Journal of Research in Environmental Health
Volume 11, Issue 1, Spring 2025

Investigating the Impact of Scented Candles on the Emission of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Their Health Implications: A Systematic Review

Kimia Eskandari
* Master's student in Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. **(Corresponding Author)**
kimia.eskandari2000@gmail.com
Parisa Sadighara
Associate Professor of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, Food Safety Division, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Saeed Aghebat-Bekheir
PhD student in Toxicology, Department of Toxicology & Pharmacology, School of Pharmacy, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Abstract

Background and Objective: Scented candles are a potential source of indoor air pollutants, particularly polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), which are classified as hazardous environmental contaminants with significant health implications. These candles, widely used in households, religious and cultural ceremonies, spas, and other enclosed environments, can emit toxic compounds contributing to indoor air pollution and associated health risks. This study aims to evaluate the health effects related to exposure to PAHs released from scented candles and to provide recommendations for choosing safer alternatives.

Materials and Methods: On February 15, 2023, a comprehensive literature review was conducted using databases such as PubMed, Web of Science, and Scopus, with relevant search terms related to scented candles and PAHs. Initially, 1,297 records were retrieved. After removing duplicates, irrelevant, and non-English articles, 180 relevant studies were reviewed in full. From these, 11 high-quality and pertinent articles were selected and synthesized in this review.

Results: The reviewed studies reveal that scented candles can emit multiple harmful substances, including volatile organic compounds (VOCs), particulate matter (PM), and PAHs. These pollutants have been linked to respiratory system disorders and an increased risk of carcinogenesis, particularly with chronic exposure. The findings highlight the urgent need for in situ monitoring and longitudinal health studies to better understand the long-term impacts of scented candle use.

Conclusion: It is essential to conduct risk assessment and apply effective exposure reduction strategies regarding scented candle use. Suggested measures include opting for cleaner alternatives (e.g., soy or beeswax candles), minimizing burn duration, using candles with natural wicks, and improving indoor air ventilation. Increased public awareness and further toxicological and epidemiological research are critical to understanding and mitigating the health impacts of these commonly used indoor products.

Keyword: Scented Candles, Indoor Air Quality, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), Air Pollution

Open Access Policy: This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. To view a copy ofthis licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Received: 2024/11/21
Accepted: 2025/03/16
Doi:10.22038/jreh.2025.26106

Citation: Eskandari K, Sadighara P, Aghebat-Bekheir S. Investigating the Impact of Scented Candles on the Emission of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Their Health Implications: A Systematic Review. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2025; 11(1):98-110.

بررسی تأثیر شمع‌های معطر بر تولید هیدروکربن‌های حلقوی آروماتیک (PAHs) و پیامدهای بهداشتی آن‌ها: یک مرور سیستماتیک

کیمیا اسکندری
*دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)
kimia.eskandari2000@gmail.com
پریسا صدیق‌آرا
دانشیار مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، بخش ایمنی غذایی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
سعید عاقبت‌بخیر
دانشجوی دکترای سم‌شناسی، گروه سم‌شناسی و فارماکولوژی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۱
تاریخ پذیرش:۱۴۰۳/۱۲/۲۶
نوع مقاله: مروری

چکیده

زمینه و هدف: این مطالعه به بررسی اثرات شمع‌های معطر بر تولید هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) که از آلاینده‌های رایج و مضر محیطی هستند و تأثیرات قابل‌توجهی بر سلامت انسان دارند، می‌پردازد. شمع‌های معطر و تزئینی که به‌طور گسترده در خانه‌ها، مراسم مذهبی و فرهنگی، مراکز سلامتی و سایر محیط‌های داخلی استفاده می‌شوند، PAH های سمی را منتشر کرده که می‌توانند به آلودگی هوای داخل و خطرات بهداشتی مرتبط با آن کمک می‌کنند. هدف این مطالعه ارزیابی اثرات بهداشتی مرتبط با قرار گرفتن در معرض PAHs ناشی از شمع‌های معطر و ارائه‌ی راهنمایی برای انتخاب جایگزین‌های ایمن‌تر است.

مواد و روش‌ها: در تاریخ ۱۵ فوریه ۲۰۲۳، جست‌وجویی جامع در پایگاه‌های داده شامل PubMed، Web of Science وScopus با استفاده از کلید واژه‌های مرتبط با شمع‌های معطر و PAHs انجام شد. پس از غربالگری اولیه ۱۲۹۷ مقاله یافت شد و پس از حذف مطالعات نامرتبط، تکراری و غیرانگلیسی، ۱۸۰ مقاله مرتبط به‌طور دقیق بررسی شدند. در نهایت، ۱۱ مورد از مهم‌ترین و مرتبط‌ترین مطالعات به‌صورت خلاصه در این مقاله ارائه گردید.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان می‌دهد که شمع‌های معطر آلاینده‌های مضری مختلفی ازجمله PM،VOCs و PAHs را آزاد می‌کنند که اثرات منفی قابل ملاحظه‌ای بر سلامت تنفسی دارند و می‌توانند در صورت قرار گرفتن مکرر خطر ابتلا به سرطان را افزایش دهند. این مطالعه بر لزوم انجام مطالعات میدانی برای درک بهتر تأثیرات طولانی‌مدت استفاده از شمع‌های معطر تأکید می‌کند.

نتیجه‌گیری: ارزیابی و کاهش خطرات بهداشتی مرتبط با استفاده از شمع‌های معطر ضروری است. توصیه‌هایی شامل استفاده از جایگزین‌های پاک‌تر، کاهش قرار گرفتن در معرض آلاینده‌ها، استفاده از شمع‌های طبیعی و دارای فتیله‌های کوتاه‌تر، محدود کردن زمان سوختن شمع‌ها و فیلتراسیون هوا داخلی ارائه می‌شود. آگاهی‌دهی و پژوهش‌های بیشتر برای درک کامل تأثیرات بهداشتی استفاده از شمع‌های معطر و توسعه گزینه‌های ایمن‌تر برای مصرف‌کنندگان ضروری است.

کلیدواژه‌ها: شمع‌های معطر، کیفیت هوای داخل، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs)، آلودگی هوا

استناد: اسکندری ک، صدیق‌آرا پ، عاقبت‌بخیر س. بررسی تأثیر شمع‌های معطر بر تولید هیدروکربن‌های حلقوی آروماتیک (PAHs) و پیامدهای بهداشتی آن‌ها: یک مرور سیستماتیک. *فصلنامه‌ی پژوهش در بهداشت محیط*. بهار ۱۴۰۴;۱۱(۱): ۹۸-۱۱۰.

مقدمه

هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs[1]) محصولات احتراق ناقص و ازجمله آلاینده‌های رایج محیطی هستند که می‌توانند اثرات مضری بر سلامت انسان داشته باشند (۱). PAH ها هم از طریق منابع طبیعی و هم منابع انسانی در محیط منتشر می‌شوند (۲). منابع طبیعی ازجمله فوران آتشفشانی، آتش‌سوزی جنگل‌ها و منابع انسانی شامل احتراق ناقص سوخت، زباله‌ها یا سایر مواد آلی مانند تنباکو و مواد گیاهی است (۳). نگرانی مواجهه با PAH های محیط از نظر سلامت عمومی، در درجه‌ی اول از طریق خوردن موادغذایی و در درجه‌ی دوم از طریق استنشاق رخ می‌دهد (۴, ۵). نیمه عمر پیرن-۱ (1-PYR[2]) در انسان پس از مصرف خوراکی بین ۴ تا ۱۲ ساعت و پس از استنشاق ۶ تا ۳۵ ساعت می‌باشد (۴, ۶-۸). ازجمله مهم‌ترین PAH های خطرناک برای انسان می‌تواند شامل : بنزو[b] فلورانتن، بنزو[k] فلورانتن، بنزو[j] فلورانتن، کریسن، بنزو[a] پیرن، بنزو[a] آنتراسن، دی‌بنز[h،a] آنتراسن و ایندنو [1,2,3-c,d] باشد که می‌توانند عوارض جانبی متعددی ازجمله سرطان‌های پوست، ریه، معده، پروستات، مثانه و.. را ایجاد کنند (۹). آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (EPA[3]) بنزوپیرن را به‌عنوان یکی از جهش‌زاترین و ژنوتوکسیک‌ترین هیدروکربن‌های آروماتیک بر اساس مطالعات حیوانی توصیف کرد (۱۰). مقدار غلظت مجاز مواجهه توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO[4]) برای بنزوپیرن ۱ نانوگرم در مترمکعب است (۱۱). بر اساس شواهدی که سرطان‌زایی، تراتوژنیک و جهش‌زایی PAH ها را اثبات می‌کند، منجر به تعیین آن‌ها به‌عنوان آلاینده‌های اولویت‌دار توسط کمیسیون اروپا و USEPA[5] شده است (۱۲-۱۵).

منابع اصلی PAH در فضای باز شامل انتشار آن‌ها توسط وسایل نقلیه، احتراق زیست توده و زغال‌سنگ هستند، منابع داخلی شامل فعالیت‌های پخت‌وپز، شمع‌های معطر، احتراق بخور و مصارف خانگی در خانه‌ها می‌باشد (۱۶). با توجه به این‌که PAHها لیپوفیل هستند بنابراین به‌راحتی می‌توانند از سد جفت عبور کنند (۱۷)، قرار گرفتن مادران باردار در معرض PAH ها قبل از تولد نوزاد به‌طور قابل توجهی با عفونت‌های تنفسی، سرفه و بروز خس خس سینه در نوزادان و کودکان در سال‌های اول زندگی آن‌ها مرتبط است (۱۸). با توجه به این‌که افراد بیش از ۸۵ درصد از زمان خود را در محیط‌های داخلی سپری می‌کنند بنابراین بخش قابل توجهی از قرار گرفتن در معرض ذرات ریز و بسیار ریز در داخل خانه و سایر محیط‌های داخلی رخ می‌دهد (۱۹). بنابراین ارزیابی آلاینده‌های داخلی امری ضروری است که ازجمله منابع تولید آن که کمتر بدان پرداخته شده، سوزاندن شمع می‌باشد (۲۰). شمع‌ها از زمان‌های قدیم به‌عنوان منبع نور مورد استفاده قرار می‌گرفتند (۲۱). اما امروزه در بین انواع شمع‌ها، شمع‌های معطر به‌دلیل محبوبیت در بین مردم، جایگاه ویژه‌ای در بازار جهانی یافته‌اند (۲۲). احتراق شمع‌های معطر می‌توانند آلاینده‌های مختلف گازی را تولید کنند و نقش کلیدی به‌عنوان منبع ذرات داشته باشند (۲۳, ۲۴). شمع‌های معطر در کاربردهای سنتی، مذهبی، رایحه درمانی و تزئینی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۵). به‌عنوان مثال این شمع‌ها در هتل‌ها و رستوران‌ها به‌عنوان خوشبوکننده‌ی سالن و در مراکز سلامتی به‌عنوان رایحه درمانی برای تسکین روانی با اثر شفابخش استفاده می‌شوند (۲۶). هم‌چنین در بسیاری از کشورها سنت روشن کردن شمع در محیط خانه و بر قبور بستگان به‌منظور احترام به کسانی که از دست داده‌اند وجود دارد (۲۷).

شمع‌های معطر در اشکال و اندازه‌های مختلف، با یک یا چند فیتیله، با ظرف یا بدون ظرف وجود دارند. رایج‌ترین تفاوت‌ها مربوط به نوع موم (سوخت)، مواد تشکیل‌دهنده‌ی عطر، بار عطر، فتیله و شکل شمع (به‌عنوان مثال شیشه پر شده یا شمع ستونی) است (۲۸). یک شمع معطر در حال سوختن، عطر خود را از طریق تبخیر از حوضچه‌ی موم داغ شمع جامد آزاد می‌کند که در پی آن ترکیبات آلی فرار (VOCs) را آزاد می‌کند (۲۹). هم‌چنین شایان ذکر است بسیاری از عطرهای مصنوعی حاوی فتالات هستند که با سوزاندن شمع، فتالات آن‌ها آزاد شده و از طریق استنشاق یا پوست جذب می‌گردند و با ورود به داخل خون و سیستم تنفسی باعث

[1] Polycyclic Aromatic Hydr$ocarbons
[2] 1-pyrene
[3] Environmental Protection Agency
[4] World Health Organization
[5] United States Environmental Protection Agency

بروز مشکلاتی ازجمله تغییر در سطح هورمون‌ها، علائم آلرژیک و آسم می‌گردند (۳۰). مقادیر قابل توجهی از PAH های مختلف ازجمله تولوئن، بنزن، دی‌بنزوفوران‌ها و دی‌بنزودیوکسین‌ها و آلدئیدها در بخارات شمع است که محصولات موم، مواد معطر یا رنگ‌های احتراق هستند (۳۱). گزارش‌ها نشان می‌دهند در هنگام سوزاندن شمع‌های معطر، غلظت آلاینده‌های اندازه‌گیری شده [ترکیبات آلی فرار (VOCs[1])، فرمالدئید، CO، CO_2 ، $PM_{2.5}$[2] و PM_{10}[3]] در داخل خانه، از غلظت‌های پس‌زمینه فراتر رفته و مشکلاتی ازجمله سردرد، سرگیجه، تحریک مخاط، گلو خشک یا تحریک‌شده و مشکلات تنفسی و هم‌چنین در درازمدت سرطان ایجاد کرده‌اند (۳۲). لازم به ذکر است بسیاری از شمع‌ها از موم پارافین تولید می‌شوند که از نفت گرفته شده است وگازهای گلخانه‌ای آزاد می‌کند که علاوه بر مشکلات سلامتی باعث آلودگی محیط زیست نیز می‌شوند (۳۳).

افزایش قابل توجه در مصرف و تقاضای زیاد برای شمع‌های معطر در سال‌های اخیر منجر به افزایش نگرانی‌ها در مورد اثرات بالقوه سلامتی آن‌ها شده است که یکی از آن‌ها تولید PAH ها است. اهمیت این موضوع در خطرات بهداشتی مرتبط با قرار گرفتن در معرض PAH ها، ازجمله سرطان، اثرات تنفسی و تولید مثلی نهفته است. بنابراین، درک منابع و مسیرهای قرار گرفتن در معرض PAH ها برای توسعه‌ی استراتژی‌های موثر برای کاهش قرار گرفتن در معرض انسان و کاهش خطرات سلامتی بسیار مهم است. مقامات بهداشت عمومی و سیاست‌گذاران باید مقررات تولید شمع‌های معطر و ترویج استفاده از جایگزین‌های پاک‌تر و ایمن‌تر برای محافظت از سلامت عمومی را در نظر بگیرند. با این‌حال یکی از شکاف‌هایی که وجود دارد، فقدان داده‌های جامع مواجهه، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه است که مانع از توسعه استراتژی‌های کاهش قرار گرفتن در معرض موثر می‌شود. هدف از این مطالعه کمک به درک بهتر نقش شمع‌های معطر در تولید PAH ها و ارائه‌ی راهنمایی برای مصرف‌کنندگان و سیاست‌گذاران برای شناسایی این محصولات و تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد استفاده از جایگزین‌های آنان است. بنابراین نیاز به بررسی جامع و دقیق‌تر مطالعات انجام شده در این زمینه از گذشته تا به امروز احساس می‌شود.

روش‌کار

در تاریخ ۱۵ فوریه ۲۰۲۳ جست‌وجویی در پایگاه‌های اطلاعاتی پابمد، وب آو ساینس و اسکوپوس بدون محدودیت زمانی با استفاده از کلیدواژه‌های منتخب انجام شد و نتایج به شرح جدول ۱ حاصل گردید. پس از غربالگری اولیه از بین ۱۲۹۷ مقاله به‌دست آمده از جستجوی الکترونیکی، در شروع کار مطالعات نامرتبط، تکراری، کارآزمایی‌های بالینی، خلاصه مقالات، پوسترها و نامه به سردبیر و مطالعات انجام یافته به زبان‌هایی به‌جز فارسی و انگلیسی از مطالعه خارج شدند. مقالات منتخب که شامل مقالات کنفرانسی، مقالات اورجینال، مقالات مروری و سیستماتیک معتبر بودند، بر اساس عنوان، چکیده و متن کامل غربالگری شدند و داده‌های مربوطه استخراج و بر اساس آن‌ها مقاله مروری حاضر تدوین گردید.

یافته‌ها

پس از غربالگری و استخراج داده‌ها، ۱۸۰ مقاله وارد بررسی شدند. که در جدول ۲ به شرح ۱۱ مورد از مرتبط-ترین مقاله‌های موجود در ارتباط با موضوع مورد بررسی، می‌پردازیم.

بررسی مطالعات پیشین

جدول۱. نتایج حاصل از جستجو در پایگاه‌های داده به تفکیک پایگاه داده و مقالات

پایگاه‌های جستجو	کلیدواژه ها	تعداد مقالات
PubMed	"scented candles") OR (candles) OR (candle)) AND ((PAHs) OR)) ("polycyclic aromatic hydrocarbons") OR (aromatic hydrocarbons) OR ("indoor air quality") OR (emissions))	141
Web of Science	"scented candles") OR (candles) OR (candle)) AND ((PAHs) OR)) ("polycyclic aromatic hydrocarbons") OR (aromatic hydrocarbons) OR ("indoor air quality") OR (emissions))	582
Scopus	"scented candles") OR (candles) OR (candle)) AND ((PAHs) OR)) ("polycyclic aromatic hydrocarbons") OR (aromatic hydrocarbons) OR ("indoor air quality") OR (emissions))	574

[1] Volatile Organic Compounds
[2] Particle Matter with Aerodynamic Diameter 2.5 or Less than 2.5 Microns
[3] Particle Matter with Aerodynamic Diameter 10 or Less than 10 Microns

جدول۲. بررسی مطالعات پیشین

نام نویسنده	سال انتشار	عنوان مقاله	خلاصه مهم‌ترین یافته‌ها	منبع
لاو و همکاران	1997	سطوح ترکیبات آلی انتخابی در مواد برای تولید شمع و قرار گرفتن انسان در معرض انتشار شمع	در این مطالعه، شمع‌هایی از جنس پاراقین، استارین و موم زنبور عسل مورد بررسی قرار گرفتند. این شمع‌ها بدون افزودنی‌های رنگی یا تزئینی بودند تا شرایط سوختن استاندارد حفظ شود. در این تحقیق، ترکیباتی نظیر هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs)، دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها (PCDD/PCDF)، فرمالدهید، آکرولئین و ترکیبات آلی فرار (VOCs) در دود حاصل از سوختن شمع‌ها اندازه‌گیری شد. روش مورد استفاده برای آنالیز این ترکیبات، کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) بود. هم‌چنین، برای محاسبه‌ی میزان جذب استنشاقی PCDD/PCDF توسط یک قرد بالغ، یک مدل ساده‌ی قرارگیری در معرض طراحی و استفاده شد. نتایج نشان داد حتی در شرایط شدید (سوختن هم‌زمان چند شمع در فضای بسته)، غلظت آلاینده‌ها به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر از حدود مجاز تعیین‌شده برای محیط‌های کاری است. نوع ماده اولیه شمع تأثیر مستقیمی بر میزان انتشار آلاینده‌ها دارد، به‌طوری‌که شمع‌های موم طبیعی در مقایسه با پاراقین آلاینده‌های کمتری تولید کردند. با این‌حال، در فضاهای بسته و بدون تهویه، استفاده مکرر از شمع‌ها ممکن است منجر به تجمع تدریجی ترکیبات مضر و افزایش خطرات بهداشتی شود. به‌طور کلی، گرچه استفاده معمول از شمع‌ها خطر قابل‌توجهی برای سلامت ندارد، اما وجود ترکیباتی مانند PAHs به‌ویژه بنزو[a]پیرن که خاصیت سرطان‌زایی دارند، ضرورت احتیاط در استفاده طولانی‌مدت از شمع‌ها، به‌ویژه انواع معطر، را برجسته می‌سازد.	(۳۴)
ژانوزا و همکاران	2007	مشخصات انتشار آلاینده‌ها از سوختن شمع	در این مطالعه، پنج نوع شمع معطر یا رایحه‌های آلوئه، پوست درخت، تریاک، قرانجی‌پانی و ریواس مورد بررسی قرار گرفتند که پایه موم آن‌ها از پاراقین تشکیل شده بود و همراه یا اسانس‌های طبیعی یا مصنوعی و رنگدانه‌هایی برای ایجاد رنگ و بو بودند. شمع‌ها در شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی به‌مدت چهار ساعت سوخته و ترکیبات منتشرشده شامل هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) مانند نفتالین، آنتراسن و فنانترن، ترکیبات BTEX (بنزن، تولوئن، اتیلبنزن و زایلن) و آلدئیدها به‌ویژه فرمالدئید اندازه‌گیری شدند. برای آنالیز این ترکیبات از کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) و طیف‌سنجی UV استفاده شد. نتایج نشان داد شمع آلوئه کمترین میزان انتشار PAH ها و BTEX را داشت، در حالی‌که شمع قرانجی‌پانی به‌دلیل داشتن رنگدانه بیشتر، بیشترین میزان BTEX را منتشر کردند. به‌طور کلی، غلظت آلاینده‌های اندازه‌گیری‌شده در محدوده‌ای پایین‌تر از استانداردهای کیفیت هوای داخلی سازمان بهداشت جهانی و EPA قرار داشت. نوع ماده اولیه شمع تأثیر قابل توجهی بر میزان انتشار آلاینده‌ها داشت؛ پاراقین به‌عنوان منبع اصلی انتشار آلدئیدها شناخته شد و رنگدانه‌ها باعث افزایش انتشار ترکیبات BTEX شدند، اما تأثیر قابل توجهی بر میزان آلدئیدها نداشتند. از نظر اثرات سلامت، مواجهه کوتاه‌مدت با دود شمع‌ها خطر قوری ایجاد نمی‌کند اما فرمالدئید منتشرشده می‌تواند باعث تحریک چشم و گلو شود و مواجهه مزمن با PAH های سرطان‌زایی مانند نفتالین و بنزن در فضاهای بسته یا تهویه ضعیف ممکن است خطر ابتلا به بیماری‌های تنفسی و سرطان را افزایش دهد. هم-چنین، افزایش زمان سوختن شمع‌ها باعث افزایش خطی غلظت PAH ها و BTEX در هوا می‌شود. بر اساس یافته‌ها، توصیه می‌شود برای کاهش خطرات، از شمع‌های معطر یا رنگدانه کمتر و رایحه‌های طبیعی استفاده شود، زمان سوختن شمع‌ها در فضاهای بسته به کمتر از چهار ساعت محدود گردد و تهویه مناسب محیط هنگام استفاده از شمع‌ها فراهم شود. این مطالعه بر اهمیت انتخاب نوع شمع و شرایط محیطی در کاهش مواجهه با آلاینده‌های خطرناک ناشی از سوختن شمع‌های معطر تأکید دارد.	(۳۵)
اورگیو و همکاران	2011	هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) در انتشار داخلی از شمع‌های تزئینی	در این مطالعه، شمع‌های تزئینی بر پایه پاراقین که رایج‌ترین ماده اولیه در تولید شمع‌های خانگی است، مورد بررسی قرار گرفتند. این شمع‌ها شامل انواع معطر و بدون عطر بودند که در شرایط معمول مصرف خانگی استفاده می‌شوند. نمونه‌ها در محیط آزمایشگاهی تحت شرایط کنترل‌شده سوخته و ترکیبات منتشرشده شامل هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) ازجمله ۱۶ نوع اولویت‌دار EPA به‌ویژه بنزو[a]پیرن، اندازه‌گیری شدند. غلظت کل PAH ها در هوای اطراف شمع‌ها بین ۷ تا ۲۶۷ نانوگرم بر متر مکعب و غلظت بنزو[a]پیرن تا ۷٫۵ نانوگرم بر متر مکعب گزارش شد. برای آنالیز این ترکیبات از کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) استفاده گردید و شاخص‌های ایزومری برای تعیین منبع انتشار ناشی از احتراق ناقص پاراقین به‌کار رفت. نتایج نشان داد که شمع‌های پاراقینی منبع مهمی برای انتشار PAH های سرطان‌زا	(۲۱)

Activate Wind

			هستند و میزان این ترکیبات به نوع شمع، کیفیت پارافین، نوع فتیله و شرایط تهویه محیط بستگی دارد. به‌طور کلی، غلظت PAH ها در محدوده‌ای قرار داشت که می‌تواند در مواجهه مزمن و در فضاهای بسته یا تهویه ناکافی، خطرات قابل توجهی برای سلامت انسان ایجاد کند. مواجهه کوتاه‌مدت یا دود شمع‌ها ممکن است خطر قوری نداشته باشد، اما ترکیباتی مانند بنزو[a]پیرن و سایر PAH های سرطان‌زا از طریق استنشاق می‌توانند باعث افزایش ریسک بیماری‌های تنفسی و سرطان شوند. بر اساس یافته‌ها، توصیه می‌شود استفاده از شمع‌های تزئینی در فضاهای بسته محدود و تهویه محیط به‌طور مناسب فراهم شود تا مواجهه با آلاینده‌های خطرناک کاهش یابد. این مطالعه بر اهمیت انتخاب نوع مواد اولیه شمع و شرایط محیطی در کاهش انتشار و مواجهه با هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای تأکید دارد.
مانوکیان و همکاران	2013	مشخصات انتشار آلاینده‌های هوا از یخور دادن و سوختن شمع در فضای داخلی	در این تحقیق، انواع مختلفی از شمع‌های معطر بر پایه‌ی پارافین و مواد افزودنی رایج در تولید شمع‌های خانگی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نمونه‌ها در شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی سوخته و ترکیبات منتشرشده شامل هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs)، ترکیبات آلی فرار (VOCs) مانند بنزن و فرمالدئید، ذرات معلق (PM) و گازهای احتراق مانند CO اندازه‌گیری شدند. روش نمونه‌برداری شامل جمع‌آوری نمونه‌های هوا در طول فرآیند سوختن یا استفاده از فیلترهای ویژه و سیستم‌های نمونه‌برداری فعال بود. آنالیز ترکیبات PAHs و VOCs یا استفاده از کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) انجام شد که امکان شناسایی و اندازه‌گیری دقیق این آلاینده‌ها را فراهم می‌آورد. ذرات معلق نیز با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری ذرات $PM_{2.5}$ و PM_{10} سنجیده شدند. نتایج نشان داد که شمع‌های معطر پارافینی در هنگام سوختن مقادیر قابل توجهی از PAHs ، به‌ویژه ترکیباتی مانند نفتالین، آنتراسن و بنزو[a]پیرن را منتشر می‌کنند. غلظت کل PAHs در هوای اطراف شمع‌ها به‌طور قابل توجهی افزایش یافت و در برخی موارد به سطوحی نزدیک به یا بالاتر از حد مجاز توصیه‌شده سازمان بهداشت جهانی رسید. هم‌چنین، ترکیبات VOC سمی مانند بنزن و فرمالدئید نیز در مقادیر قابل توجهی آزاد شدند که می‌توانند باعث تحریک دستگاه تنفسی و افزایش ریسک بیماری‌های مزمن شوند. ذرات معلق ناشی از سوختن شمع‌ها نیز در محدوده $PM_{2.5}$ قرار داشتند که به‌دلیل اندازه کوچکشان قادر به نفوذ عمیق به ریه‌ها هستند و می‌توانند موجب التهاب و مشکلات تنفسی گردند. از نظر اثرات سلامت، مواجهه مکرر و طولانی‌مدت با آلاینده‌های منتشرشده از شمع‌های معطر، به‌ویژه در فضاهای بسته یا تهویه ناکافی، می‌تواند منجر به افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های تنفسی، حساسیت‌های آلرژیک و حتی سرطان‌های مرتبط با آلودگی هوا شود. هم‌چنین، انتشار هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای سرطان‌زا مانند بنزو[a]پیرن اهمیت ویژه‌ای دارد که در این مطالعه تأیید شده است. بر اساس یافته‌ها، توصیه می‌شود برای کاهش مواجهه با این آلاینده‌ها، استفاده از شمع‌های معطر در فضاهای بسته محدود شده و تهویه مناسب محیط هنگام استفاده از شمع‌ها فراهم گردد. هم‌چنین، انتخاب شمع‌هایی با ترکیبات شیمیایی کمتر مضر و پایه‌های غیرپارافینی می‌تواند به کاهش انتشار آلاینده‌ها کمک کند. (۳۶)
درودی و همکاران	2014	انتشار آلاینده‌های هوا از سوختن شمع‌ها یا ترکیبات مختلف در محیط‌های داخلی	در این مطالعه سه نوع شمع محفظه‌ای مختلف یا فتیله پنبه‌ای یا مواد اولیه متفاوت شامل پارافین، استارین و ترکیبات مومی دیگر مورد ارزیابی قرار گرفتند. شمع‌ها بدون افزودنی‌های رنگی یا معطر و در شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی سوخته شدند تا تأثیر ترکیب موم بر انتشار آلاینده‌ها به‌طور دقیق مشخص شود. ترکیبات اندازه‌گیری‌شده شامل هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs)، ترکیبات آلی فرار (VOCs)، آلدئیدها، گازهای احتراق مانند مونوکسید کربن (CO) و دی‌اکسید گوگرد (SO_2)، و ذرات معلق (PM) بودند. برای آنالیز PAH ها و VOCها از کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) استفاده شد و نمونه‌برداری هوا با فیلترها و جاذب‌های مخصوص انجام گرفت. نتایج نشان داد که نوع ماده اولیه شمع تأثیر قابل توجهی بر میزان و نوع آلاینده‌های منتشرشده دارد. شمع‌های پارافینی بیشترین میزان PAH ها وVOC ها را منتشر کردند، در حالی که شمع‌های استارینی و مومی آلاینده‌های کمتری تولید کردند. هم‌چنین وجود روغن در موم نه تنها بر عوامل انتشار PM بلکه بر شکل‌گیری اندازه ذرات و مکانیسم‌های رشد نیز تأثیر می‌گذارد. هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای شناسایی‌شده شامل نفتالین، آنتراسن، فنانترن و بنزو[a]پیرن بودند که برخی از آن‌ها خاصیت سرطان‌زایی دارند. هم‌چنین، انتشار آلدئیدها به‌ویژه فرمالدئید یا حضور پارافین افزایش یافت. ذرات معلق منتشرشده نیز در اندازه‌های ریز ($PM_{2.5}$) بودند که قادر به نفوذ عمیق به ریه‌ها و ایجاد التهاب هستند. (۳۷)

		از نظر اثرات سلامت، مواجهه یا آلاینده‌های منتشرشده از شمع‌های پاراقینی در قضاهای بسته یا تهویه ناکافی می‌تواند منجر به تحریک دستگاه تنفسی، التهاب، حساسیت‌های آلرژیک و افزایش ریسک بیماری‌های مزمن ازجمله سرطان شود. مطالعه بر اهمیت انتخاب نوع موم و ترکیب شمع برای کاهش انتشار ترکیبات مضر تأکید دارد و توصیه می‌کند که استفاده از شمع‌های با پایه غیرپاراقینی و تهویه مناسب محیط هنگام استفاده از شمع‌ها به‌منظور کاهش مواجهه یا آلاینده‌ها مدنظر قرار گیرد.	
آن و همکاران	2015	شناسایی مواد قرار خطرناک و خوشبوی ساطع شده از شمع‌های معطر قبل از روشن شدن و هنگام روشن شدن	در این مطالعه شش نوع شمع ("پنبه تمیز"، "گل"، "خربزه کیوی"، "توت فرنگی"، "وانیل" و "ساده") برای تعیین تغییرات در ترکیب VOC مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که حتی پیش از روشن‌کردن شمع‌ها نیز ترکیبات آلی معطر به‌ویژه ترکیبات استری (در مجموع ۳۰ نوع) از سطح شمع‌ها متصاعد می‌شوند، که این مسئله نشان‌دهنده‌ی پتانسیل آلودگی هوا در محیط‌های داخلی حتی بدون سوزاندن شمع‌هاست. در حالت روشن، ترکیبات خطرناک‌تری مانند فرمالدهید (شناخته‌شده به‌عنوان یک ماده سرطان‌زا) یا غلظت‌های بالا شناسایی شدند؛ به‌ویژه در شمع‌های توت‌فرنگی (2098 ppb)، پنبه تمیز (1022 ppb) و ساده (925 ppb). هم‌چنین مجموع VOCها (TVOC)در شمع خربزه کیوی به ۱۲،۷۴۲ ppbC رسید. این مواد با استفاده از روش‌های GC/MS وHPLC/UV اندازه‌گیری شدند. مطالعه هشدار می‌دهد که قرار گرفتن در معرض این مواد، به‌ویژه در قضاهای بسته، می‌تواند پیامدهای زیان‌باری برای سلامت انسان ازجمله تحریک مجاری تنفسی، سردرد، و افزایش ریسک ایتلا به سرطان داشته باشد. از نظر زیست‌محیطی نیز این ترکیبات با تأثیر منفی بر کیفیت هوای داخل منازل همراه هستند. در مجموع، این تحقیق بر ضرورت آگاهی‌بخشی در مورد مخاطرات استفاده از شمع‌های معطر و تدوین استانداردهایی برای ترکیبات شیمیایی مجاز در این محصولات تأکید می‌کند.	(۳۸)
آداموویچ و همکاران	2019	شمع‌های معطر به عنوان یک عامل ناشناخته که خطر ایتلا به سرطان مثانه را افزایش می‌دهد. آیا شواهد کافی برای برافراشتن پرچم قرمز وجود دارد؟	این تحقیق بیان می‌کند شمع‌های معطر، به‌ویژه آن‌هایی که از پاراقین یا مواد مصنوعی ساخته شده‌اند، در هنگام سوختن، ترکیباتی مانند بنزن، تولوئن، فرمالدهید و PAHs را آزاد می‌کنند. این مواد به‌عنوان عوامل سرطان‌زا شناخته شده‌اند و می‌توانند از طریق استنشاق وارد بدن شوند، در کبد متابولیزه شده و متابولیت‌های آن‌ها از طریق ادرار دفع شوند. این فرآیند می‌تواند به آسیب DNA در سلول‌های پوششی مثانه منجر شده و خطر ایتلا به سرطان مثانه را افزایش دهد. هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای لیگاندهای گیرنده هیدروکربنی آریل (AhR) هستند که در چرخه سلولی و تمایز نقش دارند که با افزایش فعال سازی AhR سرطان‌زایی افزایش می‌یابد. بنزوپیرن، یک هیدروکربن آروماتیک چندحلقه‌ای جهش‌زا و ژنوتوکسیک است که با سرطان مثانه در محیط‌های شغلی مرتبط است. نویسندگان مقاله تأکید می‌کنند که شمع‌های معطر به‌طور گسترده‌ای در بازار موجود هستند و مقررات کیفی محدودی برای آن‌ها وجود دارد. مواد اولیه نامشخص و نبود استانداردهای کیفی می‌تواند منجر به انتشار ترکیبات شیمیایی خطرناک در محیط‌های داخلی شود. با توجه به این موارد، توصیه می‌شود که پس از استفاده از شمع‌های معطر، فضا به‌خوبی تهویه شود و از شمع‌های با کیفیت بالا و مواد طبیعی استفاده گردد .هم‌چنین، نیاز به تدوین مقررات جدید برای برچسب‌گذاری و بسته‌بندی این محصولات وجود دارد تا مصرف‌کنندگان از خطرات احتمالی آگاه شوند.	(۳۹)
آندرسن و همکاران	2021	انتشار دوده، PAH، ذرات بسیار ریز، NO_x، و سایر ترکیبات مرتبط یا سلامتی ناشی از سوزاندن نخت قشار شمع‌ها در هوای داخلی	این مطالعه آلاینده‌های حاصل از سوزاندن شمع‌ها (دوده، $PM_{2.5}$، PAHs قاز ذره، NO_x، قرمالدئید و PAHs قاز گاز) را تحت شرایط تنش (سرعت نوسانات هوا) بررسی کرد. پژوهش بر پنج نوع شمع ستونی یا ترکیبات متفاوت شامل موم استارین حیوانی، پاراقین خالص، استارین پالم و ترکیب پاراقین‌استارین تمرکز داشت. این شمع‌ها در اتاقک آزمایشگاهی یا تهویه کنترل‌شده و تحت شرایط سوختن استرس‌زا (جریان هوای ناپایدار) مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در چنین شرایطی، میزان انتشار هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs)، به‌ویژه بنزو[a]پیرن (BaP)، به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار معادل بنزو[a]پیرن (BaP eq.)برای شمع‌های ترکیبی پاراقین‌استارین و استارین حیوانی به‌ترتیب ۰/۹۴ و ۰/۹۱ نانوگرم در ساعت بود. روش‌های پیشرفته‌ای مانند طیف‌سنج جرمی آئروسل (SP-AMS)و طیف‌سنج تحرک‌پذیری نانوذرات (SMPS)برای اندازه‌گیری ترکیبات منتشرشده به‌کار رفتند. هم‌چنین مشخص شد که ترکیب موم و نوع فتیله تأثیر عمده‌ای بر میزان تولید دوده و ذرات معلق ($PM_{2.5}$) دارد، در حالی‌که انتشار NO_x و PAHs گازی تحت‌تأثیر قرار نمی‌گیرد. این آلاینده‌ها، به‌ویژه ذرات فوق‌ریز (UFPs)وPAHs، به‌دلیل توانایی نفوذ عمیق در سیستم تنفسی و خواص سرطان‌زایی‌شان، تهدیدی جدی برای سلامت انسان محسوب می‌شوند. در نهایت، نویسندگان توصیه می‌کنند که برای کاهش مواجهه با این آلاینده‌ها، از سوزاندن شمع در شرایطی با تهویه ضعیف یا جریان هوای ناپایدار پرهیز شود و از شمع‌هایی	(۴۰)

		یا ترکیبات بهداشتی‌تر و کم‌دود استفاده گردد. این یافته‌ها بر اهمیت توجه به ترکیب شمع و شرایط سوختن آن در کاهش آلودگی هوای داخل خانه تأکید دارند.	
زالت‌هامر و همکاران	2021	اندازه‌گیری و ارزیابی انتشار گازها و ذرات ناشی از سوزاندن شمع‌های معطر و بدون عطر	این مطالعه به بررسی میزان انتشار گازها و ذرات مختلف از شمع‌ها یا رایحه‌ها و سوخت‌های مختلف در شرایط کنترل‌شده پرداخت. این پژوهش در یک اتاقک فولادی به حجم ۸ متر مکعب و تحت شرایط کنترل‌شده اقلیمی انجام شد. در مجموع، ۲۴ آزمایش شامل ۲۰ شمع معطر و ۴ شمع بدون عطر یا ترکیبات مختلف موم (چهار نوع) و اسانس (پنج نوع) مورد بررسی قرار گرفتند. انتشار شامل گازهای احتراق (CO، CO_2، NO_x)، ترکیبات آلی (فرمالدئید، بنزن، PAHs)، $PM_{2.5}$ و ذرات بسیار ریز بود. داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری پارامتریک و ناپارامتریک و هم‌چنین تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی انجام شد و یا مقادیر راهنمای داخلی مقایسه شد. در حالی‌که بیشتر غلظت‌های محاسبه‌شده در داخل خانه کمتر از دستورالعمل‌ها بودند، برخی استنتاج‌ها برای دی‌اکسیدنیتروژن، آکرولئین و بنزو[a]پیرن ذکر شد. به‌طور کلی، شمع‌های بدون عطر کمترین مقدار انتشار آلاینده‌های خطرناک را دارا بودند. این مطالعه نشان می‌دهد که سوختن شمع‌ها، به‌ویژه شمع‌های معطر، می‌تواند منجر به انتشار ترکیبات مضر برای سلامت انسان شود. بنابراین، توصیه می‌شود در استفاده از شمع‌ها، به ترکیب مواد اولیه آن‌ها توجه شود و از سوختن شمع‌ها در محیط‌های با تهویه نامناسب پرهیز گردد.	(۲۸)
لورسن و همکاران	2023	نشانگرهای زیستی راه هوایی و سیستمیک اثرات سلامتی پس از قرار گرفتن کوتاه مدت در معرض ذرات بسیار ریز داخلی ناشی از پخت‌وپز و شمع – یک مطالعه‌ی تصادفی کنترل‌شده دوسوکور متقاطع در میان افراد میتلا به آسم خفیف	در این مطالعه محققان بررسی کردند که آیا قرار گرفتن کوتاه مدت در معرض انتشارات ناشی از پخت‌وپز و سوزاندن شمع باعث تغییرات التهابی در افراد جوان (غیر سیگاری) میتلا به آسم خفیف می‌شود یا خیر. در این مطالعه، شمع‌های معطر به عنوان منبع تولید ذرات فوق‌ریز (ultrafine particles) مورد بررسی قرار گرفتند. آنالیز PAHs معمولاً با استفاده از کروماتوگرافی گازی همراه با طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) انجام شد که امکان شناسایی و تعیین غلظت دقیق PAHs را فراهم می‌آورد. هم‌چنین، اندازه‌گیری ذرات فوق‌ریز با دستگاه‌های پیشرفته شمارش و تعیین توزیع اندازه ذرات انجام شد. محدوده کل PAHs برای سه سناریو مختلف در معرض هوای پاک، پخت‌وپز و سوزاندن شمع مشخص شد. شمع‌ها دارای میزان متغیری از PAH بودند که بیشتر در فاز گازی شناسایی شدند. هم پخت‌وپز و هم انتشار شمع تاثیر کمی بر راه‌های هوایی کوچک ازجمله پیامدهای اولیه SP-A و آلیومین داشتند. بنابراین، نتایج نشان داد که قرارگیری کوتاه‌مدت در معرض این ذرات باعث افزایش نشانگرهای التهابی و استرس اکسیداتیو در مجاری هوایی و خون شده و می‌تواند تشدید علائم آسم و مشکلات تنفسی را به‌دنبال داشته باشد. علاوه بر این، PAHs به‌عنوان ترکیبات سرطان‌زا و سمی شناخته شده‌اند که خطرات جدی برای سلامت انسان و محیط زیست ایجاد می‌کنند. این یافته‌ها اهمیت توجه به شمع‌های معطر به‌عنوان منبع قابل توجه آلودگی هوای داخل‌خانه و نقش آن‌ها در تولید PAHs را در مدیریت سلامت تنفسی و محیط زیستی برجسته می‌سازد.	(۲۰)
ال‌خطلان و همکاران	2023	میزان مواجهه با شمع‌های معطر و شیوع علائم تنفسی و غیر تنفسی در بین دانشجویان جوان	این مطالعه به بررسی شیوع استفاده از شمع معطر و اثرات آن بر سلامتی در بین دانشجویان دانشگاه‌های عربستان صعودی پرداخت. با استفاده از نمونه‌برداری هوای داخل‌خانه و آنالیز کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی، غلظت قابل توجهی از PAHs چندحلقه‌ای مانند بنزو[a]پیرن، فلورانتن و آنتراسن در محیط‌هایی که شمع معطر روشن شده بود، اندازه‌گیری شد. قرارگیری مکرر در معرض این ترکیبات و ذرات فوق‌ریز ناشی از سوختن شمع‌های معطر با افزایش شیوع علائم تنفسی شامل سرفه، تنگی نفس و تحریک مخاط بینی و گلو و همچنین علائم غیرتنفسی مانند سردرد و تحریک چشم همراه بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که PAHs و ذرات معلق ناشی از شمع‌های معطر می‌توانند موجب التهاب دستگاه تنفسی و افزایش ریسک بیماری‌های مزمن شوند. علاوه بر این، انتشار PAHs و ذرات فوق‌ریز از شمع‌های معطر به آلودگی هوای داخل‌خانه و محیط زیست کمک می‌کند و به‌دلیل پایداری و قابلیت تجمع زیستی این ترکیبات، اثرات بلندمدتی بر سلامت انسان و اکوسیستم‌ها دارد. این نتایج اهمیت توجه به شمع‌های معطر به‌عنوان منبع قابل توجه تولید PAHs و ذرات معلق را در مدیریت سلامت تنفسی و محیط زیستی برجسته می‌سازد.	(۳۳)

بحث

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که شمع‌های معطر که به‌طور گسترده در منازل، مراسمات مذهبی و فرهنگی، مراکز سلامتی و سایر محیط‌های داخلی استفاده می‌شوند (۲۵, ۲۶)، می‌توانند آلاینده‌های مضر مختلفی ازجمله ترکیبات آلی فرار[۱]، ذرات معلق[۲]، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای[۳]، اکسیدهای نیتروژن[۴] و دی‌اکسیدگوگرد[۵] را آزاد کنند (۲۸, ۳۷). برخی از این آلاینده‌ها مانند هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای و ترکیبات آلی فرار می‌توانند اثرات نامطلوبی بر سلامتی داشته باشند که می‌توان به مواردی ازجمله علائم تنفسی، آلرژی، آسم و در درازمدت و مواجهه‌ی مکرر سرطان اشاره کرد (۳۲). مقدار و نوع آلاینده‌های آزاد شده بسته به ترکیب شمع و شرایطی که در آن سوزانده می‌شود می‌تواند متفاوت باشد.

بررسی دقیق‌تر مطالعات منتخب نشان می‌دهد که نوع ماده اولیه شمع، وجود یا عدم وجود رنگدانه‌ها و اسانس‌های شیمیایی، نوع فتیله و شرایط تهویه محیط، همگی نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان و نوع آلاینده‌های منتشرشده دارند. شمع‌های پارافینی نسبت به انواع طبیعی مانند موم زنبورعسل یا سویا، آلاینده‌های بیشتری ازجمله هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای و ترکیبات آلی فرار و ذرات معلق ($PM_{2.5}$ و PM_{10}) تولید می‌کنند. نتایج برخی مطالعات نشان داده است که شمع‌های معطر پارافینی می‌توانند غلظت قابل توجهی از ترکیبات سرطان‌زای هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای مانند بنزو[a]پیرن، نفتالین و آنتراسن را در هوای محیط آزاد کنند که در برخی موارد، این غلظت‌ها به حد آستانه یا حتی بالاتر از حدود مجاز سازمان بهداشت جهانی می‌رسد. هم‌چنین، افزودنی‌هایی مانند رنگدانه‌ها و اسانس‌های مصنوعی می‌توانند میزان انتشار ترکیبات سمی مانند بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن (BTEX) و فرمالدئید را افزایش دهند (۳۴).

مطالعات آزمایشگاهی نشان داده‌اند که حتی در شرایط شدید (مانند سوختن هم‌زمان چند شمع در فضای بسته)، غلظت آلاینده‌ها معمولاً پایین‌تر از حدود مجاز محیط‌های کاری است، اما استفاده مکرر و طولانی‌مدت، به‌ویژه در فضاهای بسته و بدون تهویه، می‌تواند منجر به تجمع تدریجی ترکیبات مضر و افزایش خطرات بهداشتی شود. مواجهه‌ی کوتاه‌مدت با دود شمع‌های معطر معمولاً خطر فوری جدی ایجاد نمی‌کند، اما مواجهه مزمن با آلاینده‌هایی مانند هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای و ترکیبات آلی فرار می‌تواند موجب تحریک چشم و گلو، سردرد، مشکلات تنفسی و در نهایت افزایش ریسک بیماری‌های مزمن و سرطان شود. هم‌چنین، ذرات معلق ریز ($PM_{2.5}$) آزادشده از شمع‌ها به‌دلیل قابلیت نفوذ به عمق ریه‌ها، می‌توانند موجب التهاب و مشکلات تنفسی گردند.

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که شمع‌های معطر، به‌ویژه انواع ساخته‌شده از پارافین و دارای اسانس‌های مصنوعی و رنگدانه، سطوح بالاتری از آلاینده‌های خاص مانند فرمالدئید، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای و ترکیبات آلی فرار را در مقایسه با شمع‌های بدون عطر یا شمع‌های طبیعی آزاد می‌کنند. بنابراین انتخاب شمع‌های ساخته‌شده از مواد پاک‌تر مانند موم زنبورعسل یا سویا و استفاده از عطرهای طبیعی به‌جای عطرهای مصنوعی، ممکن است به کاهش انتشار آلاینده‌های مضر کمک کند.

با بررسی پیشینه تحقیقات انجام شده، چندین شکاف مطالعاتی نیز شناسایی شد؛ ازجمله این‌که اکثر مطالعات در محیط‌های آزمایشگاهی انجام شده‌اند و نیاز به مطالعات دنیای واقعی برای ارزیابی اثرات سلامتی شمع‌های معطر در خانه‌ها و سایر محیط‌های داخلی وجود دارد. هم‌چنین، تحقیقات بیشتری در مورد اثرات درازمدت استفاده از شمع‌های معطر بر سلامت، به‌ویژه در جمعیت‌های آسیب‌پذیر مانند کودکان، سالمندان و افراد با بیماری‌های زمینه‌ای مورد نیاز است.

نتیجه‌گیری

در مجموع، این مطالعه اهمیت ارزیابی و کاهش خطرات سلامتی مرتبط با استفاده از شمع‌های معطر را برجسته می‌کند. به‌منظور کاهش قرار گرفتن در معرض آلاینده‌های شمع‌های معطر، استفاده از منابع نور جایگزین، انتخاب شمع‌های ساخته‌شده از موم‌های طبیعی و عطرهای طبیعی، محدودکردن زمان سوختن شمع‌ها، اطمینان از تهویه‌ی مناسب و استفاده از شمع‌هایی با فتیله‌های کوتاه‌تر توصیه می‌شود. اگرچه شمع‌ها می‌توانند فضای دلپذیری ایجاد کنند، مهم است که افراد از آلاینده‌های بالقوه آزادشده از این محصولات آگاه باشند و در مورد استفاده از آن‌ها تصمیم آگاهانه بگیرند. هم‌چنین، توسعه و ترویج جایگزین‌های پاک‌تر،

[1] VOCs
[2] PM
[3] PAHs
[4] NOx
[5] SO2

تدوین استانداردهای سخت‌گیرانه‌تر برای تولید شمع‌های معطر و انجام مطالعات میدانی بیشتر برای ارزیابی اثرات بلندمدت این محصولات بر سلامت انسان و محیط زیست ضروری است. توجه به این راهکارها می‌تواند در کاهش مواجهه با آلاینده‌های خطرناک و ارتقای سلامت عمومی نقش مؤثری ایفا کند.

تشکر و قدردانی: از تمامی اساتید دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران که در انجام این پژوهش بنده را یاری نموده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

تعارض منافع: این مقاله هیچ‌گونه تضاد منافعی ندارد.

حمایت مالی: این مقاله مروری بوده و به این علت که به‌عنوان طرح ثبت نشده است، حاوی حمایت‌های مالی نمی‌باشد.

ملاحظات اخلاقی: تمامی ملاحظات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی در این طرح رعایت شده است. این مقاله با توجه به این‌که به‌صورت مروری نظام‌مند بوده است، به‌عنوان طرح تحقیقاتی ثبت نشده است و دارای کداخلاق نمی‌باشد.

سهم نویسندگان: کیمیا اسکندری به‌عنوان نویسنده اول و نویسنده مسئول که به‌عنوان دانشجوی کارشناسی ارشد ایده‌پرداز این موضوع و نویسنده اصلی مقاله بوده و بیش از نیمی از جستجو در پایگاه‌های داده را انجام داده‌اند. پریسا صدیق‌آرا به‌عنوان نویسنده دوم که از اساتید بهداشت محیط هستند و مشاوره‌های تخصصی در این مطالعه را انجام داده‌اند و نویسنده بخشی از مقاله بوده‌اند. سعید عاقبت به‌خیر به‌عنوان نویسنده سوم که از دانشجویان دکتری سم‌شناسی هستند و با توجه به تخصص خود، نویسنده بخشی از مقاله بوده‌اند و بخشی از جستجو در پایگاه‌های داده را انجام داده‌اند و راهنمایی‌هایی در رابطه با نگارش مقاله به‌صورت آکادمیک انجام داده‌اند.

References

1. Keyte IJ, Harrison RM, Lammel G. Chemical reactivity and long-range transport potential of polycyclic aromatic hydrocarbons-a review. Chemical Society Reviews. 2013;42 (24):9333-91. https://doi.org/10.1039/c3cs60147a PMid:24077263

2. WHO. Polynuclear Aromatic Hydrocarbons in Drinking Water. Background Document for the Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO/SDE/WSH/03.04/59. World Health Organization Geneva, Switzerland; 2003.

3. Zhang Y, Tao S. Global atmospheric emission inventory of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) for 2004. Atmospheric environment. 2009;43 (4):812-9. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.10.050

4. Buckley TJ, Lioy PJ. An examination of the time course from human dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons to urinary elimination of 1-hydroxypyrene. British journal of industrial medicine. 1992;49 (2):113. https://doi.org/10.1136/oem.49.2.113 PMid:1536818 PMCid:PMC1012075

5. Buckley TJ, Waldman JM, Dhara R, Greenberg A, Ouyang Z, Lioy PJ. An assessment of a urinary biomarker for total human environmental exposure to benzo [a] pyrene. International archives of occupational and environmental health. 1995;67:257-66. https://doi.org/10.1007/BF00409408 PMid:7591187

6. Jongeneelen F, van Leeuwen FE, Oosterink S, Anzion R, Van der Loop F, Bos R, et al. Ambient and biological monitoring of cokeoven workers: determinants of the internal dose of polycyclic aromatic hydrocarbons. British journal of industrial medicine. 1990;47 (7):454. https://doi.org/10.1136/oem.47.7.454 PMid:2383514 PMCid:PMC1035206

7. Brzeźnicki S, Jakubowski M, Czerski B. Elimination of 1-hydroxypyrene after human volunteer exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. International archives of occupational and environmental health. 1997;70:257-60. https://doi.org/10.1007/s004200050216 PMid:9342626

8. Aquilina NJ, Delgado-Saborit JM, Meddings C, Baker S, Harrison RM, Jacob III P, et al. Environmental and biological monitoring of exposures to PAHs and ETS in the general population. Environment international. 2010;36 (7):763-71.

https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.05.015 PMid:20591483 PMCid:PMC3148021
9. Rengarajan T, Rajendran P, Nandakumar N, Lokeshkumar B, Rajendran P, Nishigaki I. Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons with special focus on cancer. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2015;5 (3):182-9. https://doi.org/10.1016/S2221-1691(15)30003-4
10. U.S. Environmental Protection Agency. Human health risk assessment. 2022; [Online] Available at: https://www.epa.gov/risk/human-health-risk-assessment. Accessed April 26, 2023.
11. European Commission. Air quality. Available at: https://environment.ec.europa.eu/topics/air_en .
12. Boström C-E, Gerde P, Hanberg A, Jernström B, Johansson C, Kyrklund T, et al. Cancer risk assessment, indicators, and guidelines for polycyclic aromatic hydrocarbons in the ambient air. Environmental health perspectives. 2002;110 (suppl 3):451-88. https://doi.org/10.1289/ehp.110-1241197 PMid:12060843 PMCid:PMC1241197
13. Cancer IAfRo. Polynuclear aromatic compounds, part 1. Chemical, environmental and experimental data. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. 1983;32:419-30.
14. Yan J, Wang L, Fu PP, Yu H. Photomutagenicity of 16 polycyclic aromatic hydrocarbons from the US EPA priority pollutant list. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis. 2004;557 (1):99-108. https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2003.10.004 PMid:14706522 PMCid:PMC2713671
15. Commission E. Priority substances and certain other pollutants according to Annex II of Directive 2008/105/EC. 2015.
16. Vo L-HT, Yoneda M, Nghiem T-D, Sekiguchi K, Fujitani Y, Vu DN, et al. Characterisation of polycyclic aromatic hydrocarbons associated with indoor PM0. 1 and PM2. 5 in Hanoi and implications for health risks. Environmental Pollution. 2024;343:123138. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.123138 PMid:38097160
17. Drwal E, Rak A, Gregoraszczuk EL. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)-Action on placental function and health risks in future life of newborns. Toxicology. 2019;411:133-42. https://doi.org/10.1016/j.tox.2018.10.003 PMid:30321648
18. Låg M, Øvrevik J, Refsnes M, Holme JA. Potential role of polycyclic aromatic hydrocarbons in air pollution-induced non-malignant respiratory diseases. Respiratory research. 2020;21 (1):1-22. https://doi.org/10.1186/s12931-020-01563-1 PMid:33187512 PMCid:PMC7666487
19. Klepeis NE, Nelson WC, Ott WR, Robinson JP, Tsang AM, Switzer P, et al. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology. 2001;11 (3):231-52. https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500165 PMid:11477521
20. Laursen KR, Christensen NV, Mulder FA, Schullehner J, Hoffmann HJ, Jensen A, et al. Airway and systemic biomarkers of health effects after short-term exposure to indoor ultrafine particles from cooking and candles-A randomized controlled double-blind crossover study among mild asthmatic subjects. Particle and Fibre Toxicology. 2023;20 (1):26. https://doi.org/10.1186/s12989-023-00537-7 PMid:37430267 PMCid:PMC10332087
21. Orecchio S. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in indoor emission from decorative candles. Atmospheric Environment. 2011;45 (10):1888-95. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.12.024
22. Derudi M, Gelosa S, Sliepcevich A, Cattaneo A, Rota R, Cavallo D, et al. Emissions of air pollutants from scented candles burning in a test chamber. Atmospheric Environment. 2012;55:257-62. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.03.027
23. Petry T, Vitale D, Joachim FJ, Smith B, Cruse L, Mascarenhas R, et al. Human health risk evaluation of selected VOC, SVOC and

particulate emissions from scented candles. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2014;69 (1):55-70. https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2014.02.010 PMid:24582651
24. Lee S, Wang B. Characteristics of emissions of air pollutants from mosquito coils and candles burning in a large environmental chamber. Atmospheric Environment. 2006;40 (12):2128-38. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.11.047
25. Global Scented Candles Market Size S, Growth Analysis, By Product Type (Containers, Pillars), By Distribution Channel (online, offline), By Raw Material (Wax, Liquid Dyes) - Industry Forecast 2023-2030. https://www.skyquestt.com/report/scented-candles-markewebt (accessed 2023-09-25).
26. Bagheri-Nesami M, Espahbodi F, Nikkhah A, Shorofi SA, Charati JY. The effects of lavender aromatherapy on pain following needle insertion into a fistula in hemodialysis patients. Complementary therapies in clinical practice. 2014;20 (1):1-4. (Persian) https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2013.11.005 PMid:24439636
27. Olszowski T, Kłos A. The impact of candle burning during All Saints' Day ceremonies on ambient alkyl-substituted benzene concentrations. Bulletin of environmental contamination and toxicology. 2013;91:588-94. https://doi.org/10.1007/s00128-013-1104-6 PMid:24052143 PMCid:PMC3824304
28. Salthammer T, Gu J, Wientzek S, Harrington R, Thomann S. Measurement and evaluation of gaseous and particulate emissions from burning scented and unscented candles. Environment International. 2021;155:106590. https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106590 PMid:33964641
29. Steinemann A. Volatile emissions from common consumer products. Air Quality, Atmosphere & Health. 2015;8:273-81. https://doi.org/10.1007/s11869-015-0327-6
30. Sundblad D. Indoor air quality-The truth about scented candles.
31. Brans R. Candle makers. Kanerva's Occupational Dermatology. 2020:1789-92. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68617-2_131
32. Duque A, Ferreira A, Figueiredo J, Arezes P, Baptista J, Barroso M, et al. The air fresheners influence on the quality of the air-cross-sectional study. Occupational Safety and Hygiene IV: CRC Press; 2016. p. 399-404. https://doi.org/10.1201/b21172-76
33. Al Khathlan N, Basuwaidan M, Al Yami S, Al-Saif F, Al-Fareed S, Ansari K. Extent of exposure to scented candles and prevalence of respiratory and non-respiratory symptoms amongst young university students. BMC Public Health. 2023;23 (1):1-8. https://doi.org/10.1186/s12889-023-15001-6 PMid:36631840 PMCid:PMC9832800
34. Lau C, Fiedler H, Hutzinger O, Schwind K-H, Hosseinpour J. Levels of selected organic compounds in materials for candle production and human exposure to candle emissions. Chemosphere. 1997;34 (5-7):1623-30. https://doi.org/10.1016/S0045-6535(97)00458-X PMid:9134692
35. Gelosa S, Derudi M, Sliepcevich A, Gelosa D, Nano G, Rota R, editors. Characterization of pollutants emissions from burning candles. 30th Meeting of the Italian Section of the Combustion Institute Ischia, Italy; 2007.
36. Manoukian A, Quivet E, Temime-Roussel B, Nicolas M, Maupetit F, Wortham H. Emission characteristics of air pollutants from incense and candle burning in indoor atmospheres. Environmental Science and Pollution Research. 2013;20:4659-70. https://doi.org/10.1007/s11356-012-1394-y PMid:23288671
37. Derudi M, Gelosa S, Sliepcevich A, Cattaneo A, Cavallo D, Rota R, et al. Emission of air pollutants from burning candles with different composition in indoor environments. Environmental Science and Pollution Research. 2014;21:4320-30. https://doi.org/10.1007/s11356-013-2394-2 PMid:24318837
38. Ahn J-H, Kim K-H, Kim Y-H, Kim B-W. Characterization of hazardous and odorous volatiles emitted from scented candles before

lighting and when lit. Journal of hazardous materials. 2015;286:242-51. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.12.040 PMid:25588193

39. Adamowicz J, Juszczak K, Poletajew S, Van Breda SV, Pokrywczynska M, Drewa T. Scented candles as an unrecognized factor that increases the risk of bladder cancer; is there enough evidence to raise a red flag? Cancer Prevention Research. 2019;12 (10):645-52. https://doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-19-0093 PMid:31399420

40. Andersen C, Omelekhina Y, Rasmussen BB, Nygaard Bennekov M, Skov SN, Køcks M, et al. Emissions of soot, PAHs, ultrafine particles, NOx, and other health relevant compounds from stressed burning of candles in indoor air. Indoor air. 2021;31 (6):2033-48. https://doi.org/10.1111/ina.12909 PMid:34297865