بررسی خواص نوری غیرخطی موادآلی ارگانیک با استفاده از روش جاروب-Z

آرزو صالح زاد، مرضیه سلیمی اشگه سو، ایوب طهماسبی، سمیرا مهری، اکبر جعفری دولاما

گروه فیزیک دانشگاه ارومیه، کیلومتر ۱۱ جاده نازلو، صندوق پستی ۱۶۵

چکیده- در این مقاله خواص نوری غیرخطی دو ماده آلی ارگانیک با استفاده از روش تک پرتوی حساس جاروب-Z بررسی می‌شوند که در آن از یک لیزر دیود پمپ پیوسته کار با طول موج ۵۳۲ نانومتر در یک شدت استفاده شده است. تحلیل نمودارها نشان می‌دهد ترتیب قله-دره در هر دو ماده بیانگر ضریب شکست غیرخطی منفی است که بر ظهور اثر خودواکانونی دلالت دارد همچنین بررسی نمودارهای بدست آمده برای نمونه ها نشان می‌دهد که زعفران دارای غیرخطیت بهتری نسبت به چای ترش است و همچنین آستانه جذب دوفوتونی بالاتری دارد.

کلید واژه - اپتیک خطی، اپتیک غیرخطی، روش جاروب-Z، مواد آلی ارگانیک.

Investigating non-linear optical properties of organic materials by using Z-scan technique

Arezoo Salehzad, Marzieh Salimiashkeso, Ayub Tahmasebi, Samira Mehri Akbar jafaridolama

Atomic and Molecular Group, Department of Physics, Faculty of Science, Urmia University.

Abstract- This experimental work is about the non-linear optical properties of two organic materials based on Z-scan method. The laser that used in this experimental method is a continuous wave diode pump laser at 532 nm wavelength and experiments were performed at one intensity. The depicted curves and the peak-valley arrangements show the non-linear refractive index for both matter is negative which indicates the self-defocusing effect. The analysis of the depicted curves for both materials shows that the sample of saffron has a better non-linearity than the sample of Hibiscus Sabdariffa and also has higher two-photon absorption threshold.

Keywords: Linear optic, Nonlinear optic, Z-scan technique, Organic materials.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-07]

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

۱- مقدمه

آزمایشات نشان می‌دهد که مواد آلی به سبب تنوع و رنگ خاصی که دارند جذب خطی خوبی در ناحیه مرئی از خود نشان می‌دهند [۱]. با برهم‌کنش میان الکترون فعال مواد آلی و میدان الکتریکی نوری، این مواد پاسخ‌های نوری غیرخطی چشمگیری از خود نشان می‌دهند [۲] که همین ویژگی، سبب استفاده از آن‌ها در زمینه‌های مختلف پزشکی، الکترونیک، فوتونیک و... شده است [۱و۲].

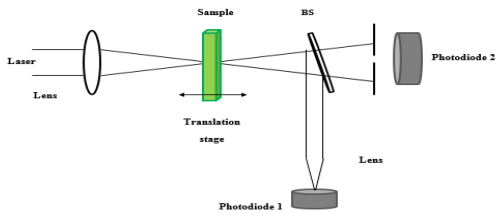
زعفران و چای ترش دو نوع ماده آلی ارگانیک هستند که به سبب ترکیباتی که دارند خواص ضد سرطانی بسیار خوبی از خود نشان می‌دهند [۳و۴]. روش‌های مختلفی برای اندازه گیری ضرایب نوری غیرخطی مواد وجود دارند که در این مقاله هدف بدست آوردن این ضرایب با استفاده از روش جاروب-Z است.

۲- مواد و روش انجام آزمایش

مواد: چای ترش از خانواده‌ی مالواسه است [۵]. این گیاه دارای خاصیت ضد سرطانی می‌باشد [۴]. زعفران متعلق به گونه زنبقیان بوده [۶] و حاوی ۱۵۰ ماده شیمیایی است که از میان آن‌ها کروسین که نوعی کاروتنوئید است [۷] سلول-های سرطانی را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۳] از دیگر کاربردهای آن می‌توان به صنعت رنگ و هنر کتاب‌آرایی اشاره کرد [۸].

برای تهیه محلول این مواد ۱گرم از آن‌ها را در ۱۰ سی سی آب مقطر جوشیده شده ریخته و سپس به مدت ۵ دقیقه بر روی هیتر قرار می‌دهیم. محلول بدست آمده را صاف نموده و درون سلول موردنظر با ضخامت ۶٫۸۹ میلی متر می‌ریزیم و سلول حاوی ماده را در سیستم جاروب-Z قرار می‌دهیم.

روش: روش جاروب-Z (شکل ۱) یک روش تک پرتوی حساس است که اولین بار توسط شیخ بهایی برای اندازه‌گیری ضریب جذب و ضریب شکست غیرخطی ارائه گردید [۹]. لیزر مورد استفاده در این بررسی ، یک لیزر دیودپمپ پیوسته کار با طول موج ۵۳۲ نانومتر می‌باشد.



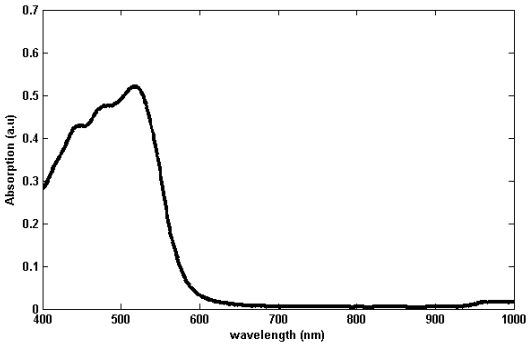
شکل ۱: طرح ساده‌ای از سیستم جاروب-Z

در این سیستم دو آشکارساز جهت ثبت داده ها تعبیه شده است به طوریکه آشکارساز اول ، ضریب شکست غیرخطی را اندازه می‌گیرد و آشکارساز دوم، شدت نوری عبوری در حضور روزنه را ثبت کرده و ضریب جذب غیرخطی را اندازه‌گیری می‌کند. ترتیب قله- دره در نمودارهای مربوط به روزنه بسته نشاندهنده ضریب شکست غیرخطی منفی و وقوع پدیده خودواکانونی می‌باشد [۱۰].

۳- نتایج و داده‌ها

مواد آلی رنگزا توانایی بسیار بالایی در جذب نور در محدوده ۴۰۰-۸۰۰ نانومتر (ناحیه مرئی) را دارا هستند. این طیف متشکل از نوارهای جذبی بسیاری است که باهم، همپوشانی دارند که به دلیل انتقالات الکترونی مابین ترازهای مختلف انرژی صورت می‌گیرد.

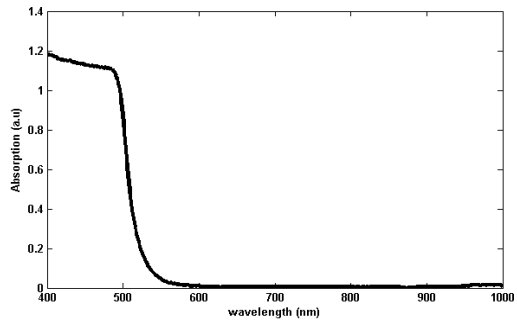
با استفاده ازدستگاه اسپکتروفتومتر، طیف جذب خطی نمونه-ها به صورت زیر بدست آمد (شکل ۲ و ۳).



شکل ۲: طیف جذب خطی چای ترش

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-07]



شکل ۳: طیف جذب خطی زعفران

با توجه به شکل(۲) مشخص می‌شود که در محدوده طول موج ۵۰۰-۴۰۰ نانومتر با افزایش طول موج، میزان جذب خطی افزایش یافته و در ادامه یک افت نسبتا شدیدی را شاهد هستیم که با افزایش طول موج در محدوده‌های بالاتر به طور تقریبی مقدار ثابتی به خود میگیرد. با بررسی شکل (۳) مشاهده می‌شود در طول موج ۴۰۰ نانومتر این ماده بیش‌ترین میزان جذب خطی را دارد پس یک کاهش تدریجی در محدوده طول‌موج ۵۰۰-۴۰۰ نانومتر دیده می‌شود و در ادامه به یک افت شدید در نهایت مقدار ثابتی به خود می‌گیرد. مقدار جذب خطی با استفاده از رابطه:

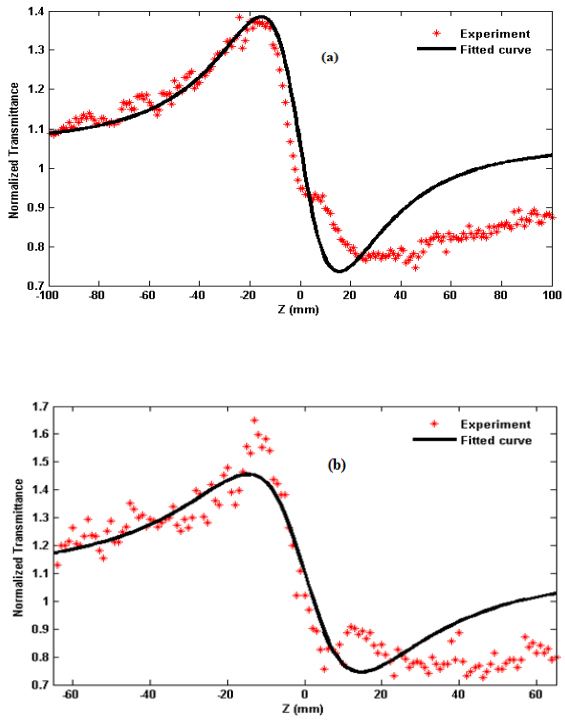
$$\alpha = -\frac{1}{L} lnT \qquad (۱)$$

در طول موج ۵۳۲ نانومتر برای چای ترش و زعفران به ترتیب برابر با $\alpha = 1.20\ (cm)^{-1}$ و $\alpha = 2.71\ (cm)^{-1}$ میباشد که در این رابطه، L ضخامت سلول و T میزان عبور نور رانشان می‌دهد.

با استفاده از روش جاروب-Z روزنه بسته، ضریب شکست غیرخطی نمونه‌ها بدست آمد که نمودارهای مربوطه در شدت ۰,۷۵کیلووات بر مترمربع در شکل(۴) نشان داده شده‌اند.

برای محاسبه ضریب شکست غیرخطی از روابط زیر استفاده شده است:

$$n_2 = \frac{\Delta T_{p-v}}{0.406(1-S)^{0.25} K I_0 L_{eff}} \qquad (۲)$$



شکل۴: منحنی جاروب-Z روزنه بسته (a) چای ترش و (b) زعفران با شدت $75.0\ kw/m^2$

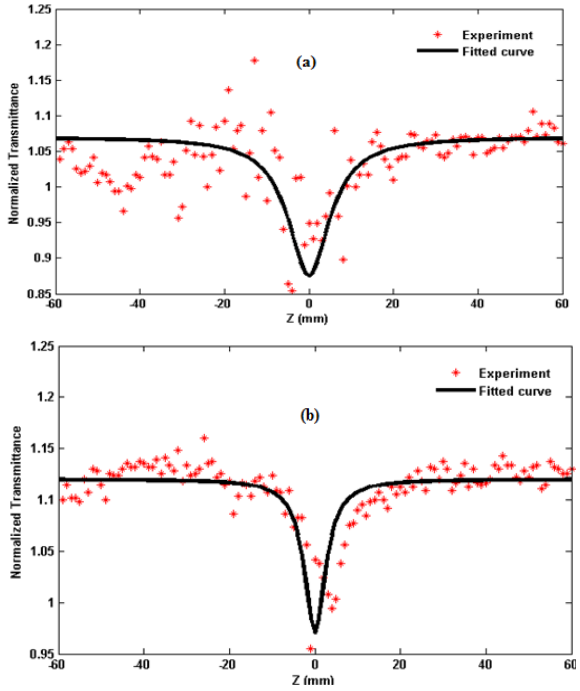
که در آن $L_{eff} = \frac{1-e^{-\alpha L}}{\alpha}$ ضخامت موثر نمونه است و L= 6.89mm می‌باشد، ΔT_{p-v} *اختلاف گذردهی نرمالیزه شده* عبوری، $K = \frac{2\pi}{\lambda}$ بردار موج، I_0 شدت پرتو لیزر درکانون است و $S = 1 - \exp(\frac{-2r_a^2}{\omega_a^2})$ گذار خطی روزنه می‌باشد که در آن r_a شعاع روزنه و ω_a شعاع پرتو روزنه است.

همانطور که از نمودارهای شکل (۴) مشاهده می‌شود برای هر دو نمونه، ضریب شکست غیرخطی منفی (بنابر ترتیب قله-دره) بدست می‌آید که این واکنش به دلیل پاسخ غیرخطی محیط مادی است.

هم‌چنین برای بدست آوردن ضریب جذب غیرخطی از روش جاروب-Z روزنه باز استفاده می‌شود. منحنی‌های گذار بهنجار شده برای نمونه در شدت ۰,۷۵کیلووات بر مترمربع بدست در شکل (۵) نشان داده شده اند:

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-07]



شکل۴. **منحنی جاروب-Z روزنه باز** (a) زعفران و (b) چای ترش با شدت *75.0 kw/m²*

با تحلیل نمودارهای بدست آمده برای سیستم جاروب-Z روزنه باز برای هر دو ماده یک کمینه مشاهده می‌شود که نشان دهنده ضریب جذب غیرخطی منفی بوده ($\beta < 0$) که بیانگر وقوع جذب دو فوتونی در محیط می‌باشد.

با استفاده از معادلات مذکور، ضرایب نوری غیرخطی نمونه‌ها در جدول۱ آورده شده‌اند:

جدول۱. ضرایب نوری غیرخطی نمونه‌ها در شدت ***75.0 kw/m²***

	n_2 (Cm^2 /w)	(Cm /w)β
چای ترش	2.19×10^{-9}	1.7×10^{-4}
زعفران	4.45×10^{-9}	2.1×10^{-4}

۴- نتیجه‌گیری

به طور خلاصه در این بررسی، به مطالعه خواص نوری خطی و غیرخطی زعفران و چای ترش پرداخته شد. خواص غیرخطی نمونه‌ها در شدت ۰,۷۵ kw/m² با استفاده از روش جاروب-Z و یک لیزر دیودپمپ پیوسته کار در طول موج ۵۳۲ نانومتر مورد بررسی قرار گرفتند که مشاهده شد ΔT_{p-v} برای زعفران بشتر از چای ترش است و همچنین ترتیب قله-دره در نمودارهای حاصله برای جاروب- Z روزنه بسته نشان‌دهنده ضریب شکست غیرخطی منفی می‌باشد و پدیده خودواکانونی رخ می‌دهد. با مقایسه نتایج بدست در-می‌یابیم که زعفران نسبت به چای ترش غیرخطیت بهتری از خود نشان می‌دهد و هم‌چنین دارای آستانه جذب دوفوتونی بالاتری نسبت به چای ترش است. عدم تقارن نمودارهای مربوط به سیستم جاروب-Z روزنه بسته نشان می‌دهد که در محیط جذب صورت گرفته است.

مراجع

[1] H. Motiei, A. Jafari and R. Naderali, "Third-order nonlinear optical properties of organic azo dyes by using strength of nonlinearity parameter and Z-scan technique." J. Optics & Laser Technology Vol. 88, PP. 68-74, 2017.

[2] Qusay Mohammed Ali, P.K. Palanisamy," Investigation of nonlinear optical properties of organic dye by Z-scan technique using He–Ne laser. "J. Optik Vol. 116, PP. 515–52, 2005.

[3] AlirezaMilajerdi, KuroshDjafarian, BanafsheHosseini , "The *toxicity of saffron (Crocus sativus L.) and its constituents against normal and cancer cells*", Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism. Vol. 3, PP. 23-32, 2016.

[4] Chang-Che Chen, Jeng-Dong Hsu, San-Fa Wang, Huei-Ching Chiang, Mon-Yuan Yang, Erl-Shyh Kao, Yung-Chyan Ho, andChau-Jong Wang, "*Hibiscus sabdariffa* Extract Inhibits the Development of Atherosclerosis in Cholesterol-Fed Rabbits" , J. Agric. Food Chem. Vol. 51,No. 18, PP. 5472–5477, 2003.

[۵] جوادزاده ,سید مهدی؛ پرویز رضوانی مقدم؛ جواد اصیلی و سعیدرضا فلاح، بررسی اثرات فارماکولوژیکی گیاه دارویی چای ترش ازدیدگاه طب سنتی، همایش ملی کاربرد گیاهان دارویی در سبک زندگی و طب سنتی،۱۳۹۲.

[6]. M.Kafi, A.Koocheki, M.Nassiri, " Saffron (Crocus Sativus) production and processing " , 2006.

[7] Mohammad Sharrif Moghaddasi , "*Saffron chemicals and medicine usage*", Journal of Medicinal Plants Research. Vol.4, No 6, PP. 427-430, 2010.

[8] Gol Andam Sharifi, "*A Survey on Continuity of the Use of Saffron in Persian Arts of Book*", Journal of faculty of art Shahed university, 2014.

[9] M. Sheik-Bahae, A.A. Said, T. H. Wei, D. J. Hagan, and E. W. Van Stryland, "*Sensetive measurement of optical nonlinearities using a single beam*", IEEEJ. Quant. Electron. Vol. 26, PP. 760-769, 1990.

[10] M. Sheik-Bahae. A. A. Said, W. Tai-Huei, D. J. Hagan, and E. W. Van stryland, IEEE Journal of quantum electronics. Vol. 4, No. 26, 1990.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-07]