بسم الله الرحمن الرحیم
الحمد لله رب العالمین الرحمن الرحیم مالک یوم الدین
اهدنا الصراط المستقیم صراط الذین انعمت علیهم غیر المغضوب علیهم ولا الضالین

دانشکده شیمی
گروه شیمی کاربردی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی‌کاربردی

عنوان پایان نامه:

پایش آب‌های آلوده به مواد دارویی با استفاده از روش نورتابی شیمیایی تزریق در جریان

استاد راهنما
دکتر علیرضا ختائی

استاد مشاور
دکتر مرتضی ایرانی‌فام

پژوهشگر
عالیه حسن‌زاده

شهریور ۹۲

الهی ادای شکر تو را هیچ زبان نیست و دریای فضل تو را هیچ کران نیست

و سر حقیقت تو بر هیچ کس عیان نیست هدایت کن ما را به رهی که بهتر

از آن نیست.

تقدیم به

پدر و مادرم

همسرم

خواهران و برادرم

به پاس زحمات جبران ناپذیرشان

باژرف ترین سپاس ها از

استاد راهنمای محترم

جناب آقای دکتر ختایی

که راهنمایی و سرپرستی پروژه حاضر را بر عهده داشته و در طول این دوره

همواره از راهنمایی های علمی و اخلاقی ایشان کمال بهره را برده ام.

باحمد و سپاس بی کران به درگاه خداوند بخشاینده مهربان که توفیق انجام این پروژه رابرای بنده فراهم آورد. این مجموعه حاصل رهنمود و عنایت اندیشمندانه استاد راهنمای محترم و دیگر بزرگانی است که دلسوزانه بنده را در انجام این پروژه یاری کردند. بدین وسیله از زحمات:

استاد مشاور محترم جناب آقای دکتر ایرانی فام

داوری محترم جناب آقای دکتر کریمی

و راهنمایی های خانم فتحی نیا.

هیات رئیسه محترم دانشکده شیمی جناب آقای دکتر حسینی، جناب آقای دکتر ارسلانی و جناب آقای دکتر نجار.

مدیریت محترم گروه شیمی کاربردی جناب آقای دکتر سالاری.

کادر اداری و آموزشی دانشکده شیمی و کارکنان گروه شیمی کاربردی

شرکت های داروسازی زهراوی و جابربن حیان به ویژه جناب آقای مهندس ابوالفضل موسوی و خانم لیلا مراد خان نژاد

جناب آقای دکتر حنیفه پور

دوستان محترم و دانشجویان تحصیلات تکمیلی گروه شیمی کاربردی

تشکر و قدردانی می نمایم.

نام‌خانوادگی دانشجو: حسن‌زاده **نام:** عالیه

عنوان پایاننامه: پایش آب‌های آلوده به مواد دارویی با استفاده از روش نورتابی شیمیایی تزریق در جریان

استاد راهنما: دکتر علیرضا ختائی **اساتید مشاور:** دکتر مرتضی ایرانی‌فام

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: شیمی گرایش: شیمی کاربردی دانشگاه: دانشگاه تبریز
دانشکده: دانشکده شیمی تاریخ فارغ التحصیلی: ۹۲/۶/۱۹ تعداد صفحه: ۱۰۳

کلیدواژه‌ها: : نورتابی شیمیایی، پایش آب‌های آلوده، تزریق در جریان، ترکیبات دارویی، نانو صفحات CuO

چکیده:

در دهه‌های اخیر، روشهای نورتابی شیمیایی به دلیل حساسیت مطلوب، محدوده خطی وسیع و دستگاهوری ساده و ارزان به طور قابل ملاحظه‌ای جهت اندازه‌گیری مواد دارویی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اتصال سیستم تزریق در جریان به سیستم‌های نورتابی شیمیایی منجر به افزایش تکرارپذیری و سرعت عمل این روش‌ها می‌گردد. در مرحله‌ی نخست پروژه‌ی حاضر اقدام به طراحی و راه‌اندازی سیستم نورتابی شیمیایی تزریق در جریان شده است. سپس با استفاده از سیستم نورتابی شیمیایی لومینول–هیدروژن پراکسید– Cu(II) آنتی‌بیوتیک جنتامایسین به عنوان آلاینده‌ی دارویی در نمونه‌های آبی مانند: آب شرب شهری، آب رودخانه، آب زیر زمینی و پساب خروجی واحد تولید شرکت داروسازی زهراوی تبریز پایش گردید. در این بخش برای بهینه سازی پارامترهای عملیاتی مؤثر در واکنش نورتابی شیمیایی از روش رویه پاسخ (RSM) استفاده شد و تأثیرات منفرد و متقابل متغیرهای مستقل فرآیند بر روی متغیر پاسخ (کاهش شدت نشر نورتابی شیمیایی) بررسی گردید. آنالیز واریانس (ANOVA) ضریب همبستگی بالایی را برای مدل پیشنهاد شده نشان داد (R^2=۰/۹۸۵۲ و Adjusted-R^2=۰/۹۷۲۳).

از طرفی در سال‌های اخیر، نانو مواد به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردشان در سیستم‌های نورتابی شیمیایی به عنوان افزایش دهنده‌ی شدت نشر حاصله جهت افزایش حساسیت روش‌های نورتابی شیمیایی به کار برده می شوند. در قسمت دوم کار پژوهشی حاضر، نانو صفحات CuO با استفاده از روش سونوشیمیایی سبز (بدون استفاده از سورفکتانت و شکل دهنده‌های آلی) تهیه گردید. به منظور بررسی خواص نانو صفحات CuO تهیه شده از آنالیزهای XRD و SEM بهره گرفته شد. از نانو صفحات مذکور به عنوان کاتالیست برای افزایش شدت نشر و حساسیت سیستم نورتابی شیمیایی لومینول–هیدروژن پراکسید بهره گرفته شد. سپس با استفاده از سیستم لومینول–هیدروژن پراکسید– تقویت شده با نانو صفحات CuO آنتی‌بیوتیک ونکومایسین در

نمونه‌های آبی ذکر شده اندازه‌گیری گردید.

در بخش سوم و پایانی این پروژه، تأثیر نانو صفحات CuO سنتز شده بر روی سیستم نورتابی شیمیایی لومینول- پتاسیم پرمنگنات در محیط قلیایی بررسی گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که شدت نشر سیستم مذکور در حضور نانوصفحات بطور قابل ملاحظه ای افزایش یافت. بنابراین در ادامه از سیستم نورتابی شیمیایی تزریق در جریان معرفی شده جدید (لومینول- پتاسیم پرمنگنات- نانو صفحات CuO) برای اندازه‌گیری آنتی‌بیوتیک مروپنم بکار گرفته شد. همچنین شدت نشر نورتابی شیمیایی سیستم پیشنهاد شده در حضور مروپنم نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد. بطوریکه در شرایط بهینه حاصل شده، سیستم مذکور قابلیت پایش مروپنم در محدوده‌ی غلظتی ۰/۰۰۵-٦ $mg\ L^{-1}$ را دارا می‌باشد. همانند آنتی‌بیوتیک‌های اندازگیری شده در مراحل قبلی پروژه حاضر، مروپنم نیز در نمونه‌های آبی مختلف پایش گردید.

فهرست مطالب

عنوان ..... **صفحه**

فصل اول: مقدمه و بررسی منابع

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- آلودگی محیط زیست توسط مواد دارویی ۲

۱-۲-۱- آلودگی محیط زیست توسط آنتی‌بیوتیک‌ها ۵

۱-۲-۲- مشخصات آنتی‌بیوتیک مورد استفاده در کار پژوهشی حاضر ٦

۱-۲-۲-۱- جنتامایسین سولفات ٦

۱-۲-۲-۲- ونکومایسین هیدروکلراید ۷

۱-۲-۲-۳- مروپنم تری هیدارت ۷

۱-۳- روش‌های تجزیه‌ای برای پایش مواد دارویی در محیط زیست ۸

۱-٤- روش‌های نورتابی شیمیایی ۱۰

۱-٤-۱- معرفی نورتابی شیمیایی ۱۰

۱-٤-۲-تاریخچه نورتابی شیمیایی ۱۱

۱-٤-۳- مفاهیم بنیادی نورتابی شیمیایی ۱۳

۱-٤-٤- واکنش‌ها و معرف‌های نورتابی شیمیایی ۱٤

۱-٤-٤-۱- لومینول ۱۵

۱-٤-٤-۲- پراکسی اگزالات ۱٦

۱-٤-٤-۳- نورتابی شیمیایی تولید شده توسط اکسایش مستقیم ۱۷

۱-٤-۵- دستگاهوری روش نورتابی شیمیایی ۱۷

۱-٤-۵-۱- سیستم‌های وارد کردن نمونه و معرف‌ها در روش نورتابی شیمیایی ۱۹

۱-٤-٥-۲- سیستم تزریق در جریان ۲۱
۱-٤-٦- مزایای روش نورتابی شیمیایی تزریق در جریان ۲۳
۱-٥- کاربرد نانو مواد در سیستم‌های نورتابی شیمیایی ۲٤
۱-٦- تهیه‌ی نانو مواد به روش سونوشیمیایی ۲٥
۱-۷- طراحی آزمایش و مدلسازی با استفاده از روش رویه‌ی پاسخ (RSM) ۲٥
۱-۷-۱- توسعه مدل ۲۸
۱-۷-۲- آنالیز مدل ۲۹
۱-۷-۲-۱- آزمون اهمیت مدل (رگرسیون) ۲۹
۱-۷-۲-۲- آزمون عدم برازش ۳۱
۱-۷-۲-۳- ضرایب تعیین R^2 و R^2 (Adj.) ۳۲
۱-۷-۲-٤- آنالیز باقیمانده‌ها ۳۳
۱-۸- اهداف کار پژوهشی حاضر ۳٤

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱- تجهیزات مورد استفاده ۳٥
۲-۲- مواد و وسایل شیمیایی مورد استفاده ۳٥
۲-۳- روش تهیه محلول‌های مورد استفاده ۳٦
۲-۳-۱- تهیه محلول مادر مواد دارویی ۳٦
۲-۳-۲- تهیه محلول مادر سدیم هیدروکسید ۳٦
۲-۳-۳- تهیه محلول مادر لومینول ۳٦
۲-۳-٤- تهیه محلول‌های هیدروژن پراکسید ۳۷
۲-۳-٥- تهیه محلول پتاسیم پرمنگنات ۳۷

۲-۳-٦- تهیه محلول پتاسیم پریدات ۳۷

۲-۳-۷- تهیه محلول پتاسیم هگزا فری سیانید ۳۷

۲-٤- روش سنتز نانو صفحات CuO به روش سنتز سونوشیمیایی ۳۷

۲-۵- سیستم تزریق در جریان مورد استفاده برای سنجش نورتابی شیمیایی در پروژه‌ی حاضر..... ۳۸

۲-٦- روش تعیین مکانیسم سیستم‌های نورتابی شیمیایی مورد استفاده در پروژه‌ی حاضر ٤۰

۲-۷- آماده سازی نمونه‌های آبی ٤۰

۲-۸- بهینه‌سازی و مدلسازی عوامل مؤثر بر واکنش نورتابی شیمیایی تزریق در جریان برای پایش داروی جنتامایسین با استفاده از روش رویه پاسخ..... ٤۲

۲-۹- نرم افزارهای مورد استفاده ٤۳

فصل سوم: نتایج و بحث

بخش اول

پایش آنتی بیوتیک جنتامایسین با استفاده از سیستم نورتابی شیمیایی تزریق در جریان لومینول- هیدروژن پراکسید- Cu(II)

۳-۱- بهینه و مدل سازی عوامل مؤثر در پایش نورتابی شیمیایی تزریق در جریان داروی جنتامایسین با استفاده از روش رویه پاسخ ٤۵

۳-۱-۱- تأثیر غلظت لومینول و غلظت سدیم هیدروکسید بر پاسخ سیستم نورتابی شیمیایی ... ٤۹

۳-۱-۲- تأثیر غلظت Cu(II) و غلظت سدیم هیدروکسید بر پاسخ سیستم نورتابی شیمیایی ۵۰

۳-۱-۳- تأثیر غلظت هیدروژن پراکسید و سدیم هیدروکسید بر پاسخ سیستم نورتابی شیمیایی ۵۱

۳-۱-٤- تعیین شرایط بهینه پایش داروی جنتامایسین ۵۲

۳-۲-بررسی ویژگی‌های تجزیه‌ای روش نورتابی شیمیایی تزریق در جریان برای پایش داروی جنتامایسین ۵۳
۳-۲-۱- نمودار کالیبراسیون..... ۵۳
۳-۲-۲- محاسبه‌ی حد تشخیص..... ۵۳
۳-۲-۳- تکرار پذیری روش..... ۵۵
۳-۲-٤- بررسی مزاحمت‌های موجود در نمونه‌های آبی..... ٥٦
۳-۲-۵- پایش داروی جنتامایسین در نمونه‌های آبی..... ۵۷

بخش دوم:

پایش آنتی‌بیوتیک ونکومایسین با استفاده از سیستم نورتابی شیمیایی تزریق در جریان لومینول- هیدروژن پراکسید- نانو صفحات CuO

۳-۳- بررسی خواص و ساختار نانو صفحات CuO سنتز شده شده ..... ۵۹.
۳-٤- افزایش شدت نشر نورتابی شیمیایی سیستم لومینول-هیدروژن پراکسید توسط نانو صفحات CuO ٦٢
۳-۵- بهینه سازی عوامل مؤثر بر سیستم نورتابی شیمیایی جهت پایش آنتی‌بیوتیک ونکومایسین ٦٣
۳-۵-۱- تأثیر غلظت نانو صفحات CuO..... ٦٣
۳-۵-۲- تأثیر غلظت سدیم هیدروکسید..... ٦٤
۳-۵-۳- تأثیر غلظت لومینول..... ٦٥
۳-۵-٤- تأثیر غلظت هیدروژن پراکسید..... ٦٦
۳-٦- بررسی ویژگی‌های تجزیه‌ای روش نورتابی شیمیایی تزریق در جریان برای پایش داروی ونکومایسین ٦٧
۳-٦-۱- نمودار کالیبراسیون..... ٦٧.

٣-٦-٢- محاسبه‌ی حد تشخیص ٦٨
٣-٦-٣- تکرار پذیری روش ٦٩
٣-٦-٤- بررسی مزاحمت‌های موجود در نمونه‌های آبی ٧٠
٣-٦-٥- پایش داروی ونکومایسین در نمونه‌های آبی ٧١
٣-٧- مکانیسم احتمالی نورتابی شیمیایی سیستم لومینول-هیدروژن پراکسید-نانو صفحات CuO .. ٧٢

بخش سوم

پایش آنتی بیوتیک مروپنم با استفاده از سیستم نورتابی شیمیایی تزریق در جریان لومینول- پتاسیم پرمنگنات- نانو صفحات CuO

٣-٨- افزایش شدت نشر نورتابی شیمیایی سیستم لومینول- پتاسیم پرمنگنات توسط نانو صفحات CuO ٧٥
٣-٩- بهینه سازی عوامل مؤثر بر سیستم نورتابی شیمیایی جهت پایش آنتی‌بیوتیک مروپنم ٧٦
٣-٩-١- تأثیر غلظت نانو صفحات CuO ٧٦
٣-٩-٢- تأثیر غلظت سدیم هیدروکسید ٧٧
٣-٩-٣- تأثیر غلظت لومینول ٧٨
٣-٩-٤- تأثیر غلظت پتاسیم پرمنگنات ٧٩
٣-١٠- بررسی ویژگی‌های تجزیه‌ای روش نورتابی شیمیایی تزریق در جریان برای پایش داروی مروپنم ٨١
٣-١٠-١- نمودار کالیبراسیون ٨١
٣-١٠-٢- محاسبه‌ی حد تشخیص ٨١
٣-١٠-٣- تکرار پذیری روش ٨٢
٣-١٠-٤- بررسی مزاحمت‌های موجود در نمونه‌های آبی ٨٣

۳-۱۰-۵- پایش داروی مروپنم در نمونه‌های آبی..... ۸٤
۳-۱۱- مکانیسم احتمالی نورتابی شیمیایی سیستم لومینول-پتاسیم پرمنگنات-نانو صفحات CuO.. ۸۵
۳-۱۲- نتیجه‌گیری ۹۰
۳-۱۳- پیشنهادات برای کارهای بعدی..... ۹۱
منابع..... ۹۳
مقالات مستخرج از پایان نامه..... ۱۰۳

فهرست شکل‌ها

عنوان ..... **صفحه**

شکل ۱-۱- شمایی از راههای تولید آلاینده های دارویی ۵
شکل ۱-۲- مراحل اندازه‌گیری آلاینده‌های دارویی در نمونه‌های آبی ۱۰
شکل ۱-۳- دیاگرام نمایش سطوح انرژی و انتقالات الکترونی در فلورسانس، فسفرسانس، نورتابی شیمیایی. ۱) جذب؛ ۲) فلورسانس و نورتابی شیمیایی؛ ۳) فسفرسانس؛ ٤) آسایش ارتعاشی؛ ۵) انتقالات بین سیستمی؛ ٦) تبدیل درونی ۱۳
شکل۱-٤- انواع مکانیسم واکنش‌های نورتابی شیمیایی،P: محصول؛ F: ماده‌ی فلورسانس کننده..... ۱٤
شکل ۱-۵- مکانیسم نورتابی شیمیایی لومینول ۱۵
شکل ۱-٦- مکانسیم نورتابی شیمیایی احتمالی برای واکنش PO-CL، F؛ ترکیب فلورسانس کننده ۱٦
شکل ۱-۷- ساختار TCPO (الف) و DNPO (ب) ۱٦
شکل ۱-۸- اساس ساختمان دستگاه لومینومتر ۱۸
شکل ۱-۹- مراحل اساسی در سیستم ایستای نورتابی شیمیایی ۲۰
شکل۱-۱۰- (الف): تصویر شماتیکی از سیستم جریان مداوم، (ب): شدت نشر برحسب زمان واکنش برای افزایش متفاوت غلظت آنالیت، (ج): تابع کالیبراسیون ۲۱
شکل ۱-۱۱- شکل شماتیک از سیستم نورتابی شیمیایی تزریق در جریان ۲۳
شکل ۱-۱۲- طرح ترکیب مرکزی برای دو عامل موثر x_1 و x_2 ..... ۲۷
شکل۲-۱- شکل شماتیک برای سنتز سونو شیمیایی نانو صفحات CuO در پروژه‌ی حاضر ۳۸
شکل۲-۲- شکل شماتیک سیستم نورتابی شیمیایی تزریق در جریان برای پایش مواد دارویی در پروژه‌ی حاضر ٤۰
شکل ۳-۱- مقایسه نتایج تجربی با نتایج حاصل از مدل رویه پاسخ ..... ٤۸.

شکل ۳-۲- نمودار دوبعدی و سه بعدی پاسخ سیستم نورتابی شیمیایی ($\Delta I \times 10^6$) برحسب غلظت لومینول و سدیم هیدروکسید ۵۰

شکل ۳-۳- نمودار دوبعدی و سه بعدی پاسخ سیستم نورتابی شیمیایی ($\Delta I \times 10^6$) برحسب غلظت یون Cu(II) و سدیم هیدروکسید ۵۱

شکل ۳-٤- نمودار دوبعدی و سه بعدی پاسخ سیستم نورتابی شیمیایی ($\Delta I \times 10^6$) برحسب غلظت هیدروژن پراکسید و سدیم هیدروکسید ۵۲

شکل ۳-۵- نمودارهای کالیبراسیون برای اندازه‌گیری داروی جنتامایسین در شریط بهینه ***در شرایط*** بهینه (غلظت‌های لومینول، هیدروژن پراکسید، Cu(II) و سدیم هیدروکسید به ترتیب برابرند با : $9\ \mu mol\ L^{-1}$، $0/01\ mol\ L^{-1}$، $7 \times 10^{-4}\ mol\ L^{-1}$ و $0/005\ mol\ L^{-1}$)، محدوده‌های غلظتی ؛ (الف): $1-10\ mg\ L^{-1}$ و (ب): $10-30\ mg\ L^{-1}$. ۵۳

شکل ۳-٦- طیف XRD نانو صفحات CuO سنتز شده شده ٦۰

شکل ۳-۷- شکل ۳-۲- تصاویرSEM نانو صفحات CuO سنتز شده شده ٦۱

شکل ۳-۸- نمودار فراوانی اندازه‌ی ابعاد (الف) ضخامت و (ب) عرض نانو صفحات CuO سنتز شده شده ٦۱

شکل ۳-۹- منحنی سینتیکی برای (a): سیستم لومینول- هیدروژن پراکسید؛ (b): لومینول- هیدروژن پراکسید-ونکومایسین؛ (c): لومینول- هیدروژن پراکسید-Cu(II)؛ (d): لومینول- هیدروژن پراکسید-نانو صفحات CuO؛ (e): لومینول- هیدروژن پراکسید-نانو صفحات CuO در حضور ونکومایسین. غلظت‌های لومینول، هیدروژن پراکسید، سدیم هیدروکسید، نانوصفحات CuO، Cu(II) و ونکومایسین به ترتیب برابرند با: $100\ \mu mol\ L^{-1}$ ، $0/015\ mol\ L^{-1}$ ، $0/01\ mol\ L^{-1}$، $1\ mg\ L^{-1}$، $0/02\ mol\ L^{-1}$ و $5\ mg\ L^{-1}$ ٦۳

شکل ۳-۱۰- تأثیر غلظت نانو صفحات CuO بر پاسخ سیستم نورتابی شیمیایی. غلظت‌های ونکومایسین، لومینول، سدیم هیدورکسید و هیدروژن پراکسید به ترتیب برابرند با: $5\ mg\ L^{-1}$، $80\ \mu mol\ L^{-1}$، $0/005\ mol\ L^{-1}$ و $0/01\ mol\ L^{-1}$ ٦٤

شکل ۳-۱۱- تأثیر غلظت سدیم هیدروکسید بر پاسخ سیستم نورتابی شیمیایی. غلظت‌های ونکومایسین، لومینول، نانو صفحات CuO و هیدروژن پراکسید به ترتیب برابرند با: $5\ mg\ L^{-1}$، $80\ \mu mol\ L^{-1}$، $1\ mg\ L^{-1}$ و $0/01\ mol\ L^{-1}$ ٦٥

شکل ۳-۱۲- تأثیر غلظت لومینول بر پاسخ سیستم نورتابی شیمیایی. غلظت‌های ونکومایسین، سدیم هیدروکسید، نانو صفحات CuO و هیدروژن پراکسید به ترتیب برابرند با: $5\ mg\ L^{-1}$، $0/01\ mol\ L^{-1}$، $1\ mg\ L^{-1}$ و $0/01\ mol\ L^{-1}$ ٦٦

شکل ۳-۱۳- تأثیر غلظت هیدروژن پراکسید بر پاسخ سیستم نورتابی شیمیایی. غلظت‌های ونکومایسین، سدیم هیدروکسید، نانو صفحات CuO و لومینول به ترتیب برابرند با: $5\ mg\ L^{-1}$، $0/01\ mol\ L^{-1}$، $1\ mg\ L^{-1}$ و $100\ \mu mol\ L^{-1}$..... ٦٧

شکل ۳-۱٤- نمودارهای کالیبراسیون برای اندازه‌گیری داروی ونکومایسین در شریط بهینه (غلظت‌های سدیم هیدروکسید، نانو صفحات CuO، لومینول و هیدروژن پراکسید به ترتیب برابرند با: $0/01\ mol\ L^{-1}$، $1\ mg\ L^{-1}$، $100\ \mu mol\ L^{-1}$ و $(0/015\ mol\ L^{-1})$، محدوده‌های غلظتی ؛ (الف): $0/5-18\ mg\ L^{-1}$ و (ب): $18-40\ mg\ L^{-1}$ ٦٨

شکل ۳-۱۵- طیف جذبی UV–Vis سیستم نورتابی شیمیایی. . غلظت‌های لومینول، هیدروژن پراکسید، سدیم هیدروکسید، نانوصفحات CuO و ونکومایسین به ترتیب برابرند با: $100\ \mu mol\ L^{-1}$ ، $0/015\ mol\ L^{-1}$ ، $0/01\ mol\ L^{-1}$، $1\ mg\ L^{-1}$ و $5\ mg\ L^{-1}$ ٧٤

شکل ۳-۱٦- منحنی سینتیکی برای (a): سیستم لومینول- پتاسیم پرمنگنات؛ (b): لومینول- پتاسیم پرمنگنات- نانو صفحات CuO؛ (c): لومینول- پتاسیم پرمنگنات-نانو صفحات CuO در حضور

مروپنم. غلظت‌های لومینول، پتاسیم پرمنگنات، سدیم هیدروکسید، نانوصفحات CuO و مروپنم به ترتیب برابرند با: ۲۰ $\mu mol\ L^{-1}$ ، ۵۰ $\mu mol\ L^{-1}$ ، ۰/۰۱۵ $mol\ L^{-1}$، ۵ $mg\ L^{-1}$ و ۱ $mg\ L^{-1}$ ۷۶

شکل ۳-۱۷- تأثیر غلظت نانو صفحات CuO بر شدت نشر سیستم نورتابی شیمیایی. غلظت‌های مروپنم، لومینول، سدیم هیدورکسید و پتاسیم پرمنگنات به ترتیب برابرند با: ۱ $mg\ L^{-1}$، ۱۰ $\mu mol\ L^{-1}$، ۰/۰۰۵ $mol\ L^{-1}$ و ۴۰ $\mu mol\ L^{-1}$ ۷۷

شکل ۳-۱۸- تأثیر غلظت سدیم هیدروکسید بر شدت نشر سیستم نورتابی شیمیایی. غلظت‌های مروپنم، لومینول، نانو صفحات CuO و پتاسیم پرمنگنات به ترتیب برابرند با: ۱ $mg\ L^{-1}$، ۱۰ $\mu mol\ L^{-1}$، ۵ $mg\ L^{-1}$ و ۴۰ $\mu mol\ L^{-1}$ ۷۸

شکل ۳-۱۹- تأثیر غلظت لومینول بر شدت نشر سیستم نورتابی شیمیایی. غلظت‌های مروپنم، سدیم هیدروکسید، نانو صفحات CuO و پتاسیم پرمنگنات به ترتیب برابرند با: ۱ $mg\ L^{-1}$، ۰/۰۱۵ $mol\ L^{-1}$، ۵ $mg\ L^{-1}$ و ۴۰ $\mu mol\ L^{-1}$ ۷۹

شکل ۳-۲۰- تأثیر غلظت پتاسیم پرمنگنات بر شدت نشر سیستم نورتابی شیمیایی. غلظت‌های مروپنم، سدیم هیدروکسید، نانو صفحات CuO و لومینول به ترتیب برابرند با: ۱ $mg\ L^{-1}$، ۰/۰۱۵ $mol\ L^{-1}$، ۵ $mg\ L^{-1}$ و ۲۰ $\mu mol\ L^{-1}$ ۸۰

شکل ۳-۲۱- نمودارهای کالیبراسیون برای اندازه‌گیری داروی مروپنم در شرایط بهینه (غلظت‌های لومینول، پتاسیم پرمنگنات، سدیم هیدروکسید و نانو صفحات CuO به ترتیب برابرند با: ۲۰ $\mu mol\ L^{-1}$، ۵۰ $\mu mol\ L^{-1}$، ۰/۰۱۵ $mol\ L^{-1}$ و ۵ $mg\ L^{-1}$)، محدوده‌ی غلظتی مروپنم $mg\ L^{-1}$ ۰/۰۰۵-۶ ..... ۸۱

شکل ۳-۲۲- طیف جذبی UV-Vis سیستم نورتابی شیمیایی. (الف): سیستم لومینول- پتاسیم پرمنگنات(ب): لومینول- پتاسیم پرمنگنات- نانو صفحات CuO؛ (ج): لومینول- پتاسیم پرمنگنات- نانو صفحات CuO در حضور مروپنم. غلظت‌های لومینول، پتاسیم پرمنگنات، سدیم هیدروکسید، نانو

صفحات CuO و مروپنم به ترتیب برابرند با: $\mu mol\ L^{-1}$ ۲۰، $\mu mol\ L^{-1}$ ۵۰، $mol\ L^{-1}$ ۰/۰۱۵،
$mg\ L^{-1}$ ۵ و $mg\ L^{-1}$ ۱ ..... ۸۸

فهرست جداول

عنوان ..... **صفحه**

جدول ۱-۱- مشخصات آنتی‌بیوتیک‌های مورد استفاده در کار پژوهشی حاضر ۸

جدول ۱-۲- جدول ANOVA برای آزمون اهمیت مدل و عدم تطبیق مدل ۳۲

جدول ۲-۱- مشخصات شیمیایی و فیزیکی نمونه‌های آبی مورد استفاده در کار پژوهشی حاضر ٤١

جدول ۲-۲- محدوده ها و سطوح مورد استفاده برای متغیرهای آزمایشی برای پایش داروی جنتامایسین ٤٢

جدول ۲-۳- لیست آزمایش‌های طراحی شده بوسیله روش ترکیب مرکزی برای پایش داروی جنتامایسین ٤٤

جدول ۳-۱- نتایج تجربی و پیش بینی شده از مدل رویه پاسخ ٤٧

جدول ۳-۲- تحلیل واریانس (ANOVA) جهت ارزیابی مدل پیشنهاد شده توسط مدل رویه پاسخ ٤٨

جدول ۳-۳- شرایط بهینه پارامترهای عملیاتی برای پاسخ سیستم نورتابی شیمیایی ماکزیمم ۵۲

جدول ۳-٤- نتایج روش‌های تجزیه‌ای گزارش شده برای اندازه‌گیری جنتامایسین. ۵۵

جدول ۳-۵- نتایج حاصل از ۱۱ بار اندازه‌گیری محلول 5 mg L-1 جنتامایسین در شرایط بهینه (غلظت‌های لومینول، هیدروژن پراکسید، Cu(II) و سدیم هیدروکسید به ترتیب برابرند با: ۹ µmol L^{-1}، ۰/۰۱ mol L^{-1}، ٤-۱۰ × ۷ mol L^{-1} و ۰/۰۰۵ mol L^{-1}) ٥٤

جدول ۳-٦- نسبت غلظتی قابل تحمل گونه‌های مزاحم در پایش جنتامایسین به غلظت ۲۰ mg L^{-1} در شرایط بهینه (غلظت‌های لومینول، هیدروژن پراکسید، Cu(II) و سدیم هیدروکسید به ترتیب برابرند با: ۹ µmol L^{-1}، ۰/۰۱ mol L^{-1}، $۱۰^{-٤}$ × ۷ mol L^{-1} و ۰/۰۰۵ mol L^{-1}) ۵۷

جدول ۳-۷-نتایج حاصل از اندازه‌گیری جنتامایسین در نمونه‌های آبی در شرایط بهینه (غلظت‌های لومینول، هیدروژن پراکسید، Cu(II) و سدیم هیدروکسید به ترتیب برابرند با: $9\ \mu mol\ L^{-1}$، $0/01\ mol\ L^{-1}$، $7 \times 10^{-4}\ mol\ L^{-1}$ و $0/005\ mol\ L^{-1}$)..... ۵۸

جدول ۳-۸- نتایج روش‌های تجزیه‌ای گزارش شده برای اندازه‌گیری ونکومایسین..... ۶۹

جدول ۳-۹- نتایج حاصل از ۱۱ بار اندازه‌گیری محلول $5\ mg\ L^{-1}$ ونکومایسین در شرایط بهینه (غلظت‌های سدیم هیدروکسید، نانو صفحات CuO، لومینول و هیدروژن پراکسید به ترتیب برابرند با: $0/01\ mol\ L^{-1}$، $1\ mg\ L^{-1}$، $100\ \mu mol\ L^{-1}$ و $0/015\ mol\ L^{-1}$)..... ۶۹

جدول ۳-۱۰- نسبت غلظتی قابل تحمل گونه‌های مزاحم در پایش ونکومایسین به غلظت $5\ mg\ L^{-1}$ در شرایط بهینه (غلظت‌های سدیم هیدروکسید، نانو صفحات CuO، لومینول و هیدروژن پراکسید به ترتیب برابرند با: $0/01\ mol\ L^{-1}$، $1\ mg\ L^{-1}$، $100\ \mu mol\ L^{-1}$ و $0/015\ mol\ L^{-1}$)..... ۷۰

جدول ۳-۱۱-نتایج حاصل از اندازه‌گیری ونکومایسین در نمونه‌های آبی در شرایط بهینه (غلظت‌های سدیم هیدروکسید، نانو صفحات CuO، لومینول و هیدروژن پراکسید به ترتیب برابرند با: $0/01\ mol\ L^{-1}$، $1\ mg\ L^{-1}$، $100\ \mu mol\ L^{-1}$ و $0/015\ mol\ L^{-1}$)..... ۷۱

جدول ۳-۱۲- نتایج روش‌های تجزیه‌ای گزارش شده برای اندازه‌گیری مروپنم..... ۸۲

جدول ۳-۱۳- نتایج حاصل از ۱۱ بار اندازه‌گیری محلول $1\ mg\ L^{-1}$ مروپنم در شرایط بهینه در شرایط بهینه (غلظت‌های لومینول، پتاسیم پرمنگنات، سدیم هیدروکسید و نانو صفحات CuO به ترتیب برابرند با: $20\ \mu mol\ L^{-1}$، $50\ \mu mol\ L^{-1}$، $0/015\ mol\ L^{-1}$ و $5\ mg\ L^{-1}$)..... ۸۳

جدول ۳-۱۴- نسبت غلظتی قابل تحمل گونه‌های مزاحم در پایش مروپنم به غلظت $1\ mg\ L^{-1}$ در شرایط بهینه (غلظت‌های لومینول، پتاسیم پرمنگنات، سدیم هیدروکسید و نانو صفحات CuO به ترتیب برابرند با: $20\ \mu mol\ L^{-1}$، $50\ \mu mol\ L^{-1}$، $0/015\ mol\ L^{-1}$ و $5\ mg\ L^{-1}$)..... ۸۴