

مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی

دوره ۴ شماره ۴ زمستان ۱۳۸۵، صفحات: ۲۳-۳۲

## طراحی، اجراء و بررسی عملکرد مولد میست کروم شش ظرفیتی

آرام تیرگر: دانشجوی دوره دکترا، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران.  
دکتر فریده گلبابایی: استاد، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران - نویسنده رابط: gol128@sph.tums.com

دکتر کرامت اله نوری: استادیار، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

دکتر سید جمال الدین شاهطاهری: دانشیار، گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

دکتر محمد رضا گنجعلی: استاد، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران

دکتر جواد حامدی: استادیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران

دریافت: ۱۳۸۴/۸/۲۴ پذیرش: ۱۳۸۵/۲/۳۰

### چکیده:

**زمینه و هدف:** کروم شش ظرفیتی یک عامل مخاطره آمیز شغلی است که مواجهه با آن از سوی بسیاری از سازمانها سرطانونا شناخته شده است. شدت خطر، کثرت شاغلین در معرض و پائین بودن تراکم مجاز مواجهه موجب می گردد تا استفاده از دقیق ترین شیوه های نمونه برداری، تجزیه شیمیایی، و تکنیکهای کنترل ضرورت یابد. بدیهی است جهت توسعه، ارزیابی و مقایسه روشهای مختلف نمونه برداری، تجزیه شیمیایی و تکنیک های کنترل و همچنین بررسی عوامل موثر در تعیین تراکم آلودگی هوا به کروم، در اختیار داشتن تولید کننده میست بسیار کمک کننده است.

**روش کار:** با اقتباس از یک وان آبکاری کروم سخت که قسمت اعظم آن  $CrO_3$  است منبعی از تولید میست طراحی و ساخته شد. به منظور کنترل شرایط نمونه برداری محفظه ای از جنس پلکسی گلاس در بالای تولید کننده میست نصب گردید. بر روی دیواره محفظه در مجموع ۶۰ منفذ در سه ردیف با فاصله معین جهت نمونه برداری همزمان پیش بینی شد. با استفاده از ۴۸ سری نمونه برداری همزمان توسط چهار نمونه بردار روبسته (Closed face filter cassette) منطبق با روش NIOSH ۷۶۰۰ در جایگاه های مختلف، یکنواختی تراکم درون محفظه نمونه برداری، اثر ارتفاع نمونه بردارها از سطح محلول درون وان، و فاصله هدها از هم مورد بررسی قرار گرفت.

**نتایج:** نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) روی داده های نمونه برداری همزمان، گویای عدم اختلاف معنی دار آماری بین تراکم میست کروم در جایگاه های مختلف بود ( $P = 0/802$ ). محاسبه ضریب تغییرات تراکم (CV) در جایگاه های مختلف طی نمونه برداریهای همزمان در ارتفاع های متفاوت حاکی از کمتر بودن دامنه تغییرات این ضریب در ارتفاع ۵۰ سانتیمتر میباشد ( $1/89 \pm 1/04$  در مقایسه با  $2/2 \pm 2/12$  و  $1/89 \pm 1/60$ ). این مقایسه برای نمونه بردارهایی با فاصله کمتر از  $7/5$  و  $15-7/5$  سانتیمتر گویای پایین تر بودن دامنه تغییرات ضریب مذکور در فاصله کمتر از  $7/5$  سانتیمتر بود ( $1/65 \pm 0/92$  در برابر  $2/07 \pm 1/77$ ).

**نتیجه گیری:** با توجه به نتایج حداکثر یکنواختی در تولید میست در ارتفاع پنجاه سانتیمتر از سطح محلول و نمونه بردارهایی با فاصله کمتر از هفت و نیم سانتیمتر از هم، قابل اکتفا است.

**واژگان کلیدی:** مولد میست، کروم شش ظرفیتی، نمونه برداری همزمان، ارتفاع نمونه برداری

**مقدمه :**

کروم شش ظرفیتی یکی از عوامل مخاطره آمیز شغلی است که علاوه بر عوارضی مانند سوراخ شدن تیغه بینی (Kuo H.W. and Lai T.I. 1997; Gibb H.J. ) (Lui C.S. et al. 2000)، درمانیت تماسی (et al. 2000)، تحریک دستگاه تنفس (Pope A.M. and Brite P. et al. 2000)، آسم شغلی (Rall D.P. 2000)، مواجهه با مقادیر بیش از حد مجاز آن از سوی بسیاری از سازمان های معتبر بین المللی مانند WHO (1997)، (ATSDR 2001)، IARC (Sorhan T. and ) (Harrington J.M. 2000)، HSE (HSE ) (Proctor D.M. et al. 2003)، OSHA (2001)، EPA و (EPA 2003) در انسان سرطان زا شناخته شده است.

یکی از مهمترین منابع انتشار کروم شش ظرفیتی در هوای آزاد و محیط های کار، فرآیند آبکاری کروم است (Kuo YM. And Wang CS. 2002). بر اساس آمار منتشره، در حال حاضر تنها در آمریکا حدود ۵۰۰۰ واحد آبکاری کروم و آندایزینگ مشغول بکارند (EPA 1995). این آمار برای شهر تهران، علیرغم عدم دسترسی به اطلاعات دقیق، بیش از ۴۰۰ واحد آبکاری است (پورخسروی ۱۳۸۰). متأسفانه فعالیت غیرمجاز تعداد قابل ملاحظه ای از کارگاه های کوچک آبکاری مانع از دسترسی به آمار دقیقی مربوط به شاغلین واقعی این حرفه شده است.

با توجه به مخاطرات جدی انتشار کروم شش ظرفیتی برای نیروی کار و سلامت عمومی، سازمانهای ذیصلاح مانند EPA، NIOSH، HSE با وضع مقرراتی انتشار این ماده را محدود ساخته اند بگونه ای که مقدار مجاز انتشار این ماده از آبکاری های کروم از سوی EPA برای کارگاه های بزرگ و کوچک آبکاری کروم سخت به ترتیب ۰/۰۱۵ و ۰/۰۳ میلی گرم بر متر

مکعب هوای استاندارد و حداکثر تراکم مجاز مواجهه شغلی برای هشت ساعت کار در روز جهت ترکیبات محلول کروم شش ظرفیتی از سوی ACGIH و HSE ۰/۰۵ میلی گرم بر متر مکعب هوا تعیین شده است (ACGIH 2003; HSE 1998). اخیراً OSHA توصیه نموده است که مقدار مجاز این ماده با توجه به مخاطرات جدی آن به مقدار کمتری حدود یکصدم مقدار فعلی کاهش یابد (Boiano J.M. et al. 2000). بنابر این با توجه به مخاطرات جدی کروم شش ظرفیتی نمونه برداری و تعیین مقدار دقیق آن از اهمیت بسیاری برخوردار است.

در حال حاضر روش های مختلفی از سوی سازمان های معتبر بین امللی مانند NIOSH 7600 (NIOSH 1994)، MDHS 52/3 (HSE ) (NIOSH 1998)، NIOSH 7703 (NIOSH 2003)، جهت نمونه برداری و تعیین مقدار کروم ارائه شده است که علیرغم برخورداری از معیارهای استاندارد دارای تفاوت هایی با یکدیگر هستند. از اینرو جهت ارزیابی و توسعه روش ها و ابزارهای مختلف نمونه برداری، بررسی مقایسه ای روشها و همچنین ارزیابی تکنیک های کنترل برخورداری از یک مولد میست کروم شش ظرفیتی ضروری بنظر می رسد.

در مقاله حاضر نتایج حاصل از ساخت و راه اندازی منبع مولد میست کروم شش ظرفیتی و ارزیابی تحقق شرایط یکنواخت در تولید میست بررسی شده و علاوه بر آن اثر احتمالی برخی از عوامل مورد مطالعه قرار گرفته است.

**روش کار :**

الف) تولید میست : آبکاری کروم فرایندی با کارایی خیلی پایین از دیدگاه جریان الکتریکی است که در آن حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد از جریان مصرفی صرف تجزیه

2002، به منظور کاستن از گرادیان دمایی از سطح وان تا ارتفاع نمونه برداری، سطح خارجی محفظه با لایه ای از عایق حرارتی پوشیده شد. همچنین وسیله تثبیت کننده ای به قطر ۳۷ سانتیمتر و پایه هایی به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر جهت حفظ زاویه و موقعیت قرارگیری نمونه بردارها در طول نمونه برداری، ساخته و در درون محفظه نصب گردید.

با توجه به آزاد سازی و ترکیدن حباب های اکسیژن و هیدروژن به ترتیب از اطراف آند و کاتد، این اجزاء جهت دستیابی به حداکثر یکنواختی در تولید میست، بصورت دایره هایی متحدالمرکز طراحی و شکل داده شدند.

به منظور برخورداری از شرایط جریان هوای آرام بعنوان شرایط مطلوب در نمونه برداری توسط نمونه بردار رو بسته، (Buchan R.M. et al. 1986) و جلوگیری از جریان های عرضی (بعنوان عوامل مداخله کننده در راندمان نمونه بردارها) وان مورد نظر درون اتاقی کاملاً محصور قرار گرفت.

با توجه به اثر تراکم محلول درون وان بر روی توزیع اندازه ذرات، تراکم محلول طی این مطالعه پیوسته در حد ۱۲۵ گرم بر لیتر بعنوان تراکم متداول در محیطهای صنعتی ثابت نگهداشته شد (Kuo Y.M. and Wang C.S. 2002).

ب ( جمع آوری نمونه ها: نمونه های مورد نظر در این بررسی از طریق جمع آوری همزمان میست کروم توسط چهار نمونه بردار یکسان از نوع روبسته (Closed Face) به صورت پهلو به پهلو از محفظه نمونه برداری واقع در بالای سطح آزاد وان آبکاری کروم سخت تهیه گردید (شکل ۱).

استراتژی نمونه برداری بگونه ای بود که در هر یک از شرایط مورد آزمایش از نظر ارتفاع نسبت به سطح محلول و فاصله نمونه بردارها از هم، نمونه ها حداقل

آب و آزاد سازی گازهای اکسیژن و هیدروژن می شود (Kuo Y.M. and Wang C.S. 2002). حبابهای گاز با صعود به سطح مایع ترکیده و بدین ترتیب ذرات ریز کروم شش ظرفیتی شکل می گیرند. با توجه به اینکه قسمت اعظم ترکیب وان آبکاری کروم،  $\text{CrO}_3$  است و تنها مقدار ناچیزی از آن را مواد دیگر (معمولاً) حدود یک درصد اسیدسولفوریک تشکیل می دهد (Kuo Y.W. and Wang C.S. 1999)، بنابر این تقریباً توده خالصی از کروم شش ظرفیتی از این طریق ایجاد می شود. با الهام از فرایند فوق، نمونه ای از وان آبکاری کروم جهت تولید میست طراحی و راه اندازی شد. شکل ۱ بطور شماتیک سیستم فوق را نمایش می دهد.

وان مورد نظر بصورت استوانه ای از جنس پلاستیک به ترتیب با قطر و ارتفاع ۶۱ و ۹۰ سانتیمتر و حجم ۲۰۰ لیتر ساخته شد. به منظور جلوگیری از افزایش دما از یک پمپ ضد اسید و یک مدار گردش محلول استفاده شده است (شکل ۱). به منظور برخورداری از ایستگاه های ثابت و مشخص نمونه برداری در بالای وان، محفظه ای از جنس پلکسی گلاس به قطر و ارتفاع ۴۷ و ۵۵ سانتیمتر ساخته شد (جزء H از شکل ۱). و بر روی دیواره آن سوراخهایی جهت عبور لوله های نمونه برداری در سه ردیف پیش بینی گردید. فاصله هر یک از ردیف ها از هم ۱۵ سانتیمتر (به منظور امکان نمونه برداری در ارتفاع های مختلف) و در هر ردیف ۲۰ سوراخ با فاصله ۷/۵ سانتیمتر از هم (به منظور یافتن فاصله بهینه نمونه بردارها از هم) ایجاد شد. البته چند سوراخ نیز جهت سنجش دما و رطوبت در دیواره محفظه تعبیه شد.

با توجه به اثر احتمالی گرادیان دمایی بر عملکرد نمونه بردارها (Kuo Y.M. and Wang C.S.)

میزان بازیافت کروم شش ظرفیتی از روی فیلترها نیز بصورت تجربی با افزودن مقادیر مشخصی از محلول دی کرومات پتاسیم بر روی فیلترهای PVC مورد اندازه گیری قرار گرفت. مقدار بازیافت برای تراکمهای ۱، ۳، ۵، و ۷ میکروگرم پس از گذشت زمان حدود ۱۰ دقیقه به طور متوسط برابر با  $17/6 \pm 96/5$  درصد بدست آمد.

### نتایج:

شرایط یکنواخت تراکم کروم در جایگاه های مختلف پس از ساخت دستگاه فوق الذکر با استفاده از ۴۸ سری نمونه برداری همزمان توسط چهار نمونه بردار در جایگاه های متفاوت مورد تحقیق قرار گرفت. نتایج مربوط به این بررسی در جایگاه های چهارگانه در جدول شماره ۱ آورده شده است.

همانگونه که مشاهده می شود دامنه گسترده ای از تراکم های کروم از  $4/3$  تا  $5000$  میکروگرم بر متر مکعب که با نمونه برداری و نشست مقداری معادل  $0/9$  تا  $480$  میکروگرم بر روی فیلترها همراه بوده در این بررسی مورد مطالعه قرار گرفته است. صد در صد تراکم های مورد بررسی بالاتر از PEL پیشنهادی OSHA (۱ میکروگرم بر متر مکعب) و  $92/35$  در صد از تراکم ها بالاتر از استاندارد فعلی کروم شش ظرفیتی توسط شده ACGIH (۵۰ میکروگرم بر متر مکعب) می باشد.

به دلیل گستردگی دامنه تراکم های مورد بررسی ( $4/3-5000$  میکروگرم بر متر مکعب)، از لگاریتم داده ها و برای مقایسه وضعیت تولید و انتشار میست درون محفظه و ارزیابی یکنواختی و یکسانی تراکم های مورد سنجش در جایگاه های مختلف نمونه برداری از آنالیز واریانس (ANOVA) استفاده گردید. نتایج آنالیز

با سه بار تکرار ( Kuo Y.M. and Wang C.S. 2002) تهیه شدند.

عمل جمع آوری کروم شش ظرفیتی با استفاده از فیلترهای PVC با قطر منافذ ۵ میکرون ساخت کارخانه MSA آمریکا انجام پذیرفت. کلیه نمونه ها توسط پمپ های نمونه برداری فردی ساخت کارخانه SKC (مدل 224-30) کالیبره در دبی  $0/1 \pm 2$  لیتر در دقیقه برداشت گردید (NHOSH 1994). تنظیم بار آلودگی بر روی فیلترها از طریق تنظیم مدت نمونه برداری انجام شد. طول مدت نمونه برداری در این بررسی بین ۱۰ تا ۱۹۰ دقیقه در سریهای مختلف، متغیر بوده است.

نمونه ها پس از هر بار جمع آوری بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و اقدامات لازم جهت استخراج و تعیین مقدار کروم آغاز می گردید. دمای محلول و دمای هوا در ارتفاع نمونه برداری در ابتدا و انتهای هر سری نمونه برداری اندازه گیری و ثبت می شد.

ج) تجزیه نمونه ها: جهت تجزیه نمونه ها و تعیین مقدار کروم شش ظرفیتی از روش NIOSH 7600 استفاده شد (NIOSH 1994). در این روش نمونه ها ابتدا با استفاده از اسید سولفوریک  $0/5$  نرمال استخراج شده و سپس به آنها معرف  $0/5$  دی فنیل کاربازید اضافه گردید. از ویژگیهای این معرف واکنش اختصاصی آن با کروم شش ظرفیتی است که تولید کمپلکس رنگی قرمز- ارغوانی می نماید (Kuo Y.M. and Wang C.S. 2002). مقدار جذب در هر یک از نمونه ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV- VIS Spectrophotometer, Beckman DU640, U.S.A.) در طول موج  $540$  نانومتر تعیین و بر اساس منحنی استاندارد، مقادیر کروم محاسبه گردید.

محاسبه شد. نتایج حاصل به صورت نمودار جعبه ای برای هر ارتفاع در شکل ۴ نشان داده شده است. همانگونه که در نمودار معلوم است دامنه تغییرات CV ها در ارتفاع ۵۰ سانتیمتر از دو ارتفاع دیگر کمتر است که این خود دلالت بر کمتر بودن پراکندگی تغییرات در این ارتفاع نسبت به دو ارتفاع دیگر دارد.

نهایتاً، مناسب ترین فاصله بین نمونه بردارها و انتخاب شرایط بهینه از نظر یکسان بودن میزان تراکم ثبت شده در نمونه بردارها بررسی شد. این بار نیز ضریب تغییرات تراکم کروم مربوط به نمونه های همزمان در دو حالت الف: نمونه بردارهای با فاصله کمتر از ۷/۵ سانتیمتر و ب: نمونه بردارهای با فاصله ۷/۵ تا ۱۵ سانتیمتر مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج گویای آن بوده است که میانه و دامنه تغییرات ضریب تغییرات تراکم در نمونه های حالت الف (یعنی هدفای با فاصله کمتر از ۷/۵ سانتیمتر) از مقادیر کمتری نسبت به هدفای با فاصله بیش از ۷/۵ سانتیمتر برخوردار بوده اند (شکل ۵).

### بحث :

نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) روی داده های نمونه برداری های همزمان گویای عدم اختلاف معنی دار آماری بین تراکم میست کروم شش ظرفیتی در جایگاه های مختلف بوده است ( $P=0/855$ ). به بیانی دیگر این آزمون بیانگر آن بوده است که تراکم میست موجود در هر یک از جایگاه ها در هر سری معادل یکدیگر بوده و تولید و توزیع میست درون محفظه دارای شرایط یکنواخت بوده است. وجود چنین شرایطی را مقدار  $R^2$  بالا و شیب های خط رگرسیونی در شکل ۳ تایید مینمایند. بنابر این با توجه به تشابه تراکم های موجود در جایگاه های مختلف می توان ضمن ثابت نگهداشتن کلیه شرایط به مقایسه و ارزیابی

واریانس هیچگونه اختلاف معنی داری را بین تراکم کروم در چهار جایگاه های مختلف نمونه برداری درون محفظه نشان نداده است. (در حالت ترانسفرم شده لگاریتمی  $p=0/855$  و در حالت اصلی داده ها  $p=0/802$ ). لازم به ذکر است که آنالیز واریانس فوق الذکر بصورت چند عاملی با عوامل ارتفاع، مدت زمان نمونه برداری، و فاصله نمونه بردارها از یکدیگر و تعامل بین آنها انجام شده است. شکل ۲ تراکم های اندازه گیری شده در چهار جایگاه مختلف در نمونه های همزمان را بطور مقایسه ای نشان میدهد. در این نمودار ابتدا تراکم های کروم در جایگاه شماره ۱ بصورت صعودی مرتب گشته و سپس تراکم قرائت شده در سایر جایگاه ها در همان سری به تصویر در آمده است.

در بررسی دیگر آماری خطوط رگرسیون و ضریب همبستگی ( $R^2$ ) جایگاه های مختلف بطور دو به دو از نظر میزان تراکم بررسی و در نمودارهای شکل ۳ آورده شده است. هدف از این نمودارها نمایش همخوانی مقادیر تراکم در جایگاه های مختلف است. در این فرایند مقدار  $R^2$  و معادله خط رگرسیونی محاسبه شده و شیب خط رگرسیونی با خط شیب ۱ و عرض از مبدا خط رگرسیونی با صفر مقایسه شده اند.

با توجه به نمودارهای فوق الذکر و مقادیر بسیار بالای  $R^2$  وجود همخوانی کاملی بین جایگاه های مختلف در تراکم های اندازه گیری شده نتیجه گیری می گردد.

موضوع دوم پس از ارزیابی یکنواختی تراکم در جایگاه های مختلف، ارزیابی ارتفاع بهینه از نظر یکسان بودن تراکم های چهار جایگاه در میان ارتفاع های مورد بررسی از سطح محلول (۳۵، ۵۰ و ۶۵ سانتیمتر) بوده است. برای این منظور ضریب تغییرات (CV) تراکم مربوط به نمونه های همزمان در ارتفاع های مختلف

2005)، گویای کسب نتیجه ای دقیقتر در اندازه گیری کروم در شرایط اخیر خواهد بود. البته با توجه به عدم اختلاف معنی دار آماری میان تراکم کروم در جایگاه های مختلف، شرط یکسان بودن جایگاه ها در هدایی با فاصله بیش از ۷/۵ سانتیمتر هم برقرار است و در نتیجه احتمالاً انتخاب فاصله ای تا ۱۵ سانتیمتر از یکدیگر که توسط وینزنت نیز پیشنهاد شده، کار اندازه گیری را با خطایی روبرو نخواهد ساخت (Vinzents P. 1988).

### نتیجه گیری :

اگر چه اختلاف آماری معنی داری میان تراکم کروم شش ظرفیتی در کلیه جایگاه های سنجش انتشار میست وجود نداشته است اما مطالعه نتایج گویای شرایط یکنواخت تری از نظر پراکندگی میست در ارتفاع ۵۰ سانتیمتر و هدایی با فاصله کمتر از ۷/۵ سانتیمتر از هم بوده است.

### تشکر و قدردانی :

این تحقیق در قالب پایان نامه دکتری و با حمایت مالی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران به انجام رسیده است که بدین وسیله از زحمات کلیه مسئولین و کارشناسان حوزه پژوهشی تشکر می گردد. ضمناً از جناب آقای مهندس علی کفایی که در راه اندازی وان آبکاری و آقای سلیمان خواجهی که در اجرای آزمایش ها همکاری داشته اند تقدیر و تشکر می شود.

اثر عوامل مختلف مانند انواع نمونه بردارها، فیلترها، شیوه های نمونه برداری یا تجزیه شیمیایی، تکنیک های کنترل یا دیگر عوامل موثر بر سنجش کروم شش ظرفیتی در هوا پرداخت.

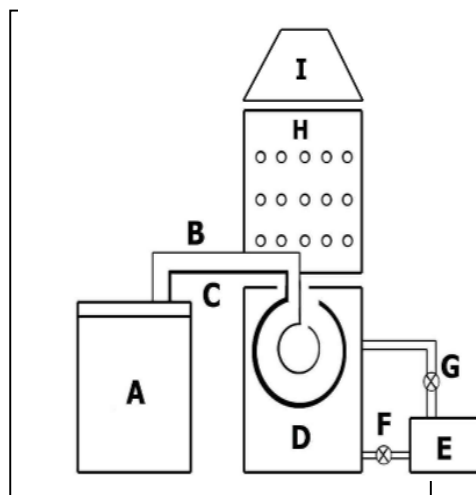
محاسبه ضریب تغییرات برای سری های نمونه برداری شده در ارتفاع های متفاوت گویای آن بوده است که کمترین دامنه تغییرات در ضریب تغییرات مربوط به نمونه هایی بوده که در ارتفاع ۵۰ سانتیمتر جمع آوری گشته اند (شکل ۴). این یافته با ارتفاع پیشنهادی از سوی HSE (MDHS 52/3) HSE (1998) و ارتفاع مورد استفاده در مطالعه Kuo (Kuo) (1998) و ارتفاع مورد استفاده در مطالعه Boiano (Y.M. and Wang C.S. 2002) و Boiano J.M. et al. 2000) که به ترتیب ۳۰، ۳۵ و ۷۰ سانتیمتر بوده، قدری متفاوت است. یافته اخیر گویای آن است که چنانچه افزایش یا کاهش ارتفاع به میزان حدود ۱۵ سانتیمتر موجب کاهش یا خطایی در تعیین تراکم کروم نشود، احتمالاً نتایج دقیقتری را جهت مقایسه عوامل مورد بررسی در اختیار خواهد گذاشت. البته وجود اختلاف معنی دار در تراکم کروم برای ارتفاع های ۳۵ و ۵۰ و ۶۵ سانتیمتر موضوعی است که باید مورد بررسی بیشتری قرار گیرد.

مقایسه نتایج مربوط به نمونه هایی با فاصله هدای کمتر از ۷/۵ و ۷/۵-۱۵ سانتیمتر از هم نیز گویای آن بوده است که میانه و دامنه تغییرات ضریب تغییرات در سری هایی با فاصله هدای کمتر از ۷/۵ سانتیمتر (شکل ۵) کمتر از حالت دوم بوده است. بنابراین نتایج ضمن رد احتمال گرسنگی (Starvation) نمونه بردارها در حالت نزدیک به هم (Licia PSC. et al.)

جدول ۱ - میانگین، انحراف معیار و دامنه تغییرات تراکم کروم شش ظرفیتی در ۱۸۳ نمونه تهیه شده از

سیستم تولید کننده میست

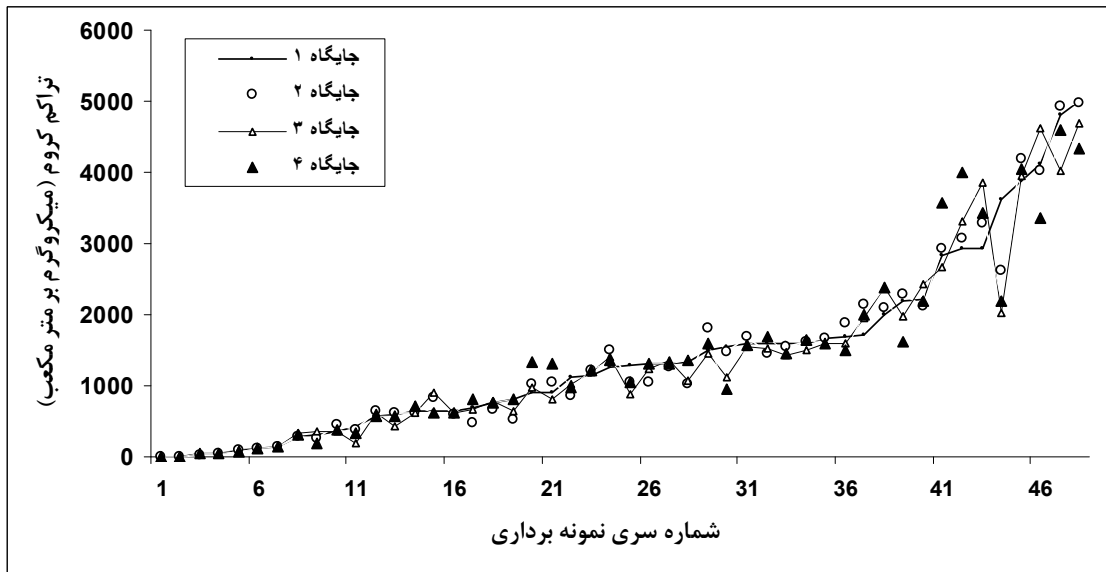
جایگاه نمونه برداری	فراوانی	میانگین تراکم ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	انحراف معیار ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	حداقل ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	حداکثر ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
جایگاه شماره ۱	۴۸	۱۴۳۰/۸	۱۲۵۱/۴	۵/۷	۵۰۰۰
جایگاه شماره ۲	۴۷	۱۳۷۰/۰	۱۲۲۵/۲	۵/۲	۴۹۸۰
جایگاه شماره ۳	۴۸	۱۳۸۶/۱	۱۲۳۹/۱	۴/۳	۴۶۸۰
جایگاه شماره ۴	۴۰	۱۵۲۳/۹	۱۱۷۱/۲	۵/۲	۴۳۳۰



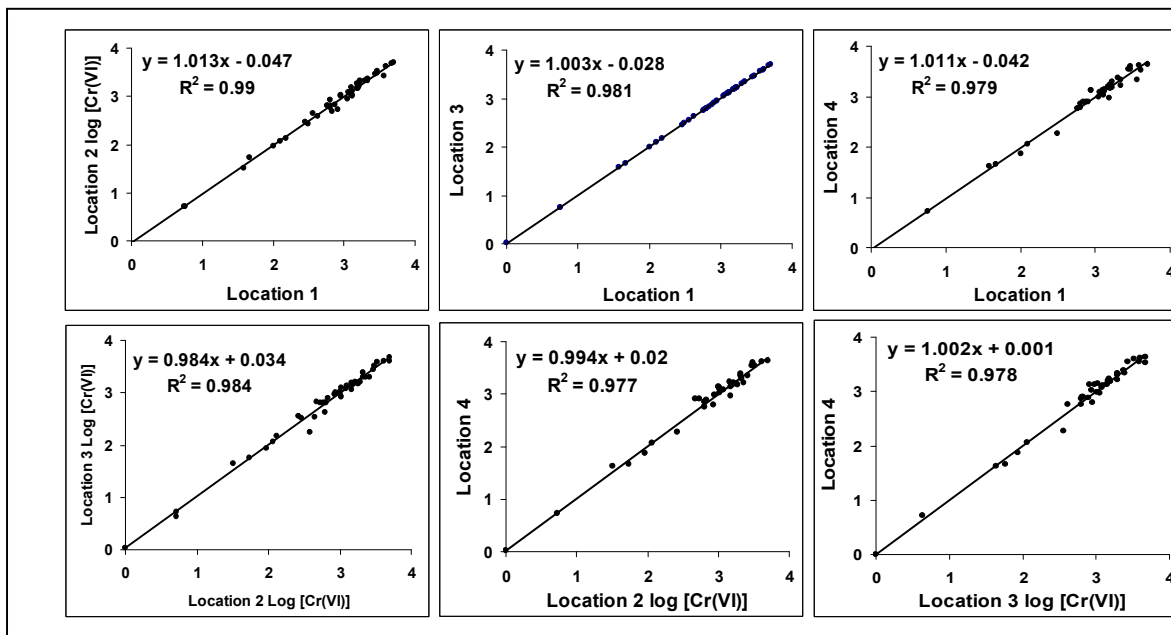
A منبع تغذیه (رکتی فایر)، B کاتد، C آند، D وان آبکاری، E پمپ ضد اسید،

F و G شیر قطع جریان، H محفظه پلکسی گلاس

شکل ۱- تصویر واقعی و شماتیک از سیستم تولید میست



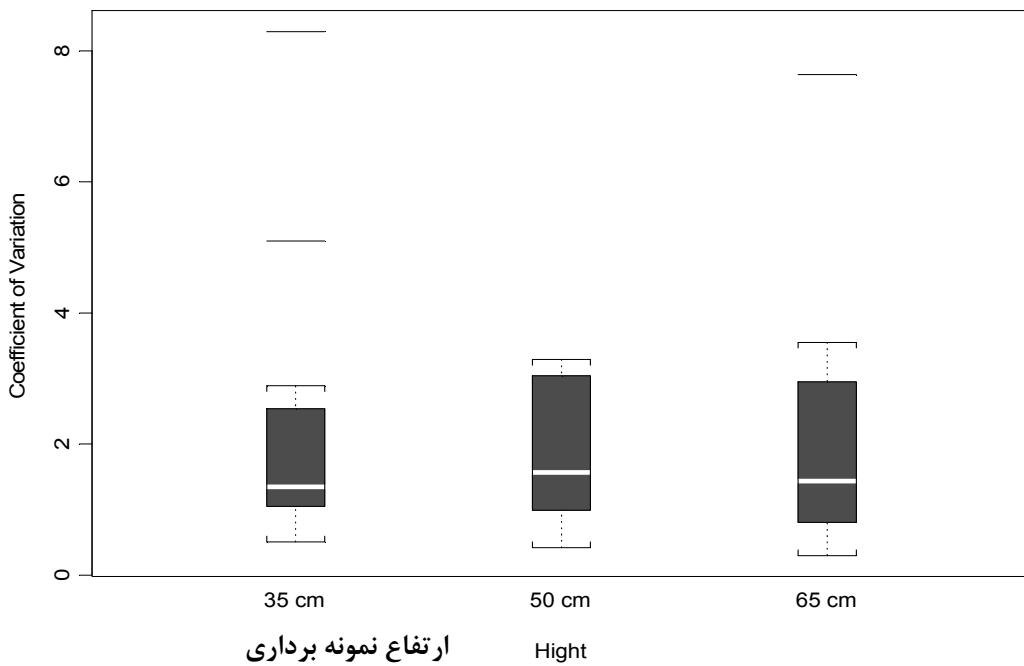
شکل ۲- نمودار تراکم کروم شش ظرفیتی در چهار جایگاه مختلف در ۴۸ سری نمونه برداری همزمان



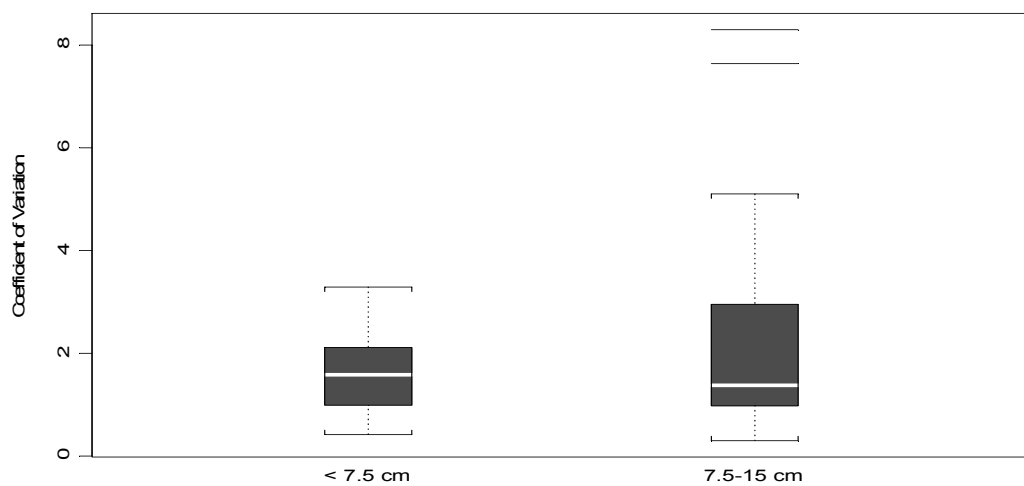
شکل ۳- مقایسه همبستگی تراکم کروم شش ظرفیتی در چهار جایگاه مختلف طی ۴۸ سری نمونه برداری همزمان

\*سه نمودار فوقانی مقادیر اصلی و سه نمودار زیرین لگاریتم مقادیر تراکم می باشد.





شکل ۴- نمودار جعبه ای (Box plot) ضریب تغییرات تراکم کروم شش ظرفیتی در ۴۸ سری نمونه برداری همزمان در ارتفاع های مختلف \* در این نمودار خطوط بالای شکل نشان دهنده مقادیر پرت می باشد.



فاصله نمونه بردارها از یکدیگر

شکل ۵- نمودار جعبه ای ضریب تغییرات تراکم کروم شش ظرفیتی در ۴۸ سری نمونه برداری همزمان با فاصله مختلف نمونه برداری \* در این نمودار خطوط بالای شکل نشان دهنده مقادیر پرت می باشد.

منابع :

- to chromic acid in electroplating factories. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. **70**: 272-276.
- Kuo Y.W. and Wang C.S. (1999) Concentration effect of chromic acid solution on the enrichment of Cr (VI) in droplets from bursting bubbles. *Aerosol Science and Technology*. **31**:275-285.
- Kuo Y.W. and Wang C.S. (2002) Droplets fractionation of hexavalent chromium from bubble bursting at liquid surface of chromic acid solutions. *J. Aearosol. Science*. **33**: 297-306.
- Kuo Y.W. and Wang C.S. (2002) Effect of rise distance on droplets generated from bubble bursting on the surface of chromic acid solutions. *AIHA Journ*. **63**: 5-10.
- Licia P.S.C., Vania P.C., Jussival A.P.N. and Tania M.T. (2005) Laboratory validation of passive sampler for SO<sub>2</sub> atmospheric monitoring. *J. Braz. Chem. Soc.* **16(1)**: 50-57.
- Liu C.S., Kuo H.W., Lai J.S. and Lin T.I. (1998) Urinary N-acetyl-B-glucosaminidase as an indicator of renal dysfunction in electroplating workers. *Arch. Occup. Environ. Health*. **71**: 348-352.
- National Institute of Occupational safety and Health (NIOSH). (2003) Chromium, hexavalent by field-portable spectrophotometry (method 7703, Issue 1). NIOSH manual of analytical methods, Forth Edition.
- National Institute of Occupational safety and Health (NIOSH). (1994) Chromium, Hexavalent (method 7600, Issue 2), NIOSH manual of analytical methods, Forth Edition.
- Pope A.M. and Rall D.P. (2000) Environmental medicine: Integrating a missing into medical education. National Academic Sciences. U.S.A. 291-311.
- Proctor D.M., Panko J.P. and Liebig E.W. (2003) Workplace airborne hexavalent chromium concentrations for the Painesville, Ohio, Chromate production plant (1943-1971). *Appl. Occup. Environ. Hyg*. **18(6)**: 430-449.
- Soraham T. and Harrington J.M. (2000) Lung cancer in Yorkshire Chrome platers 1972-97. *Occup. Environ. Med.* **57**: 385-389.
- Vinzents p. (1988) Personal sampling of total and inspirable dust. *J. Aerosol. Sci.* **19(7)**:1437-1439.
- پور خسروی، سعید (۱۳۸۰) ارزشیابی و تعیین تراکم کروم شش ظرفیتی در یک صنعت آبکاری کروم سخت و طراحی سیستم تهویه صنعتی. پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2001) Chromium. [www.atsdr.cdc.gov/tfacts7.html](http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts7.html)
- American Conference of Governmental Industrial Hygiene (ACGIH) (2003) TLVs and BELs. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices
- Boiano J.M., Wallace M.E., Sieber W.K., Groff J.H., Wang J. and Ashley K. (2000) Comparison of the three sampling and analytical method for determination of airborne hexavalent chromium. *J. Environ. Moni.* **2**:329-333.
- Bright P., Burge P.S., O'Hickey S., Gannon P.F.G., Robert. Son A.S., Boran A. (1997) Occupational asthma due to chrome and nickel electroplating. *THORAX*. **52(1)**:28-32.
- Buchan R.M., Soderholm S.C. and Tillery M.I. (1986) Aerosol sampling efficiency of 37 mm filter cassettes. *Am. Ind. Hyg. Assoc J.* **47(12)**: 825-831.
- Environmental Protection Agency (EPA). Chromium compounds. Technology Transfer Network Air Toxics Websites. Last updated February 12<sup>th</sup> 2003. [www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/chromium.html](http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/chromium.html).
- Environmental Protection Agency (EPA). (1995) New regulation controlling air emission from chromium electroplating and anodizing tanks. March 1995, [www.epa.gov/air/oaqps/f9500](http://www.epa.gov/air/oaqps/f9500).
- Gibb H.J., Lees P.S.J., Pinsky P.F. and Rooney B.C. (2000) Clinical findings of irritation among chromium chemical production workers. *Am. J. Ind. Med.* **38**:127-131.
- Health and Safety Executive (HSE) Chromium and you. (2001).
- Health and Safety Executive (HSE). (1998) Hexavalent chromium in chromium plating mists. Methods for the determination of hazardous substances (HDMS)
- Kuo H.W. and Lai T.I. (1997) Nasal septum lesions and lung function in worker exposed