

اندازه‌گیری اسپکتروفتومتری (UV-Vis) مقادیر ناچیز ۱،۱-دی متیل هیدرازین (UDMH) در محیط مایسلی

علیرضا زارعی*^۱، علی صابری مقدم^۲، سهیلا چلاوی^۳

دانشگاه صنعتی مالک اشتر

(تاریخ وصول: ۸۸/۴/۷، تاریخ پذیرش: ۸۸/۶/۲۵)

چکیده

۱،۱-دی متیل هیدرازین یا دی متیل هیدرازین نامتقارن (UDMH) یکی از مشتقات هیدرازین است که به‌طور عمده به‌عنوان سوخت مایع در موشک استفاده می‌شود. علاوه بر کاربرد آن در صنایع دفاعی و فضایی، این ماده عامل رشد گیاهان بوده و در سنتز شیمیایی برخی از مواد و نیز تهیه مواد مورد استفاده در عکاسی کاربرد دارد. ۱،۱-دی متیل هیدرازین علی‌رغم اهمیت آن، ماده‌ای بسیار سمی است که براحتمی می‌تواند در هنگام تولید و استفاده وارد اتمسفر شده و باعث آلودگی آب و خاک گردد. با توجه به کاربرد این ماده و اهمیت سمیت آن، اندازه‌گیری مقادیر کم آن در نمونه‌های محیطی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. در این مقاله یک روش جدید برای اندازه‌گیری اسپکتروفتومتری ۱،۱-دی متیل هیدرازین بر اساس واکنش با آلدئیدهای آروماتیک ارائه شده است. پس از بهینه‌سازی شرایط، روش برای اندازه‌گیری مقادیر ناچیز ۱،۱-دی متیل هیدرازین در گستره $0.4-60 \mu\text{g.mL}^{-1}$ خطی بوده و میزان حد تشخیص $1.0 \mu\text{g.mL}^{-1}$ و تکرارپذیری روش (RSD) برای ده اندازه‌گیری مکرر ۱/۴۵٪ بدست آمده است. این روش برای اندازه‌گیری ۱،۱-دی متیل هیدرازین در نمونه‌های آب به‌کار برده شد و نتایج رضایت‌بخشی بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: اندازه‌گیری اسپکتروفتومتری، ۱،۱-دی متیل هیدرازین، UDMH.

۱- مقدمه

کاربرد دارد [۱]. همچنین این ماده به‌عنوان یک ماده تنظیم کننده رشد گیاهان و ماده اولیه در سنتز برخی از مواد آلی در صنایع عکاسی [۱] و به‌عنوان پایدارکننده و جاذب گازهای اسیدی در صنایع مختلف به‌کار می‌رود [۲،۱]. دی متیل هیدرازین مشابه هیدرازین در صنایع شیمیایی در هنگام

۱-دی متیل هیدرازین (دی متیل هیدرازین نامتقارن، UDMH)، یکی از مشتقات هیدرازین با فرمول شیمیایی $(\text{CH}_3)_2\text{NNH}_2$ بوده و به‌عنوان یک ماده‌ی پراثرژی در صنایع نظامی به‌عنوان سوخت مایع با ایمپالس ویژه بالا

* E-mail: zarei@mut.ac.ir

۱- استادیار

۲- دانشیار

۳- کارشناسی ارشد

برخی از مشتقات آن و همچنین ترکیبات احیاء کننده‌ی آلی و معدنی، مزاحمت جدی خواهند داشت.

هدف از این مقاله، ارائه یک روش جدید در اندازه‌گیری اسپکتروفتومتری مقادیر ناچیز ۱، ۱- دی‌متیل هیدرازین می‌باشد. روش براساس واکنش تراکمی ۱،۱- دی‌متیل هیدرازین با پارا- نیتروبنزآلدئید در حضور مایسل آنیونی سدیم دودسیل سولفات (SDS) و تشکیل محصول رنگی دی‌متیل هیدرازون و اندازه‌گیری جذب در طول موج ۴۰۳ nm می‌باشد.

۲- بخش تجربی

۲-۱- دستگاه‌ها

اسپکتروفتومتر فرابنفش- مرئی UV-Vis مدل 3310 از شرکت هیتاچی (ژاپن) با سل‌های کوارتز ۱cm برای ثبت طیف‌های جذبی استفاده شد.

۲-۲- مواد شیمیایی

در تمام آزمایشات از آب مقطر دوبار تقطیر استفاده شد. محلول استاندارد ۱،۱- دی‌متیل هیدرازین ($780 \mu\text{g.ml}^{-1}$) با حل کردن ۱۰۰ میکرولیتر دی‌متیل هیدرازین (فلوکا) در آب و رقیق‌سازی تا حجم ۱۰۰ml در یک بالن ژوژه تهیه شد. محلول SDS ۰/۱ M با حل کردن ۷/۲ g سدیم دو سولفات (SDS) (مرک) در آب و رقت آن تا حجم ۲۵۰ ml در یک بالن ژوژه به‌دست آمد. محلول MNB ۰/۰۲۵ با حل کردن ۰/۳۷۷۵ g پارا- نیتروبنزآلدئید در ۰/۱ M SDS و با همین محلول در یک بالن ژوژه به حجم ۱۰۰ml رسانده شد.

۲-۳- روش آزمایش

به یک محلول حاوی ۶۰-۴ میکروگرم از ۱،۱- دی‌متیل هیدرازین در یک بالن ژوژه ۱۰ میلی‌لیتری، ۱ml محلول ۰/۰۲۵ M پارا- نیتروبنزآلدئید اضافه شد. محلول تا حجم تقریباً ۸ml رقیق شده و سپس در یک حمام آب گرم 60°C به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شده و آنگاه تا دمای محیط سرد شد. محلول به حجم رسانده شده و بخشی از آن به یک سل دستگاه اسپکتروفتومتر منتقل شد. جذب محلول در طول موج ۴۰۳ nm اندازه‌گیری شد و منحنی کالیبراسیون به‌دست آمد.

تولید و کاربرد می‌تواند وارد محیط شود. با توجه به نقطه جوش پایین این مواد، می‌توانند وارد اتمسفر و همچنین آب و خاک شوند. این مواد بسیار سمی بوده و به راحتی می‌توانند جذب سیستم‌های تنفسی شده و خسارات جبران‌ناپذیری به اندام‌های زنده وارد نمایند که از جمله آن آسیب به ریه، کبد، کلیه و سیستم‌های عصبی^۱ (CNS) می‌باشد [۳ و ۴]. میزان خطر سرطان‌زایی ۱،۱- دی‌متیل هیدرازین قابل ملاحظه بوده، به طوری که مؤسسه بین‌المللی تحقیقات سرطان شناسی آمریکا^۲ (IARC) و سازمان بهداشت جهانی^۳ (WHO) توجه خاصی به هیدرازین و مشتقات آن داشته و در گزارشات ارائه شده از طرف این سازمان‌ها، دی‌متیل هیدرازین در گروه B یعنی خطر سرطان‌زایی در انسان، طبقه‌بندی شده است [۵-۸]. میزان حد تحمل تماس انسان با ۱،۱- دی‌متیل هیدرازین در محیط کار برای مدت دو ساعت 0.15 mg.m^{-3} تعیین شده است [۹]. بنابراین، روش‌های حساس و قابل اعتمادی برای تعیین این مواد، مورد نیاز می‌باشند.

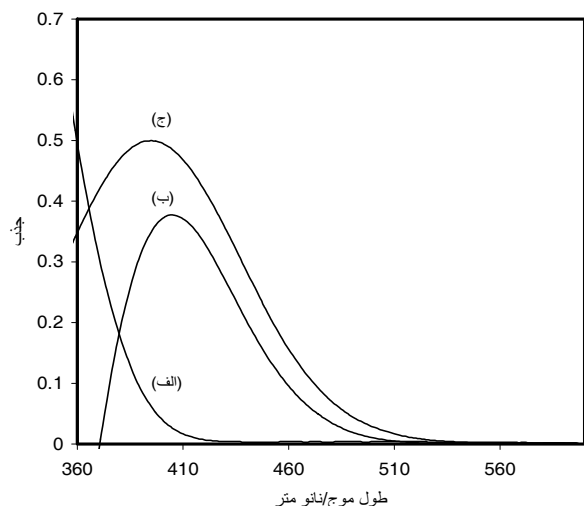
تاکنون روش‌های مختلف شامل تیتراسنجی [۱۰ و ۱۱]، کروماتوگرافی گازی [۱۲-۱۵]، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا [۱۶-۱۹] و روش‌های الکتروفورز [۱۹]، الکتروشیمی [۲۰-۲۳]، فلورومتری [۲۴] و اسپکتروفتومتری [۲۵-۲۷] برای اندازه‌گیری ۱، ۱- دی‌متیل هیدرازین گزارش شده است. روش‌های اسپکتروفتومتری به دلیل سادگی، عدم پیچیدگی دستگاهی، پاسخ سریع و سهولت کار با دستگاه، به‌شدت مورد توجه محققین می‌باشد. این مزیت‌های دستگاه باعث شده است که از آن در اکثر صنایع و حتی آزمایشگاه‌های بالینی استفاده گردد. همچنین در اندازه‌گیری مقادیر بسیار کم مواد سمی و نیاز به پاسخ سریع و قابلیت پرتابل بودن دستگاه در موضوعات سم‌شناسی، این دستگاه از جایگاه ویژه برخوردار می‌باشد. در بین روش‌های اسپکتروفتومتری اشاره شده در مراجع، روش ارائه شده از طرف انستیتوی بهداشت حرفه‌ای^۴ (NIOSH) بسیار شناخته شده است که در این روش ابتدا نمونه ۱،۱- دی‌متیل هیدرازین با فسفو مولیبدیک اسید در دمای 96°C به مدت ۶۰ دقیقه حرارت داده شده و جذب محلول رنگی به‌دست آمده در طول موج ۷۳۰ نانومتر اندازه‌گیری می‌شود. روش برای اندازه‌گیری $0.2-2.2 \text{ mg.m}^{-3}$ هوا قابل کاربرد می‌باشد، اما در این روش، هیدرازین و

1- Central nervous system (CNS)

2- International Agency for Research on Cancer (IARC)

3- World Health Organization (WHO)

4- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)



شکل ۱- طیف جذبی ۲/۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر ۱۰۱-دی‌متیل هیدرازین (الف) طیف جذبی شاهد (ب) طیف جذبی تصحیح شده و (ج) طیف جذبی تصحیح نشده. شرایط آزمایش: محلول $2/5 \times 10^{-3}$ M NB، محلول $0/1$ M SDS، $T=60^\circ\text{C}$ و $\text{pH}=7$.

۳-۱- بهینه‌سازی شرایط اندازه‌گیری

به منظور به‌دست آوردن بهترین نتایج در آزمایش، برخی از پارامترهای موثر بر واکنش بایستی بهینه‌سازی شود، لذا پارامترهای مختلفی در این سیستم مطالعه شد. روش بهینه‌سازی پارامترها، براساس یکی در یک زمان انجام شد. یعنی در بهینه‌سازی هر پارامتر، بقیه‌ی پارامترها، ثابت نگه داشته شد. در این نوع بهینه‌سازی، هر چند ممکن است مقادیر بهینه واقعی به‌دست نیاید، اما قطعاً منجر به بهبود در روش تجزیه‌ای خواهد شد.

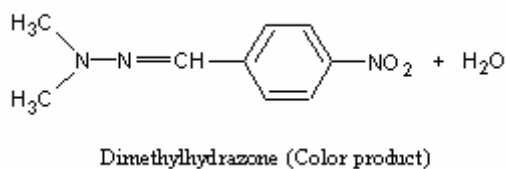
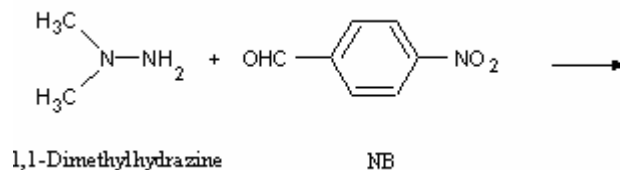
اثر غلظت پارا-نیتروبنزوالدئید (NB) بر روی واکنش تراکمی با ۱۰۱-دی‌متیل هیدرازین در گستره غلظتی 4×10^{-4} - $2/5 \times 10^{-3}$ M مورد بررسی قرار گرفت. طبق شکل (۲) با افزایش غلظت NB تا $2/5 \times 10^{-3}$ M می‌ماند، بنابراین غلظت NB $2/5 \times 10^{-3}$ M به‌عنوان غلظت بهینه انتخاب شد. اثر pH بر روی واکنش ۱۰۱-دی‌متیل هیدرازین با پارا-نیترو بنزوالدئید (NB) در گستره $\text{pH}=1-10$ مورد مطالعه قرار گرفت مطابق شکل (۳)، جذب محلول تا $\text{pH}=7$ افزایش یافته و در pH های بالاتر اندکی کاهش می‌یابد. بنابراین کلیه‌ی آزمایشات در $\text{pH}=7$ یعنی محیط خنثی صورت گرفت.

1- one the time

برای اندازه‌گیری UDMH در نمونه‌های آب، مقادیر مشخص از غلظت در گستره خطی به نمونه‌های آب اضافه گردیده و مقادیر جذب اندازه‌گیری شده و بر اساس منحنی کالیبراسیون، غلظت UDMH محاسبه شد.

۳- بحث و نتیجه‌گیری

تشکیل باز شیف از واکنش‌های تراکمی آلدئیدهای آروماتیک با هیدرازین و مشتقات آن می‌باشد، که به‌دلیل محصول رنگی تولید شده تاکنون برای اندازه‌گیری انواع مختلف آلدئیدهای آروماتیک و مشتقات هیدرازین به‌کار رفته است [۲۸-۳۰]. در محیط مایسلی SDS، واکنش تراکمی آلدئیدهای آروماتیک با هیدرازین و مشتقات آن منجر به محصولات رنگی می‌شود. بر همین اساس، در اثر واکنش تراکمی ۱۰۱-دی‌متیل هیدرازین با پارا-نیتروبنزوالدئید، محصول رنگی دی‌متیل هیدرازون تشکیل می‌شود که واکنش آن طبق معادله زیر می‌باشد.

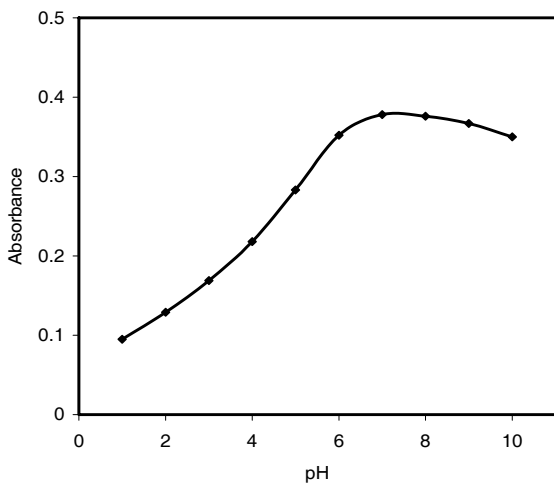


طیف جذبی محصول دی‌متیل هیدرازون در شکل (۱) نشان داده شده است. طول موج ماکزیمم در 403 nm می‌باشد. بر همین اساس کلیه اندازه‌گیری در این طول موج انجام شد.

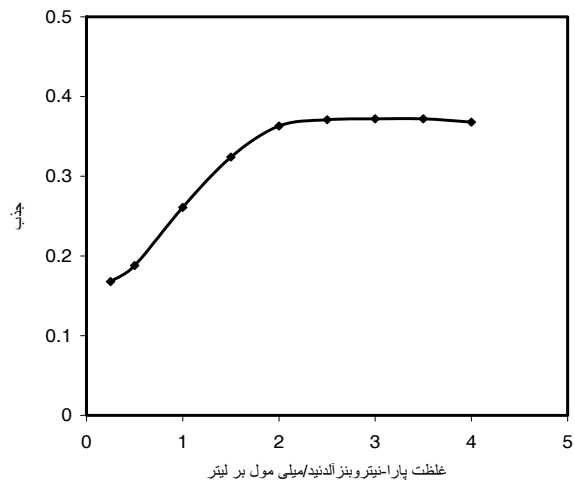
مطابق شکل (۴) جذب محلول تا غلظت 0.01 M افزایش یافته و در غلظت‌های بالاتر، جذب تقریباً ثابت می‌ماند. بنابراین غلظت 0.01 M SDS به‌عنوان غلظت بهینه انتخاب شد.

واکنش تراکمی ۱، ۱- دی‌متیل هیدرازین با پارا- نیتروبنزآلدئید، وابسته به دما می‌باشد. به همین منظور، اثر دما بر روی واکنش فوق در گستره دمایی $20-80^\circ\text{C}$ مورد مطالعه قرار گرفت. مطابق شکل (۵) جذب محصول واکنش تا 60°C افزایش یافته و در دماهای بالاتر تقریباً ثابت می‌ماند، بنابراین تمام آزمون‌ها در دمای 60°C انجام شد.

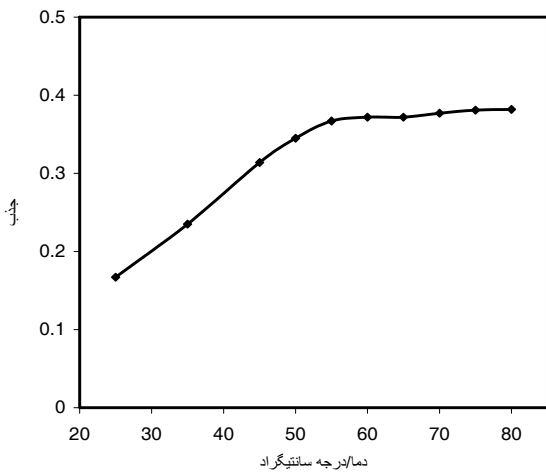
واکنش تراکمی ۱،۱- دی‌متیل هیدرازین با پارا- نیتروبنزآلدئید (NB) در محیط مایسلی SDS انجام گردید. براساس تحقیق انجام شده توسط یاتسیمیرسکی^۱ و همکارانش، نشان داده شد که سرعت واکنش تراکمی هیدرازین و مشتقات آن با آلدئیدهای آروماتیک در حضور مایسل سدیم دودسیل سولفات (SDS)، به‌سرعت واکنش افزایش یافته و حساسیت روش بهبود می‌یابد [۳۰]، بنابراین، در این کار تحقیقاتی، از این مایسل استفاده شده و اثر غلظت مایسل SDS بر روی واکنش، در گستره $0.001-0.04 \text{ M}$ مورد بررسی قرار گرفت.



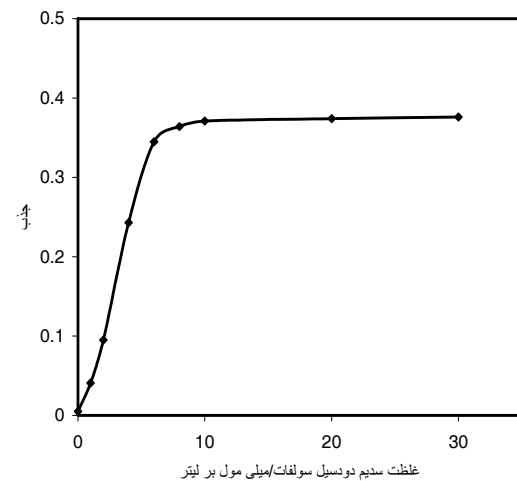
شکل ۳- اثر pH بر روی واکنش ۱،۱-دی‌متیل هیدرازین با NB، شرایط آزمایش: محلول NB $2 \times 10^{-3} \text{ M}$ ، محلول SDS 0.01 M و $T=60^\circ\text{C}$.



شکل ۲- اثر غلظت پارا- نیتروبنزآلدئید (NB) در واکنش با ۱،۱- دی‌متیل هیدرازین، شرایط آزمایش: محلول SDS 0.01 M و $\text{pH} = 7$ و $T=60^\circ\text{C}$.



شکل ۵- اثر دما بر روی واکنش ۱،۱-دی‌متیل هیدرازین با NB، شرایط آزمایش: محلول NB $3 \times 10^{-3} \text{ M}$ ، محلول SDS 0.01 M و $\text{pH} = 7$.



شکل ۴- اثر غلظت سدیم دودسیل سولفات (SDS) بر روی واکنش ۱،۱- دی‌متیل هیدرازین با NB، شرایط آزمایش: محلول NB $3 \times 10^{-3} \text{ M}$ و $\text{pH} = 7$ و $T=60^\circ\text{C}$.

۲-۳- کمیت‌های تجزیه‌ای

جدول ۲- اثر مزاحمت برخی از گونه‌های شیمیایی در اندازه‌گیری دی‌متیل هیدرازین با استفاده از روش پیشنهاد شده.

گونه‌های شیمیایی	حد تحمل (میکروگرم بر میلی لیتر)
Na ⁺ , K ⁺ , NH ₄ ⁺ , Ba ²⁺ , As ³⁺ , Co ²⁺ , Mn ²⁺ , Zn ²⁺ , Cd ²⁺ , Ni ²⁺ , Fe ²⁺ , Ca ²⁺ , Cu ²⁺ , Mg ²⁺ , Al ³⁺	۱۰۰۰
CO ₃ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , F ⁻ , acetate, tartrate, citrate	۱۰۰۰
Urea, Thiourea, Hydrazine, Acetylhydrazine, Semicarbazide, Thiosemicarbazide, Ammonia	۲۵

جدول (۱) برخی از کمیت‌های تجزیه‌ای به‌دست آمده از روش پیشنهادی در اندازه‌گیری ۱۰۱- دی‌متیل هیدرازین را نشان می‌دهد. براساس داده‌های به‌دست آمده، اندازه‌گیری ۱۰۱- دی‌متیل هیدرازین در گستره غلظتی ۰/۴-۶/۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر خطی می‌باشد. همچنین، انحراف استاندارد نسبی^۱ (RSD) برای ده اندازه‌گیری مکرر غلظت ۲ μg.ml⁻¹ از ۱۰۱- دی‌متیل هیدرازین، مقدار ۱/۴۵٪ به‌دست آمد.

۳-۳- بررسی اثر مزاحمت

در این کار پژوهشی، برای مطالعه انتخاب‌پذیری روش، اثر مزاحمت، تعدادی از کاتیون‌ها، آنیون‌ها و برخی از مواد آلی بر روی واکنش ۱، ۱- دی‌متیل هیدرازین با پارا- نیترو بنزالدهید (NB) مورد مطالعه قرار گرفت. جدول (۲) مقادیر "حد تحمل"^۲ گونه‌های مختلف را نشان می‌دهد. برطبق این جدول، اکثر کاتیون‌ها و آنیون‌ها، حتی تا غلظت ۱۰۰۰ μg.ml⁻¹ هیچ گونه مزاحمتی در اندازه‌گیری ۱۰۱- دی‌متیل هیدرازین با روش پیشنهادی ندارند. بنابراین انتخاب‌پذیری روش پیشنهادی از لحاظ تجزیه‌ای مورد قبول می‌باشد.

۴-۳- کاربرد روش

به منظور ارزیابی، قابلیت کاربرد روش در اندازه‌گیری ۱۰۱- دی‌متیل هیدرازین در نمونه‌های حقیقی، این روش برای اندازه‌گیری ۱۰۱- دی‌متیل هیدرازین در نمونه‌های آب به‌کار برده شد. در اینجا، مقادیر مشخص از غلظت ۱۰۱- دی‌متیل هیدرازین به نمونه‌های آب اضافه گردیده و براساس روش پیشنهاد شده اندازه‌گیری انجام گردید، که نتایج بدست آمده در جدول (۳) فهرست شده است. با توجه به درصد بازیابی بدست آمده که در گستره ۱۰۵-۹۶٪ می‌باشد، نشان می‌دهد که روش می‌تواند، نتایج رضایت‌بخشی برای اندازه‌گیری ۱۰۱- دی‌متیل هیدرازین در نمونه‌های آب بدهد.

جدول ۱- کمیت‌های تجزیه‌ای به‌دست آمده در اندازه‌گیری دی‌متیل هیدرازین.

A=۰/۲۰۰C - ۰/۰۳۹۵	معادله خط رگرسیون
r=۰/۹۹۹۸	ضریب همبستگی (r)
۰/۴۰-۶/۰	گستره خطی (میکروگرم بر میلی لیتر)
۰/۱۰	حد تشخیص (میکروگرم بر میلی لیتر)
۱/۴۵	تکرارپذیری (R.S.D.%)
۹۶-۱۰۵	درصد بازیابی

جدول ۳- اندازه‌گیری دی‌متیل هیدرازین در نمونه‌های آب.

نمونه	۱۰۱- دی‌متیل هیدرازین (میکروگرم بر میلی لیتر)		
	مقادیر اضافه شده	مقادیر به‌دست آمده	درصد بازیابی
آب آشامیدنی (تهران)	۰/۵۰	۰/۵۲	۱۰۴
	۲/۰	۱/۹۶	۹۸/۰
	۳/۰	۳/۱	۱۰۳/۳
	۴/۰	۳/۹۴	۹۸/۵
آب رودخانه	۰/۶۰	۰/۵۷	۱۰۵
	۱/۵۰	۱/۵۴	۱۰۲/۷
	۲/۵	۲/۴۱	۹۶/۴
	۴/۰	۳/۹۲	۹۸/۰
فاضلاب شهری (تهران)	۰/۷	۰/۷۴	۱۰۵/۵
	۲/۰	۱/۹۴	۹۷/۰
	۳/۰	۳/۱۱	۱۰۳/۷
	۶/۰	۵/۸۹	۹۸/۲

1- Relative Standard Deviation

2- tolerance limit

- [8]. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Pocket Guide to Chemical Hazards, U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, Cincinnati, OH, 1997.
- [9]. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Occupational Safety and Health Standards, Toxic and Hazardous Substances, Code of Federal Regulations, 29 CFR 1910.1000, 1998.
- [10]. Malone, H.E.; Anderson, D. M. W. "The determination of mixtures of hydrazine, monomethyl-hydrazine and 1,1-dimethylhydrazine"; Anal. Chim. Acta vol. 48, pp. 87-91, 1969.
- [11]. Burns, E. A.; Lawler, E. A. "Determination of Mixtures of Hydrazine and 1,1-Dimethylhydrazine (UDMH)"; Anal. Chem., vol. 35, pp. 802-806, 1968.
- [12]. Suzuki, T.; Nemoto, S.; Saito, Y. "Determination of Plant Growth Regulator, Daminozide and 1,1-Dimethylhydrazine in Fruits and Fruit Juice by Gas Chromatography"; Shokuhin. Eiseigaku. Zasshi., vol. 31, pp. 177-181, 1990.
- [13]. Rutschmann, M. A.; Buser, H. R. "Determination of Daminozide and Dimethylhydrazine Residues in Swiss Apple Juice Concentrates Using Gas Chromatography - Mass Spectrometry"; J. Agric. Food. Chem., vol. 39, pp. 176-181, 1991.
- [14]. Brinkman, J.H.; Wagenaar, R.; Quirijns, J.K. "Determination of 1,1-Dimethylhydrazine and daminozide residues in apples using gas chromatography with nitrogen-phosphorus detection"; Journal of Chromatography A, vol. 723, pp. 355-360, 1996.
- [15]. Diekmann, J.; Biefel, C.; Rustemeier, K. "Analysis of Cigarette Mainstream Smoke for 1,1-Dimethylhydrazine and Vinyl Acetate by Gas Chromatography-Mass Spectrometry"; Journal of Chromatographic Science, vol. 40, pp. 509-514, 2002.
- [16]. Hamed, M.; Abdou, T. M.; Leonard, C. B. "The Determination of Hydrazine and 1,1-Dimethylhydrazine Separately or in Mixtures, by High-Pressure Liquid Chromatography"; Anal. Chim. Acta, vol. 93, pp. 221-226, 1977.
- [17]. Fiala, E. S.; Kulakis, C. "Separation of Hydrazine, Monomethylhydrazine, 1,1-Dimethylhydrazine and 1,2-Dimethylhydrazine by High-Performance Liquid Chromatography with Electrochemical Detection"; J. Chromatogr., vol. 214, pp. 229-233, 1981.
- [18]. Kester, P. E.; Danielson, N. D. "Determination of Hydrazine and 1,1-Dimethylhydrazine as Salicylaldehyde Derivatives by Liquid Chromatography with Electrochemical Detection"; Chromatographia, vol. 18, pp. 125-128, 1984.

۵- نتیجه‌گیری

روش پیشنهاد شده، روشی بسیار ساده و سریع برای اندازه‌گیری اسپکتروفتومتری ۱،۱-دی متیل هیدرازین می‌باشد. با توجه به خطرات زیست‌محیطی و سمیت بالای این ماده، ارائه روش‌های ساده و سریع بویژه روش‌های رنگ سنجی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. روش ارائه شده دارای گستره غلظتی خطی مناسب ۶-۴۰٪ و حد تشخیص ۱۰٪ میکروگرم بر میلی لیتر برای اندازه‌گیری ۱،۱-دی متیل هیدرازین می‌باشد. بنابراین روش پیشنهادی می‌تواند، برای دنبال کردن سریع و آسان این ترکیب در نمونه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. براساس اطلاعات و منابع کتابخانه‌ای به دست آمده، این اولین گزارش در مورد اندازه‌گیری اسپکتروفتومتری ۱،۱-دی متیل هیدرازین با پارا-نیتروبنزآلدئید می‌باشد.

۵. مراجع

- [1]. U.S.Environmental protection Agency, "Health and Environmental Effects Profile for 1,1-Dimethylhydrazine"; Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Research and Development, Cincinnati, OH, 1984.
- [2]. Schessl, H. W.; Othmer, K. (Ed.) "Encyclopedia of Chemical Technology"; vol. 13, 4th ed., pp. 560, 1995.
- [3]. Pingarron, J. M.; Ortiz Hernandez, I.; Gonzalez-Cores, A.; Yez-Sendeno, P. "Carbon fibre microelectrodes modified with rhodium for the electrocatalytic determination of hydrazine"; Anal. Chim. Acta, vol. 439, pp. 281-290, 2001.
- [4]. U.S.Department of Health and Human Service, Hazardous Substances Data Bank (HDBS, online database), National Toxicology Information Program, National Library of Medicine, Bethesda, MD, 1993.
- [5]. Sittig, M.; Handbook of Toxic and Hazardous Chemical and Carcinogens. 2nd ed., Noyes Publications, Park Ridge, 1985.
- [6]. World Health Organization. Environmental Health Criteria 68: Hydrazine, Geneva, Switzerland, pp. 1-89, 1987.
- [7]. International Agency for Researge on Cancer (IARC). IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man: Some Aromatic Amines, Hydrazine and Related Substances, N-Nitroso Compounds and Miscellaneous Alkylating Agents; vol. 4, World Health Organization, Lyon, pp. 127-151, 1974.

- [19]. Guo, L.; Matysik, F.M. "Determination of Hydrazine, Monomethylhydrazine, dimethylhydrazine, and 1,2-dimethylhydrazine by nonaqueous capillary electrophoresis with amperometric detection, Electrophoresis"; vol. 26, pp. 3341-3348, 2005.
- [20]. Stetter, J. R.; Tellefsen, K. A.; Saunders, R. A.; DeCorpo, J. J. "Electrochemical Determination of Hydrazine and Methyl- and 1,1-Dimethylhydrazine in Air"; Talanta, vol. 26, pp. 799-804, 1979.
- [21]. Wang, S.; Jiang, M. A.; Zhou, X. "Determination of Hydrazine Using Nickel Hexacyanoferrate-Modified Electrode"; Fenxi-Shiyanshi., vol. 11, pp. 14-17, 1992.
- [22]. Casella, I. G.; Guascito, M. R.; Salvi, A. M.; Desimoni, E. "Catalytic Oxidation and Flow Detection of Hydrazine Compounds at a Nafion/ruthenium (III) Chemically Modified Electrode"; Anal. Chim. Acta, vol. 354, pp. 333-341, 1997.
- [23]. Pamidi, P. V. A.; Wang, J. "Electrocatalysis and Measurements of Hydrazine Compounds at Glassy-Carbon Electrodes Coated with Electropolymerized 3,4-Dihydroxybenzaldehyde Film"; Electroanalysis, vol. 8, pp. 244-247, 1996.
- [24]. Collins, G. E.; Rose-Pehrsson S. L. "Fluorescent Detection of Hydrazine, Monomethylhydrazine, and 1, 1-Dimethylhydrazine by Derivatization with Aromatic Dicarbaldehydes"; Analyst (London), vol. 119, pp. 1907-1913, 1994.
- [25]. Bailey, L.C.; Medwick, T. "Spectrophotometric Determination of Hydrazine and 1,1-Dimethylhydrazine Separately or in Admixture"; Anal. Chim. Acta, vol. 35, pp. 330-336, 1966.
- [26]. Delalu, H.; Marchand, A. "Ultra-violet Spectrophotometric Analysis of Unsymmetrical Dimethylhydrazine-Formaldehyde Dimethylhydrazone Mixtures"; Analysis, vol. 14, pp. 296-299, 1986.
- [27]. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4th, 1,1-Dimethylhydrazine, Method 3515, 2, pp. 1-3, 1994.
- [28]. Siggia, S.; Hanna, J. G. "Quantitative Organic Analysis via Functional Groups"; 4th ed., Wiley-Interscience, New York, 1979.
- [29]. Sawicki, E.; Sawicki, C. R. "Aldehydes Photometric Analysis"; Academic Press, London, Vol. 1-5, 1978.
- [30]. Yatsimirsky A. K.; Yatsimirskaya N. T.; Kashina S. B. "Micellar Catalysis and Product Stabilization in Hydrazone Formation Reaction and Micellar Modified Determination of Hydrazine and Phenylhydrazine"; Anal. Chem., vol. 66, pp. 2232-2239, 1994.