

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران

ته‌سیگار: فراوان‌ترین پسماند خطرناک
دانش شهر ۷۴۰

معاونت مطالعات شهرسازی، خدمات شهری و امور بحران
مدیریت مطالعات خدمات شهری

نویسنده: جواد ترکاشوند، محمود یوسفی
ناظر علمی: علی اکبر رودباری

حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران است. ضمناً متن (PDF) از سایت ذیل و یا اسکن کد تصویری قابل دریافت است.
نشانی: تهران، خیابان شریعتی، پل رومی، خیابان شهید اکبری، نبش خیابان شهید آقابزرگی، شماره ۳۲، کدپستی ۱۹۶۴۶۳۵۶۱۱، امور مخاطبان: ۳. ۲۲۳۹۲۰۸۰
info.rpc@tehran.ir rpc.tehran.ir

دانش شهر ۷۴۰

ته‌سیگار: فراوان ترین پسماند خطرناک

نویسنده: جواد ترکاشوند، محمود یوسفی

ناظر علمی: علی اکبر رودباری

پاییز ۱۴۰۱

۸.....	سخن نخست.....
۹.....	فصل اول: تاریخچه مصرف سیگار و پیدایش ته‌سیگار.....
۹.....	۱-۱- تاریخچه پیدایش و تولید سیگار.....
۱۲.....	۱-۲- میزان مصرف سیگار فیلتردار در دنیا.....
۱۶.....	فصل دوم: ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند.....
۱۶.....	۱-۲- کمیت ته‌سیگار.....
۱۸.....	۲-۲- نسبت ته‌سیگار رهاشده بر روی زمین.....
۲۴.....	۲-۳- تفاوت مکانی و زمانی ته‌سیگار رها شده بر روی زمین.....
۲۸.....	فصل سوم: ماهیت ته‌سیگار.....
۲۸.....	۳-۱- مقدمه.....
۲۸.....	۳-۲- اجزاء تشکیل‌دهنده ته‌سیگار.....
۳۲.....	۳-۳- آلاینده‌های ته‌سیگار.....
۳۶.....	۳-۳-۱- فلزات سنگین در ته‌سیگار.....
۳۸.....	۳-۳-۲- هیدروکربن‌های آروماتیک در ته‌سیگار.....
۴۰.....	۳-۳-۳- سایر آلاینده‌ها در ته‌سیگار.....
۴۰.....	۳-۴- منشأ آلاینده‌های ته‌سیگار.....
۴۳.....	فصل چهارم: اهمیت ته‌سیگار.....
۴۳.....	۴-۱- پراکندگی ته‌سیگار.....
۴۳.....	۴-۲- سمیت ته‌سیگار.....
۵۰.....	فصل پنجم: بازیافت ته‌سیگار.....
۵۰.....	۵-۱- اهمیت بازیافت ته‌سیگار.....
۵۰.....	۵-۲- قابلیت‌های ته‌سیگار برای بازیافت.....
۵۲.....	۵-۳- بازیافت ته‌سیگار بدون جداسازی اجزاء آن.....
۵۳.....	۵-۴- استفاده از مواد شیمیایی استخراج شده از ته‌سیگار.....
۵۳.....	۵-۵- بازیافت استات سلولز ته‌سیگار.....
۵۶.....	فصل ششم: مدیریت ته‌سیگار و چالش‌های پیش رو.....
۵۶.....	اهمیت مدیریت ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند ویژه.....
۵۸.....	ذخیره‌سازی و جمع‌آوری.....
۵۹.....	کنترل رهاسازی ته‌سیگار در محیط.....
۶۳.....	دفع و بازیافت.....
۶۵.....	نیازهای تحقیقاتی.....
۶۸.....	منابع.....

فهرست جدول‌ها

جدول شماره ۱: میزان ته‌سیگار رها شده بر روی زمین در کشورهای مختلف (۳).....	۲۳
جدول شماره ۲: تعارف و اصطلاحات مرتبط با ته‌سیگار.....	۲۸
جدول شماره ۳: برخی از آلاینده‌های شناسایی شده در ته‌سیگار.....	۳۲
جدول شماره ۴: پردازش‌های متفاوت برای انواع روش‌های بازیافت ته‌سیگار.....	۵۱

فهرست تصاویر

تاریخچه پیدایش سیگار فیلتردار.....	۱۰
کمیت ته‌سیگار در دنیا و ایران.....	۱۸
چرخه ته‌سیگار از تولید تا دفع.....	۲۷
نکات دارای اهمیت ته‌سیگار.....	۴۹
روش‌ها و چالش‌های بازیافت ته‌سیگار.....	۵۵

فهرست شکل‌ها

- شکل شماره ۱: گیاه تنباکوی مورد استفاده در ساخت سیگار ۱۱
- شکل شماره ۲: خط تولید سیگار فیلتردار ۱۱
- شکل شماره ۳: استعمال سیگار علیرغم هشدارهای بهداشتی ۱۳
- شکل شماره ۴: سرانه مصرف سیگار در سال ۲۰۱۰ میلادی در کشورهای مختلف ۱۴
- شکل شماره ۵: روند تغییرات سرانه مصرف سیگار در برخی از کشورها ۱۴
- شکل شماره ۶: ته‌سیگارهای رها شده در سواحل ۱۷
- شکل شماره ۷: ته‌سیگارهای رها شده در معابر ۱۷
- شکل شماره ۸: ته‌سیگارهای رها شده در کنار جاده‌ها ۱۸
- شکل شماره ۹: ته‌سیگارهای رها شده در معابر شهری ۲۰
- شکل شماره ۱۰: ته‌سیگارهای جمع‌آوری شده در یک ساحل ۲۱
- شکل شماره ۱۱: ممنوعیت استعمال دخانیات در اماکن عمومی ۲۲
- شکل شماره ۱۲: اجزاء تشکیل دهنده سیگار ۳۰
- شکل شماره ۱۳: اجزاء تشکیل دهنده ته‌سیگار ۳۱
- شکل شماره ۱۴: بلع ته سیگار توسط مرغان دریایی ۳۴
- شکل شماره ۱۵: تفاوت میزان نشت فلزات از ته‌سیگار نسبت به زمان غوطه‌ور ماندن در آب (برگرفته از ۳۶) ۳۵
- شکل شماره ۱۶: پتانسیل نشت فلزات سنگین مختلف از ته‌سیگار (%)(۳۶) ۳۸
- شکل شماره ۱۷: نسبت انواع مختلف هیدروکربن‌های آروماتیک در ته‌سیگار (%)(۲۶) ۳۹
- شکل شماره ۱۸: چهار منشأ مهم برای آلاینده‌های شناسایی شده در ته‌سیگار ۴۱
- شکل شماره ۱۹: زیرسیگاری قابل حمل مورد استفاده در سواحل (۷۱) ۶۲

سخن نخست

بر اساس آمارهای تجاری، سالانه بین ۵۰ تا ۶۰ میلیارد عدد سیگار فیلتردار در ایران استعمال می‌شود؛ بنابراین انتظار می‌رود سالانه به همین میزان ته‌سیگار با وزنی در حدود ۲۰ هزار تن در کشور تولید شود. ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند خطرناک و دارای اثرات منفی بر محیط‌زیست شناخته می‌شود. در مقیاس جهانی تولید سالانه بیش از ۵ تریلیون عدد ته‌سیگار به وزن ۱/۲ میلیون تن سبب شده تا بسیاری از محققان ته‌سیگار را پرتعدادترین پسماند خطرناک در دنیا اعلام کنند. در حال حاضر مدیریت ته‌سیگار با مشکلات جدی و چالش‌های اساسی مواجه است، به‌نحوی که در تمام کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه الگوی موفق برای مدیریت ته‌سیگار ارائه نشده است.

جمع‌آوری و مدیریت پایدار پسماندهای جامد با توجه به اهمیت پایداری در جوامع شهری، یکی از موضوعات روز دنیا در مدیریت شهری به شمار می‌آید که در صورت تحقق آن می‌توان اثرات و صدمات مصرفی شدن جوامع را در ابعاد مختلف تا حد قابل‌توجهی کاهش دهد؛ از این‌رو ته‌سیگار می‌تواند، به‌عنوان یکی از چالش‌های جدی برای دستیابی به اهداف مدیریت پایدار پسماندهای جامد مطرح شود. مهم‌ترین مشکلات موجود در مدیریت کارآمد ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند خطرناک؛ عبارت‌اند از نسبت بالای دفع غیرصحیح این پسماند و فقدان روش ایمن دفع نهایی آن.

شناخت جامع از این پسماند خطرناک و ابعاد اهمیت آن می‌تواند در برنامه‌ریزی برای تدوین الگوی کارآمد مدیریت ته‌سیگار مفید باشد، از این‌رو این گزارش، با تلاش محققان دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران تألیف شده است که مشابه بین‌المللی ندارد و شامل مطالبی در زمینه کمیت و پراکندگی ته‌سیگار، آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار، اثرات ته‌سیگار بر محیط‌زیست، روش‌های بازیافت ته‌سیگار و چالش‌های مدیریت این پسماند خطرناک است.

مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران با توجه به اهمیت موضوعات مرتبط با مدیریت پسماند شهری، با حمایت از این مطالعه اقدام به انتشار این گزارش نموده است. امید است با توجه به مطالب کاربردی و استفاده بهینه از آن، گام مؤثری در خصوص مدیریت ته‌سیگار به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پسماندهای خطرناک دنیای امروز برداشته شود.

عطاءالله رفیعی آتانی

رئیس مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران

فصل اول: تاریخچه مصرف سیگار و پیدایش ته‌سیگار

۱-۱- تاریخچه پیدایش و تولید سیگار

استفاده از دخانیات به شکل‌های مختلف، پدیده‌ای است که با شدت و ضعف در تمام جوامع دیده می‌شود. هرچند استعمال دخانیات در تمام کشورهای دنیا شایع است، ولی سابقه آن بیش از چند صده نیست، باین‌حال در همین مدت به تدریج پیامدهای مضر بهداشتی این پدیده برای مصرف‌کنندگان و کسانی که در معرض دود دست‌دوم قرار دارند به خوبی مشخص شده‌است، علاوه بر این در دهه‌های اخیر توجه محققان و پژوهشگران به عوارض زیست‌محیطی استعمال دخانیات جلب شده و در مطالعات مختلف، تأثیر منفی استعمال دخانیات به‌ویژه سیگار بر محیط‌زیست اثبات شده است.

سابقه مصرف تنباکو و استعمال آن به بومیان آمریکا باز می‌گردد؛ پس از کشف قاره آمریکا بود که استعمال تنباکو توسط کاشفان اسپانیایی مورد توجه قرار گرفت و پس از آنکه در آغاز قرن شانزدهم مصرف تنباکو به شکل‌های مختلفی تغییر کرد، در نهایت تا قرن هجدهم استعمال سیگار در ایتالیا، پرتغال و در بقیه اروپا و برخی از مناطق آسیا رواج پیدا کرد. در ابتدا کشت تنباکو برای استعمال سیگار به صورت کاملاً سنتی انجام می‌شد، اما در دهه ۱۵۳۰ میلادی اسپانیایی‌ها کشت گسترده تنباکو را در هندوستان آغاز کردند. هرچند این کشت گسترده، آغاز مسیر تجارت تنباکو بود، ولی اولین بار کشت تجاری تنباکو در سال ۱۶۱۲ میلادی در ایالت ویرجینیای ایالات متحده آمریکا انجام شد. کشت گسترده تنباکو و رواج مصرف سیگار به تدریج پیش رفت و نحوه مصرف تنباکو به صورت برگ‌های خشک‌شده و به صورت دستی تا بیش از دو صده ادامه یافت، اما تولید صنعتی سیگار از تنباکو، نقطه عطف رواج بیشتر و استفاده راحت‌تر از دخانیات بود که در سال ۱۸۵۰ میلادی در روسیه با افتتاح اولین کارخانه تولید سیگار روی داد؛ بنابراین استفاده از تنباکو به شکل سیگار را می‌توان از سال ۱۸۵۰ میلادی به بعد در دنیا مشاهده کرد، البته تکنولوژی ساخت و شیوه استفاده از آن در طی این سال‌ها به شکل قابل توجهی تغییر کرده است^۱. آنچه امروزه، شکل متداول مصرف دخانیات را در دنیا تشکیل می‌دهد سیگارهای فیلتردار هستند که از هفتادسال قبل با افزودن فیلتر به سیگارهای قدیمی تولید شده‌اند.

1. <http://www.madehow.com/Volume-2/Cigarette.html>

استفاده سنتی از تنباکو توسط بومیان قاره آمریکا

کشف قاره آمریکا و توجه کاشفان اسپانیایی به استعمال تنباکو

**کشت گسترده تنباکو در هند توسط اسپانیایی‌ها در سال ۱۵۳۰ میلادی
شروع کشت صنعتی تنباکو در ایالات متحده آمریکا در سال ۱۶۱۲ میلادی**

افتتاح اولین کارخانه تولید سیگار در سال ۱۸۵۰ میلادی در روسیه

**اضافه شدن فیلتر به سیگار در دهه ۱۹۵۰ میلادی
تولید سالانه ۵ تریلیون عدد سیگار فیلتردار در دنیا در حال حاضر**

تاریخچه پیدایش سیگار فیلتردار

ماده اصلی تشکیل‌دهنده انواع سیگار؛ از جمله سیگار فیلتردار، گیاه تنباکو^۱ است که امروزه در کشورهایمانند چین، هند، برزیل، ترکیه و ایالات متحده آمریکا کشت می‌شود. تنباکوی برداشت‌شده طی مراحل مختلفی در کارخانه‌ها، به سیگار فیلتردار به‌عنوان یکی از پرمصرف‌ترین محصولات دنیای امروز تبدیل می‌شود که از جنبه‌های متعدد مالی و اقتصادی تا بهداشتی و زیست‌محیطی دارای اهمیت است. به‌طور کلی مراحل تولید سیگار فیلتردار از کاشت تنباکو تا بسته‌بندی نهایی در کارخانه به شکل زیر است:

۱. کشت تنباکو

گیاه تنباکو به‌عنوان ماده اصلی تشکیل‌دهنده سیگار طی پروسه کشاورزی تولید می‌شود. در ابتدا نیاز است تا بذر تنباکو در یک مکان مناسب رشد کند و زمانی که ارتفاع آن به حدود ۲۵ سانتیمتر رسید آن را به مزارع انتقال می‌دهند، پس از رشد کامل گیاه، برداشت برگ‌های تنباکو با چیدن آن از ساقه انجام خواهد شد.

۲. فرآوری برگ تنباکو

در این مرحله برگ‌های برداشت‌شده به‌دقت خشک می‌شوند و رطوبت آن‌ها به‌طور کامل گرفته می‌شود، برای این کار از جریان هوا یا حرارت استفاده می‌شود.

۳. تنظیم رطوبت برای مراحل بعدی

در این مرحله برگ‌های خشک‌شده برای محافظت از شکستگی در زمان حمل و جابجایی در محفظه‌های مرطوب قرار داده می‌شوند.

1. Nicotiana tabacum



شکل شماره ۱: گیاه تنباکوی مورد استفاده در ساخت سیگار

۴. دسته‌بندی

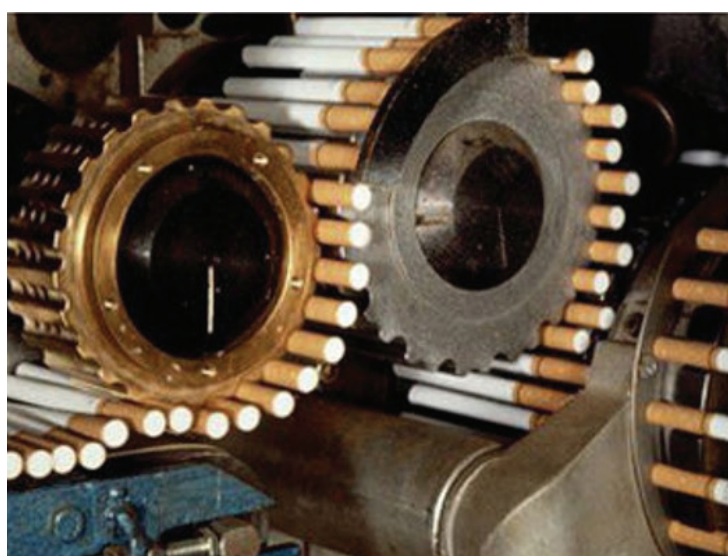
برگ‌ها پس از خشک شدن و جداسازی، بر اساس اندازه، رنگ و کیفیت، طبقه‌بندی و تفکیک می‌شوند.

۵. پردازش

در این مرحله برای تقویت طعم، برگ‌های تنباکو به مدت یک تا سه سال در بشکه‌های مخصوصی نگهداری می‌شوند. سپس با مرطوب‌سازی مجدد، بخش‌های اضافی برگ‌ها جدا می‌شوند و برای ایجاد طعم در برگ‌ها، انواع مختلف تنباکو با یکدیگر ترکیب می‌گردند.

۶. تولید سیگار

در مرحله پایانی، برگ‌ها را مخلوط کرده و سپس خرد می‌کنند؛ همچنین برای ایجاد طعم، موادی مانند عصاره میوه یا مواد شیمیایی نیز به آن‌ها اضافه می‌شود، سپس برگ‌های فرآوری شده در کاغذهای لفافه بزرگ، پخش شده و در اندازه‌های دلخواه بریده می‌شوند، در نهایت فیلتر به انتهای هر سیگار اضافه می‌شود و در بسته‌بندی‌هایی که معمولاً بیست عددی است قرار می‌گیرند.



شکل شماره ۲: خط تولید سیگار فیلتردار

هرچند سیگار به‌عنوان یک کالای جدید به‌سرعت مورد استقبال و استفاده قرار گرفت و توانست با گردش مالی قابل‌توجهی در اقتصاد دنیا مطرح شود، ولی به‌تدریج مشکلات و مضرات آن برای انسان نمایان شد. پس از سال‌ها و با مشخص شدن بیماری‌زایی دود سیگار برای افراد سیگاری و بروز بیماری‌هایی؛ مانند سرطان ریه و بیماری‌های قلبی، در دهه ۱۹۵۰ از فیلتر در سیگارها استفاده شد، درواقع فیلتر سیگار به‌عنوان ابزاری برای به دام انداختن مواد سمی موجود در دود سیگار و محافظت از سلامت افراد حین استعمال تنباکو مورد استفاده قرار گرفت. درنتیجه این تغییر، به‌تدریج استفاده از سیگارهای فیلتردار رواج یافت به‌نحوی که امروزه حدود ۹۹ درصد از مصرف تنباکو، به شکل سیگارهای فیلتردار است (۱). فیلتر سیگار از سلولز که یک پلیمر طبیعی با منشأ گیاهی است و دارای ساختار متراکم از الیاف وای (Y) شکل درهم‌تنیده است ساخته می‌شود (۲،۱). هرچند سلولز به‌راحتی و در حضور ارگانیک‌های برخوردار از آنزیم سلولاز قابل‌تجزیه است، ولی مراحل طی شده در فرآیند تولید سبب می‌شود که فیلتر سیگار یک ماده غیرقابل‌تجزیه بیولوژیکی باشد؛ بااین‌حال فیلتر سیگار در حضور نور به کندی و در طی چند ماه تجزیه می‌شود (۳،۱). آنچه سبب تجزیه‌ناپذیری فیلترهای سیگار شده است افزودن مواد شیمیایی در فرآیند ساخت فیلترها با هدف بهبود عملکرد آن‌ها در به دام انداختن آلاینده‌های دود سیگار و افزایش مقاومت آن‌ها در برابر حرارت است. در فرآیند تولید فیلتر سیگار دو ماده آنیدرید استیک^۱ و اسید استیک^۲ به الیاف سلولز اضافه می‌شود تا آن را به الیاف سنتتیک استات سلولز تبدیل کند. به این فرآیند، اصطلاحاً استیلاسیون^۳ گفته می‌شود، علاوه بر این در فرایند تولید فیلتر سیگار مواد دیگری نیز به کار می‌روند، ازجمله مواد پلاستیزایسر؛ مانند پلی‌اتیلن گلیکول که به الیاف سنتتیک استات سلولز اضافه می‌شود (۳).

۲-۱- میزان مصرف سیگار فیلتردار در دنیا

مصرف تنباکو به‌عنوان یکی از پدیده‌های رایج در جوامع مختلف، به یکی از عوامل مرگ و صدمات قابل‌پیشگیری در انسان تبدیل شده است، به‌نحوی که سالانه حدود شش میلیون مرگ به مصرف تنباکو نسبت داده شده است (۴). علاوه بر مرگ‌ومیر منتسب به استعمال تنباکو، شاخص‌های حیاتی (سلامتی) دیگری نظیر کاهش طول عمر و نقص عملکرد اعضای بدن نیز وجود دارند که نشان‌دهنده اثرات سوءمصرف تنباکو و دخانیات بر سلامت افراد هستند (۵). سیگار، شکل غالب مصرف تنباکو در دنیا است و هرچند این موضوع در تمام کشورها وجود دارد، ولی میزان مصرف سیگار و سرانه آن در کشورهای مختلف با یکدیگر متفاوت است (۴،۵). درعین‌حال روند گرایش به مصرف سیگار و میزان سرانه مصرف سیگار طی دهه‌های گذشته تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در دنیا داشته است. تغییرات مصرف سیگار در دنیا را می‌توان از دو جنبه بررسی کرد، ازیک‌طرف با در نظر گرفتن افراد سیگاری در دنیا می‌توان تغییرات آن را در دهه‌های اخیر رو به افزایش دید به‌نحوی که از سال ۱۹۸۰ تا سال ۲۰۱۲ میلادی تعداد افراد سیگاری برآورد شده در دنیا از حدود ۷۲۰ میلیون نفر به حدود یک میلیارد نفر افزایش یافته بود (۴).

1. acetic anhydride
2. acetic acid
3. acetylation



شکل شماره ۳: استعمال سیگار علیرغم هشدارهای بهداشتی

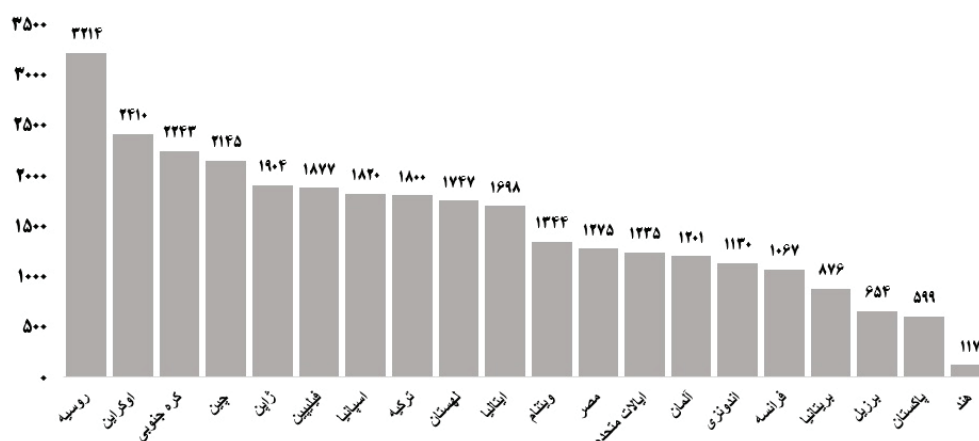
از طرف دیگر با بررسی تعداد سیگار استعمال شده در افراد سیگاری دنیا می‌توان دید که در همین بازه زمانی، میانگین مصرف سیگار در افراد سیگاری در هر دو جنس مرد و زن کاهش یافته است. بررسی انجام شده در ۵۰ کشور توسعه‌یافته و ۱۳۷ کشور در حال توسعه در فاصله سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۲ میلادی نشان داد که فراوانی استعمال روزانه سیگار در مردان و زنان هر دو گروه از کشورها در حال کاهش است و همچنین در بین مردان کشورهای در حال توسعه و کشورهای توسعه‌یافته نیز تفاوت چشمگیری در تعداد روزانه مصرف سیگار دیده نشد به‌طوری‌که در هر دو گروه، از حدود ۴۰ درصد در سال ۱۹۸۰ به حدود ۳۰ درصد در سال ۲۰۱۲ رسید. این در حالی است که فراوانی استعمال روزانه سیگار در بین زنان کشورهای در حال توسعه به مراتب کمتر از زنان کشورهای توسعه‌یافته بود و این میزان برای کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه به ترتیب حدود ۱۸ درصد و حدود ۵ درصد در سال ۲۰۱۲ میلادی گزارش شد که البته در هر دو گروه از کشورها نسبت به مردان بسیار کمتر است (۵).

عوامل متعددی در میزان مصرف سیگار توسط افراد سیگاری و همچنین جمعیت افراد سیگاری در دنیا مؤثر است که فشار تولیدکنندگان سیگار در تشویق افراد به مصرف آن، یکی از مهم‌ترین عوامل است (۴). در نتیجه این فشارها و نیز افزایش تعداد افراد سیگاری در جوامع می‌توان افزایش عوارض مصرف سیگار بر سلامت و مرگ‌ومیر ناشی از آن را در دنیا متصور بود به‌نحوی که سازمان جهانی بهداشت میزان مرگ تجمعی ناشی از مصرف تنباکو را در قرن بیست و یکم تا حدود یک میلیارد مورد پیش‌بینی کرده است در حالی که این میزان در قرن بیستم حدود یکصد میلیون مورد بود (۴).

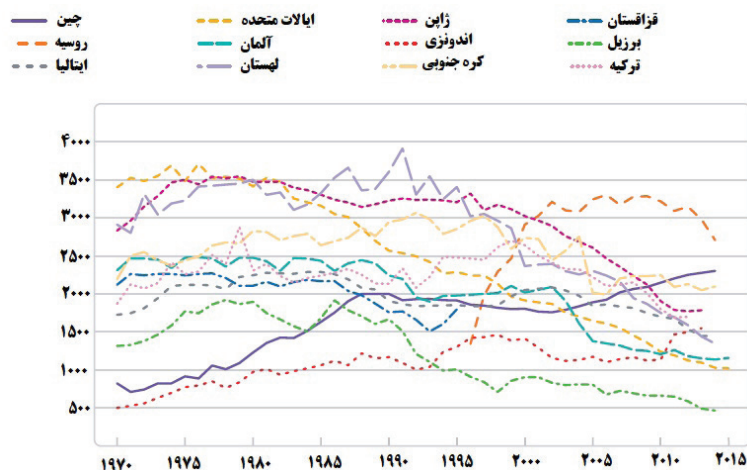
شکل شماره ۴ میزان مصرف سرانه سیگار را در سال ۲۰۱۰ و در جمعیت بالای ۱۵ سال برخی از کشورهای جهان نشان می‌دهد. بر این اساس کشورهای روسیه و اوکراین با بیش از ۳۲۰۰ و ۲۴۰۰ عدد، بالاترین سرانه را دارند و کشورهای پاکستان و هند به ترتیب با ۵۹۹ و ۱۱۷ عدد کمترین سرانه مصرف سیگار را دارند (۴).

روند تغییرات سرانه مصرف سیگار در تمام کشورها یکسان نیست به‌گونه‌ای که می‌توان کشورهای مختلف را بر این اساس به سه گروه تقسیم کرد. برخی از کشورها در طی دهه‌های گذشته با افزایش سرانه مصرف سیگار در بین افراد جامعه روبه‌رو بوده‌اند که کشور چین و اندونزی نمونه‌هایی از این کشورها هستند و در بین این کشورها چین با

افزایش سرانه مصرف از کمتر از ۱۰۰۰ عدد در سال ۱۹۷۰ میلادی به بیش از ۲۰۰۰ عدد در سال ۲۰۱۵ میلادی رشد چشمگیری را در سرانه مصرف سیگار نشان می‌دهد. در روندی معکوس، برخی کشورها طی دهه‌های اخیر کاهش سرانه مصرف سیگار را تجربه کرده‌اند که ایالات متحده آمریکا، ژاپن، آلمان و برزیل جزو این گروه هستند. در ایالات متحده آمریکا و در برزیل سرانه مصرف سیگار در سال ۱۹۷۰ میلادی به ترتیب حدود ۳۵۰۰ و حدود ۱۴۰۰ بود که با روندی کاهشی در سال ۲۰۱۵ میلادی به ۱۰۰۰ (آمریکا) و ۵۰۰ عدد (برزیل) رسید.



شکل شماره ۴: سرانه مصرف سیگار در سال ۲۰۱۰ میلادی در کشورهای مختلف



شکل شماره ۵: روند تغییرات سرانه مصرف سیگار در برخی از کشورها

با این وجود در برخی از کشورها روند تغییرات سرانه مصرف سیگار را می‌توان تقریباً ثابت و یا با شیب اندکی رو به افزایش یا کاهش دید که ایتالیا، روسیه و کره جنوبی نمونه‌هایی از این کشورها هستند (۴). علاوه بر میانگین سرانه، پارامتر مهم دیگری که در مصرف سیگار در یک کشور اثرگذار است، جمعیت افراد سیگاری و تعداد آن‌هاست. با لحاظ کردن این شاخص، آمارهای ارائه شده نشان می‌دهد که چین بزرگ‌ترین کشور مصرف‌کننده سیگار در دنیا است و طی دهه‌های اخیر نیز این روند همچنان صعودی بوده است. این در حالی است که

میزان مصرف سیگار در کشورهای ایالات متحده آمریکا و ژاپن در همین مدت به مراتب کمتر بوده است. روند تغییرات کل مصرف سیگار در کشورهای مختلف مشابه با تغییراتی است که در مورد سرانه مصرف سیگار گزارش شده است؛ به‌طور نمونه می‌توان به افزایش مصرف سیگار در چین از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۵ اشاره کرد. در عین حال در همین دوره زمانی اندونزی با افزایش مصرف سیگار مواجه بوده است. این در شرایطی است که در همین دوره ایالات متحده آمریکا میزان کل مصرف سیگار را کاهش داده و تقریباً به نصف رسانده است (۴).

به‌طور کلی روند تغییرات مصرف سیگار در کشورهای مختلف یکسان نیست، ضمن اینکه این تغییرات برای یک کشور خاص نیز به‌صورت خطی مشاهده نمی‌شود و میزان مصرف سیگار در مناطق مختلف دنیا از الگوی متفاوتی تبعیت کرده است (۴). با این حال به‌طور کلی برخی از منابع میزان تولید سیگار فیلتردار در دنیا را سالانه ۵/۵ تریلیون عدد بیان کرده‌اند.

سیگارهای فیلتردار که امروزه حدود ۹۹ درصد از مصرف سیگار در دنیا را شامل می‌شوند از دو بخش اصلی تشکیل شده‌اند که عبارت‌اند از تنباکوی فراوری شده و فیلتری که توسط یک کاغذ پوششی احاطه می‌شود. توجه به ساختار تشکیل‌دهنده سیگار به‌خوبی نشان می‌دهد که پس از مصرف، فیلتر آن به‌عنوان یک پسماند باقی خواهد ماند که یک پیامد بسیار مهم از پیدایش و استعمال سیگار در دنیا، تأثیر همین جزء سیگار بر محیط‌زیست و ارکان آن است. باید توجه داشت که پس از مصرف سیگار، پسماند باقی‌مانده از آن نیز شامل فیلتر سیگار است، اما با این تفاوت که ساختار فیزیکی و شیمیایی آن تغییر کرده است (۶). توجه به این نکته که سیگار دارای هزاران ماده شیمیایی است که بیش از یک‌صد نوع آن پتانسیل سرطان‌زایی و جهش‌زایی دارند، سبب شده است که ته‌سیگار به‌عنوان یک ماده با سمیت بالا شناخته شود (۷، ۸) و این موضوع اهمیت آلودگی ته سیگار را به‌عنوان پسماند ناشی از استعمال دخانیات بیشتر خواهد کرد؛ بنابراین توجه به ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند نوپدید که ارتباط مستقیمی با نرخ استعمال سیگار در دنیا دارد به‌عنوان یک ضرورت زیست‌محیطی و بهداشتی نیازمند به تدوین راه‌حلی کارآمد و جامع برای حفظ محیط‌زیست در برابر مضرات آن قابل بررسی است.

فصل دوم: ته‌سیگار به عنوان یک پسماند

ته‌سیگار به عنوان یک زباله مهم رها شده^۱ بر روی زمین شناخته می‌شود و در بحث مدیریت پسماند، نمونه‌ای منحصربه‌فرد با جنبه‌های اهمیت و چالش‌های متفاوت است. کمیت این پسماند در دنیا رو به افزایش است و تاکنون برنامه کاربردی برای کنترل آن ارائه نشده است و هرروز در اثر استعمال سیگار، پسماندی در حال تولید است که می‌تواند اثرات متعددی به همراه داشته باشد، برای ارائه الگوی مدیریت این پسماند، شناخت کمیت و ویژگی‌های آن ضروری است. با توجه به اینکه تحقیقات در موضوع ته‌سیگار به عنوان یک پسماند سابقه چندانی ندارد؛ لذا اطلاعات چندانی در این زمینه در دسترس نیست؛ باین حال تحقیقات اندک انجام شده در سال‌های اخیر ابعاد مهمی از ویژگی‌های این پسماند خطرناک را به عنوان یک پسماند فراگیر روشن کرده است.

۲-۱- کمیت ته‌سیگار

با توجه به نرخ بالای مصرف سیگار در دنیا که قبلاً به آن اشاره شد، ته‌سیگار را می‌توان یکی از پرتعدادترین پسماندهای دنیا اعلام کرد. با توجه به آمار تولید سالیانه بیش از پنج تریلیون عدد سیگار در دنیا (۹) انتظار می‌رود متناسب با همین تعداد، ته‌سیگار در سطح جهان در نتیجه استعمال سیگار تولید شود. در یکی از برآوردهای اعلام شده در زمینه میزان تولید ته‌سیگار در دنیا به تولید روزانه هشتاد و سه میلیارد عدد ته‌سیگار در دنیا اشاره شده است (این میزان در ارتباط با استعمال سیگار توسط ۷۳ درصد از جمعیت بالای ۱۴ سال بیان شده است) (۱۰). همچنین بر اساس برآوردها تا سال ۲۰۳۰ میلادی فقط در محیط‌های شهری روزانه ۵۰ میلیارد سیگار مصرف شود که معادل ۶۰ درصد از کل مصرف روزانه دنیا خواهد بود. با توجه به اینکه ته‌سیگارها اغلب به شکل مناسبی توسط افراد سیگاری دفع نمی‌شوند و معمولاً در معابر شهری و محیط‌زیست رها می‌شوند؛ لذا چنین رفتاری سبب می‌شود که این پسماند به‌طور چشمگیری در اطراف ما دیده شود (۱۰-۱۴).

در هر صورت، صرف نظر از شیوه دفع ته‌سیگار توسط افراد سیگاری، کمیت ته‌سیگار در دنیا به‌طور مستقیم به تولید سیگارهای فیلتردار و نرخ مصرف سیگار در جوامع وابسته است؛ بنابراین هرچند تحقیق جامعی تاکنون در مورد تولید ته‌سیگار در کشورهای مختلف صورت نگرفته است، ولی به راحتی می‌توان با دسترسی به اطلاعات مربوط به مصرف سیگار در هر جامعه میزان ته‌سیگار تولید شده در آن جامعه را محاسبه کرد. در این خصوص هرچند اطلاعات بخش بازرگانی و فروش سیگار و تجارت سیگار را می‌توان به عنوان دقیق‌ترین داده‌ها در نظر گرفت، ولی در برخی منابع علمی نیز میزان تولید و مصرف سیگار در هر جامعه بیان شده است؛ به عنوان نمونه گفته شده، که در سال ۲۰۰۷ میلادی در ایالات متحده آمریکا ۱/۳۵ تریلیون عدد سیگار فیلتردار تولید شده است و در همان سال در این کشور ۳۶۰ میلیارد عدد سیگار فیلتردار مصرف شده است (۱۵)، از این رو انتظار می‌رود در سال ۲۰۰۷ میلادی در ایالات متحده ۳۶۰ میلیارد عدد ته‌سیگار تولید شده باشد که با توجه به شیوه دفع آن توسط افراد سیگاری، یا وارد سیستم مدیریت پسماند شهری شده و یا بر روی زمین رها شده‌اند.

تولید سالانه ۴/۵ تریلیون عدد ته‌سیگار در دنیا برآوردی است که در بسیاری از مراجع علمی به آن اشاره شده است (۱۶، ۱۴، ۷). هرچند که تولید چنین تعداد زیادی از یک پسماند در دنیا نکته مهمی است، ولی به دلیل اندازه کوچک

1. Litter

پسماندهای جامدی که در سطل زباله دفع نشده‌اند و توسط افراد در محیط رها شده‌اند.

ته‌سیگار، موضوع مهم و قابل تأملی در اذهان عمومی نیست. این در صورتی است که بر اساس برآوردها، تولید ته‌سیگار در دنیا به دلیل افزایش جمعیت دنیا و نیز افزایش نرخ مصرف سیگار رو به افزایش است. به‌هرحال پیش‌بینی شده است که در سال ۲۰۲۵ میلادی، حدود ۵۰ درصد به میزان ته‌سیگار رها شده در محیط اضافه شود (۱۴). بر همین اساس برآورد شده است که در سال ۲۰۲۵ میلادی بیش از ۶/۵ تریلیون عدد ته‌سیگار در دنیا تولید شود.



شکل شماره ۶: ته‌سیگارهای رها شده در سواحل



شکل شماره ۷: ته‌سیگارهای رها شده در معابر

در شرایط کنونی برآورد می‌شود که وزن ته‌سیگارهای رها شده بر روی زمین در دنیا به ۱/۲ میلیون تن در سال برسد (۱۴) و با توجه به پیش‌بینی‌ها در سال ۲۰۲۵ میلادی نیز ۵۰ درصد افزایش پیدا کند. چنین تعداد بالایی از رها شدن یک نوع پسماند بر روی زمین در دنیا سبب شده است که ته‌سیگار به‌عنوان شایع‌ترین زباله رهاشده در سطح شهرها (۱۵-۱۷)، سواحل (۱۸-۲۵)، جاده‌ها (۲۶، ۲۷)، اماکن عمومی مانند دانشگاه‌ها (۲۸) و حتی محیط‌های آبی و دریایی (۲۹-۳۲) شناخته شود، از این رو ته‌سیگار، رایج‌ترین و فراگیرترین پسماند رهاشده بر روی زمین (۱۶) و به لحاظ تعداد بیشترین پسماند رهاشده در سطح جهان است (۷).



شکل شماره ۸:
ته‌سیگارهای رهاشده در کنار جاده‌ها

**تولید سالانه بیش از پنج تریلیون عدد ته سیگار
وزن ته سیگار تولید شده در سال معادل ۱/۲ میلیون تن**

۳:

کمیت ته سیگار

**تولید سالانه بیش از شصت و پنج میلیارد عدد ته سیگار
وزن ته سیگار تولید شده در سال معادل ۱۹۵۰۰ تن**

۲:

کمیت ته سیگار در دنیا و ایران

۲-۲- نسبت ته‌سیگار رهاشده بر روی زمین

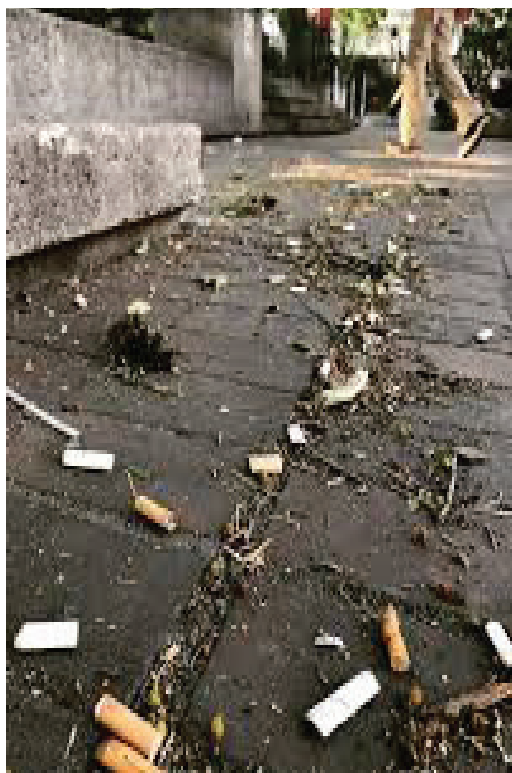
ته‌سیگار، علاوه بر اینکه یک زباله رها شده پرتعداد در سطح دنیاست و دارای آلودگی‌های متعددی می‌باشد ویژگی‌های دیگری نیز دارد که سبب می‌شود به‌عنوان یک چالش در مدیریت پسماند مطرح باشد. یکی از معضلات در مدیریت ته‌سیگار، پیامدهای ناشی از نحوه دفع آن توسط افراد سیگاری است. متأسفانه اغلب افراد سیگاری، ته‌سیگار را به شکل مناسب و در سطل‌های زباله دفع نمی‌کنند، بلکه آن را بر روی زمین رها می‌کنند. به دلیل تعداد بالای

تھسیگار رها شده در محیط‌زیست، برخی از محققان در مطالعات خود، این پسماند را در یک دسته جداگانه قرار داده‌اند، باین‌حال در برخی از تحقیقات در مورد زباله‌های رها شده در محیط‌زیست و محیط‌های شهری، تھسیگار در طبقه‌بندی پلاستیک قرار گرفته است. این طبقه‌بندی به دلیل انجام عملیات پردازش در مراحل تولید فیلتر سیگار است که در آن ترکیبات پایه پلاستیک^۱ به الیاف استات سلولز مصنوعی تولید شده از سلولز طبیعی اضافه می‌شود (۶). هرچند که اطلاعات مستند اندکی از میزان تھسیگار رها شده بر روی زمین در نقاط مختلف جهان وجود دارد، ولی تمام منابعی که به این موضوع پرداخته‌اند درصد بسیار بالایی از رها کردن تھسیگار را بر روی زمین بیان کرده‌اند؛ به‌عنوان نمونه گزارش شده است که در سال ۲۰۰۱ میلادی میزان تھسیگار رها شده بر روی زمین معادل ۷۵ تا ۹۷ درصد از مصرف سیگار بوده است (۷) و گزارش‌های دیگری این نسبت را در سال‌های متفاوت ۷۶ درصد (۱۷) و ۸۴ درصد (۳۳) برآورد کرده‌اند که نشان‌دهنده تأثیر رفتار افراد سیگاری در کمیت این پسماند است. دلایل متعددی را می‌توان برای دفع نامناسب تھسیگار توسط افراد سیگاری بیان کرد. هر یک از این دلایل از جنبه‌های مختلفی قابل‌بررسی است و از نظر فردی، اجتماعی و قانونی می‌تواند مورد توجه باشد. نبود قوانین بازدارنده دفع تھسیگار؛ مانند تعیین و اعمال جریمه، فقدان آموزش عمومی مناسب در مورد اثرات مخرب تھسیگار، فعالیت ناکافی کمپین‌ها و سازمان‌های مردم‌نهاد^۲ در این زمینه و عدم مسئولیت سازندگان و فروشندگان سیگار در قبال تھسیگار، برخی از مهم‌ترین دلایل این امر می‌باشند (۲، ۶).

خلاصه ۱

- تولید سالانه ۵/۵ تریلیون عدد تھسیگار در دنیا.
- بالاترین تعداد زباله رها شده بر روی زمین در دنیا را تھسیگار تشکیل می‌دهد (۴/۵ تریلیون عدد در سال)
- پیش‌بینی افزایش ۵۰ درصدی تولید و رهاسازی تھسیگار بر روی زمین در دنیا به علت افزایش مصرف و افزایش شمار افراد سیگاری.
- اندازه کوچک تھسیگار سبب شده است که افراد جامعه متوجه اهمیت آن نباشند.
- در حال حاضر وزن تھسیگار رها شده بر روی زمین در دنیا سالانه ۱/۲ میلیون تن است.
- تھسیگار، رایج‌ترین زباله رها شده بر روی زمین در دنیا به‌ویژه در شهرها و سواحل است.

1. plasticizing compounds
2. NGO



شکل شماره ۹:
ته‌سیگارهای رها شده در معابر شهری

میزان بالای ته‌سیگار رها شده بر روی زمین به‌طور مستقیم و شدیداً متأثر از رفتار افراد سیگاری است و لذا در سراسر دنیا و در تمام کشورهای توسعه‌یافته و کمتر توسعه‌یافته، کمبود امکانات و تجهیزات مدیریت پسماند تأثیر چندانی در این موضوع ندارد. بررسی رفتار افراد سیگاری نشان می‌دهد که اغلب آن‌ها ته‌سیگار را بر روی زمین می‌اندازند و محققان با استفاده از روش‌های تحقیقی؛ مانند پرسش از افراد سیگاری نیز این نکته را تأیید کرده‌اند. در یکی از این مطالعات، ۷۴ درصد از پرسش‌شوندگان پاسخ داده‌اند که در اغلب مواقع ته‌سیگار را بر روی زمین رها می‌کنند (۲۷). علت رها کردن ته‌سیگار بر روی زمین توسط افراد سیگاری را می‌توان در نگرش آن‌ها به ته‌سیگار و همچنین در میزان در دسترس بودن سایر روش‌های دفع صحیح ته‌سیگار جستجو کرد. در نتایج مطالعات مختلف بیان شده است که برخی از افراد سیگاری ته‌سیگار را دارای خطرات جدی برای محیط‌زیست نمی‌دانند و حتی فکر می‌کنند که این پسماند، تجزیه‌پذیر است، علاوه بر این نسبت افراد سیگاری که ته‌سیگار را به‌عنوان یک پسماند سمی می‌دانند نسبت به افراد غیر سیگاری با این نگرش کمتر است، باین حال برخی از آن‌ها از رها کردن ته‌سیگار ناخشنود هستند ولی روش جایگزینی را سراغ ندارند (۱).



شکل شماره ۱۰: ته‌سیگارهای جمع‌آوری شده در یک ساحل

در بسیاری از مناطق شهری که ما ته‌سیگارها را به شکل زباله رها شده^۱ بر روی زمین مشاهده می‌کنیم، سطل زباله نیز در فواصل معینی تعبیه شده است، ولی مصرف‌کنندگان سیگار، ته‌سیگار را در آن‌ها نمی‌اندازند، به نحوی که بر اساس نتایج یک بررسی، علیرغم وجود سطل زباله در هر ۲۴ متر، بازهم ته‌سیگار رها شده در سطح شهر وجود داشت و این شرایط سبب شد که در هر ساعت به‌طور میانگین ۵.۵ عدد ته‌سیگار بر روی زمین در این منطقه مشاهده شود (۱۷). باید توجه داشت که فاکتورهای متعددی در رها سازی انواع زباله‌ها از جمله ته‌سیگار بر روی زمین (و نه در مخازن جمع‌آوری) مؤثر است که رفتارهای اجتماعی، یکی از مهم‌ترین فاکتورها است (۳۴)، علاوه بر این یکی دیگر از دلایلی که سبب شده است تا ته‌سیگار به‌عنوان فراوان‌ترین زباله رها شده در دنیا به‌ویژه در سواحل وجود داشته باشد، نبود قوانین کارآمد و مؤثر در پیشگیری از رها کردن ته‌سیگار بر روی زمین در اکثر کشورهاست. در این زمینه به‌استثنای کشورهای دارای قوانین منع رها کردن ته‌سیگار بر روی زمین، در اکثر کشورها فشار قانونی مؤثری بر افراد برای جلوگیری از رها کردن ته‌سیگار بر روی زمین در محیط‌های شهری و عمومی وجود ندارد (۳۵)، البته منع استعمال دخانیات در برخی از کشورها برای محیط‌های بسته اعمال می‌شود. این قوانین هرچند در حفظ سلامت افراد در محیط‌هایی؛ مانند رستوران، ایستگاه‌های حمل‌ونقل شهری، ورزشگاه‌ها و رستوران‌ها بسیار مفید و کارآمد است، باین حال با توجه به اینکه سبب خروج افراد سیگاری از این محیط‌ها برای استعمال سیگار می‌شود، سبب افزایش تعداد ته‌سیگار رها شده بر روی زمین در محیط‌های شهری و معابر خواهد شد (۱۰).

با توجه به این واقعیت که ته‌سیگارها اغلب بر روی زمین رها می‌شوند (و نه در مخازن جمع‌آوری)، >آوری این احتمال وجود دارد که این پسماندهای خطرناک وارد جریان‌های آبی شوند و در نهایت به دریاها و اقیانوس‌ها راه پیدا کنند به خصوص که سواحل یکی از آلوده‌ترین مکان‌ها به ته‌سیگار است. نتایج مطالعات متعدد انجام شده در سواحل نشان داده است که ته سیگار از مهم‌ترین زباله‌های رها شده بر روی زمین در این مناطق است؛ به‌عنوان نمونه در سال ۱۹۹۷ میلادی طی برنامه جمع‌آوری زباله رها شده از ۵۰۰۰ محل ساحلی در ۹۰ کشور دنیا، میزان ۱۹/۱ درصد

1. litter

از زباله‌های جمع‌آوری‌شده، ته‌سیگار بود درحالی‌که این میزان در سال ۱۹۹۰ میلادی حدود ۱۲ درصد بود (۱۴). همچنین ۲۱ درصد از زباله‌های جمع‌آوری‌شده توسط کمپین بین‌المللی نظافت سواحل در سال ۲۰۰۹ میلادی متعلق به ته‌سیگار بود که این میزان، دو برابر بیشتر از سایر انواع زباله‌ها بود (۳۶). همچنین ۲۰۴۳۴۷۰ عدد ته‌سیگار در سال ۲۰۱۳ میلادی در طی نظافت سواحل جمع‌آوری شد که بیشترین نوع زباله جمع‌آوری‌شده بود (۳۷). فراوانی ته‌سیگار سبب شده است که در برنامه‌های نظافت مناطق ساحلی در سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ میلادی که توسط سازمان‌ها و یا افراد داوطلب در کشورهای مختلف صورت گرفت این پسماند به‌عنوان پرتعدادترین زباله ره‌اشده شناخته شود.



شکل شماره ۱۱: ممنوعیت استعمال دخانیات در اماکن عمومی

علیرغم وجود چنین برنامه‌هایی، به دلیل اینکه ته‌سیگار، پسماندی کوچک و سبک است و همچنین در برخی مناطق، شبیه رنگ شن‌هاست، در سواحل شنی باقی می‌ماند و ماندگار می‌شود (۶). این شرایط سبب شده است که ته‌سیگار بخش مهمی از آلودگی دریایی را تشکیل دهد به‌نحوی که هم‌اکنون، جزو بیشترین پسماندهای دریایی به شمار می‌رود (۱۳، ۱۴). عوامل متعددی در تراکم ته‌سیگار در محیط‌های مختلف، از جمله سواحل تأثیرگذار است. این عوامل را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم کرد که عبارت‌اند از شرایط طبیعی؛ مانند جریان باد و جریانات آبی، رفتار افراد سیگاری در رها کردن ته‌سیگار بر روی زمین، و تناوب و کارآمدی برنامه‌های نظافت توسط سیستم مدیریت پسماند و گروه‌های داوطلب (۱). هرچند سبک بودن ته‌سیگار سبب می‌شود که این پسماند توسط باد جابه‌جا شود و یا با حرکت در زهکش‌های شهری و کانال‌ها به محل‌های دورتر از محل اولیه منتقل گردد، ولی رفتار افراد سیگاری در دفع غیر صحیح ته‌سیگار، مهم‌ترین علت تعداد بالای این ماده در محیط‌زیست و مناطق شهری است. نتایج تحقیقات بیشتر در بررسی ته‌سیگار رها شده بر روی زمین در کشورهای مختلف در جدول شماره ۱ بیان شده است.

جدول شماره ۱: میزان ته‌سیگار رها شده بر روی زمین در کشورهای مختلف (۳)

کشور	گزارش
استرالیا	رهاشدن سالانه ۲۴ تا ۳۲ میلیارد عدد ته‌سیگار
	۱۰ تا ۱۵ درصد از زباله‌های رها شده بر روی زمین در کشور، ته‌سیگار است.
	ته‌سیگار، ۱ تا ۱۱ درصد از زباله‌های رها شده بر روی زمین در برخی از سواحل کشور را تشکیل می‌دهد.
آلمان	تراکم متوسط ۲.۷ عدد ته‌سیگار در هر مترمربع در سطح شهر برلین
	سهم ۳۱ درصدی ته‌سیگار و فیلتر سیگار به لحاظ تعداد در بین کل زباله‌های رها شده بر روی زمین در سواحل
ایالات متحده آمریکا	سهم ۲۳ درصدی ته‌سیگار از زباله‌های رها شده بر روی زمین در نیوجرسی
	۱۲ درصد از کل زباله‌های دریایی، ته‌سیگار بود (با تعداد متوسط ۵۸ عدد در هر ۵۰۰ متر)
	در دو محوطه دانشگاهی با ۶۳ داوطلب و طی ۱ ساعت، ۲۳۸۸۵ عدد و با ۱۷ داوطلب و طی ۱ ساعت در دانشگاه دوم ۶۵۲۵ عدد ته‌سیگار جمع‌آوری شد که میانگین هر داوطلب در دو دانشگاه حدود ۳۸۰ عدد بود.
لیتوانی	سهم ۹ درصدی ته‌سیگار و فیلتر سیگار به لحاظ تعداد در بین کل زباله‌های رها شده بر روی زمین در سواحل
اسپانیا	بیشترین زباله رها شده بر روی زمین از نظر فراوانی در سواحل، ته‌سیگار بود با حداکثر مورد مشاهده شده ۶۸ عدد در هر متر
	تعداد ته‌سیگار جمع‌آوری شده در سواحل کاتالان در فصول مختلف به‌طور میانگین ۲.۲، ۲.۵ و ۳.۵ عدد در هر مترمربع گزارش شد.
ژاپن	میانگین ۱۵۰ عدد ته‌سیگار در هر کیلومتر از جاده‌ها
برزیل	۵ درصد از پسماندهای دریایی و شکل غالب زباله‌های رها شده در سواحل به‌صورت ته‌سیگار گزارش شد.
آرژانتین	ته‌سیگار، ۳۳ درصد از کل زباله‌های یک شهر ساحلی با تراکم میانگین ۱۴ عدد در هر مترمربع را تشکیل می‌داد.
بلغارستان	بیشترین تعداد زباله دریایی مشاهده شده به میانگین ۱۰۰۸ عدد
مالزی	ته‌سیگار، عمده‌ترین زباله رها شده در مالزی است. در یک تحقیق در سواحل مالزی ۱۳۱۹۳ عدد زباله رها شده بر روی زمین ساحل مشاهده شد که پرتکرارترین آن‌ها ته‌سیگار بود.
مراکش	مشاهده میانگین ۴/۹۴ عدد ته‌سیگار در هر متر از ساحل شنی مورد مطالعه
قبرس	در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ میلادی در ۱۰۵۰۰ مترمربع از ساحل مورد مطالعه به ترتیب ۱۵۵۷ و ۳۰۰۷ عدد ته‌سیگار، مشاهده و جمع‌آوری شد که بیشترین تعداد را در بین زباله‌های رها شده بر روی زمین به خود اختصاص می‌داد.

هرچند ته‌سیگار به‌عنوان پرتعدادترین زباله رها شده بر روی زمین در دنیا شناخته می‌شود، ولی اندازه کوچک و وزن کم آن نسبت به سایر انواع زباله‌های رها شده بر روی زمین سبب شده است که توجه چندانی به آن نشود. به‌طور کلی ته‌سیگار و پلاستیک، مهم‌ترین زباله‌های رها شده بر روی زمین هستند (۱۳، ۱۹، ۲۶)، ولی شرایط در مکان‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است؛ به‌عنوان نمونه در سواحل، شرایط به همین‌گونه است و آن‌گونه که اطلاعات جدول شماره ۱ نشان می‌دهد ته‌سیگار در سواحل آلمان از نظر تعداد، اولین و در سواحل لیتوانی، دومین زباله رها شده بر روی زمین به شمار می‌آید هرچند که از نظر وزن و حجم چنین جایگاهی ندارد (۲۱). با این حال در مناطق شهری و جاده‌ها شرایط متفاوت است. در مناطق شهری از نظر سطح اشغال شده، کاغذ و پلاستیک رتبه بالاتری از ته‌سیگار دارند هرچند که تعداد ته‌سیگار بیشتر است (۱۱) و در مناطق جاده‌ای علیرغم اینکه بیشترین تعداد زباله رها شده، ته‌سیگار است، ولی از نظر حجم و وزن تقریباً با کاغذ و پلاستیک هم‌تراز است (۲۶).

خلاصه ۲

- نسبت «انداختن ته‌سیگار بر روی زمین» به دفع صحیح آن بین ۷۶ تا بیش از ۹۰ درصد عنوان شده است.
- مهم‌ترین علت در نسبت بالای انداختن ته‌سیگار بر روی زمین، رفتار و عادت افراد سیگاری است.
- ته‌سیگار انداخته‌شده بر روی زمین می‌تواند به‌طور مستقیم وارد پهنه‌های آبی شود به‌نحوی که ته‌سیگار از پرتعدادترین زباله‌های دریایی شناخته می‌شود.
- ته‌سیگارهای انداخته‌شده بر روی زمین تحت تأثیر جریان‌ات آبی و باد در محیط پراکنده می‌شود و مناطق دورتر را نیز آلوده می‌کند.
- هرچند ته‌سیگار می‌تواند جزء پرتعدادترین زباله‌های رهاشده بر روی زمین در دنیا باشد، ولی با در نظر گرفتن سایر معیارها مانند وزن و حجم، از چنین رتبه‌ای در بین زباله‌های رهاشده بر روی زمین برخوردار نیست.

۲-۳- تفاوت مکانی و زمانی ته‌سیگار رها شده بر روی زمین

علیرغم اینکه ته‌سیگار، یک زباله رایج در محیط‌زیست و اماکن عمومی است، اما دارای توزیع غیریکنواختی در مکان‌ها و زمان‌های متفاوت است. نتایج مطالعات انجام‌شده در کشورهای مختلف در زمینه زباله‌های رها شده نظیر ته‌سیگارها نشان می‌دهد که تراکم زباله‌های رها شده و به‌ویژه ته‌سیگار در محیط‌های مورد مطالعه دارای نوسان بوده است. این شرایط بر پیچیدگی‌های مدیریت این نوع پسماندها خواهد افزود زیرا برنامه‌ریزی برای جمع‌آوری آن‌ها را با چالش مواجه خواهد کرد. عوامل متعددی می‌تواند در تغییرات تراکم زباله‌های رها شده نظیر ته‌سیگار در محیط‌زیست و حتی محیط‌های شهری مؤثر باشد. به‌طور کلی عوامل مؤثر بر میزان رهاسازی پسماندها به‌ویژه ته‌سیگار بر روی زمین را می‌توان در دو طبقه‌بندی کلی شامل عوامل رفتاری-اجتماعی و عوامل ساختاری و محلی ارزیابی کرد.

یکی از مهم‌ترین دلایل تفاوت تراکم ته‌سیگار رها شده بر روی زمین در جوامع مختلف و کشورهای مختلف میزان مصرف سیگار و سرانه مصرف آن در جامعه است. همان‌طور که در فصل قبل به این موضوع پرداخته شد میزان مصرف سیگار در کشورهای مختلف و حتی در شهرهای مختلف متفاوت است و طبیعی است که در جوامع با نرخ مصرف سیگار بالاتر، احتمال تولید ته‌سیگار و تجمع آن به‌عنوان یک پسماند در محیط‌زیست و محل‌های عمومی بیشتر خواهد بود، از سوی دیگر وجود قوانین مقابله با رهاسازی پسماندها و ته‌سیگارها بر روی زمین در کشورهای مختلف و میزان عمل به این قوانین دلیل مهمی برای تفاوت تراکم زباله‌ها و ته‌سیگارهای رها شده بر روی زمین در جوامع مختلف است. در جوامع دارای قوانین مقابله با رهاسازی پسماندها در محیط، به‌طور معمول نسبت پسماندها و ته‌سیگارهای رها شده کمتر از جوامعی است که فاقد چنین قوانینی هستند یا قوانین را به شکل کامل اجرا نمی‌کنند، از جهتی دیگر شرایط فیزیکی و ساختاری محل‌های مختلف، تأثیر قابل توجهی در میزان پسماندهای رها شده در محیط، از جمله ته‌سیگار دارد. وجود ظروف زباله به تعداد کافی و با فاصله مناسب و حتی تعبیه ظروف مخصوص دفع ته‌سیگار در معابر و محل‌های عمومی می‌تواند میزان رهاسازی این نوع از پسماند را در محیط کاهش دهد، علاوه بر این، وجود محل‌هایی با دسترسی محدود؛ مانند بوته‌های کنار جداول، کانال‌های جمع‌آوری رواناب سطحی، ایستگاه‌های دوچرخه و همانند آن که نظافت معابر را به‌ویژه در سیستم‌های سنتی با مشکل مواجه می‌کند در بقا و ماندگاری پسماندهای رهاشده نظیر ته‌سیگار و افزایش تراکم آن‌ها مؤثر خواهد بود.

با توجه به وجود رابطه مستقیم بین ته‌سیگار رهاشده در اماکن مختلف با تعداد افراد سیگاری و نحوه دفع ته‌سیگار

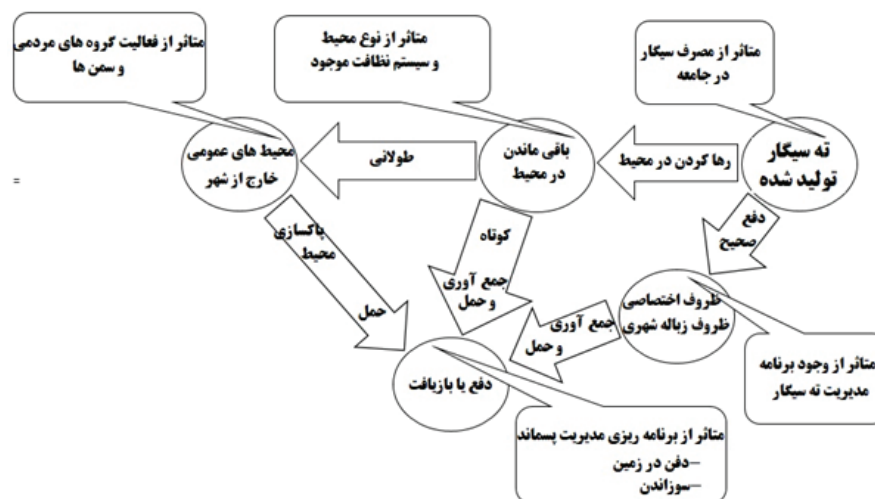
توسط آن‌ها، تعداد ته‌سیگار رها شده در هر مکان با متغیرهای زمانی و مکانی که بر تعداد افراد حاضر در آن مکان تأثیر می‌گذارد ارتباط دارد؛ به‌عنوان نمونه می‌توان به تأثیر تغییر فصل بر تعداد ته‌سیگار رها شده در اماکن مختلف شهری و تفریحی اشاره کرد. با توجه به اینکه در فصل گرم سال استفاده از اماکن عمومی شهری و مکان‌های تفریحی نسبت به فصل سرد سال بیشتر است، طبیعتاً به دلیل حضور افراد بیشتر در این مکان‌ها تعداد ته‌سیگار رها شده نیز بیشتر خواهد بود. این شرایط به‌ویژه در مورد اماکن گردشگری بیشتر صادق است به‌طوری‌که در بررسی انجام‌شده بر روی برخی از این اماکن مشخص شد که تعداد ته‌سیگار رها شده در فصل تابستان بیشتر است و میزان رهاسازی ته‌سیگار بر روی زمین در ایام تعطیل و پربازدید دو برابر سایر ایام است (۲۲). ضمن اینکه در تحقیقات دیگری نیز مشخص شده است که تعداد ته‌سیگار رها شده بر روی زمین در تابستان، بیشتر از پاییز است (۳۰). چنین شرایطی در روزهای مختلف هفته نیز وجود دارد و با توجه به تأثیر روزهای کاری و روزهای تعطیل بر تراکم جمعیت در مکان‌های مختلف، تعداد ته‌سیگار نیز تحت تأثیر این تغییرات قرار دارد، از این‌رو قابل پیش‌بینی است که در ایام کاری در سطح شهرها تعداد ته‌سیگار بیشتری نسبت به روزهای تعطیل بر روی زمین دیده شود، در صورتی‌که این شرایط برای اماکن تفریحی و گردشگری می‌تواند برعکس باشد. نتایج مطالعه انجام‌شده در برزیل به‌خوبی نشان داده است که تعداد ته‌سیگار رها شده بر روی زمین در روزهای تعطیل در اماکن تفریحی دو برابر سایر روزهای هفته است (۲۳). برخلاف سواحل و مراکز تفریحی که دارای تفاوت چشمگیر تراکم ته‌سیگار در زمان‌های متفاوت هستند، در مناطق شهری چنین تفاوتی مشاهده نمی‌شود (۱۰). تنها عاملی که در مناطق شهری با کاربری شهری یکسان می‌تواند سبب تفاوت در تعداد ته‌سیگار رها شده شود، فاصله زمانی نظافت معابر توسط شهرداری‌هاست و اگر این فاصله، روزانه باشد طبیعتاً تفاوتی در تعداد ته‌سیگار رها شده وجود نخواهد داشت. باین‌حال در مناطق دارای کاربری تجاری کوچک، ادارات و مدارس ممکن است، تعداد ته‌سیگار رها شده در آخر هفته و شب بیشتر باشد که به علت تأثیر وقفه در نظافت معابر خواهد بود (۱۰).

از طرف دیگر تعداد ته‌سیگار رها شده در مناطق مختلف یک شهر با یکدیگر متفاوت است و این موضوع در مطالعات مختلف ثابت شده است. بر همین اساس، علیرغم آنکه ته‌سیگار به‌عنوان بیشترین زباله رها شده شهری شناخته می‌شود، ولی دارای توزیع یکسانی در شهر نیست (۱۰، ۱۵). علت اصلی تغییر در تعداد ته‌سیگارهای رها شده، کاربری‌های مختلف شهری است که سبب تغییر در تراکم جمعیت می‌شود، ضمن اینکه نوع فعالیت جمعیت در هر کاربری، تأثیر مهمی بر میزان استعمال سیگار دارد، درواقع تراکم استفاده‌کنندگان و کاربران در اماکن مختلف سبب می‌شود تعداد ته‌سیگار رها شده در آن مکان بیشتر باشد؛ بنابراین در شرایط زمانی یکسان در مکان‌هایی با تراکم جمعیت بالاتر تعداد ته‌سیگار رها شده بیشتری مشاهده خواهد شد. در مطالعه انجام‌شده در استرالیا مشخص شد که در سواحل عمومی، تعداد ته‌سیگار بیشتری وجود دارد (۲۴). هرچند در مکان‌های شلوغ و پرتردد شهری و عمومی احتمال رها کردن زباله‌ها، به‌ویژه ته‌سیگارها بیشتر است، ولی تراکم بیش‌ازحد افراد در محل‌های پرتردد می‌تواند موجب کاهش تراکم ته‌سیگارهای رها شده شود. به‌طور کلی مشاهدات نشان می‌دهد که ته‌سیگار رها شده در پیاده‌روهای وسیع و پهن به تعداد بیشتری دیده می‌شود و در پیاده‌روهای باریک ته‌سیگار کمتری ریخته می‌شود (۱۰). یکی از دلایل چنین اختلافی می‌تواند تراکم افراد در معابر تنگ و کاهش میل به استعمال سیگار و همچنین نظافت انجام‌شده توسط صاحبان مشاغل در این معابر باشد.

در برخی از موارد اختلاف تعداد ته‌سیگار رها شده در مناطق مختلف یک شهر بسیار زیاد است به‌طوری‌که ممکن

است در برخی از نقاط شهر هیچ ته‌سیگار رها شده‌ای مشاهده نشود، ولی در برخی مناطق دیگر ممکن است، ده‌ها عدد ته‌سیگار رها شده وجود داشته باشد؛ به‌عنوان مثال نتایج مطالعات انجام‌شده در شهر برلین نشان داد که در برخی از مناطق هیچ ته‌سیگار رها شده‌ای وجود نداشت، ولی در برخی مناطق تا ۴۸ عدد ته‌سیگار رها شده در هر مترمربع مشاهده شد (۱۰). در این مطالعه، میانگین تعداد ته‌سیگار در هر مترمربع از شهر برلین ۵/۲ عدد برآورد شد. توجه به تفاوت تعداد ته‌سیگار در قسمت‌های مختلف یک شهر، تأثیر مهمی در نحوه مدیریت کارآمد آن دارد، برای دستیابی به شناخت کافی از وضعیت رهاسازی ته‌سیگار در شهرها، باید اماکن با احتمال بالا و اماکن با احتمال کم وجود ته‌سیگار شناسایی شوند. میزان رهاسازی ته‌سیگار در نقاط مختلف شهر با یکدیگر متفاوت است؛ زیرا علاوه بر کاربری شهری که تأثیر مهمی در تراکم انسانی و نیز مصرف سیگار دارد و منجر به تفاوت در تعداد ته‌سیگار رها شده در مناطق مختلف خواهد شد، تأثیر عوامل متعددی مانند جریان باد، آب‌های سطحی، عابران پیاده، نظافت معابر، برف‌روبی معابر و غیره در انتقال ته‌سیگار رها شده در مناطق شهری نیز سبب خواهد شد که این پسماند در محل رها شده باقی نماند (۱۰)؛ بنابراین در سیستم‌های پویا نظیر سطح شهرها ممکن است در نمونه‌برداری‌های مختلف از یک محل در زمان‌های مختلف، تعداد ته‌سیگار متفاوتی مشاهده شود. مکان‌هایی؛ مانند اطراف مراکز خرید و مصرف سیگار، رستوران‌ها، کافه‌ها، دکه‌ها و چهارراه‌ها، پتانسیل بیشتری برای وجود ته‌سیگار رها شده دارند (۱۰). باین‌حال در شهرهای مختلف ممکن است مکان‌های دارای بیشترین تعداد ته‌سیگار رها شده متفاوت باشد؛ مثلاً در شهر سانفرانسیسکو بیشترین تعداد ته‌سیگار رها شده در اطراف دادگاه‌ها بوده است (۱۵).

یکی دیگر از پارامترهای مهم در تفاوت تراکم ته‌سیگار و سایر زباله‌های رها شده در نقاط مختلف شهری، میزان دسترسی به فضاها و نقاط مختلف توسط سیستم‌های نظافت شهری است. نقاطی مانند فضای بوته کاری یا درخت کاری شده کنار معابر و داخل کانال‌های جمع‌آوری رواناب معمولاً در دسترس این سیستم‌ها نیستند و در زمان نظافت معابر، زباله‌های موجود در این مکان‌ها جمع‌آوری نمی‌شود (۱۰). در بررسی نقاط شهری می‌توان به‌خوبی دید که تراکم زباله‌های شهری در این نقاط، از میانگین شهری بالاتر است. مطالعات مختلف نیز این موضوع را تأیید می‌کند. رفتار ساکنان نقاط مختلف شهری نیز در تراکم ته‌سیگار رها شده در آن مناطق مؤثر است؛ به‌عنوان نمونه صاحبان مشاغل معمولاً قسمت جلوی مراکز تجاری خود را به‌صورت روزانه نظافت می‌کنند که سبب کاهش تراکم ته‌سیگار رها شده و جامانده خواهد شد. البته در این شرایط ممکن است ته‌سیگارها در فضای بوته کاری شده معابر یا اطراف درختان انباشته شوند و یا در مواردی به کانال‌های روباز ریخته شوند (۱۰). علاوه بر تأثیر کاربری شهری بر میزان ته‌سیگار رها شده در محل‌های مختلف شهر، سبک زندگی متأثر از کاربری شهری نیز یک عامل تأثیرگذار مهم دیگر است، به‌نحوی که مطالعات نشان می‌دهد که در نواحی دارای زیست شبانه تعداد ته‌سیگار بیشتری نسبت به مناطق مسکونی رها می‌شود. این اختلاف تعداد ته‌سیگار رها شده بسیار مشهود است؛ به‌عنوان مثال، در شهر سانفرانسیسکو در محل‌هایی که احتمال وجود ته‌سیگار بالاتر بود، به‌طور متوسط ۳۸.۱ (۱۱ تا ۷۷) و در محل‌های با احتمال وجود ته‌سیگار کمتر، ۴.۸ (۰ تا ۲۶) عدد ته‌سیگار مشاهده شد (۱۵). همچنین در یک بررسی موردی تعداد ته‌سیگار در مناطق دارای رستوران‌ها و مراکز تجاری، ۵۵۷۵ عدد و در نواحی مسکونی، ۲۰۱ عدد بود (۶).



چرخه ته‌سیگار از تولید تا دفع

با توجه به شواهد و دلایل مطرح شده مشخص است که توزیع ته‌سیگار رها شده در مکان‌ها و زمان‌های مختلف از الگوی یکسانی پیروی نمی‌کند. اهمیت این موضوع برای برنامه‌ریزی مناسب جهت جمع‌آوری مطلوب آن‌ها بسیار زیاد است. با توجه به محدودیت تجهیزات و امکانات جمع‌آوری زباله‌های رها شده از یک سو و مشکلات خاص ته‌سیگار برای جمع‌آوری در محیط‌هایی؛ مانند سواحل، توزیع امکانات و تجهیزات بر اساس تفاوت تراکم ته‌سیگار رها شده در هر محل و در زمان‌های مختلف بسیار ضروری است؛ از این رو مطالعه توزیع ته‌سیگار رها شده در شهرها در هنگام برنامه‌ریزی برای مدیریت آن اهمیت ویژه‌ای دارد. در اکثر تحقیقات انجام شده در این زمینه از شیوه بصری و مشاهده مستقیم استفاده شده است، البته با استفاده از تکنیک‌های جدید؛ مانند نرم‌افزارهای پهنه‌بندی و تصویربرداری نیز می‌توان تراکم پسماندهای رها شده از جمله ته‌سیگار را مشخص کرد. در هر صورت با استفاده از تکنیک‌ها و ابزارهایی می‌توان مکان‌های مختلف هر شهر را از نظر تعداد ته‌سیگار رها شده، شناسایی و تقسیم‌بندی کرد و اطلاعات به‌دست‌آمده را در خدمت مدیریت بهتر ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند خطرناک قرار داد.

خلاصه ۳

- تعداد ته‌سیگار رها شده در اماکن مختلف دارای تغییرات زمانی است.
- تغییرات زمانی تعداد ته‌سیگار در یک محل به تفاوت‌های حضور و تراکم افراد در محل وابسته است و در اماکن تفریحی و توریستی در ایام تعطیل و فصول گرم بیشتر است.
- تغییرات زمانی تعداد ته‌سیگار در اماکن شهری به‌شدت اماکن تفریحی و توریستی نیست. در این اماکن تعداد ته‌سیگار رها شده در ایام کاری بیشتر است و یک عامل مؤثر در تفاوت زمانی تعداد ته‌سیگار رها شده، فاصله زمانی نظافت شهری توسط سیستم مدیریت شهری است.
- تعداد ته‌سیگار رها شده در دنیا دارای تفاوت مکانی اثبات شده است.
- تفاوت مکانی تعداد ته‌سیگار رها شده به کاربری محل، شرایط فیزیکی؛ مانند عرض پیاده‌رو، شرایط محیطی مانند جریان باد و آب و همچنین نحوه ارائه خدمات نظافت توسط مدیریت شهری وابسته است.
- اطراف برخی اماکن؛ مانند رستوران‌ها، کافه‌ها، سوپرمارکت‌ها و دکه‌ها دارای پتانسیل بیشتری برای وجود ته‌سیگار رها شده است.
- اماکن که دسترسی به آن‌ها برای نظافت کم است، دارای تراکم بالاتری از ته‌سیگار رها شده هستند؛ مانند کانال‌های روباز آب و فضای پوته کاری شده کنار معابر.
- سبک زندگی در مناطق مختلف در تعداد ته‌سیگار رها شده تأثیر دارد؛ به‌عنوان نمونه تعداد ته‌سیگار دورریز شده در مناطق مسکونی کمتر از مناطق تجاری است.

۱-۳- مقدمه

هرچند ته‌سیگار در نگاه اول به‌عنوان یک پسماند کوچک و فاقد پیچیدگی خاص به نظر می‌رسد، اما این پسماند از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است و از جنبه‌های مختلف بهداشتی، اقتصادی و زیست‌محیطی دارای اهمیت است. با توجه به اینکه اهمیت هر یک از بخش‌های تشکیل‌دهنده ته‌سیگار در مراحل مختلف مدیریت آن از مرحله جمع‌آوری تا مرحله پردازش قابل‌بحث است، شناخت این اجزاء در یافتن راه‌حل‌های مناسب و کارآمد برای مدیریت ته‌سیگار نقش تعیین‌کننده‌ای دارد؛ به‌عنوان یک نمونه از اهمیت این موضوع می‌توان به بازیافت ته‌سیگار اشاره کرد که اساس تقسیم‌بندی روش‌های مختلف بازیافت آن، شناخت همین اجزاء ذکر شده است (۲)؛ بنابراین ته‌سیگار را می‌توان به‌عنوان پسماندی تعریف کرد که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاصی دارد و با توجه به این ویژگی‌ها در برخی شرایط می‌تواند چالش‌های جدی برای مدیریت پسماند ایجاد کند، هرچند که همین ویژگی‌ها می‌تواند به‌عنوان یک فرصت و راه‌حل برای مدیریت ته‌سیگار باشد.

ته‌سیگار، پسماند باقی‌مانده از استعمال سیگار فیلتردار است که بخش اصلی آن را فیلتر سیگار تشکیل می‌دهد، اما حاوی آلودگی‌های به دام افتاده در دود سیگار است. با در نظر گرفتن نحوه دفع ته‌سیگار و نیز جنبه‌های مدیریت آن به‌عنوان یک پسماند در جوامع و محیط‌زیست، اصطلاحات و تعاریفی در این زمینه وجود دارد که در جدول شماره ۲ بیان شده است.

جدول شماره ۲: تعارف و اصطلاحات مرتبط با ته‌سیگار

اصطلاح	تعریف
ته‌سیگار	بخش باقی‌مانده از استعمال سیگار که شامل فیلتر مستعمل و مقداری تنباکوی باقیمانده است.
پسماند رها شده	پسماندی که در سطل زباله دفع نمی‌شود و افراد آن را در محیط رها می‌کنند.
تنباکوی باقیمانده	تنباکوی انتهایی و متصل به فیلتر سیگار که ممکن است به‌صورت سوخته شده یا سوخته نشده روی فیلتر باقی بماند.
فیلتر سیگار	الیاف متخلخل از جنس استات سلولز برای به دام انداختن آلاینده‌های دود سیگار.
کاغذ پوششی ^۱	کاغذی که تنباکو و فیلتر را در یک سیگار احاطه کرده است.

۲-۳- اجزاء تشکیل‌دهنده ته‌سیگار

ته‌سیگار از سه بخش تشکیل شده است. بخش اصلی ته‌سیگار را فیلتر سیگار تشکیل می‌دهد که از الیاف استات سلولز Y شکل که درهم‌تنیده شده‌اند ساخته شده است (۱۸، ۱۹). در یک فیلتر استاندارد، قطر الیاف به‌کاربرده شده حدود ۲۰ تا ۵۰ میکرومتر است که با موادی از پایه پلاستیک برای اتصال الیاف پوشیده شده‌اند (۳۸). ساخت استات سلولز و تهیه فیلتر سیگار از آن در فرآیندی معروف به استیلاسیون^۲ صورت می‌گیرد و در نتیجه این فرآیند، سلولز قابل تجزیه با کمک آنزیم سلولاز به ماده مقاوم در برابر تجزیه تبدیل می‌شود. این تغییر وضعیت در ساختار سلولز

1. Wrapping paper
2. Acetylation

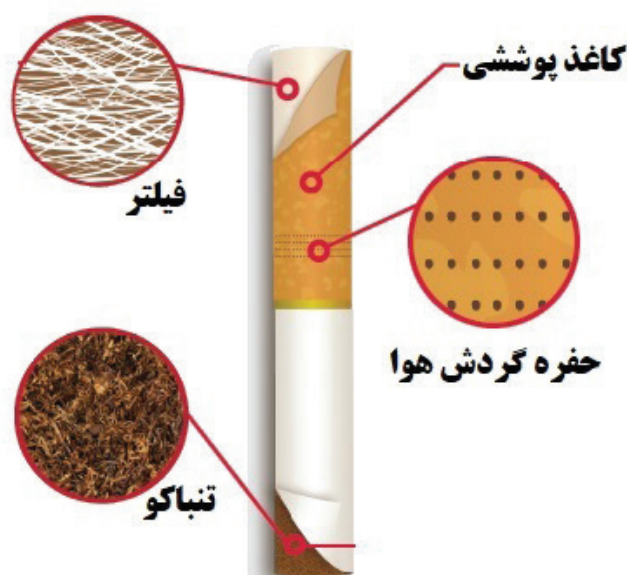
در نهایت سبب پایداری ته‌سیگار ناشی از استعمال سیگار در محیط‌زیست می‌شود که یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های این پسماند است. در این پروسه به سلولز به‌دست‌آمده از مواد گیاهی، اسید استیک و استیک آنیدرید اضافه می‌شود و در نهایت با استفاده از مواد پلاستیزایسر^۱؛ از قبیل پلی‌اتیلن گلیکول، ساختار سلولز اصلاح می‌شود (۱)؛ بنابراین استات سلولز به‌کاربرده شده در تولید فیلتر سیگار یک ماده مقاوم به تجزیه بیولوژیکی است و در برخی از متون گفته شده است که این پسماند در شرایط معمول تا ۱۸ ماه در طبیعت باقی می‌ماند (۱۰، ۱۴، ۳۹). این فیلتر برای حفظ سلامت افراد سیگاری از طریق به دام انداختن آلاینده‌های متعدد موجود در دود سیگار طراحی شده است؛ بنابراین فیلتر موجود در ته‌سیگار علاوه بر اینکه وزن و حجم اصلی ته‌سیگار را تشکیل می‌دهد، مهم‌ترین قسمت آن از نظر زیست‌محیطی نیز می‌باشد؛ لذا با توجه به هدف از ایجاد فیلتر در سیگار، دوام ته‌سیگار در محیط‌زیست، تنها ویژگی بارز این نوع پسماند نیست، که سبب می‌شود ته‌سیگار از اهمیت زیست‌محیطی بالایی برخوردار باشد، بلکه وجود مواد شیمیایی متنوع به دام افتاده در ته‌سیگار نیز یکی از جنبه‌های مهمی است که در نتیجه عملکرد فیلتر در هنگام استعمال سیگار به وجود می‌آید؛ بنابراین فیلتر سیگار به‌عنوان بخش اصلی ته‌سیگار دارای دو ویژگی مهم دوام و آلودگی است، البته آلودگی‌های موجود در ته‌سیگار که بخش مهمی از آن ناشی از به دام افتادن آلاینده‌های دود سیگار در فیلتر است، از نظر ساختار فیزیکی و نیز منشأ در دسته‌بندی‌های مختلفی قرار می‌گیرد (۳)، از سوی دیگر، علیرغم اینکه ته‌سیگار به دلیل استات سلولز اصلاح شده به‌کاررفته در تولید فیلتر سیگار، یک پسماند مقاوم در برابر تجزیه بیولوژیکی است ولی یک ماده تجزیه‌پذیر در برابر نور است و در مواجهه با پرتو فرابنفش نور خورشید به قطعات کوچک‌تری تبدیل می‌شود (۱۵)، هرچند که سرعت این واکنش چندان سریع نیست و برآورد شده است که تجزیه فیلتر سیگار از این طریق بین ۱۰ تا ۱۵ ماه طول می‌کشد (۳۹). آنچه سبب می‌شود که ته‌سیگار در محیط‌زیست به‌عنوان یک نگرانی جدی مطرح باشد، احتمال نشت آلاینده‌های ته‌سیگار از آن به محیط‌زیست در مدت حضور این زباله در طبیعت است. در نتایج تحقیقات مرتبط با این موضوع، نشت آلاینده‌های مختلف به دام افتاده از ته‌سیگار اثبات شده است (۱، ۱۰، ۲۵)، البته سرعت نشت آلاینده‌های مختلف از ته‌سیگار در طول زمان ثابت نیست و برای برخی از آلاینده‌ها مانند نیکوتین و فلزاتی، مانند مس به‌مرور کمتر خواهد شد و برای برخی دیگر از آلاینده‌ها به‌مرور زمان افزایش خواهد یافت (۱۰). پایداری ته‌سیگار و مدت‌زمانی که می‌تواند منشأ آلودگی برای محیط باشد نیز ممکن است در محیط‌های مختلف با یکدیگر متفاوت باشد، ولی در هر صورت با توجه به پایداری الیاف فیلتر سیگار در محیط، سال‌ها ادامه خواهد داشت؛ به‌عنوان نمونه در محیط‌های دریایی، پایداری ته‌سیگار و نشت مواد سمی و شیمیایی موجود در آن ممکن است بیش از ده سال ادامه داشته باشد (۳۵). این موضوع بیانگر اهمیت سمیت ته‌سیگار در طول زمان است و نشان می‌دهد که ته‌سیگارها در محیط‌زیست به‌مرور و در طول زمان آلاینده‌ها را وارد محیط‌زیست می‌کنند.

بخش دیگری از ته‌سیگار شامل تنباکوی باقیمانده بر روی فیلتر است. معمولاً افراد سیگاری بخشی از تنباکو را بر روی فیلتر باقی می‌گذارند و تمام تنباکوی موجود در سیگار حین فرایند استعمال مصرف نمی‌شود. در این شرایط بخشی از تنباکو به‌صورت خاکستر متصل به فیلتر سیگار دفع می‌شود. این بخش از ته‌سیگار در شرایط محیطی و تحت تأثیر عواملی مانند باد و رطوبت و یا هر عاملی که بتواند موجب جابجایی ته‌سیگار شود، پس از مدتی از فیلتر

1. plasticizers

جدا خواهد شد. کمیت این بخش از ته‌سیگار به‌طور مستقیم به رفتار افراد سیگاری و میزان استفاده آن‌ها از هر عدد سیگار وابسته است، ولی معمولاً مقداری از تنباکو بر روی فیلتر سیگار به‌جا خواهد ماند و همراه با آن دفع می‌شود (۱۲، ۳۶، ۳۷). چنانچه سیگار قبل از دفع توسط افراد سیگاری خاموش شود تنباکو به‌صورت اولیه بر روی فیلتر سیگار دفع می‌شود و در صورتی که افراد سیگاری سیگار را به‌صورت روشن دفع کنند بخشی از تنباکو ممکن است، به‌صورت سوخته شده بر روی فیلتر سیگار باقی بماند. در هر صورت این تنباکوی باقیمانده که بخشی از آن ممکن است به‌صورت خاکستر بر روی فیلتر باقی بماند می‌تواند منبع برخی از آلودگی‌های منتشر شده از ته‌سیگار به محیط‌زیست باشد و در مدتی پس از دفع ته‌سیگار از فیلتر جدا شود. میزان آلودگی موجود در تنباکوی متصل به ته‌سیگار به‌طور مستقیم به فرآیندهای تولید تنباکو و همچنین مراحل پردازش آن در کارخانه‌های تولید سیگار وابسته است، ولی در هر صورت همان‌گونه که در ادامه توضیح داده می‌شود به‌طور طبیعی حاوی مواد سمی و عناصر شیمیایی متعددی خواهد بود.

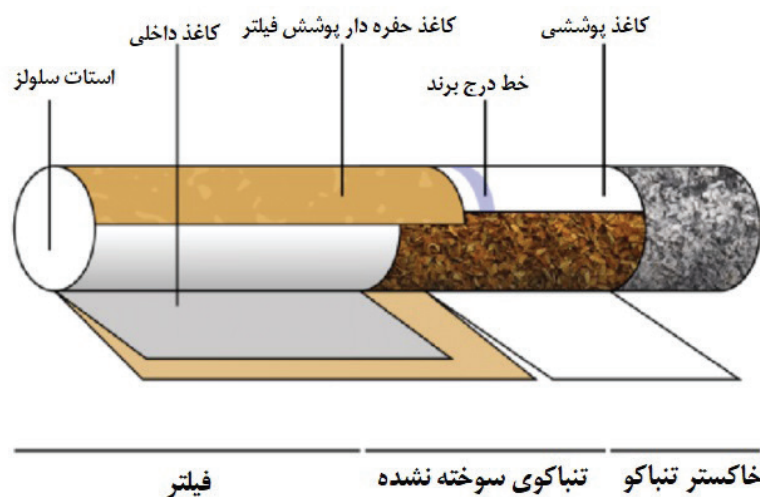
کاغذ پوششی، بخش دیگری از ته سیگار است که اطراف فیلتر سیگار را احاطه کرده است. اهمیت این پوشش در هنگام استعمال سیگار، ایجاد جریان مکش هوا در فیلتر است، ولی از جنبه مدیریت پسماند، کاغذ لفافه در اکثر روش‌های بازیافت ته‌سیگار باید از ته‌سیگار جدا شود (۲). تصویر شماره ۱۲ اجزاء مختلف تشکیل‌دهنده سیگار را نشان می‌دهد که پس از استعمال با تغییر تنباکو اولیه به تنباکوی باقیمانده و خاکستر، اجزاء تشکیل‌دهنده ته سیگار را تشکیل می‌دهند.



شکل شماره ۱۲: اجزاء تشکیل‌دهنده سیگار

بنابراین ته‌سیگار، پسماندی کوچک است که شامل سه بخش اصلی تنباکوی باقیمانده، کاغذ پوششی و فیلتر می‌باشد، البته در برخی از منابع، با جدا کردن تنباکوی باقیمانده از خاکستر، اجزای ته‌سیگار را شامل چهار بخش

فیلتر، تنباکوی باقیمانده، کاغذ پوششی و خاکستر بیان کرده اند (۱). از دیدگاه مدیریت ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند، اجزاء مختلف تشکیل دهنده آن اهمیت یکسانی ندارند؛ زیرا دارای نسبت کمیت و همچنین ویژگی‌های کیفی متفاوتی در ته‌سیگار هستند؛ به‌عنوان مثال فیلتر سیگار از نظر اهمیت زیست‌محیطی و با توجه به کارکرد طراحی شده برای آن، مهم‌ترین بخش سیگار را تشکیل می‌دهد. بر همین اساس مهم‌ترین اولویت در مدیریت ته‌سیگار، کنترل آلودگی‌های به دام افتاده در فیلتر سیگار است که برخی از این آلاینده‌ها در زمان کوتاهی از ته‌سیگار به محیط زیست منتقل می‌کنند (۸). از سوی دیگر استفاده از فیلتر تمیز شده، بیشترین روش بازیافت ته‌سیگار است، درحالی‌که استفاده از مواد شیمیایی به دام افتاده در فیلتر نیز برای اهداف بازیافت و تولید محصولات مفید از ته‌سیگار مورد ارزیابی و آزمایش قرار گرفته است (۲).



شکل شماره ۱۳: اجزاء تشکیل دهنده ته‌سیگار

خلاصه ۴

- ته‌سیگار، دارای سه بخش اصلی است: ۱. فیلتر استاندارد، ۲. تنباکوی باقیمانده، ۳. کاغذ لفافه
- فیلتر سیگار از الیاف Y شکل از جنس استات سلولز که درهم‌تنیده شده‌اند ساخته می‌شود.
- علیرغم اینکه سلولز به‌کاررفته برای تولید فیلتر، تجزیه‌پذیر است ولی فیلتر سیگار نهایی به دلیل افزودن مواد شیمیایی برای اهداف خاص در فرآیند تولید آن، به یک ماده مقاوم به تجزیه بیولوژیکی تبدیل می‌شود.
- فیلتر سیگار برای به دام انداختن آلاینده‌های دود سیگار برای حفاظت از سلامت افراد سیگاری طراحی شده است و مهم‌ترین بخش ته‌سیگار از نظر وزن و حجم و همچنین آلودگی به حساب می‌آید.
- فیلتر سیگار پسماندی با دوام است، اما درعین حال یک ماده تجزیه‌پذیر در برابر نور است، هرچند سرعت این تجزیه بسیار کند است و تا ۱۵ ماه طول خواهد کشید.
- آلودگی به دام افتاده در فیلتر به‌طور کامل در ته‌سیگار ناشی از استعمال سیگار باقی نمی‌ماند و آلاینده‌های ته‌سیگار به مرور وارد محیط می‌شوند.
- کمیت تنباکوی باقیمانده در ته‌سیگار به رفتار و عادات استعمال سیگار در افراد سیگاری وابسته است.
- تنباکوی باقیمانده در ته‌سیگار دارای آلودگی‌هایی ناشی از مراحل پردازش و همچنین ماهیت تنباکو است.
- تنباکوی باقیمانده روی ته‌سیگار در مدت کوتاهی در محیط در اثر جریانات طبیعی هوا و یا آب از فیلتر جدا خواهد شد.
- مهم‌ترین جنبه اهمیت کاغذ پوششی در مدیریت ته‌سیگار، جداسازی آن در مراحل بازیافت است.

۳-۳- آلاینده‌های ته‌سیگار

طراحی فیلتر سیگار برای به دام انداختن آلاینده‌های دود سیگار است. این کاربرد سبب شده است تا فیلتر سیگار پس از استعمال سیگار دارای طیف متنوعی از آلاینده‌های موجود در دود سیگار باشد که شامل مواد سمی مانند نیکوتین، فلزات سنگین و ترکیبات آروماتیک حلقوی است. هزاران ماده شیمیایی در دود سیگار وجود دارد، به‌طوری‌که در برخی منابع به وجود ۴۰۰۰ و در منابع دیگر به وجود ۹۰۰۰ ماده در دود سیگار اشاره شده است (۷، ۹، ۳۳). باین‌حال آنچه اهمیت بیشتری دارد اثرات این مواد و میزان سمیت موجود در دود سیگار است؛ زیرا ده‌ها ماده در دود سیگار وجود دارد که دارای اثرات سمی و سرطان‌زایی است، به‌نحوی‌که محققان حدود ۷۰ ماده سرطان‌زا در دود سیگار شناسایی کرده‌اند (۳۳). نکته مهم دیگر در مورد آلاینده‌های موجود در دود سیگار، ساختار فیزیکی آن‌هاست، به‌طوری‌که حدود ۷۵ درصد از آلاینده‌های موجود در دود سیگار در فاز گازی قرار دارند و ۲۵ درصد نیز به‌صورت قطران^۱ هستند (۹)؛ بنابراین انتظار می‌رود که آلاینده‌های موجود در دود سیگار در فیلتر سیگار به دام بیافتد و درنهایت، ته‌سیگار ناشی از استعمال سیگار دارای آلودگی متناسب با دود سیگار باشد، درواقع فیلتر سیگار به همان میزان که باعث حفاظت از افراد سیگاری در مقابل دود سیگار می‌شود پسماند خطرناکی نیز برای محیط‌زیست محسوب می‌شود و می‌تواند طیف وسیعی از انواع آلاینده‌ها در شکل‌های مختلف را در خود داشته باشد. به‌عنوان نمونه می‌توان به نتایج تحقیقی اشاره کرد که نشان داد نانو ذرات کربنی و نانو ذرات فلزی در ته‌سیگار وجود دارد (۱۲). علاوه بر سمیت ناشی از آلاینده‌های به دام افتاده دود سیگار، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی فیلتر نیز سبب می‌شود تا این ماده دارای اثرات سمی بر ارگانیس‌م‌ها باشد. برای نمونه، فیلتر سیگار استفاده نشده، برای ارگانیس‌م‌های آبی، سمی تشخیص داده شده است (۳۳). به‌هرحال آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار که در فیلتر به دام افتاده‌اند به‌طور مستقیم تحت تأثیر آلاینده‌های دود سیگار است و همچنین کیفیت فیلتر نیز در به دام انداختن آلاینده‌های دود سیگار و درنتیجه در میزان مواد شیمیایی موجود در ته‌سیگار اثرگذار است. فلزات سنگین و ترکیبات آروماتیک حلقوی مهم‌ترین آلاینده‌هایی هستند که توسط محققان در ته‌سیگار شناسایی و اندازه‌گیری شده‌اند (۲۵، ۴۰)، با این تفاوت که در برخی از تحقیقات از ته‌سیگار اولیه برای انجام آزمایشات استفاده شده است و در برخی از تحقیقات، ته‌سیگارها از محیط جمع‌آوری شد و آلاینده‌های مدنظر در آن‌ها بررسی گردید. البته در این حالت به علت نشت مقداری از آلاینده‌ها در اثر حضور ته‌سیگار در محیط ممکن است مقدار آلاینده کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده در ته‌سیگار تازه کشیده شده (اولیه) باشد. درهرصورت طیف متنوعی از آلاینده‌ها در ته‌سیگار وجود دارد که برخی از مهم‌ترین آن‌ها در جدول شماره ۳ بیان شده است.

1. Tar

جدول شماره ۳: برخی از آلاینده‌های شناسایی شده در ته‌سیگار

فلزات	ترکیبات آروماتیک حلقوی	سایر
آلومینیوم کروم بروم کادمیوم سرب روی مس آرسنیک آهن منگنز نیکل استرانسیوم تیتانیوم	فلورت فنانترن آنتراسن پایرن بنزو آلفا آنتراسن بنزو فلورانتن بنزو آلفا پایرن	سیانید هیدروژن نیترات‌ها امونیا استالدئد فرم آلدئید بنزن فنل پیریدین مونوکسید کربن نیکوتین

علاوه بر تنوع آلاینده موجود در ته‌سیگار، نکته مهم دیگری که بر اهمیت ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند خطرناک در محیط‌زیست می‌فزاید احتمال انتقال این آلاینده‌ها در فواصل دور و در جریان‌های آبی است. آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار به دو شکل امکان انتقال به محیط‌زیست آبی را دارند؛ در حالت اول ته‌سیگار به‌عنوان یک زباله به محیط‌های آبی راه پیدا می‌کند و آلاینده‌های به دام افتاده در فیلتر سیگار به داخل آب نشت می‌کنند و در حالت دوم آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار از آن نشت کرده و در اثر باران و یا نفوذ به لایه‌های مرطوب خاک به منابع آب زیرزمینی منتقل خواهند شد (۷، ۱۷، ۲۵، ۳۳). تعیین میزان نشت ترکیبات به دام افتاده در فیلتر سیگار در شرایط محیطی مختلف می‌تواند برآورد روشنی از پتانسیل انتشار آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار را ممکن سازد، درحالی‌که تعیین انتقال ته‌سیگار به شکل یک پسماند به محیط‌های آبی مانند رودخانه و دریا کار آسانی نیست و با توجه به نوع دفع ته‌سیگار توسط افراد سیگاری و شرایط جغرافیایی مختلف متفاوت است. بااین‌حال در برخی از متون نسبت مشخصی از تعداد کل ته‌سیگار رها شده را به‌عنوان میزان احتمالی ته‌سیگار در منابع آبی معرفی کرده‌اند؛ به‌عنوان مثال برآوردها نشان می‌دهد که ۱۰ درصد از ته‌سیگارهای دور انداخته شده در استرالیا به منابع آبی راه پیدا می‌کنند و بر این اساس انتظار می‌رود که سالانه ۲/۴ تا ۳/۲ میلیارد عدد ته‌سیگار به این منابع در استرالیا منتقل شود (۷). هرچند که هر دو شکل انتقال آلاینده از ته‌سیگار به محیط‌زیست در ایجاد اثر سمی بر موجودات مؤثر است، بااین‌حال مسائلی مانند ایجاد منظره نامطلوب و نیز احتمال بلعیده شدن ته‌سیگار توسط جانوران از پیامدهای ورود ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند به محیط‌زیست و به‌ویژه به محیط‌های آبی است.

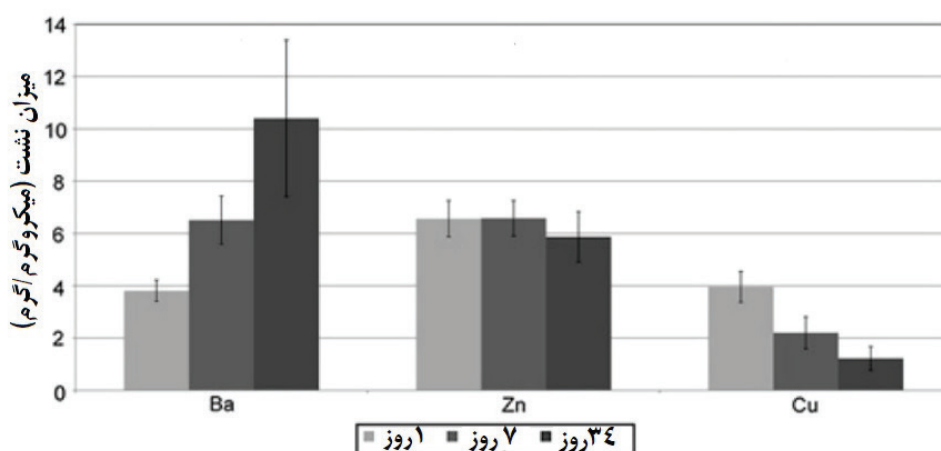


شکل شماره ۱۴: بلع ته‌سیگار توسط مرغان دریایی

نکته بااهمیت دیگر در مورد آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار، استاندارد سختگیرانه در مورد برخی از این آلاینده‌ها در منابع آبی برای تعیین کیفیت آب است؛ برای مثال می‌توان به نیکوتین به‌عنوان یکی از سمی‌ترین ترکیبات موجود در ته‌سیگار اشاره کرد که بر اساس نتایج یک مطالعه مشخص شده است هر ته‌سیگار به دلیل نشت نیکوتین می‌تواند هزار لیتر آب را آلوده کند (۱۰). این در حالی است که نشت نیکوتین از ته‌سیگار در معرض آب با سرعت اتفاق می‌افتد و بنابراین دفع صحیح ته‌سیگار و جمع‌آوری مناسب آن اهمیت ویژه‌ای پیدا خواهد کرد. در بررسی ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند مشخص شده است که حدود نیمی از میزان نشت نیکوتین از ته‌سیگار رها شده در محیط آبی در کمتر از نیم ساعت رخ می‌دهد ضمن اینکه، چنانچه ته‌سیگار در معرض باران قرار بگیرد پس از تنها ۱/۶ میلی‌متر بارش نیمی از کل نشت نیکوتین رخ خواهد داد؛ همچنین مشخص شده است که نشت نیکوتین از ته‌سیگار از معادلات درجه اول پیروی می‌کند و به میزان نیکوتین باقیمانده در ته‌سیگار وابسته است، هرچند که میزان رسیدن نیکوتین به منابع آبی به شرایط دیگری مانند خاصیت فیلتراسیون خاک و بستر نیز وابسته است (۱۰). البته میزان نشت نیکوتین از ته‌سیگار به عوامل متعددی مانند ویژگی‌های کیفی ته‌سیگار که متأثر از برند سیگار و نحوه استعمال آن توسط افراد سیگاری است وابسته است؛ داده‌های ثابتی در مورد میزان قطعی نشت نیکوتین از ته‌سیگار به محیط آبی وجود ندارد هرچند که زیان‌بار بودن این نشت برای محیط‌زیست و گونه‌های آبی به اثبات رسیده است. با این حال دو بررسی موردی، میزان نشت نیکوتین از ته‌سیگار را ۲/۵ و ۳/۸ میلی‌گرم در لیتر بیان کردند (۱۰، ۲۶)، البته باید توجه داشت که بیان انتشار نیکوتین به‌صورت میزان نشت به‌ازاء واحد وزن ته‌سیگار می‌تواند شرایط را به گونه روشن‌تری بیان کند، به‌عنوان نمونه میزان ۲/۵ میلی‌گرم در لیتر نشت مشاهده‌شده در یکی از تحقیقات، معادل ۷/۳ میلی‌گرم نشت از هر گرم ته‌سیگار بیان شده است.

این نمونه از نشت آلاینده‌ها از ته‌سیگار به‌خوبی اهمیت نوع دفع ته‌سیگار توسط افراد سیگاری را نشان می‌دهد؛ زیرا در صورتی که ته‌سیگارها در ظروف زباله دفع نشوند و توسط افراد سیگاری در محیط رها شوند بسته به شرایط اقلیمی و محیطی با سرعت متفاوت، منشأ ورود آلودگی به محیط‌زیست در اثر نشت آلاینده‌ها خواهند بود؛ بنابراین یکی از عوامل مؤثر در میزان انتشار آلودگی از ته‌سیگار به محیط‌زیست را می‌توان رفتار افراد سیگاری بیان کرد،

البته میزان آلودگی ته‌سیگار رها شده در محیط‌زیست، علاوه بر رفتار افراد سیگاری و شرایط اقلیمی به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ته‌سیگار نیز وابسته است؛ زیرا روند نشت برای تمام آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار یکسان نیست. در برخی موارد نشت آلاینده از ته‌سیگار با گذشت زمان افزایش خواهد یافت هرچند که برای برخی از آلاینده‌ها سرعت نشت از ته‌سیگار بالاست و بنابراین نسبت بیشتری از کل نشت در زمان کوتاهی رخ می‌دهد؛ به‌عنوان نمونه می‌توان به تفاوت سرعت نشت فلزات موجود در ته‌سیگار اشاره کرد. همان‌گونه که تصویر ۱۵ مشخص می‌کند سرعت نشت فلزات مختلف از ته‌سیگار با یکدیگر متفاوت است (۳۶). این تفاوت به این معنی است که فیلتر موجود در ته‌سیگار توانایی یکسانی در نگه داشتن آلاینده‌های به دام افتاده در آن را ندارد، در نتیجه، برخی از آلاینده‌ها به‌سرعت از آن خارج می‌شوند. این موضوع اهمیت زمان را در مدیریت ته‌سیگار به‌عنوان یک زباله خطرناک با قابلیت انتقال آلاینده به محیط‌زیست به‌روشنی مشخص می‌کند. به‌طور مشخص می‌توان آلاینده‌های ته‌سیگار را از نظر سرعت خروج از آن و انتشار به محیط به سه گروه تقسیم کرد؛ گروه اول آلاینده‌هایی مانند نیکوتین، کادمیوم و کروم هستند که به‌سرعت از ته‌سیگار جدا شده و به محیط نشت می‌کنند؛ بنابراین بخش بیشتری از آن‌ها در دوره زمانی کوتاه از ته‌سیگار خارج می‌شود، گروه دوم آلاینده‌هایی هستند که در طول زمان با سرعت یکنواخت از ته‌سیگار جدا می‌شوند و گروه سوم آلاینده‌هایی هستند که در مقابل جدا شدن از ته‌سیگار مقاومت دارند و نسبت بیشتری از نشت آن‌ها در زمان‌های ماند بالاتر ته‌سیگار در محیط رخ می‌دهد (۳۶). در محیط‌های آبی با افزایش مدت‌زمان حضور ته‌سیگار به حالت غوطه‌ور، غلظت انتشار فلزاتی مانند باریم، آهن، منگنز، و بور افزایش خواهد یافت که نشان می‌دهد این آلاینده‌ها در گروه سوم این طبقه‌بندی قرار دارند، درحالی‌که تغییرات میزان نشت برای آلاینده‌های گروه دوم مانند نیکل، سرب، تیتانیوم و روی تقریباً ناچیز است و درعین حال با افزایش زمان غوطه‌ور ماندن ته‌سیگار، غلظت انتشار آلومینیوم، کروم، کادمیوم و مس کاهش می‌یابد که نشان می‌دهد نشت بالاتری از این آلاینده‌ها در زمان کوتاهی رخ خواهد داد (۳۶). بر اساس این ویژگی، فلزاتی مانند آهن، منگنز و استرانسیم از مهم‌ترین آلاینده‌هایی هستند که در ۲۴ ساعت اول از ته‌سیگار نشت می‌کنند.



شکل شماره ۱۵: تفاوت میزان نشت فلزات از ته‌سیگار نسبت به زمان غوطه‌ور ماندن در آب (برگرفته از ۳۶).

بنابراین وجود ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند در مناطق شهری و محیط‌زیست منجر به انتشار و انتقال آلاینده‌ها به زیستگاه‌های آبی و خاکی می‌شود (۳۶) که می‌تواند یک خطر قابل توجه برای حیات به شمار آید؛ زیرا علیرغم اندازه

کوچکی که ته‌سیگارها دارند با توجه به عمومیت استفاده از سیگار تعداد بسیار زیادی از آن روزانه در دنیا تولید می‌شود. با در نظر گرفتن امکان نشت آلاینده‌ها از این پسماند، مدیریت به‌موقع و سریع می‌تواند تا حد زیادی از انتقال آلاینده‌ها به محیط‌زیست جلوگیری کند. برآوردهای میزان نشت آلاینده‌های مختلف مانند فلزات سنگین موجود در ته‌سیگار در مقیاس جهانی به هزاران کیلوگرم می‌رسد؛ بنابراین ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند مهم دارای اثرات زیست‌محیطی و به‌عنوان یک تهدید برای بهداشت عمومی شناخته می‌شود که می‌تواند سلامت انسان و ارگانیسم‌ها را با خطر مواجهه کند (۹، ۱۲، ۳۳، ۳۶).

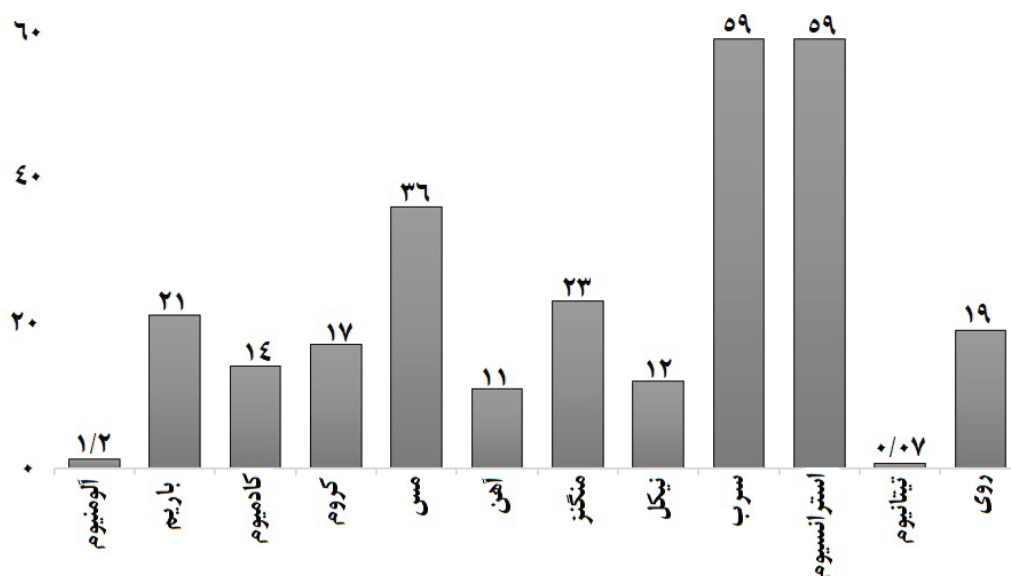
۳-۳-۱- فلزات سنگین در ته‌سیگار

منشأ فلزات سنگین در ته‌سیگار، طیف گسترده این آلاینده‌ها در دود سیگار است که در حین استعمال سیگار، در فیلتر به دام افتاده‌اند. فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار هستند که مورد مطالعه و شناسایی قرار گرفته‌اند (۹، ۲۵، ۲۶، ۳۳، ۳۶). امکان نشت فلزات از ته‌سیگار به محیط‌زیست و ورود آن‌ها به زنجیره غذایی اهمیت ویژه‌ای به این آلاینده‌ها بخشیده است (۹، ۲۵). هرچند در نگاه اول به دلیل اندازه کوچک ته‌سیگار و غلظت اندک فلزات در آن، آلودگی‌های ناشی از ته‌سیگار چندان مهم به نظر نمی‌رسد، ولی با توجه به تعداد بسیار زیاد ته‌سیگار در دنیا، مقدار این آلودگی در مقیاس جهانی اهمیت دارد. وجود انواع فلزات سنگین در ته‌سیگار و غلظت هر یک از انواع فلزات به عوامل متعددی وابسته است. به‌طور کلی در مورد آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار (که فلزات سنگین نیز از آن‌ها هستند) برند سیگار عامل بسیار مهمی است. با توجه به اینکه برندهای مختلف تولید کننده سیگار از تنباکوهای مختلف برای تولید سیگار استفاده می‌کنند و همچنین کیفیت فیلتر بکار رفته در تولید برندهای مختلف سیگار متفاوت است، غلظت آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین در ته‌سیگار برندهای مختلف متفاوت خواهد بود، علاوه بر این نحوه استعمال سیگار در افراد مختلف و حتی یک فرد خاص نیز در زمان‌های مختلف متفاوت است که این موضوع به‌صورت مستقیم در میزان دود عبور کرده از فیلتر و غلظت آلاینده به دام افتاده در آن اثر خواهد داشت؛ همچنین غلظت انواع فلزات مختلف در تنباکو و همچنین سیگار نیز با یکدیگر متفاوت است که این موضوع در نهایت، اثر خود را در غلظت این آلاینده‌ها در ته‌سیگار نشان خواهد داد. این شرایط نشان می‌دهد که غلظت فلزات مختلف در ته‌سیگار به عوامل متعددی بستگی دارد که علاوه بر برند سیگار و نوع تنباکو، رفتارها و عادات‌های افراد سیگاری در استعمال سیگار نیز یکی از این عوامل است (۳). از سوی دیگر با توجه به اینکه غلظت فلزات سنگین مختلف در ته‌سیگار در دامنه چند میکروگرم در گرم تا چند صد میکروگرم در گرم گزارش شده است (۱۲) و همچنین با در نظر گرفتن این نکته که در شرایط طبیعی نسبت مشخصی از فلزات سنگین موجود در ته‌سیگار به محیط نشت می‌کند (۳۶) میزان نشت فلزات سنگین از ته‌سیگار به محیط‌زیست متفاوت خواهد بود. اختلاف نتایج بررسی میزان فلزات در ته‌سیگار در تحقیقات مختلف یک نکته مشهود در این زمینه است که می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع نمونه‌برداری، تفاوت در برند سیگار و زمان ماند ته‌سیگار در محیط باشد.

نشت فلزات از ته‌سیگار به محیط یک پدیده اثبات شده است هرچند که شرایط محیطی مانند میزان رطوبت موجود در محیط و همچنین مدت‌زمان حضور ته‌سیگار در محیط بر آن اثرگذار است (۲۵، ۳۳، ۳۶). در هر محیط با برآورد تعداد ته‌سیگارها و آگاهی از میزان نشت هر آلاینده از جمله فلزات از آن، می‌توان به برآوردی از میزان

نشت آلاینده‌های ته‌سیگار به محیط دست‌یافت. در مطالعات مختلف با بررسی ته‌سیگارها در محیط‌های طبیعی و شبیه‌سازی آن در آزمایشگاه، به برآوردهایی از این قبیل دست پیدا کرده‌اند. یکی از این مطالعات، بررسی نشت فلزات سنگین از ته‌سیگار در اطراف جاده‌ها بود که نشان داد با توجه به میانگین تعداد ۱۵۰ عدد ته‌سیگار در هر کیلومتر از جاده‌های موردبررسی، پتانسیل انتشار ماهیانه فلزات سنگین مختلف از ته‌سیگار، بین ۰/۰۲ تا ۱/۷ میلی گرم در هر کیلومتر جاده بود (۲۶). همچنین باید توجه داشت که مدت‌زمان ماند ته‌سیگار در محیط در میزان کلی نشت فلزات و سایر آلاینده‌ها از آن مؤثر است، ولی به‌طور کلی نمی‌توان گفت که ته‌سیگارهای رها شده چه مدتی در محیط باقی می‌مانند؛ زیرا زمان باقی ماندن ته‌سیگارها در محیط به عوامل متعدد محیطی و نیز نحوه پوشش و کارایی برنامه‌های مدیریت پسماند در آن محل وابسته است؛ لذا در اینجا ما با یک خلأ دانشی ناشی از ناکافی بودن تحقیقات در این زمینه مواجه هستیم؛ بنابراین باید تحقیقات متعددی در مناطق مختلف صورت گیرد تا این خلأ اطلاعات برطرف شود. در هر صورت از میان عوامل مؤثر بر نشت فلزات سنگین از ته‌سیگار به محیط‌های مختلف می‌توان به شرایط محیطی به‌ویژه میزان رطوبت محیط اشاره کرد. زیرا رطوبت سبب می‌شود که حضور ته‌سیگار در محیط‌های آبی به‌مراتب خطر نشت بیشتری از مناطق خشکی داشته باشد. در تحقیقات مختلف مشخص شده است که روند نشت انواع فلزات از ته‌سیگار با افزایش زمان غوطه‌وری در آب یکسان نیست.

نکته قابل توجه دیگر بدون در نظر گرفتن میزان فلزات در ته‌سیگار، پتانسیل انتشار آن‌ها به محیط است. ته‌سیگار به‌هر حال توانایی نگه‌داشت بخشی از آلاینده‌های به دام افتاده را دارد و این توانایی برای فلزات مختلف متفاوت است، در همین راستا نتایج یک بررسی نشان داده است که حدود ۶۰ درصد از سرب و استرانسیم موجود در ته‌سیگار از آن نشت می‌کند در حالی که تنها ۱/۲ درصد از آلومینیوم موجود در ته‌سیگار از آن به محیط نشت می‌کند (۳۶)، این اطلاعات برای سایر فلزات در شکل شماره ۱۶ نشان داده شده است. این داده‌ها به‌خوبی نشان می‌دهند که در مدیریت ته‌سیگار علاوه بر غلظت آلاینده‌های موجود در آن، نسبت نشت این آلاینده‌ها نیز نقش مهمی دارد؛ لذا باید توجه داشت که خطر ناشی از آلاینده‌های مختلف برای موجودات و محیط‌زیست به غلظت اولیه آن آلاینده در ته‌سیگار، نسبت نشت آلاینده به کل غلظت در ته‌سیگار، مدت‌زمان باقی ماندن ته‌سیگار در محیط و شرایط محیطی وابسته است.



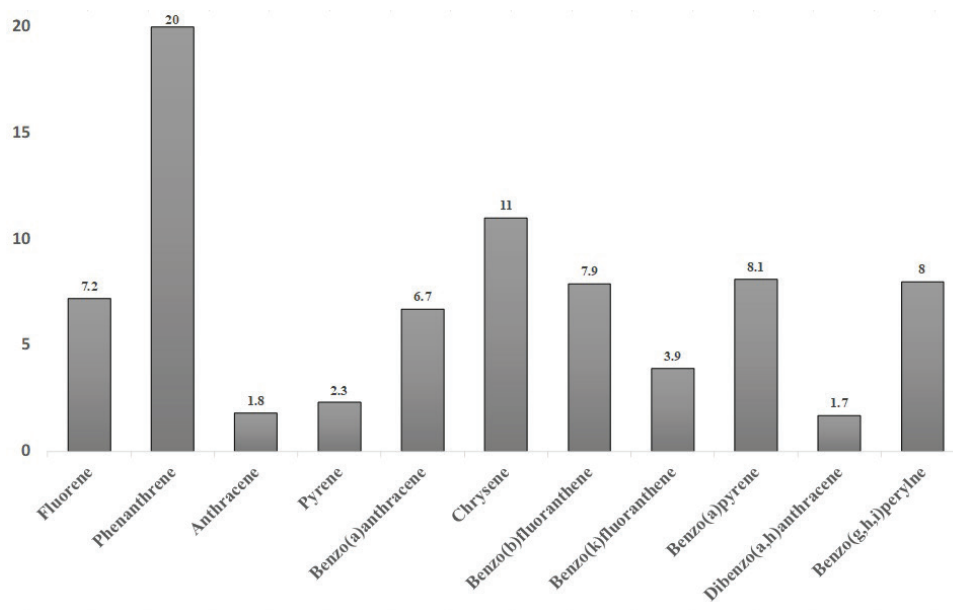
شکل شماره ۱۶: پتانسیل نشت فلزات سنگین مختلف از ته‌سیگار (%) (۳۶)

۳-۲-۳- هیدروکربن‌های آروماتیک در ته‌سیگار

هیدروکربن‌های آروماتیک یکی از مهم‌ترین آلاینده‌هایی است که در دود سیگار وجود دارد و لذا ته‌سیگار به‌عنوان یکی از پسماندهای ناشی از استعمال سیگار می‌تواند حاوی مقادیری از این ترکیبات باشد. وجود این آلاینده‌ها در ته‌سیگار در چند مطالعه تأیید و مشخص شده است که چندین نوع هیدروکربن آروماتیک در ته‌سیگار وجود دارد. اهمیت وجود این ترکیبات در ته‌سیگار را می‌توان در امکان انتشار آن به محیط‌زیست دانست؛ زیرا برخی از انواع هیدروکربن‌های آروماتیک دارای اثرات مهمی مانند سرطان‌زایی هستند (۲۶، ۳۹). این یکی از دلایلی است که ته‌سیگار را به‌عنوان یک پسماند خطرناک و دارای اثرات سوء بر سلامت و محیط‌زیست مطرح کرده است. هرچند که تحقیقاتی اندکی بر روی هیدروکربن‌های آروماتیک در ته‌سیگار صورت گرفته است، با این وجود اطلاعات منتشره نشان می‌دهد که انواع مختلف هیدروکربن‌های آروماتیک در غلظت‌های متفاوتی در ته‌سیگار وجود دارند (۷، ۲۶). کمیت این آلاینده نیز مانند فلزات به شرایط کیفی سیگار و عادت استعمال سیگار وابسته است، با این حال در یک بررسی، مجموع هیدروکربن‌های آروماتیک موجود در ته‌سیگار، ۰/۰۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم به دست آمد (۲۶). هرچند که سهم هر یک از انواع مختلف ۱۶ گانه هیدروکربن‌های آروماتیک شناسایی شده در ته‌سیگار یکسان نیست با این حال نسبت‌های موجود نیز تحت شرایط مختلف، متفاوت گزارش شده است (۷، ۲۶، ۴۱). به‌عنوان نمونه نتایج یک بررسی نشان داد که فنانترن دارای بیشترین سهم از مجموع هیدروکربن‌های آروماتیک موجود در ته‌سیگار است (معادل ۲۰ درصد از کل)؛ همچنین آنتراسن و دی بنزو آنتراسن که هرکدام کمتر از ۲ درصد از مجموع هیدروکربن‌های آروماتیک را تشکیل می‌دهند نیز کمترین سهم را دارا می‌باشند (۲۶). این نسبت برای سایر انواع هیدروکربن‌های آروماتیک در شکل شماره ۱۷ نشان داده شده است، این در حالی است که نتایج مطالعه دیگری که در سواحل خلیج فارس انجام شده است مقادیر و نسبت‌های متفاوتی از این آلاینده‌ها را نشان می‌دهد.

نکته حائز اهمیت در مورد هیدروکربن‌های آروماتیک موجود در ته‌سیگار علاوه بر کمیت آن، میزان انتشار این

آلاینده‌ها به محیط است که دارای الگوی متفاوتی از نشت این فلزات است. در بررسی میزان این آلاینده در انواع مختلفی از ته‌سیگارهای تازه کشیده شده، ته‌سیگار رها شده در معابر شهری و نیز ته‌سیگار رها شده در رودخانه‌ها در یک منطقه خاص مشخص شد که غلظت هیدروکربن‌های آروماتیک موجود در ته‌سیگارهای مورد بررسی باهم متفاوت است. این موضوع نشان می‌دهد که بخشی از هیدروکربن‌های به دام افتاده در فیلتر سیگار از آن نشت می‌کنند (۴۱). نشت آلاینده‌های مختلف به محیط از ته‌سیگار تحت تأثیر عوامل مختلفی؛ از جمله غلظت اولیه این آلاینده‌ها در ته‌سیگار، ویژگی‌های شیمیایی آلاینده‌ها و نیز شرایط محیطی قرار دارد؛ بنابراین هرچند که فیلتر سیگار برای به دام انداختن آلاینده‌های دود سیگار طراحی شده است، ولی ته‌سیگار ناشی از استعمال سیگار تحت شرایطی می‌تواند این آلاینده‌ها را وارد محیط‌زیست کند. در این پدیده ویژگی‌های ساختاری آلاینده و همچنین محیطی که ته‌سیگار در آن قرار دارد نیز نقش مهمی دارند؛ به‌عنوان مثال در مورد هیدروکربن‌های آروماتیک در ته‌سیگار و نشت آن به محیط مشخص شده است که میزان نشت هیدروکربن‌های آروماتیک با وزن مولکولی پایین یا اصطلاحاً سبک به دلیل فراریت بالا و قابلیت انحلال بیشتر در آب نسبت به هیدروکربن‌های آروماتیک با وزن مولکولی بالا یا در اصطلاح سنگین، بیشتر است (۴۰). البته ته‌سیگارهایی که در محیط آبی قرار می‌گیرند با توجه به حالیت این آلاینده‌ها نشت سریع‌تری را نشان می‌دهند. این واقعیت با توجه به نتایج تحقیقات صورت گرفته بر روی آلاینده‌های مختلف موجود در ته‌سیگار به‌وضوح قابل مشاهده است. به‌طور کلی می‌توان از بارش، سرعت باد، ویژگی‌های کیفی فیلتر و مدت‌زمان حضور ته‌سیگار در محیط به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر میزان نشت هیدروکربن‌های آروماتیک از ته‌سیگار در محیط نام برد (۲۶). این شرایط سبب می‌شود تا ارزیابی ریسک ناشی از این آلاینده‌ها در ته‌سیگار بسیار پیچیده و نیازمند توجه به متغیرهای گوناگون باشد (۲۶). یکی از دلایل پیچیدگی‌های موجود در برآورد آلاینده‌های نشت کرده از ته‌سیگار و ریسک ناشی از آن‌ها برای موجودات و محیط‌زیست، عدم امکان برآورد مدت‌زمان بقای ته‌سیگار رها شده در محیط‌های شهری و محیط‌زیست است.



شکل شماره ۱۷: نسبت انواع مختلف هیدروکربن‌های آروماتیک در ته‌سیگار (%) (۲۶)

۳-۳-۳- سایر آلاینده‌ها در ته‌سیگار

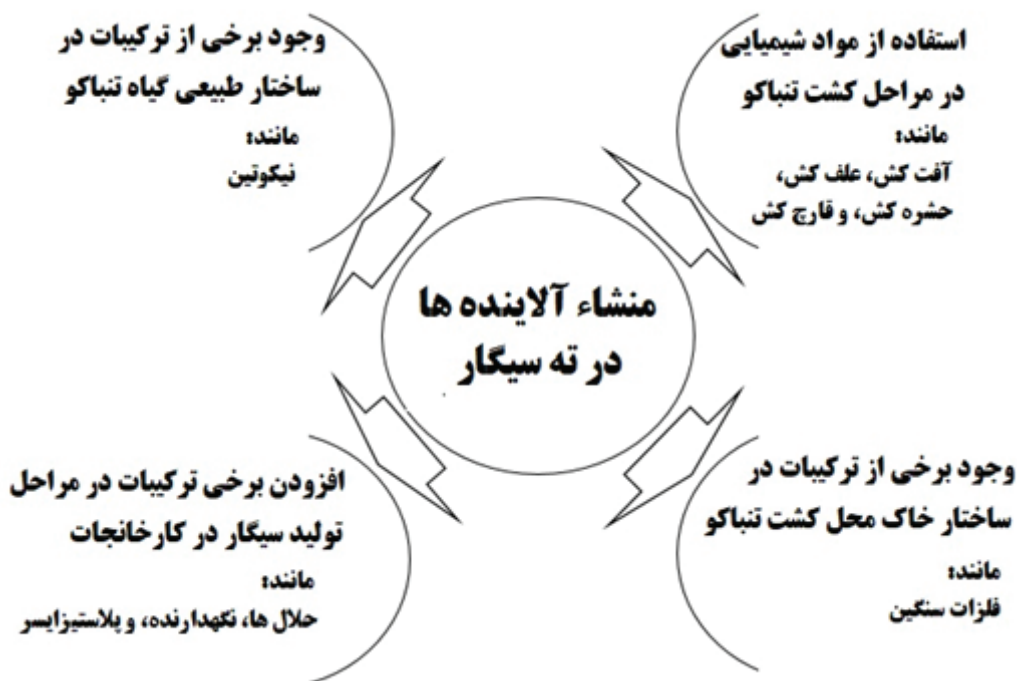
علاوه بر فلزات و هیدروکربن‌های آروماتیک که در ته‌سیگار شناسایی شده‌اند، آلاینده‌های دیگری نیز در این پسماند وجود دارد. اساساً با توجه به عملکرد فیلتر سیگار در به دام انداختن آلاینده‌های دود سیگار انتظار می‌رود که آلاینده‌های متعددی در ته‌سیگار وجود داشته باشد ولی تاکنون تمام این آلاینده‌ها در ته‌سیگار، مورد بررسی و سنجش قرار نگرفته است. با این وجود آلودگی ته‌سیگار به ترکیبات پلی آروماتیک نیز که دارای اثرات سمی است مورد تأیید محققان قرار گرفته است (۱۰). نیکوتین یکی دیگر از آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار است که از مهم‌ترین سموم موجود در این پسماند به شمار می‌رود و نشت سریعی از ته‌سیگار به محیط‌زیست دارد (۱۰، ۲۶). نیکوتین نشت کرده از ته‌سیگار، اثرات زیانباری بر سلامت ارگان‌بسم‌ها دارد و به راحتی توسط پوست، شش، روده کوچک و مثانه جذب می‌شود. عوارضی؛ مانند بروز بیماری‌های قلبی، اثر بر سیستم اعصاب مرکزی، آسیب کبد در ماهی و عوارض سیستمی در پستانداران از مواردی است که در اثر نیکوتین ایجاد می‌شود (۱۰). البته باید توجه داشت که میزان نیکوتین موجود در ته‌سیگار همانند سایر آلاینده‌ها به عواملی؛ مانند عادت استعمال سیگار، کیفیت فیلتر و میزان تنباکوی باقیمانده روی فیلتر سیگار وابسته است و با توجه به اینکه نشت آن به محیط‌زیست تحت شرایط محیطی مانند بارش متغیر است، برآورد میزان مواجهه با آن به سادگی قابل انجام نیست و بنابراین نمی‌توان با قطعیت میزان ریسک آن را بیان نمود هرچند که سمیت و اثرات زیانبار آن اثبات شده است (۱۰، ۲۶).

ذرات یکی دیگر از آلودگی‌های موجود در ته‌سیگار است. مطالعات نشان داده است که ذرات کربن آلی با دامنه اندازه بین ۷۰ تا ۴۰۰ نانومتر در ته‌سیگار وجود دارد و میانگین قطر بیان شده برای این ذرات نیز ۲۰۰ نانومتر است (۱۲). اهمیت ذرات در ته‌سیگار علاوه بر آلودگی، قدرت جذب و انتقال سایر آلاینده‌ها توسط آن‌هاست، علاوه بر ذرات کربنی وجود نانوذرات فلزی نیز در ته‌سیگار تأیید شده است و آلومینیوم، آهن، روی، کروم و منگنز از مهم‌ترین نمونه‌های آن است (۱۲). نانوذرات موجود در ته‌سیگار چنانچه به محیط‌های آبی راه پیدا کنند به سادگی قابل حذف نیستند؛ زیرا این مواد در فرآیندهای متداول تصفیه آب و فاضلاب حذف نمی‌شوند (۱۲) و بنابراین یکی از جنبه‌های مهم آلودگی در ته‌سیگار را همین نانوذرات تشکیل می‌دهند. ته‌سیگار همچنین می‌تواند منبع نشت مواد رادیونوکلئید باشد، به طوری که مشخص شده است، ته‌سیگار می‌تواند به عنوان منبع نقطه‌ای در مورد رادیونوکلئیدها مطرح باشد و این موضوع در مورد عنصر رادیواکتیو ^{210}Po اثبات شده است (۴۲). هرچند که ممکن است میزان انتشار این قبیل آلاینده‌ها از ته‌سیگار در مقایسه با سایر منابع انتشار، کم و ناچیز به نظر آید ولی توجه به تعداد بالای ته‌سیگار در دنیا، اهمیت این منبع را نسبت به سایر منابع انتشار مواد رادیونوکلئید مشخص می‌کند.

۳-۴- منشأ آلاینده‌های ته‌سیگار

بخش مهمی از آلاینده‌هایی که در ته‌سیگار وجود دارد ناشی از به دام افتادن آلاینده‌های دود سیگار در فیلتر و همچنین تنباکوی باقیمانده روی فیلتر است. این دسته‌بندی، یک نگاه کلی در مورد آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار است، ولی برای یافتن منشأ آلودگی‌های ته‌سیگار باید فرآیند تولید سیگار را از مراحل کاشت تنباکو تا فرآیند تولید در کارخانه‌های مورد بررسی قرار داد. مشخص شده است که تنباکو به طور طبیعی دارای برخی از مواد است که پس استفاده از آن در تولید سیگار و استعمال سیگار، در نهایت به عنوان یک آلاینده در ته‌سیگار یافت خواهد شد (۳، ۳۹).

نیکوتین مهم‌ترین ماده سمی است که به‌طور طبیعی در برگ تنباکو وجود دارد و در نهایت به‌عنوان یک آلاینده مهم در دود سیگار و همچنین در ته‌سیگار شناخته می‌شود. البته باید توجه کرد که فرآیند کشت تنباکو نیز در کمیت و نوع آلاینده‌های موجود در سیگار و ته‌سیگار ناشی از آن مؤثر است. آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌های به‌کاربرده شده در مراحل کشت تنباکو می‌تواند منشأ مهم برخی از آلاینده‌های ته‌سیگار باشد، ضمن اینکه خصوصیات خاک مزرعه نیز در غلظت آلاینده‌ها مؤثر است، به‌طوری‌که فلزات سنگین موجود در خاک می‌توانند در برگ‌های تنباکو جذب شوند (۷). بنابراین سه منشأ مهم برای آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار را می‌توان تنباکوی مورد استفاده برای تولید سیگار، زمین مورد استفاده برای کشت و نیز ترکیبات به‌کاربرده شده در فرآیند کشت تنباکو دانست، به‌علاوه در فرآیند تولید سیگار در کارخانه‌ها، ترکیباتی به‌کاربرده می‌شود که می‌تواند منشأ مهمی برای آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار باشد، به‌نحوی که یکی از منابع فلزات سنگین در دود سیگار و ته‌سیگار، اضافه کردن عوامل آتش‌زنه^۱ روی کاغذ پوششی اعلام شده است (۳۶)؛ لذا این چهار منشأ متفاوت برای آلاینده‌های سیگار و در نهایت ته‌سیگار که در شکل ۱۸ نشان داده شده است سبب می‌شود که کمیت و نوع آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار برندهای مختلف با یکدیگر متفاوت باشد. این متغیرهای متنوع سبب شده است که نتوان به‌راحتی یک‌میزان سمیت و کمیت آلاینده را برای ته‌سیگار پیش‌بینی کرد ولی شناخت این منابع در کنترل و کاهش آلاینده‌ها در سیگار و ته‌سیگار ناشی از آن دارای اهمیت زیادی است.



شکل شماره ۱۸: چهار منشأ مهم برای آلاینده‌های شناسایی شده در ته‌سیگار

خلاصه ۵

- ته‌سیگار به دلیل عملکرد فیلتر در به دام انداختن آلاینده‌های دود سیگار، پتانسیل آلودگی به هزاران ماده شیمیایی که ده‌ها نوع آن سمی و سرطان‌زا هستند را دارد.
- علاوه بر اثرات سمی ناشی از آلاینده‌های دود سیگار، حتی فیلتر سیگار استفاده نشده نیز دارای اثرات سمی است که در سمیت ته‌سیگار می‌تواند مؤثر باشد.
- میزان آلودگی ته‌سیگار به میزان آلودگی دود سیگار و توانایی فیلتر در به دام انداختن آلاینده‌ها بستگی دارد تفاوت برندها و نیز تفاوت عادت استعمال سیگار در افراد سیگاری، از دیگر عوامل مؤثر در میزان آلودگی موجود در ته‌سیگار است.
- فلزات سنگین، هیدروکربن‌های آروماتیک و نیکوتین مهم‌ترین آلاینده‌های مورد مطالعه در ته‌سیگار بوده‌اند
- آلاینده‌های ته‌سیگار می‌توانند به دو شکل کلی به محیط زیست به‌ویژه پیکره آبی منتقل شوند: ۱. انتقال به‌صورت کلی همراه با ته‌سیگار ۲. نشت از ته‌سیگار و انتقال به محیط.
- تنوع آلاینده در ته‌سیگار و سمیت بالای برخی از آن‌ها، ته‌سیگار را به‌عنوان یکی از منابع مهم آلودگی در محیط زیست مطرح می‌کند، به‌نحوی که هر ته‌سیگار می‌تواند منجر به آلودگی ۱۰۰۰ لیتر آب شود.
- سرعت نشت برخی از آلاینده‌ها مانند نیکوتین از ته‌سیگار زیاد است و این مسئله لزوم دفع صحیح ته‌سیگار توسط افراد سیگاری را حائز اهمیت می‌کند.
- میل به نگه داشت آلودگی در ته‌سیگار برای تمام آلاینده‌ها یکسان نیست و بنابراین روند نشت برای آلاینده‌ها در ته‌سیگار در طول زمان می‌تواند صعودی یا نزولی یا ثابت باشد.
- غلظت فلزات سنگین مختلف در ته‌سیگار بین چند میکروگرم تا چند صد میکروگرم در گرم است و نشت فلزات از ته‌سیگار در دنیا سالانه به هزاران کیلوگرم می‌رسد.
- میزان نشت آلاینده‌ها از ته‌سیگار به مدت زمان ماند آن در محیط و همچنین عوامل محیطی مانند رطوبت وابسته است.
- هیدروکربن‌های آروماتیک یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار است و با توجه به اثرات سلامتی آن مانند سرطان‌زایی، یکی از دلایل قرار گرفتن ته‌سیگار در فهرست پسماندهای خطرناک است.
- نانوذرات، نیکوتین و ماده رادیواکتیو 210PO آلاینده‌های دیگری هستند که در تحقیقات مرتبط با ته‌سیگار بررسی شده‌اند.
- آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار از چهار منشأ اصلی متأثر می‌شوند: ۱. ترکیباتی که به‌طور طبیعی در تنباکو وجود دارد مانند نیکوتین ۲. مواد افزوده‌شده به گیاه تنباکو در مراحل کشت ۳. خاک محل کشت تنباکو ۴. مواد افزوده‌شده به تنباکو و فیلتر در زمان تولید سیگار در کارخانه.

۴-۱- پراکندگی ته‌سیگار

با توجه به اینکه مصرف سیگار در دنیا در طی سالیان و دهه‌های اخیر افزایش یافته است (به دلیل افزایش جمعیت و همچنین افزایش میل به مصرف سیگار در افراد) و با در نظر گرفتن این نکته که بخش قابل توجهی از ته‌سیگار ناشی از استعمال سیگار توسط افراد در محیط رها می‌شود (۳)، ته‌سیگار از نظر تعداد، بیشترین ماده رها شده در محیط‌زیست و اماکن مسکونی است. یک جنبه مهم در مورد ته‌سیگار این است که پراکندگی زیادی در محیط‌های شهری و اماکن عمومی دارد. در واقع به دلیل اینکه مصرف سیگار در تمام ساعات شبانه‌روز و در تمام محل‌های عمومی قابل تصور است، تولید ته‌سیگار به عنوان یک پسماند، دامنه زمانی و مکانی بالایی دارد. این شرایط سبب شده است که تعداد بالایی از این پسماند با پراکندگی زیاد در سطح زمین وجود داشته باشد. همان گونه که قبلاً گفته شد ته‌سیگار پسماندی است که تقریباً تمام زیستگاه‌های انسانی، اماکن عمومی، دریاها و اقیانوس‌ها را آلوده کرده است. از این نظر ته‌سیگار و زائدات پلاستیکی را می‌توان پسماندهایی با پراکندگی بسیار بیشتر از سایر انواع پسماندهای جامد معرفی کرد. اهمیت این مسئله، در تأثیر منفی پراکندگی ته‌سیگار در مدیریت آن است؛ زیرا هرچقدر که منابع تولیدکننده یک پسماند، گسترده‌تر باشند برنامه‌ریزی برای جمع‌آوری آن مشکل‌تر خواهد بود و نیاز به صرف زمان و هزینه بیشتری دارد. اندازه کوچک این پسماند سبب شده است که در بسیاری از مناطق آلوده به آن، علیرغم برنامه‌های پاک‌سازی، برای مدت طولانی باقی بماند؛ زیرا به راحتی قابل‌رویت و شناسایی نیست؛ بنابراین یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت ته‌سیگار به عنوان یک پسماند، گستردگی در محیط‌زیست و عدم امکان جمع‌آوری کامل آن است. در این میان، آنچه ته‌سیگار را از سایر پسماندهای با پراکندگی بالا متمایز می‌کند نشت سریع آلاینده‌ها از آن است. پراکندگی بالای ته‌سیگار سبب شده است تا با توجه به ویژگی‌های محلی و همچنین شرایط اقلیمی، نشت آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار به‌طور گسترده در سطح دنیا در نسبت‌های متفاوتی رخ دهد؛ به عنوان نمونه می‌توان به میزان نشت متفاوت آلاینده‌هایی مانند هیدروکربن‌های آروماتیک از ته‌سیگار در محیط‌های با مقادیر رطوبت متفاوت اشاره کرد. تحقیقات نشان داده است که رطوبت بالای محیط سبب می‌شود، نسبت بیشتری از آلاینده‌ها از ته‌سیگار نشت کنند به‌طوری که میزان اندازه‌گیری شده هیدروکربن‌های آروماتیک در ته‌سیگارهای جمع‌آوری شده از محیط آبی (رودخانه) نسبت به ته‌سیگارهای جمع‌آوری شده از معابر شهری کمتر بود که نشان دهنده نشت بیشتر این آلاینده در حضور رطوبت است (۴۰). از این رو یکی از جنبه‌های اهمیت ته‌سیگار به عنوان یک پسماند جامد، پراکندگی گسترده در دنیا است که آن را به یکی از پرتعدادترین منابع نشت آلاینده تبدیل کرده است، در این خصوص هرچند که مقدار نشت آلاینده در مقیاس وزن از ته‌سیگار چندان قابل توجه نباشد، ولی با توجه به تعداد بالای این پسماند، اهمیت نشت آلاینده‌ها قابل چشم‌پوشی نیست.

۴-۲- سمیت ته‌سیگار

با توجه به اینکه ته‌سیگار دارای طیف وسیعی از مواد شیمیایی است و همچنین امکان نشت این مواد به محیط وجود دارد، ته‌سیگار را می‌توان یک پسماند خطرناک معرفی کرد که پتانسیل سمیت برای ارگانیسم‌ها را دارد.

بالین حال اندازه کوچک این پسماند ممکن است، سبب شود که اهمیت آن به‌روشنی برای شهروندان و مدیران قابل‌درک نباشد. در سال‌های اخیر مطالعات روی ته‌سیگار با فراوانی بیشتری صورت گرفته است و توجه بیشتری نیز به انواع مواد شیمیایی موجود در آن و همچنین اثرات ناشی از آن‌ها بر ارگانیسم‌ها شده است. در بسیاری از متون علمی به سمیت ته‌سیگار برای ارگانیسم‌های آبی، باکتری، گیاهان و حشرات اشاره شده است (۷، ۱۵، ۲۵، ۳۹). از بین هزاران ماده شیمیایی که در سیگار وجود دارد حدود ۱۵۰ ماده که ۴۴ ماده از آن‌ها در مقادیر بالا وجود دارد، به‌عنوان مواد خیلی سمی شناخته می‌شوند. مهم‌ترین اثرات سمی این مواد سرطان‌زایی و جهش‌زایی است که سبب می‌شود ته‌سیگار ناشی از استعمال سیگار، به علت تغلیظ این مواد در تنباکوی باقیمانده و فیلتر، یک پسماند سمی باشد. این امکان وجود دارد که این سموم از ته‌سیگار نشت کنند و محیط‌زیست را آلوده سازند (۱). هرچند که اطلاعات حاصل از تحقیقات مختلف به‌خوبی نشان می‌دهد که مواد سمی موجود در ته‌سیگار در اثر نشت از آن موجب آلودگی خاک می‌شوند و حتی در اثر باران و یا ورود مستقیم به منابع آبی موجب آلودگی منابع آب نیز می‌شوند، بالین حال به دلیل اینکه تاکنون در خصوص جنبه‌های کمی و کیفی این پسماند خطرناک در محیط آبی تحقیقات چندانی صورت نگرفته است، خطرات ناشی از آن برای این محیط‌ها و ارگانیسم‌های آن، غیرقابل ارزیابی است (۶).

در نگاه اول سمیت ته‌سیگار، یک مشکل جدی برای محیط‌زیست است و با توجه به پراکندگی بالای ته‌سیگار می‌توان سمیت ناشی از آن را یک چالش نامید، بالین حال وجود این مواد شیمیایی می‌تواند به‌عنوان یک عامل مشوق برای بازیافت ته‌سیگار و تولید مواد کاربردی به شمار آید. یک مورد از این کاربردها استخراج مواد شیمیایی به دام افتاده در ته‌سیگار و استفاده از آن برای مبارزه با حشرات ناقل بیماری است، این ویژگی که توسط محققان مورد ارزیابی و تأیید قرار گرفته است نشان‌دهنده اثر سمی ته‌سیگار بر روی حشرات ناقل بیماری است. سمیت ته‌سیگار برای این حشرات در دوره‌های مختلف زندگی آن‌ها از مرحله لاروی تا بلوغ مورد ارزیابی قرار گرفته و تأیید شده است (۳۹، ۴۳، ۴۴). با توجه به این نتایج احتمال می‌رود که ته‌سیگار، بر روی سایر حشرات نیز اثرات مشابهی داشته باشد هرچند که برای بیان قطعی این موضوع نیاز به مطالعات اختصاصی بیشتری است، البته باید توجه داشت که غلظت مواد نشت کرده از ته‌سیگار در محیط و مدت‌زمان مواجهه با این مواد، عواملی هستند که در شدت سمیت حاصله در حشرات مؤثر هستند.

علیرغم اینکه در ته‌سیگار، مواد شیمیایی مختلفی با اثرات نامطلوب بر ارگانیسم‌های مختلف محیط‌زیست وجود دارد، ولی نمی‌توان به‌طور مشخص اثر سمیت ته‌سیگار را به هر یک از آن‌ها نسبت داد و یا سهم هر یک از این مواد را در بروز علائم سمیت مشخص کرد. بالین حال اشاره شده است که مواد آلی موجود در ته‌سیگار، نقش مهم‌تری در ایجاد سمیت در ارگانیسم‌های مورد مطالعه داشته‌اند و به‌طور مشخص افزایش میزان نیکوتین و قطران در ته‌سیگار بر میزان سمیت آن می‌افزاید (۷)، علاوه بر این نوع فیلتر سیگار نیز در میزان سمیت حاصله در ارگانیسم‌ها مؤثر است و شدت‌های مختلفی از سمیت انواع ته‌سیگار متداول، ته‌سیگار الکتریکی و حتی فیلتر سیگار استفاده نشده اثبات شده است (۷، ۳۳، ۴۴)؛ به‌عنوان نمونه می‌توان به نتایج بررسی سمیت ته‌سیگار بر روی نوعی آبی اشاره کرد که نشان می‌دهد غلظت آستانه بروز عوارض ناشی از ته‌سیگار متداول ۲۰۰ برابر کمتر از ته‌سیگار استفاده نشده است و تنها ۰/۲ عدد ته‌سیگار متداول در هر لیتر از آب توانست عوارض قابل‌مشاهده‌ای بر روی این گونه آبی مورد مطالعه داشته باشد (۳۳)؛ همچنین نوع اثر ناشی از هر یک از انواع ته‌سیگار می‌تواند متفاوت باشد به‌طوری‌که بررسی انجام

شده در زمینه تأثیر سه نوع مختلف سیگار متداول، سیگار منتول^۱ و سیگار الکتریکی بر یک آبی‌زی خاص مشخص کرد که ته‌سیگار متداول بسیار سمی است، درحالی‌که ته‌سیگار منتول بسیار سرطان‌زاست و سیگار الکتریکی، اثرات کمتری از دو نوع دیگر ته‌سیگار دارد ولی همین اثرات نیز قابل توجه است. این بررسی نشان داد که حداقل عوارض مشاهده‌شده، برای دو نوع ته‌سیگار متداول و منتول، زیر ۱ عدد در هر لیتر بود، درحالی‌که برای ته‌سیگار الکتریکی ۴ عدد در هر لیتر بود (۳۷).

اثرات و عوارض مشاهده‌شده در ارگان‌سیم‌ها در محیط‌های آلوده به ته‌سیگار، همواره به یک‌شکل نیست و در غلظت‌های مختلفی از ته‌سیگار عوارضی مشاهده می‌شود که در برخی مواقع کاملاً در تضاد با یکدیگر است؛ به‌عنوان مثال می‌توان به تأثیر غلظت کم ته‌سیگار در افزایش ضربان قلب و تأثیر غلظت بالای ته‌سیگار در کاهش ضربان قلب در نوعی ماهی اشاره کرد (۳۳). بررسی تأثیر سمیت ته‌سیگار بر روی سه گونه حلزون نشان داد که میزان مرگ ناشی از مواد نشت کرده از ته‌سیگار برای گونه‌های مختلف متفاوت است. هرچند وقتی هر سه گونه حلزون در محیطی با غلظت ۵ عدد ته‌سیگار به مدت ۲ ساعت غوطه‌ور شدند، پس از ۸ روز تمام گونه‌ها مردند. این بررسی همچنین نشان داد که مواد نشت کرده از ته‌سیگار دارای عوارض شدید و متفاوتی بر روی گونه‌های مورد بررسی بودند و میزان حساسیت گونه‌های مورد بررسی نیز با یکدیگر متفاوت بود (۴۶).

علاوه بر تأثیر ته‌سیگار بر حشرات و موجودات آبی، این احتمال نیز وجود دارد که گیاهانی که در معرض ته‌سیگار هستند تحت تأثیر سموم موجود در آن قرار بگیرند. میزان تحقیقات صورت گرفته در این زمینه بسیار اندک است، با این حال امکان ورود آلودگی به گیاهان را نمی‌توان نادیده گرفت؛ همچنین نگرانی‌هایی نیز در زمینه انتقال آلودگی ته‌سیگار به محیط‌زیست و در نتیجه ورود به محصولات مشتق شده از گیاهان وجود دارد (۶)، علاوه بر این، تحقیق انجام‌شده بر روی نوعی گیاه خاص نشان داده است که مواد شیمیایی نشت کرده از ته‌سیگار دارای اثرات سیتوتوکسیک، ژنوتوکسیک و جهش‌زایی بر روی آن گیاه بوده است، البته این اثرات بر روی سایر گیاهان می‌تواند متفاوت باشد و نیازمند تحقیقات بیشتری است (۴۷). چنین اثراتی می‌تواند در مراحل مختلف رشد گیاهان و همچنین در بخش‌های مختلف تشکیل‌دهنده گیاه بروز کند. بر همین اساس در تحقیق انجام شده در سال ۲۰۱۸ میلادی، گیاهی که در معرض ته‌سیگار قرار گرفته بود عوارضی؛ مانند رشد نسبی پایین، تشکیل سلول‌های غیرطبیعی و اختلالات دوره رشد را نشان داد (۴۷). تحقیقات انجام شده بر روی دو گیاه چمن و شبدر سفید نیز نتایج مشابهی را نشان داد و وجود ته‌سیگارهای منتول یا متداول، عوارض متعددی در ریشه و ساقه گیاه ایجاد کرد (۴۸).

علیرغم اینکه در تحقیقات مختلف، اثرات سمی ته‌سیگار بر روی ارگان‌سیم‌های مختلف تأیید شده است، ولی نمی‌توان این نتایج را به سایر ارگان‌سیم‌ها نیز نسبت داد؛ برای مثال می‌توان به نتایج بررسی اثرات سمی ته‌سیگار بر روی نوعی حلزون اشاره کرد که نشان داد ته‌سیگار بر روی این جانور اثرات سمی چندانی در مقایسه با نتایج سایر مطالعات مشابه ندارد (۴۹). از دلایل مهم اختلاف نتایج این مطالعه با سایر مطالعات می‌توان به تفاوت موجودات مورد آزمایش، روش‌های متفاوت سنجش سمیت، تفاوت برند سیگار و نحوه استعمال آن و همچنین متفاوت بودن غلظت ته‌سیگار و مدت‌زمان آزمایش اشاره کرد. نتایج مطالعات مختلف بر این نکته تأکید دارد که میزان سمیت ته‌سیگار با توجه به شرایط و عوامل متعددی متفاوت خواهد بود. مهم‌ترین دلایل اختلاف در میزان و نوع اثر ته‌سیگار

1. menthol

در ارگان‌سیسم‌های مورد بررسی را می‌توان به شکل زیر بیان کرد:

- تفاوت در نوع ارگان‌سیسم مورد بررسی؛
- تفاوت در برند سیگار؛
- تفاوت در انواع ته‌سیگار؛
- تفاوت در نحوه تهیه ته‌سیگار به شکل استفاده از ماشین یا با کمک افراد سیگاری؛
- تفاوت در میزان تنباکوی باقیمانده بر روی فیلتر سیگار.

برندهای مختلف سیگار با توجه به تفاوت تنباکوی مورد استفاده، تفاوت‌های احتمالی در فرایند تولید و همچنین تفاوت در نوع و کیفیت فیلتر مورد استفاده، منجر به تولید ته‌سیگارهایی با میزان مواد شیمیایی متفاوت و در نتیجه اثرات سمی متفاوتی خواهند شد. این مسئله در نتایج بررسی اثر سمیت برندهای مختلف ته‌سیگار بر روی ارگان‌سیسم یکسان به خوبی مشاهده شده است (۷، ۳۷)؛ همچنین موجودات مختلف حساسیت‌های متفاوتی نسبت به مواد سمی موجود در ته‌سیگار دارند (۷)، بنابراین حتی در شرایط یکسان، سمیت ناشی از ته‌سیگار موجود در محیط، عوارض متفاوتی در ارگان‌سیسم‌های آن محیط خواهد داشت. هرچند این تفاوت در موجودات مختلف سبب شده است تا نتوان میزان سمیت ته‌سیگار را بر اساس یافته‌های حاصل از بررسی یک گونه خاص به سایر ارگان‌سیسم‌ها نسبت داد، ولی این امکان وجود دارد که با مدل کردن اثرات سمی ته‌سیگار بر موجودات بر اساس همین مطالعات بتوان اثرات بر سایر ارگان‌سیسم‌ها را نیز پیش‌بینی کرد (۷). با توجه به اینکه اثر سمی ته‌سیگار در موجودات زنده، از حشرات تا گیاهان و ارگان‌سیسم‌های دیگر، ناشی از وجود مواد سمی، فلزات و مواد سرطان‌زا و جهش‌زا است؛ لذا راه‌های انتقال این مواد به ارگان‌سیسم‌های مختلف در محیط‌زیست اهمیت فراوانی پیدا خواهد کرد. در محیط‌زیست و به‌ویژه در محیط‌های آبی، نشت آلاینده‌ها از ته‌سیگار و انتقال آن به ارگان‌سیسم‌های زنده، یکی از این راه‌ها است و بلعیدن الیاف استات سلولز به کاررفته در تولید فیلتر سیگار که به‌مرورزمان در محیط‌زیست دچار از هم گسستگی می‌شود نیز راه دیگری است که آلاینده‌های ته‌سیگار را به ارگان‌سیسم‌ها منتقل می‌کند (۳۵).

نحوه استعمال سیگار توسط افراد سیگاری نیز نقش مهمی در میزان سمیت ته‌سیگار دارد؛ زیرا میزان تنباکوی متصل به فیلتر در سیگار دور انداخته شده توسط سیگاری‌های مختلف، متفاوت است و با تغییر در حجم تنباکو بر روی فیلتر، میزان عوارض سمی ته‌سیگار نیز تغییر خواهد کرد. نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که میزان سمیت ته‌سیگاری که حاوی مقداری باقیمانده تنباکو است، از فیلتر سیگار کشیده شده بدون تنباکو، بیشتر است (۲۵). همچنین رفتار و عادات استعمال سیگار در افراد مختلف با توجه به تأثیری که در میزان دود عبور کرده از فیلتر و مواد به دام افتاده در آن دارد در غلظت مواد شیمیایی و اثرات سمی ته‌سیگار، نقش مهمی دارد (۳). یک دلیل روشن برای این مسئله، تأیید سمیت بیشتر فیلتر سیگارهای استعمال شده نسبت به فیلتر سیگارهای استعمال نشده در نتایج تحقیقات است (۲۵) و یک دلیل مهم برای آن، وجود مواد سمی بیشتر در فیلترهای استعمال شده ناشی از به دام افتادن مواد موجود در دود سیگار است. در مطالعات مختلف، خاصیت جذب فلزات سنگین روی نانوذرات ناشی از مصرف سیگار و افزایش دامنه اثر فلزات بر محیط و سلامتی اثبات شده است (۱۲). حتی ته‌سیگارهای الکترونی نیز به دلیل وجود برخی فلزات سنگین و مواد شیمیایی در بخار و نانوذرات منتشره از آن‌ها دارای اثرات سمی هستند، ضمن اینکه سیگار الکتریکی دور انداخته شده به واسطه نشت سرب از آن در دسته پسماندهای خطرناک قرار می‌گیرد (۳۷).

خلاصه ۶

- تعداد بالا و اندازه کوچک، در کنار دفع نامناسب سبب شده است که ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند گسترده با پراکندگی بالا، تقریباً تمام زیستگاه‌های انسانی را آلوده کند.
- پراکندگی بالا و عدم امکان جمع‌آوری کامل ته‌سیگارهای دورریز شده، اهمیت ویژه‌ای به ته‌سیگار در مقایسه با سایر پسماندها می‌دهد.
- ته‌سیگار به دلیل وجود هزاران ماده شیمیایی که ده‌ها مورد از آن‌ها خیلی سمی هستند دارای پتانسیل سمیت برای ارگانیسم‌ها است.
- سرطان‌زایی و جهش‌زایی از مهم‌ترین اثرات سمی بیان شده برای ته‌سیگار است.
- هرچند سمیت ته‌سیگار از نظر علمی تأیید شده است ولی خطر ناشی از حضور این پسماند در محیط همچنان غیرقابل ارزیابی باقی‌مانده است.
- به دلیل تعدد مواد شیمیایی موجود در ته‌سیگار، اثرات سمی مشاهده در این پسماند را نمی‌توان به عناصر خاصی نسبت داد یا سهم هر یک از آن‌ها را در بروز اثرات مشخص کرد.
- مواد آلی موجود در ته‌سیگار، نقش مهم‌تری از سایر آلاینده‌ها در بروز اثرات سمی دارد به‌طوری‌که نیکوتین به‌عنوان یک سم مهم در ته‌سیگار اعلام‌شده است.
- نوع فیلتر سیگار در سمیت ته‌سیگار مؤثر است.
- تمام اثرات سمی ته‌سیگار مربوط به مواد به دام افتاده در فیلتر نیست به‌نحوی‌که اثرات سمی فیلتر سیگار استعمال نشده نیز به اثبات رسیده است.
- حساسیت گونه‌های مختلف به سمیت ناشی از ته‌سیگار یکسان نیست و غلظت مواد نشت کرده از ته‌سیگار یا تراکم ته‌سیگار در محیط نیز در میزان سمیت آن مؤثر است.
- افزایش نسبت تنباکوی باقیمانده در ته‌سیگار موجب افزایش اثرات سمی آن خواهد شد.

سایر مشکلات ناشی از ته‌سیگار

ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند خطرناک که دارای اثرات سمی بر روی موجودات است، می‌تواند اثرات نامطلوب دیگری نیز ایجاد کند. اولین مشکل ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند در دنیا، پراکندگی تعداد زیادی از این ماده در محیط به‌ویژه در محیط‌های ساحلی و تفریحی است که باعث ایجاد منظره نامطلوب می‌شود. با توجه به مشکلات موجود در جمع‌آوری ته‌سیگار که ناشی از اندازه کوچک این ماده و ناکارآمدی تجهیزات مکانیکی برای جمع‌آوری آن است، این پسماند مدت زیادی در محیط‌های مختلف باقی می‌ماند و انباشت تعداد زیادی از این پسماندهای کوچک به‌مرور زمان منجر به ایجاد منظره نامطلوب می‌شود. در گزارش‌های موجود در زمینه تعداد ته‌سیگارها در سطح شهرها و سواحل به‌روشنی مشخص است که این پسماند با توجه به شیوه دفع آن توسط افراد سیگاری، فراوان‌ترین زباله رها شده در دنیاست و با توجه به اینکه حجم و وزن این ماده از سایر زباله‌های رها شده بر روی زمین کمتر است (۱۱)، (۲۶)؛ لذا می‌توان انتظار داشت که سطح زیادی از مناطق، به این زباله، آلوده شده باشد و به همین میزان نیز مناظر نامطلوبی در سطح شهرها و اماکن عمومی ایجاد شده باشد، این شرایط علاوه بر اینکه دارای خطرات بهداشتی و زیست‌محیطی می‌باشد، ممکن است در اقتصاد مناطق گردشگری و تفریحی نیز اثرات نامطلوبی داشته باشد.

از سوی دیگر وجود تعداد زیادی ته‌سیگار در محیط‌زیست می‌تواند سبب وارد شدن آسیب مستقیم به کودکان، نوزادان و جانوران شود؛ زیرا احتمال بلعیده شدن ته‌سیگار توسط نوزادان و خردسالان، پرندگان، حیوانات اهلی و حیوانات وحشی وجود دارد و با توجه به آلودگی این پسماند به طیف وسیعی از مواد شیمیایی و سمی می‌تواند اثرات

نامطلوبی بر آن‌ها داشته باشد. گزارشاتی در زمینه بلعیده شدن ته‌سیگار توسط خردسالان و حیوانات منتشر شده است؛ به‌عنوان نمونه در سال ۱۹۸۳ میلادی در ایتالیا ۴ مورد خورده شدن ته‌سیگار توسط کودکان گزارش شده است؛ همچنین در ایالات متحده آمریکا در سال ۱۹۸۸ میلادی تعداد ۵۱ مورد خوردن ته‌سیگار توسط کودکان ۵ ماهه تا ۲/۵ سال، در یونان در سال ۱۹۹۵ میلادی تعداد ۱۵ مورد خوردن ته‌سیگار توسط کودکان ۲ تا ۴ سال و در ژاپن در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ میلادی تعداد ۲۷۶ مورد خوردن ته‌سیگار توسط کودکان گزارش شده است (۵۰). این گزارش‌ها نشان می‌دهد که ته‌سیگار به‌طور جدی یک خطر مستقیم برای زیستگاه‌های جانوری به‌ویژه در سواحلی که زیستگاه پرندگان دریایی است می‌باشد. این تهدید، علاوه بر زیستگاه‌های طبیعی در مناطق مسکونی و در شهرها نیز وجود دارد؛ زیرا در گزارش‌هایی اشاره شده است که کودکان ته‌سیگارها را بلعیده‌اند و حتی میزان سمیت و عوارض ناشی از آن نیز در کودکان، مورد بررسی قرار گرفته و اثبات شده است (۵۰).

هرچند که وجود ته‌سیگار در محیط، احتمال بلعیده شدن آن را ایجاد کرده است، ولی یک نکته مهم دیگر نفوذ این پسماند به آشیانه حیوانات و پرندگان است که می‌تواند همراه با مواد ساخت لانه به آن منتقل شود یا در جریان آب و باد به آن راه پیدا کند. این پدیده از دو جنبه می‌تواند اثرات مطلوب و همچنین اثرات نامطلوب داشته باشد. در نگاه اول وجود ته‌سیگار در آشیانه پرندگان و همچنین در لانه حیوانات ساحلی به دلیل نشت مواد سمی از آن می‌تواند سبب بروز ناهنجاری در آن‌ها و در نوزادان حیوانات باشد، از سوی دیگر در یک بررسی جالب مشخص شده است که برخی از گونه پرندگان به‌طور شگفت‌آوری به خاصیت سمی ته‌سیگار پی برده‌اند و در مواردی که آشیانه آن‌ها دارای حشرات بیشتری می‌شود این پرندگان از تعداد بیشتری از ته‌سیگار در ساخت آشیانه خود استفاده می‌کند تا بتواند جمعیت حشرات آشیانه را کاهش دهد (۵۱).

مسئله مهم دیگر درباره ته‌سیگار، دفع آن به شکل خاموش نشده است که باعث افزایش احتمال بروز آتش‌سوزی می‌شود. در تحقیقات مختلف مشخص شده که نسبت بالایی از افراد سیگاری ته‌سیگار را به‌صورت خاموش نشده و در حالتی که هنوز دارای تنباکوی در حال سوختن است دفع می‌کنند که می‌تواند یک خطر بالقوه در بروز آتش‌سوزی باشد. این شرایط به‌ویژه در فصولی از سال که زیستگاه‌ها دارای گیاهان خشک شده هستند اهمیت بیشتری دارد و همچنین در مناطق شهری نیز می‌تواند موجب بروز آتش در سطوح‌های زباله شود، به همین دلیل ضمن توجه به این مسئله لازم است تا ظروف تعبیه‌شده در اماکن عمومی و معابر برای جمع‌آوری ته‌سیگار به‌صورت اختصاصی و مجزا از سایر انواع پسماند باشد.

نکته مهم دیگر در مورد وجود ته‌سیگار در محیط، تأثیرات متعددی است که این پسماند بر روی ارگان‌سیم‌ها دارد و حتی پستانداران نیز تحت تأثیر مواد شیمیایی موجود در آن قرار می‌گیرند. اثرات سمی مواد شیمیایی موجود در ته‌سیگار بر حشرات، ارگان‌سیم‌ها، گیاهان و جانوران در تحقیقات متعددی به اثبات رسیده است، ولی یک نکته مهم در اثرات احتمالی ته‌سیگار بر ارگان‌سیم‌های مختلف، تغییر در رفتارها و فعالیت‌های طبیعی این موجودات است؛ به‌عنوان مثال وقتی یک نمونه موش در معرض آب آلوده به مقادیر بسیار اندک ته‌سیگار قرار گرفت دچار اختلال در رفتارهای طبیعی تدافعی در مقابل شکارچینی مانند گربه و مار شد (۵۲). این موضوع می‌تواند در جمعیت جانوران و تعادل جمعیت تأثیر بگذارد و در نهایت زنجیره جانوری را با تغییراتی مواجه کند. با توجه به این شواهد و با در نظر گرفتن تعداد بالای ته‌سیگار رها شده در دنیا می‌توان این پسماند را به دلیل احتمال ایجاد تغییر در فعالیت‌های

طبیعی جانوران و پستانداران، یک تهدید مهم برای اکوسیستم جانوری در سطح جهان معرفی کرد.



نکات دارای اهمیت ته سیگار

خلاصه ۷

- پراکندگی و اندازه کوچک ته‌سیگار سبب انباشت آن در مرور زمان شده و منظره ناپسندی را در اماکن عمومی و تفریحی و برخی مناطق شهری ایجاد می‌کند.
- احتمال بلعیده شدن ته‌سیگار توسط جانوران وحشی و اهلی، پرندگان و حتی نوزادان وجود دارد.
- رها کردن ته‌سیگار در محیط، احتمال نفوذ این پسماند به داخل آشیانه پرندگان و جانوران را به وجود آورده است.
- هرچند وجود ته‌سیگار در آشیانه حیوانات می‌تواند اثرات سمی روی آن‌ها داشته باشد اما ممکن است موجب کاهش پارازیت‌ها و انگل‌ها در آشیانه نیز بشود.
- با توجه به اینکه اکثر افراد سیگاری، ته‌سیگار را به‌صورت خاموش نشده دفع می‌کنند احتمال بروز آتش‌سوزی ناشی از رهاسازی ته‌سیگار در محیط و در سطوح‌های زباله وجود دارد.
- با توجه به اثرات اثبات‌شده ته‌سیگار بر روی فعالیت‌های طبیعی برخی از جانوران، این ماده ممکن است در نسبت جمعیتی جانوران و زنجیره جانوری محیط‌زیست اثر بگذارد.

فصل پنجم: بازیافت ته‌سیگار

۵-۱ - اهمیت بازیافت ته‌سیگار

ته‌سیگار، پسماندی خاص با ویژگی‌های منحصربه‌فرد است که مدیریت آن با پیچیدگی‌هایی همراه است. یکی از مشکلات اصلی مدیریت ته‌سیگار که ناشی از همین ویژگی آن است محدودیت روش‌های قابل اطمینان و ایمن در دفع نهایی آن است. با دقت در پرکاربردترین روش‌های دفع پسماندها در دنیا که شامل دفن در زمین و سوزاندن می‌شود، می‌توان متوجه عدم تناسب این روش‌ها برای دفع ته‌سیگار شد. ته‌سیگار دارای آلاینده‌های متعددی است که در صورت سوزاندن آن بخش قابل توجهی از آن‌ها وارد جریان هوا خواهد شد و بسیاری از آن‌ها دارای اثرات سمی است (۹، ۵۳-۵۵). بنابراین به کارگیری زباله‌سوزها برای دفع نهایی ته‌سیگار می‌تواند منجر به آزادسازی آلاینده‌های به دام افتاده در ته‌سیگار به شکل گاز شود و در این شرایط، استفاده از تجهیزات کنترلی در خروجی دستگاه زباله‌سوز نقش بسیار مهم‌تری پیدا می‌کند. به کارگیری تجهیزات کنترل آلودگی هوا در زباله‌سوز، علاوه بر هزینه بر بودن نیازمند اپراتور ماهر نیز هست که این شرایط در بسیاری از کشورها به‌ویژه کشورهای در حال توسعه دچار کمبودهای جدی است، از سوی دیگر به دلیل وجود آلاینده‌های متعدد در ته‌سیگار، دفن بهداشتی آن از جنبه‌های پایداری محیط و اقتصادی روش مناسبی به نظر نمی‌رسد زیرا احتمال آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و همچنین نفوذ آلاینده‌ها به لایه‌های خاک وجود دارد (۲)؛ لذا با توجه به اینکه ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند خطرناک معرفی شده است، باید محل‌های دفن ویژه و ایمن شده‌ای برای آن در نظر گرفته شود که این کار نیز حتی اگر به‌خوبی و کاملاً دور از منابع آب صورت بگیرد، بازهم مشکل ته‌سیگار را به‌طور اساسی حل نمی‌کند و فقط با محصور کردن ته‌سیگار، آن را به‌صورت یک تهدید زیست‌محیطی باقی می‌گذارد (۹، ۵۳-۵۵). همچنین تولید سالیانه ۵/۵ تریلیون عدد ته‌سیگار در دنیا در شرایط فعلی با وزن حدود ۱/۲ میلیون تن و پیش‌بینی افزایش این میزان در سال‌های آینده (۳)، عملاً این سؤال را مطرح می‌کند که در سال چند کیلومتر مربع از سطح زمین را باید به ایجاد محل‌های دفن ویژه ته‌سیگار اختصاص داد؟ در هنگام پاسخ دادن به این پرسش باید این موضوع را نیز در نظر داشته باشیم که این لندفیل‌ها فقط یک‌بار قابلیت استفاده دارند. با توجه به چنین محدودیت‌هایی در روش‌های متداول دفع نهایی، بازیافت ته‌سیگار می‌تواند به‌عنوان یک ایده جذاب در مدیریت این پسماند خطرناک مطرح باشد (۲). هرچند که بازیافت ته‌سیگار دارای مشکلات و چالش‌هایی است که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهد شد، با این حال پتانسیل بازیافت در حل مشکل ته‌سیگار بیشتر از سایر روش‌ها نظیر دفن بهداشتی و سوزاندن است. از این رو در ادامه، روش‌های به کار برده شده در بازیافت ته‌سیگار و پتانسیل‌ها و چالش‌های آن بیان خواهد شد.

۵-۲ - قابلیت‌های ته‌سیگار برای بازیافت

با وجود آنکه ته‌سیگار، تهدیدی مهم برای محیط‌زیست است، ولی همان‌طور که نتایج مطالعات انجام شده در سال‌های اخیر نشان داده است، می‌توان از ویژگی‌های متعددی که در آن وجود دارد به‌عنوان قابلیت‌هایی برای بازیافت و تولید محصولات کاربردی استفاده کرد. شناخت این قابلیت‌ها می‌تواند در مدیریت ته‌سیگار اثر مهمی داشته باشد و آن را از یک تهدید زیست‌محیطی به محصولاتی در جهت کاربرد در اهداف مختلف حتی در تصفیه فاضلاب‌ها و کاهش بار

آلودگی وارد شده به محیط‌زیست تبدیل کند (۲). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که از ته‌سیگار می‌توان در سه شکل کلی برای تولید محصولات بازیافتی استفاده کرد. در ساده‌ترین شکل از این سه روش، ته‌سیگار بدون تفکیک اجزاء تشکیل‌دهنده آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این شیوه تعداد مشخصی ته‌سیگار با مواد اولیه مخلوط و برای تولید محصول جدید، مورد استفاده قرار می‌گیرد که اصطلاحاً به آن، روش بی‌نیاز از پردازش گفته می‌شود (۲). نمونه‌ای از این نوع بازیافت ته‌سیگار، در تولید آجر و آسفالت مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. چنین الگویی می‌تواند برای ساخت مصالح ساختمانی و همچنین مصالح به‌کاررفته در احداث جاده‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در دو شکل دیگر بازیافت ته‌سیگار که در اصطلاح بازیافت نیازمند پردازش نامیده می‌شود، طی فرآیندی اجزاء مورد نظر برای بازیافت از ته‌سیگار جدا می‌شود و مورد استفاده قرار می‌گیرد. این اجزاء معمولاً در دو شکل کلی قابل طبقه‌بندی است که عبارت‌اند از استات سلولز به کار رفته در فیلتر سیگار و مواد شیمیایی به دام افتاده در ته‌سیگار. بر همین اساس، استفاده از فیلتر در تولید محصولات بازیافتی و استخراج مواد شیمیایی ته‌سیگار برای استفاده در تولید محصولات دیگر را می‌توان در طبقه‌بندی سه‌گانه قابلیت‌های بازیافت ته‌سیگار قرار داد. نمونه‌ای از روش‌های به کارگیری استات سلولز به کار رفته در فیلتر سیگار، تولید عایق‌های صدا، تولید الیاف چربی‌دوست و همچنین تولید خازن‌های الکتریکی است. همچنین تولید مواد ضد خوردگی و حشره‌کش نیز جزو کاربردهایی است که برای مواد شیمیایی به دام افتاده در ته‌سیگار، تعریف و بررسی شده است. پردازش به کار رفته برای هر یک از روش‌های بازیافت با یکدیگر متفاوت است و حتی در برخی موارد برای تولید یک محصول، از چند روش پردازش استفاده شده است. در جدول شماره ۴ مهم‌ترین پردازش‌های به کار برده شده در بازیافت ته‌سیگار بیان شده است.

جدول شماره ۴: پردازش‌های متفاوت برای انواع روش‌های بازیافت ته‌سیگار

هدف بازیافت ته‌سیگار	پردازش به کار رفته
مبارزه با پشه ناقل بیماری	غوطه‌وری ته‌سیگار در آب مقطر در ۲۴ ساعت و استفاده از مواد شیمیایی نشت کرده
	غوطه‌وری ته‌سیگار در آب در زمان‌های ۱ تا ۱۰ روز
	معلق کردن ته‌سیگار در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت و سپس سانتریفیوژ کردن کل محلول و استفاده از سوپرناتانت آن
	استفاده از مواد استخراج شده از ته‌سیگار برای ساخت ساختارهای نانوقره
تولید آسفالت	کپسوله کردن در قیر و در پارافین
ساخت کربن فعال	حرارت دادن در محیط خلأ برای مدت ۳ ساعت در ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد سپس پودر کردن به ابعاد ۱۰۰ میکرومتر
	پیرولیز مستقیم با حرارت ۹۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت و در حضور مقدار ثابت گاز نیتروژن معادل ۱۰۰ سانتیمتر مکعب در دقیقه و نرخ گرمادهی ۵ درجه سلسیوس بر دقیقه
	کربونیزاسیون ساده یک مرحله‌ای با استفاده از حرارت پیرولیز معادل ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت با نرخ گرمادهی ۵ درجه سلسیوس بر دقیقه
تولید بستر بیوفیلیم	استخراج فیلتر
تهیه فیبرهای چربی دوست	غوطه‌وری فیلتر سیگار در محلول هیدروکسید سدیم و سپس در محلول اتانولیک و ترکیبات حاوی سیلان
	غوطه‌وری در محلول هگزان ۴ درصد در دمای اتاق و ترکیبات حاوی سیلان
تولید جاذب متخلخل صدا	جداسازی فیلتر سیگار
ساخت پالپ کاغذ	تهیه خمیر از ته‌سیگار به مدت سه ساعت در دمای جوش و در حضور هیدروکسید سدیم یک درصد

با این حال با توجه به اینکه تلاش‌ها برای بازیافت ته‌سیگار سابقه طولانی ندارد، اغلب ایده‌های مطرح شده برای بازیافت، در مرحله مطالعه و آزمایش است و روش‌های آزموده شده، در مقیاس وسیع به کار برده نشده‌اند. یکی از دلایل عدم به کارگیری روش‌های آزموده شده بازیافت ته‌سیگار، نگرانی‌های زیست‌محیطی ناشی از روش‌های پردازش و همچنین کیفیت محصول نهایی است (۲).

خلاصه ۸

- روش‌های متداول دفع نهایی پسماند، شامل سوزاندن و دفن در زمین با توجه به نگرانی‌های زیست‌محیطی و مسائل اقتصادی برای دفع نهایی ته‌سیگار مناسب نیست.
- تصفیه آلاینده‌ها و بازیافت ته‌سیگار می‌تواند هدف نهایی مدیریت این پسماند خطرناک باشد.
- تمامی روش‌های بازیافت ته‌سیگار به‌استثنای استفاده از آن‌ها در تولید مصالح عمرانی نیازمند پردازش فیزیکی یا شیمیایی است.
- استفاده از استات سلولز به کار رفته در تولید فیلتر و همچنین استخراج مواد شیمیایی به دام افتاده در فیلتر سیگار برای تولید محصولات بازیافتی، دودسته بندی کلی بازیافت ته‌سیگار را تشکیل می‌دهد.

۵-۳- بازیافت ته‌سیگار بدون جداسازی اجزاء آن

نگرانی از انتشار آلاینده‌های به دام افتاده در فیلتر سیگار سبب شده است که شستشو و استخراج مواد شیمیایی، فرآیندی ضروری در روش‌های بازیافت ته‌سیگار باشد، با این حال برای استفاده از ته‌سیگار در تولید محصولاتی مانند آسفالت و آجر می‌توان فرآیند بازیافت را بدون انجام مراحل شستشو و زدایش آلاینده‌ها انجام داد، در واقع استفاده از ته‌سیگار به عنوان بخشی از مواد اولیه مورد نیاز برای تولید مصالح ساختمانی نیازی به پردازش ندارد و به این صورت چنین کاربردهایی را می‌توان ساده‌ترین شکل بازیافت ته‌سیگار از نظر مراحل پردازش نامید (۲). در تولید آجر با استفاده از ادغام کردن ته‌سیگار در مواد خام ساخت مصالح ساختمانی، آلاینده‌های موجود در آن مهار می‌شود (۹، ۵۵). همچنین در مواردی مانند تولید آسفالت که ته‌سیگار در قیر کپسوله می‌شود (۵۶) عملاً خروج آلاینده‌ها از ته‌سیگار کنترل خواهد شد. در بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد که نشت فلزات سنگین از آجرهایی که در ساخت آن‌ها از ته‌سیگار استفاده می‌شود، کمتر است؛ زیرا الیاف استات سلولز بخشی از فلزات سنگین را جذب می‌کند. همچنین تغییر شکل شیمیایی فلزات سنگین از فرم محلول به فرم اکسید فلزات نامحلول در فرآیند حرارت دادن مواد خام برای تولید آجر سبب می‌شود که فلزات سنگین به دام افتاده در ته‌سیگار از آن نشت نکنند و در نتیجه این آلاینده‌ها در محصول نهایی مهار شوند (۹)، البته استفاده از ته‌سیگار در مواد خام برای تولید آجر، گازهای آلاینده خروجی از فرآیند احتراق را افزایش خواهد داد که منشأ آن‌ها به تنباکوی باقیمانده، کاغذ به کار رفته در تولید سیگار و نیز استات سلولز به کار رفته در تولید فیلتر باز می‌گردد (۹).

چنین استفاده‌ای از ته‌سیگار برای تولید مصالح ساختمانی، مزایای فراوانی در مراحل ساخت و همچنین در کیفیت محصول نهایی دارد. با توجه به اینکه ته‌سیگار دارای ارزش حرارتی است، افزودن آن به مواد خام سبب کاهش انرژی مصرفی در فرآیند احتراق می‌شود (۸، ۴۵، ۵۵) که می‌تواند از جنبه‌های زیست‌محیطی و همچنین اقتصادی مفید باشد، علاوه بر این سوختن استات سلولز در فرآیند احتراق سبب ایجاد خلل و فرج در محصول نهایی خواهد شد که تعداد و اندازه آن‌ها، با مقدار ته‌سیگار به کار برده شده در مواد خام رابطه مستقیم دارد. افزایش تعداد و اندازه خلل و

فرج آجر سبب کاهش دانسیته آن خواهد شد و می‌تواند در کاهش انتقال حرارتی محصول نهایی نیز مؤثر باشد (۲، ۵۴، ۸). این شرایط باعث می‌شود که جابجایی و نصب آجرهای درست شده از ته‌سیگار راحت‌تر باشد و همچنین استفاده از آن‌ها باعث کاهش مصرف انرژی مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش شود. با این حال به کار بردن ته‌سیگار در تولید آجر باعث ایجاد اثرات نامطلوبی در محصول نهایی نیز خواهد شد که افزایش میزان جذب آب توسط آجر و کاهش مقاومت محصول نهایی دو مورد از این اثرات نامطلوب است (۲). اثرات مطلوب و همچنین اثرات نامطلوب استفاده از ته‌سیگار در تولید آجر ناشی از استات سلولز به کاررفته در تولید فیلتر سیگار و احتراق آن در مراحل تولید آجر است ولی شدت تغییرات کیفی محصول نهایی، به شرایط راهبری فرآیند پردازش وابسته است، به نحوی که نرخ حرارت دهی و همچنین زمان اختلاط در میزان کاهش دانسیته و مقاومت محصول نهایی و همچنین در کاهش انتقال حرارتی مؤثر است (۹، ۵۴). به‌طور کلی افزایش زمان اختلاط سبب ترکیب بیشتر ته‌سیگار ادغام شده در مواد خام و در نتیجه، یکنواخت شدن ترکیب نهایی مورد استفاده برای تولید آجر خواهد شد و در این شرایط، تغییرات کیفی آجر تولید شده نسبت به آجرهایی که در ساخت آن‌ها از ته‌سیگار استفاده نشده است به حداقل خواهد رسید (۲).

۵-۴- استفاده از مواد شیمیایی استخراج شده از ته‌سیگار

دلیل اصلی تعبیه فیلتر در سیگار، به دام انداختن آلاینده‌های موجود در دود سیگار است. در نتیجه ته‌سیگار دارای طیف وسیعی از آلاینده‌های مختلف است که در فیلتر انباشته شده‌اند؛ همچنین تنباکوی باقیمانده روی فیلتر سیگار که بخشی از ته‌سیگار را تشکیل می‌دهد نیز دارای ترکیبات شیمیایی مختلفی است. همان‌گونه که قبلاً گفته شد ترکیبات شیمیایی موجود در ته‌سیگار طیف وسیعی را شامل می‌شود که برخی از مهم‌ترین آن‌ها سمومی؛ مانند نیکوتین، فلزات سنگین؛ مثل جیوه و سرب، و ترکیبات حلقوی مانند بنزوالفاپیرن هستند. با وجود اینکه این آلاینده‌ها تهدیدی بالقوه برای محیط‌زیست به شمار می‌آیند، اما در سال‌های اخیر محققان مختلف توانسته‌اند با استخراج این مواد از ته‌سیگار، موارد مصرف جالبی را برای آن معرفی کنند (۲). تهیه مواد ضد خوردگی یکی از کاربردهای مواد شیمیایی استخراج شده از ته‌سیگار است (۵۷). وجود سمومی؛ مانند نیکوتین در ته‌سیگار و همچنین خاصیت سمی مواد شیمیایی دیگر؛ همچون فلزات سنگین موجود در ته‌سیگار سبب شده است که یکی از قابلیت‌های بازیافت ته‌سیگار، تهیه مواد حشره‌کش باشد. این قابلیت در چند مطالعه، مورد ارزیابی قرار گرفته است و کاربرد مواد استخراج شده از ته‌سیگار برای کنترل ناقلین ثابت شده است (۲، ۳۹، ۴۴).

۵-۵- بازیافت استات سلولز ته‌سیگار

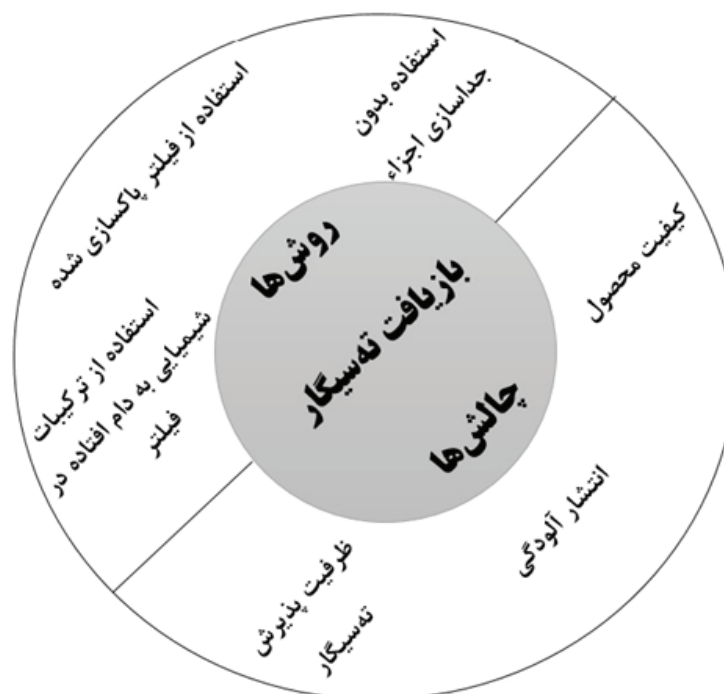
بیشترین نوع بازیافتی که برای ته‌سیگار مورد ارزیابی قرار گرفته است و در متون علمی نیز به‌عنوان یک پیشنهاد مطرح شده است جداسازی آلاینده‌ها از الیاف استات سلولز به کار رفته در فیلتر سیگار و سپس تبدیل آن به محصولاتی دیگر است (۲). این شیوه از بازیافت ته‌سیگار را از نظر نوع محصول به دست آمده، می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد. در فرآیند تولید برخی از محصولات به‌وسیله بازیافت فیلتر سیگار، به دلیل پردازش‌هایی که صورت می‌گیرد، شکل اولیه فیلتر سیگار از دست می‌رود و به موادی خمیری شکل و یا پودر تبدیل می‌شود. تبدیل ته‌سیگار به پودر کربن فعال و خمیر کاغذ، از این نوع است (۵۸-۶۰)، ولی برای تهیه برخی از محصولات از ته‌سیگار، شکل

و ساختار فیزیکی فیلتر تغییر نمی‌کند و در همان شکل قبلی خود می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. تولید الیاف چربی‌دوست، خازن‌های الکتریکی و جاذب صدا از مواردی است که موجب تغییر شکل فیلتر طی فرآیند بازیافت نمی‌شود (۶۱-۶۳). برای استفاده از استات سلولز به کاررفته در تهیه فیلتر سیگار، باید مراحل جداسازی کاغذ لفافه و همچنین آلاینده‌های به دام افتاده در آن پیش‌بینی شود، حتی ممکن است برای تهیه محصول مورد نظر، به افزودن مواد شیمیایی به فیلتر تمیز شده نیز نیاز باشد (۲).

یکی از محصولات فیلتر که می‌تواند از استات سلولز بکار رفته در تولید فیلتر سیگار به دست آید پودرهای جاذب است. این پودرها، سازگار با محیط‌زیست هستند و برای کاهش آلاینده‌ها بکار برده می‌شوند. در روش‌های مختلفی که برای تولید کربن فعال از ته‌سیگار ارائه شده است، از دمای بین ۳۰۰ تا ۹۰۰ درجه سلسیوس استفاده شده است، ولی تمام این روش‌ها در محیط خلاء یا در حضور گاز نیتروژن اجراء شده اند (۵۸، ۵۹، ۶۴). در تهیه مواد جاذب از ته‌سیگار، توجه به دو نکته می‌تواند مفید باشد. اول اینکه برای بهبود عملکرد ماده جاذب می‌توان از مواد شیمیایی خاصی استفاده کرد و دوم اینکه فرآیند تهیه کربن از ته‌سیگار می‌تواند منجر به کاهش جرم ته‌سیگار شود که این کاهش حجم استات سلولز، هم در مرحله پیرولیز و هم در مرحله اصلاح محصول با افزودن مواد شیمیایی رخ خواهد داد (۵۸، ۵۹). میزان کاهش حجم ته‌سیگار در این فرآیند، حدود ۱۶ درصد گزارش شده است (۵۹).

قابلیت الیاف استات سلولز درهم‌تنیده شده به‌عنوان محیطی مناسب برای تجمع میکروارگانیسم‌های چسبنده (با توجه به تخلخل آن) موردتوجه محققان قرار گرفته و تلاش شده است تا بتوان از این قابلیت استفاده کرد و در شرایط مورد نیاز بستر مناسبی برای رشد و فعالیت این میکروارگانیسم‌ها فراهم کرد. در مطالعه‌ای که به همین منظور انجام شد فیلتر از ته‌سیگار جدا شد و از آن به‌عنوان بستر بیوفیلیم در فرآیند بیولوژیک تصفیه فاضلاب استفاده شد. این عملکرد در دو سیستم تصفیه فاضلاب مورد ارزیابی قرار گرفته و مشخص شده است که بستر بیوفیلیم به‌دست‌آمده از ته‌سیگار در مقایسه با انواع تجاری آن دارای عملکرد تقریباً یکسانی است ولی قیمت آن‌ها از انواع تجاری به‌مراتب ارزان‌تر است (۶۵، ۶۶). الیاف درهم‌تنیده استات سلولز که در تهیه فیلتر به کاربرده شده است این پتانسیل را دارد که با اصلاح ساختار شیمیایی برای تولید محصولات مختلفی مورد استفاده قرار گیرد. با این دیدگاه محققان توانسته‌اند با استفاده از مواد شیمیایی خاص، فیلتر سیگار را به الیاف چربی‌دوست تبدیل کنند و کارایی آن را برای جداسازی مواد روغنی مورد بررسی قرار دهند (۶۷). قدرت جداسازی چربی توسط این الیاف بسیار بالاست و در ۱۰ مرتبه استفاده از آن‌ها این قابلیت تا بیش از ۹۰ درصد مقدار اولیه حفظ می‌شود (۶۷). از چنین محصولی می‌توان برای مقاصد مختلف؛ از جمله زدایش آلاینده‌ها و تصفیه فاضلاب‌های روغنی استفاده کرد.

یکی از کاربردهای ته‌سیگار و درواقع استات سلولز موجود در آن، خاصیت اکوستیک این پسماند است که می‌تواند در ساخت مواد عایق صدا مورد استفاده قرار گیرد. تحقیقات نشان داده است که مواد اکوستیک به‌دست‌آمده از بازیافت ته‌سیگار دارای توانایی برابر و حتی بیشتر از نمونه‌های تجاری هستند (۶۲، ۶۸). این تحقیقات نشان دادند که علیرغم تغییر خواص فیزیکی فیلتر؛ از جمله دانسیته، جرم و قطر الیاف استات سلولز در اثر استعمال سیگار، تفاوت چندانی در عملکرد جاذب‌های صدای تولیدی از فیلتر سیگار استفاده نشده و استعمال شده وجود ندارد (۶۲، ۶۸)؛ لذا در مواردی که نگرانی‌های نشت و آلودگی محیط وجود ندارد می‌توان از ته‌سیگار بدون جداسازی و استخراج مواد شیمیایی موجود در آن برای ساخت جاذب‌های صدا استفاده کرد.



روش‌ها و چالش‌های بازیافت ته‌سیگار

خلاصه ۹

- استفاده از ته‌سیگار در مواد اولیه ساخت آجر تغییراتی در کیفیت محصول نهایی به وجود می‌آورد که در مواردی مثبت و در مواردی منفی است.
- استفاده از ته‌سیگار در مواد اولیه ساخت آجر هرچند نشت برخی از آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین را کاهش می‌دهد ولی غلظت گازهای آلاینده را در مراحل احتراق افزایش می‌دهد.
- شرایط راهبری مناسب مانند زمان اختلاط و نرخ حرارت دهی برای تولید مواد بازیافتی با استفاده از ته‌سیگار در بهبود کیفیت محصول نهایی مؤثر است.
- مواد شیمیایی استخراج‌شده از ته‌سیگار و همچنین وجود ته‌سیگار در محیط بر روی ناقلینی مانند آنوفل دارای اثرات سمی است.
- از ویژگی‌های شیمیایی مواد به دام افتاده در ته‌سیگار می‌توان برای تولید محصولاتی مانند مواد ضد خوردگی فلزات استفاده کرد.
- استفاده از استات سلولز به کاررفته در تولید فیلتر بیشترین پتانسیل بازیافت ته‌سیگار را دارد.
- روش‌های بازیافت فیلتر سیگار موجود در ته‌سیگار به دو دسته بدون تغییر حالت فیزیکی و تغییر حالت فیزیکی آن تقسیم می‌شود.
- اکثر محصولات بازیافتی از فیلتر موجود در ته‌سیگار در مقایسه با نمونه‌های تجاری آن، دارای کارایی متوسط و حتی مشابه هستند.

فصل ششم: مدیریت ته‌سیگار و چالش‌های پیش رو

اهمیت مدیریت ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند ویژه

با توجه به مطالب گفته‌شده در فصل‌های قبلی مشخص شد که ته‌سیگار به دلیل داشتن ویژگی‌های خاص، یک پسماند منحصربه‌فرد است. برخی از این ویژگی‌ها؛ عبارت‌اند از:

- تولید زیاد این پسماند در دنیا؛
- رها شدن بخش عمده آن در محیط توسط افراد سیگاری؛
- پراکندگی وسیع در محیط‌های شهری و محیط‌زیست؛
- وجود آلاینده‌های متنوع؛
- نشت آلاینده‌ها در مدت حضور در محیط؛
- دوام در محیط‌زیست؛
- عدم امکان جمع‌آوری با راندمان بالا؛
- عدم وجود روش دفع نهایی ساده و ایمن برای آن.

هر یک از این ویژگی‌ها می‌تواند مدیریت یک نوع پسماند را با چالش و دشواری مواجه کند و این در صورتی است که ته‌سیگار تمام این ویژگی‌ها را دارد. بنابراین مدیریت ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند، از جنبه‌های متعدد تولید تا دفع نهایی باید به‌طور خاص و ویژه برنامه ریزی و اجرا شود تا پیامدهای ناشی از این ماده خطرناک برای انسان و محیط‌زیست کنترل شود. البته مدیریت چنین پسماندی با کمیت و کیفیت خاص بدون داشتن اطلاعات کامل از شرایط موجود امکان‌پذیر نیست. باین‌حال در اغلب کشورها اطلاعات جامعی از میزان ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند و پراکندگی آن در مناطق مختلف شهری و عمومی وجود ندارد و بسیاری از تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته است، تنها مناطق ساحلی و گردشگری را مورد توجه قرار داده‌است. این نقص اطلاعات در خصوص ته‌سیگار سبب شده است که تاکنون موارد موفق برای مدیریت ته‌سیگار و کنترل آن ارائه نشود.

مصرف سالیانه بیش از پنج تریلیون عدد سیگار فیلتردار در دنیا که ناشی از افزایش میل به استعمال سیگار در افراد و همچنین افزایش جمعیت ساکن در زمین است و همچنین تا سال ۲۰۲۵ نیز حدود ۵۰ درصد دیگر به آن افزوده خواهد شد (۳)، ته‌سیگار را به یکی از فراوان‌ترین انواع پسماند در دنیا تبدیل کرده است. چنین تعداد بالایی از ته‌سیگار با توجه به حجم و اندازه کوچک و نیز امکان تولید آن در هر نوع مکان مسکونی، تجاری، تفریحی و غیره توسط افراد سیگاری، نیازمند برنامه‌ریزی ویژه‌ای برای مدیریت است. این برنامه‌ریزی به‌طور جامع و دقیق باید ذخیره‌سازی، جمع‌آوری و تصمیم‌گیری برای بهترین شیوه دفع نهایی را در بر داشته باشد. قبل از هر نوع برنامه‌ریزی برای مدیریت ته‌سیگار، توجه به نوع دفع آن توسط افراد سیگاری، یک ضرورت اولیه است. بر اساس گزارشات متعدد، حتی در شرایطی که ظروف مخصوص و سطل‌های زباله در معابر و اماکن وجود دارد، متأسفانه افراد سیگاری، ته‌سیگار را در آن دفع نمی‌کنند و اغلب آن‌ها این پسماند را دور می‌ریزند. به علت چنین شیوه دفعی است که ته‌سیگار به‌طور وسیعی در سطح شهرها و محیط‌زیست پراکنده شده است و این توزیع گسترده یکی از چالش‌های مهم مدیریت این ماده است. پراکندگی بالای ته‌سیگار در وسعت زیاد با تراکم‌های متفاوت در کاربری‌های متفاوت و با تغییرات زمانی

مختلف، برنامه‌ریزی برای جمع‌آوری آن را با مشکلات جدی مواجه خواهد کرد و لازم است با استفاده از ابزارهای تغییر رفتار در افراد سیگار برای اصلاح نحوه دفع ته‌سیگار و یا یافتن راه‌حلی با راندمان بالا، ته‌سیگارهای پراکنده از محیط‌های شهری و محیط‌زیست جمع‌آوری شود.

توجه به این موضوع که ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند فراوان و گسترده دارای ماندگاری زیادی در محیط‌زیست است به اهمیت آن خواهد افزود. این پسماند بادوام که در شرایط معمولی ممکن است، بیش از ۱۸ ماه در محیط‌زیست باقی بماند دارای طیف وسیعی از انواع آلاینده‌های آلی و معدنی نیز هست که بر اساس تحقیقات، به‌مرورزمان از آن نشت خواهند کرد. بنابراین ته‌سیگار را می‌توان به‌عنوان یکی از گسترده‌ترین منابع انتشار آلاینده به محیط‌زیست معرفی کرد که مدیریت آن در جهت جلوگیری از این انتشار، اهمیت ویژه‌ای در کاهش آسیب‌های مرتبط به منابع و ارگانسیم‌های موجود در محیط‌زیست دارد.

وجود آلاینده‌های متعدد در ته‌سیگار که ناشی از مراحل مختلفی مانند کاشت و برداشت تنباکو تا پردازش‌های صنعتی در روند تولید سیگار است دفع‌نهایی این پسماند را با چالش جدی مواجه کرده است. به دلیل نگرانی از انتشار این آلاینده‌ها به شکل گاز و یا شیرابه، روش‌های متداول دفع پسماند مانند زباله‌سوز و دفن در زمین برای ته‌سیگار توصیه نمی‌شود؛ بنابراین روش دفع‌نهایی ته‌سیگار باید از طریق پروتکل‌ها و روش‌های استاندارد مورد استفاده برای پسماندهای خطرناک و سمی انتخاب شود. توجه به این نکته که حجم و وزن ته‌سیگار تولیدشده در دنیا بسیار زیاد است و تا سال ۲۰۲۵ به حدود دو میلیون تن در سال خواهد رسید نشان می‌دهد که کاربرد روش‌های متداول برای دفع‌نهایی پسماندهای خطرناک برای این پسماند، دارای هزینه‌ها و محدودیت‌های جدی است.

این شرایط پیچیده و خاص در ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند رایج سبب می‌شود که مدیریت آن در تمام مراحل از ذخیره‌سازی تا انتخاب روش دفع‌نهایی و حتی بازیافت با الزامات و پیچیدگی‌های فنی، مالی و زیست‌محیطی مواجه باشد. بنابراین انتخاب روش‌های مناسب و در شرایطی طراحی و ابداع روش‌های نوین برای مدیریت ته‌سیگار یک نیاز ضروری برای حفظ محیط‌زیست و ارگانسیم‌های مختلف از آسیب‌های متعدد به اثبات رسیده ناشی از ته‌سیگار است. نکته دیگری که اهمیت مدیریت ته‌سیگار را به‌عنوان یک پسماند خاص در بین انواع مختلف پسماند برجسته می‌کند، این است که علیرغم جنبه‌های اهمیت مختلفی که دارد تجربیات اندکی در زمینه مدیریت آن در دنیا وجود دارد و تقریباً می‌توان گفت که تاکنون الگوی جامعی برای مدیریت ته‌سیگار ارائه نشده است.

خلاصه ۱۰

- توجه جدی به مدیریت ته‌سیگار به دلیل ویژگی‌های متعدد این پسماند خطرناک، یک ضرورت زیست‌محیطی و بهداشتی است.
- علیرغم اهمیت بالای زیست‌محیطی و بهداشتی که ته‌سیگار دارد تحقیقات در مورد آن کم است و در نتیجه، اطلاعات جامع و دقیقی در مورد این پسماند خطرناک در سطح بین‌المللی وجود ندارد.
- تولید زیاد و گسترده ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند خطرناک در دنیا و تأثیر عوامل فردی و اجتماعی بر شیوه دفع آن و همچنین تغییرات تراکم آن در محیط‌های مختلف و در زمان‌های متفاوت منجر به پیدایش یک چالش در جمع‌آوری ته‌سیگار شده است که رفع آن نیازمند برنامه‌ریزی جامع است.
- دوام ته‌سیگار در محیط و نشت آلاینده‌های متعدد موجود در آن به محیط‌زیست سبب شده است که این پسماند به‌عنوان یکی از گسترده‌ترین منابع انتشار آلاینده در سطح زمین باشد.
- در مورد ته‌سیگار، روش‌های متداول دفع‌نهایی پسماند با نگرانی‌های زیست‌محیطی و روش‌های دفع پسماند خطرناک با محدودیت‌های فنی و اقتصادی مواجه است.

ذخیره‌سازی و جمع‌آوری

اولین چالش موجود در مدیریت ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند، که مهم‌ترین چالش آن نیز به شمار می‌رود نحوه جمع‌آوری آن است. عدم استفاده افراد سیگاری از سطل‌های زباله برای دفع ته‌سیگار سبب شده است که حجم زیادی از ته‌سیگار در مناطق شهری و محیط‌زیست رها شود که این موضوع جمع‌آوری آن را با چالش جدی مواجه کرده است. در این شرایط جمع‌آوری ته‌سیگارهای رها شده در مناطق مختلف با در نظر گرفتن اندازه کوچک و تباین پایین با محیط‌هایی مانند سواحل به‌کندی صورت خواهد گرفت. با توجه به نشت آلاینده‌ها از ته‌سیگار که برخی از آن‌ها مانند نیکوتین به‌سرعت صورت می‌گیرد، سرعت عمل در جمع‌آوری ته‌سیگار از اهمیت بالایی برخوردار است، این در حالی است که پراکندگی ته‌سیگار در محیط، زمان برداشت و جمع‌آوری ته‌سیگار از محیط را طولانی می‌کند. هرچند که از فناوری‌ها و تجهیزات مکانیکی مختلفی برای جمع‌آوری ته‌سیگار از محیط‌هایی مانند سواحل و شهرها استفاده شده است، اما این تجهیزات نیز راندمان پایینی را در جمع‌آوری ته‌سیگارها از محیط داشتند. نکته مهم دیگر در زمینه جمع‌آوری ته‌سیگارهای رها شده در محیط، هزینه بالای این فرآیند است که به صدها هزار دلار می‌رسد؛ به‌عنوان نمونه می‌توان به تجربه شهر سانفرانسیسکو اشاره کرد که هزینه جمع‌آوری ته‌سیگارها در این شهر حدود نیم میلیون دلار برآورد شده است، علاوه بر این استفاده از گروه‌های داوطلب و نیروی انسانی نیز برای جمع‌آوری ته‌سیگار در محیط‌های مختلف دارای راندمان مطلوب نیست. نقاطی از محیط‌های شهری که دسترسی به آن‌ها دشوار است مانند ایستگاه‌های دوچرخه و وجود حاشیه‌های بوته کاری یا درخت کاری شده معابر سبب شده است که راندمان جمع‌آوری ته‌سیگار از مناطق شهری کاهش یابد؛ همچنین در مناطقی مانند سواحل نیز علیرغم اینکه نیروی انسانی و داوطلبان توانستند مقداری از ته‌سیگارها را از محیط جمع‌آوری کنند، باین‌حال پس از برنامه‌های پاک‌سازی و نظافت، بازهم ته‌سیگار در این مناطق مشاهده شد که ناشی از اندازه کوچک ته‌سیگار و عدم راندمان کامل جمع‌آوری توسط نیروی انسانی است.

راندمان پایین، زمان طولانی و هزینه‌های زیاد جمع‌آوری ته‌سیگار رها شده سبب می‌شود که مدیریت ته‌سیگار بسیار ناکارآمد شود و بخش مهمی از این ناکارآمدی ناشی از انتشار آلاینده‌ها از ته‌سیگارهای به‌جای مانده در محیط و همچنین تأخیر در جمع‌آوری آن‌هاست؛ بنابراین نیاز جدی وجود دارد که با برنامه‌های آگاه‌سازی در جوامع، دفع صحیح ته‌سیگار افزایش یابد و میزان رها کردن آن توسط افراد سیگاری به حداقل برسد، علاوه بر آگاه‌سازی، روش‌های پیشنهادی برای کنترل رهاسازی ته‌سیگار که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهد شد نقش مهمی در کاهش میزان ته‌سیگار دارد. در هر صورت افزایش دفع صحیح ته‌سیگار نیازمند ایجاد تجهیزات ذخیره‌سازی در سطح معابر و اماکن عمومی است، برای ذخیره‌سازی ته‌سیگار می‌توان دو الگوی کلی را ارائه کرد؛ الگوی اول استفاده از ظروف زباله شهری در معابر برای دفع ته‌سیگار است که با توجه به اختلاط ته‌سیگار با سایر زباله‌ها نمی‌تواند الگوی مطلوبی باشد. در این شیوه، ته‌سیگارها مخلوط با سایر اجزای پسماند شهری وارد چرخه مدیریت پسماند خواهند شد و ضمن انتقال آلاینده‌های موجود به توده پسماند، ممکن است همراه آن‌ها در زمین دفن گردند و یا در زباله سوزها سوزانده شوند که هیچ‌کدام یک از این روش‌ها برای دفع نهایی ته‌سیگار توصیه نمی‌شوند. همچنین امکان دفع ته‌سیگار به صورتی که هنوز کاملاً خاموش نشده است در کانتینرهای ذخیره پسماند شهری و در حضور اجزایی؛ مانند کاغذ، پلاستیک و کیسه‌زباله، امکان بروز آتش‌سوزی در کانتینرها را به دنبال دارد. در این شرایط می‌توان با تعبیه محفظه‌ای

کوچک در کنار کانتینرهای ذخیره موقت پسماند در معابر و اماکن عمومی، جداسازی ته‌سیگار در مبدأ را ترویج کرد و ظروف ته‌سیگارها نیز به‌طور جداگانه وارد مراحل مدیریت اختصاصی خود شوند. در الگوی دوم ذخیره‌سازی ته‌سیگار، با توجه به شرایط محیط از ظروف اختصاصی با اندازه‌های مختلف و در مکان‌های متفاوت استفاده می‌شود. نمونه‌هایی از این ظروف در سواحل مورد استفاده قرار گرفته‌اند و برخی از انواع آن‌ها نیز قابل حمل هستند. همچنین در معابر شهری نیز می‌توان از انواع مختلفی از این ظروف بر روی پایه‌های فلزی چراغ‌های راهنمایی، تابلوهای شهری و یا تنه درختان استفاده نمود. این شیوه ذخیره‌سازی علاوه بر جداسازی ته‌سیگار از سایر اجزاء پسماند، از نظر خطر آتش‌سوزی نیز ایمن‌تر است و در عین حال می‌تواند توجه افراد سیگاری را به دفع ته‌سیگار در آن‌ها بجای دفع در کانتینرهای ذخیره‌سازی پسماند شهری جلب کند.

خلاصه ۱۱

- سهم بالای رهاسازی ته‌سیگار در محیط نسبت به دفع صحیح آن در سطل‌های زباله، اولین چالش مدیریت ته‌سیگار در مرحله جمع‌آوری است.
- اندازه کوچک و مخفی ماندن این پسماند در برخی محیط‌ها مانند سواحل شنی، روش‌های مکانیکی و انسانی مورد استفاده برای جمع‌آوری آن را با مشکل مواجه کرده و باعث کاهش راندمان آن شده است
- در مرحله جمع‌آوری ته‌سیگار از محیط به دلیل انتشار آلاینده‌ها، فاکتور سرعت در جمع‌آوری و به حداقل رساندن زمان حضور ته‌سیگار در محیط، یک چالش جدی است.
- عدم دسترسی سیستم‌های نظافت شهری به نقاطی مانند باغچه‌های کنار معابر سبب تجمع ته‌سیگار در آن‌ها می‌شود.
- هزینه‌های جمع‌آوری ته‌سیگار از محیط‌های شهری، بسیار بالا برآورد شده است.
- جمع‌آوری کارآمد ته‌سیگار نیاز جدی به همکاری افراد سیگاری در کاهش رهاسازی ته‌سیگار در محیط و نیز ایجاد ظروف اختصاصی برای آن در سطح معابر و اماکن دارد.

کنترل رهاسازی ته‌سیگار در محیط

هرچند که می‌توان مصرف زیاد سیگار در دنیا را که سالانه ۵/۵ تریلیون عدد است یکی از مشکلات اصلی ته‌سیگار دانست، ولی آنچه این پسماند را به‌عنوان یک مشکل مهم برای محیط‌زیست مطرح کرده است، نحوه دفع آن توسط افراد سیگاری می‌باشد. بنا بر گزارشات، سالانه ۴/۵ تریلیون عدد ته‌سیگار در دنیا تولید می‌شود (۱) که تنها ۲۰ درصد آن به شکل صحیح دفع می‌شود. این شیوه دفع نامناسب ته‌سیگار توسط افراد سیگاری سبب شده است که این پسماند به‌عنوان رایج‌ترین پسماند فردی در محیط شناخته شود به‌نحوی که در برخی از نقاط دنیا مانند سواحل، پرتعدادترین پسماند جمع‌آوری شده در برنامه‌های نظافت سواحل، ته‌سیگار است (۱). از سوی دیگر راندمان پایین جمع‌آوری ته‌سیگارهای رها شده در محیط توسط داوطلبان و همچنین تجهیزات مکانیکی، اهمیت کنترل رهاسازی ته‌سیگار و به حداقل رساندن آن را بیش‌ازپیش مشخص می‌کند. اصلاح چنین شرایطی که منجر به پدید آمدن یک منبع گسترده و پرتعداد آلودگی در دنیا شده است، نیازمند برنامه‌ریزی برای یافتن و اجرای روش‌هایی است که شیوه دفع ته‌سیگار توسط افراد سیگاری را تصحیح کند. مهم‌ترین فعالیت‌هایی را که تاکنون برای کنترل رهاسازی ته‌سیگار صورت گرفته است می‌توان ایجاد قوانین برای عدم استعمال سیگار در محل‌های خاص مانند اماکن عمومی و همچنین جمع‌آوری ته‌سیگارها توسط افراد داوطلب از محیط‌های عمومی مانند سواحل بیان کرد (۶). این فعالیت‌ها

گرچه می‌تواند مفید باشد، ولی نمی‌تواند به‌عنوان یک‌راه حل اساسی برای کنترل و مدیریت ته‌سیگار مورد استفاده قرار بگیرد؛ لذا همان روش‌هایی که برای سایر انواع زباله مورد استفاده قرار گرفته و کارایی آن‌ها اثبات شده است، باید برای ته‌سیگار نیز آزمایش شود و یا روش‌های جدیدی با توجه به ویژگی‌های این پسماند، تعریف و اجراء شود، از سوی دیگر گرچه افزایش آگاهی افراد نسبت به پیامدهای مضر ته‌سیگار می‌تواند تا حدود زیادی در اصلاح رفتار آن‌ها مؤثر باشد، اما این کار زمان‌بر است و بیشتر می‌تواند به‌عنوان یک برنامه بلندمدت در نظر گرفته شود. با این حال باید به فکر یافتن راه‌هایی سریع برای اصلاح رفتار افراد سیگاری در رها کردن ته‌سیگار در محیط بود. هرچند که نمونه‌ها و تجارب زیادی در این زمینه در دنیا وجود ندارد ولی تجربیات اندک موجود و نیز تجاربی که در مدیریت سایر انواع پسماندهای شهری وجود دارد، این امکان را می‌دهد که بتوانیم چند روش را برای این منظور پیشنهاد کنیم. در مقالات علمی پیشنهادهاى مختلفی برای کنترل و کاهش رهاسازی ته‌سیگار ارائه شده است که می‌توان از آن‌ها استفاده کرد.

به‌طورکلی روش‌های پیشنهاد شده توسط محققان برای کنترل و جلوگیری از رهاسازی ته‌سیگار در محیط را می‌توان در سه گروه اصلی طبقه‌بندی کرد. هدف اولین دسته از این اقدامات، افزایش آگاهی افراد سیگاری می‌باشد تا از این طریق بتوان در آن‌ها تغییر رفتار ایجاد کرد تا ته‌سیگار را به شیوه صحیح و در ظروف موجود در معابر و اماکن عمومی و تفریحی دفع کنند. در دو دسته دیگر از روش‌های کنترل رهاسازی ته‌سیگار در محیط، مسئولیت جمع‌آوری ته‌سیگار، متوجه کمپانی‌های تولید سیگار و همچنین افراد سیگاری خواهد شد و در این روش‌ها ممکن است از اهرم‌های متفاوت تنبیهی مانند جریمه نیز استفاده شود.

برچسب‌زنی^۱ یکی از روش‌هایی است که برای کنترل و کاهش رهاسازی ته‌سیگار در محیط پیشنهاد شده است (۶۹). در این روش با درج جملاتی در مورد مضرات ته‌سیگار برای محیط‌زیست و سلامت روی پاکت سیگار تلاش می‌شود تا به افراد سیگاری آگاهی لازم در زمینه اهمیت دفع مناسب ته‌سیگار در ظروف زباله داده شود. هرچند که این شیوه ممکن است با کمک گرفتن از ابزارهای آموزشی خاص بتواند در بازه زمانی طولانی مدت منجر به تغییر رفتار افراد سیگاری شود ولی چنانچه قوانینی در زمینه کنترل ته‌سیگار در جامعه وجود داشته باشد تذکر این قوانین می‌تواند به‌عنوان یک روش تکمیلی در کنار استفاده از الزامات قانونی برای کنترل و جلوگیری از رهاسازی ته‌سیگار در محیط، بسیار مفید باشد؛ همچنین این نوع از آموزش می‌تواند بسیار هدفمند باشد و پیام آموزش را دقیقاً به جامعه هدف یعنی افراد سیگاری منتقل کند و آن‌ها را در معرض محتوای آموزشی مدنظر قرار دهد. جملاتی در زمینه بقای ته‌سیگار در محیط‌زیست، اطلاعاتی از انواع سموم موجود در ته‌سیگار و میزان نشت از آن، اثرات سموم ناشی از ته‌سیگار بر گیاهان و جانوران، احتمال انتقال آلودگی به خاک و آب و در نهایت به زنجیره غذایی و همچنین اثرات نامطلوب ته‌سیگار بر ارگانیسم‌ها می‌تواند به‌عنوان جملات آموزشی بر روی پاکت سیگار درج شود.

1. labeling

جملات قابل استفاده در روی پاکت سیگار برای کنترل رهاسازی ته‌سیگار در محیط

- ته‌سیگار، یک پسماند خطرناک است که موجب انتشار سموم به محیط‌زیست می‌شود.
- امکان جمع‌آوری ته‌سیگارهای رها شده در سطح شهرها و اماکن عمومی به‌طور کامل وجود ندارد.
- ته‌سیگار، یک پسماند با دوام در طبیعت است که به مرور، سموم زیادی از آن نشت می‌کنند.
- دورریز سالانه ۴/۵ تریلیون عدد ته‌سیگار در محیط، دنیا را با خطر جدی مواجه کرده است.
- در ته‌سیگار هزاران ماده شیمیایی؛ از جمله سموم، مواد سرطان‌زا و ترکیبات مضر برای محیط‌زیست وجود دارد که به‌راحتی از آن نشت کرده و وارد محیط اطراف می‌شوند.
- وجود ته‌سیگار در محیط برای حیوانات اهلی و حیوانات وحشی و همچنین نوزادان، خطر جدی سمیت را به دنبال دارد.

روش "برگرداندن کالای مصرفی"^۱ شیوه دیگری است که برای جلوگیری از دفع ناصحیح ته‌سیگار در محیط پیشنهاد شده است (۶۹). این روش قبلاً برای برخی از اجزاء پسماند شهری مانند بطری‌های نوشیدنی مورد استفاده قرار گرفته است. این روش متکی بر دریافت پول اضافه هنگام خرید کالای منجر به تولید پسماند است و این پول اضافه، در زمان برگرداندن پسماند حاصله از مصرف آن کالا، به مشتری بازگردانده خواهد شد. هرچند که این شیوه در مورد بطری نوشیدنی در برخی جوامع مفید بوده است، ولی در مورد سیگار با توجه مصرف بسیار زیاد آن و نیز نبود شبکه مدیریت ته‌سیگار عودت شده توسط افراد سیگاری و همچنین در دسترس نبودن فضا یا ابزاری برای نگهداری ته‌سیگار توسط افراد سیگاری در زمان‌ها و مکان‌های مختلف، با چالش‌های جدی مواجه خواهد بود. تنها انگیزه‌ای که ممکن است منجر به همکاری افراد سیگاری در این روش شود مسائل مالی است، ولی مدیریت چنین دادوستد مالی در مقیاس وسیع ممکن است، به‌راحتی قابل انجام نباشد و در نهایت فقط سبب افزایش هزینه استعمال سیگار برای آن دسته از افراد سیگاری شود که در این طرح همکاری نمی‌کنند بدون اینکه این افزایش هزینه بتواند در مدیریت ته‌سیگار جامعه به کار گرفته شود.

در برخی کشورها استفاده از روش‌های مبتنی بر وضع هزینه برای رهاسازی ته‌سیگار در محیط به دو شکل مالیات پسماند و جریمه پیشنهاد شده است (۱۴، ۱۹، ۶۹). تفاوت این شیوه با روش قبلی در این است که منابع مالی حاصل از این روش‌ها در جهت مدیریت ته‌سیگار مصرف خواهد شد. باید توجه کرد که ایجاد مالیات پسماند برای سیگار، علاوه بر اینکه می‌تواند منبع تأمین مالی طرح‌های مدیریت ته‌سیگار باشد، ممکن است با افزایش قیمت سیگار، مصرف آن را نیز کاهش دهد و لذا ته‌سیگار کمتری نیز تولید شود. با این حال روش جریمه برای رهاسازی ته‌سیگار در محیط، نیازمند ایجاد قوانین الزام‌آور است. این روش‌ها مسئولیت ته‌سیگار را در نهایت بر عهده افراد سیگاری قرار می‌دهد که اجراء و نظارت بر آن با توجه به جمعیت قابل توجه افراد سیگاری و قابلیت استعمال سیگار در همه مکان‌ها بسیار دشوار است؛ بنابراین ارائه روش‌هایی با ایجاد مسئولیت در سازندگان و فروشندگان سیگار می‌تواند کارآمدتر و موفق‌تر باشد. به همین منظور فشار بر کارخانه‌ها برای تأمین مالی و مسئولیت عملی در برابر ته‌سیگار پیشنهاد شده است (۷۰). این شیوه نیز در مورد برخی از انواع پسماند نظیر تایر و باتری اسید-سرب، لامپ‌های فلوروسنس، رنگ و حشره‌کش مورد استفاده قرار گرفته است. هدف از این فرآیند، موظف نمودن سازندگان به تأمین هزینه‌های جمع‌آوری و دفع زائدات است (۱۹).

در هر صورت به نظر می‌رسد که با توجه به تأثیر مهم رفتار افراد سیگاری در میزان رهاسازی ته‌سیگار، استفاده از تکنیک‌های آموزشی برای افزایش آگاهی عمومی در زمینه اهمیت ته‌سیگار می‌تواند اقدام مهمی برای کنترل رهاسازی ته‌سیگار در محیط باشد. همچنین در مواردی نیز فراهم کردن تأسیسات لازم از جمله ظروف پسماند به‌ویژه ظروف مخصوص دفع ته‌سیگار در اماکنی مانند سواحل و حتی معابر شهری می‌تواند در کاهش میزان رهاسازی ته‌سیگار در محیط مؤثر باشد (۱۹، ۷۰، ۷۱). به‌عنوان نمونه می‌توان به بررسی قابلیت زیرسیگاری قابل حمل و کوچک در سواحل برای کاهش میزان رهاسازی ته‌سیگار در محیط اشاره کرد که تصویر آن در زیر نشان داده شد است.



شکل شماره ۱۹: زیرسیگاری قابل حمل مورد استفاده در سواحل (۷۱)

خلاصه ۱۲

- ته‌سیگار، پر تعدادترین و متداول‌ترین پسماند دنیاست.
- هزینه‌های بالای جمع‌آوری و راندمان پایین جمع‌آوری ته‌سیگار، کنترل رهاسازی این زباله در محیط را به یک ضرورت تبدیل کرده است.
- افزایش آگاهی افراد سیگاری در کاهش رهاسازی ته‌سیگار در محیط مؤثر است ولی نیازمند صرف زمان و استفاده از روش‌های مؤثر آموزش است.
- با اعمال سیاست‌های تشویقی یا تنبیهی و ایجاد مسئولیت در افراد سیگاری و در سازندگان سیگار می‌توان میزان رهاسازی ته‌سیگار در محیط را کاهش داد.
- کاهش رهاسازی ته‌سیگار در اماکن و معابر با استفاده از وضع قوانین امکان‌پذیر است.
- ایجاد مالیات و جریمه برای رهاسازی ته‌سیگار در محیط می‌تواند در کاهش میزان دفع ناصحیح آن مؤثر باشد.
- ایجاد مسئولیت در سازندگان و تولیدکنندگان سیگار برای مدیریت ته‌سیگار به‌ویژه ته‌سیگار رها شده در محیط می‌تواند در کنترل آن مؤثر باشد.
- توجه به تجهیزات دفع اختصاصی ته‌سیگار در معابر شهری و اماکن عمومی از متدهای پیشنهادی برای کنترل رهاسازی ته‌سیگار در محیط است.

ته‌سیگار، پسماندی جدید در دنیا است و سابقه پیدایش آن به حدود هفتادسال قبل بازمی‌گردد. این پسماند در ابعاد مختلف مدیریتی، چالش‌هایی را برای محیط‌زیست و انسان ایجاد کرده است که یافتن روش مناسبی برای دفع آن یکی از مهم‌ترین چالش‌های آن است. وجود آلاینده‌های متعدد در ته‌سیگار و همچنین پتانسیل انتشار این مواد به محیط سبب شده است که استفاده از روش‌های متداول دفع نهایی پسماند برای آن با محدودیت‌هایی مواجه باشد. هرچند در نگاه اول وجود استات سلولز در ته‌سیگار که دارای ارزش حرارتی مناسبی است، این زباله را یک گزینه مناسب برای دفع در زباله‌سوز معرفی می‌کند، اما با دقت در ترکیب شیمیایی این پسماند و آلاینده‌های به دام افتاده در آن در اثر استعمال سیگار، متوجه خطر انتشار گازهای آلاینده از زباله‌سوز و نیاز به کنترل‌های دقیق و پرهزینه می‌شویم. ضمن اینکه در بسیاری از مناطق کمتر توسعه‌یافته در دنیا شرایط بهره‌برداری از زباله‌سوز ممکن است با شرایط مطلوب فاصله داشته باشد؛ همچنین انتشار آلاینده‌ها از ته‌سیگار که در برخی از انواع آن‌ها مانند نیکوتین با سرعت انجام می‌شود مشکلات افزایش غلظت آلاینده‌ها در شیرابه محل دفن و انتقال آلاینده به آب‌و‌خاک را به دنبال خواهد داشت، از این‌رو روش دفن در زمین که یک روش متداول برای دفع نهایی پسماندهای شهری است نمی‌تواند ایمنی و اطمینان مناسبی برای دفع ته‌سیگار داشته باشد. در این حالت استفاده از اماکن دفن اختصاصی مشابه با آنچه برای پسماندهای خطرناک استفاده می‌شود می‌تواند مورد توجه قرار گیرد، ولی نکته مهم، وزن و حجم تولید ته‌سیگار در دنیا است، به نحوی که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ سالانه حدود دو میلیون تن ته‌سیگار در دنیا تولید شود. چنین حجم بالایی از پسماند خطرناک را نمی‌توان به راحتی با استفاده از اماکن دفن اختصاصی که نیازمند نگهداری و مراقبت طولانی‌مدت است مدیریت کرد؛ زیرا این روش علاوه بر محدودیت زمین در دسترس، پرهزینه نیز هست.

فراوانی پسماند ته‌سیگار در دنیا و عدم امکان به کارگیری روش‌های متداول دفع نهایی پسماند برای آن، مدیریت ته‌سیگار را به عنوان یک پسماند خطرناک و فراگیر دچار چالش جدی کرده است. یک پیشنهاد برای برون رفت از این وضعیت، یافتن روش‌های بازیافت برای ته‌سیگار است تا از این طریق نیاز به دفن در زمین یا زباله‌سوز به حداقل برسد. با توجه به ویژگی‌های ته‌سیگار و نیازمندی‌های آن برای بازیافت مانند ظرف‌های ویژه جمع‌آوری، استخدام افراد ماهر و همچنین پیش تصفیه مورد نیاز به دلیل آلودگی‌های موجود در ته‌سیگار، برخی از محققان ته‌سیگار را یک زباله با قابلیت بازیافت کم می‌دانند و از آن به عنوان زباله‌ای با امید اندک به بازگشت به چرخه تولید نام برده‌اند (۶). با این وجود در سال‌های اخیر تحقیقات متعددی در زمینه بازیافت ته‌سیگار صورت گرفته است و بیش از ده محصول متفاوت با استفاده از بازیافت ته‌سیگار تولید شده است. هرچند تمام این محصولات مورد ارزیابی و آزمایش قرار گرفته‌اند، ولی باید توجه کرد که بازیافت پسماند خطرناکی مانند ته‌سیگار دارای نکات مهمی است که رسیدن به مقیاس صنعتی را سخت کرده است. امیدواری مهم در این زمینه، تنوع محصول تولید شده از ته‌سیگار است، ضمن اینکه تحقیقات در این زمینه عمر چندانی ندارد و می‌توان امیدوار بود که بتوان در آینده‌ای نه‌چندان دور، ته‌سیگار را در مقیاس صنعتی بازیافت کرد. قابلیت استفاده از استات سلولز و همچنین استفاده از مواد شیمیایی به دام افتاده در فیلتر سیگار، دو رویکرد اصلی بازیافت ته‌سیگار را تشکیل می‌دهد. در هر دو رویکرد فوق‌الذکر، محصولاتمانند جاذب‌های کربنی، خازن الکتریکی، جاذب صدا، مواد ضد خوردگی، بستر رشد بیوفیلم، حشره کش و غیره تولید شده است.

در هر صورت بازیافت ته‌سیگار دارای محدودیت‌های جدی است که یافتن راه‌حلی برای آن‌ها ضروری است تا بتوان مدیریت ته‌سیگار را از طریق تبدیل به مواد جدید تکمیل کرد. برخی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی بازیافت ته‌سیگار عبارت‌اند از:

- نسبت بالای رهاسازی ته‌سیگار در محیط و مشکلات جمع‌آوری با راندمان بالا؛
- نگرانی‌های زیست‌محیطی درباره انتشار آلاینده در طی فرآیند بازیافت؛
- ملاحظات کیفی محصول نهایی حاصله از ته‌سیگار؛
- تقاضای مصرف بسیار کم محصولات تولیدی نسبت به حجم ته‌سیگار تولید شده در دنیا؛

قسمت اعظم ته‌سیگارهای تولید شده در دنیا، بر روی زمین رها می‌شود. این مسئله در کنار ناکارآمدی وسایل مکانیکی برای جمع‌آوری ته‌سیگار و نیز هزینه بالای مورد نیاز برای جمع‌آوری این پسماند سبب می‌شود تا اولین چالش بازیافت ته‌سیگار، چگونگی جمع‌آوری آن باشد، از طرفی وجود آلاینده‌های متنوع در ته‌سیگار با توجه به مراحل پردازش پیش‌بینی شده برای بازیافت آن، امکان انتشار آلودگی به محیط‌زیست به صورت فاضلاب یا گازهای حاصل از حرارت دادن ته‌سیگار را به وجود آورده است. نمونه‌هایی از این آلودگی‌ها در نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه تبدیل ته‌سیگار به مصالح ساختمانی و پالپ کاغذ گزارش شده است؛ بنابراین مدیریت محصولات جانبی حاصله از بازیافت ته‌سیگار مانند فاضلاب و جریان هوای خروجی از فرآیند، یک الزام و چالش پیش روی مدیریت ته‌سیگار به عنوان یک پسماند خطرناک است. هرچند که تاکنون در اغلب موارد محققان به این جنبه نپرداخته‌اند، ولی ارائه الگوهای تصفیه فاضلاب و کنترل آلودگی هوا در فرآیند بازیافت ته‌سیگار، یک ضرورت است. کیفیت محصول نهایی حاصله از ته‌سیگار در مقایسه با نمونه‌های تجاری آن، نکته مهم دیگری است که می‌تواند در تولید محصولات از ته‌سیگار در مقیاس زیاد مؤثر باشد. نتایج تحقیقات صورت گرفته نشان داده است که کیفیت برخی محصولات مانند مصالح ساختمانی تولیدی از ته‌سیگار نسبت به نمونه‌های تجاری آن متفاوت است به طوری که در برخی جنبه‌ها این تغییرات، یک مزیت و در برخی موارد مانند مقاومت مکانیکی محصول نهایی، یک ضعف به شمار می‌آید؛ همچنین در برخی موارد، کیفیت محصول حاصله از بازیافت ته‌سیگار در مقایسه با نمونه‌های تجاری آن در حد متوسطی بوده است که جاذب‌های کربنی حاصل از ته‌سیگار، نمونه‌ای از این محصولات است و در مواردی نیز اختلاف چندانی بین نمونه تجاری و محصول بازیافت شده از ته‌سیگار مشاهده نشده است که بسترهای رشد میکروبی به کاررفته در تصفیه فاضلاب، نمونه‌ای از آن است.

با این وجود شاید یکی از مهم‌ترین چالش‌های بازیافت ته‌سیگار، تولید حجم زیادی از محصولات است، بدون آنکه نیاز کافی برای آن‌ها وجود داشته باشد. این نکته با توجه به تولید بیش از ۱.۸ میلیون تن ته‌سیگار در دنیا طی سال‌های آینده اهمیت فراوانی پیدا می‌کند. در تمام محصولات که تاکنون از ته‌سیگار تولید شده است و دارای کیفیت قابل رقابت با نمونه تجاری است نمی‌توان بازاری به کشش این حجم از ته‌سیگار پیدا کرد؛ بنابراین در تحقیقات آتی بر روی بازیافت ته‌سیگار باید تلاش شود که مواد پرکاربردی تولید شود تا بتواند جوابگوی حجم زیاد پسماند ته‌سیگار تولید شده باشد. در یک نمونه از این تلاش‌ها سعی شد از ته‌سیگار، پالپ کاغذ تولید شود هرچند که کیفیت کاغذ تولید شده، به عنوان محصول نهایی به مطلوبیت نمونه‌های تجاری نبود.

خلاصه ۱۳

- استفاده از زباله‌سوز به دلیل انتشار آلاینده‌های به دام افتاده در ته‌سیگار برای آن توصیه نمی‌شود، هرچند که ته‌سیگار، یک پسماند با ارزش حرارتی مناسب است.
- دفن ته‌سیگار می‌تواند موجب انتشار آلاینده‌های به دام افتاده در محیط‌زیست از طریق نشت در شیرابه شود.
- تعداد بالای ته‌سیگار در دنیا استفاده از اماکن دفن اختصاصی برای دفع نهایی آن را به‌عنوان یک روش بلندمدت و اصلی با مشکل محدودیت فضا و هزینه‌های کنترل و نگهداری مواجه می‌کند.
- تصفیه آلاینده‌های موجود در ته‌سیگار و بازیافت آن می‌تواند یک گزینه مناسب برای برون رفت از چالش ته‌سیگار باشد.
- استفاده از ته‌سیگار برای تولید محصولات جدید به سه شکل کلی و در بیش از ده محصول آزمایش شده است.
- توجه به انتشار آلاینده‌ها در طی مراحل بازیافت و کیفیت محصول نهایی دو چالش فنی برای بازیافت ته‌سیگار است.
- تولید محصولات پرمصرف از ته‌سیگار که بتواند حجم ته‌سیگار تولید شده در دنیا را وارد فرایند بازیافت کند یک ضرورت در طرح‌های بازیافت آن است.

نیازهای تحقیقاتی

یک مسئله مهم که سبب شده است مدیریت ته‌سیگار در مراحل مختلف با چالش مواجه باشد نبود یا کمبود اطلاعات علمی و تحقیقات کافی در زمینه شناخت و بررسی ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند است. با توجه به اینکه کمتر از ۷۰ سال از پیدایش سیگار فیلتردار و در نتیجه، ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند می‌گذرد، تاکنون توجه کافی به مدیریت این پسماند و ارائه شیوه کارآمدی برای این منظور نشده است. بدون تردید انجام مطالعات بیشتر در زمینه جنبه‌های متعدد مورد توجه در مدیریت ته‌سیگار می‌تواند شناخت بهتری از وضعیت موجود و راه کارهای کنترل آن ارائه نماید.

بررسی رفتار افراد سیگاری و یافتن شیوه‌های مؤثر برای تغییر در رفتار آن‌ها به‌منظور دفع صحیح ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند خطرناک، می‌تواند یک اولویت تحقیقاتی باشد. این مسئله نقش مهمی در مدیریت کارآمد ته‌سیگار خواهد داشت؛ زیرا سرعت نشت آلاینده‌ها از ته‌سیگار به محیط اطراف، نقش زمان را در مدیریت این پسماند، بسیار مهم ساخته است. چنانچه ته‌سیگار در محیط رها شود با توجه به راندمان پایین جمع‌آوری آن از محیط با فناوری و روش‌های فعلی، بخش مهمی از آلاینده‌ها به محیط منتقل خواهند شد و عملاً مدیریت ته‌سیگار در همان مرحله ذخیره‌سازی در محل با مشکلات و نیز ناکارآمدی روبرو می‌شود. بنابراین لازم است که تحقیقاتی در زمینه بررسی رفتار سیگاری‌ها در رها کردن ته‌سیگار در محیط و نیز راه‌های کنترل آن صورت گیرد، علاوه بر این، روش دفع کنونی ته‌سیگار توسط غالب افراد سیگاری، هزینه‌های سنگین جمع‌آوری را به مدیریت پسماند ته‌سیگار تحمیل می‌کند و بنابراین یکی از اهداف تغییر رفتار افراد سیگاری در دفع ته‌سیگار، علاوه بر پیشگیری از انتقال آلاینده به محیط، کاهش هزینه‌های مدیریت ته‌سیگار خواهد بود.

حتی پس از جمع‌آوری مناسب و با راندمان بالا، چالش‌های مهم دیگری نیز در مدیریت ته‌سیگار وجود دارد که یکی از آن‌ها وجود آلاینده‌های متعدد در آن است. با توجه به اینکه منشأ این آلاینده‌ها را می‌توان در مراحل تولید تنباکو و تهیه سیگار از تنباکو جستجو کرد، لذا انجام تحقیقات در زمینه تولید تنباکوی دارای آلودگی کمتر و همچنین تغییر یا اصلاح فرآیند تولید سیگار به‌منظور کاهش میزان آلاینده در محصول نهایی می‌تواند سودمند باشد. مطالعه بر روی گیاه تنباکو و مراحل رشد آن به‌منظور تغییر در میزان مواد شیمیایی موجود در آن مانند نیکوتین

می‌تواند یکی از این زمینه‌های تحقیقاتی باشد. همچنین جایگزینی مواد افزوده شده به تنباکو در کارخانه و یا اصلاح روند تولید سیگار با هدف استفاده حداقلی از مواد مولد آلودگی در محصول نهایی نیز می‌تواند به کاهش غلظت آلودگی به دام افتاده در ته‌سیگار کمک کند. در هر صورت مطالعه بر روی منابع آلاینده در سیگار که در نهایت با به دام افتادن در فیلتر، در ته‌سیگار یافت می‌شوند یک ضرورت تحقیقاتی است؛ زیرا این آلاینده‌ها مهم‌ترین چالش مدیریت ته‌سیگار در مراحل دفع نهایی و بازیافت آن هستند.

نشت آلاینده از ته‌سیگار به محیط‌زیست در همان ساعات اولیه، یکی از مهم‌ترین نکاتی است که ته‌سیگار را از نظر زیست‌محیطی به یک پسماند مهم تبدیل کرده است. هرچند که بهبود عملکرد فیلتر طراحی شده در تولید سیگار در به دام انداختن آلاینده‌های موجود در دود سیگار از نظر حفظ سلامت افراد سیگاری بسیار مهم است، ولی قدرت نگه داشت این آلاینده‌ها در فیلتر نیز موضوع مهمی در مدیریت ته‌سیگار حاصل از استعمال سیگار است؛ بنابراین هرچند تولید فیلترهایی با حداکثر توان به دام اندازی آلاینده‌ها بسیار مطلوب است، ولی تلاش برای تولید فیلتر سیگاری که بتواند این آلاینده‌ها را برای مدت طولانی‌تری در خود نگه دارد و نشت آن‌ها از ته‌سیگار کاهش یابد نیز بسیار مهم است. این مسئله با کاهش اثر زمان در مراحل اولیه مدیریت ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند خطرناک می‌تواند تأثیر مناسبی در بهبود وضعیت مدیریت پسماند داشته باشد.

مسئله دوام یک پسماند در محیط‌زیست، یک ویژگی منفی برای بسیاری از انواع پسماند است و تلاش می‌شود در فرآیند تولید انواع محصولات به شکلی عمل شود که پسماند نهایی تولیدشده، در حداقل زمان تجزیه شود. باین وجود ته‌سیگار می‌تواند یک نمونه منحصر به فرد باشد؛ زیرا کارکرد فیلتر در به دام انداختن آلاینده‌های موجود در دود سیگار سبب شده است که در هر واحد وزن ته‌سیگار مقدار مشخصی از هر آلاینده باشد؛ بنابراین هرچند که کاهش دوام ته‌سیگار در محیط‌زیست به‌عنوان یک پسماند در نگاه اول می‌تواند بسیار مطلوب باشد، اما توجه به این نکته که تجزیه ته‌سیگار در محیط می‌تواند به نشت آلاینده‌های به دام افتاده در آن به‌ویژه آلاینده‌هایی که در شرایط معمول به نسبت کمتری از ته‌سیگار نشت می‌کنند، منجر شود اهمیت فراوانی دارد. این شرایط، تحقیقات در زمینه تولید فیلتر سیگارهایی با قابلیت تجزیه سریع‌تر در محیط‌زیست را با سؤال جدی روبرو می‌کند. در هر صورت تحقیقات در زمینه ساخت فیلتر سیگار با رویکرد مدیریت پسماند ته‌سیگار ناشی از استعمال سیگار می‌تواند به‌عنوان یک بستر لازم و سودمند در این زمینه مطرح باشد.

در نهایت می‌توان گفت: که مهم‌ترین چالش مدیریت ته‌سیگار، چگونگی دفع نهایی آن است. زیرا در این زمینه تحقیقات اندکی در دنیا صورت گرفته و با توجه به ویژگی‌های بیان شده برای ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند خطرناک نیاز است که تحقیقاتی بیشتری در این خصوص انجام شود تا بتوان در نهایت راه‌حل مطلوبی برای هدف نهایی مدیریت ته‌سیگار یافت؛ همچنین هرچند که تحقیقات در زمینه بازیافت ته‌سیگار در سال‌های اخیر با اقبال بهتری مواجه شده است، ولی همچنان نیازمند تحقیقات بیشتر است. تولید محصولات با کیفیت قابل قبول با بازار مصرف فراوان و همچنین توجه به جنبه‌های زیست‌محیطی مراحل بازیافت ته‌سیگار از مهم‌ترین زمینه‌های تحقیقاتی در زمینه بازیافت این پسماند به شمار می‌رود.

خلاصه ۱۴

- شناخت بیشتر از جنبه‌های متعدد ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند نوظهور و ارائه روش‌های مدیریت آن نیازمند تحقیقات بیشتری است.
- مطالعات جامعه‌شناسی، رفتارشناسی و آموزشی در افراد سیگاری برای بررسی علت رهاسازی ته‌سیگار در محیط و اصلاح آن یک نیاز تحقیقاتی در زمینه مدیریت ته‌سیگار است.
- آلاینده‌های متنوع موجود در ته‌سیگار و پتانسیل انتشار آن‌ها به محیط در شرایط مختلف می‌تواند مورد توجه محققان باشد.
- تمرکز بر روی منشأ آلاینده‌های ته‌سیگار از کاشت تنباکو تا فرآیند تولید سیگار در کارخانه برای کاهش غلظت آلاینده‌ها در دود سیگار و درنهایت در ته‌سیگار حاصله از آن می‌تواند ایده‌ای برای تحقیقات بیشتر باشد.
- اصلاح ساختار فیلتر سیگار برای نگهداشت بیشتر آلاینده‌ها و جلوگیری از نشت می‌تواند از انتشار آلودگی به محیط‌زیست جلوگیری کند و نیاز به تحقیق دارد.
- تولید فیلترهای با دوام کمتر در محیط‌زیست می‌تواند یک اولویت تحقیقاتی در مدیریت ته‌سیگار باشد.
- یافتن روش‌های کارآمد و مناسب برای دفع نهایی ته‌سیگار و همچنین روش‌های بازیافت، یک ضرورت اساسی برای تکمیل مدیریت ته‌سیگار به‌عنوان یک پسماند خطرناک است.

1. 1..Araújo MCB, Costa MF. A critical review of the issue of cigarette butt pollution in coastal environments. *Environmental research*. 2019.
2. 2..Torkashvand J, Farzadkia M. A systematic review on cigarette butt management as a hazardous waste and prevalent litter: Control and recycling. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019;26(12):11618-30.
3. 3..Torkashvand J, Sobhi HR, Esrafil A. Littered cigarette butt as a well-known hazardous waste: A comprehensive systematic review. *Journal of Hazardous Materials*. 2019:121242.
4. 4..Hoffman SJ, Mammone J, Van Katwyk SR, Sriharan L, Tran M, Al-Khateeb S, et al. Cigarette consumption estimates for 71 countries from 1970 to 2015: systematic collection of comparable data to facilitate quasi-experimental evaluations of national and global tobacco control interventions. *bmj*. 2019;365:l2231.
5. 5..Marie N, Freeman M, Fleming TD, Robinson M, Dwyer-Lindgren L, Thomson B, et al. Smoking prevalence and cigarette consumption in 187 countries, 1980-2012. *Jama*. 2014;311(2):183-92.
6. 6..Araújo MCB, Costa MF. From Plant to Waste: The Long and Diverse Impact Chain Caused by Tobacco Smoking. *International journal of environmental research and public health*. 2019;16(15):2690.
7. 7..Micevska T, Warne MSJ, Pablo F, Patra R. Variation in, and causes of, toxicity of cigarette butts to a cladoceran and microtox. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2006;50(2):205-12.
8. 8..Mohajerani A, Kadir AA, Larobina L. A practical proposal for solving the world's cigarette butt problem: Recycling in fired clay bricks. *Waste management*. 2016;52:228-44.
9. 9..Kadir A, Mohajerani A, editors. Leachability of heavy metals from fired clay bricks incorporated with cigarette butts. 8th International Symposium on Lowland Technology; 2012: Department of Civil Engineering, Hasanuddin University, Indonesia.
10. 10..Green ALR, Putschew A, Nehls T. Littered cigarette butts as a source of nicotine in urban waters. *Journal of hydrology*. 2014;519:3466-74.
11. 11..Cutter SL, Tiefenbacher J, Birnbaum S, Wiley J, Solecki WD. Throwaway societies: a field survey of the quantity, nature and distribution of litter in New Jersey. *Applied Geography*. 1991;11(2):125-41.
12. 12..Chevalier Q, El Hadri H, Petitjean P, Bouhnik-Le Coz M, Reynaud S, Grassl B, et al. Nano-litter from cigarette butts: Environmental implications and urgent consideration. *Chemosphere*. 2018;194:125-30.
13. 13..Becherucci ME, Rosenthal AF, Pon JPS. Marine debris in beaches of the Southwestern Atlantic: An assessment of their abundance and mass at different spatial scales in northern coastal Argentina. *Marine pollution bulletin*. 2017;119(1):299-306.
14. 14..Novotny TE, Zhao F. Consumption and production waste: another externality of tobacco use. *Tobacco control*. 1999;8(1):75-80.
15. 15..Marah M, Novotny TE. Geographic patterns of cigarette butt waste in the urban environment. *Tobacco control*. 2011;20(Suppl 1):i42-i4.
16. 16..Pon JPS, Becherucci ME. Spatial and temporal variations of urban litter in Mar del Plata, the major coastal city of Argentina. *Waste Management*. 2012;32(2):343-8.
17. 17..Patel V, Thomson GW, Wilson N. Cigarette butt littering in city streets: a new methodology for studying and results. *Tobacco Control*. 2013;22(1):59-62.

18. 18..Ariza E, Jiménez JA, Sardá R. Seasonal evolution of beach waste and litter during the bathing season on the Catalan coast. *Waste Management*. 2008;28(12):2604-13.
19. 19..Ariza E, Leatherman SP. No-smoking policies and their outcomes on US beaches. *Journal of Coastal Research*. 2011;28(1A):143-7.
20. 20..Claereboudt MR. Shore litter along sandy beaches of the Gulf of Oman. *Marine Pollution Bulletin*. 2004;49(9-10):770-7.
21. 21..Haseler M, Schernewski G, Balciunas A, Sabaliauskaite V. Monitoring methods for large micro-and meso-litter and applications at Baltic beaches. *Journal of coastal conservation*. 2018;22(1):27-50.
22. 22..Martinez-Ribes L, Bañerretxea G, Palmer M, Tintoré J. Origin and abundance of beach debris in the Balearic Islands. *Scientia Marina*. 2007;71(2):305-14.
23. 23..Oigman-Pszczol SS, Creed JC. Quantification and classification of marine litter on beaches along Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Coastal Research*. 2007:421-8.
24. 24..Taffs KH, Cullen MC. The distribution and abundance of beach debris on isolated beaches of northern New South Wales, Australia. *Australasian Journal of Environmental Management*. 2005;12(4):244-50.
25. 25..Dobaradaran S, Nabipour I, Saeedi R, Ostovar A, Khorsand M, Khajeahmadi N, et al. Association of metals (Cd, Fe, As, Ni, Cu, Zn and Mn) with cigarette butts in northern part of the Persian Gulf. *Tobacco control*. 2017;26(4):461-3.
26. 26..Moriwaki H, Kitajima S, Katahira K. Waste on the roadside, 'poi-sute' waste: its distribution and elution potential of pollutants into environment. *Waste management*. 2009;29(3):1192-7.
27. 27..Rath JM, Rubenstein RA, Curry LE, Shank SE, Cartwright JC. Cigarette litter: smokers' attitudes and behaviors. *International journal of environmental research and public health*. 2012;9(6):2189-203.
28. 28..Sawdey M, Lindsay RP, Novotny TE. Smoke-free college campuses: no ifs, ands or toxic butts. *Tobacco Control*. 2011;20(Suppl 1):i21-i4.
29. 29..Ribic CA. Use of indicator items to monitor marine debris on a New Jersey beach from 1991 to 1996. *Marine pollution bulletin*. 1998;36(11):887-91.
30. 30..Simeonova A, Chuturkova R, Yaneva V. Seasonal dynamics of marine litter along the Bulgarian Black Sea coast. *Marine pollution bulletin*. 2017;119(1):110-8.
31. 31..Smith SD, Gillies CL, Shortland-Jones H. Patterns of marine debris distribution on the beaches of Rottnest Island, Western Australia. *Marine pollution bulletin*. 2014;88(1-2):188-93.
32. 32..Yi CJ, Kannan N. Solid Waste Transportation through Ocean Currents: Marine Debris Sightings and their Waste Quantification at Port Dickson Beaches, Peninsular Malaysia. *EnvironmentAsia*. 2016;9(2).
33. 33..Lee W, Lee CC. Developmental toxicity of cigarette butts—An underdeveloped issue. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2015;113:362-8.
34. 34..Shimazu H. Littering Behavior Analysis Based on Survey and Questionnaire About Littering in the Nagase River. *International Journal*. 2018;14(41):95-101.
35. 35..Wright SL, Rowe D, Reid MJ, Thomas KV, Galloway TS. Bioaccumulation and biological effects of cigarette litter in marine worms. *Scientific reports*. 2015;5:14119.
36. 36..Moerman J, Potts G. Analysis of metals leached from smoked cigarette litter. *Tobacco Control*. 2011;20(Suppl 1):i30-i5.
37. 37..Parker TT, Rayburn J. A comparison of electronic and traditional cigarette butt leachate on the development of *Xenopus laevis* embryos. *Toxicology reports*. 2017;4:77-82.

38. Di Giacomo S, Mazzanti G, Di Sotto A. Mutagenicity of cigarette butt waste in the bacterial reverse mutation assay: The protective effects of β -caryophyllene and β -caryophyllene oxide. *Environmental toxicology*. 2016;31(11):1319-28.
39. Dieng H, Rajasaygar S, Ahmad AH, Ahmad H, Rawi CSM, Zuharah WF, et al. Turning cigarette butt waste into an alternative control tool against an insecticide-resistant mosquito vector. *Acta tropica*. 2013;128(3):584-90.
40. Dobaradaran S, Schmidt TC, Lorenzo-Parodi N, Jochmann MA, Nabipour I, Raeisi A, et al. Cigarette butts: An overlooked source of PAHs in the environment? *Environmental Pollution*. 2019;249:932-9.
41. Dobaradaran S, Schmidt TC, Nabipour I, Ostovar A, Raeisi A, Saeedi R, et al. Cigarette butts abundance and association of mercury and lead along the Persian Gulf beach: an initial investigation. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018;25(6):5465-73.
42. Desideri D, Meli MA, Roselli C. Leaching tests to assess the release of ^{210}Po from discarded cigarette butts. *Microchemical Journal*. 2019;145:42-6.
43. Dieng H, Saifur RG, Ahmad AH, Rawi CSM, Boots M, Satho T, et al. Discarded cigarette butts attract females and kill the progeny of *Aedes albopictus*. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 2011;27(3):263-72.
44. Dieng H, Rajasaygar S, Ahmad AH, Rawi CSM, Ahmad H, Satho T, et al. Indirect effects of cigarette butt waste on the dengue vector *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Acta tropica*. 2014;130:123-30.
45. Slaughter E, Gersberg RM, Watanabe K, Rudolph J, Stransky C, Novotny TE. Toxicity of cigarette butts, and their chemical components, to marine and freshwater fish. *Tobacco control*. 2011;20(Suppl 1):i25-i9.
46. Booth DJ, Gribben P, Parkinson K. Impact of cigarette butt leachate on tidepool snails. *Marine pollution bulletin*. 2015;95(1):362-4.
47. Montalvão MF, Sampaio LLG, Gomes HHF, Malafaia G. An insight into the cytotoxicity, genotoxicity, and mutagenicity of smoked cigarette butt leachate by using *Allium cepa* as test system. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019;26(2):2013-21.
48. Green DS, Boots B, Carvalho JDS, Starkey T. Cigarette butts have adverse effects on initial growth of perennial ryegrass (gramineae: *Lolium perenne* L.) and white clover (leguminosae: *Trifolium repens* L.). *Ecotoxicology and environmental safety*. 2019;182:109418.
49. Gill H, Rogers K, Rehman B, Moynihan J, Bergey EA. Cigarette butts may have low toxicity to soil-dwelling invertebrates: Evidence from a land snail. *Science of The Total Environment*. 2018;628:556-61.
50. Novotny TE, Hardin SN, Hovda LR, Novotny DJ, McLean MK, Khan S. Tobacco and cigarette butt consumption in humans and animals. *Tobacco Control*. 2011;20(Suppl 1):i17-i20.
51. Suárez-Rodríguez M, Garcia CM. An experimental demonstration that house finches add cigarette butts in response to ectoparasites. *Journal of avian biology*. 2017;48(10):1316-21.
52. Cardoso LS, Estrela FN, Chagas TQ, da Silva WAM, de Oliveira Costa DR, Pereira I, et al. The exposure to water with cigarette residue changes the anti-predator response in female Swiss albino mice. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018;25(9):8592-607.
53. Mohajerani A, editor Properties improvement of fired clay bricks incorporating with cigarette butts. *Advanced Materials Research*; 2012: Trans Tech Publ.

54. 54..Kadir AA, Sarani NA, Leman A, editors. Testing on building material using waste material in fired clay brick. *Materials Science Forum*; 2015: Trans Tech Publ.
55. 55..Kadir AA, Mohajerani A. Recycling cigarette butts in lightweight fired clay bricks. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Construction Materials*. 2011;164(5):219-29.
56. 56..Mohajerani A, Tanriverdi Y, Nguyen BT, Wong KK, Dissanayake HN, Johnson L, et al. Physico-mechanical properties of asphalt concrete incorporated with encapsulated cigarette butts. *Construction and Building Materials*. 2017;153:69-80.
57. 57..Lucatero LMB, Ortega DT, Pandiyan T, Singh N, Singh H, Sarao TPS. Corrosion inhibition studies of cigarette waste on the iron surface in acid medium: electrochemical and surface morphology analysis. *Anti-Corrosion Methods and Materials*. 2016;63(4):245-55.
58. 58..Masoudi Soltani S, Kazemi Yazdi S, Hosseini S, Bayestie I. Lead removal from aqueous solution using non-modified and nitric acid-modified charred carbon from the pyrolysis of used cigarette filters. *Desalination and Water Treatment*. 2015;53(1):126-38.
59. 59..Hamzah Y, Umar L, editors. Preparation of creating active carbon from cigarette filter waste using microwave-induced KOH activation. *Journal of Physics: Conference Series*; 2017: IOP Publishing.
60. 60..Teixeira MBdH, Duarte MAB, Garcez LR, Rubim JC, Gatti TH, Suarez PAZ. Process development for cigarette butts recycling into cellulose pulp. *Waste management*. 2017;60:140-50.
61. 61..Wang Y, Jiang M, Yang Y, Ran F. Hybrid electrode material of vanadium nitride and carbon fiber with cigarette butt/metal ions wastes as the precursor for supercapacitors. *Electrochimica Acta*. 2016;222:1914-21.
62. 62..Maderuelo-Sanz R, Escobar VG, Meneses-Rodríguez JM. Potential use of cigarette filters as sound porous absorber. *Applied Acoustics*. 2018;129:86-91.
63. 63..Liu C, Chen B, Yang J, Li C. One-step fabrication of superhydrophobic and superoleophilic cigarette filters for oil-water separation. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2015;29(22):2399-407.
64. 64..Yazdi SK, Soltani SM, Hosseini S, editors. An investigation into the optimum carbonization conditions for the production of porous carbon from a solid waste. *Advanced Materials Research*; 2012: Trans Tech Publ.
65. 65..Sabzali A, Nikaeen M, Bina B. Performance evaluation of cigarette filter rods as a biofilm carrier in an anaerobic moving bed biofilm reactor. *Environmental technology*. 2012;33(15):1803-10.
66. 66..Sabzali A, Nikaeen M, Bina B. Evaluation of cigarette filters rods as a biofilm carrier in integrated fixed film activated sludge process. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2011;5:82-7.
67. 67..Ou J, Wan B, Wang F, Xue M, Wu H, Li W. Superhydrophobic fibers from cigarette filters for oil spill cleanup. *RSC Advances*. 2016;6(50):44469-74.
68. 68..Escobar VG, Maderuelo-Sanz R. Acoustical performance of samples prepared with cigarette butts. *Applied Acoustics*. 2017;125:166-72.
69. 69..Novotny T, Lum K, Smith E, Wang V, Barnes R. Cigarettes butts and the case for an environmental policy on hazardous cigarette waste. *International journal of environmental research and public health*. 2009;6(5):1691-705.
70. 70..Smith EA, Novotny TE. Whose butt is it? Tobacco industry research about smokers and cigarette butt waste. *Tobacco Control*. 2011;20(Suppl 1):i2-i9.
71. 71..Widmer WM, Reis RA. An experimental evaluation of the effectiveness of beach ashtrays in pre-

- venting marine contamination. Brazilian Archives of Biology and Technology. 2010;53(5):1205-16.
72. 72. Gholami M, Torkashvand J, Rezaei Kalantari R. et al. Study of littered wastes in different urban land-uses: An 6 environmental status assessment. J Environ Health Sci Engineer. 2020; 18: 915–924.
73. 73. Torkashvand J, Godini K, Jonidi Jafari A. et al. Assessment of littered cigarette butt in urban environment, using of new cigarette butt pollution index (CBPI). Science of The Total Environment. 2021; 769:144864