

# بررسی عصاره ترخون به عنوان بازدارنده مؤثر برای جلوگیری از خوردگی فولاد نرم در محیط اسیدی

محمدحسن شهزادی، محمدعلی حسینی  
گروه شیمی فیزیک، دانشکده شیمی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

راضیه رضوی\*  
گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه جیرفت، ایران

عفت جمالی زاده  
گروه شیمی فیزیک، دانشکده شیمی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

**چکیده:** در این پژوهش، اثر بازدارندگی عصاره ترخون بر خوردگی فولاد کربنی St37 در محیط‌های سولفوریک اسید یک مولار و هیدروکلریک اسید نیم مولار به روش‌های پلاریزاسیون تافل، طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی و تصویر برداری میکروسکوپ الکترونی رویی بررسی شد. اندازه‌گیری‌های به دست آمده از پلاریزاسیون تافل نشان داد که بازدارنده از نوع مختلط بوده و با افزایش غلظت بازدارنده چگالی جریان خوردگی کاهش می‌یابد. نتیجه‌های به دست آمده از روش‌های پلاریزاسیون تافل و امپدانس الکتروشیمیایی در توافق با هم می‌باشند. نتیجه‌های به دست آمده از اندازه‌گیری‌ها تافل و EIS نشان می‌دهد که جذب سطحی عصاره ترخون روی فولاد کربنی در محلول ۰/۵ مولار هیدروکلریک اسید و یک مولار سولفوریک اسید از هم دمای تمکین پیروی می‌کند و بازده بازدارندگی آن در محیط سولفوریک اسید بیش تر است.

**واژگان کلیدی:** خوردگی، بازدارندگی، عصاره ترخون، فولاد کربنی، هیدروکلریک اسید، سولفوریک اسید

**KEYWORDS:** Corrosion, Inhibition, Artemisia dracunculus extract, Mild steel, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

## مقدمه

به عنوان بازدارنده‌های سبز معرفی شده‌اند. همه مواد معرفی شده دارای ترکیب‌های آلی مشترکی نیستند ولی در برخی از آن‌ها ترکیب‌های آلی مانند پینن، لیمونن، ۱/۸- سینئول و ترپینئول و ... به صورت مشترک وجود دارند. عملکرد مناسب عصاره‌های گیاهی

امروزه معرفی و استفاده از عصاره‌های گیاهی به عنوان بازدارنده به دلیل سمی نبودن و دسترسی آسان در سال‌های اخیر افزایش یافته است. تاکنون ترکیب‌هایی مانند عصاره آلوئه ورا [۱]، عصاره گل مریم [۲]، عصاره کرفس [۳]، رزماری [۴] و چندین ماده دیگر [۶]

\*Email: R.Razavi@ujiroft.ac.ir

\* عهده‌دار مکاتبات

پتانسیواستات گالوانواستات Emstate ساخت کشور هلند مدل Palm Sense بر روی نمونه‌های فولاد انجام شد. به منظور انجام این آزمون، نمونه‌ها به صورت ورق در اندازه  $1 \times 1$  سانتی‌متر با ضخامت ۳ میلی‌متر تهیه شده و سطح آن‌ها با سمباده درجه ۴۰ تا ۳۰۰۰ صیقل داده شد. به منظور آزمون کاهش وزن نمونه‌ها به مدت زمان ۴۸ ساعت در محلول‌های اسیدی دارای عصاره گیاه ترخون به عنوان بازدارنده خوردگی فولاد با غلظت‌های گوناگون بازدارنده مورد بررسی قرار گرفت. پس از گذشت زمان لازم تغییر وزن آن‌ها محاسبه شد. برای بررسی رفتارهای الکتروشیمیایی از یک سل شیشه‌ای سه الکترودی شامل الکترود کاری، کمکی و مرجع استفاده شد. در سل الکتروشیمیایی نمونه‌های فلزی فولاد ساده کربنی به عنوان الکترود کاری با سطح ۱ سانتی‌متر مربع و الکترود پلاتین به عنوان الکترود کمکی از الکترود اشباع کالومل (SCE) به عنوان الکترود مرجع استفاده شد. همه پتانسیل‌های گفته شده در بخش "نتیجه‌ها و بحث" بر حسب الکترود مرجع کالومل اشباع است. آزمایش‌های امیدانس الکتروشیمیایی با دامنه پتانسیل ۱۵ میلی‌ولت در پتانسیل مدار باز (OCP) و در بازه فرکانس ۹۵ کیلوهرتز تا ۱۵ میلی‌هرتز روی نمونه‌ها صورت گرفتند. آزمون پلاریزاسیون الکتروشیمیایی پس از آزمایش‌های امیدانس روی یک نمونه صورت گرفتند. این آزمایش در بازه پتانسیل معین با سرعت یک میلی‌ولت بر ثانیه نسبت به پتانسیل مدار باز تا مقدارهای بالاتر از پتانسیل روزنه‌دار شدن با نرخ روبش یک میلی‌ولت بر ثانیه اندازه‌گیری شد و پتانسیل الکترود اندازه‌گیری شده بر اساس الکترود مرجع کالومل SCE گزارش شد و دانسیته جریان خوردگی از منحنی پلاریزاسیون به روش برون‌یابی به دست آمد. آزمایش خوردگی از منحنی پلاریزاسیون به روش برون‌یابی به دست آمد.

برای عکس‌برداری از نمونه، پس از صیقل دادن و شست‌وشو با آب مقطر و استون آن‌ها خشک شده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۰ درجه سلسیوس در محلول مورد آزمایش نگه‌داری شد و توسط میکروسکوپ الکترونی عکس‌برداری شد.

### نتیجه‌ها و بحث

آزمون امیدانس الکتروشیمیایی به منظور بررسی فصل مشترک الکترود/الکترولیت و فرایندهای صورت گرفته روی سطح در حضور و نبود عصاره ترخون در محلول ۰/۵ مولار هیدروکلریک اسید و یک مولار سولفوریک اسید انجام شد. شکل‌های ۱ و ۲ منحنی‌های ناپیوستگی به دست آمده در حضور و بدون حضور غلظت‌های

به عنوان بازدارنده را می‌توان به عملکرد ترکیبی این ترکیب‌های آلی در کنار هم دیگر نسبت داد. این ترکیب‌ها به‌طورعموم دارای ساختارهای مولکولی هستند که حضور پیوند دوگانه، حلقه بنزنی، هترواتم و غیره در آن‌ها دیده می‌شود در این پژوهش عصاره ترخون یکی از ترکیب‌هایی است که اثر بازدارندگی آن مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعه‌های انجام شده توسط تعدادی از پژوهشگران هندی روی عصاره ترخون نشان می‌دهد که در عصاره ترخون بیش از ۲۴ نوع ترکیب متفاوت دیده می‌شود. تجزیه و تحلیل GC و GC-MS از نمونه‌های متفاوت عصاره ترخون حضور ترکیب‌هایی مانند کاپلین، اوسیمن، ۵-فنیل-۱ و ۳-پنتادی الف، لیمون، تریپنولن، لومیسین، میرن، متیل کاپیکال، کارواکراول-کوپان، لینانول-متیل اوژینول، آسیمن ۲۲/۶ درصد و آنزول ۲۱/۲ و لیمون ۱۲/۴ درصد و پین ۵/۱ درصد وجود دارد. ساینین ۳۹/۸ درصد و آسیمین ۱۶ درصد متیل اوژینول ۱۴/۷ درصد و ایزوالیسیسین ۷/۷ درصد و بتا آسیمین ۴/۱ درصد در عصاره ترخون فرانسوی دیده می‌شود. مهم‌ترین ترکیب ترخون فرانسوی متیل چاویکول است همچنین مشخص شده که کاپلین خاصیت ضد میکروبی دارد و به عنوان نگه‌دارنده مواد غذایی طبیعی عمل می‌کند [۷]. این عصاره دارای ترکیب‌های مشترکی با سایر عصاره‌های معرفی شده به عنوان بازدارنده است و با توجه به درصد بالای برخی از این اجزا، می‌توان عملکرد مناسب بازدارندگی از این ماده را انتظار داشت. بنابراین در این مقاله با توجه به اجزای موجود در عصاره ترخون، عملکرد بازدارندگی آن روی فولاد در محیط‌های سولفوریک اسید یک مولار و هیدروکلریک اسید نیم مولار توسط آزمون‌های خوردگی مورد بررسی قرار گرفته است.

### بخش تجربی

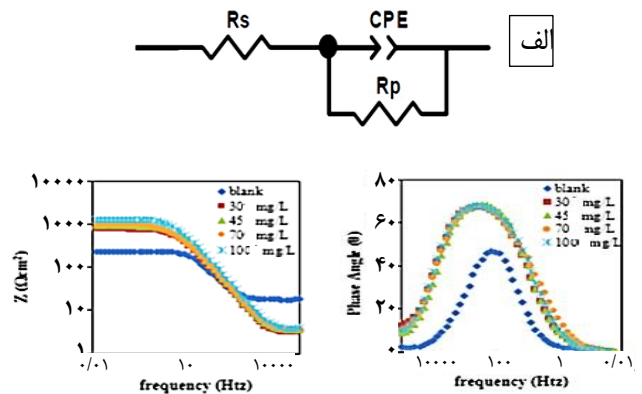
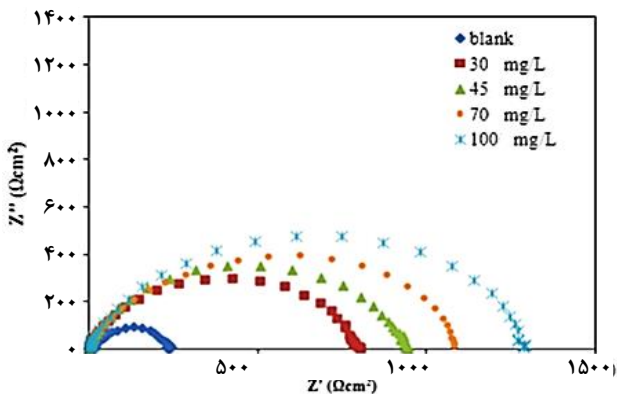
در این پژوهش، رفتار خوردگی نمونه فولاد کربنی در محیط‌های سولفوریک اسید یک مولار و هیدروکلریک اسید نیم مولار بررسی شد. برای تهیه هیدروکلریک اسید نیم مولار و سولفوریک اسید یک مولار، رقیق سازی هیدروکلریک اسید ۳۷٪ و سولفوریک اسید ۹۸٪ خریداری شده از شرکت مرک آلمان با آب مقطر انجام شد. گیاه ترخون کشت شده در منطقه جیرفت تهیه و در دمای محیط بالای ۳۵ درجه سلسیوس خشک و سپس آسیاب شد و عصاره اتانولی آن توسط دستگاه کلونجر گرفته شد. آزمون‌های خوردگی مانند آزمون کاهش وزن بر اساس استاندارد ASTM G31، پلاریزاسیون، عکس‌برداری نوری و الکترونی و امیدانس توسط دستگاه

جدول ۱ - پلاریزاسیون تافل هیدروکلریک اسید نیم مولار

غلظت بازدارنده (mg/L)	پتانسیل خوردگی (mV)	چگالی جریان خوردگی ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	شیب تافل کاتدی (mV/dec)	شیب تافل آندی (mV/dec)	درصد بازدارندگی
۰	-۴۹۴	۹۸/۹	۱۴۵	۱۲۵	-
۳۰	-۴۹۲	۲۸/۸	۱۱۵	۸۲	۷۰
۴۵	-۴۸۳	۲۶/۹	۱۱۷	۸۹	۷۳
۷۰	-۴۸۵	۲۲/۱	۱۴۵	۱۱۸	۷۶
۱۰۰	-۴۷۵	۱۷/۵	۱۲۶	۷۰	۸۰

جدول ۲ - پلاریزاسیون تافل سولفوریک اسید یک مولار

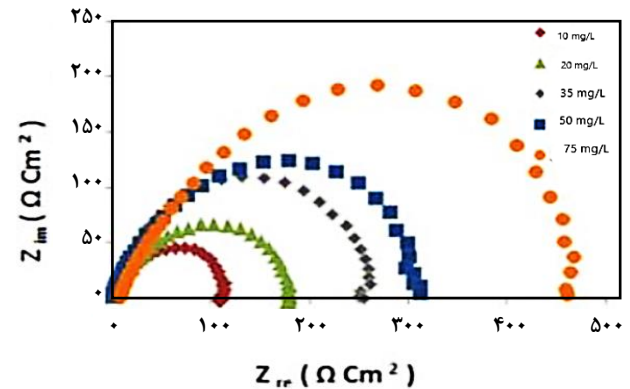
C(mg/L)	E(mV)	Icorr ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	a (mV/dec) $\beta$	B (mV/dec) $\beta$	%IE
۰	۴۲۵	۳۷۱۰	۱۰۱	۴۶۳	-
۱۰	۴۲۰	۷۹۵	۶۶	۶۲	۷۸/۵
۲۰	۴۵۹	۳۴۰/۵	۵۴	۳۱۲	۹۰/۴۱
۳۵	۴۷۷	۷۵	۴۸	۱۱۲	۹۶/۵
۵۰	۴۰۸	۵۸/۹	۵۲	۲۱۵	۹۸/۴۸
۷۵	۴۹۰	۲۴/۷	۵۷	۲۴۴	۹۹/۰۰



شکل ۱ - الف) مدار معادل مورد استفاده برای ارزیابی نمودارهای امپدانس (ب) (همه نمودارها) نمودارهای نایکوئیست، فولاد در محیط هیدروکلریک اسید یک مولار در غلظت‌های گوناگون عصاره ترخون

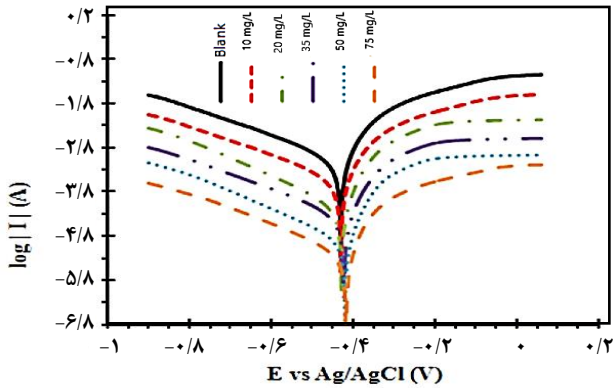
بازدارندگی است. همان گونه که در نمودارهای نایکوئیست دیده شد این نمودارها دارای له شدگی هستند، به گونه‌ای که نشانگر یک حلقه خازنی ایده‌آل نیستند. این موضوع بیانگر انحراف از حالت ایده‌آل بوده که به‌طور معمول توسط یک عنصر فاز ثابت تحلیل می‌شود. به منظور ارزیابی و آنالیز آزمایش‌های امپدانس الکتروشیمیایی از آنالیز غیر خطی و مدار معادل (شکل ۱- الف و ب) استفاده شد. در این مدار  $R_s$  بیانگر مقاومت محلول بین الکتروود کار و الکتروود مرجع،  $R_p$  مقاومت پلاریزاسیون مربوط به فرایند خوردگی در پتانسیل مدار باز و CPE عنصر فاز ثابت که بیانگر ظرفیت خازنی لایه دوگانه الکتریکی در فصل مشترک الکتروود/الکترولیت می‌باشد. نتیجه‌های به دست آمده از آنالیز این منحنی‌های نایکوئیست در جدول‌های ۱ و ۲ ارایه شده است. براساس این جدول، در محلول شاهد، مقاومت پلاریزاسیونی  $222 \Omega \cdot \text{cm}^2$  بوده که با افزایش  $300 \text{ mg/L}$  از عصاره ترخون تا  $790 \Omega \cdot \text{cm}^2$  افزایش یافته است و با افزایش بیش‌تر این ماده تا  $1000 \text{ mg/L}$  مقاومت تا  $1243 \Omega \cdot \text{cm}^2$  تغییر کرده است.

جدول ۳ پارامترهای به دست آمده از منحنی پلاریزاسیون تافل برای فولاد کربنی در محیط هیدروکلریک اسید در غیاب و حضور



شکل ۲ - نمودارهای نایکوئیست، فولاد در محیط سولفوریک اسید نیم مولار در غلظت‌های گوناگون عصاره ترخون

گوناگون عصاره ترخون روی الکتروود فولادی را برای محیط‌های هیدروکلریک اسید نیم مولار و سولفوریک اسید یک مولار نشان می‌دهد. این آزمایش‌ها پس از یک ساعت پایداری نمونه‌ها در محلول انجام شده است. همان گونه که در این شکل دیده می‌شود با افزایش غلظت بازدارنده قطر منحنی‌های نایکوئیست افزایش یافته است که بیانگر افزایش مقاومت پلاریزاسیونی [۷] و در پی آن افزایش درصد



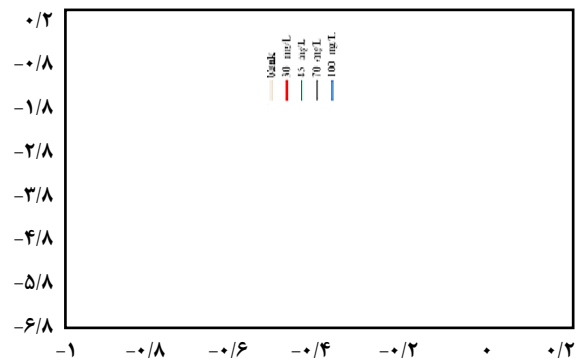
شکل ۵ - منحنی‌های پلاریزاسیون فولاد در محیط سولفوریک اسید در غلظت‌های گوناگون عصاره ترخون

تافلی آندی و کاتدی در غلظت‌های گوناگون از عصاره ترخون مانند یک‌دیگر بوده و با افزایش غلظت تغییرهای آشکاری از خود نشان نمی‌دهند. این موضوع بیانگر این است که این ماده تغییری در سازوکار خوردگی ایجاد نکرده و با جذب شدن روی سطح و کاهش ناحیه‌های آندی و کاتدی عملکرد بازدارندگی داشته و فرایند خوردگی را کنترل می‌کند. مقدارهای پتانسیل خوردگی با افزایش غلظت بازدارنده روند پیوسته‌ای را از خود نشان نمی‌دهد و از سیر افزایشی یا کاهش‌ی یکنواختی پیروی می‌کنند. این امر نیز بیانگر عملکرد عصاره ترخون به عنوان بازدارنده مختلط می‌باشد [۵].

با توجه به منحنی‌های به دست آمده، پارامترهای خوردگی با و بدون بازدارنده توسط روش برون‌یابی تافل به دست آمده و در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شده‌اند. این جدول پارامترهای الکتروشیمیایی شامل پتانسیل خوردگی ( $E_{COR}$ )، دانسیته جریان خوردگی ( $i_{COR}$ )، شیب تافلی آندی ( $\beta_a$ )، شیب تافلی کاتدی ( $\beta_c$ ) و درصد بازدارندگی به دست آمده از انجام آزمایش‌های پلاریزاسیون را نشان می‌دهد. دانسیته جریان خوردگی با افزایش غلظت عصاره ترخون به شدت کاهش یافته و از  $99/8 \mu A/c$  به  $26/9 \mu A/c$  رسیده و در پی آن سرعت خوردگی تا  $33/0 \text{ mpy}$  کم شده است.

#### بررسی رفتار خوردگی توسط آزمون‌های کاهش وزن

نتیجه‌های ارابه شده در بخش‌های پیش با استفاده از دو فناوری الکتروشیمیایی پلاریزاسیون و طیف نگاری امپدانس به دست آمده‌اند. با مقایسه این فناوری‌ها با روش کاهش وزن و محاسبه سرعت خوردگی، اطلاعات دقیق‌تری به دست خواهد آمد. جدول‌های ۵ و ۶ مقدارهای میانگین کاهش وزن و سرعت خوردگی روی فولاد کربنی ST37 در محلول‌های سولفوریک اسید یک مولار و هیدروکلریک اسید



شکل ۴ - منحنی‌های پلاریزاسیون فولاد در محیط اسید کلریک در غلظت‌های گوناگون عصاره ترخون

غلظت‌های متفاوت عصاره ترخون در دمای محیط مقدارهای ظرفیت خازن لایه دوگانه با افزایش غلظت بازدارنده کاهش یافته است. کاهش در ظرفیت لایه دوگانه می‌تواند به عنوان نشان‌هایی از جذب این بازدارنده بر سطح فلز و حضور آن در لایه دوگانه باشد. بدین ترتیب که بازدارنده با دی الکتریک پایین‌تر جایگزین مولکول‌های آب و یا یون‌های هیدروکسیل (که ثابت دی الکتریک بالایی دارند) در لایه دوگانه شده است. با در نظر گرفتن این مورد می‌توان کاهش ظرفیت خازن لایه دوگانه الکتریکی با افزایش غلظت عصاره ترخون در محلول را انتظار داشت که به روشنی در جدول ۲ دیده می‌شود. افزایش مقدارهای فاکتور  $n$  نیز بیانگر کاهش ناهمگنی سطحی به علت جذب مولکول‌های بازدارنده روی نقطه‌های فعال سطح است [۲].

#### بررسی رفتار خوردگی توسط پلاریزاسیون الکتروشیمیایی (منحنی تافل)

آزمون‌های پلاریزاسیون تافلی برای تکمیل اطلاعات به دست آمده از آزمایش‌های امپدانس الکتروشیمیایی در غلظت‌های گوناگون از عصاره ترخون در محیط‌ها اسیدی گوناگون انجام شد. شکل‌های ۴ و ۵ نمودارهای تافل منحنی‌های پلاریزاسیون فولاد در محیط هیدروکلریک اسید و سولفوریک اسید دارای غلظت‌های گوناگون بازدارنده را نشان می‌دهد. در این شکل، شاخه آندی و کاتدی دارای ناحیه خطی بوده که نشان می‌دهد خوردگی تحت کنترل پلاریزاسیون اکتیواسیون است. این دو ناحیه خطی بیانگر خط‌های تافلی بوده و در پتانسیل خوردگی و دانسیته جریان خوردگی با هم تقاطع خواهند داشت. با توجه به شکل تافل با افزایش غلظت عصاره ترخون در محلول، دانسیته جریان آندی و کاتدی کاهش یافته است که به علت پوشیده شدن سطح نمونه فولادی با این ماده و دسترسی نداشتن محلول به بخشی از آن می‌باشد [۲]. خط‌های

جدول ۳ - پارامترهای الکتروشیمیایی به دست آمده از نمودار تافل سولفوریک اسید

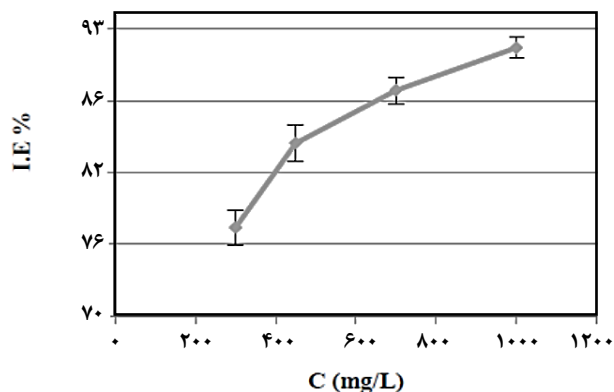
C (mg/L)	E (mV)	I <sub>corr</sub> (μA/cm <sup>2</sup> )	β <sub>a</sub> (mV/dec)	β <sub>b</sub>	% IE
۰	۴۲۵	۳۷۱۰	۱۰۱	۴۶۳	-
۱۰	۴۲۰	۷۹۵	۶۶	۶۲	۷۸/۵
۲۰	۴۵۹	۳۴۰/۵	۵۴	۳۱۲	۹۰/۴۱
۳۵	۴۷۷	۷۵	۴۸	۱۱۲	۹۶/۵
۵۰	۴۰۸	۵۸/۹	۵۲	۲۱۵	۹۸/۴۸
۷۵	۴۹۰	۲۴/۷	۵۷	۲۴۴	۹۹

جدول ۴ - پارامترهای الکتروشیمیایی به دست آمده از نمودار تافل هیدروکلریک اسید

C(mg/L)	E(mV)	I <sub>corr</sub> (μA/cm <sup>2</sup> )	a(mV/dec)β	bβ	% IE
۰	-۴۹۴	۹۸/۹	۱۴۵	۱۲۵	-
۳۰	-۴۹۲	۲۸/۸	۱۱۵	۸۲	۷۰
۳۵	-۴۸۳	۲۶/۹	۱۱۷	۸۹	۷۳
۷۰	-۴۸۵	۲۲/۱	۱۴۵	۱۱۸	۷۶
۱۰۰	-۴۷۵	۱۷/۵	۱۲۶	۷۰	۸۰

جدول ۶ - آزمایش کاهش وزن سولفوریک اسید

C(mg/L)	۰	۱۰	۲۰	۳۵	۵۰	۷۵
ΔW(mg/cm <sup>2</sup> )	۳/۴۶	۰/۹۸	۰/۸۵	۰/۷۱	۰/۶۲	۰/۶۰
C.R(mpy)	۷۸	۱۵/۸	۱۲/۸	۱۴	۱۰/۷	۹/۸



شکل ۷ - نمودار تغییر درصد بازدارندگی بر اساس آزمایش کاهش وزن برای محیط سولفوریک اسیدی

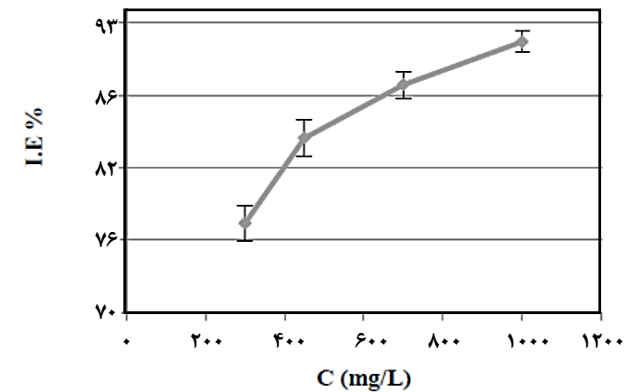
ارایه شده است. این مقادارها با کمک تغییرهای سرعت خوردگی در حضور بازدارنده به دست آمد. مطابق این شکل، با افزایش عصاره ترخون در محلول، بازدارندگی از ۷۱ تا ۷۹ درصد افزایش یافته است.

#### همدمای جذب

آزمایش‌های امپدانس الکتروشیمیایی و نتیجه‌های به دست آمده از آن بیانگر این موضوع است که عصاره ترخون با جذب شدن روی

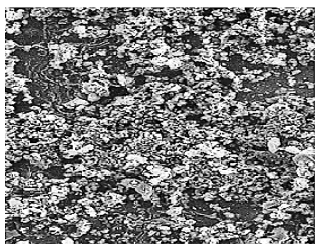
جدول ۵ - نتیجه‌های به دست آمده از آزمایش کاهش وزن فولاد st37 در حضور هیدروکلریک اسید

C(mg/L)	۰	۳۰	۴۵	۷۰	۱۰۰
W(mg/cm <sup>2</sup> )Δ	۳/۴۶	۰/۹۵	۰/۸۶	۰/۷۳	۰/۶۴
C.R(mpy)	۶۴	۱۷/۸	۱۴/۵	۱۳	۱۱/۹

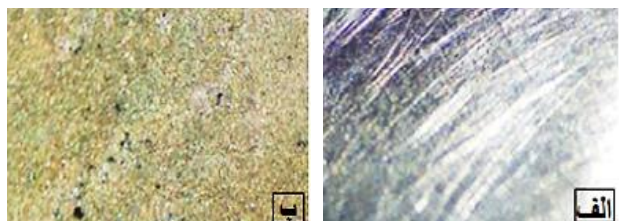


شکل ۶ - نمودار تغییر درصد بازدارندگی عصاره ترخون روی فولاد بر اساس آزمایش کاهش وزن در حضور هیدروکلریک اسید

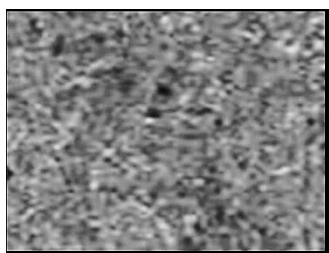
نیم مولار غلظت‌های گوناگون عصاره ترخون، به دست آمده از آزمون‌های کاهش وزن را نشان می‌دهد. این اندازه‌گیری‌ها در دامی محیط صورت گرفته است. جدول ۴ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت عصاره ترخون در محلول، سرعت خوردگی کاهش می‌یابد. نمودار تغییرهای درصد بازدارندگی بر حسب غلظت بر اساس نتیجه‌های به دست آمده از آزمایش‌های کاهش وزن در شکل‌های ۶ و ۷



شکل ۱۰ - میکروساختار الکترونی فولاد کربنی نرم st37 در محلول اسید کلریدریک ۰/۵ مولار و ترخون



شکل ۱۱ - تصاویرهای میکروسکوپ نوری فولاد کربنی نرم st37 (الف) پیش از غوطه‌وری (ب) جذب بازدارنده ترخون در محلول اسید سولفوریک ۱ مولار

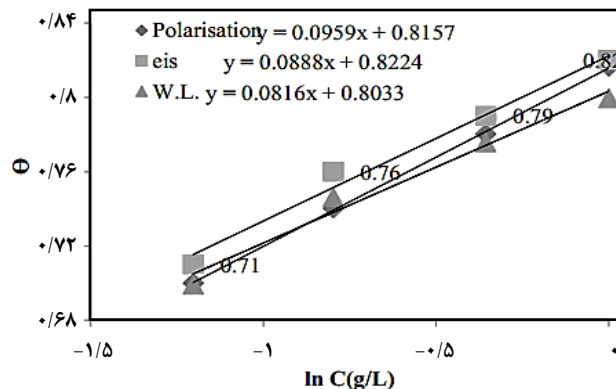


شکل ۱۲ - میکروساختار الکترونی فولاد کربنی نرم st37 در محلول اسید سولفوریک ۱ مولار و ترخون

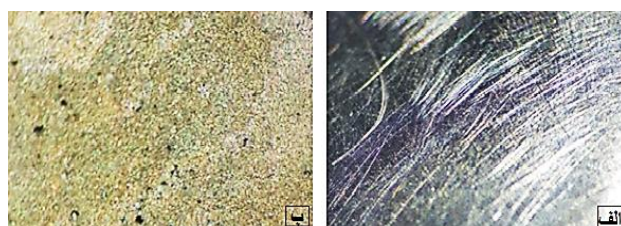
معادله خط‌های ارایه شده، مقدرهای ثابت جذب به دست آمد. از سویی معادله بالا ارتباط بین مقدار انرژی آزاد جذب با ثابت تعادلی فرایند جذب را نشان می‌دهد [۱۳-۸].

### بررسی ریخت‌شناسی سطح

شکل‌های ۹ تا ۱۲ ساختار سطح فولاد نرم (ST37) را در دو محیط اسیدی، در نبود بازدارنده و همچنین در حضور بازدارنده نشان می‌دهند. همان‌گونه که در بخش الف مربوط به هر شکل دیده می‌شود، خوردگی در حضور اسید و بدون بازدارنده، برای دو محیط سولفوریک اسید و هیدروکلریدریک اسید بیش‌تر از نوع روزنه‌ای می‌باشد. فرآورده‌های خوردگی مانند هیدروکسیدها و اکسیدهای فلزی به صورت اسفنجی و متخلخل بر روی سطح تشکیل شده‌اند و در زیر این فرآورده‌ها روزنه‌هایی ایجاد شده است. در بخش ب مربوط



شکل ۸ - درصد همپوشانی سطحی فولاد در محیط هیدروکلریک اسید نیم مولار در غلظت‌های گوناگون عصاره ترخون



شکل ۹ - تصاویرهای میکروسکوپ نوری فولاد کربنی نرم st37 (الف) پیش از غوطه‌وری (ب) جذب بازدارنده ترخون در محلول اسید کلریدریک ۰/۵ مولار

سطح فولاد و ایجاد لایه محافظ سرعت خوردگی را کاهش می‌دهد. بنابراین با توجه به نتیجه‌های به دست آمده از آزمون‌های پیشین، تعیین هم‌دمای جذب می‌تواند اطلاعات کامل‌تری را در مورد جذب این ماده و سازوکار عملکرد آن در اختیار قرار دهد.

با در نظر گرفتن این که درصد پوشش سطحی معادله رابطه مستقیم با درصد بازدارندگی بازدارنده در محلول دارد، از نتیجه‌های آزمایش‌های الکتروشیمیایی و کاهش وزن به منظور بررسی هم‌دمای جذب استفاده شد. هم‌دمای گوناگون مورد آزمایش قرار گرفت و سرانجام هم‌دمای جذب تمکین بیش‌ترین انطباق را با نتیجه‌های به دست آمده از خود نشان داد. بر اساس معادله هم‌دمای جذب تمکین که در زیر ارایه شده است، از رسم منحنی تغییر  $\theta$  بر حسب  $\ln C$  و شیب خط مقدار فاکتور  $f$  به دست خواهد آمد و در ادامه با کمک عرض از مبدا، مقدرهای ثابت جذب محاسبه خواهد شد. معادله تمکین:

$$\theta = \frac{1}{f} \ln K_{ads} + \frac{1}{f} \ln C \quad (1)$$

شکل ۸ تغییر درصد همپوشانی سطحی بر حسب لگاریتم غلظت عصاره ترخون روی فولاد در محلول هیدروکلریک اسید نیم مولار در دمای محیط را نشان می‌دهد. با کمک عرض از مبدا

نشان می‌دهد که عصاره ترخون باعث تغییر در هر دو شاخه آندی و کاتدی منحنی قطبش نسبت به محلول شاهد می‌شود و باعث کاهش چگالی جریان می‌شود.

منحنی‌های پلاریزاسیون با اندازه‌گیری مقاومت و رسم منحنی تافل ارتباط بین یک واکنش الکتروشیمیایی و پارامترهای سینتیکی را نشان می‌دهد و با کمک برون‌یابی این منحنی‌ها، پارامترهای خوردگی مانند سرعت خوردگی، جریان، پتانسیل خوردگی و مقاومت پلاریزاسیون به دست می‌آید.

پتانسیل خوردگی معیاری از آسان بودن و جریان خوردگی معیاری از تسریع فرایند خوردگی است.

از تجزیه و تحلیل نمودارهای رسم شده می‌توان پارامترهای سینتیکی خوردگی مانند دانسیته جریان خوردگی، مقاومت فیلم محافظ، درصد بازدارندگی بر مبنای پتانسیل الکتروود مرجع بر اساس روش پلاریزاسیون پتانسیودینامیک برای فولاد ST37 را در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به دست آورد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۸

به هر شکل دیده می‌شود که افزایش بازدارنده سبب تشکیل لایه محافظ بر سطح فلز شده و از خوردگی یکنواخت و حفره‌ای به مقدار زیادی جلوگیری می‌کند. این لایه با ایجاد یک سد بر روی سطح فلز مانع از رسیدن یون‌های خورنده به سطح فلز می‌شود، در ضمن نقاط فعال بر روی سطح فلز را منفعل می‌کند. همان‌گونه که در تصویرها دیده می‌شود وجود نقاط سیاه تا حدودی نشان از سوراخ‌هایی می‌باشد که در سطح فلز ایجاد شده است. بنابراین می‌توان گفت که در حضور بازدارنده نیز به مقدار بسیار کمی خوردگی حفره‌ای اتفاق افتاده است. این تصویرها همچنین مهر تأییدی بر عملکرد درست بازدارنده در سطح آلیاژ می‌باشد که به وسیله ایجاد یک لایه محافظ قوی تا حدود زیادی از خوردگی سطح فلز جلوگیری نموده است.

### نتیجه‌گیری

همان‌گونه که دیده می‌شود با افزایش غلظت بازدارنده مقاومت انتقال بار و بازده بازدارندگی زیاد می‌شود و ظرفیت لایه دوگانه کاهش می‌یابد و علت آن جذب بازدارنده بر سطح فلز است و این داده‌ها با داده‌های به دست آمده از روش قطبش و آزمایش رهنیدی الکتروشیمیایی تطابق خوبی دارند.

به طور کلی اگر پتانسیل مدار باز (پتانسیل خوردگی) به مقدارهای منطقی‌تر کاهش یابد بیانگر عملکرد بازدارنده به صورت کاتدی و تغییر در جهت مثبت دلیل بر عملکرد آندی بازدارنده است و این

### مراجع

- [۱] زمانیان ر. "خوردگی و روش‌های کنترل آن" چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران (۱۳۹۱).
- [۲] گلغدار م.ع. "روش‌های بازرسی و نظارت بر خوردگی" ارگان دانش، (۱۳۸۷).
- [۳] فونتانا مارس ج.، "مهندسی خوردگی" انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، (۱۳۸۸).
- [۴] رضی س.م. "کنترل خوردگی در صنایع" انجمن خوردگی ایران، ۱۹۸، (۱۳۷۷).
- [۵] دل‌پیرون "الکتروشیمی خوردگی" چاپ اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۹۹، (۱۳۷۸).
- [۶] رضوی ر.، "بررسی اثر بازدارندگی چای سبز بر روی خوردگی آلومینیوم سری ۱۰۰۰ در محیط‌های اسیدی"، کنفرانس ملی چشم‌انداز و پیشرفت‌های تکنولوژیک علوم مهندسی، شیراز، مرکز توسعه آموزش‌های نوین ایران (متانا)، شیراز، ایران، (۱۳۹۴).
- [۷] رحمانی خ.، باقری م.، افشار ع.، "بررسی حفاظت آندی فولاد ساده کربنی در محلول اسید سولفوریک"، پنجمین کنگره ملی خوردگی ایران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران (۱۳۷۶).

- [8] Verma M.K., Anand R., Chisti A.M., Kitchlu S., Chandra S., Shawl A.S., Khajuria R.K., [Essential oil composition of Artemisia dracunculus L.\(tarragon\) growing in Kashmir-India](#), *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, **13(3)**: 331-335 (2010).
- [9] Bozorg M., Shahrabi Farahani T., Neshati J., Chaghazardi Z., Ziarani G.M., [Myrtus Communis as Green Inhibitor of Copper Corrosion in Sulfuric Acid](#), *Indus*, **53**: 4295-4303 (2014).
- [10] Znini M., Majidi L., Bouyanzer A., Paolini J., Desjobert J.M., Costa J., Hammouti B., [Essential Oil of Savia AUCHERI Mesatlantica as a Green Inhibitor for the Corrosion of Steel of Steel in 0.5M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>](#), *Arab. J. Chem.*, **5(4)**: 467-474 (2012).
- [11] Bentiss F., Outirite M., Lagrenée M., Lebrini M., Traisnel M., Jama C., Vezin H., [Improvement of Corrosion Resistance of Carbon Steel in Hydrochloric Acid Medium by 3,6-bis\(3-Pyridyl\)Pyridazine](#), *Electrochimica Acta*, **55(5)**: 1699-1723 (2010).
- [12] Hosseini S.M., Azimi A., [The Inhibition Effect of the New Schiff Base, Namely 2,2'-\[bis-N\(4-choloro benzaldimin\)\]-1,1'-dithio Against Mild Steel Corrosion](#), *Materials and Corrosion*, **59(1)**: 41-45 (2008).
- [13] Abdallah M., [Corrosion Inhibition and Adsorption Behaviour of Ocimum Basilicum Extract on Aluminium](#), *Corrosion Science*, **46(8)**: 198196 (2004).