بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و سیزدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله : ۱-۲۳۸۲-۱۰-A

کاربرد مواد فسفرسانس برای بررسی حضور اکسیژن درون بسته‌بندی‌ها

سیده فاطمه یاری قره ناز،اسماعیل حیدری

آزمایشگاه سنسورهای نانوفوتونیکی و اپتوفلویدیک، دانشکده فیزیک دانشگاه خوارزمی

e.heydari@khu.ac.ir, fatemeyari.716@yahoo.com

اکسیژن برای حیات اکثر موجودات ضروری است اما می‌تواند تاثیرات مخربی روی مواد غذایی داشته باشد.در این مقاله، هدف بررسی پتانسیل کاربرد مواد فسفرسانس برای اندازه‌گیری اکسیژن در بسته‌بندی مواد غذایی است. بدین منظور، فیلمی نازک از اکتااتیل پورفیرین پلاتین به عنوان ماده‌ی فسفرسانس در ماتریس پلی استایرن به شکل قرص تهیه می‌شود. با توجه به طیف جذبی ماده، از باریکه‌ی لیزر آبی با طول موج ۴۱۰ نانومتر برای برانگیخته کردن استفاده می‌گردد. در مقایسه بین حضور اکسیژن در محیط، با حالتی که اکسیژن حضور نداشته باشد تفاوت قابل ملاحظه‌ای در شدت فسفرسانس قابل مشاهده است.

اکتااتیل پورفیرین پلاتین، اکسیژن،بسته‌بندی موادغذایی، فسفرسانس

Application of Phosphorescence Materials for Investigation of Oxygen Presence in Packages

S.FatemehYariGharahnaz, EsmaeilHeydari

Nanophotonic Sensors and Optofluidics Lab, Faculty of Physics, Kharazmi University

e.heydari@khu.ac.ir, fatemeyari.716@yahoo.com

Oxygen is essential for living creatures however it could be detrimental to food. Here, we investigate the application of phosphorescence material to study the oxygen presence in food packages. Therefore, a disk-shape film of platinum complex as phosphorescence materials in polystyrene matrix is prepared. 410nm laser beam is used for excitation due to its absorption spectrum. There is considerable change in the phosphorescence intensity in the test box filled with and without oxygen.

Food packages,Oxygen,Phosphorescence,Platinum octaethyl porphyrin

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

مقدمه

اکسیژن در بسیاری از واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی به عنوان واکنش‌دهنده و یا فرآورده نقش دارد. بنابراین تلاش‌های زیادی برای توسعه تکنیک‌های مناسب برای سنجش میزان غلظت اکسیژن در محیط صورت گرفته است[۱].برای مثال سرعت رشد میکروارگانیسم‌های هوازیو واکنش‌های اکسیداسیون با غلظت اکسیژن تغییر می‌کنند[۲]. بههمیندلیل امروزه نیاز به فنآوری برای هوشمندسازی بسته‌بندی مواد غذایی احساس می‌شود چون تاریخ انقضا روی یک بسته‌بندی هیچ تضمینی برای نگهداری محصول در شرایط مناسب نیست[۳].تا بحال سه استراتژی اصلی به منظور افزودن عملکردهای جدید به سیستم‌های بسته‌بندی دنبال شده است: بسته‌بندی فعال،بسته‌بندی هوشمند و بسته‌بندی با اتمسفر دستکاری شده[۴].بسته‌بندی فعال امکان استفاده از افزودنی‌هایی مانند جاذب‌های گازی یا کنترل دما و رطوبت را فراهم می‌کند تا کیفیت و زمان ماندگاری غذاهای بسته‌بندی شده را افزایش دهد[۵].بسته‌بندی هوشمند جهت جمع‌آوری اطلاعات مربوط به وضعیت محتوا و انتقال آن به مصرف کننده می‌باشد[۶].درنهایت بسته‌بندی با اتمسفر دستکاری شده را می‌توان به عنوان یک روش بسته‌بندی فعال تعریف کرد که در آن یک جو تغییریافته در فضای بالایی بسته‌بندی ایجاد می‌شود که فساد شیمیایی را به تاخیر می‌اندازد[۷]. در این روش معمولا اکسیژن را با نیتروژن که گازی بی‌اثر است جایگزین می‌کنند امامعمولا بین ۰/۵-۲ درصد اکسیژن در فضای بالای بسته به دلیل تخلیه ضعیف،نفوذ اکسیژن از طریق مواد بسته‌بندی،به دام انداختن هوا در غذا یا مهروموم ضعیف باقی می‌ماند.در نتیجه این سیستم هیچ داده واقعی از شرایط بسته‌بندی را در طول زمان فراهم نمی‌کند[۸]. از حسگرهای فوتونیکی اکسیژن می‌توان در مقیاس وسیع برای اندازه‌گیری دقیق و سریع اکسیژن در بسته‌بندی مواد غذایی به منظور کنترل کیفیت استفاده کرد.زیرا این حسگرها علاوه بر دقت بالا، غیرمخرب هستند، قابلیت اندازه‌گیری از راه دور دارند، هزینه تولید پایین دارند و مناسب برای کاربردهای یکبار مصرف هستند[۹].قلب این حسگرها کامپوزیت فلزی فسفرسانس حساس به اکسیژن است که شدت و طول عمر فسفرسانس آن با تغییر غلظت اکسیژن تغییر می‌کند.حساسیت حسگر بستگی به طول عمر رنگینه حساس به اکسیژن و بازده کوانتومی آن،میزان نفوذپذیری اکسیژن در ماتریس پلیمری و همچنین نسبت جرمی ماده فسفرسانس به پلیمر دارد. این حسگر فسفرسانس با تابش نور لیزر تحریک شده و الکترون‌های آن از تراز پایه به تراز بالا برانگیخته می‌شوند تا در مجاورت مولکول‌های اکسیژن طول عمر فسفرسانس و شدت آن کاهش یابد. هرچه غلظت اکسیژن بیشتر باشد این کاهش نیز افزایش می‌یابد. این فرایند به دلیل آنکه در این واکنش،هیچ یک از واکنش‌دهنده‌ها مصرف نمی‌شوند و در نتیجه فرآورده‌ای تولید نمی‌شود،برگشت‌پذیر است و کل چرخه قابل تکرار است[۱۰]. بنابراین با قرار دادن این حسگر به شکل برچسب در بسته‌بندی مواد غذایی و اندازه‌گیری و کالیبراسیون شدت و طول عمر فسفرسانس،امکان ارزیابی کیفیت مواد غذایی بر اساس غلظت اکسیژن موجود در بسته‌بندی فراهم می‌شود.

مواد و روش‌ها

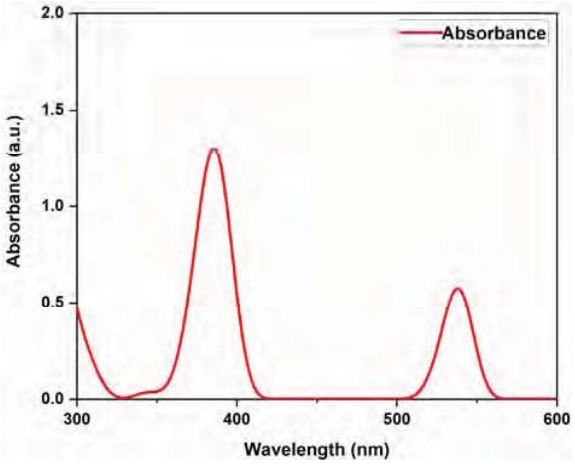
اکتااتیل پورفیرین پلاتین از شرکت لومتک، پلی استایرن از شرکت سیگما و تولوئن از مرک تهیه شدند. پس از حل کردن اکتااتیل پورفیرین پلاتین و پلی استایرن در مقدار کمی تولوئن، لومینوفور و ماتریس با هم ترکیب شدند. سپس ۱۵۰ میکرو لیتر از نمونه با پیپت اتوماتیک در قرصی به قطر یک سانتی متر ریخته شد و برای سه ساعت در آون با دمای ۵۰ درجه سلسیوس قرار گرفت.طیف

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

جذبی قرص حاصل با استفاده از طیف‌سنج نوری در ناحیه طول موج فرابنفش و مرئی و طیف تابشی آن با طیف‌سنج تورلبز اندازه‌گیری شد. از لیزر آبی با طول موج ۴۱۰ نانومتر برای برانگیخته کردن ماده فسفرسانس استفاده شد.

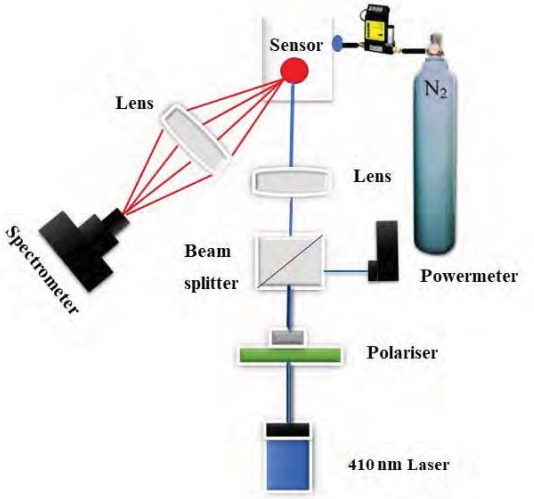
داده‌ها و نتایج

طیف جذبی قرص در شکل ۱ قابل مشاهده است. بیشترین جذب در طول موج های ۳۸۶ و ۵۳۸ نانومتر اتفاق می‌افتد .بنابراین از لیزر ۴۱۰ نانومتر در این آزمایش استفاده شد که در ناحیه‌ی جذبی ماده قرار می‌گیرد.



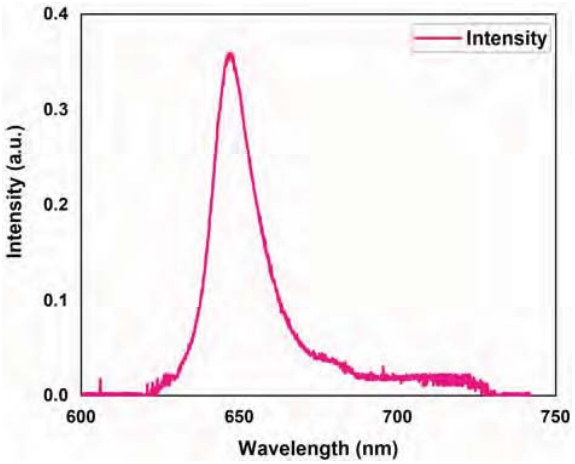
شکل ۱: طیف جذبی قرص با بیشینه‌هایی در ۳۸۶ و ۵۳۸ نانومتر.

شکل ۲ چیدمان آزمایش را نشان می‌دهد. باریکه لیزر تحریک کننده بعد از عبور از قطبشگر تنظیم شدت به تیغه تقسیم کننده نور می‌رسد. بخشی از نور توسط تیغه به توان‌سنج فرستاده می‌شودتا پایداری لیزر در طول آزمایش کنترل شود. بخش بیشتر نور بعد از عبور از تیغه و عدسی همگرا بر روی نمونه متمرکز می‌شود. نمونه در یک محفظه بسته قرار دارد که غلظت اکسیژن موجود در آن با استفاده از افزودن نیتروژن به محفظه آن قابل تغییر است.سپس تابش فسفرسانس نمونه توسط یک عدسی همگرا بر روی فیبر متصل به یک طیف‌سنج متمرکز شده و توسط نرم‌افزار آن تجزیه و تحلیل می‌شود.



شکل۲: نمای کلی از چیدمان اپتیکی بررسی اثر تغییر غلظت اکسیژن بر روی شدت فسفرسانس نمونه.

شکل ۳ طیف فوتولومینسانس قرص را نشان می‌دهد که بیشینه تابشی آن در ناحیه طیفی قرمز با طول موج ۶۴۸نانومتر است.



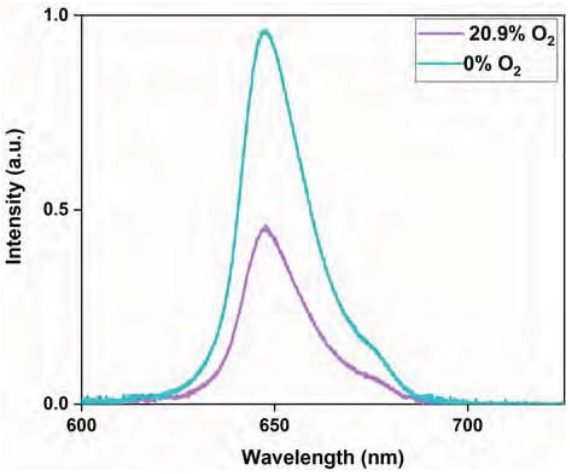
شکل۳: طیف فوتولومینسانس قرصبا بیشینه ۶۴۸نانومتر.

برای نشان دادن قابلیت استفاده از این مواد فسفرسانس،اثر غلظت اکسیژن بر روی شدت فسفرسانس برای دو غلظت متفاوت تست شد. شکل ۴ نمودار تغییرات شدت

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

فوتولومینسانس نمونه را برای غلظت‌های مختلف اکسیژن نشان می‌دهد. در اینجا با کاهش غلظت اکسیژن از ۲۰/۹٪ تا ۰٪ شدت فوتولومینسانس به سرعت افزایش پیدا کرده است.این آهنگ افزایش برای غلظت‌های بیشترکمتر است.

زیرا بعد از تحریک ماده فسفرسانس، اکسیژن با حالت برانگیخته ماده برخورد کرده و از طریق انتقال غیرتابشی،انرژی از ماده به مولکول اکسیژن منتقل می‌شود. این امر منجر به کاهش شدت فسفرسانس می‌شود. هرچه میزان مولکول‌های اکسیژن محیط اطراف بیشتر باشد، این کاهش شدت نیز بیشتر خواهدبود.



شکل ۴: نمودار تغییرات شدت فوتولومینسانس نمونه برای غلظت های ۰٪و۲۰/۹٪اکسیژن.

نتیجه‌گیری

با توجه به ارتباط واضح بین تغییرات اکسیژن با رشد میکروارگانیسم‌های هوازی و واکنش‌های اکسیداسیون از حسگرهای فوتونیکی اکسیژن می‌توان به طور وسیع در بازار جهانی بسته‌بندی‌های هوشمند برای کنترل کیفیت بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد.

در این پژوهش با استفاده از کمپلکس فلزی اکتااتیل پورفیرین پلاتین و ماتریس پلی استایرن یک حسگر اپتیکی ساخته شد و پاسخ آن در حضور اکسیژن ۰٪و ۲۰/۹٪ مورد بررسی قرار گرفت.نشان داده شد که شدت فسفرسانس کمپلکس فلزی در حضور اکسیژن کاهش می‌یابد.

سپاسگزاری

با تشکر از شرکت شهرک‌های صنعتی استان البرز

مرجع‌ها

[1]Cheng-Shane Chu, Kun-Zheng Lin, Yu-Hsuan Tang, "A new optical sensor for sensing oxygen based on phase shift detection" , Sensors and Actuators B: Chemical, 223, 606-612, 2016.

[2]A. Mills, K. Lawrie, J. Bardin, A. Apedaile, G.A. Skinner, C. O'Rourke, "An O2 smart plastic film for packaging", Analyst, vol. 137 pp. 106-112, 2012.

[3]O.Hrytsenko,V. Shvalagin, G.Grodziuk,& V. Granchak," Influence of Parameters of Screen Printing on Photoluminescence Properties ofNanophotonic Labels for Smart Packaging" ,Nanotechnology,12,1-12,2017.

[4]J.H. Han, "Innovations in food packaging", 2nd ed. Academic Press, 2013.

[5]R.Ahvenainen," Novel food packaging techniques", Woodhead Publishing, 2003.

[6]K.L. Yam, P.T. Takhistov, J. Miltz, "Intelligent packaging: concepts and applications", J. Food Sci. 70 R1-R10, 2005.

[7]B.A. Blakistone, "Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods", 2nd ed. Aspen Publishers, Inc. 1999.

[8]Andrew Mills," Oxygen indicators and intelligent inks for packaging food" Chem. Soc. Rev., 34, 1003–1011,2005.

[9]C. Kelly, D. Yusufu, I. Okkelman, S. Banerjee, J.P. Kerry, A. Mills, D. B. Papkovsky,"Extruded phosphorescence based oxygen sensors for large-scale packagingapplications",Sensors and Actuators: B. Chemical, 304, 2020, 2020.

[10]S. Banerjee, C. Kelly, J. P. Kerry & D.B. Papkovsky, "High throughput non-destructive assessment of quality and safety of packaged food products using phosphorescent oxygen sensors",Trends in Food Science & Technology, 50, 85-102, 2016.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.