



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 تری گلیسرید در سرم خون با استفاده از تکنیک جاروب محوری

سمانه راجی<sup>۱</sup>، محمدعلی حداد<sup>۱،۲</sup>، مریم افشار<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده فیزیک دانشگاه یزد، صفائیه، بلوار دانشگاه، یزد، صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵

<sup>۲</sup>گروه پژوهشی فوتونیک، آزمایشگاه تحقیقاتی بیناب‌نگاری لیزری، دانشگاه یزد، صفائیه، بلوار دانشگاه، یزد، صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵

چکیده - اندازه‌گیری غلظت پارامترهای داخل خون یکی از اساسی‌ترین اقدامات در زمینه پزشکی محسوب می‌شود. روش فوتومتری براساس رنگ سنجی یکی از روش‌های متداول در اندازه‌گیری غلظت پارامترهای خون محسوب می‌شود. 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 تری گلیسرید استفاده شده است. لیزر مورد استفاده در این پژوهش، لیزر پیوسته با طول موج ۵۳۲ نانومتر و با حداکثر توان ۵۰ میلی وات می‌باشد.

کلیدواژه-ضریب شکست غیرخطی، اپتیک غیرخطی، روش جاروب محوری، گلوکز، تری گلیسرید.

## The estimation of glucose and triglyceride concentration in blood serum by Z-scan technique

Raji, Samane<sup>1</sup>; Haddad, Mohammad Ali<sup>1,2</sup>; Afshar, Maryam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, Yazd University, Yazd, Iran, PO Box 89195-741.

<sup>2</sup> 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

## مقدمه

## 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 می گردد. به علت پاسخ غیرخطی محیط مادی و اثر کر ایجاد شده، نمونه مانند یک لنز عمل کرده و شدت پرتوی لیزر بر روی آشکار ساز تغییر می کند. با ثبت تغییر شدت ایجاد شده بوا سطر خاصیت اپتیکی غیرخطی نمونه و با رسم نمودار تغییرات شدت (تراگسیلندگی) بهنجار بر حسب جابه جایی نمونه در راستای  $z$ ، اندازه و علامت ضریب شکست غیرخطی قابل محاسبه می باشد. برای محاسبه ضریب شکست غیرخطی از رابطه زیر استفاده می شود [۶].

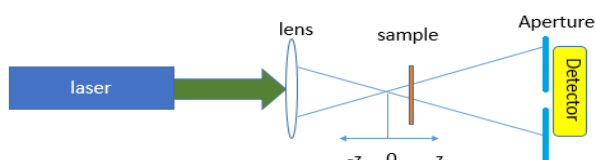
$$T(z) = \frac{1}{1 + \frac{2x \Delta\Phi_0}{1+x^2} + \frac{\Delta\Phi_0}{1+x^2}} \quad (1)$$

$$\Delta\Phi_0 = kn_2 I_0 L_{eff} \quad (2)$$

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 رایی و  $w_0$  کمره پرتو،  $n_2$  ضریب شکست غیرخطی،  $k$  بردار موج و  $I_0$  شدت پرتو لیزر در کانون است.  $L_{eff} = (1 - e^{-\alpha}) / \alpha$  طول موثر نمونه می باشد که  $\alpha$  ضریب جذب خطی نمونه است.

شکل ۱ آرایه نوعی از جاروب محوری روزنه بسته می دهد.



شکل ۱: آرایه اپتیکی جاروب محوری روزنه بسته

برای آماده سازی نمونه ها ابتدا ۶ نمونه سرم خون با غلظت های مختلف گلوکز و ۶ نمونه سرم خون با

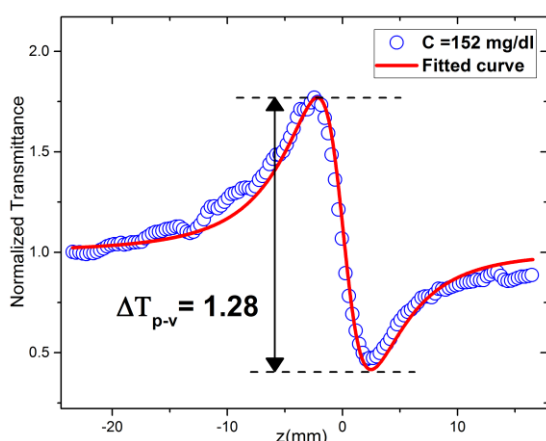
بیماری قند یا دیابت یکی از شایع ترین بیماری های متابولیکی است که اصولاً به دو دسته ی بیماران دیابتی نوع ۱ و نوع ۲ دیده می شود. علامت مشخصه آن میزان قند خون بالای ۱۲۰ میلی گرم بر دسی لیتر در خون فرد ناشتا است. دیابت در اثر کاهش تولید انسولین در بدن یا کم شدن اثر انسولین در سوخت و ساز مواد قندی حاصل می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

تری گلیسیرید شکلی از چربی های موجود در جریان خون می باشد. انواع تری گلیسیریدها در واقع ذخیره انرژی بدن محسوب می شوند. هنگامی که سطح این ترکیبات در خون افزایش یابد در بافت های چربی رسوب می کنند. مطالعات اخیر نشان می دهد که افزایش سطح تری گلیسیرید همراه با افزایش LDL در پلاسما رابطه مستقیم با افزایش خطر ابتلا به بیماری های کرونر قلبی دارد. همچنین بالا بودن سطح تری گلیسیرید می تواند نشانگر بیماری های مختلف کبدی، کلیوی و پانکراس نیز باشد [۲].

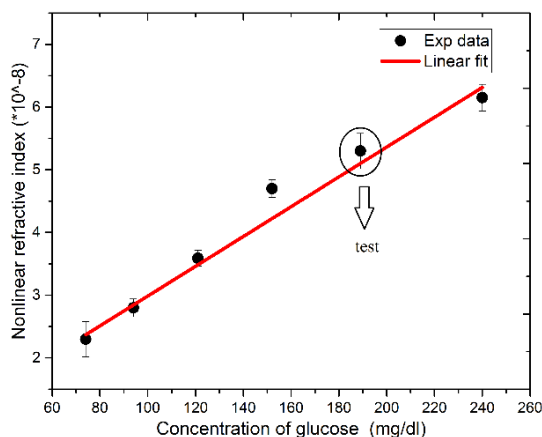
تخمین غلظت پارامترهای مختلف داخل خون یکی از اصلی ترین موارد در زمینه تشخیص بیماری به حساب می آید. اخیراً نشان داده شده است که مطالعات تغییرات ضریب شکست غیرخطی مایعات بیولوژیکی به کمک روش جاروب محوری، می تواند به عنوان روشی برای تخمین غلظت مواد گوناگون در این نوع مایعات مورد استفاده قرار گیرد که به عنوان نمونه می توان به مطالعه غلظت اسیداوریک [۳]، کراتنین [۴]، پروتیین و آلبومین [۵] اشاره داشت. در این مقاله به بررسی خواص غیرخطی سرم خون حاوی غلظت های مختلف گلوکز و تری گلیسیرید به روش جاروب محوری پرداخته و نشان داده ایم که استفاده از این روش می تواند در تخمین غلظت مواد یاد شده مورد استفاده قرار گیرد.

شد. غلظت تخمین زده شده  $197 \text{ mg/dl}$  و غلظت واقعی  $190 \text{ mg/dl}$  می باشد.

برای بررسی ضریب شکست غیرخطی سرم حاوی تری گلیسیرید، نمودار تراگسیلندگی بهنجار آنها رسم شد. مشاهده شد که با افزایش غلظت تری گلیسیرید، ضریب شکست غیرخطی نیز افزایش می یابد.



شکل ۲: نمودار تراگسیلندگی بهنجار روزه بسته سرم حاوی غلظت  $152 \text{ mg/dl}$  گلوکز.



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

در روش فوتومتري 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 اندازه گیری مجدد داریم. در روش جاروب محوری و اندازه گیری ضریب

غلظت های مختلف تری گلیسیرید تهیه شد. سپس معرف شناسایی گلوکز و تری گلیسیرید به منظور تعیین غلظت، به نمونه ها اضافه شد. اساس این آزمایش بدین صورت است که معرف مخصوص گلوکز یا تری گلیسیرید با ماده مورد نظر واکنش می دهد و یک رنگ خاص تولید می شود. غلظت رنگ تولید شده که به روش فوتومتري قابل محاسبه است، با غلظت مولفه مورد نظر متناسب است. برای این کار  $10 \text{ micro-liter}$  سرم خون به  $1000 \text{ micro-liter}$  معرف اضافه شد و سپس به مدت  $10 \text{ minutes}$  در دمای  $37^\circ \text{C}$  درجه سلسیوس انکوبه گشت.

طیف UV-Vis سرم حاوی غلظت های مختلف گلوکز و تری گلیسیرید با معرف نشان می دهد پیک جذبی در محدوده  $500 \text{ nm}$  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  $532 \text{ nm}$  نانومتر و توان  $50 \text{ mW}$  برای مطالعه ضرایب غیرخطی استفاده شده است. همچنین فاصله کانونی لنز به کاربرده شده  $5 \text{ cm}$  سانتی متر و کمره پرتو  $10 \text{ micro-meter}$  میکرومتر می باشد.

## نتایج و بحث

برای محاسبه ضریب شکست غیرخطی سرم حاوی غلظت های مختلف گلوکز و تری گلیسیرید، نمودار تراگسیلندگی بهنجار روزه بسته برای هر نمونه ثبت شد. شکل ۲ نمودار تراگسیلندگی بهنجار روزه بسته برای نمونه گلوکز نشان می دهد. نشان داده شد که با افزایش غلظت گلوکز، اختلاف دره و قله در نمودارها افزایش میابد که این نشان دهنده افزایش ضریب شکست غیرخطی می باشد.

با رسم منحنی تغییرات ضریب شکست بر حسب غلظت گلوکز، نمودار کالیبراسیون بدست آمد. با استفاده از نمودار کالیبراسیون (شکل ۳) غلظت نمونه مجهول تخمین زده

افزایش غلظت مولفه های داخل سرم خون، ضریب شکست غیرخطی به صورت خطی افزایش می یابد. ضریب شکست غیرخطی سرم حاوی گلوکز از مرتبه  $10^{-8} \text{ cm}^2/\text{w}$  و سرم حاوی تری گلیسرید از مرتبه  $10^{-9} \text{ cm}^2/\text{w}$  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 می دهد که ضریب شکست غیرخطی منفی است و پدیده خودواکانونی رخ داده است.

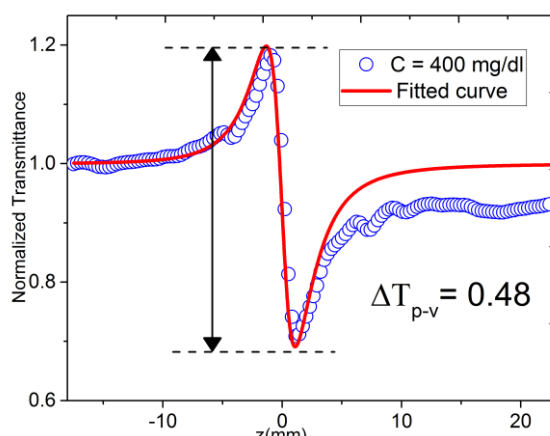
### سپاسگزاری

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

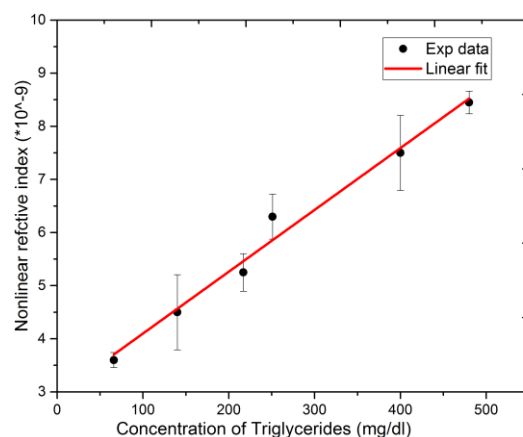
### مرجع

- [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,

شکست غیرخطی نشان داده شد که با افزایش غلظت تری گلیسرید و افزایش رنگ ایجاد شده، ضریب شکست غیرخطی به صورت خطی افزایش می یابد و اشباع رخ نمی دهد. شکل ۵ نمودار کالیبراسیون سرم با غلظت های تری گلیسرید را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود افزایش غلظت تری گلیسرید باعث افزایش ضریب شکست غیرخطی به صورت خطی می شود.



شکل ۴: نمودار تراکسیلندگی بهنجار روزنه بسته سرم حاوی غلظت ۴۰۰ mg/dl تری گلیسرید.



شکل ۵: منحنی تغییرات ضریب شکست غیرخطی بر حسب غلظت تری گلیسرید در سرم خون

### نتیجه گیری

در این پژوهش ضریب شکست غیرخطی سرم خون حاوی غلظت های مختلف گلوکز و تری گلیسرید به روش جاروب محوری مورد بررسی قرار گرفت. نشان داده شد که با