

اندازه‌گیری الکتروشیمیایی کافتیک اسید با استفاده از الکتروود خمیر کربن اصلاح‌شده با $TiO_2/SWCNTs/IL$ در نمونه‌های غذایی

پیمان ابراهیمی^{۱*}، طاهره ذبیح پور^۲، سید احمد شهیدی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت ... آملی، آمل، ایران

۲. دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت ... آملی، آمل، ایران

۳. دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت ... آملی، آمل، ایران

چکیده

در این پژوهش با استفاده از الکتروود خمیر کربن اصلاح‌شده با نانو کامپوزیت $TiO_2/SWCNTs$ و مایع یونی ۱-متیل-۳-بوتیل ایمیدازولیوم بروماید، به اندازه‌گیری کافتیک اسید در نمونه‌های غذایی پرداخته شد. حسگر اصلاح‌شده نسبت به خمیر کربن ساده جریان بالاتری را نشان داد بنابراین می‌توان بیان نمود که الکتروود اصلاح‌شده دارای حساسیت بالاتری برای شناسایی ترکیب کافتیک اسید است. محدود خطی کارایی این سنسور و همچنین حد تشخیص آن به ترتیب برابر با ۷۰۰-۰/۰۷ میکرومولار و ۰/۰۳ میکرومولار بود. با توجه به نتایج حاصل، صحت کارایی سنسور پیشنهادی برای شناسایی این آنالیت مورد تأیید قرار گرفت.

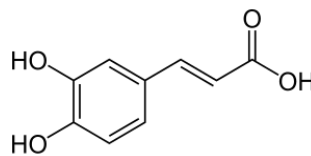
کلمات کلیدی: کافتیک اسید، الکتروشیمی، الکتروود خمیر کربن، مایع یونی، نانو کامپوزیت

*نویسنده مسئول: peymanebrahimi73@yahoo.com

اندازه‌گیری الکتروشیمیایی کافئیک اسید با استفاده از الکتروکد خمیر کربن اصلاح شده با TiO₂/SWCNTs/IL در نمونه‌های غذایی

مقدمه

اسید کافئیک نوعی پلی فنول است که به‌طور گسترده در گیاهان به‌عنوان گلیکوزیدها، استرها و به فرم آزاد توزیع می‌شود [۲۲]. گیاهان متعلق به خانواده سولاناسه حاوی اسیدهای کلروژنیک و همچنین هیدروکسی‌سینامیک اسیدهای آزاد هستند. ۳، ۴- اسید دی‌هیدروکسی‌سینامیک یا اسید کافئیک (CA) از نظر درمانی به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان و یک جاذب رادیکال آزاد استفاده می‌شود. همچنین از این ترکیب به‌عنوان ماده‌ای ضد سرطان، ضد حساسیت، ضد باکتری، تنظیم‌کننده سیستم ایمنی و برای فعالیت‌های ضد ویروسی استفاده می‌شود. علاوه بر موارد ذکر شده، کافئیک اسید (شکل ۱) به‌منظور جلوگیری از آسم و همچنین به‌عنوان ترکیبی که تا حدودی فعالیت ضد HIV دارد به‌کاربرده می‌شود [۱-۵].



شکل ۱- ساختار کافئیک اسید

کافئیک اسید یک اسید فنولیک عمومی است که به‌طور طبیعی در بسیاری از محصولات کشاورزی مانند میوه‌ها، سبزیجات، دانه‌ها، چاشنی‌ها و ادویه‌ها، شراب، روغن زیتون، شکلات تلخ، نوشیدنی‌های الکلی و غیرالکلی و قهوه موجود است [۲۱ و ۲۵]. مصرف مواد غذایی و نوشیدنی‌هایی مانند قهوه که سرشار از آنتی‌اکسیدان هستند باید مورد تشویق قرار بگیرند [۷]. به‌طور تجربی ثابت شده است که کافئیک اسید فرایند خوردگی را مهار می‌کند که این امر تأثیر زیادی در صنعت، فناوری و محیط‌زیست دارد [۸]. چندین مطالعه بر نقش محافظت‌کننده کافئیک اسید در برابر بسیاری از بیماری‌های انسانی مانند بیماری‌های قلبی عروقی، سرطان‌ها، آسم و واکنش‌های آلرژیک در دهه‌های اخیر گزارش شده است؛ بنابراین تشخیص کافئیک اسید در میوه‌ها، سبزیجات و نوشیدنی‌هایی که به‌طور طبیعی حاوی این ترکیب هستند در اولویت قرار دارد.

اثرات تابش اشعه ماوراءبنفش مانند سوختگی پوست، چین‌وچروک، پیری زودرس پوست، افتادگی پوست، اختلال در DNA سلول‌های پوست و سرطان پوست به‌طور گسترده گزارش شده است. کاهش طبیعی هیدراتاسیون پوست، رنگ‌دانه و از بین رفتن خاصیت ارتجاعی معمولاً به دلیل عملکرد رادیکال‌های آزاد می‌باشد که به‌طور قابل توجهی در مرحله یائسگی در اکثر خانم‌ها مشاهده می‌شود. ترکیبات طبیعی مانند کافئیک اسید و مشتقات آن به‌اندازه کافی برای کاربرد موضعی برای محافظت از پوست در برابر آسیب‌های پوستی مانند آسیب پوستی ناشی از اشعه ماوراءبنفش و سایر موارد مرتبط با آن مانند التهابات پوستی مناسب می‌باشند [۶]. کافئیک اسید به‌ویژه با رفتارهای ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی که در برابر بیماری‌های بی‌شماری مانند آلزایمر، بیماری‌های قلبی، آترواسکلروز، سرطان و دیابت دارد نقش مهمی را در روند زندگی انسان ایفا می‌کند [۲۶]. با این وجود، مصرف دوزهای بیش‌ازحد یا استفاده گسترده از آن می‌تواند عوارض جانبی قابل توجهی در بدن انسان از جمله اثرات سرطان‌زا یا ژنوتوکسیک ایجاد کند. اخیراً، یک تیم تحقیقاتی ثابت کرده است که ۹۵٪ کافئیک اسید جذب شده و وارد جریان خون می‌شود [۲۷]. اورسولا لوتز و همکاران، گزارش کردند که ۲٪ کافئیک اسید در رژیم



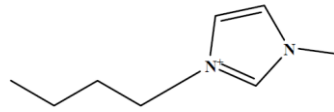
غذایی باعث ایجاد تومورهای کلیوی و سرطان‌زا در موش‌ها می‌شود [۲۸]؛ بنابراین محققان زیادی در تلاش برای یافتن یک روش جدید جهت تعیین میزان کافئیک اسید در مواد غذایی به منظور نظارت و جلوگیری از عوارض جانبی حاصل از آن می‌باشند. تاکنون از روش‌های آنالیزی زیادی مانند اسپکتروفتومتری، الکتروفورز موئینه، سیستم تزریق جریان، کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی و کروماتوگرافی مایع-طیف‌سنجی جرمی برای آنالیز ترکیبات غذایی استفاده شده است. این روش‌ها ممکن است نتایج مطلوبی به همراه داشته باشند، اما به دلیل زمان‌بر بودن آماده‌سازی نمونه و همچنین نیاز به افراد متخصص برای کار با دستگاه‌ها، اغلب ممکن است به‌عنوان روش قابل ترجیح به کار گرفته نشوند [۹-۱۲]. آنالیز بیولوژیکی و زیست‌محیطی، مواد غذایی و دارویی را می‌توان با استفاده از تکنیک‌های الکتروآنالیزی انجام داد [۱۳، ۱۴]. این روش‌ها ابزارهای قدرتمندی هستند که دارای حساسیت بالا، سازگاری با سوسپانسیون‌ها و نمونه‌های رنگی و همچنین حد تشخیص کم در ماتریس‌های پیچیده مختلف هستند. [۱۵-۱۷]. روش‌های الکتروشیمیایی مزایای خاصی مانند زمان آنالیز کوتاه و تهیه آسان نمونه دارند و همچنین در مقایسه با سایر روش‌های آنالیزی به‌عنوان روش‌های ساده، حساس و کم‌هزینه شناخته شده‌اند [۲۴].

اصلاح کردن سنسورها برای تعیین کمیت کافئیک اسید در مقالات مختلفی گزارش شده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به اصلاح سازی الکتروود توسط گرافن / ۱-بوتیل-۳-متیلایمیدازولیوم کلرید $\text{bmim}^+\text{Cl}^- / \text{G}$ [۴]، الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده با نانوذرات نقره ترکیب شده با پلی (تیوفن) Ag/PTh/GCE [۵]، پلاتین / پلی (۳-۴-اتیلن دئوکسی) تیوفن / پلی سدیم (استایرن-۴-سولفونات) Pt/PEDOT/PSS [۱۸]، الکتروود کربن شیشه‌ای فیلم سرب GCE/PbFE [۱۹]، اشاره کرد. با این وجود، برای دستیابی به نتایج رضایت‌بخش، استفاده از مواد خطرناک برای محیط‌زیست و اصلاح‌کننده‌های گران‌قیمت نیاز به نظارت دقیق دارند؛ بنابراین ساخت یک سنسور مقرون‌به‌صرفه که دارای نتایج مطلوبی است ضروری به نظر می‌رسد. سوسا و همکارانش اکسیداسیون الکتروشیمیایی مشتقات اسید سینامیک (اسیدهای کافئیک و کلروژنیک) را توسط ولتامتری چرخه‌ای بر روی الکتروود کربن شیشه‌ای و الکتروود کربن شیشه‌ای اصلاح شده را گزارش دادند [۲۳].

نانوذرات فلزی مختلفی مانند نانولوله‌های کربنی (CNTs) و نانولوله‌های کربنی ترکیب شده با فلز به دلیل مساحت سطح زیاد، استحکام کششی بالاتر، سیستم انتقال جرم مؤثر، پایداری شیمیایی بالا، فعالیت کاتالیزوری عالی و خواص الکترونیکی، شیمیایی، نوری و مغناطیسی وابسته به اندازه مورد توجه قرار گرفته‌اند؛ بنابراین نانولوله‌های کربنی کاربردهای زیادی را در الکتروآنالیز ترکیبات مختلف دارند [۲۰]. نانولوله‌های کربنی مواد بی‌اثر الکتروشیمیایی با خصوصیات الکترونیکی، الکترونیکی، مکانیکی و شیمیایی منحصر به فرد هستند. از زمان کشف آن توسط Iijima در سال ۱۹۹۱، این ماده به‌عنوان محبوب‌ترین اصلاح‌کننده برای ساخت سنسورها شناخته شده است. استفاده از نانولوله‌های کربنی برای ساخت سنسورهای الکتروشیمیایی مناسب امیدوارکننده است زیرا آن‌ها به واکنش‌های انتقال الکترون کارآمد در مولکول‌ها کمک می‌کنند. هدف از این پژوهش استفاده از الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با مایع یونی و نانو کامپوزیت سنتزی مورد نظر به منظور اندازه‌گیری کافئیک اسید در نمونه‌های غذایی مختلف است.

مواد و روش‌ها

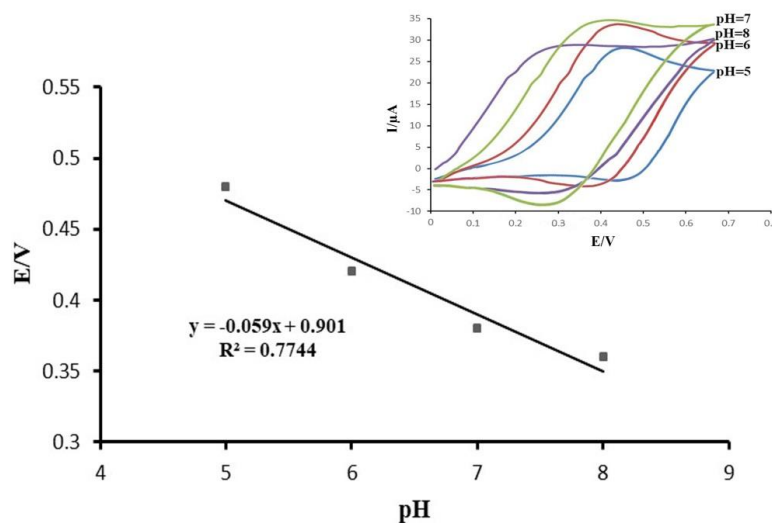
جهت انجام واکنش‌های الکتروشیمیایی، دستگاه پتانسیواستات متروم مدل مینی ۹۱۰ پس از اتصال به الکتروودها با استفاده از یک لپ‌تاپ شخصی جهت انجام آنالیزها مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش از مواد اولیه با خلوص بالا و تهیه شده از شرکت‌های مرک، فلوکا و سیگما استفاده شد. کافئیک اسید از سیگما و مایع یونی ۱-متیل-۳-بوتیلایمیدازولیوم بروماید (شکل ۲) از مرک تهیه شد؛ و از روش‌های ولتامتری چرخه‌ای و ولتامتری موج مربعی برای بررسی صحت کارایی سنسور تهیه شده استفاده شد.



شکل ۲- ساختار مایع یونی ۱-متیل-۳-بوتیل ایمیدازولینیوم بروماید

نتایج و بحث

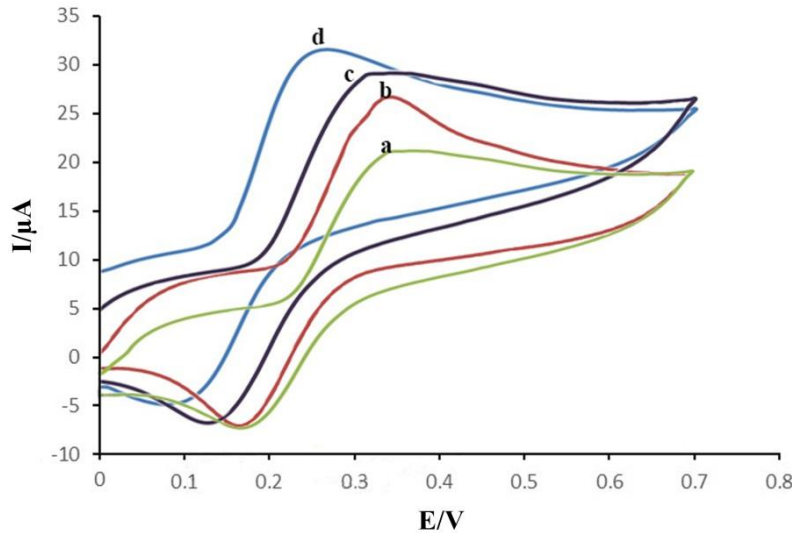
در ابتدا شرایط pH برای آنالیز کافئیک اسید بهینه شد. برای تعیین pH بهینه در آنالیز این ترکیب، ولتاموگرام چرخه‌ای الکتروکدکسیمی کربن اصلاح‌شده با نانو کامپوزیت سنتزی و مایع یونی در حضور ۵۰۰ میکرومولار کافئیک اسید در pH های مختلف ثبت شد. شکل ۳ ولتاموگرام کافئیک اسید در سطح الکتروکدکسیمی اصلاح‌شده را در pH های مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل نشان داده شده است با افزایش pH میزان پتانسیل به سمت منفی کاهش یافته است. بر طبق اصل لوشاتولیه با افزایش pH پتانسیل اکسایش این گونه به سمت مقادیر منفی‌تر جابه‌جا شود. از طرفی نتایج نشان می‌دهد بهترین حساسیت آنالیزی در pH=۷ اتفاق می‌افتد به همین دلیل این pH به عنوان pH بهینه انتخاب شده است. رابطه خطی بین پتانسیل و تغییرات pH نشان داده شده در شکل ۳، بر برابری تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های دخیل در فرایند الکترواکسیداسیون کافئیک اسید دلالت می‌کند.



شکل ۳- منحنی تغییرات پتانسیل بر حسب pH برای غلظت ۵۰۰ میکرومولار کافئیک اسید

همچنین برای بررسی تأثیر اصلاح‌کننده‌های سطح الکتروکدکسیمی بر سیگنال الکتروشیمیایی از ولتامتری چرخه‌ای استفاده شد. شکل ۴ ولتاموگرام‌های چرخه‌ای الکتروکدکسیمی مختلف را در حضور ۵۰۰ میکرومولار کافئیک اسید را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص است ولتاموگرام‌های ۵۰۰ میکرومولار کافئیک اسید در سطح الکتروکدکسیمی کربن ساده، خمیر کربن اصلاح‌شده با نانو کامپوزیت سنتزی، خمیر کربن اصلاح‌شده با مایع یونی و خمیر کربن اصلاح‌شده با نانو کامپوزیت سنتزی و مایع یونی مورد بررسی قرار گرفت. افزایش جریان به ترتیب در سطح الکتروکدکسیمی کربن ساده، خمیر کربن اصلاح‌شده با نانو کامپوزیت سنتزی، خمیر کربن اصلاح‌شده با مایع یونی و خمیر

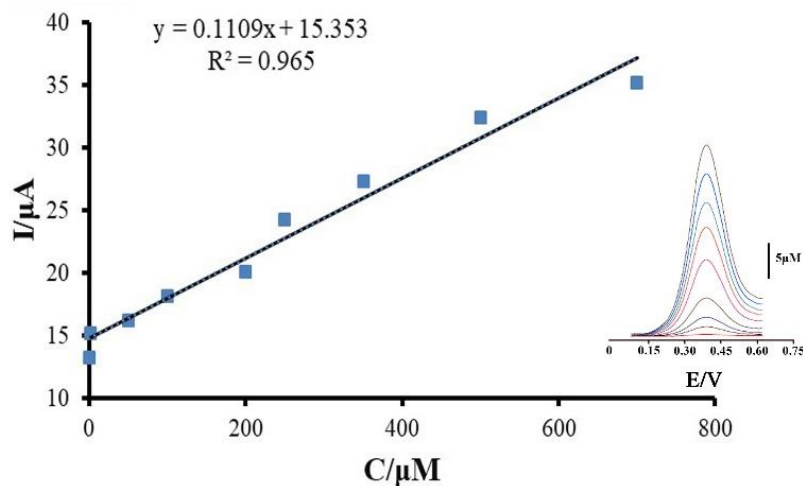
کربن اصلاح شده با نانو کامپوزیت سنتزی و مایع یونی مشاهده شد. الکتروود اصلاح شده با نانو کامپوزیت و مایع یونی به دلیل دارا بودن بیشترین جریان و در نهایت بالاترین حد تشخیص به عنوان حسگر پیشنهادی معرفی شد.



شکل ۴- ولتاموگرام‌های چرخه‌ای در غلظت ۵۰۰ میکرو مولار کافئیک اسید و $\text{pH}=7$

(a) الکتروود خمیر کربن ساده، (b) الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با نانو کامپوزیت، (c) الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با مایع یونی و (d) الکتروود خمیر کربن اصلاح شده با نانو کامپوزیت و مایع یونی

در نهایت از روش ولتامتری موج مربعی به علت حساسیت بالای آن نسبت به ولتامتری چرخه‌ای برای تعیین گستره خطی و حد تشخیص کافئیک اسید استفاده شد. شکل ۵ ولتاموگرام موج مربعی به همراه منحنی تغییرات غلظت برای الکترواکسیداسیون کافئیک اسید در سطح الکتروود اصلاح شده را نشان می‌دهد و در نهایت گستره خطی برای کافئیک اسید در محدوده ۰/۰۷ تا ۷۰۰ میکرومولار با حد تشخیص ۰/۰۳ میکرومولار گزارش شد.



شکل ۵ بیرونی - منحنی تغییرات شدت جریان آندی بر حسب تغییرات غلظت کافئیک اسید.

شکل ۵- داخلی - ولتاموگرام‌های موج مربعی در سطح الکتروود اصلاح شده در غلظت‌های مختلف در محلول بافر فسفات ۰/۰۱ مولار، $\text{pH}=7$.

نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت کافئیک اسید در سلامت انسان، در این پژوهش به طراحی یک حسگر حساس برای آنالیز کافئیک اسید با استفاده از روش ولتامتری چرخه‌ای پرداخته‌ایم. پارامترهای مختلف برای افزایش حساسیت حسگر پیشنهادی بهینه شد. نتایج بهبود قابل توجهی را در آنالیز این ترکیب نشان داد. نتایج نشان از افزایش چشمگیر سیگنال آنالیزی کافئیک اسید و کاهش ولتاژ اضافی آن دارد.

منابع

1. da Silva, L.F., Ramos Stradiotto, N. and Oliveira, H.P., 2008. Determination of caffeic acid in red wine by voltammetric method. *Electroanalysis: An International Journal Devoted to Fundamental and Practical Aspects of Electroanalysis*, 20(11), pp.1252-1258.
2. Chen, J.H. and Ho, C.T., 1997. Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 45(7), pp.2374-2378.
3. Vilian, A.E., Chen, S.M., Chen, Y.H., Ali, M.A. and Al-Hemaid, F.M., 2014. An electrocatalytic oxidation and voltammetric method using a chemically reduced graphene oxide film for the determination of caffeic acid. *Journal of colloid and interface science*, 423, pp.33-40.
4. Valentini, F., Roscioli, D., Carbone, M., Conte, V., Floris, B., Bauer, E.M., Ditaranto, N., Sabbatini, L., Caponetti, E. and Chillura-Martino, D., 2015. Graphene and ionic liquids new gel paste electrodes for caffeic acid quantification. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 212, pp.248-255.
5. Karabiberoglu, Ş.U., Ayan, E.M. and Dursun, Z., 2013. Electroanalysis of caffeic acid in red wine and investigation of thermodynamic parameters using an Ag nanoparticles modified poly (thiophene) film glassy carbon electrode. *Electroanalysis*, 25(8), pp.1933-1945.
6. Magnani, C., Isaac, V.L.B., Correa, M.A. and Salgado, H.R.N., 2014. Caffeic acid: a review of its potential use in medications and cosmetics. *Analytical Methods*, 6(10), pp.3203-3210.
7. David, I.G., Popa, D.E., Buleandra, M., Moldovan, Z., Iorgulescu, E.E. and Badea, I.A., 2016. Cheap pencil graphite electrodes for rapid voltammetric determination of chlorogenic acid in dietary supplements. *Analytical Methods*, 8(35), pp.6537-6544.
8. de Souza, F.S. and Spinelli, A., 2009. Caffeic acid as a green corrosion inhibitor for mild steel. *Corrosion science*, 51(3), pp.642-649.
9. Robbins, R.J., 2003. Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(10), pp.2866-2887.
10. Carrasco, A., Ortiz-Ruiz, V., Martinez-Gutierrez, R., Tomas, V. and Tudela, J., 2015. Lavandula stoechas essential oil from Spain: Aromatic profile determined by gas chromatography-mass spectrometry, antioxidant and lipoxygenase inhibitory bioactivities. *Industrial crops and products*, 73, pp.16-27.
11. Sapozhnikova, Y., 2014. Development of liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for analysis of polyphenolic compounds in liquid samples of grape juice, green tea and coffee. *Food chemistry*, 150, pp.87-93.
12. Franck, T., Mouithys-Mickalad, A., Robert, T., Ghitti, G., Deby-Dupont, G., Neven, P. and Serteyn, D., 2013. Differentiation between stoichiometric and anticatalytic antioxidant properties of benzoic acid analogues: a structure/redox potential relationship study. *Chemico-biological interactions*, 206(2), pp.194-203.
13. Beitollahi, H. and Mostafavi, M., 2014. Nanostructured base electrochemical sensor for simultaneous quantification and voltammetric studies of levodopa and carbidopa in pharmaceutical products and biological samples. *Electroanalysis*, 26(5), pp.1090-1098.

14. Ertan, B., Eren, T., Ermiş, İ., Saral, H., Atar, N. and Yola, M.L., 2016. Sensitive analysis of simazine based on platinum nanoparticles on polyoxometalate/multi-walled carbon nanotubes. *Journal of colloid and interface science*, 470, pp.14-21.
15. Ensafi, A.A. and Karimi-Maleh, H., 2010. A Voltammetric Sensor Based on Modified Multiwall Carbon Nanotubes for Cysteamine Determination in the Presence of Tryptophan Using p-Aminophenol as a Mediator. *Electroanalysis*, 22(21), pp.2558-2568.
16. Safavi, A., Maleki, N., Moradlou, O. and Tajabadi, F., 2006. Simultaneous determination of dopamine, ascorbic acid, and uric acid using carbon ionic liquid electrode. *Analytical biochemistry*, 359(2), pp.224-229.
17. Bhakta, A.K., Mascarenhas, R.J., D'Souza, O.J., Satpati, A.K., Detriche, S., Mekhalif, Z. and Dalhalle, J., 2015. Iron nanoparticles decorated multi-wall carbon nanotubes modified carbon paste electrode as an electrochemical sensor for the simultaneous determination of uric acid in the presence of ascorbic acid, dopamine and l-tyrosine. *Materials Science and Engineering: C*, 57, pp.328-337.
18. Bianchini, C., Curulli, A., Pasquali, M. and Zane, D., 2014. Determination of caffeic acid in wine using PEDOT film modified electrode. *Food chemistry*, 156, pp.81-86.
19. Golestanifar, F., Karimi-Maleh, H., Atar, N., Aydoğdu, E., Ertan, B., Taghavi, M., Yola, M.L. and Ghaemy, M., 2015. Voltammetric determination of hydroxylamine using a ferrocene derivative and NiO/CNTs nanocomposite modified carbon paste electrode. *Int. J. Electrochem. Sci*, 10(7), pp.5456-5464.
20. Onac, C., Alpoguz, H.K., Yola, M.L. and Kaya, A., 2018. Transport of melamine by a new generation of nano-material membranes containing carbon nanotubes and determination with surface plasmon resonance. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45, pp.467-470.
21. Mattila, P. and Hellström, J., 2007. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3-4), pp.152-160.
22. Arribas, A.S., Martínez-Fernández, M. and Chicharro, M., 2012. The role of electroanalytical techniques in analysis of polyphenols in wine. *TrAc Trends in Analytical Chemistry*, 34, pp.78-96.
23. Sousa, W.R., da Rocha, C., Cardoso, C.L., Silva, D.H.S. and Zanoni, M.V.B., 2004. Determination of the relative contribution of phenolic antioxidants in orange juice by voltammetric methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17(5), pp.619-633.
24. Ghoreishi, S.M., Behpour, M., Khoobi, A. and Moghadam, Z., 2013. Determination of trace amounts of sulfamethizole using a multi-walled carbon nanotube modified electrode: application of experimental design in voltammetric studies. *Analytical Letters*, 46(2), pp.323-339.
25. Filik, H., Çetintaş, G., Avan, A.A., Aydar, S., Koç, S.N. and Boz, İ., 2013. Square-wave stripping voltammetric determination of caffeic acid on electrochemically reduced graphene oxide-Nafion composite film. *Talanta*, 116, pp.245-250.
26. Hurtado-Fernández, E., Gómez-Romero, M., Carrasco-Pancorbo, A. and Fernández-Gutiérrez, A., 2010. Application and potential of capillary electroseparation methods to determine antioxidant phenolic compounds from plant food material. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 53(5), pp.1130-1160.
27. Hagiwara, A., Hirose, M., Takahashi, S., Ogawa, K., Shirai, T. and Ito, N., 1991. Forestomach and kidney carcinogenicity of caffeic acid in F344 rats and C57BL/6N×C3H/HeN F1 mice. *Cancer research*, 51(20), pp.5655-5660.



28. Fulcrand, H., Cheminat, A., Brouillard, R. and Cheyner, V., 1994. Characterization of compounds obtained by chemical oxidation of caffeic acid in acidic conditions. *Phytochemistry*, 35(2), pp.499-505.



Electrochemical determination of caffeic acid based on TiO₂/SWCNTs/IL modified carbon paste electrode in food samples

Peyman Ebrahimi^{*1}, Tahere Zabihpour², Seyed Ahmad Shahidi³

1. M.Sc student, Department of food sciences and technology, Ayatollah Amoli branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
2. PhD student, Department of food sciences and technology, Ayatollah Amoli branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
3. Associate Professor, Department of food sciences and technology, Ayatollah Amoli branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

Abstract

In this study, the electrochemical behavior of caffeic acid was evaluated using a carbon paste electrode modified with TiO₂/SWCNTs nanocomposite and 1-methyl-3-butylimidazolium bromide ionic liquid in food samples. The modified sensor exhibited a higher current than the bare carbon paste so it can be stated that our suggested electrode has a higher sensitivity in the detection of caffeic acid. The linear dynamic range and limit of detection of this sensor were 0.7–7.77 μM and 0.03 μM, respectively. According to the results, the accuracy of the proposed sensor for the detection of this analyte was confirmed.

Key words: Caffeic acid, Electrochemistry, Carbon paste electrode, Ionic liquid, Nano composite

*Corresponding author

E-mail: peymanebrahimi73@yahoo.com