



دانشکده علوم پایه

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته شیمی تجزیه

عنوان

بررسی رفتار الکتروشیمیایی فورازولیدون در سطح الکتروود خمیری کربن اصلاح شده
با ذرات نانو تیوپ کربن

استاد راهنما

دکتر لیدا فتوحی

استاد مشاور

دکتر مجید ممهد هروی

دانشجو

مریم نعمتی

شهریور ۸۸

سپاس

خدای بزرگ را که الطاف خود را شامل حال من کرد تا بتوانم در سایه دانشمندان و اساتید بزرگ گروه شیمی دانشگاه الزهرا شاگردی کنم و به کسب علم بپردازم. سپاس و درود بی پایان بر استاد بزرگوار و مهربانم، سرکار خانم دکتر لیدا فتوحی که با راهنمایی های بی شائبه خود مرا در به انجام رساندن این پژوهش یاری و همراهی کردند. سپاس و تشکر فراوان بر استاد بزرگوارم، جناب آقای دکتر مجید ممهد هروی که مشاوره پژوهش را به عهده داشتند. سپاس بی شمار بر همراهان همیشگی ام، خانواده عزیزم، که همواره چتر حمایت و هدایتشان را بر سر داشته ام. سپاس فراوان بر استادان گرانقدرم - سرکار خانم ژیلا آزاد و جناب آقای دکتر سعید داورانی که توفیق داوری ایشان، راه گشای من در رفع کاستی های این راه بود.

از دوستان دلسوز و مهربانم که همواره همراهان همیشگی ام بودند، از صمیم قلب سپاسگذارم.

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه	۱
فصل ۲: بررسی منابع	۵
فصل ۳: بررسی روش های الکتروشیمیایی	۲۴
۱-۳ ولتامتری	۲۶
۲-۳ ولتامتری چرخه ای	۲۷
۳-۳ پالس ولتامتری	۳۰
۴-۳ روابط پتانسیل - جریان در ولتامتری کلاسیک	۳۱
۵-۳ واکنش های شیمیایی همگن همراه	۳۸
۶-۳ کروئوآمپرومتری	۴۰
فصل ۴: مطالعات تجربی	
۱-۴ مقدمه	۴۱
۲-۴ شرایط تجربی	۴۲
۱-۲-۴ مواد شیمیایی	۴۲
۲-۲-۴ دستگاهوری	۴۲
۳-۲-۴ مراحل انجام کار	۴۵
۳-۴ بررسی های الکتروشیمیایی	۵۱
بخش اول: بررسی رفتار الکتروشیمیایی فورازولیدون در سطح CPE	
۱-۱-۳-۴ تاثیر حلال	۵۳
۲-۱-۳-۴ تاثیر pH	۵۸
۳-۱-۳-۴ بررسی سرعت روبش	۶۲

بخش دوم : رفتار الکتروشیمیایی فورازولیدون در سطح CPNTE

- ۶۷..... ۱-۲-۳-۴ تاثیر مقدار نانو.....
- ۶۸..... ۲-۲-۳-۴ تاثیر pH.....
- ۷۱..... ۳-۲-۳-۴ تاثیر حجم نانو.....
- ۷۳..... ۴-۲-۳-۴ مطالعات اثر پتانسیل پیش تغلیظ.....
- ۷۶..... ۵-۲-۳-۴ مطالعات اثر زمان پیش تغلیظ.....
- ۷۹..... ۶-۲-۳-۴ مطالعات اثر سرعت روبش.....
- ۸۱..... ۱-۶-۲-۳-۴ بررسی نفوذی یا جذبی بودن فرایند.....
- ۸۴..... ۲-۶-۲-۳-۴ محاسبه ضریب انتقال الکترون و ثابت سرعت استاندارد واکنش.....
- ۸۷..... ۳-۶-۲-۳-۴ محاسبه غلظت سطحی گونه های الکترواکتیو.....
- ۸۸..... ۷-۲-۳-۴ مطالعات کرونوآمپرومتری.....
- ۹۱..... ۸-۲-۳-۴ رسم منحنی کالیبراسیون.....
- ۹۴..... ۹-۲-۳-۴ تعیین حداقل مقدار قابل تشخیص.....
- ۹۵..... ۱۰-۲-۳-۴ تکرارپذیری.....

بخش سوم : رفتار الکتروشیمیایی فورازولیدون در سطح GCNTE

- ۹۷..... ۱-۳-۳-۴ بررسی رفتار الکتروشیمیایی فورازولیدون در حضور و غیاب MWCNT.....
- ۹۹..... ۲-۳-۳-۴ مطالعات اثر سرعت روبش.....
- ۱۰۲..... ۱-۲-۳-۳-۴ بررسی نفوذی یا جذبی بودن فرآیند.....
- ۱۰۴..... ۲-۲-۳-۳-۴ محاسبه ضریب انتقال الکترون و ثابت سرعت استاندارد واکنش.....
- ۱۰۷..... ۳-۲-۳-۳-۴ محاسبه غلظت گونه های الکترواکتیو.....
- ۱۰۸..... ۳-۳-۳-۴ مطالعات کرونوآمپرومتری.....

۱۱۱.....	۴-۳-۳-۴ مطالعات اثر پتانسیل پیش تغلیظ
۱۱۳.....	۵-۳-۳-۴ مطالعات اثر زمان پیش تغلیظ
۱۱۶.....	۶-۳-۳-۴ تاثیر حجم نانو.....
۱۱۷.....	۷-۳-۳-۴ رسم منحنی کالیبراسیون.....
۱۲۱.....	۸-۳-۳-۴ حداقل مقدار قابل تشخیص.....
۱۲۲.....	۹-۳-۳-۴ تکرارپذیری.....
۱۲۳.....	۱۰-۳-۳-۴ بررسی اثر مزاحمت ها.....
۱۲۵.....	۱۱-۳-۳-۴ تعیین مقدار فورازولیدون در نمونه های حقیقی.....
۱۲۷.....	فصل ۵ : نتیجه گیری.....
۱۳۱.....	مراجع و مأخذ.....

چکیده انگلیسی

چکیده

در این کار خصوصیات الکتروشیمیایی فورازولیدون در سطح سه الکتروود خمیری کربن (CPE)، الکتروود خمیری کربن اصلاح شده با نانولوله های کربنی چند دیواره (CPNTE) و الکتروود شیشه ای کربن اصلاح شده با نانولوله های چند دیواره (GCNTE) با استفاده از ولتامتری چرخه ای، ولتامتری پالس تفاضلی و کروئوآمپرومتری بررسی شده است. در دو الکتروود CPNTE و GCNTE به سبب خصوصیت الکتروکاتالیتیکی ذرات نانو جریان افزایش و پتانسیل به سمت مقادیر مثبت تر جابه جا میشود.

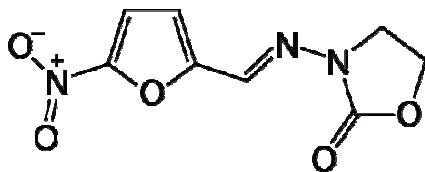
پتانسیل فرمال، E° ، فورازولیدون وابسته به pH شیبی برابر ۵۴.۴ میلی ولت نشان می دهد که تقریباً نزدیک به شیب بدست آمده ۵۹ میلی ولت در رابطه نرنست است. بر این اساس می توان گفت که تعداد الکترون و پروتون فرآیند برابر است. همچنین پارامترهای سینتیکی از قبیل ضریب نفوذ (D)، غلظت سطحی گونه های الکترواکتیو (Γ)، ثابت سرعت استاندارد واکنش (k_s) و ضریب انتقال الکترون (α) در سطح دو الکتروود CPNTE و GCNTE محاسبه گردید.

دو نمونه دارویی قرص و سوسپانسیون فورازولیدون با استفاده از GCNTE به طور موفقیت آمیزی اندازه گیری شده است.

فصل اول

مقدمه

از داروهای نیترو هیدروکسیل به عنوان عوامل ضدباکتری، ضد انگل و ضد سرطان استفاده می شود [۱]. کاهش گروه نیترو پیش نیاز بسیاری از فعالیت های بیولوژیکی است. مرحله اول یعنی تشکیل رادیکال آنیون نیترو ($ArNO_2^-$) برای فعالیت این ترکیبات الزامی است. مطالعات انجام شده بوسیله اولیو^۱ بر روی یک مجموعه ای از ترکیبات نیترو هتروسیکل، وجود رابطه ای مستقیم میان پتانسیل نیمه موج پلاروگرافی ($E_{1/2}$) و سرعت کاهش نیترو در سیستم های بیولوژیکی مختلف را نشان می دهد که داروهای با پتانسیل کمتر سمیت بیشتری دارند [۲].



^۱Olive

اولین ترکیبات نیترو هتروسیکل که برای شیمی درمانی به کار گرفته شدند، نیترو فوران ها بودند. فورازولیدن و دیگر مشتقات نیترو فوران برای بیشتر از سی سال در پزشکی به تنهایی و یا در ترکیب با داروهای دیگر جهت درمان بیماریهای روده ای در حیوانات و انسانها استفاده می شوند [۳۱]. نیترو فورازون و فورازولیدن از مشتقات نیترو فوران می باشند که گروه نیترو در محل پنجم حلقه فوران قرار دارد. این داروها به طور گسترده در درمان کوکسیدیوز (بیماری مسری دستگاه گوارشی جانوران و پرندگان و گاهی انسانها که توسط انگل های راسته کوکسیدیا^۱ ایجاد می شود) در جوجه ها استفاده می شوند. این ترکیبات به غذای حیوانات اضافه می شوند تا از بیماری های پوستی و طیوری مختلف جلوگیری شود. در انسان این داروها از نظر درمانی به عنوان عامل ضد باکتری مؤثر می باشند. فورازولیدون باکتری کش می باشد و دلیل تداخل آن با سیستم های آنزیمی باکتریایی مختلف احتمالاً جلوگیری کردن از استیله شدن کوآنزیم A می باشد. فورازولیدون هم چنین به عنوان یک بازدارنده ی اکسیداز مونوآمین عمل می کند [۴].

نیترون دیپین (NID) از نظر شیمیایی متعلق به خانواده نیتروآروماتیک ها می باشد. گروه نیترو خصوصیات ویژه ای مانند امکان تشکیل نمونه های سمی را بوسیله ی فرآیندهای سوخت و ساز دارویی به مولکول می دهد. شرکت گونه های رادیکال آنیون نیترو در فرآیندهای سمیت سلولی مربوط به اثر کاتالیزوری در تولید اکسیژن فعال ($O_2^{\cdot -}$) می باشد. نیترون دیپین یک داروی ضد فشار خون می باشد که بوسیله جلوگیری از انتقال کلسیم به درون سلول عمل می کند [۵].

^۱·Coccidia

پس از کشف کربن نانو تیوپ ها در سال ۱۹۹۱ [۶]، آنها به علت خصوصیات بی نظیرشان از قبیل قدرت مکانیکی ویژه، هدایت الکتریکی بالا، مساحت سطح ویژه زیاد، پایداری الکتروشیمیایی خوب در محدوده پتانسیل وسیع [۷] هدف بررسی های متعددی قرار گرفته اند.

کربن نانوتیوپ ها به شکل واحدهای کربن sp^2 و دارای ساختار یکپارچه با شبکه های لانه زنبوری هگزاگونالی، دارای قطری در حد چند نانومتر و طولی در حد چند میکرون می باشند. کربن نانوتیوپ ها به دو صورت، کربن نانوتیوپ های چند دیواره (MWCNTs) و کربن نانوتیوپ های تک دیواره (SWCNTs) می باشند که MWNTs به صورت لوله های گرافیتی نزدیک و هم مرکز با لایه های چندگانه از صفحات گرافیت با فاصله حدود 0.34nm می باشند در حالیکه SWNTs شامل یک صفحه گرافیتی لوله شده یکپارچه شبیه یک استوانه با قطر $1-2\text{nm}$ هستند [۸].

کربن نانوتیوپ ها به عنوان فلز یا نیمه هادی وابسته به ساختار و قطر می توانند رفتار کنند [۹]. این نانو ذرات اخیراً در تحقیقات الکتروشیمیایی پیشرو شده اند. خصوصیات الکترونیکی بی نظیر این نانو ذرات سبب شده که در الکتروشیمی به طور مؤثری به عنوان وسیله ای جهت پیشرفت واکنش انتقال الکترون در محدوده وسیعی از گونه های مهم محیطی بیولوژیکی شامل کتکول آمین ها [۱۰]، NADH [۱۱]، اسید اوریک^۱ [۱۲] و سیتوکروم C [۱۳] به کار گرفته شوند.

^۱·Uric acid

الکتروود خمیر کربن به سبب ساختار ساده ، تجدیدپذیری در سطح و سازگاری با انواع مختلفی از اصلاح کننده ها به طور وسیعی به عنوان بافت زمینه ای مناسب برای آماده سازی الکترودهای اصلاح شده مورد استفاده قرار گرفته است. علاوه بر این، الکتروود خمیر کربن جریان زمینه کمی را در مقایسه با الکتروود گرافیت جامد یا الکترودهای فلزی نشان می دهد. در سال های اخیر کاربرد الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با ذرات نانو تیوپ بهبودهای قابل توجهی در رفتار الکتروشیمیایی فلزات نشان داده است [۱۴].

به دلیل خصوصیات ذکر شده در مورد الکتروود خمیر کربن و ذرات نانو تیوپ کربنی، در این تحقیق رفتار کاهش الکتروشیمیایی فورازولیدون در سطح الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با کربن نانو تیوپ های چند دیواره و هم چنین در سطح الکتروود کربن شیشه ای اصلاح شده با کربن نانوتیوپ های چند دیواره بررسی شده است.

فصل دوم

بررسی منابع

تعیین کمی فورازولیدون به وسیله پلاروگرافی توسط مارسیزوسکی^۱ در سال ۱۹۵۹ انجام شده است [۱۵]. فورازولیدون در دو مرحله در سطح الکتروود جیوه کاهش می یابد. موج اول با یک پتانسیل نیمه موج ۰/۴۹- ولت در محلول سالیسیلات سدیم ۰/۰۵ مولار برای اهداف تجزیه ای استفاده شده است.

پلاروگرافی تعدادی از مشتقات ۵- نیترو فوران که به عنوان دارو استفاده می شوند توسط استرادینس^۲ و همکارانش در سال ۱۹۵۹ مطالعه شده است [۱۶].

^۱ Marcizewski

^۲ Stradins

پتانسیل کاهش این داروها جهت درک بهتر عمل ضد باکتری و هم چنین ارائه روشی مناسب جهت منحنی های پلاروگرافی آنها در محلول بافر 10^{-4} مولار به دست آمده است. گزارش شده است که کلیه این ترکیبات در دو مرحله و در تمامی گسترده pH کاهش می یابند در حالی که در pH های پایین تر پیک سومی هم مشاهده می شود. پتانسیل مرحله اول را به کاهش NO_2 به هیدروکسیل آمین و مرحله دوم را به کاهش گروه $C=N$ که همراه با شکافته شدن حلقه فوران می باشد، نسبت داده اند.

پلاروگرافی فورازولیدون توسط آساهی^۱ در سال ۱۹۶۰ مطالعه شده است [۱۷]. فورازولیدون در دو مرحله کاهش می یابد که موج اول در $E_{1/2} = 0.05-0.052pH$ که مربوط به کاهش شش الکترونی NO_2 به NH_2 می باشد ظاهر می شود و موج دوم در $E_{1/2} = 0.05-0.052pH$ که مربوط به کاهش چهار الکترونی CHN_2 به CH_2NH_2 می باشد، ظاهر می شود. تعیین پلاروگرافی نیترو فورازون و فورازولیدون در غذاهای دارویی توسط فریک^۲ و همکارانش در سال ۱۹۶۴ انجام شده است [۱۸]. این دو ترکیب می توانند به تنهایی یا با هم در غذاها تعیین مقدار شوند.

پلاروگرافی تعدادی از ترکیبات هتروسیکل نیتراته توسط ویگنولی^۳ و همکارانش در سال ۱۹۶۳ مطالعه شده است [۱۹]. پلاروگرافی ترکیبات ۵- نیترو-۲- فورفوریلدهید سمی کربازون و ۱- (۵- نیترو- فورفوریلیدون آمینو) هیدرانتوین و ۳- (۵- نیترو- ۲- فورفوریلیدین آمینو) اکسازولیدون و ۲- استامیدو- ۵- نیتروتیازول و ۱- [(۲- هیدروکسی اتیل)-۲- متیل]-۵- نیترو

^۱.Asahi
^۲. Fericke
^۳. Vignoli

ایمیدازول در بافرهای با $pH = ۱/۸۱ - ۱۱/۹۸$ دو موج مربوط به کاهش گروه نیترو و در pH پایین تر نیز موج سومی برای ترکیباتی که گروه آمینو جانشین شده است نشان داده شده اند. تعیین مقدار پلاروگرافی فورازولیدون در داروها توسط اتسوشیسوگی^۱ و همکارانش در سال ۱۹۶۵ انجام شده است [۲۰]. فورازولیدون در داروی محتوی آکرینول و بربرین تانات با استفاده از پلاروگرافی تعیین مقدار شده است. این ترکیب در متیل بلوسلو و KCl ۰/۱ مولار به عنوان الکترولیت حامل، یک موج پلاروگرافی نشان می دهد. پتانسیل نیم موج $۰/۴ -$ ولت برای کاهش گروه نیترو گزارش شده است و نتایج خوبی بدون مزاحمت آکرینول و بربرین به دست آمده است.

تعیین مقدار پلاروگرافی جریان متناوب پنج داروی نیترو در غذای حیوان توسط هاسکوئلت^۲ و همکارانش در سال ۱۹۷۲ انجام شده است [۲۱]. در این تعیین مقدار، داروهای زوالن، نیترو فوران، فورازولیدون، دیمتریدازول و راینزازول از باقیمانده غذای حیوان با حلال CCl_4-DMF استخراج شده است و تجزیه پلاروگرافی آنها در DMF (۱۰٪) و بافر برات با $pH=۸$ انجام گرفته است.

پلاروگرافی ۵- نیترو فورفورال هیدرازول ها توسط استرادینس^۳ و ریهمانیس^۴ در سال ۱۹۷۲ مطالعه شده است [۲۲]. رفتار پلاروگرافی مشتقاتی از آزومتین از جمله فورازولیدون در محیط مایی، مخلوط مایی-آلی و در محیط DMF بررسی شده است.

^۱. Atsushisugii
^۲. Hosquellet
^۳. Stradins
^۴. Reihmanis

تعیین همزمان دیمتری‌دازول و فورازولیدون در غذای از پیش مخلوط شده به وسیله پلاروگرافی جریان مستقیم توسط اسلامیک^۱ و مرجان^۲ در سال ۱۹۷۴ انجام شده است [۲۳]. نمونه ابتدا در DMF حل شده است و سپس بافر برایتون - رایبسون با $\text{pH}=8$ به آن اضافه و موج پلاروگرافی آن رسم شده است. در این روش از افزایش استاندارد استفاده شده است.

رفتار الکتروشیمیایی تعدادی از ۵-نیتر و ۲-فورفوریلیدین هیدرازون ها توسط استرادیانس و همکارانش در سال ۱۹۷۸ مطالعه شده است [۲۴]. پلاروگرافی و ولتامتری چرخه ای آن بررسی شده است. تشکیل آنیون رادیکال نقش مهمی را در فعالیت متابولیک ترکیبات ۵-نیتر و فوران در یک ارگانسیم موجود زنده بازی می کند.

تعیین کمی پلاروگرافی جریان مستقیم فورازولیدون توسط میشر^۳ و گاد^۴ در سال ۱۹۸۶ انجام شده است [۲۵]. موج پلاروگرافی جریان مستقیم فورازولیدون موجود در قرص ها در بافرهای استات ($\text{pH}=4/0$)، مک لوا ین^۵ ($\text{pH}=4/0$)، برایتون - رایبسون ($\text{pH}=5/0$) و بورات ($\text{pH}=8/0$) رسم شده است. دو موج اولیه با کاهش گروه ۵-نیتر و مطابقت می کند و موج کاهش سوم با گروه $\text{C}\equiv\text{N}$ تطابق دارد. در بافرهایی که گستره pH آنها قلیایی است ($\text{pH} > 9$) تنها دو موج مشاهده می شود و در حالت اسیدی با ($\text{pH} < 3$) اولین موج کاهش در پتانسیل مثبت تر ظاهر می شود که جهت تعیین مقدار کمی مناسب نیست. طبیعت موج ها غیر برگشت پذیر است و راندمان حدود $98/4-99/4\%$ به دست آمده است.

۱. Slamnic
 ۲. Marjan
 ۳. Mishra
 ۴. Gode
 ۵. McIlvain

تعیین همزمان فورازولیدون و کلرامفنیکول در دارو بوسیله پلاروگرافی جریان مستقیم توسط کازاندز هیوا^۱ و همکارانش در سال ۱۹۸۶ انجام شده است [۲۶]. قرص ها در بافر برایتون-رابینسون (pH=۴/۴) یا بافر استات در ۱۰٪ حلال DMF و ۰/۰۱٪ ژلاتین حل شده اند. روش سریع، ساده، انتخابگر، دقیق و تکرار پذیر گزارش شده است. انحراف استاندارد کلرامفنیکول ۱/۸۲ و فورازولیدون ۴/۲ درصد می باشد.

تعیین مقدار پلاروگرافی نیترو فورازون و فورازولیدون در دارو و اوره توسط مورالز^۲ و همکارانش در سال ۱۹۸۷ انجام شده است [۴]. در بافر اسید فرمیک-پیریدین و محلول $\text{Me}_4\text{N}^+\text{Cl}^-$ و گستره ۸/۵ - pH=۰، نیترو فورازون و فورازولیدون و دیگر مشتقات نیترو فوران در یک فرآیند شش الکترونی کاهش می یابد و حد تشخیص حدود $10^{-6} \times 1/24$ مولار گزارش شده است. هیچ گونه جداسازی اولیه استخراجی لازم نیست. داروهای دیگر از قبیل مشتقات نیترو، او-۴-بنزودیازپین، کلرامفنیکول، مترونیدازول، تینیدازول در یک فرآیند چهار الکترونی در پتانسیل های منفی تر کاهش می یابد که تعیین مقدار همزمان را امکان پذیر می سازد.

رفتار ولتامتری نیترو فوران و فورازولیدون و دیگر مشتقات بیولوژیکی مهم نیترو توسط مورالز و همکارانش در سال ۱۹۸۷ انجام شده است [۲۷]. در بافر اسید فرمیک - پیریدین و محلول $\text{Me}_4\text{N}^+\text{Cl}^-$ و در pH=۴/۵ در سطح الکتروود قطره ای جیوه یا کربن، نیترو فوران و فورازولیدون و نیترو فورانتوین در یک موج شش الکترونی کاهش می یابد. گروه نیترو به ترتیب به آمین یا هیدروکسیل آمین کاهش می یابند. گزارش شده است که رفتار

^۱ Kazandzhieva

^۲ Morales

الکتروشیمیایی این ترکیبات عمدتاً به طبیعت و محل گروههای عاملی بستگی دارد. کاهش به آمین نوع اول هنگامی اتفاق می افتد که گروههای عاملی الکترونهای π را برای مزدوج شدن در دسترس گروه نیترو حلقه آروماتیک قرار دهند که تغییر شکل هیدروکسیل آمین به آمین از طریق تشکیل یک حد واسط ایمن با یک ساختار کوئینوئید اتفاق می افتد. در مقابل تشکیل حد واسط ایمن توسط اثر معکوس گروه عاملی غیر ممکن می باشد و هیدروکسیل آمین نمی تواند بیشتر کاهش یابد. اثر pH بر روی جریان حد و مقادیر موج های پلاروگرافی مطالعه شده است و نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از ولتامتری چرخه ای مقایسه شده است.

رفتار الکتروشیمیایی هالوسینوژن توسط ریچتر^۱ و همکارانش در سال ۱۹۹۸ مطالعه شده است [۲۸]. رفتار ولتامتری و پلاروگرافی این دارو در سیستم بافر- حلال اسید فرمیک - پیریدین و محلول $\text{Me}_4\text{N}^+\text{Cl}^-$ بررسی شده است. هم چنین گزارش شده است که این ترکیب از نظر ساختاری همانند مشتقات نیترو آروماتیک رفتار می کنند. گروه نیترو به هیدروکسیل آمین در یک مرحله کاهش می یابد که به صورت یک موج برگشت پذیر است و هم چنین به pH وابسته است. نتایج این مطالعه نشان می دهد که یک رابطه مهم می تواند بین رفتار الکتروشیمیایی هر ترکیب و ساختار الکترونی- مولکولی آن و هم چنین بین ساختار مولکولی و فعالیت بیولوژیکی و دارویی آن برقرار باشد.

تعیین باقیمانده های فورازولیدون به وسیله کروماتوگرافی مایع با آشکارسازی الکتروشیمیایی در خوک ها توسط کاریگنان^۲ و همکارانش در سال ۱۹۹۰ انجام شده است [۲۹]. این روش جهت برآورد فورازولیدون در بافت های خوک انجام شده است. بعد از

^۱ Richter

^۲ Carginan

اینکه رژیم غذایی پزشکی به خوک خورانده شد (۳۰۰ ppm)، دارو به سرعت در پلاسما جمع شده و به غلظت ثابت تقریباً ۵۰۰ ppb در ۱/۲ h می رسد لیکن شبانه به ۰/۲ ppb افت می کند. غلظت در ماهیچه حدود ۶-۳ برابر کمتر از پلاسما است.

تعیین مقدار فورازولیدون در آب توسط داتسنکو^۱ و همکارانش در سال ۱۹۹۱ انجام شده است [۳۰]. فورازولیدون در فاضلاب صنعت دارویی بوسیله پلاروگرافی تعیین مقدار شده است. تعیین مقدار بر اساس کاهش الکتروشیمیایی گروه NO₂ در ترکیب می باشد. گستره غلظتی روش ۱-۰/۰۱ mg/L و خطای آن ۶-۱/۴٪± گزارش شده است. حد واسط ها یا محصولات فرعی در تعیین مقدار فورازولیدون مزاحمتی ایجاد نکرده اند.

بررسی رفتار الکتروشیمیایی نیترو فوراکسیم با استفاده از روش های پلاروگرافی کلاسیک، ولتامتری چرخه ای، ولتامتری پالس تفاضلی، کولومتری و الکترولیز در پتانسیل ثابت توسط ردی^۲ در سال ۱۹۹۱ انجام شده است [۳۱]. این بررسی در مخلوط حلال های مایه-آلی و در گستره pH=۲-۱۲ صورت گرفته است و پارامترهای سینتیکی نظیر ضریب نفوذ، ثابت سرعت و مکانیسم واکنش اکسایش و کاهش برای این دارو به دست آمده است. هم چنین روش پالس تفاضلی به عنوان یک روش کمی مناسب همراه با روش افزایش استاندارد برای اندازه گیری این دارو معرفی شده است و نتایج حاصل با انحراف استاندارد نسبی حدود ۱/۸۴٪ و ضریب همبستگی ۰/۹۹ گزارش شده است.

^۱• Datsenko

^۲• Reddy

کرونوپتانسیومتری جذب سطحی فورازولیدون در قرص توسط ونروئی^۱ و همکارانش در سال ۱۹۹۲ مطالعه شده است [۳۲]. روش بر اساس کرونوپتانسیومتری فورازولیدون تجمع یافته به صورت جذب سطحی روی الکتروود جیوه می باشد. واکنش غیر برگشت پذیر است و حد تشخیص 1×10^{-10} مولار گزارش شده است.

تعیین مقدار فورازولیدون در قرص ها به وسیله روش پلاروگرافی پالس تفاضلی توسط تانکل^۲ و آلتیوککو^۳ در سال ۱۹۹۳ انجام شده است [۳۳]. گزارش شده است که محلول شامل ۵۰٪ حلال DMF، KCl ۰/۲ مولار و بافر فسفات یا استات ۰/۱ مولار با pH بهینه ۳ می باشد. در این حالت یک نسبت خطی بین جریان و غلظت در ۲۲۵ میلی ولت برقرار می شود.

رفتار الکتروشیمیایی چهار ترکیب کلرامفتیکول، نیتروفورازون، فورازولیدون و نیتروفورشین در یک الکتروود قطره جیوه بوسیله پلاروگرافی ac و dc و پالس تفاضلی توسط تاناس^۴ و استانگیو^۵ در سال ۱۹۹۴ مطالعه شده است [۳۴]. تعیین مقدار کمی این ترکیبات در گستره غلظتی 10^{-7} - 10^{-3} مولار صورت گرفته است.

تعیین هم زمان فورازولیدون و فورالتادون با روش های مربعات ديفرانسیلی و پلاروگرافی پالس تفاضلی گوئیریتو^۶ و همکارانش در سال ۱۹۹۵ انجام شده است [۳۵]. قابلیت اجرایی این دو روش برای تفکیک پیک های همپوشانی شده در پلاروگرافی پالس تفاضلی مطابق با فرآیند غیر برگشت پذیر دو مشتق نیتروفوران انجام شده است. روش

۱. Wenrui
 ۲. Tuncel
 ۳. Altioikko
 ۴. Tanase
 ۵. Stangioiu
 ۶. Guiberteau

کالیبراسیون چند متغیری PLS^۱ به طور موفقیت آمیزی برای تجزیه همزمان دو ترکیب در یک فرمول دارویی، به کار رفته است.

تفکیک مخلوط سه تایی نیترو فورانتوین، فورازولیدون و فورالتادون به وسیله کاربرد تجزیه ای حداقل مربعات جزئی با پلاروگرافی پالس تفاضلی توسط گوئیبریتیو و همکارانش در سال ۱۹۹۵ انجام شده است [۳۶]. خطای نسبی با این روش ۸/۴٪ برای فورالتادون و ۷/۷٪ برای فورازولیدون و ۶/۷٪ برای نیتروفورانتوین گزارش شده است..

بررسی اثر آنتی باکتریال فورازولیدون و الکتروآنالیز آن توسط ناراد^۲ و همکارانش در سال ۱۹۹۵ انجام شده است [۳۷]. در این مطالعه تعدادی از کمپلکس های فورازولیدون با کاتیون های عناصر واسطه سنتز شده و فعالیت ضد قارچ و ضد باکتری آنها بررسی شده است و اثر قابل توجه کمپلکس های Co(II)، Cu(II)، Zn(II) و Cd(II) در مقابل نژادهای مختلف باکتری، قارچ و باکتری بیماری زا در سالمونلا نشان داده شده است.

رفتار ولتامتری چرخه ای نیفورتیموکس توسط ورگارا^۳ در سال ۱۹۹۵ مطالعه شده است [۳۸]. در محیط مایی بافر سیترات یک کاهش چهار الکترونی برگشت ناپذیر اتفاق می افتد تا مشتق هیدروکسیل آمین بدست آید. در محیط مخلوط DMF و مایی یک کاهش تک الکترونی برگشت پذیر روی می دهد تا آنیون رادیکال نیترو به دست آید. هم چنین اثرات سرعت روبش و حجم حلال آلی بر روی پایداری رادیکال آنیون نیترو بررسی شده است.

^۱ Partial Least Square

^۲ Narad

^۳ Vergara

ثابت سرعت زوال رادیکال آنیون نیترو در $\text{pH}=10/3$ و $40\% \text{ DMF}$ و غلظت یک میلی مولار از نیفور تیموکس $9541 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$ بدست آمده است.

برهم کنش داروهای نیترو آروماتیک با آمینو تیول ها با استفاده از روش های الکتروشیمیایی توسط توچر^۱ در سال ۱۹۹۵ مطالعه شده است [۳۹]. اثر سیستامین و گلوتامین در رفتار اکسایش - کاهش ترکیبات نیترو در یک تعداد از روش ها موثر است. در حلال مایی که مرحله اول کاهش نیترو به هیدروکسیل آمین است یک کاهش در جریان پیک و جا به جایی موج به سمت پتانسیل های مثبت تر در اثر افزایش تیول مشاهده شده است. اما در حلال DMF و آب تاثیر افزایش تیول بر روی پایداری رادیکال آنیون شدیداً به دارو، خصوصیات گروه تیول و غلظت الکترولیت حامل بستگی دارد. همچنین حضور گروه تیول می تواند باعث کاهش یا افزایش در زمان نیمه عمر رادیکال آنیون شود.

رفتار الکتروشیمیایی نیفوراکسازید توسط اسکوئلا^۲ در سال ۱۹۹۶ مطالعه شده است [۴۰]. در محیط مایی یک کاهش چهار الکترونی برگشت پذیر اتفاق می افتد تا مشتق هیدروکسیل آمین به دست آید. در مخلوط حلال آلی- مایی یک کاهش تک الکترونی برگشت پذیر روی می دهد تا یک رادیکال آنیون نیترو به دست آید. مطالعات ولتامتری چرخه ای نشان می دهد که اگر چه رادیکال آنیون نیترو تمایل بیشتری به واکنش های شیمیایی نشان می دهد لیکن این محصول پایدار است.

^۱ Tocher
^۲ Squella