بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸

تخمین غلظت گلوکز و تری‌گلیسیرید در سرم خون با استفاده از تکنیک جاروب محوری

سمانه راجی[۱] ، محمدعلی حداد[۱و۲] ، مریم افشار[۱]

[۱] دانشکده فیزیک دانشگاه یزد، صفائیه، بلوار دانشگاه، یزد، صندوق پستی: ۸۹۱۹۵-۷۴۱

[۲] گروه پژوهشی فوتونیک، آزمایشگاه تحقیقاتی بیناب‌نگاری لیزری، دانشگاه یزد، صفائیه، بلوار دانشگاه، یزد، صندوق پستی:۸۹۱۹۵-۷۴۱

چکیده – اندازه‌گیری غلظت پارامترهای داخل خون یکی از اساسی ترین اقدامات در زمینه پزشکی محسوب می‌شود. روش فوتومتری برا ساس رنگ سنجی یکی از روش‌های متداول در اندازه‌گیری غلظت پارامترهای خون مح سوب می شود. اما این روش با محدودیت‌هایی همراه است. در این مقاله از روش جاروب محوری برای بررسی ضریب شکست غیرخطی سرم خون در جهت تخمین غلظت دو پارامتر گلوکز و تری‌گلیسرید استفاده شده است. لیزر مورد استفاده در این پژوهش، لیزر پیوسته با طول موج ۵۳۲ نانومتر و با حداکثر توان ۵۰ میلی وات می‌باشد.

کلید واژه-ضریب شکست غیرخطی، اپتیک غیرخطی، روش جاروب محوری، گلوکز، تری‌گلیسرید.

The estimation of glucose and triglyceride concentration in blood serum by **Z**_scan technique

Raji, Samane[1]; Haddad, Mohammad Ali[1,2]; Afshar, Maryam[1]

[1]Department of Physics, Yazd University, Yazd, Iran, PO Box 89195-741.

[2] Photonic Research Group, Laser Spectroscopy Research Laboratory, Yazd University, Yazd, Iran, PO Box 89195-741

Abstract- **Precise measurement of blood components such as glucoses, triglyceride, calcium and etc. is known as an important step for medical diagnostics. Currently, colorimetric methods are used to achieve this goal at blood laboratories with some limitations for high concentration blood components. Nonlinear optical properties of blood serum containing these components lead to estimate the concentration of components. In this paper, it is shown that using z-scan technique is a promising method for measuring glucose and triglyceride by studying nonlinear refractive index of blood serum.**

Keywords: Nonlinear refractive index, Nonlinear optic, Z-scan method, Glucose, Triglyceride

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

مقدمه

بیماری قند یا دیابت یکی از شایع‌ترین بیماری های متابولیکی است که اصولا به دو دسته‌ی بیماران دیابتی نوع ۱ و نوع ۲ دیده می‌شود. علامت مشخصه آن میزان قند خون بالای ۱۲۰ میلی‌گرم بر دسی لیتر در خون فرد ناشتا است. دیابت در اثر کاهش تولید انسولین در بدن یا کم شدن اثر انسولین در سوخت و ساز مواد قندی حاصل می‌شود (انسولین باعث می‌شود قند(گلوکز) یا مهمترین منبع انرژی در بدن مورد استفاده قرار گیرد که در لوزالمعده تولید می‌شود)[۱]. طبق تحقیقات در سال ۲۰۱۵ حدود ۴۱۵ میلیون نفر در جهان از این بیماری رنج می‌برند.

تری‌گلیسرید شکلی از چربی‌های موجود در جریان خون می‌باشد. انواع تری‌گلیسیریدها در واقع ذخیره انرژی بدن محسوب می شوند. هنگامی‌که سطح این ترکیبات در خون افزایش یابد در بافت‌های چربی رسوب می‌کنند. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که افزایش سطح تری‌گلیسرید همراه با افزایش LDL در پلاسما رابطه مستقیم با افزایش خطر ابتلا به بیماری های کرونر قلبی دارد. همچنین بالا بودن سطح تری‌گلیسرید می‌تواند نشانگر بیماری‌های مختلف کبدی ، کلیوی و پانکراس نیز باشد[۲].

تخمین غلظت پارامتر های مختلف داخل خون یکی از اصلی‌ترین موارد در زمینه تشخیص بیماری به حساب می‌آید. اخیرا نشان داده‌شده است که مطالعات تغییرات ضریب شکست غیرخطی مایعات بیولوژیکی به کمک روش جاروب محوری، می‌تواند به عنوان روشی برای تخمین غلظت مواد گوناگون در این نوع مایعات مورد استفاده قرار گیرد که به عنوان نمونه می‌توان به مطالعه غلظت اسیداوریک[۳]، کراتنین[۴]، پروتیین و آلبومین[۵] اشاره داشت. در این مقاله به بررسی خواص غیرخطی سرم خون حاوی غلظت‌های مختلف گلوکز و تری‌گلیسرید به روش جاروب محوری پرداخته و نشان داده‌ایم که استفاده از این روش می‌تواند در تخمین غلظت مواد یاد شده مورد استفاده قرار گیرد.

روش تجربی

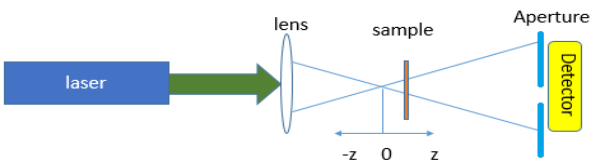
روش جاروب محوری اولین بار در سال ۱۹۸۹ توسط منصور شیخ بهایی و همکارانش ارائه شده است[۶]. در این روش پرتو لیزری با توزیع شدت گاوسی پس از عبور از عدسی به نمونه مورد نظر تابیده می شود. نمونه حول کانون لنز در راستای z جا به جا می شود و پرتو لیزر پس از عبور از روزنه وارد آشکار ساز می‌گردد. به علت پاسخ غیرخطی محیط مادی و اثر کر ایجاد شده، نمونه مانند یک لنز عمل کرده و شدت پرتوی لیزر بر روی آ شکار ساز تغییر می‌کند. با ثبت تغییر شدت ایجاد شده بوا سطه خا صیت اپتیکی غیرخطی نمونه و با ر سم نمودار تغییرات شدت (تراگسیلندگی) بهنجار برحسب جابه‌جایی نمونه در راستای z، اندازه و علامت ضریب شکست غیرخطی قابل محاسبه می‌باشد. برای محاسبه ضریب شکست غیرخطی از روابطه زیر استفاده می‌شود[۶].

$$T(z) = \frac{1}{1 + \frac{2x\,\Delta\Phi_0}{1+x^2} + \frac{\Delta\Phi_0}{1+x^2}} \qquad (۱)$$

$$\Delta\Phi_0 = kn_2 I_0 L_{eff} \qquad (۲)$$

که $T(z)$ تراگسیلندگی عبوری بهنجار شده، $x = \frac{z}{z_0}$ و $z_0 = kw_0^2 / 2$ است که z_0 طول پراکندگی رایلی و w_0 کمره پرتو، n_2 ضریب شکست غیرخطی، k بردار موج و I_0 شدت پرتو لیزر در کانون است. $L_{eff} = (1-e^{-\alpha l})/\alpha$ طول موثر نمونه می‌باشد که α ضریب جذب خطی نمونه است.

شکل ۱ آرایه نوعی از جاروب محوری روزنه بسته را نشان می‌دهد.



شکل ۱: آرایه اپتیکی جاروب محوری روزنه بسته

برای آماده سازی نمونه‌ها ابتدا ۶ نمونه سرم خون با غلظت‌های مختلف گلوکز و ۶ نمونه سرم خون با

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

غلظت‌های مختلف تری‌گلیسیرید تهیه‌شد. سپس معرف شنا سایی گلوکز و تری‌گلی سیرید به منظور تعیین غلظت، به نمونه‌ها اضافه شد. اساس این آزمایش بدین صورت است که معرف مخصوص گلوکز یا تری‌گلسیرید با ماده مورد نظر واکنش می‌دهد و یک رنگ خاص تولید می‌شود . غلظت رنگ تولید شده که به روش فوتومتری قابل محاسبه است، با غلظت مولفه مورد نظر متناسب است. برای این کار ۱۰ میکرولیتر سرم خون به ۱۰۰۰ میکرولیتر معرف ا ضافه شد و سپس به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سلسیوس انکوبه گشت.

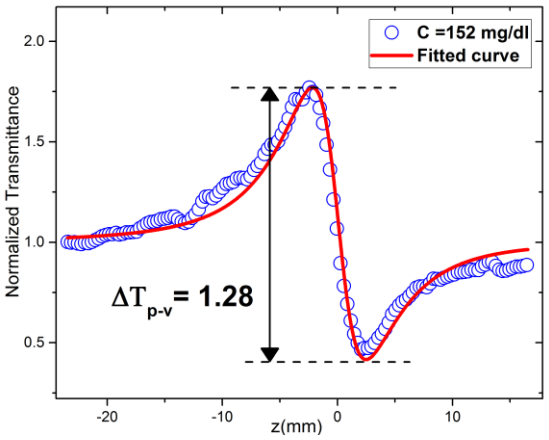
طیف UV-Vis سرم حاوی غلظت های مختلف گلوکز و تری‌گلیسیرید با معرف نشان می‌دهد پیک جذبی در محدوده ۵۰۰ نانومتر وجود دارد که این نشان دهنده جذب بالا در این محدوده است. بنابراین در این پژوهش از لیزر هارمونیک دوم Nd:YAG پیوسته با طول موج ۵۳۲ نانومتر و توان ۵۰ میلی‌وات برای مطالعه ضرایب غیرخطی ا ستفاده شده ا ست. همچنین فا صله کانونی لنز به کاربرده شده ۵ سانتی‌متر و کمره پرتو ۱۰ میکرومتر می‌باشد.

نتایج و بحث

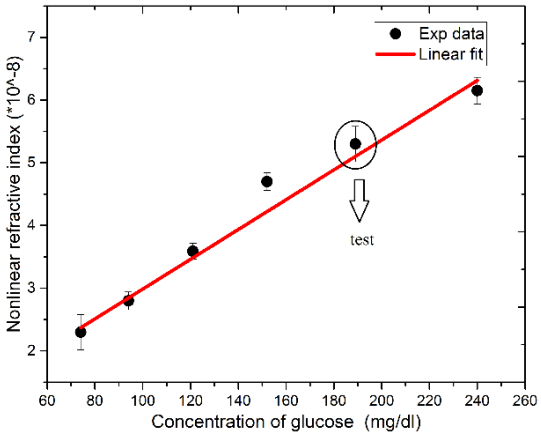
برای محاسبه ضریب شکست غیرخطی سرم حاوی غلظت‌های مختلف گلوکز و تری‌گلیسیرید، نمودار تراگسیلندگی بهنجار روزنه بسته برای هر نمونه ثبت شد. شکل ۲ نمودار تراگسیلندگی بهنجار روزنه بسته برای نمونه گلوکز نشان‌می‌دهد. نشان داده شد که با افزایش غلظت گلوکز، اختلاف دره و قله در نمودارها افزایش میابد که این نشان دهنده افزایش ضریب شکست غیرخطی می‌باشد.

با ر سم منحنی تغییرات ضریب شکست بر حسب غلظت گلوکز، نمودار کالیبراسیون بدست آمد. با استفاده از نمودار کالیبراسیون (شکل ۳) غلظت نمونه مجهول تخمین زده شد. غلظت تخمین زده شده ۱۹۷mg/dl و غلظت واقعی ۱۹۰mg/dl می‌باشد.

برای بررسی ضریب شکست غیرخطی سرم حاوی تری‌گلیسیرید، نمودار تراگسیلندگی بهنجار آنها رسم شد. مشاهده شد که با افزایش غلظت تری‌گلیسرید، ضریب شکست غیرخطی نیز افزایش می‌یابد.



شکل۲: نمودار تراگسیلندگی بهنجار روزنه بسته سرم حاوی غلظت ۱۵۲mg/dl گلوکز.



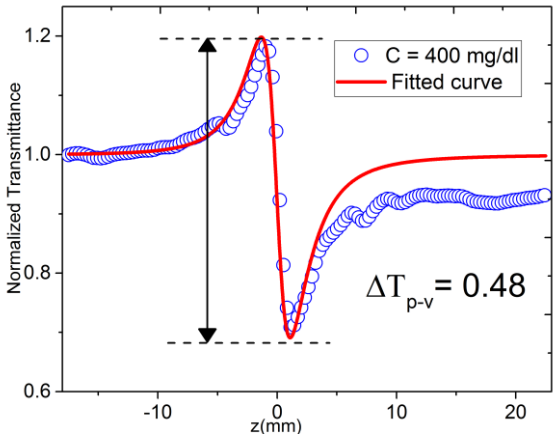
شکل ۳: منحنی تغییرات ضریب شکست غیرخطی برحسب غلظت گلوکز در سرم خون

در روش فوتومتری برای تعیین غلظت رنگ ایجاد شده، اگر غلظت رنگ تولید شده از حد مشخصی بیشتر باشد، دستگاه قادر به اندازه گیری دقیق غلظت نخواهد بود. در این صورت نیاز به رقیق سازی محلول و اندازه‌گیری مجدد داریم. در روش جاروب محوری و ا ندازه‌گیری ضریب

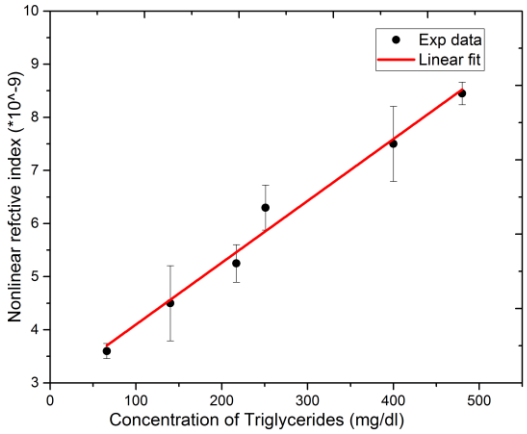
این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

شکست غیرخطی نشان داده شد که با افزایش غلظت تری‌گلیسرید و افزایش رنگ ایجاد شده، ضریب شکست غیرخطی به صورت خطی افزایش می‌یابد و اشباع رخ نمی‌دهد. شکل ۵ نمودار کالیبرا سیون سرم با غلظت های تری‌گلیسرید را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود افزایش غلظت تری‌گلیسرید باعث افزایش ضریب شکست غیرخطی به صورت خطی می‌شود.



شکل ۴: نمودار تراگسیلندگی بهنجار روزنه بسته سرم حاوی غلظت ۴۰۰mg/dl تری‌گلیسرید.



شکل۵ : منحنی تغییرات ضریب شکست غیرخطی برحسب غلظت تری‌گلیسرید در سرم خون

نتیجه‌گیری

در این پژوهش ضریب شکست غیرخطی سرم خون حاوی غلظت‌های مختلف گلوکز و تری‌گلیسرید به روش جاروب محوری مورد بررسی قرار گرفت. نشان داده شد که با افزایش غلظت مولفه های داخل سرم خون، ضریب شکست غیرخطی به صورت خطی افزایش می‌یابد. ضریب شکست غیرخطی سرم حاوی گلوکز ار مرتبه 10^{-8} cm^2/w و سرم حاوی تری‌گلیسرید از مرتبه 10^{-9} cm^2/w محاسبه شد. مزیت این روش بر روش فتومتری در این است که در غلظت های بالا، نیازی به رقیق سازی برای تشخیص غلظت دقیق نخواهیم داشت و با افزایش غلظت ضریب شکست غیرخطی به صورت خطی افزایش میابد. همچنین ترتیب قرارگیری قله و دره نشان می‌دهد که ضریب شکست غیرخطی منفی است و پدیده خودواکانونی رخ داده است.

سپاسگزاری

نویسندگان از همکاری صمیمانه سرکار خانم دکتر دهقان مسئول آزمایشگاه خون کسری یزد و آقای قجری نهایت سپاس و قدردانی را دارند.

مرجع

[1] S. M. Namayandeh *et al.*, “The incidence rate of diabetes mellitus (type II) and its related risk factors:,” *Diabetes Metab. Syndr. Clin. Res. Rev.*, vol. 13, no. 2, pp. 1437–1441, 2019.

[2] J. C. Orban *et al*, “Acute Complications of Diabetes,” *Metab. Disord. Crit. Ill Patients From Pathophysiol. to Treat.*, vol. 2016, pp. 341–363, 2017.

[3] M. Behravan, *et al* “The Study of Different levels of Acid Uric Effect on Nonlinear Refractive Index of Human Whole Blood,” vol. 10, pp. 677–680.

[4] M. H. Majles Ara *et al* , “Investigation of nonlinear optical behavior of creatinine for measuring its concentration in blood plasma,” *Optik (Stuttg).*, vol. 158, pp. 231–236, 2018.

[5] A. N. Dhinaa *et al* , “Z-Scan technique: To measure the total protein and albumin in blood,” *J. Biomed. Sci. Eng.*, vol. 03, no. 03, pp. 285–290, 2010.

[6] M. Sheik-bahae, A. A. Said, and E. W. Van Stryland, “High-sensitivity, single-beam n_2 measurements,” *Opt. Lett.*, vol. 14, no. 17,

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]