

ساخت حسگر بسپاری منگنز بر پایه پویشگری

فائزه کائدی^۱، شیدا اسمعیل‌زاده^{۲*} و عبدالرضا خواجه‌زاده^۳

۱. دانشجوی کارشناس ارشد تکنولوژی و علوم پلیمر، گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد داراب، داراب، فارس، ایران

۲. دانشیار شیمی معدنی، گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد داراب، داراب، فارس، ایران

۳. استادیار شیمی تجزیه، گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد داراب، داراب، فارس، ایران

دریافت: مرداد ۱۳۹۶، بازنگری: شهریور ۱۳۹۶، پذیرش: شهریور ۱۳۹۶

چکیده: در این پژوهش، تهیه یک حسگر بسپاری جدید برای اندازه‌گیری یون منگنز در محیط آبی با استفاده از روش پویشگری به دلیل داشتن مزایایی از قبیل ارزانی قیمت، توانایی حمل‌ونقل آسان، امکان به‌کارگیری بسترهای غیرشفاف مانند فیلم‌های بسپاری، امکان اندازه‌گیری تعداد بسیار زیاد نمونه به‌طور هم‌زمان و صرفه‌جویی در زمان معرفی شده است. به‌منظور تهیه فیلم بسپاری حسگر منگنز، بسپار تری‌استیل سلولز به‌عنوان بستر انتخاب و با استفاده از فرایند پیش‌فعال‌سازی، واکنشگر به ریلیانت کرزیل به لو بر بستر بسپاری تثبیت شد. پس از اینکه سطح فیلم بسپاری به‌طور کامل فعال شد، عامل‌های متفاوت تجربی از جمله مدت پاسخگویی فیلم، دامنه pH، غلظت شناساگر به ریلیانت کرزیل به لو بهینه شد. در ادامه، مقدار حساسیت فیلم‌های بسپاری حسگر و دامنه خطی آن نسبت به یون منگنز برای تمام عامل‌های رنگی تعیین شدند. برای اندازه‌گیری شدت رنگ هر فیلم بسپاری از روش پویشگری استفاده شد. بالاترین گستره خطی برای رنگ قرمز و آبی (با هم برابر) و کمترین گستره خطی برای رنگ سبز به‌دست آمد، عامل سبز بیشترین مقدار حساسیت را دارد.

واژه‌های کلیدی: پویشگری، فیلم بسپاری حسگر، منگنز، تری‌استیل سلولز، به ریلیانت کرزیل به لو

مقدمه

و C، اکسایش و پروتودگرگشت در بدن بازی می‌کند [۱ تا ۳]. از یک‌سو، کمبود منگنز در بدن انسان می‌تواند منجر به بیماری‌های پوستی، اختلال‌های میتوکندری، ناباروری، شکل‌گیری نامساعد استخوان‌ها، از دست دادن سرم کلسترول، مشکل‌های مربوط به دگرگشت گلوکز و پروتئین شود. از سوی دیگر، مقادیر اضافی منگنز در بدن می‌تواند باعث ایجاد سمیت، به‌ویژه برای سامانه

یکی از عناصر اساسی موجود در سلول‌های فعال بدن انسان منگنز است که نقش بسیار مهمی در استخوان‌بندی، پروتئین‌سازی، دگرگشت^۱ انرژی، محافظت سلولی از انواع رادیکال‌های آزاد مضر، تشکیل گلیکوز‌آمینوگلیکان‌ها، فرایندهای مربوط به تهیه انتقال‌دهنده‌های عصبی سامانه زیستی، تشکیل ویتامین‌های B_۱

1. Metabolism

بسیاری حسگری حساس به یون منگنز ساخته شد و با استفاده از روش پوششگری و آزمون رنگ اندازه‌گیری یون منگنز در محیط آبی مورد بررسی قرار گرفت.

بخش تجربی

مواد مورد نیاز

تمام مواد شیمیایی و واکنشگرهای تجزیه‌ای مورد استفاده از شرکت مرک خریداری شدند. برای تنظیم pH از محلول‌های NaOH و HCl ۰.۱ مولار و البته در مواقع لزوم برای تنظیم pH از بافر فسفاتی نیز استفاده شد. از شناساگر به ریلیانت کرزیل به لو روی کلرید دو آبه^۶ با جرم مولکولی ۳۸۵/۹۶ g/mol از شرکت Merck KGaA و به منظور تولید یون منگنز، از منگنز نیترا ت آبدار $[Mn(NO_3)_2 \cdot 2H_2O]$ استفاده شد. محلول پلی‌وینیل الکل، محلول تیواوره از واکنشگرهای خریداری شده با نسبت مولی مشخص تهیه شدند. از فیلم‌های عکاسی به منظور فیلم بسیاری تری‌استات سلولز استفاده شد.

وسایل و تجهیزات/ استفاده شده

به منظور انتقال تصاویر آزمایش از یک دستگاه پوششگر مدل HP Scanjet G2410 استفاده شد. اندازه‌گیری‌های pH با دستگاه pH متر HANNA مدل ۸۳۱۴۱ انجام شد. تجزیه رنگ با نرم‌افزار فتوشاپ Adobe Photoshop cs4، انجام گرفت.

آماده‌سازی و تهیه فیلم بسیاری غنی شده با شناساگر به عنوان حسگر به منظور ایجاد یک بستر بسیاری حسگر برای یون منگنز بر پایه شناساگر به ریلیانت کرزیل به لو، فیلم‌های بسیاری به روش زیر تهیه شدند. فیلم‌های کهنه یا نو عکاسی که بسیار تری استیل سلولز هستند، به عنوان بسیار پایه مورد استفاده قرار گرفتند. این فیلم‌ها به مدت یک دقیقه در محلول سدیم هیپوکلریت (آب ژاول) قرار گرفتند تا لایه ژلاتینی آن‌ها حذف شود. سپس، فیلم‌ها به قطعه‌های مناسب برش داده شدند. فیلم‌های برش خورده، به مدت

عصبی که در بسیاری از نقاط بدن بدون پوشش محافظتی هستند، شده و در نهایت منجر به بیماری پارکینسون در بزرگسالان شود [۴]. از این رو، اندازه‌گیری یون منگنز از اهمیت زیادی برخوردار است. روش‌ها و فناوری‌های گوناگون و متنوعی برای اندازه‌گیری منگنز گزارش شده‌اند، که شامل روش طیف‌سنجی جرمی پلاسمای استقرایی^۱ [۵]، رنگ‌سنجی [۶]، جریان پتانسیومتری تزریق^۲ [۷]، روش طیف‌نورسنجی [۸]، آزمون جریان تزریق^۳ [۹]، روش کاتالستی [۱۰]، روش فتومتری [۱۱]، طیف‌سنجی فرورسرخ تبدیل فوریه [۱۲]، طیف شعله [۱۳]، ولتامتری [۱۴]، فلورسانس بازتاب پرتوایکس [۱۵]، طیف‌سنجی جذب اتمی و رسانایی‌سنجی هستند [۱۶ و ۱۷]. در بسیاری از این روش‌ها به کارگیری دستگاه‌ها و ابزارهای گران‌قیمت لازم است. همچنین، در برخی از آن‌ها به آماده‌سازی نمونه‌های پیش آزمایش نیاز است که وقت‌گیر هستند. در سال‌های اخیر، برای اندازه‌گیری یون‌های فلزی متفاوت از حسگرها استفاده شده است. حسگر شیمیایی یک دریافتگر حسی است که محرک‌های شیمیایی خاصی را در محیط تشخیص می‌دهد. استفاده از حسگرهای شیمیایی یکی از پیشرفته‌ترین روش‌ها در شیمی بشمار می‌رود که اندازه‌گیری کمی گونه‌های متفاوت را به صورت آبی ممکن می‌سازد. قسمت اصلی یک حسگر شیمیایی یا زیستی عنصر حسگر آن است. عنصر حسگر در تماس با یک آشکارساز است. این عنصر مسئول شناسایی و پیوند با گونه مورد نظر در یک نمونه پیچیده است. سپس، آشکارساز سیگنال‌های شیمیایی را که در نتیجه پیوند عنصر حسگر با گونه مورد نظر تولید شده را به یک سیگنال خروجی قابل اندازه‌گیری تبدیل می‌کند. ساخت حسگر با استفاده از روش پوششگری^۴ توانسته به عنوان یک روش جدید، برای تعیین عناصر و یون‌های گوناگون به کار رود [۱۸]. نخستین بار در سال ۲۰۰۰ جانزن و همکارانش [۱۹]، یک آرایه رنگ‌سنجی بر اساس تزریق نمونه‌ها به یک بستر جامد و انتقال تصاویر با پوششگر^۵ به رایانه را معرفی کردند. از آن پس فعالیت‌های پژوهشی گسترده‌ای در این زمینه انجام شده است [۲۰ تا ۲۲]. در این پژوهش، یک فیلم

1. Inductively coupled plasma mass spectrometric method 2. Potentiometric flow injection 3. Flow-injection analysis 4. Scanometry
5. Scanner 6. Brilliant cresyl blue zinc chloride double salt

زیر به دست می آید:

$$V = \text{Point (spot area)}$$

$$V = R + ۲۵۶ G + ۲۵۶۲ B$$

در محیط برنامه نویسی، می توان عدد مورد نظر یعنی V را برای هر پیکسل به دست آورد. با داشتن V می توان با الگوریتم زیر، سه عامل رنگی R، G و B را استخراج کرد:

$$R = V \bmod ۲۵۶$$

$$G = ((V - R) \bmod (۲۵۶۲)) / ۲۵۶$$

$$B = (V - R - G * ۲۵۶) / (۲۵۶۲)$$

در عبارات بالا، mod دستوری است که باقیمانده دو تقسیم را برمی گرداند [۲۰ تا ۲۲]. در روش پوشگری نیاز به تبدیل و استخراج مدل های رنگی متفاوت است. از این رو، در برنامه کامپیوتری که در این گروه پژوهشی در محیط ویژوال بیسیک^۲ نوشته شده است، ابتدا هر لکه نمونه به مدل RGB تبدیل شده، سپس انتقالات از این مدل به سایر مدل ها با الگوریتم های استاندارد انجام گرفته است تا عامل های متفاوت رنگی استخراج شود. برای مثال، برای تبدیل مقادیر رنگی از مدل RGB به مدل (فیروزه ای، ارغوانی، زرد و سیاه)^۳، از الگوریتم زیر استفاده شد:

$$1. R' = 1 - (R / ۲۵۵)$$

$$G' = 1 - (G / ۲۵۵)$$

$$B' = 1 - (B / ۲۵۵)$$

$$2. \text{Black} = \min(R', G', B')$$

$$3. \text{Cyan} = (R' - \text{Black}) / (1 - \text{Black})$$

$$\text{Magenta} = (G' - \text{Black}) / (1 - \text{Black})$$

$$\text{Yellow} = (B' - \text{Black}) / (1 - \text{Black})$$

درواقع مدل CMYK زیرگروه مدل RGB یاد شده است. مدل CMYK یک مدل کاهشی (تفریقی) است و بیشتر در سامانه های چاپگر از این مدل استفاده می شود. برخلاف مدل RGB، در این مدل، رنگ سفید وقتی به وجود می آید که هر سه عامل رنگی صفر باشند. همچنین، رنگ مشکی وقتی به دست می آید که تمام عامل های رنگی در مقدار بیشینه خود یعنی ۲۵۵ قرار داشته باشند.

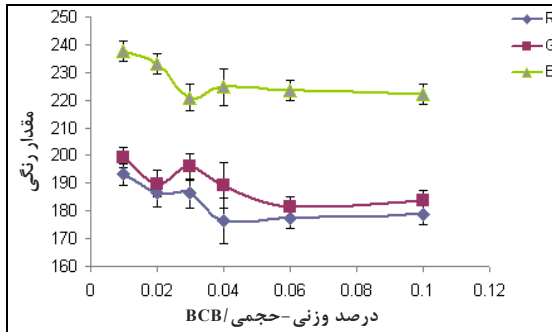
۲۴ ساعت درون محلول ۰٫۱ مولار KOH قرار گرفته و پس از خروج از محلول با آب شسته شده و بلافاصله در محلولی حاوی ۰٫۵۵ درصد وزنی-حجمی تیواوره و ۰٫۸ درصد وزنی-حجمی پلی وینیل الکل به مدت ۴۸ ساعت استراحت داده شدند. پس از مدت لازم، فیلم های بسپاری آماده شده در محلول مشخصی از به ریلیانت کرزیل بلو برای مدت مناسب (۲۴ ساعت) قرار داده شدند. پس از مدت بهینه شده، فیلم های بسپاری با آب مقطر شسته شده و در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد طی ۲۰ دقیقه خشک شدند. به این صورت، حسگر بسپاری آماده و برای اندازه گیری منگنز در محلول به کار برده شد [۲۳].

اصول مدل رنگی (قرمز، سبز، آبی)^۱

مدل رنگی در واقع یک مدل ریاضی برای بیان رنگ بر اساس اعداد است. به طور معمول، این سامانه به صورت سه عددی یا چهار عددی است. هدف از یک مدل رنگی تسهیل در بیان یک رنگ به ویژه در وسایل تصویری مانند نمایشگرها، چاپگرها، پوشگرها و دوربین ها است. شرکت های متفاوت سازنده وسایل تصویری برای خود مدل های رنگی مناسب را ابداع و استفاده می کنند. به عنوان مثال، برای گرافیک کامپیوتری از مدل رنگی RGB استفاده می شود. مدل رنگی RGB یک مدل افزایشی است که در آن سه رنگ اولیه قرمز، سبز و آبی با مقادیر متفاوت با هم جمع شده تا طیف وسیعی از رنگ ها را ایجاد کنند. در این مدل، عامل های رنگی به صورت اعداد صحیح بین ۰ تا ۲۵۵ ذخیره می شوند. این سامانه که شامل ۲۵۶ مقدار (معادل ۳^۸) است. بنابراین، به آن سامانه ۸ بیتی گفته می شود که می تواند معادل ۱۶۷۷۷۲۱۶ رنگ مجزا را ایجاد کند. در سامانه رنگی RGB، هر رنگ را به صورت مختصات سه گانه (R, G, B) نشان می دهند. برای مثال، (۲۵۵، ۲۵۵، ۲۵۵) معادل رنگ سفید و (۰، ۰، ۰) معادل رنگ مشکی است. بنابراین، با افزایش شدت رنگ مقادیر عددی کاهش می یابد. در این سامانه، هر رنگ دارای یک عدد منحصر به فرد بین ۰ تا ۱۶۷۷۷۲۱۶ است که این عدد را با V نشان داده و به صورت

1. Red, green and blue (RGB) 2. Visual Basic 6 (VB6) 3. Cyan, magenta, yellow and black (CMYK)

کمترین مقدار رسیده و پس از آن ثابت شده است.



شکل ۱ نمودار تغییر عامل‌های رنگی فیلم حسگر برحسب غلظت به ریلیانت کرزیل به لو

بررسی زمان پاسخ‌دهی فیلم حسگر

برای تعیین زمان پاسخ‌دهی مناسب فیلم حسگر به یون منگنز، محلولی با غلظت ۰/۰۱ مولار از نمک منگنز ساخته شد. سپس، تعدادی فیلم حسگر که در غلظت بهینه ۰/۰۶٪ وزنی-حجمی از شناساگر ساخته شده بودند، درون محلول منگنز قرار داده شدند. در بازه‌های زمانی متفاوت ۱ تا ۴۰۰ دقیقه یکی از فیلم‌ها از محلول خارج و پس از خشک شدن و پویش شدن، تصاویر به فتوشاپ منتقل و از راه داده‌های اکسل نمودارهای مربوط ترسیم و عامل‌های رنگی قرمز، آبی و سبز به دست آمد. در نمودار ۲ عامل‌های رنگی قرمز، سبز و آبی آورده شده است. با توجه به نمودارهای رسم شده، کمترین مقدار رنگ آبی و سبز در زمان ۶۰ دقیقه و کمترین مقدار رنگ قرمز در زمان ۱۲۰ دقیقه ایجاد شده است. با توجه به میله‌های خطا که روی نمودار ترسیم شده است، مشخص می‌شود که برای رنگ قرمز نوسانات زیاد بوده به طوری که تغییرهای رنگ در ۱۲۰ دقیقه با رنگ در زمان ۶۰ دقیقه به مقدار زیادی همپوشانی دارد. به عبارتی، با آنکه از نظر مقدار مطلق به نظر می‌رسد که رنگ قرمز در ۱۲۰ دقیقه مقدار کمتری دارد اما از نظر نسبی، رنگ قرمز در ۱۲۰ دقیقه با ۶۰ دقیقه تفاوت چندانی ندارد و حدود ۵۰ درصد با هم همپوشانی نشان می‌دهند با توجه به این موارد، زمان ۶۰ دقیقه به عنوان زمان بهینه برای قرار گرفتن فیلم‌های حسگر درون محلول منگنز در نظر گرفته شد که بیشترین حساسیت

از نظر عملی، فضای رنگی CMYK برای فضاهای غیرشفاف مانند بررسی تشکیل رنگ روی بستر کاغذ مناسب است، اما برای بررسی رنگ‌های تشکیل شده روی بستری به طور نسبی شفاف که نور از آن‌ها به طور کامل یا به طور نسبی عبور می‌کند، فضای رنگی RGB مناسب‌تر است. دلیل آن این است که این فضای رنگی برای ترکیب و تلفیق نور، اما مدل CMYK برای ترکیب ابداع شده است.

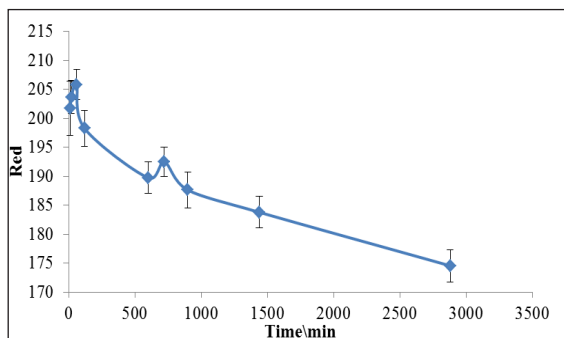
نتیجه‌ها و بحث

پس از ساخت و تهیه حسگر منگنز با استفاده از فیلم بسپاری تری‌استیل سلولز و غنی کردن آن با شناساگر به ریلیانت کرزیل به لو، عامل‌های متفاوتی از جمله تغییر رنگ به ریلیانت کرزیل به لو مورد بررسی قرار گرفت. در ساختار فیلم بر اثر تغییر pH، تأثیر pH روی پاسخگویی فیلم حسگر در حضور منگنز، زمان پاسخگویی فیلم حسگر، غلظت بهینه شناساگر و... مورد بررسی قرار گرفت تا مقدار حساسیت این حسگر جدید نسبت به یون منگنز بررسی شود.

بررسی تأثیر غلظت به ریلیانت کرزیل به لو روی حساسیت فیلم حسگر به منظور بررسی تأثیر غلظت به ریلیانت کرزیل به لو روی حساسیت فیلم حسگر، فیلم‌های بسپاری با غلظت‌های متفاوتی از شناساگر غنی‌سازی شده و در محلولی با غلظت ۰/۰۱ مولار از منگنز قرار داده شدند. پس از گذشت ۶۰ دقیقه (زمان بهینه شده) فیلم‌ها از محلول خارج و در دمای اتاق خشک شدند. سپس، فیلم‌ها با پویشگر پویش شدند. نتایج در برنامه کامپیوتری نوشته شد و در گروه پژوهشی تحلیل آن‌ها انجام شد. نتایج این تحلیل در شکل ۱ آمده است.

با توجه به نمودار شکل ۱ می‌توان نتیجه گرفت هر چه مقادیر رنگی کمتر باشد، حساسیت بیشتر است. بنابراین، کمترین مقدار در نمودار غلظت بهینه شده است. با توجه به نمودار، غلظت ۰/۰۶٪ وزنی-حجمی از شناساگر را می‌توان به عنوان غلظت بهینه برای مراحل بعدی در نظر گرفت. زیرا از این نقطه به بعد نمودار به

محلول ۰/۰۶٪ وزنی-حجمی شناساگر به ریلیانت کرزیل به لو با زمان‌های متفاوت، غنی‌سازی شدند. سپس، این فیلم‌های حسگر که با زمان‌های متفاوت ساخته شده بودند، در محلول ۰/۰۱ مولار از منگنز قرار داده و پس از گذشت ۶۰ دقیقه فیلم‌ها از محلول خارج و در دمای اتاق خشک و پویش شد. شکل ۳ نمودار عامل رنگی قرمز را برحسب زمان تماس با شناساگر نشان می‌دهد. سایر عامل‌های رنگی نیز به طور مشابه رسم شد. بررسی نتایج پویش نشان می‌دهد با افزایش غلظت آنالیت و افزایش شدت واکنش و شدت رنگ، مقدار عامل‌های رنگی کاهش می‌یابد. با این تفسیر، با توجه به نمودارهای رنگی رسم شده، با افزایش زمان تماس فیلم‌ها با محلول شناساگر، شناساگر بیشتر در بستر فیلم نفوذ کرده و بنابراین، نشانک بهتری برای آنالیت گرفته می‌شود. با توجه به اینکه به مدت انجام آزمایش نیز دقت شده، مدت ۲۴ ساعت به عنوان زمان بهینه در نظر گرفته شد.

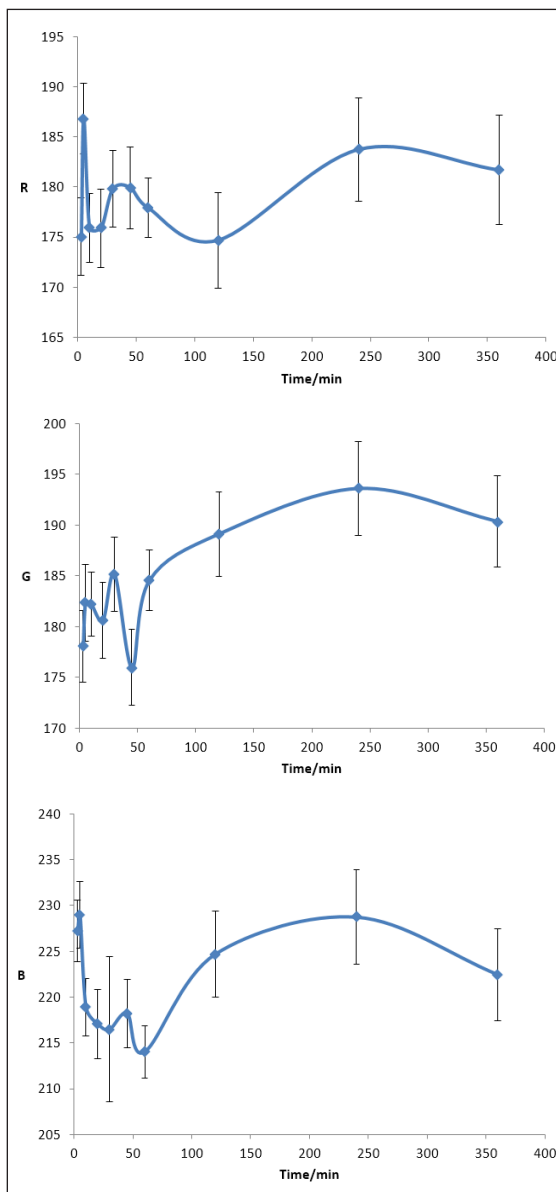


شکل ۳ نمودار تغییر عامل قرمز فیلم حسگر برحسب زمان تماس با شناساگر به ریلیانت کرزیل به لو

بررسی اثر pH بر پاسخ‌دهی فیلم حسگر

در این مرحله از پژوهش، محلول‌هایی با غلظت ۰/۰۱ مولار از نمک منگنز موردنظر ساخته و pH آن‌ها با استفاده از NaOH و HCl ۰/۱ مولار در مقادیر متفاوت از ۱ تا ۸ در بازه‌های ۰/۵ تایی تنظیم شدند. سه فیلم از فیلم‌های حسگری که در شرایط بهینه شده پیشین ساخته شده بودند، به مدت ۶۰ دقیقه در محلول منگنز تهیه شده قرار داده شدند. پس از این مدت مشخص، فیلم‌ها از محلول خارج و در دمای اتاق خشک و پس از پویشگری، تصویر

حسگر بسپاری به یون‌های منگنز را نشان می‌داد.

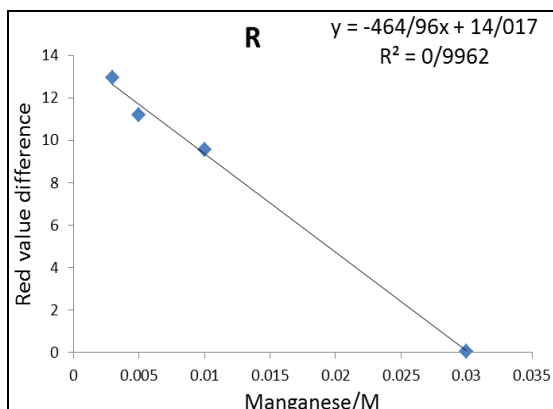


شکل ۲ نمودار تغییرات عامل‌های رنگی قرمز، سبز و آبی فیلم حسگر برحسب زمان قرارگیری در محلول منگنز

بررسی تأثیر مدت تماس فیلم با به ریلیانت کرزیل به لو بر حساسیت فیلم

برای بررسی عامل یادشده، فیلم‌های بسپاری با استفاده از

با توجه به داده‌های نمودار وایازش برای رنگ قرمز، ناحیه خطی فیلم حسگر از ۰٫۰۰۳ تا ۰٫۰۰۳ مولار است. همچنین، حساسیت فیلم با توجه به معادله وایازش ۴۶۴/۹۶- و مقدار خطی بودن بسیار خوب و نزدیک به یک است. پس از بررسی‌های متفاوت، نمودارهای وایازش (وابستگی عامل‌های رنگی هر فیلم به غلظت منگنز) به دست آمد. معادله‌های خطوط به همراه دامنه خطی و مقدار خطی بودن در جدول ۱ نشان داده شده است. در این جدول R، G و B به ترتیب به شدت عامل‌های قرمز، سبز و آبی اشاره دارد. همچنین، C نشان دهنده غلظت است. با توجه به داده‌های جدول ۱، عامل سبز بیشترین حساسیت و عامل قرمز کمترین حساسیت را دارد. از آنجایی که مقدار خطی بودن (ضریب واریانس) عامل قرمز بسیار بهتر از دو عامل دیگر بود و همچنین، دامنه خطی عامل قرمز از عامل سبز بهتر است (۱۰ برابر در مقابل ۵ برابر). بنابراین، از داده‌های وایازش عامل رنگی قرمز برای اندازه‌گیری استفاده شد.

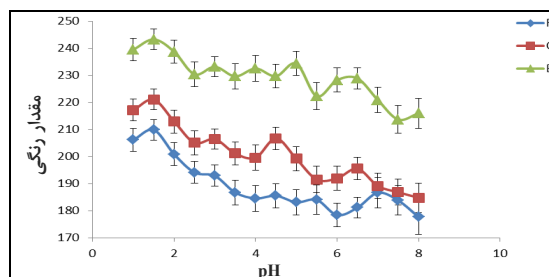


نمودار ۵ منحنی وایازش رنگ قرمز

جدول ۱ معادله‌های خطوط، مقدار خطی بودن و گستره خطی عامل‌های رنگی در فیلم‌های بسپاری حسگر

معادله‌های ناحیه خطی	مقدار خطی بودن	گستره خطی منگنز (مولار)
$R = -464/96C + 14/017$	۰٫۹۹۶۲	۰٫۰۰۳-۰٫۰۰۳
$G = 2592/5C + 4/192$	۰٫۹۷۷۷	۰٫۰۰۱-۰٫۰۰۵
$B = -514/34C + 1/0/9$	۰٫۸۳۷۳	۰٫۰۰۱-۰٫۰۰۱

به نرم‌افزار تجزیه رنگ منتقل شد. از نظر تجربی در محلول‌های منگنز با غلظت ۰٫۰۱ مولار در pH های بالاتر از ۴ رسوب مشاهده شد و محلول رو به کدر شدن رفت. بنابراین، با آنکه pH های بالاتر می‌توانست مناسب باشد اما مرز pH معادل ۴، که شروع رسوب‌گذاری بود، به عنوان مقدار بهینه در نظر گرفته شد. لازم به یادآوری است که با تشکیل رسوب، مقداری از منگنز از سامانه تعادلی با شناساگر رنگی تثبیت شده روی فیلم بسپاری خارج و در آزمایش انجام شده، خطا رخ خواهد داد. افزایشی که در بعضی از نقاط پس از pH معادل ۴ دیده می‌شود، ناشی از همین مورد است. زیرا کاهش غلظت در این سامانه منجر به افزایش مقادیر رنگی می‌شود. از طرفی، کاهش در بعضی از مقادیر رنگی در pH های بالاتر از ۴ هم به دلیل آلودگی فیلم با ذرات بسیار ریز رسوب است که حتی در اثر شستن هم از روی فیلم پاک نمی‌شوند و در نتیجه در تصویر پوشش شده از فیلم و در نهایت در تحلیل رنگ ایجاد خطا می‌کند.



شکل ۶ نمودارهای تغییرهای عامل‌های رنگی فیلم حسگر بر حسب pH

منحنی وایازش

به منظور بررسی نحوه تغییر عامل‌های رنگی فیلم حسگر بر حسب غلظت منگنز، محلول‌هایی با غلظت‌های متفاوت از نمک منگنز نیترات مورد نظر در این پژوهش، ساخته شد. سپس، سه فیلم از فیلم‌های حسگری که در شرایط بهینه ساخته شده بودند، در هر کدام از این محلول‌ها قرار داده شدند. پس از گذشت مدت‌زمان بهینه، فیلم‌های حسگر از محلول خارج و خشک شدند. سپس، پوشش شده و تحلیل تصاویر انجام گرفت. نتایج به دست آمده نسبت به فیلم کنترل در نمودار عامل رنگی قرمز در نمودار ۵ نمایش داده شده است. سایر نمودارها به روش مشابه رسم شد.

نتیجه گیری

حسگر برای تمام عامل‌های رنگی به دست آمد. فیلم حسگر معرفی شده در این پژوهش با حساسیت و دامنه خطی مناسب به منگنز پاسخ داده و دامنه خطی و مقدار حساسیت فیلم حسگر به ساختار فیلم و عامل رنگی مورد استفاده، وابسته است. با توجه به نتایج وایزش، بالاترین گستره خطی برای رنگ قرمز و آبی (با هم برابر) و کمترین گستره خطی برای رنگ سبز به دست آمد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد داراب صمیمانه تشکر می‌کنند.

در بررسی انجام شده، فیلم‌های بسیاری تری استیل سلولز با استفاده از شناساگر به ریلیانت کرزیل به لو غنی سازی شده و به عنوان فیلم حسگر برای اندازه گیری یون منگنز در محیط آبی به کار گرفته شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که به ریلیانت کرزیل به لو تثبیت شده در ساختار فیلم در حضور آنالیت منگنز شدت رنگ آبی خود را از دست می‌دهد. عامل‌های تجربی متفاوتی از جمله غلظت پهنه به ریلیانت کرزیل به لو، زمان پاسخگویی فیلم حسگر و گستره pH مناسب در پاسخگویی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، دامنه خطی و مقدار حساسیت فیلم‌های بسیاری

مراجع

- [1]. Oga, S.; "Fundamentos de Toxicologia", Atheneu Press, São Paulo, 2008.
- [2]. Amais, R.S.; Donati, G.L.; Nebrega, J.A.; Analytica Chimica Acta 706, 223- 228, 2011.
- [3]. Yukawa, M.; Suzuki-Yasumoto, M.; Amano, K.; Terai, M.; Archives of Environmental Health An International Journal 35, 36-44, 1980.
- [4]. Garcia, S.J.; Gellein, K.; Syversen, T.; Aschner, M.; Toxicological Sciences 95, 205-214, 2007.
- [5]. Hepp, N.M.; Journal of AOAC International 98, 160-164, 2015.
- [6]. Basargin, N.N.; Oskotskaya, E.R.; Gribanov, E.N.; Kuznetsov, E.V.; Analytical Chemistry 67, 35-40, 2012.
- [7]. Ohura, H.; Ishibashi, Y.; Imato, T.; Yamasaki, S.; Talanta 60, 177-184, 2003.
- [8]. Marbaniang, D.G.; International Journal of Environmental Protection 2, 22-26, 2012.
- [9]. Nakano, Sh.; Matumoyo, Y.; Yoshii, M.; Talanta 68, 312-317, 2005.
- [10]. Ji, H.; Sha, Y.; Xin, H.; Qi, Y.; Journal of Ocean University of China 8, 127-132, 2009.
- [11]. Rustamov, N.Kh.; Abbasova, G.G.; Ame. Analytical Chemistry 5, 275-280, 2014.
- [12]. Filipe, M.S.; Christopher, M.A.; Talanta 61, 643-650, 2003.
- [13]. Liu, L.; Li, T.; Wu, M.; Yu, H.; Analytical Letters 50, 135-147, 2017.
- [14]. Lima, F.F.; Tormin, T.F.; Richter, E.M.; Munzo, R.A.A.; Microchemistry Journal 116, 178-182, 2014.
- [15]. Bilo, F.; Borgese, L.; Zacco, A.; Lazo, P.; Zoani, C.; Zappa, G.; Bontempi, E.; Dep-ero, L.E.; Journal of Analytical and Bioanalytical Techniques 7, 1-7, 2015.

- [16]. Manzoori, J.L.; Amjadi, M.; Abulhassani, J.; Talanta 77, 1539-1544, 2009.
- [17]. Payehghadr, M.; Tagdiri, M.; Zamani, A.; Hesarak, N.; Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering 31, 1-7, 2012.
- [18]. Rakow, N.A.; Suslick, K.S.; Nature 406, 710-713, 2000.
- [19]. Janzen, M.C.; Ponder, J.B.; Bailey, D.P.; Ingison, C.K.; Suslick, K.S.; Analytical Chemistry 78, 3591-3600, 2006.
- [20]. Abbaspour, A.; Khajehzadeh, A.; Ghafarnejad, A.A.; Analyst 134, 1692-1698, 2009.
- [21]. Abbaspour, A.; Mirahmadi, E.; Khajehzadeh, A.; Analytical Methods, 2, 349-353, 2010.
- [22]. Abbaspour, A.; Khajehzadeh, A.; Analytical Methods 4, 923-932, 2012.
- [23]. Kazemzadeh, A.; Moztarzadeh, F.; Sensors & Actuators B 106, 832-836, 2005.