

# 家庭烹饪产生PM<sub>2.5</sub>防护指南

赵月靖 赵彬

清华大学建筑学院建筑技术科学系,北京 100084

通信作者:赵彬, Email:binzhao@tsinghua.edu.cn

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.02.026

## 第一部分 烹饪与PM<sub>2.5</sub>

### 一、什么是PM<sub>2.5</sub>?

PM是英文Particulate Matter(颗粒物)的首字母缩写,是大量悬浮在空气中的各种固体颗粒和液体微粒混合物的总称,其尺寸大小范围为几个纳米到几十微米,具有广泛的化学和物理多样性。根据颗粒物的大小对其进行分类,PM<sub>2.5</sub>定义为空气动力学直径 $<2.5\ \mu\text{m}$ 的颗粒物,由于直径小,可深入到细支气管和肺泡,因此也叫细颗粒物、可入肺颗粒物。PM<sub>2.5</sub>粒径小,面积大,活性强,易附带有毒、有害物质(如重金属、多环芳烃等),对人体健康影响大。

### 二、当心! 烹饪正成为住宅内PM<sub>2.5</sub>的主要来源

现代人有68%以上的时间是在住宅室内度过的,许多室内活动会带来严重的室内污染,尤其是在近年来室外PM<sub>2.5</sub>浓度正逐年降低的情况下,室内PM<sub>2.5</sub>污染源对室内空气品质的影响就更为突出。在中国,烹饪、吸烟是居住环境颗粒物主要的室内来源,其中烹饪在室内源的贡献当中甚至会占到 $>70\%$ <sup>[1]</sup>。

大多数吸烟者在室内吸烟时会有意识地采取防护措施,比如去窗边或者开着排风扇去厕所抽,来减少对室内环境的污染;另外,为健康选择戒烟的人也不在少数。然而自古以来民以食为天,无论民族、年龄、财富和饮食文化的偏好如何不同,居民对烹饪相关颗粒物的暴露风险都是普遍存在的,因为烹饪是日常生活的一个重要组成部分,毕竟烟可以戒,饭却不能不吃。由此看来,烹饪已不可避免地成为我国住宅内PM<sub>2.5</sub>的主要来源。

### 三、油烟 vs. PM<sub>2.5</sub>

那么,烹饪为什么会产生PM<sub>2.5</sub>呢? 烹饪时产生的颗粒物来源包括燃料的不完全燃烧以及油烟,对于使用燃气而非燃煤烹饪的城市居民来说,颗粒物主要还是来自于油烟。烹饪时涉及到大量的化学反应,尤其是传统的中式烹饪会更多地使用炒、煎、炸的方式,在这种对食物和油进行高温处理的过程中,食材中的很多有机成分在高温下会热分解生成大量细颗粒物和有害气体;同时,食品中所含水分急剧汽化膨胀并部分冷凝成雾,与食用油的挥发物一起形成油烟雾。这些物理化学过程所产生的油烟中,包括了一些对人体健康有潜在不利影响的化合物,如多环芳烃(PAHs)、杂环胺类、不饱和醛类等有机成分,以及有致癌效应的重金属铬(Cr)、镉(Cd)、

钴(Co)、砷(As)、镍(Ni)等无机成分,并附着在PM<sub>2.5</sub>上<sup>[2]</sup>。

### 四、做饭=慢性自杀?

烹饪时所产生的PM<sub>2.5</sub>主要通过呼吸暴露、皮肤暴露等进入人体内,可能对人体的健康产生极为不利的影响。烹饪时段厨房内的PM<sub>2.5</sub>平均浓度会升高几十甚至几百倍,可达几百甚至几千 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (浓度在 $>250\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 为严重污染)<sup>[3-4]</sup>。在这样高浓度的环境下,不论是短期暴露还是长期暴露,都会引起人体呼吸系统、心血管系统相关的功能受损。另外,烹饪时产生的多环芳烃、重金属等会附着在颗粒物表面,搭着PM<sub>2.5</sub>这个“顺风车”进入人体内,可能导致DNA氧化损伤,使肺癌的患病风险大大增加<sup>[5]</sup>。在中国,不吸烟的家庭主妇成为肺癌的高发人群,这可能也与烹饪时产生的PM<sub>2.5</sub>有关<sup>[6-7]</sup>。

## 第二部分 烹饪小贴士

### 一、煤改气,健康又环保

目前,中国城市居民的气化率在40%左右,预计2020年将提升至 $>50\%$ <sup>[8]</sup>。与固体燃料相比,使用清洁的燃气(天然气、液化石油气、人工煤气等)进行烹饪,会使PM<sub>2.5</sub>的排放减少一到两个数量级<sup>[9]</sup>。因此,对于家庭烹饪来说,用燃气灶或者电磁炉等灶具会是更健康的选择。

### 二、炒煎炸 or 蒸和煮?

由于省时、美味,炒菜成为绝大部分家庭日常烹饪时的首选,可以说是出镜率最高的一类菜式。然而,相比于蒸、煮这类以水为媒介的烹饪方式,使用炒、煎、炸等过油、过火的烹饪手段会导致厨房内产生更高浓度的PM<sub>2.5</sub>,尤其是炒和煎,在相同时间内散发的PM<sub>2.5</sub>质量为蒸和煮的40倍以上<sup>[3]</sup>。建议在家庭烹饪时多考虑选择蒸、煮一类更“温和”的烹饪方式。

### 三、“大锅菜”,真香!

除了灶具和烹饪方式以外,食材的份量也会对烹饪时PM<sub>2.5</sub>的散发产生影响。虽然理论上锅菜加的东西越多,产生的PM<sub>2.5</sub>可能也越多,但实际情况确不尽然。一锅做5人份的菜和做1人份的相比,可以使PM<sub>2.5</sub>的散发减少 $>80\%$ <sup>[3]</sup>。其实份量越小,食材与锅的接触面积越小,油烟的散发受阻就越小,时间短、浓度高,故而会导致高强度的散发。反之,炒一锅菜时所用的食材越多,越能够“铺满”整个锅底,这就好比给炒锅盖上了一顶“盖子”,反而会阻碍油烟从锅底向上

散发的过程,从而减轻对厨房空气质量的恶化。这样看来,在炒、煎、炸的时候,尽量把小份菜做成“大锅菜”,不仅使食材更加营养丰富,还有利于减少厨房油烟。

#### 四、不好!你的锅冒烟啦

我国一些居民在炒菜时可能会等到油开始明显冒烟才放入,这时油温实际上已经超过油的烟点,会达到 200 °C 以上,产生的油烟中含有多种包括致癌物质在内的有害物质,如一些多环芳烃类(PAHs)的有机物等,会附着在 PM<sub>2.5</sub>上随呼吸进入人体并沉积在呼吸道。在这个过程中散发的 PAHs 甚至相当于 25~70 支烟<sup>[10]</sup>,与将油温控制在烟点以下相比,相同时间内散发的 PM<sub>2.5</sub>质量会多出 300 多倍<sup>[3,11]</sup>!推荐的做菜油温应该是“五、六成热”,即将油倒进锅后,待油面波动加剧,尚未产生油烟(此时油温在 130 °C~170 °C 左右)时加入菜。

#### 五、橄榄油真的好吗?

橄榄油由于其保留了天然营养成分,被认为是一种非常适合人体营养的油脂,在西方被誉为“液体黄金”,近年来也越来越受中国居民的青睐。但有关研究却发现,在油温被加热到烟点以上的过程中,橄榄油是常用的几种烹调油中单位时间内散发 PM<sub>2.5</sub>质量最多的<sup>[11-12]</sup>。为了更好地保留橄榄油中的营养成分,并且尽量减少厨房油烟的生成,建议将其用作凉拌时而非炒菜时的烹调油,类似的还有烟点较低的大豆油、亚麻油等。当然,也不必过多纠结于选用哪种烹调油,因为在较低的油温(低于油的烟点)下炒菜时,烹调油的种类对 PM<sub>2.5</sub>的散发并没有太显著的影响<sup>[13]</sup>。但如果习惯于高温炒菜或是无法准确判断油温,建议在热炒时还是尽量使用烟点高的油,如菜籽油、花生油、葵花籽油等,因为其在高温下比较稳定,不易产生有害物质。

### 第三部分 烹饪防护自救指南

只要有人炒菜,厨房内 PM<sub>2.5</sub>的散发就不可避免,这时候就需要我们采取一系列的防护措施来保卫健康。

#### 一、抽油烟机怎么选?

抽油烟机可以说是厨房内排污最为强有力的手段,对于一些开放式厨房来说,抽油烟机的选择就更为重要。市面上抽油烟机种类琳琅满目,目前主流的两类抽油烟机为侧吸式和顶吸式。一般来说,两种抽油烟机在相同的风量下排污效果差别不大,侧吸式抽油烟机安装的位置往往会更靠近炉灶,因此会更有利于及时排出油烟。理论上讲,家用抽油烟机的风量越大,高度越靠近炉灶,水平位置相对于炉灶更靠前(能更好地覆盖 PM<sub>2.5</sub>散发源以及及时排污),对油烟散发的控制效果会越好<sup>[14]</sup>。对非开放式厨房,抽油烟机工作状态下的风量(m<sup>3</sup>/h)要保证在厨房体积(m<sup>3</sup>)的 30~50 倍以上较为合适<sup>[3]</sup>,而开放式的厨房则需要更大的风量。另外,如果觉得家里抽油烟机的排污情况不太理想,在条件允许时可以考虑给抽油烟机加装侧挡板,挡板的高度尺寸在不影响炒菜的前提下越大越好,方形挡板的效果可能优于三角形挡板<sup>[15]</sup>。

#### 二、抽油烟机不够,口罩来凑

在进行爆炒等烹饪活动时,如果家里安装的抽油烟机排烟效率较低,厨房内做饭的人有可能暴露在 PM<sub>2.5</sub>浓度高达几百甚至上千 μg/m<sup>3</sup>的环境中<sup>[3,16]</sup>,这种情况下就有必要戴上防护口罩了。可能有的人会觉得佩戴口罩做饭不太舒服,但是想想大家在室外雾霾严重时(浓度 > 250 μg/m<sup>3</sup>)都会选择戴口罩,对比之下,在厨房内做饭的时间也就不显得那么难以忍耐了。常见的 N95、KN95 等型号的口罩一般是用于非油性颗粒物的防护,而对于厨房油烟中的油性 PM<sub>2.5</sub>则最好选择 KP95 型的口罩。KN95 型号的防护口罩对 PM<sub>2.5</sub>的实测过滤效率能达到接近 90%<sup>[17]</sup>,KP95 的效率会更高,能有效阻碍油烟中的 PM<sub>2.5</sub>通过呼吸进入体内。

#### 三、关门 or 开门?

对于非开放式的厨房,烹饪时保证空气的流通十分重要<sup>[6,18]</sup>。开抽油烟机实际上就是强制通风的一种方式。另外,打开厨房的门也能一定程度改善通风情况。在抽油烟机开启的情况下,与厨房门关闭时相比,开门会使 PM<sub>2.5</sub>浓度降低约 10%左右<sup>[17]</sup>。而对开放式厨房,建议在烹饪过程中一直开启抽油烟机,并置于最高风量档位,必要时也可以选择开窗。

1. 巧用抽油烟机很重要:做饭的过程中,如果抽油烟机一直开启,一般来说油烟不容易扩散到相邻的房间,前提是抽油烟机的风量足够,而对于开放式厨房,烹饪区域与周围的空间没有专门的隔断缓冲,抽油烟机的选择格外重要。实际上,很多时候油烟的扩散反而发生在烹饪结束之后,因为有很多人习惯在停火后立即关闭抽油烟机,这时厨房内残余的油烟颗粒物不能通过油烟机及时排出而弥散到相邻区域。建议在烹饪结束后继续开启抽油烟机 5~15 min<sup>[19]</sup>,对非开放式厨房,烹饪后厨房的门也应该及时关闭,防止油烟飘到邻室。

2. “挡烟垂壁”来帮忙:对开放式厨房,即使安装了效率高的抽油烟机,油烟还是非常容易直接影响到相邻的客厅。厨房内由于有炊事热源的存在,含有 PM<sub>2.5</sub>的油烟在受热空气的影响下向上运动,往往会从天花板附近向周围扩散,因此可以考虑在吊顶上加装约 80 cm 的“挡烟垂壁”来进行隔断,对防油烟有一定的效果。不过对非开放式厨房,门上方的墙体已经起到了类似的作用,加装“挡烟垂壁”的意义不大。

#### 3. 空气净化器——最后的底线

使用抽油烟机时,由于短时间内大量的室内空气被排出,相应地也会有大量补风进入室内。对于大部分没有装机械新风系统的家庭来说,如果室外空气质量较差,这部分来自室外的补风可能会导致室内 PM<sub>2.5</sub>的浓度增加。不仅如此,在烹饪时可能仍然有一些未能及时排出的油烟成为“漏网之鱼”扩散到客厅等相邻房间。在客厅空气质量明显恶化的情况下,可以配合使用空气净化器来保障室内人员的健康。根据国际标准,净化器的洁净空气风量(m<sup>3</sup>/h)值在房间体积(m<sup>3</sup>)的 5 倍以上一般就足够了。最好将净化器放置

在远离烹饪源的地方,防止高浓度的油烟对净化器的损耗,同时净化器宜尽量靠近人员活动区域,保证净化器使用效果。另外,使用时注意及时更换过滤及吸附材料。

## 结 语

《史记》中曾经讲到“王者以民人为天,而民人以食为天。”衣食住行在我们每个人的生活中都不可或缺,烹饪涉及到千家万户的健康和幸福,对于国民的重要性不言而喻。希望这份指南建议能帮助大家科学烹饪,远离油烟,健康饮食。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

**志谢** 本文由国家科技部重点研发计划重点专项“绿色建筑及建筑工业化”资助(2017YFC0702700)

## 参 考 文 献

- [1] Ji WJ, Zhao B. Contribution of outdoor-originating particles, indoor-emitted particles and indoor secondary organic aerosol (SOA) to residential indoor PM<sub>2.5</sub> concentration: a model-based estimation[J]. *Build Environ*, 2015, 90: 196–205. DOI: 10.1016/j.buildenv.2015.04.006.
- [2] Zhao Y, Chen C, Zhao B. Emission characteristics of PM<sub>2.5</sub>-bound chemicals from residential Chinese cooking[J]. *Build Environ*, 2018, 149: 623–629. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.12.060.
- [3] Chen C, Zhao YJ, Zhao B. Emission rates of multiple air pollutants generated from Chinese residential cooking[J]. *Environ Sci Technol*, 2018, 52 (3): 1081–1087. DOI: 10.1021/acs.est.7b05600.
- [4] Zhao YJ, Zhao B. Emissions of air pollutants from Chinese cooking: a literature review[J]. *Build Simul*, 2018, 11 (5): 977–995. DOI: 10.1007/s12273-018-0456-6.
- [5] Pan CH, Chan CC, Wu KY. Effects on Chinese restaurant workers of exposure to cooking oil fumes: a cautionary note on urinary 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine[J]. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 2008, 17 (12): 3351–3357.
- [6] Kim C, Gao YT, Xiang YB, et al. Home kitchen ventilation, cooking fuels, and lung cancer risk in a prospective cohort of never smoking women in Shanghai, China[J]. *Int J Cancer*, 2015, 136 (3): 632–638. DOI: 10.1002/ijc.29020.
- [7] Seow A, Poh WT, Teh M, et al. Fumes from meat cooking and lung cancer risk in Chinese women[J]. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 2000, 9 (11): 1215–1221. DOI: 10.1007/s00280000177.
- [8] 中国产业信息网. 2018 年中国能源消费规模及气化率分析 [EB/OL]. (2018-05-15) [2019-05-31]. <http://www.chyxx.com/industry/201805/640918.html>. China Industrial Information Network. Analysis of China's energy consumption scale and gasification rate in 2018 [EB/OL]. (2018-05-15) [2019-05-31]. <http://www.chyxx.com/industry/201805/640918.html>.
- [9] Shen GF. Changes from traditional solid fuels to clean household energies-opportunities in emission reduction of primary PM<sub>2.5</sub> from residential cookstoves in China[J]. *Biomass Bioenerg*, 2016, 86: 28–35. DOI: 10.1016/j.biombioe.2016.01.004.
- [10] Gao J, Jian YT, Cao CS, et al. Indoor emission, dispersion and exposure of total particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons during cooking[J]. *Atmos Environ*, 2015, 120: 191–199.
- [11] Gao J, Cao CS, Wang L, et al. Determination of size-dependent source emission rate of cooking-generated aerosol particles at the oil-heating stage in an experimental kitchen[J]. *Aerosol Air Qual Res*, 2013, 13 (2): 488–496. DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.04.006.
- [12] Torkmahalleh MA, Goldasteh I, Zhao Y, et al. PM<sub>2.5</sub> and ultrafine particles emitted during heating of commercial cooking oils[J]. *Indoor Air*, 2012, 22 (6): 483–491. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2012.00783.x.
- [13] Zhao Y, Chen C, Zhao B. Is oil temperature a key factor influencing air pollutant emissions from Chinese cooking? [J]. *Atmos Environ*, 2018, 193: 190–197.
- [14] Rim D, Wallace L, Nabinger S, et al. Reduction of exposure to ultrafine particles by kitchen exhaust hoods: The effects of exhaust flow rates, particle size, and burner position[J]. *Sci Total Environ*, 2012, 432: 350–356. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.06.015.
- [15] Zhao YJ, Li AG, Tao PF, et al. The impact of various hood shapes, and side panel and exhaust duct arrangements, on the performance of typical Chinese style cooking hoods[J]. *Build Simul*, 2013, 6 (2): 139–149. DOI: 10.1007/s12273-012-0096-1.
- [16] Cao CS, Gao J, Wu L, et al. Ventilation improvement for reducing individual exposure to cooking-generated particles in Chinese residential kitchen[J]. *Indoor Built Environ*, 2017, 26 (2): 226–237.
- [17] Zhao Y, Zhao B. Reducing human exposure to PM<sub>2.5</sub> generated while cooking typical Chinese cuisine[J]. *Build Environ*, 2020, 168: 106522.
- [18] Lee H, Lee YJ, Park SY, et al. The Improvement of ventilation behaviors in kitchens of residential buildings[J]. *Indoor Built Environ*, 2012, 21 (1): 48–61.
- [19] Dobbin NA, Sun L, Wallace L, et al. The benefit of kitchen exhaust fan use after cooking-an experimental assessment[J]. *Build Environ*, 2018, 135: 286–296. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.02.039.

(收稿日期: 2019-11-21)

(本文编辑: 李银鸽)