

# تابش‌های رادیواکتیو دود سیگار و ارتباط آن با سرطان

رضا یوسفی<sup>۱</sup>، مریم سلامی<sup>۲</sup>، سیده زهرا موسوی نژاد<sup>۳</sup>، علی‌اکبر موسوی موحدی<sup>۱</sup>  
۱. مرکز تحقیقات بیوشیمی، بیوفیزیک دانشگاه تهران  
۲. گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران  
۳. دانشکده علوم پایه، دانشگاه الزهرا

## ■ چکیده

طرف برگ‌های پهن گیاه توتون ساختار پرزی شکلی موسوم به تریکوم وجود دارد که گروه چسبنده نوک این پرزها دو عنصر رادیواکتیو پولونیوم - ۲۱۰ و سرب - ۲۱۰ را به شدت جذب می‌کند. غلظت مواد رادیواکتیو در ساختارهای پرزی شکل برگ تنباکو ده هزار بار بیش از متوسط غلظت آن در کل برگ توتون است. علیرغم این که فیلتر سیگار بخش قابل توجه‌ای از مواد سمی دود سیگار را جذب می‌کند اما نمی‌تواند مانعی در مقابل ورود مواد رادیواکتیو سیگار به بدن باشد. از رسوب مواد رادیواکتیو در مجاری تنفسی افراد سیگاری نقاط

تحقیقات نشان می‌دهد که سیگار حاوی شش هزار ترکیب مختلف است که ۶۰ تای آنها به وضوح ماده سرطان‌زا شناخته شده‌اند. دود سیگار حاوی ماده کشنده آرسنیک، ماده سمی DDT، ماده خطرناک ایزوتیوسیانات، ماده سمی و به غایت خطرناک فرمالدئید، فلز سمی کادمیوم، بنزن، مالتیتول، اتیل فورات و حاوی مواد رادیواکتیوی نظیر پولونیوم - ۲۱۰ و سرب - ۲۱۰ است. گیاه توتون عناصر رادیواکتیو جو را به میزان زیادی به وسیله برگ‌هایش جذب و تغلیظ می‌کند. در دو

راديوآكتيوي ايجاد مي شود كه اصطلاحاً نقاط بحراني (Hot spots) خوانده مي شود. اغلب سرطان هاي مجاري تنفسي در اين افراد به واسطه تابش هاي راديوآكتيو از همين نقاط آغاز مي شود. پولونيوم - 210 حلايت خوبي در فاز آبي نيز دارد و به آساني جذب خون مي شود. گردش خون اين عنصر راديوآكتيو را به سلول ها و بافت هاي مختلف منتقل مي كند به طوري كه اين عنصر راديوآكتيو در بافت يا سلول هدف ضمن تجمع يا باعث القاي مرگ سلولي مي شود و يا فرايند تكثير سلولي را از كنترل خارج مي كند كه به سرطان مي انجامد.

\*\*\*

تحقيقات نشان مي دهد كه سيگار حاوي شش هزار تركيب مختلف است كه 60 تاي آنها به وضوح ماده سرطان زا شناخته شده اند. ذكر نام، خواص و آثار مضر همه تركيبات موجود در دود سيگار در اين مقاله ميسر نمي باشد ولي به برخي از تركيبات تشكيل دهنده دود سيگار اشاره مي شود:

■ دود سيگار حاوي ماده كشنده آرسنيك است كه از اجزاي اصلي سموم مرگ موش نيز مي باشد.

■ سيگار حاوي ماده سموي DDT است و اين تركيب حشره كشي مي باشد كه به واسطه آسيب هاي جدي اش به طبيعت، استفاده از آن سال ها است كه منع شده است. سيگار همچنين حاوي متوپرن ماده حشره كش ديگري نيز مي باشد.

■ سيگار حاوي ماده خطرناك ايزوتيوسيانات است و اين تركيب طي حادثه اي كه در سال 1984 در پوپال هند رخ داد، ضمن نشت از يك كارخانه

شيميائي موجب مرگ بيش از 2000 انسان شد. سيگار داراي سيانيد، سرب و منواكسيد كرين است كه تركيباتي سموي و كشنده مي باشند.

■ سيگار حاوي فلز سموي كادميوم است كه در باطري سازي نيز کاربرد وسيعي دارد.

■ دود سيگار حاوي ماده سموي و به غايت خطرناك فرمالدييد است و از اين ماده اغلب براي نگهداري اجزا و بافت هاي مرده استفاده مي كنند.

■ سيگار حاوي بنزن است كه در صنايع رنگ سازي و كائوچوي مصنوعي کاربرد فراوان دارد.

■ سيگار حاوي مالتيتول است كه به عنوان شيرين كننده به نوشابه هاي رژيمي ويژه ديابتي ها اضافه مي شود.

■ سيگار حاوي تركيباتي موسوم به اتيل فورات است كه در حيوانات آزمايشگاهي موجب آسيب هاي جدي كبدي مي شود.

■ و بالاخره سيگار حاوي مواد راديوآكتيو نظير پولونيوم (Po 210) و سرب (Pb 210) است كه ضمن تابش پرتو هاي مخرب عامل بيماري سرطان مي باشند.

توباكو كه ماده اصلي سازنده سيگار است، محصول برگ گياهي موسوم به توتون مي باشد. توتون از هزاران ماده مختلف تشكيل شده است ولي اغلب به منظور بهبود طعم و افزايش تحمل سيگاري ها به آن تركيبات ديگري نيز مي افزايند. اخيراً اعلام شده است كه تاكنون حدود 600 تركيب مختلف به عنوان ماده افزودني در صنايع سيگار سازي ايالت متحده امريكا استفاده شده



شکل ۱- بعضی از مواد سمی ناشی از دود سیگار

دفع به ماده کم خطری موسوم به اوره تبدیل می‌شود. از آمونیاک اغلب برای نظافت پنجره‌ها و دستشویی‌ها استفاده می‌شود. ماده افزودنی دیگر سیگار عصاره ریشه گیاهی از خانواده جعفری است و پژوهش‌های علمی نشان داده است که این عصاره نیز سرطان‌زا می‌باشد. محققان نشان داده‌اند که عصاره مذکور موجب سرطان در حیوانات آزمایشگاهی می‌شود. پژوهش‌های علمی نشان می‌دهد در صورتی که افراد سیگاری استعمال دخانیات را در تمامی طول عمرشان ادامه دهند در نهایت، به واسطه یکی از بیماری‌های مرتبط با دود سیگار جان می‌سپارند.

است. افزودنی‌ها اغلب مخمر، کافئین، موم و شکلات هستند. ممکن است موجب تعجب خوانندگان این سطور شود که صنایع سیگارسازی از یک ترکیب سمی که در تنظیف خانگی استفاده می‌شود یعنی از آمونیاک به‌عنوان ماده افزودنی استفاده می‌کنند تا میزان جذب نیکوتین سیگار را به بدن افزایش دهند. نیکوتین که ماده‌ای به‌غایت اعتیادآور است در حضور آمونیاک به سرعت جذب بدن می‌شود و در سلول‌های مغزی به میزان قابل توجهی تجمع می‌یابد که آثار سو متعددی در بر خواهد داشت. آمونیاک که ماده‌ای سمی به‌ویژه برای سلول‌های مغزی است در بدن به منظور

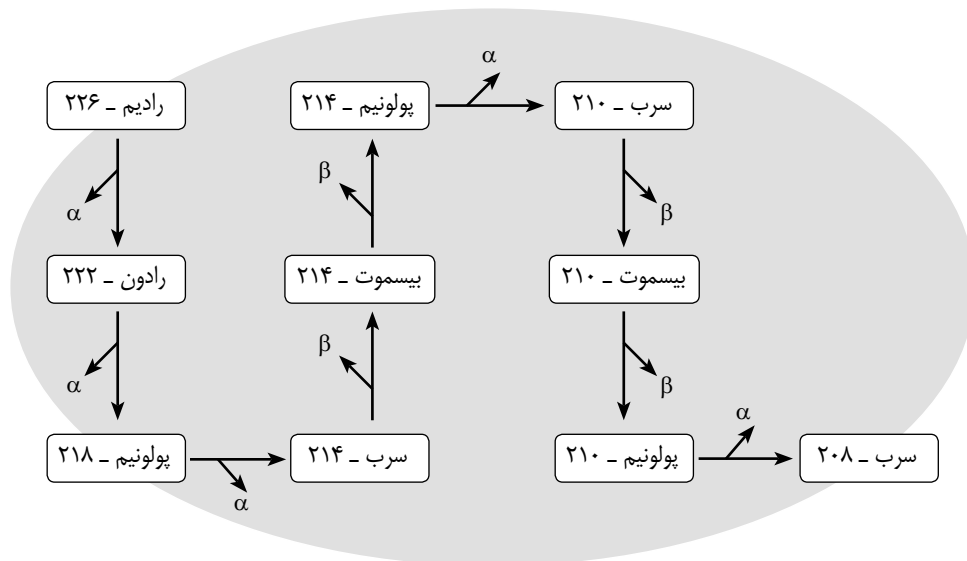
## ■ عناصر رادیواکتیو و چگونگی تجمع آن‌ها در برگ توتون

گزارش‌هایی از اوایل قرن ۱۵ میلادی در دست که در بین معدنچیان که در کوه‌های Erz اروپای شرقی کار می‌کردند نوع عارضه ششی به نام بیماری شش سیاه شایع بوده است. در اوایل قرن ۱۸ نیز گزارش‌هایی حاکی از شیوع سرطان مجاری تنفسی در بین معدنچیان این نواحی وجود دارد. بالاخره در دهه ۱۹۲۰ میلادی دانشمندان دریافتند که علت شیوع بالای سرطان مجاری تنفسی در بین معدنچیان کشور چکسلواکی گاز رادیواکتیو رادون - ۲۲۲ در این معادن است. پس از کشف این پدیده

بود که صنعت معدن آنالیز گازهای معادن فلزات و در معرض قرار گرفتن محدود معدنچیان را مورد توجه قرار داد. رادون - ۲۲۲ گازی رادیواکتیو است که ضمن شکافت هسته‌ای به اورانیوم - ۲۳۸ و رادیوم - ۲۲۶ تبدیل می‌شود.

رادون - ۲۲۲ نیز مطابق طرح زیر می‌تواند به عناصر رادیواکتیو دیگری نظیر پولونیوم - ۲۱۰ و سرب - ۲۱۰ که از عناصر اصلی رادیواکتیو دود سیگار است تبدیل شود.

پولونیوم - ۲۱۰ و سرب - ۲۱۰ مطابق طرح زیر و به ترتیب پرتوهای مخرب آلفا و بتا تابش می‌کنند. منبع اصلی رادون - ۲۲۲ پوسته زمین است که به



شکل ۲ - نمایش تبدیل رادون - ۲۲۲ به دیگر عناصر رادیواکتیو

می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد که رادیواکتیویته برگ توتون طی فرآیندهای پردازشی آن در کارخانه‌های سیگارسازی از بین نمی‌رود. با وجودی که فیلتر سیگار بخش قابل توجه‌ای از مواد سمی دود سیگار را جذب می‌کند، مانع جدی در مقابل ورود مواد رادیواکتیو سیگار به بدن نمی‌شود و بسته به نوع سیگار از ۵ تا ۳۷ درصد این ترکیبات رادیواکتیو وارد بدن می‌شوند.

#### ■ ورود مواد رادیواکتیو سیگار به بدن و ارتباط آن‌ها با سرطان

پژوهش‌های سال‌های اخیر نشان داده است که پولونیم - ۲۱۰ تنها ترکیب موجود در سیگار است که از راه تنفس نیز موجب سرطان در حیوانات آزمایشگاهی می‌شود. از این رو تحقیقات جدی با هدف کاهش میزان پولونیم - ۲۱۰ و همین‌طور سرب - ۲۱۰ در برگ گیاه توتون الزامی به نظر می‌رسد. حدود ۷۵ درصد از سرب - ۲۱۰ که در سیگار است در دود آن موجود می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد که حدود ده درصد سرب - ۲۱۰ و بیست درصد پولونیم - ۲۱۰ سرانجام از دود سیگار به شش‌ها می‌رسد. محققین نشان داده‌اند که اگر فرد سیگاری روزی تنها یک بسته سیگار مصرف کند مقدار ماده رادیواکتیوی که به شش‌هایش می‌رسد، از ۳۰۰ عکس که در طول یکسال توسط اشعه X از قفسه سینه‌اش گرفته شود، بیشتر خواهد بود. در مجاری تنفسی مژک‌هایی وجود دارد که مسؤول نظافت و زدودن ذراتی است که طی تنفس در این نواحی رسوب می‌کنند.

آسانی وارد جو نیز می‌شود و ضمن شکافت هسته‌ای و تابش‌های رادیواکتیو به عناصری همچون پولونیم - ۲۱۰ و سرب - ۲۱۰ تبدیل می‌شود. دو عنصر پولونیم - ۲۱۰ و سرب - ۲۱۰ که حاصل شکافت هسته رادون - ۲۲۲ می‌باشد، بار الکتریکی دارند و به آسانی جذب ذرات غبار موجود در هوا نیز می‌شوند. تحقیقات نشان می‌دهد که گیاه توتون عناصر رادیواکتیو جو را به میزان زیادی به وسیله برگ‌هایش جذب و تغلیظ می‌کند. در دو طرف برگ‌های پهن گیاه توتون ساختار پرزی شکلی موسوم به تریکوم (Trichome) وجود دارد که در نوک این پرزها گرده چسبنده‌ای دیده می‌شود. این گرده چسبنده دو عنصر رادیواکتیو پولونیم - ۲۱۰ و سرب - ۲۱۰ را به شدت جذب می‌کند. تحقیقات نشان می‌دهد که غلظت مواد رادیواکتیو در ساختارهای پرزی شکل برگ تنباکو ده هزار بار بیش از متوسط غلظت آن در کل برگ توتون است. بنابراین، بخش عمده عناصر رادیواکتیو از جو در برگ گیاه توتون تجمع می‌یابند و بخش کمتر آن از طریق ریشه گیاه توتون و از خاک جذب می‌شود. به خصوص هنگامی که از کودهای فسفاتی استفاده می‌شود به واسطه آن که این کود دارای آلودگی رادیواکتیو می‌باشند، میزان رادیواکتیو از مسیر ریشه‌ای در گیاه توتون به میزان قابل توجه‌ای افزایش می‌یابد.

یکی دیگر از عواملی که در تجمع مواد رادیواکتیو برگ گیاه توتون موثر است، مجاورت جاده‌های پرتراфик و صنایع آلاینده به خصوص آن‌هایی که سوخت فسیلی مصرف می‌کنند با مزارع توتون

خون می‌شود. گردش خون این عنصر رادیواکتیو را به سلول‌ها و بافت‌های مختلف منتقل می‌کند به طوری که این عنصر رادیواکتیو در بافت یا سلول هدف ضمن تجمع یا باعث القا مرگ سلولی می‌شود و یا فرایند تکثیر سلولی را از کنترل خارج می‌کند که به سرطان می‌انجامد. از آنجایی که این عنصر به آسانی از طریق خون به بافت‌های مختلف بدن منتقل می‌شوند و علاوه بر ایجاد سرطان در مجاری تنفسی که مستقیماً با دود سیگار در تماس هستند، موجب سرطان در بافت‌های دیگر نیز می‌شوند. تحقیقات نشان می‌دهد که میزان ابتلا به سرطان در بافت‌های غیرششی که مستقیماً در معرض دود سیگار نیستند، در سیگاری‌ها ۳۸ درصد بالاتر از افراد غیرسیگاری است. همچنین میزان مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی - عروقی نیز در

تحقیقات نشان می‌دهد که فعالیت این مژک‌ها در مجاری تنفسی فرد سیگاری نصف آن‌ها در افراد غیرسیگاری است. در نتیجه، ذرات موجود در دود سیگار به مرور در مجاری تنفسی فرد سیگاری رسوب می‌کند. از رسوب مواد رادیواکتیو در مجاری تنفسی این افراد نقاط رادیواکتیوی ایجاد می‌شود که اصطلاحاً نقاط بحرانی خوانده می‌شود. اغلب سرطان‌های مجاری تنفسی در افراد سیگاری به واسطه تابش‌های رادیواکتیو از همین نقاط آغاز می‌شود. پولونیم - ۲۱۰ همان طور که اشاره شد عنصر رادیواکتیوی است که پرتوی آلفا تولید می‌کند. اگرچه قدرت نفوذ این پرتوها زیاد نیست ولی به شدت محیط را یونیزه می‌کند. از دو عنصر رادیواکتیو سرب - ۲۱۰ و پولونیم - ۲۱۰ دومی که حلالیت خوبی در فاز آبی نیز دارد، به آسانی جذب

جدول ۱ - نسبت مرگ و میر ناشی از بیماری‌های گوناگون در افراد سیگاری نسبت به غیرسیگاری

نسبت در افراد سیگاری به غیرسیگاری	عامل مرگ و میر
۷۳/۱	کلیه عوامل مرگ و میر
۳۴/۱۰	سرطان‌های دهان، حلق، حنجره، مری، شش و نایژه
۳۸/۱	سرطان‌های معده، روده، پانکراس، مغز، خون و لنف
۱۰/۳	زخم‌های معده و روده
۶۹/۲	سیروز کبدی
۸۳/۱۴	آمفیزم
۵۸/۱	بیماری‌های قلبی - عروقی

«نقش تغذیه، داروها و عوامل محیطی در تعدیل آسیب‌های ناشی از دود سیگار به سلامتی انسان» تقدیر و تشکر می‌شود. این مقاله بخشی از طرح فوق است.

سیگاری‌ها ۵۸ درصد بالاتر از افراد غیرسیگاری گزارش شده است (جدول ۱). در جدول (۱) نسبت ۱/۷۳ بدان معنی است که در افراد سیگاری میزان مرگ و میر ۷۳ درصد بیش از افراد غیرسیگاری است. همچنین نسبت ۱۴/۸۳ بدان معنی است در سیگاری‌ها میزان آمفیزم ۱۴/۸۳ بیش از غیرسیگاری‌ها می‌باشد.

#### منابع

1. Hecht SS. Cigarette smoking: cancer risks, carcinogens, and mechanisms. *Langenbeck's Arch Surg.* 2006; 391: 603 - 613 (2006).
2. Gardiner P. Radioactivity in cigarettes: Polonium-210. *Tobacco-Related Disease. Res Program Newsletter.* 2007.

#### ■ تشکر و قدردانی

از دانشگاه تهران، شرکت دخانیات ایران، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور به منظور تصویب طرح

**یادآوری:** علاقمندان به استفاده از تمام منابع این مطلب می‌توانند با دفتر نشریه رازی تماس بگیرند.