بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و چهاردهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شهید چمران اهواز،
خوزستان، ایران.
۱۴-۱۲ بهمن ۱۴۰۰

بررسی تغییرات بازتاب و قطبش نور در نمونه پوست حیوانی با استفاده از روش شفاف سازی نوری

محمد سامانی[۱]،محمد علی انصاری[۱]،الینا گنینا[۲]، ماریا گریشااوا[۲]، سرگئی زایتسف[۲]،والری توچین[۲،۳،۴]

۱- پژوهشکده لیزر و پلاسما دانشگاه شهیدبهشتی، ۲- دانشگاه ایالتی ساراتوف، روسیه، ۳-انستیتو کنترل و مکانیک دقیق روسیه، ۴- دانشگاه ایالتی تومسک روسیه.

m_ansari@sbu.ac.ir

شفاف سازی پوست یکی از روش های رایج برای افزایش عمق نفوذ نور به داخل پوست است. در این مقاله به بررسی تغییرات ایجاد شده در پوست شکم موش در اثر شفاف سازی اپتیکی و تغییرات قطبش نور عبوری پرداخته شده و به بررسی تغییرات بازتاب نور از سطح پوست می‌پردازیم. ضمنا تصویربرداری قطبشی از پوست موش در حالت شفاف سازی غوطه وری و هواخشک هم انجام شده است.

کلیدواژه ها : شفاف سازی پوست، بازتاب، روش غوطه‌ورسازی

Investigation of Changes in Light Reflectance and Polarization through the Animal Skin Samples using Optical Clearing Method

Mohammad Samani[۱], Mohammad Ali Ansari[۱], Elina A Genina[۲], Maria A. Grishaeva[۲], Sergey M. Zaytsev[۲], Valery V. Tuchin[۲،۳،٤]

۱-□□□□□ □□□ □□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□□□, □□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□□□□, ۲- □□□□□□□□ □□□□□ □□□□□□□□□□□, ۳- Precision Mechanics and Control RAS, Russia, ٤-Tomsk state University.

m_ansari@sbu.ac.ir

The optical clearing method is a way of increasing the depth of light penetration in the skin. In this study, an OC agent based on glycerol and DMSO is used to clear the skin. The reflectance is measured. The propagation of polarized light in rat skin ex vivo during air dehydration has been investigated using a polarization microscope.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

Keywords: optical clearing of the skin, reflectance, the immersion method

مقدمه

شفاف سازی اپتیکی در کل روشی برای کاهش بازتاب از سطح پوست می باشد. پوست از سه لایه اصلی به نام های اپیدرم، درم و هیپودرم تشکیل شده که پوست را به بافت-های ماهیچه‌ای متصل می‌کند که شامل آب‌های میان بافتی متفاوتی می‌باشد. نور اجازه ورود به اعماق بدن را نداشته و پراکنده می‌شود. به همین دلیل راهی به اسم شفاف سازی اپتیکی پوست ایجاد شد تا به اعماق درونی بدن دست بیابیم. همان طوری که می‌دانیم، در زیر لایه پوستی عوامل مختلفی از جمله آب های میان بافتی، هموگلوبین و مواد مختلفی با ضریب شکست های متفاوت وجود دارند که به دلیل این اختلاف ضریب شکست، نور تا حد زیادی پراکنده می‌شود که ایده‌آل ما نیست. برای جلوگیری از این امر باید تطابق ضریب شکستی صورت بگیرد که در ادامه دو راه برای این کار به اسم روش مکانیکی و دمایی معرفی می‌شود. در روش مکانیکی [۱] برای جلوگیری از پراکندگی از سطح پوست یک فشار مکانیکی به پوست توسط یک وزنه اعمال می‌شود که با این کار آب های میان‌بافتی به کنار رفته و در واقع سطح زیر پوست یک‌نواخت می‌شود که روشی موثر در این امر می‌باشد.

در روش دمایی [۱] ، با گرم کردن آن ناحیه به تبخیر آب-های میان‌بافتی و یک دست شدنش کمک می‌شود.

لازم به ذکر است که، روش شفاف سازی پوست یکی از روش های مناسب

برای استفاده‌های پزشکی می‌باشد [3].

روش آزمایش و تئوری

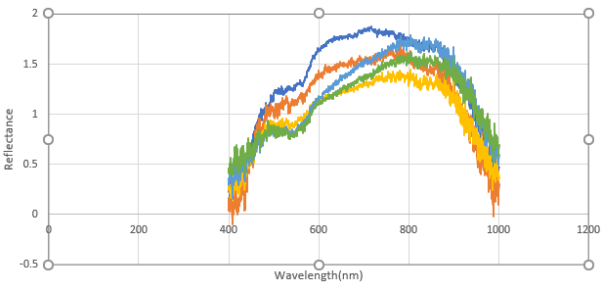
در روش غوطه‌ورسازی، از یک ماده کمکی که ضریب شکستی نزدیک به ضریب شکست پوست دارد استفاده می-شود[۴]. در این آزمایش از محلول Glycerol ۷۰٪، DMSO ۱۰٪و همچنین از آب مقطر ۲۰٪ استفاده شده است.

از پوست موشی در ابعاد ۱ در ۱ سانتی متر استفاده شد و قبل از آزمایش به کمک دستگاه اسپکترومتر از آن طیف بازتابی گرفته شد و همچنین با درماتوسکوپ عکس‌برداری شد. این قطعه پوست داخل محلول شفاف‌ساز قرار داده شد و نیم ساعت در آن باقی ماند. پس از نیم ساعت از محلول بیرون آورده شده و در زمان های مختلفی از آن طیف گرفته شد تا رفتار آن بررسی شود.

از میکروسکوپ قطبشی Polam L-۲۱۳M ساخت شرکت لومو روسیه برای تصویربرداری پوست موش حین خشک کردن پوست با فشار هوا استفاده شد. ضمنا از درماتوسکوپ قطبشی اپتواسکین (پرتوآوای اطلس-ایران) برای بررسی تغییرات پوست موش بعد از شفاف سازی نوری کمک گرفته شد.

نتایج و بحث

در شکل ۱ تغییرات میزان بازتاب نور از سطح پوست قبل و بعد از غوطه‌ورسازی دیده می‌شود. شکل ۲ تصاویر درماتوسکوپ قبل و بعد از شفاف سازی را در حالت قطبش متعامد نشان می‌دهد.



[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]

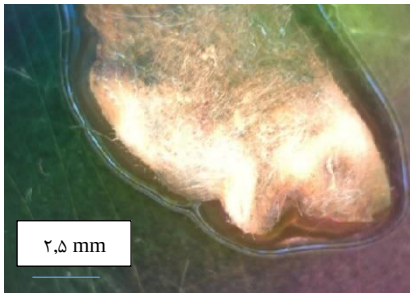
شکل ۱: نمودار بازتاب از سطح پوست موش بعد از شفاف سازی بر حسب طول‌موج برای :آبی پررنگ(قبل از شفاف سازی) ، نارنجی(۵ دقیقه) ، زرد (۳۵ دقیقه) و سبز(۶۵ دقیقه) پس از شفاف سازی

همان طوری که واضح است، با گذشت زمان میزان بازتاب کم شده که این به معنای افزایش عمق نفوذ می‌باشد که مطابق با انتظار است. اما در زمان ۶۵ دقیقه پس از آزمایش، مشاهده می‌شود که نمودار به سمت بالا منتقل شده که این به معنای آن است که این آزمایش قابل بازگشت می‌باشد [۵]. پس انتظار می‌رود که با گذشت زمان مواد غوطه‌ورشده آزاد شده و به حالت اولیه بازگردد که نکته ای قابل توجه برای استفاده‌های پزشکی می‌باشد.

در شکل های ۲ و ۳ نیز تصاویری از قبل و بعد از شفاف سازی پوست و تاثیر این روش بر روی پوست دیده می‌شود. برای بررسی تغییرات قطبش نور حین عبور از پوست موش، از میکروسکوپ قطبشی استفاده شد که پوست بدون مو بین قطبشگر و آنالیزور قرار گرفت و از فشار هوا برای خشک کردن پوست در دمای آزمایشگاه انجام شد. در طول سه ساعت، هر ۱۵ دقیقه یکبار چرخش ۰تا ۹۰ درجه قطبش انجام و تصاویر ثبت شد (شکل ۳). مشاهده می‌شود که در طی فرایند شفاف سازی، شدت نور در ناحیه مورد مطالعه در حالت قطبش متعامد (شکل ۳(ب)) تغییر می‌کند که نشانگر میزان غیرقطبیدگی نور در عبور از پوست است.



(الف)

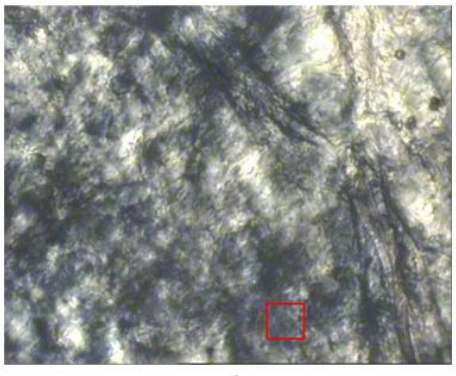


(ب)

شکل ۲:تغییرات پوست موش قبل از غوطه‌ورسازی (الف) و بعد از غوطه‌سازی (ب). تصاویر توسط درماتوسکوپ اپتواسکین در حالت قطبش متعامد ثبت شده است.(با بزرگنمایی ۷۰ برابر)

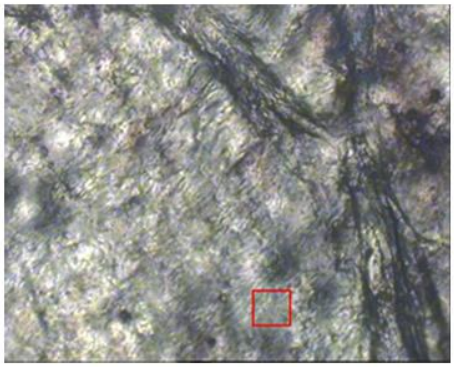
نتیجه گیری

در این آزمایش از روش غوطه‌ورسازی برای شفاف سازی پوست شکم موش استفاده شد که برای کاربردهای Ex-Vivo می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. پس از انجام آزمایش نتیجه گیری می‌شود که با محلول ٪۷۰ Glycerol، DMSO ٪۱۰ و همچنین آب مقطر ٪۲۰ می‌توان پوست موش را شفاف کرد و همچنین به این نتیجه می‌انجامد که این آزمایش بازگشت پذیر بوده و می‌توان از آن در عوامل پزشکی برای عکس برداری و درمان انواع سرطان استفاده کرد که البته از زیست سازگاری آن باید مطمئن شد.



(الف)

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]



(ب)

شکل ۳. تصاویر میکروسکوپ قطبشی از پوست موی بدون فولیکول در حالتی که آنالیزور در زاویه صفر نسبت قطبشگر (الف) و زاویه ۹۰ درجه نسبت به قطبشگر (ب). مربع قرمز ناحیه مورد آزمایش است. افزایش شدت نور در حالت قطبش متعامد نشانگر میزان غیرقطبیدگی نور عبوری از پوست است.میانگین درخشندگی پیکسل‌ها نیز در بازه ۰ تا ۲۵۰ در واحد دلخواه است. همچنین زمان اندازه‌گیری نیز پس از ۴ ساعت شفاف سازی و هر ۱۵ دقیقه یکبار است.(با بزرگنمایی ۱۲۵ برابر)

تشکر و قدردانی

این تحقیق تحت حمایت مالی صندق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) برگرفته شده از طرح شماره «۹۸۰۲۹۴۶۰» و طرح شماره «۲۰-۵۲-۵۶۰۰۵» بنیاد تحقیقات علوم پایه روسیه (RFBR) انجام شده است.

مراجع

[۱] Masoumi, S., Ansari, M. A., Mohajerani, E., Genina, E. A., & Tuchin, V. V. (۲۰۱۸). Combination of analytical and experimental optical clearing of rodent specimen for detecting beta-carotene: phantom study. Journal of biomedical optics, ۲۳(۹), ۱–۷. https://doi.org/۱۰,۱۱۱۷/۱.JBO.۲۳,۹,۰۹۵۰۰۲

[۲] Armin Morovati, Mohammad Ali Ansari, Valery V.Tuchin "In Vivo detection of human cutaneous beta-carotene using computational optical clearing", ۲۰۲۰

[۳] Ansari, M. A., Morovati, A., & Tuchin, V. V. (۲۰۲۰, April). Low-cost measurement of the dermal beta-carotene in the context of optical clearing. In *Saratov Fall Meeting 2019: Optical and Nano-Technologies for Biology and Medicine* (Vol. ۱۱٤٥٧, p. ۱۱٤٥٧۰٤). International Society for Optics and Photonics.

[٤] Genina, E. A., Oliveira, L. M., Bashkatov, A. N., & Tuchin, V. V. (۲۰۲۰). Optical Clearing of Biological Tissues: Prospects of Application for Multimodal Malignancy Diagnostics. In *Multimodal Optical Diagnostics of Cancer* (pp. ۱۰۷-۱۳۱). Springer, Cham.

[٥] Sdobnov, A. Y., Darvin, M. E., Genina, E. A., Bashkatov, A. N., Lademann, J., & Tuchin, V. V. (۲۰۱۸). Recent progress in tissue optical clearing for spectroscopic application. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *197*, ۲۱٦-۲۲۹.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-06]