابراین برای بررسی پراکنش رنگدانه در زمان‌های متفاوت از میزان ثابت ۳٪ برای تمام پراکنش‌گرها استفاده شد.

۲-۲- طیف H-NMR پراکنش‌گر غیر یونی پلی‌اتیلن گلیکول یورتان اکریلات

شکل ۴ طیف ^1H-NMR پراکنش‌گر غیر یونی پلی‌اتیلن گلیکول یورتان اکریلات حل شده در $CDCl_3$ را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص شده است، طیف ^1H-NMR ساختار ماده سنتز شده را مطابق شکل ۴ را تایید می‌کند.

۳-۳- بررسی خواص پراکنش‌گر غیر یونی پلی‌اتیلن گلیکول یورتان اکریلات به وسیله گریندومتر

۳-۳-۱- بررسی اثرات پراکنش‌گر بر میزان پخش شدن رنگدانه TiO_2

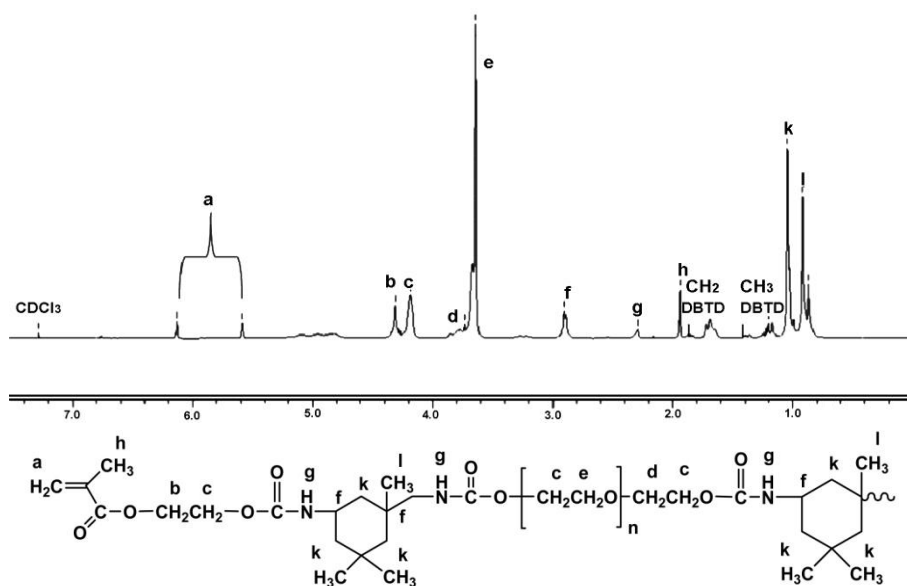
در ابتدا به منظور استفاده از درصد ثابت پراکنش‌گرها، درصد جامد محلول بدست آمده از سنتز محاسبه شد. برای این منظور محلول‌های

جدول ۲: درصد جامد پراکنش‌گرهای سنتز شده.

پراکنش‌گر	DA2000	DA1500	DA100	DA600	DA400	DA200
درصد جامد	۴۵	۴۴.۴۵	۴۴.۵۵	۴۴.۵۴	۴۳.۶۹	۴۶

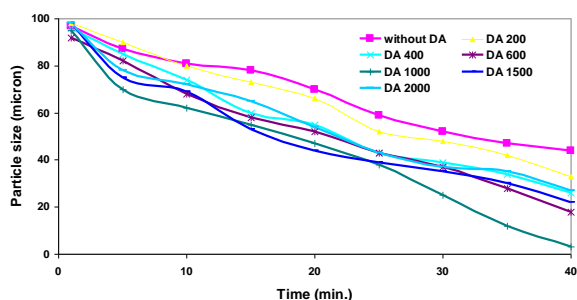
جدول ۳: میانگین اعداد خوانده شده از گریندومتر برای هم‌زن با دور ۴۰۰ rpm در مدت زمان ۱۰ دقیقه.

DA2000 (μm)	DA1500 (μm)	DA1000 (μm)	DA600 (μm)	DA400 (μm)	DA200 (μm)	درصد استفاده شده از پراکنش‌گر
۸۵	۸۵	۸۵	۸۵	۸۵	۸۵	فاقد پراکنش‌گر
۷۵	۶۴	۷۶	۶۵	۸۶	۵۷	٪۱
۵۰	۵۷	۶۰	۵۶	۷۸	۶۵	٪۳
۵۱	۴۵	۵۶	۶۳	۷۲	۸۷	٪۵



شکل ۴: طیف ^1H-NMR پراکنش‌گر سنتز شده (DA2000).

تمایل به تا خوردن دارند و با خودشان ایجاد گره خوردگی می کنند و به این ترتیب عملکرد آنها کاهش پیدا کرده و پراکنش رنگدانه ها بخوبی انجام نمی شود. افزایش و یا کاهش طول زنجیر همچنین می توان بر میزان کشش سطح تاثیرگذار باشد که در طول زنجیرهای متوسط به میزان متعادل می باشد.



شکل ۵: کاهش اندازه ذرات TiO_2 با زمان.

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش پراکنش گر غیر یونی پلی اتیلن گلیکول یورتان آکریلات تابش پز را با موفقیت سنتز شد. ساختار مولکولی پراکنش گر سنتز شده توسط طیف سنجی های FT-IR و ^1H-NMR مشخص شد. بر طبق نتایج بدست آمده، افزودن پراکنش گر سنتز شده به مخلوط باعث کاهش زمان پراکنش ذرات می شود و در پایدارسازی سوسپانسیون نقش به سزایی دارد. از طرف دیگر، به دلیل وجود گروه های آکریلاتی در انتهای زنجیرهای پراکنش گر قابلیت پخت توسط پرتو فرابنفش وجود دارد. پراکنش گرهای با وزن مولکولی پایین به دلیل کوتاه بودن زنجیرهای پلیمری نمی توانند مانع مستحکم و با کارایی در مقابل متراکم شدن ذرات ایجاد کنند. بنابراین $DA200$ و $DA400$ عملکرد خوبی از خود نشان نمی دهند. همچنین پراکنش گرهای با وزن مولکولی خیلی زیاد هم ($DA2000$) به دلیل گره خوردگی زنجیرهای پراکنش گر با یکدیگر نمی توانند عملکرد خوبی در پایدارسازی ذرات داشته باشند. بنابراین پراکنش گرهای $DA1000$ و $DA600$ توانایی خوبی در پایدارسازی ذرات TiO_2 دارند.

- 1- Steric
- 2- Media

با توجه به اینکه پراکنش گر سنتز شده غیر یونی است سازوکار پایدارسازی آن برخوردی^۱ می باشد. یکی از نیازهای اساسی این گونه پایدارکننده ها این است که زنجیرهای پلیمری کاملاً در محیط واسط^۲ حل شده باشند. دلیل این امر این است که برای پایدارسازی سیستم، زنجیرهای پلیمری باید بتوانند آزادانه در این محیط امتداد پیدا کنند.

وزن مولکولی پراکنش گرهای پلیمری باید به اندازه باشد تا بتواند طول بهینه زنجیرهای پلیمری را برای غلبه بر نیروی وان دروالس بین ذرات رنگدانه فراهم کند. اگر زنجیرهای پلیمری کوتاه باشند، نمی توانند یک مانع ضخیم و با کارایی در برابر متراکم شدن، ایجاد کنند. اگر متوسط وزن مولکولی خیلی کم باشد نمونه پخش شده ناپایدار است و به افزایش گرانبوی و از بین رفتن خواص رنگ می انجامد. زمانی که زنجیرها خیلی طولانی هستند تمایل دارند تا بخورند و با خودشان گره خوردگی ایجاد کنند، به این ترتیب وزن مولکولی خیلی زیاد هم باعث کاهش عملکرد آنها می شود.

با توجه به مطالب ذکر شده، از نتایج به دست آمده GPC (جدول ۴) و گریندومتر می توان نتیجه گیری کرد که با توجه به این که نمونه سنتز شده با PEG200 دارای زنجیرهای کوتاهی می باشد. بنابراین $DA200$ نمی تواند به خوبی رنگدانه ها را پراکنده کند. با افزایش وزن مولکولی PEG عملکرد پراکنش گرهای سنتز شده در پراکنده سازی رنگدانه ها بهبود پیدا می کند.

جدول ۴: وزن مولکولی پراکنش گرها.

پراکنش گرها	وزن مولکولی (gr/mol)
DA200	6210
DA400	9790
DA600	9964
DA1000	10745
DA1500	11418
DA2000	11905

همان طور که در شکل ۵ هم دیده می شود $DA1000$ بیشترین توانایی را در پراکنده سازی رنگدانه ها دارا می باشد. $DA2000$ به دلیل وزن مولکولی خیلی زیاد و داشتن زنجیرهای PEG خیلی طولانی

۵- مراجع

1. D. Fu, Sh. Wu, X. He, J. Ni, Preparation and property analysis of polyacrylate dispersant for calcium carbonate. *Colloids Surf. A.* 326(2008), 122-128.
2. P. Saindane, R. N. Jagtap, RAFT copolymerization of amphiphilic poly (ethyl acrylate-b-acrylic acid) as wetting and dispersing agents for water borne coating. *Prog. Org. Coat.* 79(2015), 106-114.
3. B. P. Singh, S. Bhattacharjee, L. Besra, Influence of surface charge on maximizing solids loading in colloidal processing of alumina. *Mater. Lett.* 56(2002), 475-480.
4. W. J. Tseng, C. N. Chen, Effect of polymeric dispersant on rheological behavior of nickel-terpineol suspensions. *Mater.*

- Sci. Eng.* 347(2003), 145-153.
5. N. Nakai, A. Hiwara, T. Fujitani, Adsorption behavior dispersing agents to pigment surfaces. *Stud. Surf. Sci. Catal.* 132(2001), 311-314.
 6. H. Xu, F. Qiu, Y. Wang, W. Wu, D. Yang, Q. Guo. UV-curable waterborne polyurethane-acrylate: Preparation, characterization and properties. *Prog. Org. Coat.* 73(2012), 47-53.
 7. S. Farrokhpay, A review of polymeric dispersant stabilisation of titania pigment. *Adv. Colloid Int. Sci.* 151(2009), 24-32.
 8. S. Farrokhpay, G. E. Morris, D. Fornasiero, P. Self. Stabilisation of titania pigment particles with anionic polymeric dispersants. *Powder Technol.* 202(2010), 143-150.
 9. S. Farrokhpay. TiO₂ pigment suspension behaviour upon adsorption of polymeric dispersant. *Prog. Color Colorants Coat.* 3(2010), 66-72.
 10. N. Karatepe, Adsorption of a non-ionic dispersant on lignite particle surfaces. *Energy Convers. Manage.* 44(2003) 1275-1284.
 11. B. P. Singh, S. Nayak, S. Samal, S. Bhattacharjee, L. Besra. The role of poly(methacrylic acid) conformation on dispersion behavior of nano TiO₂ powder. *Appl. Surf. Sci.* 258(2012), 3524- 3531.
 12. C. Yoona, J. H. Choib, Syntheses of polymeric dispersants for pigmented ink-jet inks, Society of Dyers and Colourists. *Color. Technol.* 124(2008), 355-363.
 13. S. K. Rhodes, R. H. Lambeth, J. Gonzales, J. S. Moore, J. A. Lewis, Cationic comb polymer superdispersants for colloidal silica suspensions. *Langmuir.* 25(2009), 6787-6792.
 14. F. Najafi, Z. Ranjbar, B. Shirkavand Hadavand, Sh. Montazeri, Synthesis and characterization of comb polycarboxylic acid dispersants for coatings. *J. Appl. Polym. Sci.* 126(2012), 877-881.
 15. F. Mehrali, F. Najafi, B. Shirkavand Hadavand, Synthesis and characterization of UV-curable carboxylated urethane acrylate as an anionic polymeric dispersant and dispersion study of SiO₂ and TiO₂. *J. Color. Sci. Tech.* 8(2014), 213-220.
 16. D. L. Pavia, G. M. Lampman, G. S. Kriz, J. A. Vyvyan, Introduction to Spectroscopy, Cengage Learning, 1996.
 17. H. Farzad, F. Najafi, M. Bengisu, E. Yilmaz, .B. Shirkavand Hadavand, Synthesis and characterization of aliphatic trifunctional oligomeric urethane methacrylate used for UV-curable aluminum pigmented coatings. *J. Macromol. Sci. A.* 50(2013), 504-512.