



فصلنامه علمی ((دفاع هوافضایی))

دوره ۲، شماره ۲، شهریور ۱۴۰۲

عنوان مقالات

مقاله پژوهشی

طراحی و سنتز حسگر شیمیایی رنگ سنجی بر پایه آرسنازوتتری برای اندازه گیری آرژنین در محلول آبی و سرم خون انسان

حسین توللی^{۱*}، مستانه استوار^۲، محمدعلی کریمی^۳، ابوالفتح پرهامی^۴

۱. استاد تمام گروه شیمی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲. دانشجوی دکتری دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۴. استادیار، گروه شیمی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

در چند دهه اخیر تحقیقات پژوهشی زیادی برپایه روشهای تجزیهای گوناگونی در اندازه گیری اسیدهای آمینه در نمونه های محیطی و بیولوژیکی نظیر سرم خون به دلیل نقش مهم آن ها در عملکرد اندام های حیاتی بدن و نیز تاثیر غیر مستقیم آن بر توان پدافند دفاعی صورت گرفته است. استفاده از روش حسگرهای شیمیایی رنگ سنجی به دلیل: ساده گی روش، گزینش پذیری خوب، ارزانی، تجهیزات کم، عدم نیاز به پیش آماده سازی نمونه، قابل استفاده برای همه نمونه ها خصوصا نمونه های بیولوژیکی و تشخیص با چشم برهنه توجه بسیاری از محققین را جلب کرده است. در این پژوهش از روش رنگ سنجی بر پایه آرسنازوتتری (۲،۷- بیس [۲- آرسنوفنیل] آزو] - ۸،۱- دی هیدروکسی - ۶،۳- نفنالن دی سولفوریک اسید) (به عنوان حسگر شیمیایی رنگ سنجی) برای تعیین آرژنین در محیط آبی استفاده شد. افزایش آرژنین به محلول آرسنازوتتری باعث تغییر رنگ قابل مشاهده از قرمز به بنفش و کاهش جذب در طول موج ۵۳۶ نانومتر گردید. نقطه ی ایزوبستیک در ۵۸۰ نانومتر مشاهده شد که گویای برهمکنش بین آرسنازوتتری و آرژنین می باشد. محدوده دینامیکی خطی برای آزمایش جذب UV-Vis ۱۵-۳۴ میکرومول بر لیتر به دست آمد. حد تشخیص نیز به ۰/۰۴ میکرومول بر لیتر محاسبه شد. این روش برای تعیین آرژنین در نمونه های محیطی به کار گرفته شد که نتایج رضایت بخشی داشت.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۲

کلمات کلیدی:

حسگر شیمیایی، رنگ سنجی، آرسنازوتتری، آرژنین.



نویسنده مسئول:

حسین توللی
Tavallali@pnu.ac.ir

استناد به مقاله: حسین توللی، مستانه استوار، محمدعلی کریمی، ابوالفتح پرهامی، طراحی و سنتز حسگر شیمیایی رنگ

سنجی بر پایه آرسنازوتتری برای اندازه گیری آرژنین در محلول آبی و سرم خون انسان، مجله علمی پژوهشی دفاع هوافضایی، دوره

۲، شماره ۲، شهریور ۱۴۰۲



Design and Synthesis of Colorimetric Chemosensor based on ArsenazoIII (AIII) for measuring Arginine in aqueous solution and human blood serum.

Hosain Tavallali, Mastaneh Ostovar, Mohamad Ali Karimi and Abolfath Parhami

1, 3. Full Professor, Department of Chemistry, Payam Noor University, Tehran, Iran

2. Doctoral student of Payam Noor University, Tehran, Iran

4. Assistant Professor, Department of Chemistry, Payam Noor University, Tehran, Iran

Article Information

Accepted: 1402/05/30

Received: 1401/11/22

Keywords:

Chemosensor,
Colorimetry,
ArsenazoIII, Arginine



Corresponding author:

Hosain Tavallali

Email:

Tavallali@pnu.ac.ir

Abstract

In the last few decades, a lot of research has been done based on various analytical methods in the measurement of amino acids in environmental and biological samples such as blood serum due to their important role in the functioning of the body's vital organs and also its indirect effect on the defense power. The use of colorimetric chemical sensors has attracted the attention of many researchers due to the simplicity of the method, good selectivity, cheapness, low equipment, no need for pre-preparation of the sample, usable for all samples, especially biological samples and detection with the naked eye. In this research, the colorimetric method based on ArsenazoIII (2,7-bis[(2-aronophenyl) azo]-1,8-dihydroxy-3,6-naphthalenedisulfonic acid) (AIII) (as a colorimetric chemical sensor) was used to determine arginine in aqueous medium. The addition of arginine to AIII solution caused a visible color change from red to purple and a decrease in absorption at 536 nm wavelength. An isosbestic point was observed at 580 nm, which indicates the interaction between AIII and arginine. The linear dynamic range for the UV-Vis absorption test was 15-340 μmolL^{-1} . The detection limit was calculated to be 0.04 μmolL^{-1} . This method was used to determine arginine in environmental, which had satisfactory results.

HOW TO CITE: Hosain Tavallali, Mastaneh Ostovar, Mohamad Ali Karimi and Abolfath Parhami, Design and Synthesis of Colorimetric Chemosensor based on ArsenazoIII (AIII) for measuring Arginine in aqueous solution and human blood serum., , Journal of Airspace Defense, Vol. 2, No 2, 1402.

۱. مقدمه

با توجه به گسترده گی و تنوع کاربرد، حسگرهای شیمیایی با قابلیت استفاده از فن آوری الکترونیکی و نوری موجود در شناسایی و اندازه گیری گونه های زیست - محیطی و بیولوژیکی در چند دهه ی اخیر یکی از پیشرفته ترین ابزارها در شیمی تجزیه محسوب می شود. قسمت اصلی یک حسگر شیمیایی، عنصر حسگر است، که در اثر برهمکنش با آنالیت (گونه مورد اندازه گیری) منجر به تولید سیگنال الکتریکی می شود، سپس این سیگنال تقویت و پردازش می شود. بنابراین عمل حسگرهای شیمیایی شامل دو مرحله اصلی تشخیص و تقویت است. حسگرهای شیمیایی نوری جوان ترین حسگرهای شیمیایی هستند. در این حسگرها در بخش سیگنال دهنده (مبدل) از پرتو الکترومغناطیس برای ایجاد سیگنال تجزیه ای استفاده می شود. نتیجه برهم کنش این پرتو با آنالیت منجر به تغییر در یک ویژگی نوری شده که متناسب با غلظت آنالیت بوده و مورد ارزیابی قرار می - گیرد [۱]. عملکرد حسگرهای شیمیایی نوری به عنوان مولکولی منفرد در اندازه گیری متوالی و تجزیه و تحلیل هم زمان دو یا چند آنالیت بدون نیاز به بارگذاری شناساگرهای متعدد، اخیرا موجب تمرکز پژوهش روی این نوع حسگرها شده است. حسگرهای شیمیایی رنگ سنجی از جمله حسگرهای شیمیایی نوری می باشد. در این نوع حسگر از شناساگری استفاده می شود که در اثر برهم کنش با آنالیت تغییر رنگ داده، که این تغییر رنگ به صورت اسپکتروسکوپی قابل اندازه گیری بوده و نیز با چشم غیر مسلح قابل مشاهده می باشد. [۲ ، ۳]. ویژگی های بارز این نوع حسگرها از جمله تولید سیگنالهای نوری در برهمکنش اختصاصی با آنالیت هدف، عملکردی ساده، حساسیت خوب، حد تشخیص کم، زمان پاسخ دهی سریع و توانایی تشخیص با چشم برهنه بدون استفاده از هیچ ابزاری منجر به استفاده گسترده از آنها شده است. به دیگر سخن، حسگرهای شیمیایی رنگ سنجی روشی ایده آل برای تعیین و شناسایی کیفی آنالیت ها برپایه تغییر رنگ و طیف جذبی می باشد، که با ایجاد پاسخی متمایز به آنالیت های بیولوژیکی و شیمیایی براساس مولکول آلی سنتزی خاص، این حسگرها جذاب تر و در طی ساده گی و گزینش پذیری قابل اعتماد تر می شوند.

ال آرژنین (یا آرژنین) یک اسید آمینه نیمه ضروری است. زیرا نیاز فیزیولوژیکی بافت ها و اندام ها به آرژنین با سنتز درون زا (در بدن انسان از گلوتامین و سیترولین تولید می شود) و یا با غذا تامین می شود [۴]. آرژنین یک پیش ساز ضروری برای سنتز پروتئین ها و مولکول های مهم بیولوژیکی متعددی مانند اورنیتین، پرولین، پلی آمین ها، کراتین و آگماتین است. آرژنین با خنثی کردن رادیکال های آزاد، روند تخریب پوست و اندام ها را کاهش داده و باعث درمان و ترمیم بافت آسیب دیده می شود، با تقویت عملکرد دفاعی بدن، رشد تومورها و پیشرفت سرطان را به تأخیر انداخته و برای افراد مبتلا به ایدز مفید است، باعث افزایش اندازه و فعالیت غده تیموس (منبع تولید لنفوسیت های T) می شود، برای درمان اختلال های کبد نظیر سیروز کبدی و کبد چرب

سودمند بوده و با خنثی کردن آمونیاک، به سم‌زدایی کبد کمک می‌کند، از طریق تحریک لوزالمعده در آزاد شدن انسولین به‌عنوان جزئی از داروی وازوپرسین به درمان دیابت خون کمک می‌کند. همچنین باعث سوخت‌وساز گلوکز در بدن شده و حساسیت به انسولین را در افراد مبتلابه دیابت افزایش می‌دهد. ال-آرژنین پیش‌ساز اکسید نیتریک (NO) است. اکسید نیتریک در تمام انواع بافت‌های بدن انسان وجود داشته و نقش اساسی در عملکرد سیستم قلبی عروقی، ایمنی و عصبی ایفا می‌کند. کمبود NO بر وضعیت عمومی سیستم ایمنی بدن تأثیر منفی می‌گذارد و باعث ایجاد بیماری‌های جدی، به‌ویژه، فشارخون بالا، بیماری عروق کرونر قلب و آترواسکلروز می‌شود [۵]. از طرفی با مصرف بیش از حد آن مشکلاتی نظیر: نقرس، نفخ، درد شکم و مشکلات گوارشی، التهاب راه‌های تنفسی، کاهش فشارخون، اسهال، اختلالات خونی، آلرژی و تشدید علائم آسم ایجاد می‌شود. می‌توان گفت آرژنین نقش حیاتی زیادی در بدن دارد، کمبود آن می‌تواند عملکرد سلولی و اندامی بدن را مختل کرده و منجر به پیامدهای نامطلوب جدی برای سلامتی شود. همچنین یکی از مواد تشکیل‌دهنده در بسیاری از مکمل‌های غذایی است که به طور گسترده توسط پرسنل نظامی و غیرنظامی اغلب همراه با کافئین یا کراتین یا هر دو برای افزایش عملکرد فیزیولوژیکی از جمله متابولیسم عضلانی، عملکرد سیستم ایمنی، دفع ضایعات ناشی از متابولیسم پروتئین، تنظیم سیستم عروقی، بهبود و ترمیم بافت، تشکیل کلاژن و ساخت استخوان و تاندون جدید، تسریع در روند بهبود زخم در افراد آسیب دیده و افزایش توان استقامتی استفاده می‌شود [۶، ۷]. بنابراین اندازه‌گیری آن امری ضروری است. تاکنون روش‌های تجزیه‌ای متعددی برای اندازه‌گیری آرژنین گزارش شده است، به عنوان مثال، کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) [۸، ۹]، کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) [۱۰، ۱۱]، کروماتوگرافی مایع- طیف‌سنجی جرمی (LC-MS) [۱۲]، بیوسنسور الکتروشیمی [۱۳] و الکتروفورز موینگی [۱۴]. اکثر آنها نیاز به اپراتورهای آموزش‌دیده دارند و برخی از این روش‌ها نیز با داشتن حساسیت و گزینش‌پذیری خوب، ولی چالش‌هایی مانند: آماده‌سازی نمونه، تجهیزات پیچیده، حجم زیاد نمونه، شناساگرهای گران‌قیمت و سمی و یا ارزیابی ناکافی داشته و همچنین زمان‌بر می‌باشند. از این رو، طراحی و توسعه روشی گزینش‌پذیر، سریع پاسخ، ارزان و ساده برای تشخیص آرژنین ضروری است.

آرسنازوتری یکی از پرکاربردترین شناساگرهای فلزی است، که با تشکیل کمپلکس‌های رنگی و پایدار با یونهای فلزی در محدوده‌ی وسیع pH برای اندازه‌گیری فلزات در غلظت‌های بسیار کم استفاده شده است [۱۵، ۱۶]. تغییر در رنگ و طیف جذبی آرسنازوتری در برخی طول موج‌های خاص در ناحیه مرئی و تشخیص اولیه با چشم برهنه به محض کمپلکس شدن با گونه‌های هدف با عملکردی اختصاصی و سریع بسته به شرایط محیط آزمایش، منجر به توسعه کاربرد آن با متدهای مختلف شده است [۱۷، ۱۸]. در این پروژه از آرسنازوتری به‌عنوان حسگر شیمیایی رنگ سنجی برای تعیین آرژنین استفاده شده است.

۱-۱. پیشینه تحقیق

در سال ۲۰۱۸ توللی و همکارانش با روش رنگ‌سنجی با استفاده از راکتیو بلو^۱ به‌عنوان حسگر شیمیایی رنگ‌سنجی برای اندازه‌گیری کاتیون مس، ال - آرژنین و ال - سیستین در محیط آبی استفاده کردند. حد تشخیص در محدوده ۹۲/۳۸-۱/۷۵ میکرومولار، برابر با ۱/۰۶ میکرومولار محاسبه گردید [۱۹].

در سال ۲۰۱۸ هانگکی و همکارانش از کومارین^۲ به‌عنوان پروب رنگ‌سنجی و فلورسانی برای تعیین گزینشی آرژنین و لایزین در محلول بافری هیپس با $pH = 7/16$ استفاده کردند [۲۰].

در سال ۲۰۱۹ اسدالله محمدی و همکارانش از تیاژول به‌عنوان حسگر شیمیایی رنگ‌سنجی و فلورسانی برای اندازه‌گیری آرژنین استفاده کردند. حد تشخیص گزارش شده توسط آنها به‌عنوان پروب رنگ‌سنجی ۱/۶۲ میکرومولار و به‌عنوان پروب فلورسانی ۰/۱۹ میکرومولار می‌باشد [۲۱].

۱-۲. هدف از پژوهش

طراحی حسگر شیمیایی برپایه رنگ‌سنجی گزینش‌پذیر نسبت به آرژنین با حد تشخیص مناسب، تکرارپذیری و صحت خوب، بی‌تاثیری نسبت به عوامل مزاحم محیطی، حداقل هزینه، عدم نیاز به دستگاه‌های پیچیده و گران‌قیمت و عدم نیاز به مراحل پیش آماده‌سازی نمونه می‌باشد. در این پژوهش از آرسنازوتری به‌عنوان حسگر شیمیایی رنگ‌سنجی برای تعیین ال-آرژنین در نمونه‌های حقیقی (آب معدنی و سرم خون) به‌دلیل نقش حیاتی ال-آرژنین در حفظ سلامتی و سیستم ایمنی بدن استفاده شده است. جهت افزایش حساسیت و بازده روش pH محیط آزمایش بهینه شده است.

۲. روش پژوهش

۲-۱. دستگاه‌ها، روش و مواد

دستگاه اسپکتروفومتر UV-Vis دوپرتویی Shimadzu مدل PC 1601، pH متر Metrohm ساخت کشور سوئیس، مدل 827 pH Lab pH Meter.

1. Reactive Blue 4
2. Coumarin

روش بنسی- هیلدبرند یک روش بسیار پرکاربرد در زمینه‌ی تعیین استوکیومتری و ثابت‌های تعادل استفاده شده است. معادله‌ی $\frac{1}{(A-A_0)} = \frac{1}{(A_{max}-A_0)} \left[\frac{1}{K_{ass}[Analyte]^n} + 1 \right]$ ، معادله‌ی محاسباتی روش بنسی- هیلدبرند برای به دست آوردن نسبت استوکیومتری و ثابت تشکیل (K_{ass}) را نشان می‌دهد. در این معادله، A بیانگر جذب پذیرنده (لیگاند) در حضور آنالیت، A_0 بیانگر جذب آن در عدم حضور آنالیت و A_{max} نشان دهنده‌ی ماکسیمم جذب لیگاند یا به اصطلاح جذب اشباع لیگاند در حضور مقدار اضافی آنالیت می‌باشد. غلظت آنالیت و ثابت تشکیل کمپلکس نیز به ترتیب به صورت $[Analyte]$ و K_{ass} نشان داده شده‌اند. که از رسم نمودار $1/(A-A_0)$ بر حسب $1/[Analyte]^n$ ، نسبت استوکیومتری آنالیت و حسگر (لیگاند یا مخلوط لیگاندها) به دست می‌آید. اگر نمودار $1/(A-A_0)$ بر حسب $1/[Analyte]$ (با $n=1$) خطی شود، نسبت استوکیومتری آنالیت و حسگر ۱:۱ و اگر نمودار $1/(A-A_0)$ بر حسب $1/[Analyte]^2$ (با $n=2$) خطی شود، نسبت استوکیومتری آنالیت و حسگر ۱:۲ خواهد بود. ثابت تشکیل (K_{ass})، از تقسیم عرض از مبدا خط به دست آمده به شیب آن حاصل می‌شود.

آرسنازوتری به‌عنوان یک حسگر شیمیایی رنگ‌سنجی برای تعیین آرژنین به‌کار گرفته شد. ابتدا محلول $10^{-5} \times 2/5$ مولار آرسنازوتری در محیط آبی ($10/0$ میلی مولار بافر هیپس با $pH = 7$) از محلول استوک آن ساخته شد. جهت بررسی و ارزیابی تغییرات طیف جذب UV-Vis محلول آرسنازوتری با افزایش تدریجی محلول محلول $10^{-3} \times 1/0$ مولار آرژنین به سل کوارتزی حاوی محلول $10^{-5} \times 2/5$ مولار آرسنازوتری در دمای اتاق و دادن زمان کافی برای یکنواختی محلول حاصل، تیترا گردید.

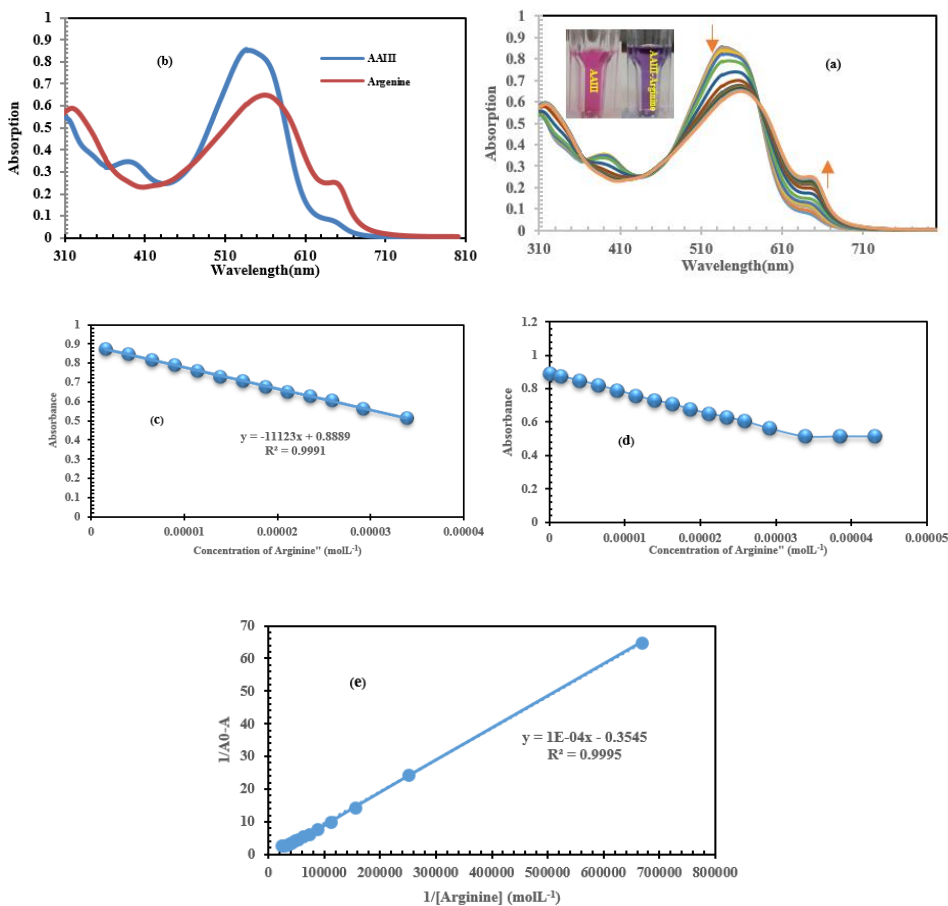
۳. نتایج و بحث

۳-۱. پاسخ نوری AIII به آرژنین

طیف UV-Vis محلول $10^{-5} \times 2/5$ مولار آرسنازوتری در محیط آبی ($10/0$ میلی مولار بافر هیپس با $pH = 7$) جذب ماکزیممی در طول موج ۵۳۶ نانومتر نشان می‌دهد. با افزایش تدریجی آرژنین ($43/0 - 1/50$ میکرومولار) به محلول آرسنازوتری، شدت جذب در طول موج ۵۳۶ نانومتر کاهش یافته، به سمت طول موج‌های بلندتر جابجا می‌شود. بنابراین باند جذبی جدیدی در ۵۵۹ نانومتر تشکیل می‌شود. ردشیف در طول موج ماکزیمم از ۵۳۶ به ۵۵۹ نانومتر با تغییر آبی رنگ محلول آرسنازوتری از قرمز به بنفش همراه می‌باشد (شکل ۱ نمودارهای a، b و d). نقطه واضح ایزوبستیک در ۵۸۰ نانومتر، پیوند بین آرسنازوتری و آرژنین را نشان می‌دهد (شکل ۱ نمودار a). تغییرات جذب در ۵۳۶ نانومتر در محدوده غلظتی ($33/8 - 1/50$ میکرومولار) آرژنین خطی بوده (شکل ۱ نمودار

(c) و حد تشخیص آن نیز 0.04 میکرومولار محاسبه گردید. نسبت استوکیومتری ۱ به ۱ برای کمپلکس آرسنازوتری - آرژنین با تیتراسیون UV-Vis تعیین شد که توسط متد بنسی هیلد براند تایید شد (شکل ۱ نمودار e). ثابت تشکیل کمپلکس فوق با معادله بنسی هیلد براند $3/54 \times 10^3$ لیتر بر مول محاسبه شد.

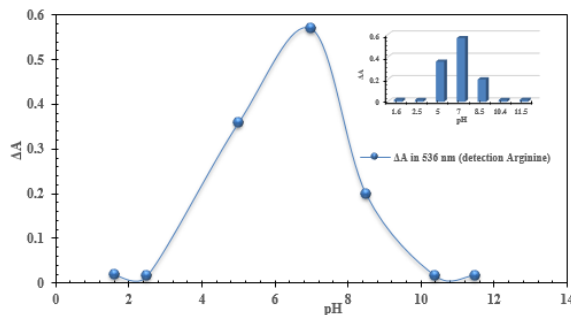
$$\frac{1}{A_0 + A} = \frac{1}{A_{max} + A_0} \left[\frac{1}{K_{ass}[M]^n} + 1 \right] \quad (1)$$



شکل ۱: a و b طیف UV-Vis محلول $2/5 \times 10^{-5}$ مولار آرسنازوتری در محیط آبی $10/0$ میلی مولار بافر هیپس با $pH = 7$ به مجرد افزایش تدریجی آرژنین ($43/0 - 1/50$ میکرومولار) به محلول آرسنازوتری. c) محدوده خطی تغییرات جذب در 536 نانومتر با افزایش تدریجی آرژنین. d) تغییرات جذب در 536 نانومتر با افزایش تدریجی آرژنین. e) نمودار بنسی هیلد براند $1/A - A_0$ بر حسب $1/[Arginine]$ در 536 نانومتر را نشان می دهد.

۳-۲. بررسی اثر pH روی کارایی آرسنازوتتری

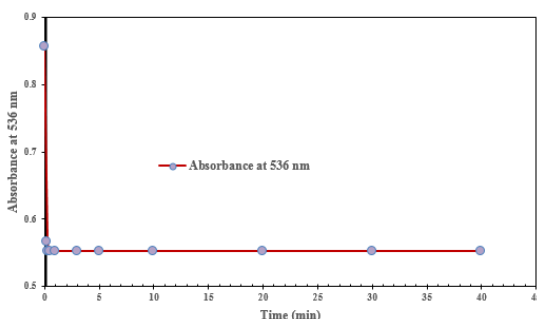
تحقیقات علمی نشان می‌دهد که انتخاب‌پذیری و کارایی تشخیص آنالیت توسط یک پذیرنده به شدت تحت تاثیر pH محیط است. بنابراین طیف UV-Vis محلول آرسنازوتتری جهت بررسی اثر pH روی پاسخ آرسنازوتتری به آرژنین در pH های مختلف (۲-۱۲) مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین تغییرات جذب در pH = ۷ مشاهده شد. (شکل ۲). بنابراین همه مطالعات UV-Vis در pH = ۷ انجام شد.



شکل ۲: اثر pH روی تغییرات جذب محلول $10^{-5} \times 2/5$ مولار آرسنازوتتری در حضور محلول (۴۳ میکرومولار) آرژنین در محیط آبی را نشان می‌دهد.

۳-۳. زمان پاسخ آرسنازوتتری

عملکرد ساده و قابلیت پاسخ‌دهی سریع یکی از ویژگی‌های مهم حسگرهای شیمیایی است. درحالی که زمان پاسخ‌دهی طولانی برای آنها یک چالش محسوب می‌شود. با توجه به شکل (۳) تغییرات جذب حسگر شیمیایی آرسنازوتتری در برهمکنش با آرژنین بسیار سریع بوده و در مدت زمان ۲۰ ثانیه کامل شده، و از ۲۰ ثانیه تا ۴۰ دقیقه نیز کاملاً ثابت مانده است.



شکل ۳: اثر دما روی جذب محلول $10^{-5} \times 2/5$ مولار آرسنازوتتری در حضور محلول (۴۳ میکرومولار) آرژنین در محیط آبی با pH = ۷ در طول موج ۵۳۶ نانومتر را نشان می‌دهد.

۳-۴. اندازه‌گیری آرژنین در نمونه‌های آب و سرم خون

اندازه‌گیری ال-آرژنین در نمونه‌های حقیقی (آب معدنی و سرم خون) با روش پیشنهادی ارزیابی شد. ابتدا ذرات معلق موجود در نمونه‌های آب به‌وسیله‌ی کاغذ صافی ۰/۴۵ میکرون حذف شده و سرم خون نیز ۳۰ برابر رقیق گردید. سپس pH این نمونه‌ها با محلول‌های هیدروکلریک اسید و سدیم هیدروکسید در محدوده ۷ تنظیم شد. مقادیر معینی از محلول استاندارد ال-آرژنین به ۱۰ میلی‌لیتر از نمونه‌های آب و سرم رقیق شده اضافه گردید. پس از افزایش حسگر آرسنازوتری به ظرف حاوی

نمونه‌ها و ال-آرژنین غلظت ال-آرژنین محاسبه گردید. نتایج بازیافت و انحراف استاندارد نسبی گویای کارایی خوب روش پیشنهادی در تعیین ال-آرژنین در نمونه‌های حقیقی است (جدول ۱).

جدول (۱) اندازه‌گیری ال-آرژنین در نمونه‌های آب و سرم خون انسان

انحراف استاندارد نسبی $S_r = \frac{S}{\bar{X}}$	بازیافت (%) $100 \times \frac{\text{مقدار به دست آمده}}{\text{مقدار اولیه}} = \text{درصد بازیافت}$	مقدار ال-آرژنین به-دست آمده (میکرومولار)	مقدار ال-آرژنین اضافه شده (میکرومولار)	نمونه
-	-	-	۰/۰	آب آشامیدنی شهر شیراز
۰/۰۳	۱۰۶	$5/3 \pm 0/2$	۵/۰	
۰/۰۴	۹۹	$9/9 \pm 0/3$	۱۰/۰	
-	-	-	۰/۰	سرم خون انسان
۰/۰۲	۱۰۶	$5/31 \pm 0/1$	۵/۰	
۰/۰۳	۱۰۳	$10/33 \pm 0/2$	۱۰/۰	

۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش آرسنازوتری بعنوان حسگر شیمیایی رنگ‌سنجی با عملکردی گزینشی، ساده و سریع برای اندازه‌گیری آرژنین معرفی شده است. این حسگر شیمیایی دردمای اتاق به‌خوبی در آب (بدون نیاز به حلال آلی کمکی) حل شد. تغییرات سریع در رنگ و طیف جذبی آرسنازوتری در ناحیه

مرئی و شرایط تجربی اعمال شده از ویژگی منحصر بفرد این حسگر برای شناسایی و اندازه‌گیری آرژنین بود. با بهینه‌سازی pH کارایی آرسنازوتری در تعیین آرژنین افزایش یافت. آرسنازوتری برای اندازه‌گیری آرژنین در نمونه‌های حقیقی با موفقیت استفاده شد.

۷. قدردانی

با تشکر از دانشگاه پیام نور مرکز شیراز، که امکانات آزمایشگاهی را در اختیار اینجانب قرار دادند. و تشکر از اساتید ارجمند دکتر حسین توللی، دکتر محمد علی کریمی و دکتر ابوالفتح پرهامی که در طراحی و انجام این پروژه نهایت همکاری را داشته‌اند.

۶. فهرست منابع

- [1]. Y. Jiang, L. L. Sun, G. Z. Ren, X. Niu, and Z. Q. Hu, "A novel colorimetric and fluorescent iminocoumarin-based chemosensor for acetate ion and its application to living cell imaging" *Talanta*, 146, 732-736, 2016.
- [2]. H. Tavallali, G. Deilamy-Rad, A. Parhami, K. Asghari, and A. Ahmadi, "Bismuth triggered selective colorimetric naked-eye detection for oxalate ions based on bromopyrogallol red that works as a molecular keypad lock" *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 101(5), 648-667, 2021.
- [3]. H. Tavallali, G. Deilamy-Rad, and N. Mosallanejad, "Reactive blue 4 as a Single colorimetric chemosensor for sequential determination of multiple analytes with different optical responses in aqueous media: Cu²⁺-cysteine using a metal ion displacement and Cu²⁺-arginine through the host-guest interaction" *Applied biochemistry and biotechnology*, 187, 913-937, 2019.
- [4]. N. Kurhaluk, "The Effectiveness of L-arginine in Clinical Conditions Associated with Hypoxia" *International Journal of Molecular Sciences*, 24(9), 8205, 2023.
- [5]. O. V. Soldatkina, O. O. Soldatkin, T. P. Velychko, V. O. Prilipko, M. A. Kuibida, and S. V. Dzyadevych, "Conductometric biosensor for arginine determination in pharmaceuticals" *Bioelectrochemistry*, 124, 40-46, 2018.
- [6]. R. Soliman Elsharkawy, and M. Mohamed Rabia, "The Impact of a Training Program for Development Strength Endurance with Taking L-Arginine on Body Composition and 5000m Running Records" *Journal of Applied Sports Science*, 5(2), 8-17, 2015.
- [7]. N. Hill, J. Fallowfield, S. Price, and D. Wilson, "Military nutrition: maintaining health and rebuilding injured tissue" *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1562), 231-240, 2011.

- [8]. M. Suzuki, M. Furuhashi, S. Sesoko, K. Kosuge, T. Maeda, K. Todoroki, and T. Toyo'oka, "Determination of creatinine-related molecules in saliva by reversed-phase liquid chromatography with tandem mass spectrometry and the evaluation of hemodialysis in chronic kidney disease patients" *Analytica chimica acta*, 911, 92-99, 2016.
- [9]. L. Shkotova, O. Soldatkin, V. Arkhypova, V. Peshkova, O. Saiapina, T. Sergeyeva, and S. Dzyadevych, "Biosensors Practical Application" In *Bioconversion of Wastes to Value-added Products* (pp. 305-352). CRC Press.
- [10]. E. Hanff, A. A. Kayacelebi, G. R. Yanchev, N. Maassen, A. Haghikia, and D. Tsikas, "Simultaneous stable-isotope dilution GC-MS measurement of homoarginine, guanidinoacetate and their common precursor arginine in plasma and their interrelationships in healthy and diseased humans" *Amino Acids*, 48, 721-732, 2016.
- [11]. A. A. Kayacelebi, A. K. Knöfel, B. Beckmann, E. Hanff, G. Warnecke, and D. Tsikas, "Measurement of unlabeled and stable isotope-labeled homoarginine, arginine and their metabolites in biological samples by GC-MS and GC-MS/MS" *Amino Acids*, 47, 2023-2034, 2015.
- [12]. H. Chen, L. Gu, Y. Yin, K. Koh, and J. Lee, "Molecular recognition of arginine by supramolecular complexation with calixarene crown ether based on surface plasmon resonance" *International Journal of Molecular Sciences*, 12(4), 2315-2324, 2011.
- [13]. V. Arkhypova, O. Soldatkin, A. Soldatkin, and S. Dzyadevych, "Electrochemical Biosensors Based on Enzyme Inhibition Effect" *The Chemical Record*, e202300214, 2023.
- [14]. B. M. Costa, A. A. Prado, T. C. Oliveira, L. P. Bressan, R. A. Munoz, A. D. Batista and E. M. Richter, "Fast methods for simultaneous determination of arginine, ascorbic acid and aspartic acid by capillary electrophoresis" *Talanta*, 204, 353-358, 2019.
- [15]. Y. Liang, and Y. He, "Arsenazo III-functionalized gold nanoparticles for photometric determination of uranyl ion" *Microchimica Acta*, 183, 407-413, 2016.
- [16]. R. Yadav, B. N. Pandey, and A. Kumar, "Estimation and in-situ detection of thorium in human liver cell culture by arsenazo-III based colorimetric assay" *Biometals*, 33, 75-85, 2020.
- [17]. L. Vladimir, B. Olga, M. Sergey, B. Elena, K. Nikolay, and S. Aleksandr, "Novel silica based adsorbent layer-by-layer modified with polyhexamethylene guanidine and Arsenazo reagents for solid-phase extraction of lanthanides from lignites and products of their processing, 2020.
- [18]. N. Garg, L. Rastogi, S. Bera, A. Ballal, and M. V. Balramkrishna, "ArsenazoIII functionalized gold nanoparticles: SPR based optical sensor for

determination of uranyl ions (UO₂²⁺) in groundwater” *Green Analytical Chemistry*, 3, 100032, 2022.

[19]. H. Tavallali, G. Deilamy-Rad, and N. Mosallanejad, “Reactive blue 4 as a Single colorimetric chemosensor for sequential determination of multiple analytes with different optical responses in aqueous media: Cu²⁺-cysteine using a metal ion displacement and Cu²⁺-arginine through the host-guest interaction” *Applied biochemistry and biotechnology*, 187, 913-937, 2019.

[20]. H. Li, X. Sun, T. Zheng, Z. Xu, Y. Song, and X. Gu, “Coumarin-based multifunctional chemosensor for arginine/lysine and Cu²⁺/Al³⁺ ions and its Cu²⁺ complex as colorimetric and fluorescent sensor for biothiols” *Sensors and Actuators B: Chemical*, 279, 400-409, 2019.

[21]. A. Mohammadi, S. Khoshroor, and B. Khalili, “Rapid, sensitive and selective detection of arginine using a simple azo-based colorimetric and fluorescent chemosensor” *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 384, 112035, 2019.