

## مقایسه اثر رنگدانه های طبیعی با رنگدانه صنعتی N719

عاقلی فر<sup>۱</sup>، مهنوش<sup>۱</sup>؛ کیمیاگر، سلیمه<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران

<sup>۲</sup> آزمایشگاه تحقیقاتی نانو، گروه فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران

### چکیده

در این پژوهش سلول خورشیدی با کاتد پلاتین و آنود  $TiO_2$  و الکترولیت یدید ساخته شد. در این سلول ها از سه رنگدانه N719، کورکومین و بتانین استفاده شد. نتایج طیف جذب نور مرئی - فرابنفش (UV-VIS) نشان داد که در ناحیه طول موج های مرئی جذب افزایش یافته که در سلول خورشیدی مهم است. محاسبه بازده سلول با استفاده از منحنی I-V، مقدار ۰/۹ برای کورکومین-بتانین و ۱/۴۲ برای N719 نتیجه داد. بنابراین رنگدانه کورکومین-بتانین می تواند جایگزین مناسبی برای N719 باشد که با توجه به فراوانی و ارزانی آن اقتصادی است.

## Comparing the effect of organic and industrial N719 dye

Aghelifar, Mehrnosh<sup>1</sup>; Kimiagar, Salimeh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

<sup>2</sup> Nano Research Lab (NRL), Department of Physics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

### Abstract

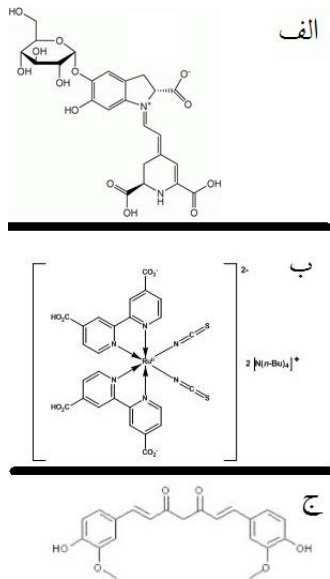
In this research, solar cell with platinum cathode,  $TiO_2$  anode and iodide electrolyte was fabricated. In these cells three dye : N719, Curcumin and Betanin have been used. UV-VIS absorbed spectrum displayed absorption increasing at visible wavelength range which is important for solar cells. Consequently by calculating the cells yield using I-V curves, the values: 0.9 for Curcumin-Betanin and 1.42 for N719 dye resulted. Therefore the abundant and low cost Curcumin-Betanin pigment can be used as a suitable substitute for N719 dye.

PACS No.

سلول های خورشیدی رنگدانه ای<sup>۱</sup> (DSSC) یکی از مهم ترین سلول های نسل جدید هستند که از بسیاری جهات عملکردی متفاوت با دیگر سلول های خورشیدی دارند. رنگدانه با تزریق الکترون به  $TiO_2$  باعث افزایش راندمان سلول می شود. تا کنون، از رنگدانه مصنوعی غیر آلی N719 با ساختار (Ruthenium (II) complex with carboxylated polypyridyl Ligands)

### مقدمه

نسل جدید سلول های خورشیدی که بر مبنای نانوساختارها طراحی و ساخته می شود، با هدف افزایش بازده سلول ها پایه گذاری شده اند. با این که در حال حاضر این سلول ها در بعضی از موارد بازده پایی از خود نشان می دهند، اما این قابلیت را دارند که در آینده به شرایط مورد انتظار دست یابند و بتوانند جایگزین نمونه های فعلی شوند [۱].



شکل ۲: الف) رنگدانه بتانین، ب) رنگدانه N719 (ج) رنگدانه کورکومین

به عنوان جاذب نور در DSSC استفاده شده است. بیشترین بازدهی که از این رنگدانه به دست آمده حدود ۸ درصد است [۲]. اما با توجه به سنتز گران قیمت و سخت این رنگدانه، بهتر است رنگدانه طبیعی جایگزین آن پیدا شود.

در این پژوهش از رنگدانه طبیعی میوه کاکتوس و زردچوبه (شکل ۱) استفاده شده و با رنگدانه N719 مقایسه شده است.



شکل ۱: میوه کاکتوس و زردچوبه

### روش تجربی

#### ساخت آند

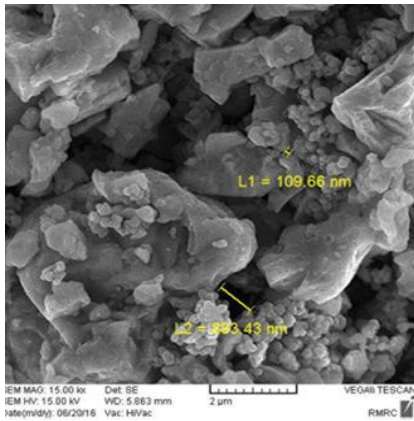
برای لایه نشانی ابتدا از  $TiCl_4$  خالص که ماده ای شفاف است، با غلظت ۲ مولار استفاده کردیم. ماده بسیار فرار است و گاز سمی تولید می کند. ۱ میلی لیتر  $TiCl_4$  داخل حمام یخ به آرامی به ۳۰ میلی لیتر اتانول اضافه شده و به طور پیوسته هم زده شد. سپس این محلول با غلظت ۰/۴ مولار تهیه شد و زیر لایه FTO در آن به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. در اثر حرارت واکنش داده و به  $TiO_2$  و  $Cl_2$  تبدیل می شود. به روش غوطه وری یک لایه ۲۰ نانومتری غیر متخلخل روی شیشه رسانای FTO لایه نشانی شد.

سپس از پودر نانو ذرات  $TiO_2$  (Merck ؛ کد: ۲۳۶-۲۷۵-۵) خمیری تهیه شد که قابلیت لایه نشانی متخلخل بر روی سطح را ایجاد می کند. برای تهیه خمیر ابتدا ۳ گرم  $TiO_2$ ، ۳ گرم پلی اتیلن گلیکول (۶۰۰)، ۲۰ گرم دی اکسید زیرکونیوم و ۰/۱ گرم گرافن در ۱۰ میلی لیتر اتانول در یک ظرف مخلوط شدند. این مواد به مدت ۳ ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد در ظرف در بسته بر روی شیکر همزده شد. پس از آن ۲۰ دقیقه داخل کوره

سه نوع از این میوه خوراکی با نام‌های: سان پدرو<sup>۲</sup>، هودیآ<sup>۳</sup> و اوپنتیا<sup>۴</sup> شناسایی شده است. این میوه در مناطق کویری به راحتی یافت می‌شود که حاوی رنگدانه بتانین<sup>۵</sup> است. رنگدانه صنعتی N719 بر پایه روتانیوم<sup>۶</sup> است. در ادامه برای جذب طول موج‌های بیشتر به رنگدانه بتانین، رنگدانه کورکومین<sup>۷</sup> موجود در زردچوبه اضافه شد. ساختار مولکولی هر سه رنگدانه را در شکل ۲ نشان داده شده است.

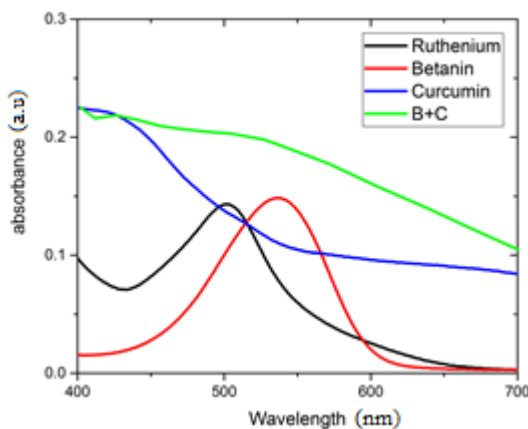
- <sup>۲</sup> Sanpedro
- <sup>۳</sup> Hoodia
- <sup>۴</sup> Opuntia
- <sup>۵</sup> Betanin
- <sup>۶</sup> Ruthenium
- <sup>۷</sup> Curcumin

می‌شوند[۴]. از آنجا که نمونه در دمای بالا قرار داده شده و پلیمر تبخیر شده است حفره هایی در سطح به جا مانده است که با قطر حدود ۸۹۳ نانومتر مشاهده می‌شود. این حفره ها فضای مناسبی برای نفوذ نقاط رنگدانه ایجاد می‌کند.



شکل ۳: تصویر SEM از خمیر TiO<sub>2</sub>

در شکل ۴ طیف جذب رنگدانه‌ها نشان داده شده است. واضح است که رنگدانه کورکومین در بازه طول موج های مرئی جذب دارد که با افزودن رنگدانه بتانین این جذب افزایش می‌یابد. این بازه از طول موج ها برای ساخت سلول خورشیدی مناسب هستند. نتایج محاسبات در (جدول ۱) مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد رنگدانه N719 در مقایسه با دیگر رنگدانه‌ها بیشترین گاف انرژی را دارد. از آنجا که گاف انرژی با اندازه ذرات رابطه عکس دارد پس اندازه دانه آن کوچکتر است[۵].



شکل ۴: نمودار UV رنگدانه ها.

در دمای ۶۰ درجه حرارت داده شد. سپس خمیر به روش دکتر بیلد لایه نشانی شد. لایه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه خشک شد. به منظور حذف پلیمر در ساختار خمیر TiO<sub>2</sub>، لایه به آرامی به دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد رسیده و حدود ۳۰ دقیقه در این دما باقی ماند.

### ساخت کاتد

لایه ها پس از سوراخکاری و شستشو تا دمای ۵۰۰ درجه به مدت ۱۵ دقیقه به منظور تمیز کردن، حرارت داده شد. سپس از محلول H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub> با غلظت ۰/۵ مولار، یک قطره بر روی شیشه FTO ریختیم به طوری که کل سطح به محلول آغشته شود. در آخر لایه در کوره در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه جهت تثبیت پلاتین حرارت داده شد.

### تهیه رنگدانه

رنگدانه صنعتی با نام تجاری N719 که حلال آن استونیتریل/ترت بوتانول می‌باشد، در حال حاضر بالاترین جاذب نور برای سلول‌های رنگدانه‌ای است. برای استفاده در سلول خورشیدی، رنگدانه با غلظت ۰/۳ میلی مولار تهیه شد. رنگدانه دوم میوه کاکتوس بود. ۳۰ گرم میوه کاکتوس را به خوبی شسته و در بشری حاوی ۲۰ میلی لیتر آب مقطر ۴۵ دقیقه حرارت دادیم. پس از آن محلول را از صافی رد کردیم. همین فرایند برای رنگدانه کورکومین- بتانین نیز انجام شد. آندها در رنگدانه ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت. با استفاده از کاتد و آند ساخته شده، الکترولیت یدید و سه رنگدانه مذکور، چهار سلول خورشیدی ساخته شد. پس از تهیه سلول، آنالیزهای طیف جذب UV-Vis (مدل lambda 750 ساخت شرکت perkin- elmer) و I-V (مدل PROVA200A) انجام شد.

### بحث

شکل ۳ تصویر SEM – (VEGA\\TESCAN-XMU) از لایه خمیر دی اکسید تیتانیوم پخت شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد را نشان می‌دهد. در شکل ذرات ریز کروی ZrO<sub>2</sub> روی صفحات اکسید گرافن در بستردی اکسید تیتانیوم مشاهده

جدول ۱: گاف انرژی رنگدانه‌ها بر روی بستر خمیر  $TiO_2$

گاف انرژی eV	محدوده جذب (nm)	پیک جذب (nm)	نوع رنگدانه	ماده جاذب نور
۲٫۵۹	۵۵۰-۴۰۰	۴۹۰	Ruthenium	N719
۲٫۲۶	۶۰۰-۴۰۰	۵۵۰	betanin	کاکتوس
۲٫۲۶	۷۰۰-۴۰۰	۴۳۰	Curcumin	زرد چوبه
۲٫۳۷	۷۰۰-۴۰۰	۵۴۰	+Betanin Curcumin	کاکتوس + زردچوبه

جدول ۲: محاسبات سلول‌های ساخته شده.

DYE	$I_{sc}(mA)$	$V_{oc}(v)$	$I_{Max}(mA)$	$V_{Max}(v)$	FF	Efficiency (%)
Betanin+ Curcumin	۰٫۵۸	۰٫۹	۰٫۳۹	۰٫۶۴	۰٫۴۷	۰٫۹۰
Ruthenium (N719)	۰٫۶۵	۱٫۰۸	۰٫۴۹	۰٫۸۰	۰٫۵۵	۱٫۴۲
betanin	۰٫۳۳	۰٫۶۰	۰٫۲۰	۰٫۴۰	۰٫۴۰	۰٫۲۹
Curcumin	۰٫۵۳	۰٫۶۲	۰٫۳۷	۰٫۴۳	۰٫۴۸	۰٫۵۷

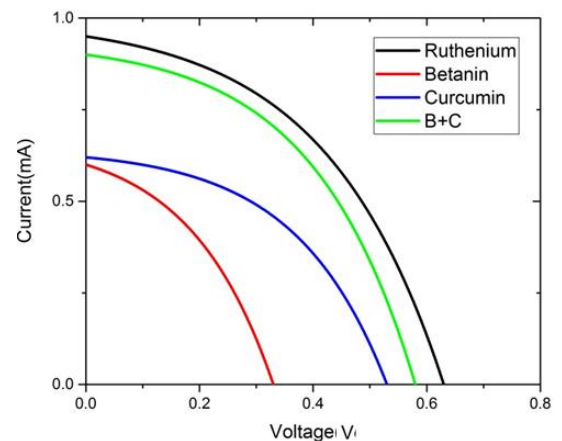
### نتیجه گیری

در این تحقیق اثر رنگدانه های N719، کورکومین و بتانین در سلول خورشیدی بررسی شد. آند و کاتد ساخته شد و با خمیر  $TiO_2$  سنتز شده سلول خورشیدی ساخته شد. طیف جذب رنگدانه کورکومین - بتانین جذب خوبی در ناحیه مرئی نشان داد. همچنین بازده سلول مربوط به این رنگدانه (۰/۹) بسیار نزدیک به N719 (۱/۴۲) بود. بنابراین می تواند به عنوان جایگزینی برای N719 استفاده شود که با توجه به قیمت کم، تهیه آسان و فراوانی آن بسیار مقرون به صرفه است. همچنین به عنوان یک ماده طبیعی اثرات جانبی مواد شیمیایی را ندارد.

### مرجع ها

- [۱] Hee-Je Kim, Dong- Jo Kim, S.N. Karthick,, K.V. Hemalatha, C. Justin Raj, Sunseong ok, Youngson choe, "Curcumin Dye Extracted from Curcuma longa L. Used as Sensitizers for Efficient Dye-Sensitized Solar Cells", Journal of Electrochem , (2013).
- [۲] Ananth S, Vivek P, Murugakoothan P. , "Natural dye extract of lawsonia inermis seed as photo sensitizer for titanium dioxide based dye sensitized solar cells. ", Journal of Molecular and Biomolecular Spectroscopy 2014.
- [۳] Bhanushali AU, Parsola AA, Yadav S, Nalini RP, "Spinach and Beetrot Extracts as Sensitizers for ZnO Based DSSC " ,International Journal of Engineering Sciences & Management Research 2015.
- [۴] S. Wybraniec, "Chromatographic investigation on acyl migration in betacyanins and their decarboxylated derivatives", Journal of Chromatogr. B 861 (2008) 40.
- [۵] H. Arakawa, "Recent Advances in Research and Development for Dye-Sensitized Solar Cell", CMC of Japan, 2001.

بنابراین ذرات رنگدانه N719 در سطح متخلخل خمیر  $TiO_2$  بیشتر نفوذ می کنند. همین امر باعث افزایش بازدهی سلول شده است (شکل ۵). رنگدانه بتانین و کورکومین به تنهایی بازدهی قابل توجهی ندارد اما با اضافه نمودن رنگدانه کورکومین به بتانین نمودار ولتاژ بر حسب جریان سلول خورشیدی مربوط به آن، بسیار به رنگدانه N719 نزدیک می شود. همچنین بازده آن قابل ملاحظه است که نتیجه بسیار خوبی است.



شکل ۵: نمودار I-V

در (جدول ۲) محاسبات شکل ۵ و بازدهی سلول‌های ساخته شده، نوشته شده است. بر اساس محاسبات بازده رنگدانه کورکومین-بتانین مقدار ۰/۹ به دست آمد که در مقایسه با رنگدانه N719 که ۱/۴۲ است، نتیجه خوبی است.