

## بررسی مقایسه ای عوامل مؤثر بر تعیین تراکم کروم شش ظرفیتی بعنوان یک سرطانزای شغلی

آرام تیرگر\*، دکتر فریده گلبابائی\*\*، دکتر سید جمال الدین شاه طاهری\*\*\*، دکتر کرامت الله نوری\*\*\*\*  
دکتر جواد حامدی\*\*\*\*\*، دکتر محمدرضا گنجعلی\*\*\*\*\*

دریافت: ۸۶/۸/۲۹، پذیرش: ۸۷/۳/۱۱

### چکیده:

**مقدمه و هدف:** کروم شش ظرفیتی ماده ای است بسیار خطرناک و نسبتاً بی ثبات که امکان مواجهه شغلی با آن در بسیاری از صنایع وجود داشته و با انواع مختلفی از مخاطرات بهداشتی مانند تحریک پوست و مجاری تنفسی، آسم شغلی، درماتیت های تماسی، اختلالات کبدی و کلیوی و بویژه سرطان دستگاه تنفس همراه است. نظر به اهمیت تعیین دقیق تراکم این آلاینده در هوا، مطالعه حاضر با هدف تعیین اثر عواملی شامل طول مدت نگهداری تا زمان استخراج، بر میزان تراکم میست کروم شش ظرفیتی صورت پذیرفته است. (هد نمونه برداری)، و طول مدت نگهداری تا زمان استخراج، بر میزان تراکم میست کروم شش ظرفیتی صورت پذیرفته است.

**روش کار:** جهت انجام این مطالعه تجربی با توجه به چهار عامل فوق هر کدام در دو سطح، از طرح عاملی کامل ۲<sup>۴</sup> استفاده شد. نمونه ها از سیستم مولد میست کروم (وان آبکاری کروم در مقیاس آزمایشگاهی) با استفاده از دو نوع هد نمونه برداری (رو باز و روبسته)، در دو ارتفاع (۳۵ و ۵۰ سانتیمتر) از سطح محلول وان جمع آوری گردیدند. جمع آوری نمونه ها در دو طول زمانی متفاوت (۳۰ و ۱۸۰ دقیقه) اجراء و استخراج آنها بلافاصله یا ۲۴ ساعت پس از نمونه برداری انجام شد. به منظور نمونه برداری و آنالیز نمونه ها از روش NIOSH ۷۶۰۰ استفاده گردید.

**نتایج:** نتایج حاصل نشان داد که سهم قابل ملاحظه ای از کروم شش ظرفیتی در نمونه های ۱۸۰ دقیقه ای در مقایسه با نمونه های ۳۰ دقیقه ای احیاء می گردند (بطور متوسط حدود ۳۲ درصد،  $P < 0/001$ ). چنین اتفاقی طی نگهداری نمونه ها در شرایط طبیعی آزمایشگاه و استخراج پس از ۲۴ ساعت نیز رخ می دهد (حدود ۲۵ درصد،  $P < 0/001$ ). مقادیر اندازه گیری شده تحت شرایط این مطالعه حاکی از وجود اختلاف معنی دار آماری در تراکم کروم قرائت شده در شرایط ثابت اما در ارتفاع های ۳۵ و ۵۰ سانتیمتر بوده است ( $P < 0/001$ ). همچنین تراکم بدست آمده با استفاده از هدهای روبسته با افزایش نسبی بیش از ۱۱ درصد نسبت به نوع روباز، دارای اختلاف معنی دار آماری در نمونه برداری از چشمه آلودگی بوده اند ( $P < 0/001$ ).

**نتیجه نهائی:** نظر به ضرورت تعیین هر چه دقیقتر تراکم کروم از جنبه های مختلف، توجه به عوامل تاثیر گذار و رعایت کلیه اصول نمونه برداری نظیر حفظ فاصله مناسب از چشمه آلودگی، و بکارگیری تدابیر لازم جهت کنترل و کاهش احیاء کروم شش ظرفیتی مانند طول مدت نمونه برداری کوتاهتر، استخراج نمونه ها در کوتاهترین زمان ممکن و رعایت اصول نگهداری تا زمان تعیین مقدار کروم مورد تاکید میباشد.

آبکاری / طرح عاملی کامل / کروم شش ظرفیتی / نمونه برداری

\* دانشجوی دوره دکتری بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران و عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی بابل

\*\* استاد گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران (gol128@sphtums.com)

\*\*\* دانشیار گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

\*\*\*\* استادیار گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

\*\*\*\*\* استادیار گروه زیست شناسی دانشکده علوم دانشگاه تهران

\*\*\*\*\* استاد گروه شیمی دانشکده علوم دانشگاه تهران

**مقدمه :**

کروم شش ظرفیتی، عامل سرطانزای شناخته شده انسانی است که ایجاد سرطان ریه در نتیجه مواجهه با آن از سوی بسیاری از سازمان های معتبر مانند IARC (۱-۳)، EPA (۴)، WHO (۵)، مورد تایید قرار گرفته است. علاوه بر آن مواجهه شغلی با این ماده با عوارض دیگری مانند تحریک پوست و سوراخ شدن تیغه بینی (۶)، درماتیت های تماسی (۷-۸)، تحریک دستگاه تنفس (۹)، آسم شغلی (۱۰)، و عوارض کبدی و کلیوی (۹) همراه است. نظر به اینکه عمده ترین راه مواجهه شغلی با کروم شش ظرفیتی، استنشاق ترکیبات آن در هواست، و از طرفی جمع کثیری از نیروهای کار در طیف گسترده ای از مشاغل مانند کارگران صنایع تولید کرومات، رنگدانه های کروماتی، آبکاری، جوشکاری فولاد، صنایع شیمیایی (۱۱-۱۲) و غیره در معرض این آلاینده هستند، بنابراین تعیین دقیق میزان انتشار و مواجهه با آلودگی در هوا از جنبه های مختلف بهداشتی، کنترلی و قانونی بسیار حائز اهمیت است. کروم شش ظرفیتی ماده ای نسبتاً بی ثبات است که حضور عواملی چون مواد آلی و ذرات اکسید کننده در محیط یا فیلتر جمع آوری، طولانی شدن زمان نمونه برداری، نگهداری دراز مدت نمونه ها، ایجاد محیط اسیدی و حضور اکسیژن، موجب احیاء آن به کروم سه ظرفیتی خواهد شد (۱۵-۱۲). با توجه به اینکه اثرات کروم سه و شش ظرفیتی بسیار متفاوت است - (کروم سه ظرفیتی در مقادیر اندک یک ماده مغذی بوده و وجود آن در بدن برای سوخت و ساز چربی ها، قندها و پروتئین ها مورد نیاز است) (۱۶، ۱۲)، بنابراین عدم توجه به این موضوع در زمان تعیین مقدار کروم شش ظرفیتی میتواند موجب خطا در برآورد میزان پتانسیل خطر برای انسان گشته و در نهایت کسب نتایج گمراه کننده ای را به همراه داشته باشد. بعنوان مثال در یک بررسی انجام شده توسط Kuo در تایوان (۱۹۹۱) تراکم کروم شش ظرفیتی تنها در ۸/۶٪ از کارگاه های آبکاری بیش از حد مجاز توصیه شده بود حال آنکه بیش از نیمی از کارگران با عوارض ناشی از آن در بینی و پوست خود روبرو بوده اند (۱۳). بررسی های انجام شده نشان داده است که گذشت زمان بر روی احیاء کروم تاثیرگذار میباشد. به عبارتی سپری شدن زمان از لحظه تولید این ماده و یا نگهداری آن برای مدتی تا زمان استخراج، احیاء کروم به نوع سه ظرفیتی آن را بدنبال خواهد داشت (۱۳، ۱۵).

ارتفاع نمونه برداری از چشمه آلودگی نیز از دیگر عوامل موثر بر تعیین تراکم آلودگی بشمار می آید. بدیهی است با تغییر ارتفاع از سطح چشمه آلودگی (مثلاً سطح محلول در وان آبکاری) با تراکم های متفاوتی از آن روبرو خواهیم بود. مطالب موجود در قالب مقالات و مجموعه های آموزشی گویای بکارگیری ارتفاع های مختلفی از منبع آلودگی در زمان نمونه برداری از میست کروم میباشد (۱۹-۱۷) بنابر این تاثیر ارتفاع نمونه برداری بر روی مقادیر قرائت شده از دیگر موضوعاتی است که باید در زمان تعیین تراکم و قضاوت روی نتایج مورد توجه قرار گیرد. نظر به اینکه در سال های اخیر ابزارهای مختلف نمونه برداری (هدهای گوناگون نمونه برداری) برای تعیین تراکم کروم معرفی و مورد استفاده قرار گرفته اند و از سویی بررسی های انجام شده روی سایر آلاینده ها گویای اختلاف قابل ملاحظه ای از عملکرد آنها در تعیین تراکم آلودگی بوده است (۲۴-۲۰)، بنابراین در مطالعه حاضر برآن شدیم تا به بررسی مقایسه ای تاثیر عواملی چون طول مدت نمونه برداری، ارتفاع نمونه برداری از سطح محلول، نوع نمونه بردار (نوع هد)، و مدت نگهداری نمونه تا زمان استخراج، بر میزان تراکم میست کروم شش ظرفیتی بپردازیم.

**روش کار:**

تولید میست: به منظور تولید تراکم پیوسته ای از میست کروم شش ظرفیتی، از یک وان آبکاری کروم سخت مجهز به محفظه نمونه برداری موجود در آزمایشگاه گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران استفاده شد. یکنواختی تولید میست درون محفظه این وسیله که دارای حجمی حدود ۲۰۰ لیتر با آند و کاتد دایره ای شکل و مشخصات ویژه است در مطالعه دیگری به اثبات رسیده است (۲۵).

غلظت محلول درون وان ( $\text{CrO}_3$ ) با توجه به تاثیری که این عامل بر روی توزیع اندازه ذرات خواهد داشت، در طول مطالعه کنترل شده و در حد ۲۵۰ گرم بر لیتر ثابت نگهداشته شد (۲۶). دما و رطوبت نسبی محیط و همچنین تغییرات دمای محلول در طول نمونه برداری مورد اندازه گیری قرار گرفت که به ترتیب  $19/5 \pm 1/5$  درجه سانتیگراد، ۴۵ درصد و  $18/4 \pm 1/6$  درجه سانتیگراد بوده است.

طرح آزمایشها: به منظور بررسی عوامل مورد نظر در تعیین تراکم کروم شش ظرفیتی در قالب یک مطالعه تجربی از طرح عاملی کامل (۲۴) تحت شرایط ثابت آبکاری

استفاده شد. در این طرح آماری اثر کلیه عوامل مورد نظر در دو سطح مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱: روش طرح آزمایشها به فرم عاملی کامل\*

علامت	عامل	سطوح	
		۱	۲
C	هد نمونه برداری	روپاز	رو بسته
D	طول مدت نمونه برداری	۳۰ دقیقه	۱۸۰ دقیقه
E	مدت نگهداری نمونه	استخراج	استخراج
	تا زمان استخراج	بلافاصله	۲۴ ساعت بعد
H	ارتفاع نمونه برداری	۳۵ سانتیمتر	۵۰ سانتیمتر

شماره آزمایشات	سطوح عوامل			
	H	E	D	C
۱	۱	۱	۱	۱
۲	۱	۱	۲	۲
۳	۱	۱	۲	۱
۴	۱	۱	۲	۲
۵	۱	۲	۱	۱
۶	۱	۲	۱	۲
۷	۱	۲	۲	۱
۸	۱	۲	۲	۲
۹	۲	۱	۱	۱
۱۰	۲	۱	۱	۲
۱۱	۲	۱	۲	۱
۱۲	۲	۱	۲	۲
۱۳	۲	۲	۱	۱
۱۴	۲	۲	۱	۲
۱۵	۲	۲	۲	۱
۱۶	۲	۲	۲	۲

\* آزمایشها در هر سطح با سه بار تکرار در نظر گرفته شده و به اجرا در آمد

هرکدام از وضعیت های شانزده گانه نمونه برداری با سه بار تکرار پیش بینی و به اجرا در آمد. نتایج حاصل با استفاده از آزمون های آماری آنالیز واریانس و آزمون دانکن مورد پردازش قرار گرفتند.

جمع آوری و آنالیز میست: جهت جمع آوری میست کروم شش ظرفیتی از فیلترهای پلی وینیل کلراید (PVC) با قطر منافذ ۵ میکرون ساخت کارخانه MSA آمریکا و پمپهای نمونه برداری فردی ساخت کارخانه SKC مدل PCXR۳-۲۲۴ که با دبی  $1 \pm 0.2$  لیتر بر دقیقه کالیبره شده بودند، استفاده شد. نمونه برداری مربوط به هر سطح بصورت همزمان و با کمک سه کاست ۳۷ میلیمتری انجام پذیرفت. نمونه ها بسته به حالت مورد آزمایش در دو ارتفاع ۳۵ و ۵۰ سانتیمتر نسبت به سطح محلول و با دو طول مدت نمونه برداری ۳۰ و ۱۸۰ دقیقه جمع آوری گردیدند. تجزیه نمونه های

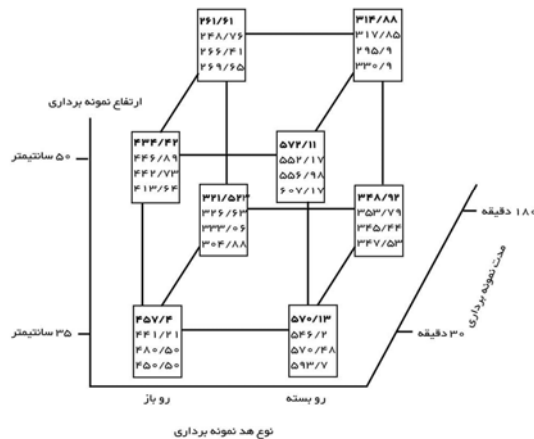
جمع آوری شده نیز بسته به طرح آزمایش به دو صورت بلافاصله یا ۲۴ ساعت پس از جمع آوری انجام پذیرفت.

برای استخراج کروم شش ظرفیتی و تعیین مقدار آن از روش ۷۶۰۰ NIOSH استفاده شد (۲۷). در این روش نمونه ها ابتدا توسط اسید سولفوریک ۰/۲۵ مولار به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه از روی فیلتر استخراج گشته و سپس با افزودن ۰/۵ میلی لیتر معرف ۵و۱ دی فنیل کاربازید و تشکیل کمپلکس رنگی ویژه، توسط اسپکتروفتومتر مرئی در طول موج ۵۴۰ نانومتر قرائت می گردند. در مطالعه حاضر از اسپکتروفتومتر Beckman مدل DU۶۴۰ ساخت آمریکا استفاده شد.

جهت تعیین مقدار کروم در هر نمونه از ترسیم منحنی کالیبراسیونی با تراکمهای ۱ تا ۷ میکروگرم ( $R^2 = 0.998$ ) استفاده و تراکم نمونه ها بر اساس آن محاسبه گردید.

### نتایج:

اثر مدت نمونه برداری بر مقادیر تراکم کروم: تراکم حاصل از نمونه برداری های ۳۰ و ۱۸۰ دقیقه ای پس از استخراج فوری نمونه ها در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱: تراکم نمونه های ۳۰ و ۱۸۰ دقیقه ای پس از استخراج بلافاصله نمونه ها

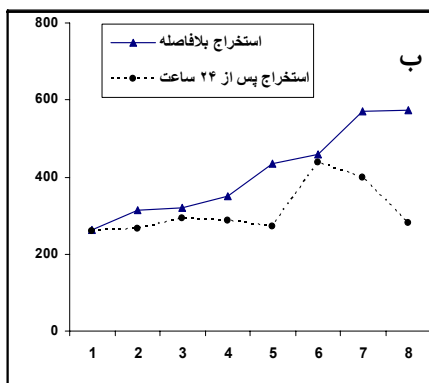
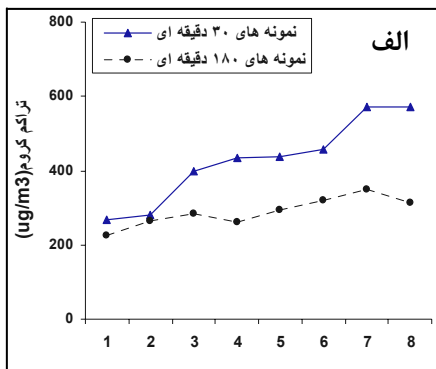
بالاترین عدد در هر خانه که بصورت پر رنگ نوشته شده میانگین سه عدد زیرین (تراکم کروم شش ظرفیتی) میباشد.

همانگونه که از داده ها بر می آید، مقادیر تراکم در نمونه های ۱۸۰ دقیقه ای کمتر از نمونه های ۳۰ دقیقه ای متناظر میباشد (میانگین تراکم  $31.1/7.3 \pm 34.8/5$  در برابر  $42.5/5.1 \pm 48.8/5.1$ ). چنین روندی در نمونه های استخراج شده بعد از ۲۴ ساعت نیز مشاهده گردیده و در مجموع بیانگر میانگین تراکمی برابر با  $111 \pm 42.5/5$  در مقایسه با  $28.9/6 \pm 42.1$  میکروگرم بر متر مکعب میباشد. به بیان دیگر افزایش مدت نمونه برداری با احیاء سهمی از کروم

واریانس گویای معنی دار بودن اختلاف مقادیر یاد شده میباشد ( $P < 0/001$ ).

مقایسه تراکم اندازه گیری شده توسط هر یک از هدها تحت شرایط یکسان علیرغم اختلاف موجود بیانگر ارتباط نسبتاً مناسبی بین مقادیر آنهاست ( $R^2 = 0/758$ ).

اثر ارتفاع نمونه برداری بر میزان تراکم کروم: نتایج بدست آمده از نمونه برداری ها در دو ارتفاع ۳۵ و ۵۰ سانتیمتر نسبت به سطح محلول در وان آبکاری (چشمه آلودگی) نشان داده است که میانگین تراکم در ارتفاع ۵۰ سانتیمتر حدود ۱۶ درصد کمتر از تراکم اندازه گیری شده در ارتفاع ۳۵ سانتیمتر میباشد. انجام آزمون آماری آنالیز واریانس بر روی داده ها اختلاف مذکور را معنی دار دانسته است (شکل ۲د،  $P < 0/001$ ). نتایج حاصل از این بررسی نشان داده است که میانگین تراکم در ارتفاع ۳۵ سانتیمتر در کلیه سری های متناظر، بیش از تراکم های قرائت شده در ارتفاع ۵۰ سانتیمتر بوده است.



شش ظرفیتی بر روی فیلتر همراه است که نسبت این اثر در مورد کل نمونه ها حدود ۳۲ درصد می باشد(جدول ۲).

جدول ۲: داده های مربوط به تراکم کروم شش ظرفیتی در ۴۸ نمونه در قالب طرح عاملی کامل

عامل	فراوانی	میانگین (μg/m <sup>3</sup> )	انحراف معیار (μg/m <sup>3</sup> )	ارزش P
طول مدت نمونه برداری	۲۴	۴۲۵/۵	۱۱۱	۰/۰۰۱
	۲۴	۲۸۹/۶	۴۲/۱	
مدت نگهداری تا زمان استخراج	۲۴	۴۰۸/۶	۱۱۱/۳	۰/۰۰۱
	۲۴	۳۰۶/۵	۷۶/۸	
هد نمونه برداری	۲۴	۳۷۷/۶	۱۲۰/۵	۰/۰۱
	۲۴	۳۳۷/۵	۹۱/۵	
ارتفاع نمونه برداری	۲۴	۳۸۸/۹	۹۵/۵	۰/۰۰۱
	۲۴	۳۲۶/۲	۱۱۲/۱	

شکل ۲ الف نتایج مقایسه ای تراکم در نمونه های ۳۰ و ۱۸۰ دقیقه ای را پس از مرتب کردن صعودی داده ها به تصویر کشیده است. همانگونه که مشاهده می گردد روند احیاء کروم شش ظرفیتی در کلیه نمونه ها مشهود است و در تراکم های بالاتر با احیاء مقادیر نسبتاً بیشتری از کروم شش ظرفیتی همراه است. آزمون آماری آنالیز واریانس (ANOVA) گویای معنی دار بودن اختلاف تراکم در نمونه های ۳۰ و ۱۸۰ دقیقه ای بوده است ( $P < 0/001$ ). مقایسه مقادیر حاصل از نمونه های متناظر گویای آن است که تراکم کروم شش ظرفیتی در نمونه هایی که بلافاصله استخراج گشته اند بیش از نمونه هایی است که استخراج آنها پس از ۲۴ ساعت صورت پذیرفته است. به بیان دیگر، تراکم کروم شش ظرفیتی در نمونه های نگهداری شده بطور متوسط حدود ۲۵ درصد کمتر از نمونه های نظیر با قرائت بلافاصله تراکم بوده است (شکل ۲ ب). آزمون آماری آنالیز واریانس نشان دهنده معنی دار بودن اختلاف مذکور بوده است ( $P < 0/001$ ).

اثر هد نمونه برداری بر میزان تراکم کروم: مقایسه میانگین تراکم در نمونه های مربوط به سری های متناظر نشان داده است که میانگین تراکم در هدهای روباز بطور کلی کمتر از نوع روبسته آنها بوده و بطور متوسط هدهای روبسته مقداری معادل ۱۱ درصد بیش از هدهای روباز گزارش می کنند(جدول ۲، شکل ۲ج). آزمون آنالیز

جدول ۳: مقایسه میانگین تراکم کروم در شرایط مختلف با استفاده از آزمون دانکن

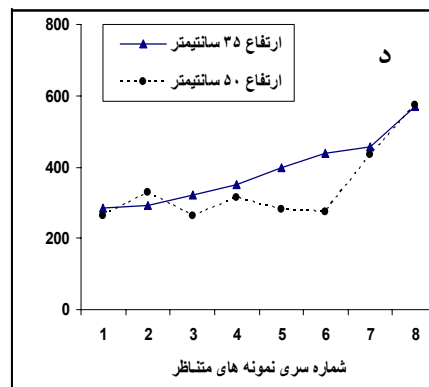
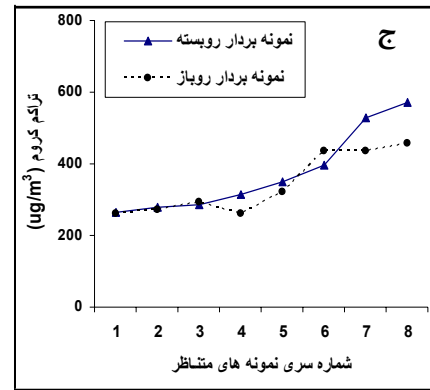
شماره آزمایش	شماره فراوانی	تراکم کروم ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	زیر مجموعه	
			A	B
۸	۳	۲۲۶/۷	A	
۶	۳	۲۶۱/۶	BA	
۱۶	۳	۲۶۴/۳	CBA	
۷	۳	۲۶۷/۵	CBA	
۱۵	۳	۲۷۹/۷	CBA	
۱۲	۳	۲۸۵/۴	CB	
۴	۳	۲۹۳/۵	DCB	
۱۴	۳	۳۱۴/۸	DCB	
۲	۳	۳۲۱/۵	DC	
۱۰	۳	۳۴۸/۹	ED	
۱۱	۳	۳۹۷/۶	FE	
۵	۳	۴۳۴/۴	GF	
۳	۳	۴۳۷/۲	GF	
۱	۳	۴۵۷/۷	G	
۱۳	۳	۵۷۰/۱	H	
۹	۳	۵۷۲/۱	H	

\* زیر مجموعه های با حروف مشابه گویای عدم اختلاف معنی دار آماری با یکدیگر هستند

### بحث:

همانگونه که از نتایج ارائه شده بر می آید، طولانی شدن مدت نمونه برداری با احیاء بخشی از کروم شش ظرفیتی همراه است. علت چنین پدیده ای را از سویی میتوان ناشی از بی ثباتی این عامل در محیط اسیدی دانست چون همانگونه که در بررسی شین و همکارش گزارش شده است، ذرات میست پس از انتشار در هوا و جمع آوری بر روی فیلتر با از دست دادن مقداری از رطوبت خود دچار کاهش در اندازه و در نتیجه تغییر pH میگرددند که این موضوع بدنبال خود با احیاء کروم شش ظرفیتی کاسته شدن از تراکم آن را به همراه دارد (۱۵). ضمناً با توجه به اینکه مطالعه حاضر تحت شرایط کنترل شده آزمایشگاهی و احتمال قریب به یقین بدور از عوامل احیاء کننده ای مانند مواد آلی، آهن فلزی، آهن دو ظرفیتی، و وانادیم انجام پذیرفته است (۱۳-۱۲ و ۲۸)، میتوان اینطور پیش بینی کرد که تحت شرایط مشابه در محیط های کار، احتمالاً "بدلیل وجود عوامل احیاء کننده، شاهد مقادیر بیشتری از احیاء کروم بواسطه طولانی شدن مدت نمونه برداری خواهیم بود.

اگرچه احیاء کروم در نمونه های مربوط به فرآیند آبکاری قبلاً" توسط دیگر محققین نیز گزارش شده



اثر مدت نگهداری تا زمان استخراج بر میزان تراکم کروم: به منظور بررسی اثر مدت نگهداری نمونه بر تراکم کروم شش ظرفیتی، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت درون کاستهای نمونه برداری بدون تماس مستقیم با هوای آزاد، تحت دما و رطوبت طبیعی آزمایشگاه نگهداری شدند. دما و رطوبت آزمایشگاه در طول زمان بررسی به ترتیب ۱۶-۲۱ درجه سانتیگراد و  $57/95 \pm 9/7$  درصد بوده است.

شرایط بهینه نمونه برداری: به منظور پی بردن به شرایط بهینه نمونه برداری که حائز بیشترین تراکم قرائت شده و به بیانی دیگر بالاترین ضریب اطمینان در راستای حفظ سلامت نیروی کار باشد، نتایج بدست آمده مورد آزمون قرار گرفت. همانگونه که در جدول ۳ مشاهده می شود بهترین شرایط نمونه برداری و تعیین تراکم کروم شش ظرفیتی عبارت است از: تهیه نمونه های ۳۰ دقیقه ای با استخراج بلافاصله نمونه ها، با استفاده از هد نمونه برداری رو بسته در ارتفاع ۳۵ تا ۵۰ سانتیمتر.

باشد که طبیعتاً بی بردن به نوع و میزان هر یک از آنها نیازمند بررسی های بیشتری است.

نتایج این بررسی گویای آن است که در فرایند آبخاری کروم، ارتفاع نمونه برداری از سطح محلول دارای اثر قابل ملاحظه ای بر روی تراکم قرائت شده است. با توجه به عدم گزارش ارتفاع نمونه برداری در برخی مطالعات (۱۹) و همچنین عدم تعیین ارتفاع نمونه بردار از وان در متدهای مختلف مانند NIOSH ۷۶۰۰ (۲۷)، این موضوع می تواند قضاوت روی نتایج کسب شده در یک مطالعه یا مقایسه نتایج با دیگر مطالعات را دشوار ساخته و سبب ایجاد خطا در برآورد پتانسیل خطر و دیگر موضوعات وابسته به آن شود.

امکان تراوش محلول آبخاری درون نمونه بردار و خراب شدن نمونه ها از دیگر دلایل اهمیت تعیین ارتفاعی مشخص و مناسب در نمونه برداری از وان آبخاری است. در مطالعه ای که توسط تسائی و همکارانش روی آلاینده های حاصل از فرآیند آبخاری (آبخاری نیکل) انجام پذیرفت، ۱۹ جفت نمونه از ۷۴ جفت نمونه (۲۵ درصد) بلا استفاده شدند که عمده ترین دلیل خرابی نمونه ها تراوش مستقیم محلول آبخاری به درون نمونه بردار بوده است (۲۴). بدین ترتیب با توجه به نتایج حاصل در صورتیکه تراکم آلاینده از مقادیری بیش از ۵۰ میکروگرم بر متر مکعب (مقدار استاندارد فعلی کشور) برخوردار باشد، مدت نمونه برداری حداقل ۳۰ دقیقه انتخاب گردد. در صورت امکان سنجش نمونه ها بلافاصله پس از جمع آوری یا حداکثر در همان روز انجام پذیرد. به منظور تامین سطح بالاتری از اطمینان به نتایج و همچنین با هدف کاستن احتمال تراوش محلول وان به درون نمونه بردار، از هد نمونه برداری وابسته استفاده شود.

### نتیجه نهایی:

نظر به ضرورت تعیین هر چه دقیقتر تراکم کروم از جنبه های مختلف، توجه به عوامل تاثیرگذار و رعایت کلیه اصول نمونه برداری نظیر حفظ فاصله مناسب از چشمه آلودگی و بکارگیری تدابیر لازم جهت کنترل و کاهش احیاء کروم شش ظرفیتی مانند طول مدت نمونه برداری کوتاهتر، استخراج نمونه ها در کوتاهترین زمان ممکن و رعایت اصول نگهداری تا زمان تعیین مقدار کروم مورد تاکید می باشد.

است (۱۵،۲۹) اما مقدار بدست آمده در این مطالعه بیش از آنهاست ( بطور متوسط حدود ۳۲ درصد). وقوع چنین پدیده ای را می توان به دلیل تاثیر پذیری فرآیند اکسیداسیون- احیاء از عواملی مانند دمای هوا، رطوبت محیط، و همچنین اثر متقابل برخی عوامل در مطالعه حاضر دانست.

همانگونه که در نتایج این مطالعه مشاهده می گردد، تراکم کروم در نمونه هایی که پس از یک شبانه روز (۲۴ ساعت) تعیین مقدار گردیده اند کمتر از تراکم کروم در نمونه هایی با قرائت بلافاصله است. این موضوع ضمن تایید احیاء تدریجی کروم شش ظرفیتی بویژه در مجاورت هوا و اکسیژن (۱۲،۱۵)، از نظر روند و مقدار احیاء با نتایج حاصل از مطالعه شین و همکارش همخوانی دارد. به بیانی دیگر، نتایج حاصل از این بخش از مطالعه بطور نسبی تایید کننده این ادعاست که چنانچه نمونه های تهیه شده با کمترین فاصله زمانی ممکن و در همان روز نمونه برداری استخراج شوند، احیاء کروم شش ظرفیتی به کروم سه مشکلی را ایجاد نخواهد کرد (۳۰).

در خصوص مقایسه تراکم های بدست آمده از هدهای روباز و روبسته باید گفت اگر چه تراکم کروم بدست آمده از هدهای روبسته تحت شرایط این مطالعه بطور معنی داری بیش از هدهای روباز بوده است، اما مواردی از وقوع نتایج معکوس از این دو نمونه بردار بدلیل حساسیت آنها نسبت به سرعت و جهت جریان هوا گزارش شده است (۳۱)، بعنوان نمونه در بررسی کنی و همکارانش، تراکم قرائت شده توسط هر یک از این هدها تحت سرعت جریان هوای ۰/۵ و ۱ متر بر ثانیه دارای نتیجه ای معکوس از نظر تراکم بوده است (۳۲).

مطالعات انجام شده روی راندمان جمع آوری نمونه بردارها حاکی از آن است که عواملی مانند توزیع اندازه ذرات، یکنواختی یا عدم یکنواختی انتشار آنها در محیط، سرعت جریان هوا و همچنین جهت جریان، سرعت جریان هوا در دهانه نمونه بردار، شکل و قطر دهانه و شانس نشست ذرات درشت روی فیلتر، جنس نمونه بردار از نظر هدایت یا تجمع بار الکتریکی میتواند در ایجاد اختلاف میان تراکم بدست آمده از نمونه بردارهای مختلف موثر باشند (۳۲). بنابر این وجود تفاوت در تراکم بدست آمده از نمونه بردارهای روبسته و روباز در این مطالعه نیز می تواند ناشی از اثر متقابل متغیرهای مورد مطالعه در این بررسی

## سپاسگزاری:

انجام این مطالعه با حمایت مالی دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام پذیرفته است که بدینوسیله از همکاری مسئولین مربوطه تقدیر و تشکر می گردد. همچنین از آقای مهندس علی کفایی که در آماده سازی تولید کننده میست کروم همکاری داشته اند کمال تشکر بعمل می آید.

## منابع:

- workplace air. *J Environ Monit* 2003;5: 707-716.
13. Kuo HW. Concentration of hexavalent and trivalent chromium in electroplating plants. *Mid Taiwan J Med* 2003; 8: 199-206.
14. Abell MT, Carlberg JR. A simple reliable method for the determination of airborne hexavalent chromium. *Am Ind Hyg Assoc J* 1974; April 229.
15. Shin YC, Pail NW. Reduction of hexavalent chromium collected on PVC filters. *Am Ind Hyg Assoc J* 2000; 61: 563-567.
16. Ganjali MR, Mizani F, Salavati-Niasari M. Novel Potentiometric Membrane sensor for the Determination of Trace amount of Chromium (III) Ions, *Analytical Sciences*, 2003; 19: 135-238.
17. UK Health and Safety Executive (HSE). Method for the determination of hazardous substances, Hexavalent chromium in chromium plating mists. –Colorimetric field method using 1,5-Diphenylcarbazide, (MDHS 52/3), HSE books; Sudbury, 1998
18. Kuo YW, Wang CS. Droplet fractionation of hexavalent chromium from bubbles bursting at liquid surfaces of chromic acid solutions. *J Aerosol Sci* 2002; 33: 297.
19. Boiano JM, Wallace ME, Sieber WK. Comparison of three sampling and analytical method for the determination of airborne hexavalent chromium. *J Environ Monit* 2000; 2: 329.
20. Demange M, Gorner P, Elcabache JM, Worbel R. Field comparison of 37 mm closed-face cassettes and IOM Samplers. *Appl Occup Environ Hyg* 2002;17(3):200-208.
21. Kenny LC, Aitken RJ, Baldwin PEJ. The sampling efficiency of personal inhalable aerosol samplers in low air movement environments. *J Aerosol Sci* 1999;30(5): 627-638.
22. Li SN, Lund DA, Rixx DR. Evaluation of six inhalable aerosols samplers, *Am Ind Hyg Assoc J* 2000; 61: 506-516.
23. Conrey LM, Wadden RA, Acheff PA. Workplace emission factors for hexavalent chromium plating. *Appl Occup Environ Hyg* 1995;10(7): 620-627.
24. Tsai PJ, Werner MA, Vincent JH, Maldonado G. Workers exposure to nickel-containing aerosol in two electroplates shop: Comparison between inhalable and total aerosol. *Appl Occup Environ Hyg* 1996; 11(5): 484-492.
25. Tirgar A, Golbabaie F, Nourijelyani K. Design and performance of chromium mist generator. *J Braz Chem Soc* 2006;17(2): 342-347.
26. Kuo HW, Lai JS, Lin TI. Concentration and
1. Soraham T, Harrington JM. Lung cancer in Yorkshire chrome platers, 1972-97. *Occup Environ Med* 2000; 57: 385.
2. Kiilunen M. Occupational Exposure to chromium and Nickel in Finland-analysis of registries of hygienic measurements and biological monitoring. *Ann Occup Hyg* 1994; 38(2): 171.
3. Edme JL, Shirali P, Merean M. Assessment of biological chromium among stainless steel and mild steel welders in relation to welding processes. *Int Arch Occup Environ Health* 1997; 70: 237.
4. Proctor DM, Panko JP, Liebig EW. Workplace airborne hexavalent chromium concentrations for the Painesville, Ohio, Chromate production plant(1943-1971). *Appl Occup Environ Hyg* 2003; 18(6): 430.
5. US Agency for Toxic Substances Registry (ATSDR). Chromium. <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts7.html>
6. Gibb HJ, Lees PSJ, Pinsky PF, Rooney BC. Clinical findings of irritation among chromium chemical production workers. *Am J Ind Med* 2000; 38: 127.
7. Hansen MB, Johansen JD, Menne T. Chromium allergy: significance of both Cr (III) and Cr (VI). *Contact Dermatitis* 2003; 49: 206-212.
8. Huang YL, Chen CY, Sheu JY. Lipid peroxidation in workers exposed to hexavalent chromium. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 1999; part A: 235-247.
9. Pope AM, Rall DP. Environmental medicine: Integrating a missing into medical education. *National Academic Sciences. U.S.A.*, 2000.
10. Bright P, Burge PS, O'Hickey SP, Gannon PFG. Occupational asthma due to chrome and nickel electroplating. *THORAX*, 1997; 52(1): 28.
11. Gibb HJ, Lees PSJ, Pinsky PF, Rooney BC. Lung cancer among workers in chromium chemical production. *Am J Ind Med* 2000; 38: 115-126.
12. Ashley K, Howe AM, Demang M, Nygren O. Sampling and analysis consideration for the determination of hexavalent chromium in

- size distribution of air borne hexavalent chromium in electroplating factories. *Am Ind Hyg Assoc J* 1997; 58: 29-32.
27. US National Institute of Occupational safety and Health (NIOSH). NIOSH Manual of analytical methods, Method No. 7600, Chromium, Hexavalent, NIOSH, Cincinnati, 1994.
  28. Sheehan P, Ricks R, Ripple S, Paustebach D. Field evaluation of a sampling and analytical method for environmental levels of airborne hexavalent chromium. *Am Ind Hyg Assoc J* 1992; 53: 57-63.
  29. Paik NW, Zong MS, Lee KH. A study on worker exposure to chromium and degree of solvent at electroplating operation in small industry in Korea. *Korean Ind Hyg Assoc J* 1993; 3: 110-126.
  30. Marlow D, Wang J, Wise TJ, Ashley K. Field test of a portable method for the determination of hexavalent chromium in workplace air. International Scientific Communications INC, Application note, 2000; July, 26-28, [www.iscpubs.com/articles/aln/noo7mar.pdf](http://www.iscpubs.com/articles/aln/noo7mar.pdf)
  31. Buchan RM, Soderholm SC, Tillery MI. Aerosol sampling efficiency of 37 mm filter cassettes. *Am Ind Hyg Assoc J* 1986; 47(12): 825-831.
  32. Kenny LC, Aitken R, Chalmers C. A collaborative European study of personal inhalable aerosol sampler performance. *Ann Occup Hyg* 1997; 41(2): 135-153.