بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

کاربرد بیناب نمایی فروشکست القای لیزری در تجزیه و تحلیل عناصر موجود در مو

محبوبه آقابابائی‌نژاد[۱و۲]، سید جبار موسوی[۱]، سید محمدرضا دربانی[۱و۳]، محمود سلطان‌الکتابی[۱]، عبدالله اسلامی‌مجد[۳]

[۱]گروه پژوهشی اپتیک کوانتومی، دانشگاه اصفهان، اصفهان

[۲]پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران

چکیده - عناصر موجود در موی سر ۲۵ زن اصفهانی و تهرانی به‌منظور بررسی عوامل مؤثر در سرعت رشد بالای مو و تولید موخوره و اثرات رنگ مو، با استفاده از روش بیناب‌نمایی فروشکست القای لیزری تعیین شدند. نتایج تحقیقات نشان داد که میزان نیتروژن، اکسیژن و هیدروژن در موهای رنگ‌شده بسیار بالاتر از میزان آن‌ها در موهای طبیعی است. علاوه بر این، رابطه‌ای مستقیمی بین میزان کلسیم شناسایی شده در مو و سرعت رشد مو و همچنین بین میزان سدیم و تولید موخوره مشاهده گردید.

کلید واژه- بیناب نمایی فروشکست القای لیزری، سرعت رشد مو، مو، موخوره.

Application of Laser Induced Breakdown Spectroscopy to hair elements analysis

Mahboobeh Aghababaei Nejad[۱&۲], Seyyed Jabbar Mousavi[۱], Seyyed Mohammad Reza Darbani[۱&۳], Mahmood Soltanolkotabi[۱], A. Eslami Majd[۲]

[۱]Quantum Optics Research Group, University of Isfahan, Isfahan

[۲]Nuclear Science and Technology Research School, Atomic Energy Organization of Iran, Tehran

[۳]Optics and Lasers Science and Technology Research Center, Malek Ashtar University of Technology, Isfahan

Abstract- In this study, elements in the hair of ۲۵ Isfahanian and Tehranian women was determined by laser induced breakdown spectroscopy to investigate the reason of high velocity growth, trichoptilosis and the effect of dye colors on the hair. Results showed that Nitrogen, Hydrogen and Oxygen levels of colored hairs are more than natural hairs. In addition, direct relations between Calcium level and hair velocity growth and also Sodium level with the trichoptilosis were observed.

Keywords: Laser Induced Breakdown Spectroscopy, Hair velocity growth, Hair, Trichoptilosis.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-07-29]

۱- مقدمه

میزان عناصر موجود در مو یکی از شاخصه‌های سلامت شخص بوده و می‌تواند در ارزیابی وضعیت تغذیه، محیط زندگی و... استفاده شود[۱]. روش‌های بیناب‌نمایی مادون قرمز و رامان که اغلب ساختار مولکولی ترکیبات را بررسی می‌کنند، روش‌های رایج مطالعه مو هستند[۳و۲]. با توجه به برخی مزایای LIBS شامل توانایی شناسایی هم‌زمان و سریع چند عنصری و همچنین عدم نیاز به آماده‌سازی نمونه، فعالیت‌هایی در زمینه استفاده از این روش برای مطالعه بافت‌های بیولوژیکی صورت گرفته است[۶-۴].

مو از عناصری مانند K, Mg, Ca, S, N ,O, H, C ,W, Sn Sb, Pb, Hg, Na, Fe, Cu, Zn, Mg, B, Al, Mo, Au, Sr, Se, Ag, P, I تشکیل‌شده که برخی از آن‌ها به واسطه شرایط محیطی بر روی مو ظاهر می‌شوند[۷و۲،۱]. از بین عناصر فوق Cu، Mg، Ca و Zn عناصر ضروری As, Ni Cd, Hg و P عناصر مضر بوده که وجود آن‌ها دلالت بر شرایط ناسالم محیطی و یا بیماری در شخص دارد [۸].

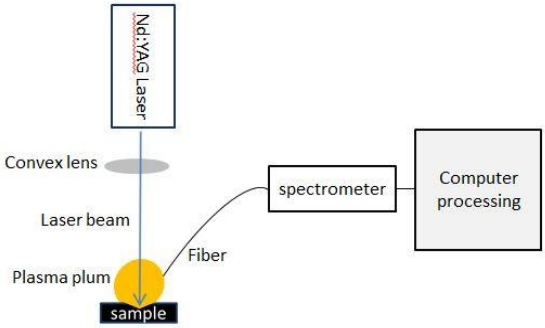
در این مطالعه به بررسی عناصر موجود در مو با استفاده از روش LIBS پرداخته شده است. از نتایج این تحقیق جهت بررسی تأثیر رنگ مو، عوامل تأثیرگذار بر سرعت رشد مو و ایجاد موخوره استفاده شده است.

۲- مواد و چیدمان آزمایش

۲۵ نمونه مو از بین زنان اصفهانی و تهرانی برای انجام این پژوهش جمع آوری شد. نمونه‌ها به دو گروه رنگ‌شده و طبیعی تقسیم شدند. همچنین طبق دسته‌بندی دیگری ۷ نمونه موی مربوط به انتهای مو که حدود ۲۰cm رشد کرده بودند و ۷ نمونه مربوط به بالای مو و نزدیک به ریشه مربوط به همان افراد انتخاب شدند. به‌منظور جلوگیری از تأثیر رسوبات ناشی از عرق در نتایج آزمایش، نمونه‌گیری‌ها پس از استحمام افراد صورت گرفت.

در برپایی آزمایش از طول موج اصلی لیزر Nd:YAG با انرژی خروجی ۱۰۰mJ و پهنای تپ ۷±۲ns استفاده شد. بیناب‌سنج با توان تفکیک‌پذیری ۰/۰۴nm که قابلیت بیناب‌نگاری در ناحیه طول‌موجی ۱۸۲ تا ۱۰۵۷ نانومتر را داشت، جهت آشکارسازی تابش گسیلی پلاسما استفاده شد. به‌منظور افزایش دقت، از هر نمونه ۵ بار داده‌برداری و نتیجه نهایی براساس میانگین‌گیری داده‌ها بدست آمد.

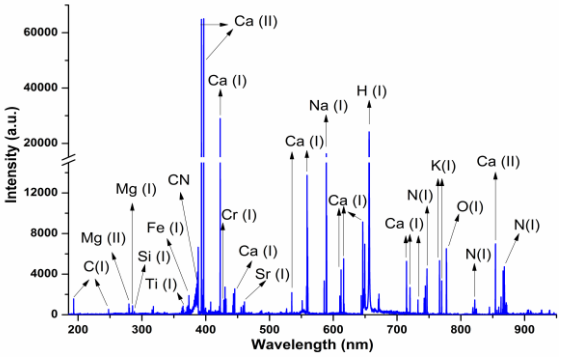
طرحواره چیدمان برپاشده در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: طرحواره چیدمان آزمایش

۳- بحث و تحلیل

بیناب نوعی مو به همراه عناصر موجود آن در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل دیده می‌شود، عنصر غالب در مو کلسیم بوده که با نتایج حاصل از برخی تحقیقات هم‌خوانی دارد[۷و۱].



شکل ۲: بیناب نوعی مو

طول‌موج‌های متناظر با عناصر شناسایی شده در جدول ۱ فهرست شده‌اند. گسیل‌های مولکولی CN در بازه طول موجی ۳۸۸٫۳۰nm- ۳۸۵٫۰۵ ناشی از بازترکیب اتم‌های کربن و نیتروژن علاوه بر خطوط اتمی و یونی شناسایی شده نیز مشاهده گردید.

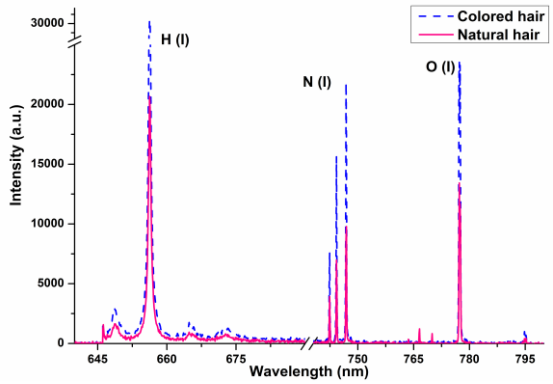
[Downloaded from opsi.ir on 2026-07-29]

جدول ۱: خطوط اتمی و یونی شناسایی شده مو توسط روش LIBS

Element	Ca II	Ca I	Ti II	Ti I	N I
Wavelength (nm)	۳۱۵,۸۸	۴۲۲,۶۷	۳۲۳,۴۵	۳۶۴,۲۶	۷۴۲,۳۶
	۳۱۷,۹۳	۴۳۰,۲۵	۳۲۳,۶۵	۳۶۵,۳۴	۷۴۴,۲۲
	۳۹۳,۳۶	۴۴۲,۵۴	۳۲۳,۹۰	۳۷۵,۲۸	۷۴۶,۸۳
	۳۹۶,۸۴	۴۴۳,۴۹	۳۳۴,۹۴	۳۹۸,۹۷	۸۲۱,۶۶
	۸۵۴,۲۰	۴۴۵,۴۷	۳۳۶,۰۹	۳۹۹,۸۶	۸۶۸,۰۲
		۵۵۸,۸۷	۳۶۸,۵۲	۴۹۸,۱۷	۸۷۱,۱۷
		۶۱۰,۲۷	۳۷۵,۹۳	۴۹۹,۱۰	۹۰۴,۹۰
		۶۱۲,۲۲		۴۹۹,۹۵	۹۳۹,۳۲
		۶۱۶,۲۱		۵۰۰,۷۲	
		۷۱۴,۸۱		۵۰۱,۳۲	
		۷۲۰,۲۱			
		۷۳۲,۶۱			
Element	O I	Fe I	Na I	Al I	C I
Wavelength (nm)	۷۱۵,۷۰	۳۷۱,۹۹	۵۸۸,۹۹	۳۹۴,۴۰	۱۹۳,۰۹
	۷۷۷,۱۹	۳۷۳,۴۸	۵۸۹,۵۹	۳۹۶,۱۵	۲۴۷,۸۵
	۸۴۴,۶۷	۳۷۴,۵۵			۹۰۹,۴۸
	۹۲۶,۶۰	۴۲۱,۶۱			
Element	Mg II	Mg I	H	K I	Si I
Wavelength (nm)	۲۷۹,۵۵	۲۸۵,۲۱	۴۸۶,۱۳	۷۶۶,۴۸	۲۸۸,۱۵
	۲۸۰,۲۷		۶۵۶,۲۸	۷۶۹,۸۹	
Element	Cu I	Cr I	Sr II	Sr I	
Wavelength (nm)	۳۲۴,۷۵	۴۲۸,۹۷	۴۰۷,۷۷	۴۶۰,۷۳	

۳-۱- تأثیر رنگ مو

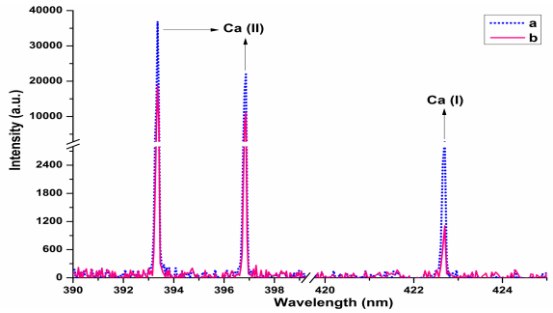
مقایسه‌ای از یک نمونه بیناب موی رنگ‌شده و موی طبیعی در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود، میزان نیتروژن، اکسیژن و هیدروژن در بیناب موی رنگی خیلی بیشتر از مقدار آن در موی طبیعی می‌باشد. بررسی بر روی بیناب ۲۵ نمونه دیگر نیز این نتیجه را تأیید می‌کند. دو ماده شیمیایی اصلی در رنگ مو اکسیدان (H_2O_2) و آمونیاک (NH_3) می‌باشند. با تابش لیزر بر روی نمونه و شکسته‌شدن پیوندهای مولکولی ترکیب‌های فوق، افزایش شدت این عناصر در بیناب موی رنگ شده مورد انتظار است.



شکل ۳: یک نمونه بیناب موی رنگ‌شده(خط نقطه چین- آبی) و یک نمونه بیناب موی طبیعی(خط پر- صورتی)

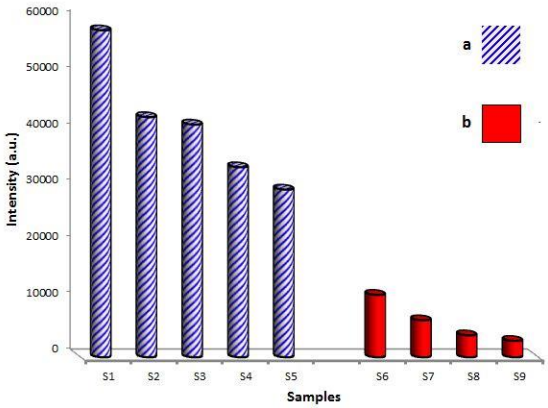
۳-۲- بررسی تأثیر میزان کلسیم بر رشد مو

جهت بررسی اثر فوق تقسیم‌بندی دیگری در نظر گرفته شد. گروه اول این تقسیم بندی مربوط به موی سر افرادی بود که موی آن‌ها در طول یک ماه رشد بیش از ۱cm داشتند و گروه دوم مربوط به موی سر افرادی که در همین مدت دارای رشد موی کمتر از ۱cm بوده‌اند. نتایج بیناب‌نگاری نشان دادند که میزان کلسیم موجود در موی سر بر سرعت رشد مو تأثیرگذار است. بر این اساس افرادی که از رشد موی خوبی برخوردار بودند، به‌طور چشم‌گیری میزان کلسیم آشکارشده در موی سر آن‌ها بیشتر از سایرین بود. شکل ۴ مقایسه‌ای از بیناب موی این دو گروه و شکل ۵ مقایسه آماری نتایج را نشان می‌دهد.



شکل ۴: *a*- بیناب موی نوعی با سرعت رشد موی زیاد، *b*- بیناب موی نوعی با سرعت رشد موی کم

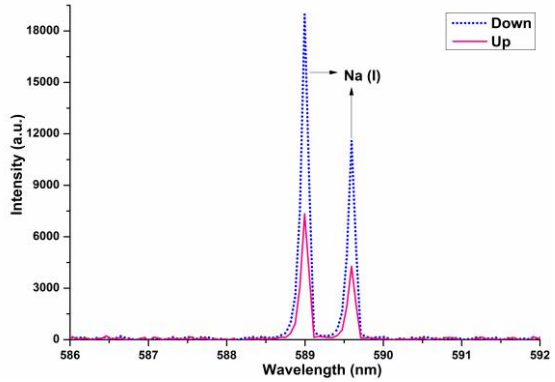
[Downloaded from opsi.ir on 2026-07-29]



شکل ۵: توزیع آماری میزان کلسیم در بیناب دو گروه مویی: *a*- افراد دارای سرعت رشد موی زیاد (استوانه هاشوردار- آبی)، *b*- افراد دارای رشد موی کم (استوانه پر- قرمز)

۳-۳- بررسی تأثیر میزان سدیم بر موخوره

۷ نمونه مو به طول حدودی ۲۰cm که هر کدام از آن‌ها شامل دو بخش انتهایی مو و دارای موخوره و بخش بالایی مو و نزدیک به ریشه بودند، انتخاب شدند. کل نمونه‌ها مربوط به موی اشخاصی بودند که از سشوار و اتوی مو که از عوامل اصلی ایجاد موخوره هستند، استفاده نمی‌کردند. شکل ۶ مقایسه‌ای از بیناب نوعی نمونه انتهایی مو(دارای موخوره) و نمونه بالای مو(نزدیک به ریشه) را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل مشخص است، میزان سدیم به‌طور چشم‌گیری در نمونه پایین مو(دارای موخوره) بیشتر می‌باشد. رسوب نمک در قسمت انتهایی مو می‌تواند یکی از دلایل این اثر باشد[۹].



شکل ۶: *Down*- بیناب نوعی نمونه انتهایی مو و دارای موخوره(خط نقطه چین- آبی)، *Up*- بیناب نوعی نمونه بالایی مو و نزدیک به ریشه (خط پر- صورتی)

۴- نتیجه‌گیری

عناصر موجود در مو به کمک روش LIBS مشخص شدند. میزان نیتروژن، اکسیژن و هیدروژن در نمونه موهای رنگ شده بسیار بیشتر از موی طبیعی دیده شد. ارتباط مستقیم بین سرعت رشد مو و میزان کلسیم آشکارشده در بیناب موی افراد مشاهده گردید. همچنین با مقایسه بیناب بخش انتهایی مو و دارای موخوره و بخش بالایی آن نزدیک به ریشه، دیده شد که میزان سدیم در بخش انتهایی مو بیشتر از بخش بالایی آن است که این عامل می‌تواند دلیلی برای تولید موخوره در انتهای مو باشد.

سپاسگزاری

از پرسنل پژوهشکده علوم و فناوری اپتیک و لیزر که ما را در انجام این پژوهش یاری نموده‌اند، سپاسگزاری می‌شود.

مراجع

[۱] Corsi M., Cristoforetti G., Hidalgo M., Legnaioli S., Palleschi V., Salvetti A., Tognoni E., Vallebona C., *Application of laser-induced breakdown spectroscopy technique to hair tissue mineral analysis*, **Appl. Opt.** ٤٢ (٢٠٠٣), ٦١٣٣-٦١٣٧.

[۲] Panayiotou H., *Vibrational spectroscopy of keratin fibers a forensic approach*, Queensland University of technology school of physical and chemical science, ٢٠٠٤.

[۳] Bantignies J., Carr G.L., Lutz D., Marull S., Williams G., Fuchs G., *Chemical imaging of hair by infrared microspectroscopy usings ynchrotronra diation*, **J. Cosmet. Sci.** ٥١ (٢٠٠٠), ٧٣-٩٠.

[٤] S. J. Rehse S. J., Salimnia H., Miziolek A. W, *Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS): an overview of recent progress and future potential for biomedical applications*, **J. Med. Eng. Technol.** ٣٦ (٢٠١٢), ٧٧-٨٩.

[٥] Hosseinimakarem Z., Tavassoli S. H., *Analysis of human nails by laser-induced breakdown spectroscopy*, **J. Biomed. Opt.** ١٦ (٢٠١١), ٠٥٧٠٠٢١-٨.

[٦] Singh V. K., Rai A. K, *Prospects for laser-induced breakdown spectroscopy for biomedical applications: a review*, **Lasers Med Sci.** ٢٦ (٢٠١١), ٦٧٣-٦٨٧.

[٧] Caroli S., Senofonte O., Violante N., Fornarelli L., Powar A., *Assessmentof reference values for elements in hair of urban normal subjects*, **Microchem. J.** ٤٦ (١٩٩٢), ١٧٤-١٨٣.

[٨] Garry F., Gordon M.D., *Sex and age related differences in trace element concentrations in hair*, **Sci. Total Environ.** ٤٢ (١٩٨٥), ١٣٣-١٤٧.

[٩] http://www.splitender.com/١-٨٨٨-٤١٠-٦٦٥٥/split-ends.htm

[Downloaded from opsi.ir on 2026-07-29]