مجله علمي دانشگاه علوم پزشكي و خدمات بهداشتي ـ درماني قزوين
سال نهم، شماره ۳ (پي‌دريي ۳٦)، پاييز ۱۳۸٤
The Journal of Qazvin Univ. of Med. Sci.
Vol. 9, No. 3, Autumn 2005

اندازه‌گيري هيدروكربن‌هاي آروماتيك چندحلقه‌اي در دوده صنعتي صنايع تايرسازي ايران

محمد شريف حسيني*

Measurement of PAHs in carbon black used in Iranian tyre manufacturing plants

MSh.Hosseini✡

✸**Abstract**

Background: There are thousands of workers in Iran exposed to carbon black used in tyre manufacturing plants, regularly. This compound has been shown to be carcinogenic as there are several PAHs contaminating the carbon black.

Objective: To measure PAHs in carbon black used in Iran industries and also comparing the imported carbon black with domestic ones marked as A & B, respectively.

Methods: Through a cross-sectional study, samples from different kinds of carbon blacks (imported and domestic ones) were obtained. PAH extraction from these samples was carried out using micro Soxlet. Six different kinds of PAHs including benzo (a) pyrene, dibenzo (a, h) antracen, phenaterene, fluoranthene, chrysene and anthracene were further analyzed by GC-FID method.

Finding: Both imported and domestic types of carbon blacks were contaminated with all six kinds of PAHs, unexceptionally. However, the total concentration of six PAHs was different among study samples (P<0.001). Chrysene and anthracene showed to have the maximum and the minimum concentration, respectively. The highest contamination of carbon blacks was associated with product manufactured by factory A followed by factory B with lowest contamination.

Conclusion: The data obtained from the present research showed that both types of carbon blacks used in this study were contaminated with PAHs. Comparing our results with some other studies was indicative of presence of a higher contamination in this soot. Therefore, Iranian occupational health system is recommended to place the carbon blacks in carcinogenic class and provide new OEL for working places.

Keywords: Polycyclic Hydrocarbons, Carbon Black, Neoplasms

✸ چكيده

زمينه : كارگران صنايع ايران در محيط‌هايي كار مي‌كنند كه با دوده در تماس هستند. تحقيقات نشان داده است كه دوده به علت آلوده بودن به انواع هيدروكربن‌هاي آروماتيك چندحلقه‌اي (PAHs) خاصيت سرطان‌زايي دارد.

هدف : مطالعه به منظور مقايسه دوده صنعتي مورد استفاده در صنايع ايران با دوده‌هاي وارداتي از نظر ميزان آلودگي انجام شد.

مواد و روش‌ها : در اين مطالعه مقطعي كه در تابستان۱۳۸۰ انجام شد، از انواع مختلف دوده‌هاي توليد داخل (كارخانه A و كارخانهB) و وارداتي مورد مصرف و موجود در انبارهاي كارخانه‌هاي توليد لاستيک ايران‌تاير و كيان‌تاير نمونه‌گيري به عمل آمد. PAHs موجود در نمونه‌ها با حلال تولوئن و با روش سوكسولاسيون استخراج شد. شش نوع PAHs موجود در آن شامل بنزو (a) پيرن، دي‌بنزو(a,h) آنتراسن، آنتراسن، كرايزن، فنانترن و فلورانتن، با روشGC-FID اندازه‌گيري شدند. داده‌ها با آزمون آماري آناليز واريانس چندطرفه تجزيه و تحليل شد.

يافته‌ها : همه دوده‌ها به هر شش نوع PAHs آلوده بودند، اما ميزان غلظت هر يك و غلظت مجموع PAHs از دوده‌اي به دوده‌اي ديگر تفاوت معني‌داري داشت(p<۰/۰۰۱). كرايزن در ميان تمام دوده‌ها بيش‌ترين و آنتراسن كمترين مقدار آلودگي را داشت. صرف نظر از نوع دوده، دوده‌های توليد شده در كارخانه A بيش‌ترين و دوده‌هاي كارخانه B كمترين آلودگي را به PAHs داشتند.

نتيجه‌گيري : با توجه به يافته‌ها توصيه مي شود نظام بهداشت حرفه‌اي ايران، دوده صنعتي را در دسته مواد سرطان‌زا قرار دهد و حد تماس شغلي (OEL) متناسب با خطرهاي آن را تعيين نمايد و در محيط‌هاي كاري به اجرا درآورد.

كليدواژه‌ها : هيدروكربن‌هاي چندحلقه‌اي، دوده صنعتي، سرطان‌ها

* مربي و عضو هيأت علمي دانشكده بهداشت دانشگاه علوم پزشكي قزوين
آدرس مكاتبه : قزوين، دانشگاه علوم پزشكي، دانشكده بهداشت، گروه بهداشت حرفه‌اي، تلفن ۳۳٤۵۸٦-۰۲۸۱
✡Email: M_S_hoseiny@Noavar.com

* مقدمه :

دوده صنعتي (CarbonBlack) ماده‌اي سياه رنگ، پودري شكل و بي‌بو است كه در اثر سوختن ناقص يا تجزيه حرارتي (پيروليز) تركيب‌هاي آلي، توليد مي‌شود. البته توليد دوده را در صنعت به روش‌هاي متنوعي انجام مي‌دهند.[١و٢و٣و٤و٥و٦] امروزه دوده صنعتي را به روش‌ها و با كيفيت‌هاي فيزيكي و شيميايي مختلف، براي مصارف گوناگون و خاص توليد و آنها را از نظر نوع، كاربرد، اندازه ذرات، نوع ساختمان طبقه‌بندي مي‌كنند.[١و٢و٣] دوده در مركب‌سازي، تونر ماشين‌هاي چاپ و زيراكس، كشاورزي، صنايع استخراج فلزها، كاغذهاي كاربن‌دار، الكترونيز، توليد لاستيك و تاير و غيره مصرف مي شود.[٣و٤و٥و٦و٧]

در ايران دو كارخانه دوده‌سازي بزرگ (كربن بلاك اهواز و دوده صنعتي ساوه) به توليد دوده مي‌پردازند. در اين كارخانه‌ها و همچنين در ده‌ها كارخانه لاستيك و تايرسازي روزانه هزاران كارگر از طرق تنفسي و پوستي در معرض غبار دوده هستند. تحقيقات نشان داده است كه دوده (به صورت جذب سطحي) آلوده به بسياري از مواد آلي به ويژه تركيب‌هايي مانند نيتروزآمين و هيدروكربن‌هاي آروماتيك چندحلقه‌اي سرطان‌زاست.[٧و٨و٩و١٠] به همين دليل بعضي از مؤسسه‌ها مانند دفتر محافظت از محيط (EPA) دفتر بين‌المللي مطالعه بر روي سرطان (IARC) دوده را در دسته مواد سرطان‌زا قرار داده‌اند.[١٠و١١] مطالعه‌ها نشان داده است كه محتويات سرطان‌زاي دوده به وسيله مايعات مخاطي و بيولوژيكي انسان استخراج و در محل تماس جذب مي‌شوند.[١٢و١٣]

هيدروكربن‌هاي آروماتيك چندحلقه‌اي (PAHs) موجود در دوده، از طريق ريه جذب و وارد جريان خون مي‌شوند و در بافت‌هاي مختلف توزيع و تجمع پيدا مي‌كند و طي متابوليسم‌هاي معيني، متابوليت‌هاي آنها به DNA متصل شده و به آن آسيب مي‌رسانند. اين آسيب‌ها به صورت ترميم نشده باقي مانده و موجب موتاسيون مي‌شوند. تكثير اين نوع سلول‌هاي موتاسيون يافته در مراكز تمايز سلول يا در مركز كنترل رشد سلولي اثر مي‌كند و موجب ايجاد تومور مي‌شود كه بسياري از تومورها بدخيم بوده و در نهايت تبديل به سرطان مي‌شوند.[٨و١١] در واقع بعد از قرار گرفتن دوده در دسته مواد سرطان‌زا، توجه به كم‌وكيف PAHs، بيش‌تر شد. اولين بار در سال ١٧٧٥ ميلادي يك پزشك انگليسي به نام پت (SirPercivalPott) در مطالعه خود نتيجه گرفت كه علت شيوع سرطان بيضه در اغلب كودكاني كه كار آنها پاك كردن لوله‌هاي بخاري بود، به علت تماس با دوده بوده است ودوده راعامل سرطان اعلام كرد.[١١و١٢و١٣و١٤]

تعيين نوع و ميزان PAHs موجود در دوده قبل از مطرح شدن دوده به عنوان عامل سرطان‌زا رواج داشت و دوده را با روش‌هاي گوناگون مورد تجزيه قرار مي‌دادند. براي مثال در سال ١٩٧٠ ميلادي براي اولين بار دي‌بنزو (a,h) آنتراسن كه يك سرطان‌زاي قوي است، از دوده استخراج شد.[١١] درسال ١٩٧٥ ميلادي حميد قازي و نايو بعضي از PAHs را از دوده‌هاي‌كوره‌اي‌استخراج واندازه‌گيري كردند.[١٣] فالك و استينر PAHs موجود در ١٧ نوع دوده كوره‌اي را به كمك روش تجزيه‌اي اسپكتروفتومتري ماوراي بنفش مورد ارزيابي كمي و كيفي قرار دادند و توانستند تركيب‌هاي

آنتراسن، بنزو(g,i,h) پيرولين، بنزو(a) پيرن، كرونن، فلورانترن و پيرن را در دوده‌هاي مورد آزمايش خود تشخيص داده و مقدار آن را تعيين نمايند.[۱٤]

در سال ۱۹۷۵ ميلادي رنز ۱۰ نوع مختلف از دوده‌هاي كوره‌اي را با حلال بنزن و به روش سوكسولاسيون استخراج و با روش تين لايركروماتوگرافي (TLC) جداسازي و با روش اسپكتروفتوفلورومتري به طور كمي تعيين نمود. وي توانست غلظت B(a)P را در حدود ۰/۸ تا ٦/۷ ميلي‌گرم دركيلوگرم (mg/kg) دوده اندازه‌گيري كند.[۱۵]

در سال ۱۹۷۹ ميلادي لوكاتي و همكاران بعضي از انواع مختلف PAHs، در پنج نوع دوده مورد استفاده در صنعت لاستيك‌سازي را اندازه‌گيري كردند. آنها مقدار آنتانترن را ۰/۵ تا ۱/۸، بنزواپيرن را ۲تا٤۰، فلورانتن را ۱۰ تا ۱۰۰، كرونن وايزومر آن را ۱۳ تا ۳٦٦، فنانترن را ۰/۵ تا ۵ PPM تعيين كردند.[۱٦]

در سال۱۹۸۰ تايلور مقدار PAHs موجود در ۵ نوع دوده N-357, N-351, N-339, N-234, N-220 را (كه بيش‌ترين كاربرد را در صنعت لاستيك و تايرسازي داشت) استخراج و اندازه‌گيري نمود ميانگين غلظت مجموع PAHs موجود در هر يك از آنها را به ترتيب ۳۳۰ ، ۸۲۰ ، ۸٦۰ ، ۹۷۰ و۱۳۲۰PPM به دست آورد.[۱۷]

در سال ۱۹۸۲ ميلادي ريوين و اسميت با سوكسولاسيون جامد- مايع و به كمك حلال تولوئن كل مواد قابل استخراج موجود در دوده‌هاي: N-660 را ۱۳۰۰، N-351 را ۸۰۰ ، N-330 را ۲۹۰، N-326 را۲۵۰، N-339 را ۱۲۰۰، N-375 را ۲۱۰۰ و N-427 را٤۰۰ تعيين كردند. همچنين آنها در اين تحقيق ميانگين غلظت بنزو(a)پيرن را در همان دوده‌ها به ترتيب ۸، ۵، ۳، ۱، ۳۲، ٦/۵ و ۱ PPM اندازه‌گيري كردند.[۱۸]

ازسال ۱۹۸۳ با به‌كارگيري دستگاه اسپكتروفوتومتري جرمي توانستند طيف بيش‌تري از PAHs تشخيص دهند كه قبلاً در دوده ديده نشده بودند.[۱۹]

اين تحقيق با هدف اطلاع از كم وكيف و مقايسه غلظت اين نوع آلاينده‌هاي سرطان‌زا در انواع دوده‌هاي توليد داخل و خارج از كشور كه يكي از پرمصرف‌ترين مواد در صنايع لاستيك و تايرسازي به شمار مي‌رود، انجام شد، اين موضوع از نظر ايمني و بهداشت شغلي داراي اهميت زيادي است و تاكنون در كشور ما تحقيق و گزارشي در اين زمينه مطرح نشده است.

✷ مواد و روش‌ها :

اين مطالعه مقطعي در سال ۱۳۸۰ انجام شد. در يك دوره زماني يك ماهه با سركشي به ۳ كارخانه مهم تايرسازي از انواع مختلف دوده‌هاي توليدي دو كارخانه دوده وارداتي كه بيش‌ترين مصرف را در صنايع لاستيك و تايرسازي دارند و در انبار كارخانه‌ها موجود بود نمونه‌گيري تصادفي به عمل آمد. براي نمونه‌گيري از يك پيمانه با حجم ثابت استفاده شد. نمونه‌هاي تهيه شده با دقت به آزمايشگاه منتقل شدند و از هر يك از نمونه‌هاي جمع‌آوري شده يك گرم (با ترازويي كه دقت آن ۰/۰۰۰۱گرم بود) توزين شد. نمونه‌ها به تيمبل فايبر گلاس منتقل شد و كل مواد آلي موجود در آنها با دستگاه ميكروسوكسوله (با حجم ۱۰ ميلي‌ليتر) و با حلال تولوئن به مدت ۲٤ ساعت استخراج شد.

بعد از اتمام زمان استخراج، براي جدا كردن مواد غيرقابل حل، محلول استخراجي توسط فيلتر غشايي پلي‌تترافلوروواتيلن (PTFE) باقطر روزنه ٠/٤٥ ميكرون صاف شد. حلال (تولوئن) به كمك تبخير در خلأ تبخير شد. سپس به ته‌مانده جامد موجود در هر يك از ظروف، يك ميلي‌ليتر تولوئن اضافه شد تا نمونه‌ها به شكل محلول و با حجم يكسان به دست آمد. سپس شش نوع از آلاينده‌هاي موجود در هر يك از اين محلول‌ها (بنزو(a)پيرن، دي‌بنزو(a,h) آنتراسن، آنتراسن، كرايزن، فنانترن و فلورانتن) مطابق با شرايط پيشنهاد شده در روش NIOSH 5515، با دستگاه GC-FID و با ستون Capilary كه به شيوه استاندارد خارجي كاليبره شده بود، اندازه‌گيري شد. داده‌ها با روش آناليز واريانس مورد تجزيه و تحليل آماري قرار گرفتند.

* يافته‌ها :

ميانگين غلظت هر يك و همچنين مجموع غلظت‌هاي شش نوع PAHs در بين دوده هاي مختلف كارخانه A تفاوت معني‌دار داشت. به عبارت ديگر دوده‌هاي توليد شده در كارخانه A از نظر آلودگي به تك‌تك PAHs و همچنين به مجموع شش نوع PAHs با همديگر تفاوت معني‌دار داشتند($p<0/001$)، به نحوي كه در ميان همه اين دوده‌ها بيش‌ترين مقدار غلظت (آلودگي) متعلق به كرايزن بود و كمترين آن از دوده‌اي به دوده ديگر متفاوت بود. اين موضوع در مورد دوده‌هاي كارخانه B و همچنين در دوده‌هاي وارداتي نيز صادق بود(جدول‌هاي شماره ١و٢).

صرف نظر از منبع توليد دوده‌ها، اختلاف ميانگين غلظت‌هاي هر يك از PAHs (به غير از فنانترن و فلورانتن) و همچنين ميانگين مجموع غلظت PAHs در ٥ نوع دوده معني‌دار بود($p<0/001$). در همه دوده‌ها، ميانگين كل غلظت كرايزن بيش‌ترين مقدار و آنتراسن كمترين مقدار بود (جدول شماره ٣).

اگر فقط دوده‌هاي هم نام سه منبع مختلف از نظر ميزان آلودگي به هر يك از شش PAHs و مجموع غلظت اين شش آلاينده با هم مقايسه شوند، در آن صورت محصولات سه منبع، از نظر آلودگي با يكديگر تفاوت معني‌دار داشتند($p<0/001$)(جدول شماره ٤).

صرف نظر از نوع دوده، كل دوده‌هاي توليد شده در دو كارخانه داخل و وارداتي از نظر ميانگين غلظت هر يك ازPAHs (غير از فنانترن و فلورانتن) و همچنين ميانگين غلظت كل PAHs تفاوت معني‌دار داشتند ($p<0/0001$). بيش‌ترين ميانگين غلظت كل آلاينده‌هاي مورد تجزيه در دوده توليد شده در كارخانه A (٣٥٦/٢٨ PPM) و كمترين مقدار در دوده وارداتي (٩١/١٤ PPM) اندازه‌گيري شد. ميانگين آلودگي محصولات كارخانه B، ٧٣/٤٤ PPM بود)(جدول شماره ٥).

) ودوده‌هاي وارداتي(واحد غلظت هاي **A,B** نتايج حاصل از تجزيه دوده‌هاي توليد داخل (دو كارخانه -جدول ١
يا **PPM**آلودگي بر حسب
دوده است)**kg** آلاينده در**mg**به عبارت ديگر

منبع * توليد دوده	**نوع دوده	تعداد نمونه	(آلاينده‌هاي مورد تجزيه) PAHsنام هر يك ***												غلظت كل PAHشش در هر s دوده	ميانگين كل PAHs****
			a,h) دي بنزو(آنتراسن		)پيرنaبنزو(		فنانترن		فلورانتن		آنتراسن		كرايزن			
			ميانگين	انحرف معيار	ميانگين	انحرف معيار	ميانگين	انحرف معيار	ميانگين	انحرف معيار	ميانگين	انحرف معيار	ميانگين	انحرف معيار		
A كارخانه	N-330	٦	٠/١٥	٠/٠١	٠/١٥	٠/٠١	٠/٧٣	٠/٠٣	٠/٣٢	٠/٠٢	٠/٢٦	٠/٠٣	٠/١٦	٠/٠٢	١/٨٦	٣٣٢/٤٩
	N-339	٦	١/٦٥	٠/٥٤	٤/٠١	٠/٠٧	٤/٦٣	٠/٠٤	١٢/٠٩	١/٠٤	٠/٣٣	٠/٠١	٧٠/٦٣	١/١٥	٩٣/٣٦	
	N-550	٦	٠/٥٩	٠/٠٢	٣/٩٥	٠/١٦	٤/٥٨	٠/٠٣	٥/٦٩	١/٠٢	٠/٢٥	٠/٠١	٣١٦/٤٩	٦/٢٩	٣٣١/٥٦	
	N-660	٦	٥/٨٠	٠/٢٨	٦/٣٦	٠/٤٣	٠/٤١	٠/٠٩	١/٤٦	٠/٠٤	٠/١١	٠/٠١	٩٨٤/٢٤	١٠/٥	٩٩٨/٤٠	
B كارخانه	N-220	٦	١/٠٦	٠/٠٩	٠/٢٢	٠/٠٣	٢/٩٢	٠/٢٣	٢/٩٢	٠/١٩	٠/٢١	٠/٠٢	١/١٠	٠/٠٢	١٣/٤٤	٧٣/٥٦
	N-330	٦	١/٤٥	٠/٠٦	٠/٦٥	٠/٠١	٣/٠١	٠/٠٦	١١/١٣	٠/١٧	٠/٣٣	٠/٠٥	٠/٣٥	٠/٠٤	١٦/٨٦	
	N-339	٦	٠/٣٩	٠/٠٣	١/٠٥	٠/٠٢	١/٦٤	٠/٢٤	٦/١٠	٠/١٢	١/٠٢	٠/١٤	١٦١/٧٧	٨/٠١	١٧١/٩٨	
	N-550	٦	٦/٠٢	٠/٠٦	٥/٧٢	٠/٢٠	٠/٣٦	٠/٠٩	٥/٠٠	٠/٢٣	١/٠٥	٠/١٢	٩٨/١٣	٢/٢٣	١١٦/٣٤	
	N-660	٦	٥/٩٢	٠/٠٩	٩/٠٦	٠/٣١	٥/٤٠	٠/٣٦	١٦/٧٢	٠/٣٤	١/٠٩	٠/٥١	١٠/١٨	٠/٧١	٤٨/٦٠	
وارداتي I	N-220	٦	١/٣١	٠/٠١	١/٥٠	٠/٠١	٠/٨٤	٠/٠٤	١/٢٦	٠/٠٢	٠/٢٢	٠/٠٣	١٥٨/١٨	١٢/٩	١٦٥/٧٣	٩١/١١
	N-330	٦	١/٣١	٠/٠٦	١/٣٦	٠/٠١	٠/٩١	٠/٠٢	٨/١٨	٠/١٩	٠/١١	٠/٠٥	٤/٠٣	٠/٠٤	١٤/٩٧	
	N-339	٦	٠/٩١	٠/٢٠	٠/٠٠٩	٠/٠٤	٢/٧٦	٠/١٧	١١/٨١	٠/٤٧	٠/٢٤	٠/٠١	٧٨/٣	٠/٠٩	٩٢/٦٤	
ميانگين كل هريك از آلاينده‌ها درتمام دوده‌ها			٢/٢١		٢/٨٤		٢/٦٠		٦/٨٩		٠/٤٤		١٥٦/٩٦			

براي رعايت اصول اخلاقي نام واقعي كارخانه‌هاي داخل در اين جدول بيان نشده است*

** اين نوع نام گذاري و طبقه بندي ASTM(American Standard Testing and Material) است
كه يك روش علمي وتخصصي در طبقه بندي دوده‌ها براساس خصوصيات فيزيكي
و ساختماني آنها است

*** PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)

****منظور از ميانگين كل ، ميانگين غلظت مجموع شش نوع PAHs در ميان انواع دوده‌هاي دو كارخانه‌ي A ، B و
همچنين دوده‌هاي وارداتي است.

جدول ۲- ترتيب آلودگي دوده‌هاي* مختلف هريك از منابع به هريك از آلاينده‌ها (**PAHs**) و همچنين مجموع غلظت آنها

PAHs**	دوده‌هاي كارخانه A ***	دوده‌هاي كارخانه B	دوده‌هاي وارداتي
فنانترن	N-339>N-550>N-330>N-660	N-660>N-330>N-220>N-339>N-550	N-339>N-330>N-220
آنتراسن	N-339>N-330>N-550>N-660	N-220>N-660>N-550>N-339>N-330	N-339>N-330>N-220
فلورانتن	N-339>N-550>N-660>N-330	N-660>N-330>N-339>N-220>N-550	N-339>N-330>N-220
كرايزن	N-660>N-550>N-339>N-330	N-339>N-550>N-660>N-330>N-220	N-339>N-220>N-330
بنزو(a)پيرن	N-660>N-339>N-550>N-330	N-660>N-550>N-339>N-330>N-220	N-220>N-330>N-339
دي بنزو(a,h)آنتراسن	N-660>N-339>N-550>N-330	N-550>N-660>N-330>N-220>N-339	N-220=N-339>N-330
مجموع غلظت PAHs	N-660>N-550>N-339>N-330	N-339>N-550>N-660>N-330>N-220	N-220>N-339>N-330

*N-220 الي N-660 نام دوده براساس طبقه بندي سازمان استاندارد آمريكا(ASTM) است.

** polycyclic Aromatic Hydrocarbons (هيدروكربنهاي معطر چند حلقه‌اي)

*** A ، B دو كارخانه توليدكننده دوده داخلي هستند

جدول ۳ – ترتيب آلودگي پنج نوع دوده مورد تجزيه ، به ميانگين غلظت هريك و كل **PAHs** (بدون در نظر گرفتن منشأ توليد آنها)

فنانترن	N-330 > N-220 > N-550 > N-660 > N-339
آنتراسن	N-550 > N-660 > N-339 > N-220 > N-339
فلورانتن	N-220 > N-550 > N-330 > N-339 > N-660
كرايزن	N-660 > N-550 > N-339 > N-220 > N-330
بنزو(a)پيرن	N-660 > N-550 > N-339 > N-220 > N-330
دي بنزو(a,h)آنتراسن	N-660 > N-550 > N-339 > N-220 > N-330
ميانگين غلظت PAHs	N-660 > N-550 > N-339 > N-220 > N-330

جدول ۴ – مقايسه دوده های هم نام توليد شده در منابع داخلی (كارخانه های **A** و **B**) و وارداتی(**I**) از نظر آلودگی به هريک از **PAHs** و مجموع غلظت آنها

نوع دوده	N-220	N-330	N-339	N-550	N-660
فنانترن	B > I	A > P > I	A > I > B	A > B	B > A
آنتراسن	B > I	A > P > I	A > I > B	A > B	B > A
فلورانتن	B > I	A > P > I	A > I > B	A > B	B > A
كرايزن	B > I	A > P > I	A > I > B	A > B	A > B
بنزو(a)پيرن	I > B	I > B > A	A > I > B	P > A	B > A
دي بنزو(a,h)آنتراسن	I > B	B > I >A	A > I > B	P > A	B > A
مجموع غلظت PAHs	B > I	I > B > A	B > A >I	A > B	A > B

جدول ۵ - ترتيب وضعيت آلودگي درکل دوده های تولید شده توسط دو کارخانه داخل (**A** و **B**) و وارداتي (**I**) به هريک از **PAHs** وب مجموع غلظت آنها (بدون در نظر گرفتن نوع دوده)

فنانترن	A > B > I
آنتراسن	B > A > I
فلورانتن	B > I > A
کرايزن	A > I > B
بنزو(a)پيرن	A > B > I
دي بنزو(a,h)آنتراسن	A > B > I
ميانگين غلظت PAHs	A > I > B

* بحث و نتيجه‌گيري :

اين مطالعه نشان داد که همه دوده‌هاي مورد تجزيه در اين تحقيق به مقدار قابل توجهي به انواع PAHs آلوده بودند که با يافته سايرمحققين مطابقت دارد.[۱۲و۱۳و۱۵و۱۶و۱۷] غلظت هر يك از آلاينده‌ها در ميان دوده‌ها، متفاوت بود. بعضي از آلاينده‌ها در بعضي دوده‌ها، کمتر و در بعضي ديگر بيش‌تر بودند. اما ميانگين مجموع غلظت‌هاي شش PAHs حاصل از تحقيق حاضر با نتايج حاصل از تحقيق ديگران تقريباً يکسان بود.[۱۶و۱۷و۱۸]

اما نکته مهم مطالعه حاضر اين است که در ميان اغلب دوده‌هاي مورد مصرف در ايران، بيش‌ترين آلودگي به کرايزن بود.

عوامل متعددي که مي‌توانند موجب تفاوت در ميزانPAHs دوده‌هاي مختلف شوند عبارت‌اند از :

ـ سوخت مورد استفاده در کارخانه دوده‌سازي براي تهيه دوده

ـ نسبت ميزان هر کدام از PAHs به بقيه PAHs موجود در سوخت مصرفي براي توليد دوده

ـ تکنولوژي، تجهيزات و روش مورد استفاده کارخانه تهيه‌کننده دوده

ـ ويژگي‌هاي فيزيکي دوده.[۱۹]

مواد خام مورد استفاده براي تهيه دوده در ايران، روغن‌هاي آروماتيك يا برش‌هاي سنگين مواد نفتي است. کارخانه دوده‌سازي A و B سوخت مورد نياز خود را براي تهيه دوده از پالايشگاه‌هاي نفت اصفهان، جنوب و شرکت‌هاي نفت پارس، بهران و پالايشگاه تهران تهيه مي‌کردند. به طور منطقي مشخص است که درصد و طيف ترکيب آروماتيك‌هاي قطبي، غيرقطبي و غيره در روغن‌هاي تهيه شده در هر يك از اين شرکت‌ها نمي‌توانند يکسان باشد. لذا وجود اختلاف در ميزانPAHs دوده‌ها، با منشأ توليد متفاوت، دور از انتظار نيست. در اين مطالعه ميزان PAHs در دوده‌هاي کارخانه A بيش‌تر از دوده‌هاي ديگر بود.

عامل ديگري که در ميزان PAHs دوده‌هاي مختلف تأثيرگذار است، نسبت هر يك از PAHs به مجموع PAHs موجود در سوخت مورد استفاده براي تهيه دوده است.[۱۹] هر چه ميزان PAHs خاصي در سوخت مورد استفاده براي تهيه دوده بيش‌تر باشد، ميزان همانPAHs در دوده تهيه شده از آن سوخت نيز بيش‌تر مي‌شود. لذا بالابودن غلظت کرايزن و کم‌بودن ميزان آنتراسن در اغلب دوده‌ها، مي‌تواند به علت وجود ميزان زياد کرايزن و کم آنتراسن در روغن‌هاي مورد استفاده براي تهيه دوده‌ها باشد که براي اثبات اين موضوع به تحقيق جداگانه‌اي احتياج است.

عامل ديگر تفاوت دوده‌هاي مختلف، روش تهيه آنهاست. البته دوده‌هاي داخلي و وارداتي هر دو به روش کوره‌اي توليد مي‌شوند. لذا درباره اختلاف دوده‌هاي داخلي بايد گفت که علاوه بر نوع سوخت، نوع تجهيزات مورد استفاده در کارخانه دوده‌سازي مي‌تواند عامل تفاوت دوده‌هاي مختلف باشد. کارخانه دوده‌سازي A تقريباً يك دهه قديمي‌تر از کارخانه دوده‌سازي B است، يعني دوده‌سازيB تجهيزات تازه‌تري نسبت به دوده‌سازي A دارد.

عامل ديگر تفاوت دوده‌هاي مختلف، زمان عمل‌آوري نهايي دوده بعد از تهيه آنهاست. اندازه ذرات دوده را با افزايش زمان نگه‌داري دوده‌ها در راکتورها کنترل‌مي‌کنند، چون حرارت باعث تجزيه PAHs موجود

در دوده‌ها مي‌شود. همچنين زمان‌عمل آوري نهايي براي دوده‌هاي مختلف متفاوت است، بنابراين اختلاف در زمان عمل‌آوري نهايي دوده‌هاي‌مختلف، موجب تفاوت در ميزان غلظت PAHs آنها مي‌شود.[۵و٦و۷]

عامل ديگر اختلاف، خصوصيات فيزيكي مانند اندازه ذرات دوده و سطح مخصوص ذرات دوده‌هاست؛ يعني هرچه سطح مخصوص ذرات دوده كمتر و اندازه ذرات آن بزرگ‌تر مي‌شود، ميزانPAHs آنها نيز زيادتر مي‌شود.[۲و۳]

آژانس بين‌المللي مطالعه بر روي مواد سرطان‌زا (IARC) و كميته دولتي بهداشت صنعتي آمريكا (ACGIH) دوده صنعتي را در گروه ۲ مواد سرطان‌زا دسته‌بندي كرده‌اند. در تحقيق حاضر نيز مشخص شد كه دوده صنعتي ايران به انواع PAHs سرطان‌زا آلوده است، بنابراين پيشنهاد مي‌شود بهداشت حرفه‌اي ايران نيز در دفترچه «حد مجاز تماس شغلي» دوده صنعتي را به عنوان سرطان‌زا معرفي نمايد و در محيط‌هاي كاري كه از دوده صنعتي استفاده مي‌شود طبق «اصول كار با مواد سرطان‌زا» رفتار شود.

✸ مراجع :

۱. اصيليان مهابادي حسن. مطالعه اثرات دوده بر كارگران شاغل در صنعت لاستيك‌سازي. پايان‌نامه براي دريافت كارشناسي ارشد رشته بهداشت حرفه‌اي دانشكده علوم پزشكي دانشگاه تربيت مدرس، ۱۳۷۰

2. Encylopeadia of Chemical Technology. 1994, l4, 631-46

3. Ullmannos encyclopedia of Industrial chemistry. 1992, 5th ed, 140-58

4. George S et al. Materials handbook, Sall, 1994; 143-5

5. Encylopedia Americana.1985, V5, 624

6. The new encylopadia Britannica. 1994; Vol 2, 8515

7. IARC(International Agency for Research on Cancer). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: printing processes and printing inks, carbon black and some nitro compounds. Lyon france, 1996, Vol 65, 149-262

8. IARC (International Agency for Research on cancer). Monograph on the Evaluation of the carcinogenic risk for chemical to human. Lyon france, 1985, Vol 32

9. EPA (Environmental Protection Agency's). Integrated Risk Information System (IRIS) on Benzo(a)pyrene benzo(a)pyrene. Available from: http://www.epa.gov/ngispgm3/iris on the Substance File List as of March 15, 2000

10. ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLVs & BEIs. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices for 2002. Cincinnati, OH: ACGIH, 2002, 15

11. IARC (International Aquency for Research on Cancer). Monograph on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to human: polynuclear aromatic compounds, part2, carbon black, mineral oils and som nitroarenes. Lyon Frace, 1984, Vol 33

12. Clement ICF.Toxicological profile for Benzo(a)pyrene. ATSDR (Agency for Toxic Susbtance and Diseas Research and EPA (Einvironmental Protection Agency), 1990

13. Hamidqazi A, Carl A Nau .Identification of polycyclic aromatic hydrocarbons insemi-rienforsing furnaceblack . Am Ind Hyg Assoc J 1975; 36: 187-92

14. Falk HL , steiner PE. The identification of aromatic polyciclic hydrocabons in carbonblack. Cancer Res 1975, 12: 30-9

15. IARC(International agency for research on cancer). Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to

humans: polynuclear aromatic compounds in carbon blacks, mineral oils and some nitroarenes. Lyon france, 1984,vol 33, part 2
16. Locati G et all. Identification of polycyclic aromatic hydrocarbons in carbon black with reference to cancerogenic risk in tire production. Am Ind Hyg Assoc J 1979; 40: 644-53
17. George T et all. Solvent extracts of carbon black determinortion of total extract ables and analysis for benzo(a,g)pyrene. Am Ind Hyg Assoc J 1980; 41: 619-25
18. Rivin D Smith RG. Environmental health aspects of carbon black. Rubber Chem Technol 1982; 55: 707-61
19. Norbert K, Heinrich B. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in soot by mass spectrometry with direct sample insertion. Analytical Chemistry 1983; 55: 2104-6
20. ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Threshold limit values (TLVs) for chemical substances and physical agents and biological exposure indices (BEIs) for 1995-1996. Cincinnati, OH: ACGIH, 1995, 17