

مواجهه شغلی نانو ذرات در علوم قضایی: نیاز به استفاده امن و بی خطر

طیبه سلیمانیان

دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

رشد سریع نانوتکنولوژی موجب ایجاد پیشرفت‌های جدید در علوم و فناوری گردیده اما در مقابل به طور همزمان نگرانی‌هایی در مورد خطر استفاده از نانو مواد بر سلامتی افزایش یافته است. اخیراً انواع مختلفی از نانو ذرات در حوزه‌های مختلف پزشکی قانونی همچون کاغذ، جوهر، اسناد امنیتی و اثر انگشت استفاده می‌شود. با وجود چشم انداز روشن در در مواردی استفاده از نانو ذرات در علوم قضایی، قرارگیری پرسنل آزمایشگاه با نانو ذرات ممکن است اثرات سوء را در شکل بیماری‌های جدی برای آنها به همراه داشته باشد. هدف از این مطالعه بررسی اثرات مثبت و منفی استفاده از نانو ذرات بمنظور حل اثرات احتمالی جانبی آنها در کاربردهای پزشکی قانونی برای ایجاد محیطی امن می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مواجهه شغلی، علوم قضایی، نانو ذرات.

t.smoghadam@aut.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه نانوتکنولوژی به یک حوزه وسیع در حال رشد که محصولات مختلفی را در کاربردهای گوناگونی از علوم و تکنولوژی دربرمیگیرد تبدیل شده است. این تکنولوژی در زمینه‌های مختلف علوم از جمله الکترونیک، علم مواد، علم فیزیک، علم پزشکی و ... به کار گرفته می‌شود. در حال حاضر علوم قضایی نیز دستخوش فناوری نانو گردیده است. نانوتکنولوژی از طریق دو راه به علوم قضایی کمک می‌کند: از آنجا که فناوری نانو می‌تواند نمونه‌ها را در مقیاس نانو تجزیه و تحلیل و شناسایی نماید، بنابراین شواهد مهمی که قبلاً به خاطر محدودیت‌های ابزار شناسایی نمی‌توانست جمع آوری و مورد آنالیز قرار گیرد اکنون قادر به شناسایی می‌باشند، لذا می‌تواند برای حمایت از تحقیقات قضایی مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این نانو ذرات دارای خواص فیزیکی و شیمیایی به خصوصی هستند که می‌توانند به جمع‌آوری و تشخیص شواهدی که قبلاً دسترسی به آنها ممکن نبود، کمک نماید. به‌تازگی انواع مختلفی از نانوذرات در کاربردهای گوناگونی از علوم قضایی از جمله به عنوان یک جزء در فرمولاسیون جوهر برای تشخیص هویت، اعتبار و صحت اسناد اداری و رایج با عنایت به ماهیت امنیتی، تجزیه و تحلیل اثر باقی‌مانده از اصابه گلوله (GSR) و همچنین در بهبود شناسایی اثر انگشت روی سطوح مختلف استفاده می‌شود. بنابراین می‌توان گفت نانو ذرات در علوم قضایی شامل موادی است که به توصیف قضایی مواردی از جمله، جوهر، اسناد امنیتی و اسکناس می‌پردازد؛ همچنین به‌عنوان ابزاری برای آزمایش‌های قضایی (مانند تجزیه و تحلیل GSR، بهبود تشخیص شناسایی اثر انگشت) استفاده می‌گردد. در علم اثر انگشت، نانو ذرات با کاهش رنگ پس زمینه که موجب تباین (کنتراست) بالایی با تصویر می‌گردد و کیفیت چاپ را بهبود می‌دهد به عنوان ابزاری برای بهبود تشخیص اثر انگشت روی سطوح مختلف معرفی شده است [۲۰۱].

جوهر پرینترهای جوهر افشان به‌همراه نسل جدیدی از آنها یعنی جوهرهای ژلی به‌عنوان سمبل نانو ذرات در بیان خصوصیات منحصربه‌فرد شناخته می‌شوند. در مورد اسناد، در حال حاضر تحقیق درمورد استفاده از فناوری نانو ذرات بسیار شناخته شده است و همچنین این امیدواری وجود دارد که نانو ذرات در اسناد و مدارک رسمی به‌عنوان یک چاپ امنیتی مانند گذرنامه یا اسکناس استفاده گردد [۳].

نانو تکنولوژی از پتانسیل بسیار بالایی برای بهره‌دهی به جامعه و علوم از جمله علوم قضایی برخوردار است. اما همین نانو ذرات با ویژگی‌های جدید بواسطه ناشناخته بودن می‌توانند خطرهایی را برای محیط پیرامون به همراه داشته باشند. هنگامی که این نانوذرات در کاربردهای مختلفی برای بهبود کیفیت محصولات استفاده می‌شوند، نتیجتاً خطرهای مواجهه شغلی پرسنل آزمایشگاهی نیز افزایش می‌یابد. این موضوع که نانو ذرات چطور در محیط رفتار می‌کنند و یا چطور انسان‌ها (به خصوص پرسنل آزمایشگاه) را تحت تاثیر قرار می‌دهند و بر روی آنها اثر می‌گذارند، خیلی شناخته شده نیست. متأسفانه تحقیقات کمی بر روی خطرات بهداشتی و ایمنی نانوذرات و تهدیدات آنها بر روی محیط زیست انجام شده است. بنابراین با وجود چشم انداز روشن برای نانو علوم قضایی، نگرانی‌هایی درخصوص قرارگیری عمده یا غیر عمده انسان‌ها با اندازه‌ها، شکل‌ها و ترکیبات مختلف این نانو مواد وجود دارد که ممکن است منجر به خطرات قابل ملاحظه‌ای روی سلامتی به‌خصوص روی DNA انسان‌ها شود [۴-۹].

در این مقاله ابتدا تلاش می‌شود اثرات مثبت و منفی استفاده از نانو ذرات در علوم قضایی بیان گردد. در ادامه به تشریح اثرات سوء نانو مواد بر روی پرسنل قضایی و محیط زیست پرداخته می‌شود و در نهایت به راهکارهایی برای ساختن امن‌تر آنها برای کاربردهای قضایی پرداخته می‌شود.

فسفرهای درخشان در حد نانو به عنوان شاخص های امنیتی مطرح می گردد. بنابراین ابعاد کوانتومی و دیگر نانو ذرات به- عنوان جایگزینی برای مواد درخشان میکرو قدیمی تر می توانند مورد توجه قرار گیرند.

اخیرا انواع مختلفی از نانو ذرات توسعه یافته است که می تواند به عنوان نسل جدیدی از جوهرهای ضد جعل و تقلب استفاده شود. این نانوذرات نه تنها جایگزین رنگزهای فلورسنتی قدیمی است که در اسکناس استفاده می شد، بلکه ویژگی ها امنیتی دقیق تر و بهتری نسبت به گذشته فراهم می سازد. همچنین این نانوذرات به عنوان یک برچسب امنیتی در کارت اعتباری و گذرنامه برای بالابردن ویژگی های امنیتی استفاده می شوند. این ویژگی های امنیتی که مبتنی بر نانوذرات می باشند را می توان به راحتی جعل نمود. دلیل این موضوع این است که ذرات نانو را به دلیل ابعاد کوچک نمی توان با چشم غیر مسلح و یا هر تکنیک معمول استفاده شده دیگری مثل نور مایل یا نور انتقال یافته مشاهده نمود. این ذرات را تنها می توان با ابزار بسیار دقیق و با توان بالا (بزرگنمایی و منابع نوری مختلف) که هم اکنون به آسانی یافت نمی شوند و تنها در آزمایشگاه ها وجود دارند تشخیص داد. بنابراین احتمال جعل و تقلب بسیار کمتر از گذشته خواهد بود.

۴- افزایش آشکارسازی اثر انگشت ناپیدا

اولین بار در سال ۲۰۰۱، Menzel، نانوکریستال نیمه هادی لومینانس نوری CdS پوشش داده شده با diocetyl sulfosuccinate را برای تشخیص اثر انگشت بکاربرد. بعد از آن بسیاری از مطالعات دیگر نشان داد که انواع و اندازه های مختلف نانو ذرات می تواند برای تشخیص اثر انگشت ناپیدا روی سطوح مختلف استفاده شود که نه تنها تصویری با کنتراست بهتر از اثر انگشت می دهد بلکه رنگ زمینه را نیز کاهش می دهد به طوریکه این کار قبلا قابل انجام نبود [۱۱ و ۱۰]. این موفقیت فوق العاده در زمینه افزایش آشکارسازی اثر انگشت نهان دانشمندان قضایی و محققین را بر روی تشخیص اثر انگشت خون آلود متمرکز نمود.

۴-۱- اثر انگشت خون آلود

معمولا در صحنه جرم خون به عنوان یک وسیله انتقال اثر انگشت دیده می شود. گاهی اوقات باقیمانده رنگ این اجازه را می دهد که به طور مستقیم تصویربرداری انجام شود، اما اغلب اوقات باقیمانده رنگ کم نور است و در نتیجه تباین (کنتراست) آن خیلی پایین می باشد بطوریکه عکاسی در نور معمولی به جز منابع بسیار تابنده یا شفاف بی اثر می باشد. سال های زیادی است که روش های شیمیایی برای آشکار سازی اثر انگشت حاوی خونی باقیمانده استفاده می گردد.

Leucomalachite سبز، amido سیاه و نینپیدین که به صورت شیمیایی با اجزای خون واکنش می دهند و یک کمپلکس رنگی سیاه تشکیل می دهند به طور موفقیت آمیز روی سطوح شفاف یا رنگ روشن استفاده می گردند. Leucomalachite سبز و نینپیدین رنگ پس زمینه پایینی دارند، با این وجود برای سطوح غیر

۲- جنبه های مثبت نانو تکنولوژی در علوم قضایی

۲-۱- فرمولاسیون جوهر

از زمان قدیم تولیدکنندگان مختلف جوهر برای منحصسازی تولیدات خود از مجموعه های مختلفی از رنگزها در فرمولاسیون جوهر استفاده می کردند. به طور معمول رنگ جوهر متشکل از رنگدانه، یا رنگزا و یا هر دو می باشد. همچنین اجزای اصلی فرمولاسیون جوهر در حالت جزئی حلال ها و مهم تر از آن سطح فعال ها، تعدیل کننده ویسکوزیته، مواد نگهدارنده، عوامل کنترل کننده خوردگی و خشک کن ها می باشند. لازم به ذکر است که طبیعت رنگ و نوع حلال، وابسته به نوع جوهر در حال ساخت می باشد.

آزمایشات علوم قضایی انجام شده بر روی جوهر شامل آزمایش های نوری، فیزیکی و شیمیایی می گردد. نتایج حاصل از این آزمایش ها منجر به بیان مشخصه های اصلی جوهر بکارگرفته شده می شود. این مشخصه ها با یک مجموعه جوهر مرجع استاندارد جمع آوری شده، مقایسه می گردند. در نهایت در صورت معرفی یک نمونه جدید و نامعلوم، امکان تعیین تولیدکننده آن وجود دارد و در صورت تجاری بودن آن می توان به نوع قلم و یا پرینتری حاوی این جوهر پی برد. نانو ذرات نقش مهمی را در هر سه نوع آزمایش انجام شده بر روی جوهر ایفا می کند. به طوریکه می تواند منجر به بیان مشخصه های جوهر به صورت دقیق تر و منحصر به فردتر گردد. در پیشرفت های اخیر جوهرهای پرینترهای جوهر افشان، رنگدانه هایی در اندازه نانو برای افزایش ثبات نوری به جوهر اضافه می گردد. امروزه بعضی نانوذرات های خاص نیز در فرمولاسیون جوهر استفاده می شوند.

۳- ویژگی های امنیتی در اسناد رسمی و محرمانه

امنیت اسناد رسمی و محرمانه یک مسئله مهم برای یک کشور تلقی می گردد که با امنیت ملی آن کشور در ارتباط است. بنابراین، زمان به زمان دولت های حاکم در تلاش برای تامین امنیت اسناد و نیز اثبات تقلبی بودن یک مدرک می باشند. این موضوع شامل جوهرهای فلورسنتی، الیاف امنیتی، جوهرهای متغیر با شرایط نوری و هولوگرام ها می گردد. سه دلیل برای اجرای شاخص های امنیتی بر روی اشیاء با ارزش (شامل اسناد) عبارت از برچسب گذاری محصول، امنیت اسناد و تشخیص و شناسایی یک شی می باشد. استفاده از نانو ذرات به عنوان یک شاخص امنیتی موضوع تازه ای نیست. در این خصوص می توان به TiO_2 ، $CaCO_3$ و $BaSO_4$ اشاره نمود که به عنوان پرکننده استفاده می گردند. همچنین اکثر جوهرهای چاپ و سفیدکننده ها شامل پیگمنت هایی می شوند که می توانند در اندازه نانو باشند. پرکننده ها و رنگدانه ها معمولا جز شاخص های امنیتی مجموعه اسناد نیستند. به هر حال برای نشانه گذاری یک سند با یک کد نامرئی درخشان، به طور معمول باید از مواد درخشان کننده معدنی و یا فلوفسفرهای درخشان آلی استفاده شود. کاهش اندازه مواد درخشان کننده معدنی در ابعاد میکرون کیفیت درخشندگی آن ها را کاهش می دهد. در این حالت توجه به استفاده از نانو ذرات مخصوصا نانوذراتی مثل ذرات کوانتوم یا

می‌کنند، رشته DNA را می‌شکنند و در نتیجه DNA آسیب می‌بیند و یا تخریب می‌گردد [۹و۸]. در علوم قضایی آسیب و یا تخریب DNA یک مشکل شایع می‌باشد که بر روی عملکرد DNA اثر می‌گذارد [۱۸]. مکانیزم‌های مختلفی شامل آزادسازی نوکلئاز از سلول‌های تخریب شده، تجزیه باکتری و اتصال عرضی برای محاسبه DNA تخریب شده پیشنهاد گردیده‌اند. علاوه بر این، اکسیداسیون، دامیناسیون، دیپوریناسیون و دیگر فرآیندهای هیدرولیز می‌تواند منجر به بی‌ثباتی و شکسته شدن مولکول‌های DNA گردد. فراتر از همه این موارد، نانو ذرات به خصوص اکسیدهای فلزی به‌خاطر فرآیند اکسیداسیون و شکل‌گیری یک ترکیب اضافی باعث شکسته شدن مولکول‌های DNA می‌گردند. DNA اکسید شده ممکن است به اندازه‌ای DNA را تخریب نماید که منجر به نتایج نادرست و غیر قطعی در طول انگشت نگاری DNA گردد [۱۹]. این نتایج می‌تواند در تشخیص هویت یک فرد همراه‌کننده باشد. بنابراین متخصصین علوم قضایی باید مراتب احتیاط را هنگام استفاده از نانو ذرات برای کاربردهای قضایی لحاظ نمایند. کسانی که با این نانو ذرات کار می‌کنند باید از اثرات سمی این ذرات بر روی DNA و نیز خودشان و محیط زیست مطلع باشند. از این رو در این مطالعه بر روی احتیاط‌هایی که برای حمل و نقل، بکارگیری و تماس با نانو ذرات و همچنین بعضی از توصیه‌هایی که فقط برای امن‌تر شدن و بهتر شدن کاربردهای قضایی نیست بلکه همچنین برای کارشناسان، محققین و محیط اطراف نیاز است، تاکید شده است.

اقدامات ایمنی زیر می‌تواند برای کاهش و کنترل خطرات ناشی از حمل و نقل نانو ذرات قبل از بکارگیری آنها در علوم قضایی مخصوصاً در بهبود تشخیص اثر انگشت نهان (اثر انگشت خون آلود) مفید واقع شود.

۶- هشدارها

۱. از استفاده از نانو ذرات برای بهبود تشخیص اثر انگشت نهان باید خودداری نمود. نانو ذرات به‌سرعت پخش می‌شوند و در هوای اطراف برای یک مدت زمان طولانی باقی می‌مانند و باعث خطراتی می‌شوند که از حمل و نقل آنها ناشی می‌شود. بنابراین برای جلوگیری از ذرات معلق در هوا نانو ذرات باید در زیر هود استفاده و یا در ظرف دربسته نگهداری شوند. بهتر است از سیستم مکش در بسته استفاده شود در غیر این صورت موادمی‌بایست به یک هود مکش باز انتقال یابند. در سایر محیط‌های کنترل شده باز، استفاده از ماسک مناسب نیز ضروری است.
۲. اگر استفاده از نانو ذرات مدنظر باشد اقدامات زیر باید لحاظ گردند:
 - a) همه پرسنل قضایی که با شواهد و نمونه‌های آزمایشگاهی سروکار دارند باید از تجهیزات حفاظتی شخصی مناسب استفاده نمایند. این شامل لباس آزمایشگاهی، ماسک تنفسی، دستکش مخصوص، عینک ایمنی و کفش مخصوص برای جلوگیری از تماس نانو مواد با پوست می‌گردد.
 - b) زمانی که شواهد آزمایشی مرطوب هستند باید از حفاظت تنفسی استفاده گردد. اگر از حفاظت تنفسی که تصفیه هوا دارد استفاده می‌شود حتماً باید از فیلترهای HEPA استفاده گردد.

متخلخل نامناسب هستند به طوریکه آنها یا عمل نمی‌کنند و یا چاپ را تخریب می‌نمایند و یا قبل از اینکه جزئیات تصویربرداری شود واکنش را می‌شکنند [۱۲]. amido سیاه بسیار حساس است و به‌خوبی بر روی سطوح غیر متخلخل عمل می‌نماید اما رنگ پس زمینه بالای آن (آبی روشن تا متوسط) در کنتراست سطوح متخلخل اختلال ایجاد می‌کند به طوریکه لکه نمی‌تواند توسط شستشو حذف گردد. بر روی سطوح تیره، هیچ‌کدام از معرف‌های تولید رنگ نمی‌تواند تولید چاپ‌های قابل تشخیص را تضمین نمایند. تلاش‌ها برای استفاده از لومینول به موفقیت‌های محدودی منجر شده است. چون کمپلومینسانس مختصر ایجاد شده، ضعیف بوده و تصویر برداری مشکل و عدم موفقیت در بیان جزئیات را در پی دارد. اخیراً موفقیت‌هایی در مورد آشکار سازی اثر انگشت نهان روی سطوح مختلف با بکارگیری نانو ذرات حاصل شده است که دانشمندان قضایی و محققین را برای افزایش چاپ‌های خون اندک روی سطوح مختلف با بکارگیری این نانو ذرات تشویق می‌نماید [۱۰و۱۱].

۵- جنبه‌های منفی نانو تکنولوژی در علوم قضایی

۱-۵- مواجهه شغلی

افزایش تولید و مصرف نانو ذرات منجر به افزایش تعداد مصرف کنندگان و پرسنل آزمایشگاهی در تماس با این نانو ذرات گشته است. در علوم قضایی پرسنل قضایی عمدتاً برای انجام آزمایش‌ها بر روی نمونه‌ها با این نانو ذرات از طریق استنشاق در تماس می‌باشند. به دلیل ابعاد کوچک این نانو ذرات این امکان وجود دارد که آن‌ها از طریق گردش خون از ناحیه ریه به اندام دیگر مثل کبد، قلب، طحال و غیره انتقال یابند. برخی از شواهد موجود در خصوص سم شناسی، از انتقال نانو ذرات در سیستم بدن انسان [۱۳ و حیوانات [۱۴و۱۵] خبر می‌دهند. Oberdörster و همکارانش در سال ۲۰۰۵ [۱۶] دریافتند که سیستم اعصاب مرکزی (CNS) می‌تواند از طریق ذرات بسیار ریز جامد موجود در هوا و از طریق رسوب آنها در ناحیه مخاط بویایی بینی و حلق و نیز انتقال بعدی آنها در اعصاب بویایی مورد هدف قرار گیرد. بنابراین نانو ذرات می‌تواند عوارض جانبی در کل بدن به‌ویژه بر اندام تنفسی داشته باشد.

۲-۵- تخریب و تجزیه نمونه‌های بیولوژیکی

اگرچه نانو ذرات تشخیص اثر انگشت را بر روی سطوح مختلف غیر معمول (سطوح مرطوب، بدون منفذ و نیمه متخلخل) افزایش می‌دهند، با این وجود این روش نمی‌تواند برای سطوحی که خون آلود هستند (اثر انگشت خون آلود) مفید واقع شود چرا که این سطوح حاوی مواد بیولوژیکی به‌خصوص DNA می‌باشند که می‌توانند توسط نانو ذرات آسیب ببینند [۱۷]. این موضوع به خوبی شناخته شده و اثبات شده است که زمانی که نانو ذرات پودر شده با سلول‌های بدن مواجه می‌شوند، به‌خاطر اندازه کوچک‌شان می‌توانند وارد سلول‌ها شوند و به اندام‌های مختلف به‌خصوص هسته سلول‌ها متصل گردند [۸و۹]. هسته‌ها حاوی مواد ژنتیکی (DNA) هستند و زمانی که نانو ذرات به DNA حمله

بنابراین اطلاع از اثرات زیست محیطی و سلامتی نانوذرات قبل از استفاده آنها ضروری می‌باشد.

جامعه پزشکی قانونی به صورت اخلاقی و قانونی موظف به حفظ سلامتی پرسنل قضایی و عموم جامعه که همان محیط زیست است، می‌باشد. برای تحقق این هدف، روش‌ها، تکنیک‌ها و ابزار تحقیقی که برای پردازش شواهد استفاده می‌شوند باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که حداکثر سلامتی و امنیت گروه‌های ذکر شده را در برداشته باشند.

اطلاعات سم شناسی در دسترس نشان می‌دهد که نانوذرات یک سری خطراتی دارند که استفاده آنها را در صحنه جرم و یا دیگر محیط‌های کنترل نشده برای هم مجریان قانون (کارشناسان علوم قضایی) و هم نمونه‌ها (مثلا اثر انگشت خون آلود) مشکل ساز می‌نماید. بنابراین قبل از استفاده از نانوذرات برای افزایش اثر انگشت خونین احتیاط لازم باید توسط دانشمندان قضایی و محققین صورت پذیرد و محققین نه تنها باید از نتایج نادرست و غیر قطعی خودداری نمایند بلکه همچنین باید از امنیت تماس غیر مستقیم خودشان و محیط زیست با این نانو ذرات اطمینان حاصل نمایند.

۹- منابع

- [1]. Sametband M, Shweky I, Banin U, Mandler D, Almog J. (2007) Application of nanoparticles for the enhancement of latent fingerprints. ChemComm, 1142–1144.
- [2]. Menzel ER. (2001) "Fingerprint Detection with Photoluminescent Nanoparticles" in Advances in Fingerprint Technology, 2nd Ed., H.C. Lee and R.E. Gaensslen, Eds., CRC Press, Boca Raton, FL., 211-240 (chapter 6).
- [3]. Cantu AA. (2008) Nanoparticles in Forensic Science. Optics and Photonics for Counterterrorism and Crime Fighting IV, edited by Gari Owen, Proc. of SPIE. 7119: 71190F
- [4]. Dhawan A, Sharma V, Parmar D. (2009) Nanoparticles: A challenge for toxicologists. Nanotoxicol, 3: 1-9.
- [5]. Gonzalez L, Lison D, Kirsch-Volders M. (2008) Genotoxicity of engineered nanoparticles: A critical review. Nanotoxicol, 2: 252-273.
- [6]. Sharma V, Shukla RK, Saxena N, Parmar D, Das M, Dhawan A. (2009) DNA damaging potential of zinc oxide nanoparticles in human epidermal cells. Toxicol let, 185: 211-218.
- [7]. Sharma V, Singh S, Anderson D, Tobin D, Dhawan A. (2011) Zinc oxide nanoparticle induced genotoxicity in primary human epidermal keratinocytes. J of Nanosci and Nanotechnol, 11: 3782-3788.

c) همه حفاظت‌های شخصی و تجهیزات آزمایشگاهی که آلوده شده‌اند و یا پیش بینی می‌شود که آلوده می‌شوند باید به‌عنوان زباله‌های سمی و خطرناک دور ریخته شوند و یا در یک محیط آزمایشگاهی کنترل شده تمیز شوند.

d) نیروی پلیسی که در صحنه جرم مسئول گزارش آن صحنه می‌باشد باید به طور واضح از نوع نانوذرات که برای پردازش شواهد بکارگرفته استفاده کرده و نیز خطرات کلی مواجهت با آنها گزارشی کامل ارائه نماید.

۱. مواردی همچون شستن دست و اجتناب از فعالیت‌های تماس دست به دهان باید رعایت گردند.

۲. ظروف مناسبی برای انتقال بطری‌های حاوی نانوذرات از اتاق نگهداری به آزمایشگاه نمونه‌گیری و یا صحنه جرم باید بکارگرفته شود.

۳. دفع نانوذرات یک مسئله بسیار مهم است چرا که نانوذرات بر محیط پیرامون اثرات مستقیمی می‌گذارد و اگر روش دفع آن به درستی انجام نگیرد اثرات سوء بر انسان و محیط دارد. هرگونه موادی که در تماس با نانوذرات تولید شده دیسپرس است باید به عنوان یک زباله‌ای که حاوی نانوذرات است در نظر گرفته شود.

قبل از دفع نانوذرات باید آنها را در ظروف زباله بدون منفذ و یا در کیسه‌های پلاستیکی ذخیره نمود. به‌علاوه ظروف حاوی نانوذرات باید توسط برچسب مشخص‌کننده مواد درونی خود باشند.

در صورت امکان ذره‌های نانوذرات باید به صورت معلق درآیند و بعد از آن دور ریخته شوند. همه محلول‌هایی که در تماس با نانو ذرات هستند باید در ظروف مخصوص جمع‌آوری شوند و در گودال‌های دفع زباله‌های رادیواکتیو دفع گردند.

۷- توصیه‌ها

۱. اقدامات احتیاطی که در بالا ذکر شد اصول اولیه ای هستند که به طور همزمان برای ارزیابی سمیت نانوذرات و استفاده آنها در علوم قضایی باید دنبال شوند.
۲. توصیه می‌شود که به‌جای استفاده از نانوذرات خام از نانوذرات پوشش داده شده با سطح استفاده شود.
۳. برای مواد پوشش دهنده، این مواد طوری باید در نظر گرفته شوند که نانوذرات را زیست سازگار و با ثبات بسازند.
۴. نانوذرات در شکل معلق نسبت به شکل پودری ترجیح داده می‌شوند.

۸- نتیجه‌گیری

هر تکنولوژی مزایا و معایب خاص خود را دارد. به کمک این تحقیق تلاش شد به بخش‌هایی از نانو تکنولوژی که هنوز دست نخورده باقی مانده و دیده نشده، توجه گردد. اگرچه استفاده از نانوذرات از دیدگاه پزشکی قانونی به‌عنوان یک ابزار کارآمد برای بهبود اثرات خون ناپیدا، ویژگی‌های امنیتی در اسناد و استفاده در فرمولاسیون جوهر برای تشخیص هویت شناخته شده، اما اثر همزمان آن روی DNA و مواجهت شغلی آن روی پرسنل قضایی که باعث بیماری‌های جدی در آینده می‌شود را نمی‌توان انکار کرد.

- [8]. Shukla RK, Kumar A, Pandey AK, Singh SS, Dhawan A. (2011a) Titaniumdioxide nanoparticles induce oxidative stress-mediated apoptosis in humankeratinocyte cells. *J of Biomed Nanotech*, 7: 100-101.
- [9]. Shukla RK, Sharma V, Pandey AK, Singh S, Sultana S, Dhawan A. (2011b) ROS-mediated genotoxicity induced by titanium dioxide nanoparticles in human epidermal cells. *Toxicol In vitro*, 25: 231-241.
- [10]. Jones BJ, Reynolds AJ, Richardson M, Sears VG. (2010) Nano-scale composition of commercial white powders for development of latent fingerprints on adhesives. *Sci and Just*, 50 (150): p1-p13.
- [11]. Jones BJ, Downham R, Sears VG. (2012) Nanoscale analysis of the interaction between cyanoacrylate and vacuum metal deposition in the development of latent fingermarks on low-density polyethylene. *J Forensic Sci*, 57(1): 196-200.
- [12]. DeHaan JD, Clark JD, Spear TF, Oswalt R, Barney SS. Chemical enhancement of fingerprints in blood: an evaluation of methods, effects on DNA, and assessment of chemical hazards. Sacramento, CA: CA Department of Justice, Bureau of Forensic Services 1997, from http://www.latent-prints.com/cac_blood.htm 2009.
- [13]. Nemmar A, Hoet PHM, Vanquickenborne B, Dinsdale D, Thomeer M, Hoylaerts MF, Vanbilloen H, Mortelmans L, Nemery B. (2002) Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans. *Circul*, 105: 411-414.
- [14]. Kreyling WG, Tuch T, Peters A, Pitz M, Heinrich J, Stolzel M, Cyrys J, Heyder J, Wichmann HE. (2000) Diverging long-term trends in ambient urban particle mass and number concentrations associated with emission changes caused by the German unification. *Atmos Environ*, 337: 3841-3848.
- [15]. Oberdorster G, Sharp Z, Atudorei V, Elder A, Gelein R, Lunts A, Kreyling W, Cox C. (2002) Extrapulmonary translocation of ultrafine carbon particles following whole-body inhalation exposure of rats. *J Toxicol and Environ Health Part A*, 65: 1531-1543.
- [16]. Oberdorster G, Oberdorster OE, Oberdorster J. (2005) Nanotoxicology: An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles. *Environ Health Persp*, 113: 823-839.
- [17]. Kang SJ, Kim BM, Lee YJ, Chung HW. (2008) Titanium dioxide nanoparticles trigger p53-mediated damage response in peripheral blood lymphocytes. *Environ Mol Mutagen*, 49: 399-405.
- [18]. Chung DT, Drabek J, Opel KL, Butler JM, McCord BR. (2004) A Study on the Effects of Degradation and Template Concentration on the Amplification Efficiency of the STR Miniplex Primer Sets. *J Forensic Sci*, 49 (4): 733-740.
- [19]. Hall A, Ballantyne J. (2004) Characterization of UVC-induced DNA damage in bloodstains: forensic implications. *Anal Bioanal Chem*, 380(1): 72-83