

科技部補助
大專學生研究計畫研究成果報告

計畫名稱	： 探討不同烹飪方法及油品種類於烹飪時產生PAHs之變化與風險評估
------	-----------------------------------

執行計畫學生：方亭予

學生計畫編號：MOST 107-2813-C-040-021-E

研究期間：107年07月01日至108年02月28日止，計8個月

指導教授：張士昱

處理方式：本計畫可公開查詢

執行單位：中山醫學大學公共衛生學系（所）

中華民國 108年02月27日

摘要

多環芳香烴化合物(PAHs)由碳原子及氫原子組成，因其不完全燃燒而形成。可藉由人為和自然排到大氣中。研究顯示烹飪所排放的顆粒物質及 PAHs 對人體造成很大的危害，近幾年 PAHs 也已被我國列為致癌物。此外，影響烹飪排放污染物的因子有許多，像是燃料的使用、油溫等等。而本計畫目的為不同烹飪條件所產生的 PAHs 造成人體健康危害作為研究主軸。我們使用 Grimm1.108 微粒分析儀搭配攜帶式 PAH-sensor Model 130 進行實際採樣，實驗設計包括三種變相，分別為不同的烹飪方式(煎、水煮、炒)、不同種類油品(沙拉油、葵花油、橄欖油)的使用及搭配抽油煙機開關與否，來進行實驗設計。而採樣地點位於台中市南區一公寓式廚房，經實驗結果顯示，在開啟抽油煙機的情況下，以橄欖油烹飪所產生的顆粒態多環芳香烴(p-PAHs)濃度最低，為 5,845 particles/liter，大豆沙拉油和葵花油的濃度分別為 11,303 particles/liter 及 12,359 particles/liter，為橄欖油之 1.25 倍及 2.11 倍。而在抽油煙機的情況下，橄欖油亦是三種食用油產生最低濃度之油品，為 3,608 particles/liter，大豆沙拉油和葵花油濃度分別是為橄欖油之 5.48 倍及 12.9 倍。而在不同烹飪方法中，當開啟抽油煙機時，以水煮所產生的 p-PAHs 濃度最低，為 7112particles/liter，煎及炒的濃度分別為 11302、63310particles/liter，為水煮之 1 倍及 8.9 倍。而在關閉抽油煙機的情況下，水煮亦為三種烹飪方法中產生最低之 p-PAHs 濃度，為 7552particles/liter，煎及炒則分別為水煮之 1.4 倍及 23 倍。由上述可知有無開啟抽油煙機，不同食用油中以葵花油於烹飪時產生較高的 p-PAHs 濃度，而在不同烹飪方法中則以炒產生較高的濃度，其中關閉抽油煙機時產生之 p-PAHs 濃度更大於開啟抽油煙機時之濃度，因此建議烹飪時應搭配抽油煙機的使用。而在不同烹飪方式之增量計算結果，可以得知要使烹飪者達到致癌之最低機率及最大的健康效應，烹飪時應該採取水煮方式來替代炒及煎，同時使用抽油煙機，來降低 PAHs 的暴露量。

關鍵字：顆粒態多環芳香烴、家庭烹飪、食用油、烹飪方法、抽油煙機

目錄

摘要.....	1
目錄.....	2
第一章、前言	3
1.1 研究背景.....	3
1.2 研究動機與目的.....	3
第二章、文獻回顧	5
2.1 PAHs 之特性.....	5
2.2 暴露來源及途徑.....	5
2.3 健康危害.....	5
2.4 量測烹飪排放 PAHs 相關研究.....	8
第三章、材料與方法	11
3.1 實驗流程與設計.....	11
3.2 採樣地點.....	12
3.3 採樣儀器.....	14
3.4 增量濃度計算.....	15
第四章、討論與結果	16
4.1 各個樣本之粒徑分布.....	16
4.2 烹飪產生 p-PAHs 之時序性變化.....	18
4.3 不同烹飪方式及食用油排放 p-PAHs 之增量濃度比較.....	21
第五章、結論與建議	23
5.1 結論.....	23
5.2 建議.....	23
參考文獻	24

第一章、前言

1.1 研究背景

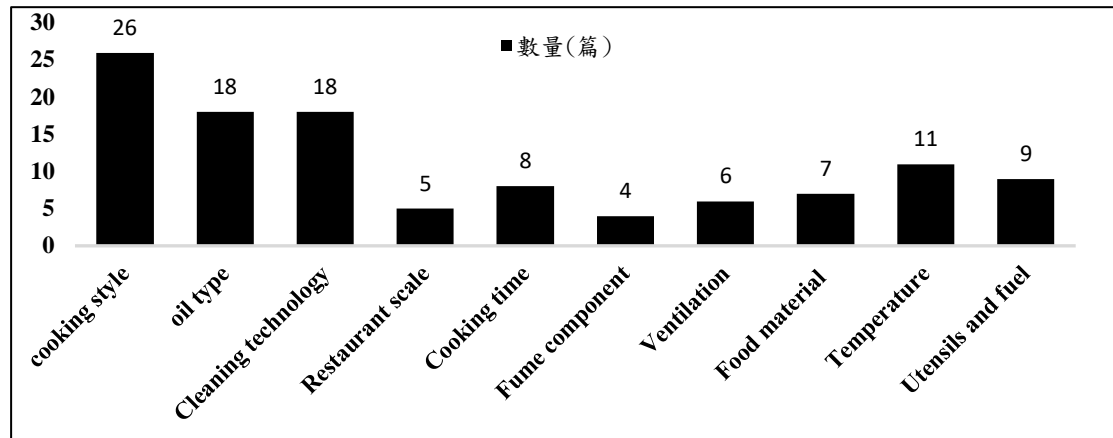
隨著人類的生活習慣改變，國人每天約有 80% 至 90% 的時間處於室內環境中，而空氣品質的好壞對於人體的健康影響非常大。因此，研究室內空氣品質污染源的種類、來源及對人類之暴露途徑及健康影響是被大眾所重視的議題。

近年來越來越多研究證實室內環境品質與人體健康息息相關，像是世界衛生組織新增了「病態建築症候群」，其定義為因建築物內室內空氣品質污染導致使用者出現各樣不適症狀等。而台灣行政院環保署在 100 年 11 月 23 日制定了「室內空氣品質管理法」，而在 105 年 8 月 11 日更修正法規，在特定區域內需要設置空氣品質專責人員，目的即為改善室內空氣品質以維護國民健康。因此，了解室內污染源的種類、來源及暴露途徑與對人體的身體健康，才能實際改善室內空氣品質及保護人體健康。

1.2 研究動機與目的

近幾年大眾對於室內空氣品質相當重視，室內空氣品質不僅受到室外空氣污染物滲透、擴散的影響，也會受到室內本身污染源的影響，如家庭烹飪時會排放大量的顆粒物質及具致癌性的多環芳香烴碳氫化合物等 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs)。台灣大部分公寓廚房屬於半開放式空間，家庭烹飪中產生之 PAHs 若未開啟抽油煙機或打開門窗通風，會不易散去而累積於室內環境，因此可能會對有進行家庭烹飪之家庭中所有成員具潛在的風險。Torkmahalle et al. (2017) 表示烹飪排放常會受到許多因素影響，例如：燃料、使用油、食品成分、烹飪時間、烹飪溫度、烹飪方式和通風等。而從圖一 Wang et al. (2017) 的研究，其更整理中國、香港及台灣地區與烹飪相關的文獻，可以顯示以烹飪方法及油品種類之因子佔前兩名，可知其重要性。近年台灣曾多次出現與食用油有關之食安風波，油品的好壞攸關人民的健康，而在台灣某大品牌市調顯示，葵花油、橄欖油及大豆沙拉油為家庭烹飪中常用之油品，分別佔有 26%、15% 及 15%，其餘則為調和油、健康認證油等等。除此之外，實驗研究及調查也發現烹飪排放的污染

物具有致癌性，且烹飪對於亞洲非吸菸女性為主要罹患肺癌的原因之一。因此本研究目的為藉由儀器實際在居家中進行烹飪採樣，分析 PAHs 在不同條件下(烹飪方法、不同油品、開關抽油煙機)的排放濃度、粒徑大小分布及時序性變化，來推估對人體的健康影響。



圖一、烹飪相關研究主題的文獻發表數量 (Wang et al., 2017)

第二章、文獻回顧

2.1 PAHs 之特性

多環芳香烴(PAHs)為一百多種化學物質的合稱，具有各種結構和不同毒性的環境持久性(Nisbet and LyGoy, 1992)。其會依據大氣當時的情況(大氣溫度、相對濕度等...)、氣懸膠體之來源或特性，亦或是 PAHs 本身的特性等，大氣中的 PAHs 通常以氣相(gaseous phase)及固相(particles phase)存在(Wang et al., 2013)。表一列出 16 種常見之 PAHs 之名稱、分子量、結構式、熔點及沸點(環保署, 2006)。PAHs 之飽和蒸氣壓很低，在 25⁰C 時期飽和蒸氣壓皆小於 10⁻¹mmHg 之間，在室溫下屬於半揮發性有機化合物，且揮發性常隨分子量增加而降低，通常分子量低的 PAHs(由 2、3、4 環所組成)其揮發性較高，所以常以氣態存在大氣中(Kameda, 2011)。

2.2 暴露來源及途徑

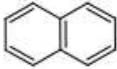



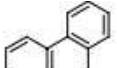

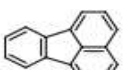
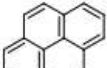
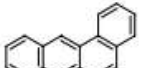
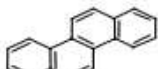
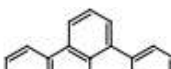
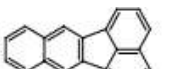
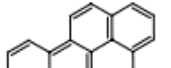
PAHs 主要為碳氫化合物不完全燃燒、熱裂解或高溫低碳化的過程。PAHs 的產生可分為自然及人為，而自然來源可分為森林大火、火山爆發等；人類來源可分為火力發電、汽機車排放、家庭油煙等(Kim et al., 2013)。行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所也曾提到，食物可藉由烘焙、燒烤、煎、炒、炸之不同烹飪方式產生 PAHs。暴露 PAHs 之途徑包含吸入、攝入及皮膚接觸，其中吸入為最主要的暴露途徑，而對於非吸菸及非職業暴露者，食物為主要暴露 PAHs 的來源(Alomirah et al., 2011)。此外，在空氣汙染嚴重地區，透過吸入之暴露途徑更是受到大家的關注(Yu et al., 2015)。

2.3 健康危害


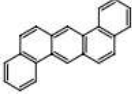

圖二為暴露於 PAHs 對於人體之長期及短期效應，短期造成的健康影響有眼睛及皮膚刺激、噁心及嘔吐、發炎反應，短期的健康效應主要是看暴露的程度，像是暴露的時間、暴露的濃度等。而長期的健康效應則是致癌，包括：皮膚癌、

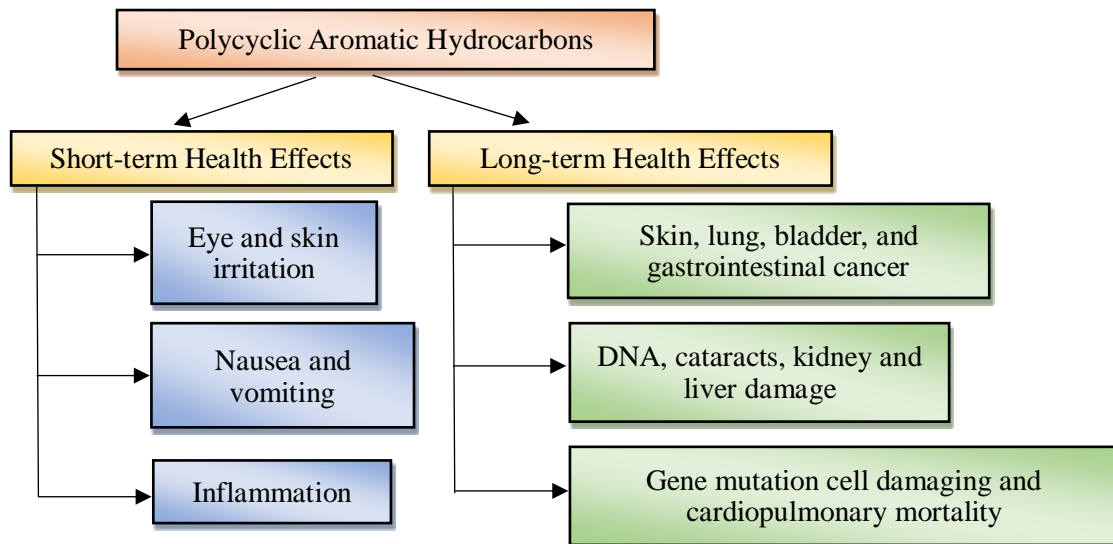
肺癌、膀胱癌等...，DNA、眼睛、肝及腎的受損，造成基因突變細胞損傷及心肺相關疾病之死亡(Kim et al., 2013)。研究指出長期暴露於環境汙染物和有毒化合物中可能對人體產生潛在的健康影響，在美國環保署優先列管的 16 種多環芳香烴中，許多便是致癌及致突變的，其中又以 BaP 毒性最強，因此科學界常以 BaP 濃度作為都市空氣汙染 PAHs 之致癌指標(潘致弘, 2015)。

表一、常見 16 種 PAH 之名稱、分子量、結構式、熔點及沸點

化合物	縮寫	分子量	結構式	熔點(°C)	沸點(°C)
Naphthalene	NaP	128		81	218
Acenaphthylene	AcPy	152		93	270
Acenaphthene	Acp	154		96	279
Fluorene	Flu	166		117	294
Phenanthrene	PA	178		101	340
Anthracene	Ant	178		216	340
Fluoranthene	FL	202		111	383
Pyrene	Pyr	202		156	404
Benz[a]anthracene	BaA	228		162	400
Chrysene	CHR	228		256	448
Benzo[b]floranthene	BbF	252		168	481
Benzo[k]floranthene	BkF	252		217	481
Benz[a]pyrene	BaP	252		177	496

表一、常見 16 種 PAH 之名稱、分子量、結構式、熔點及沸點(續)

化合物	縮寫	分子量	結構式	熔點(°C)	沸點(°C)
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	IND	276		N.A.	534
Dibenz[a,h]anthracene	DBA	278		270	535
Benzo[ghi]perylene	BghiP	276		278	542



圖二、PAHs 的長期及短期暴露造成的危害(Kim et al, 2013)

2.4 量測烹飪排放 PAHs 相關研究

此節有三篇與烹飪排放 PAHs 之相關研究，首先，Chen et al. (2013) 為量測 3 種不同類型餐廳，分別為 9 間中式、7 間西式、4 間燒烤(BBQ)餐廳，共 20 間。其分析方法是使用 GC-MSD，分析了 21 種常見的 PAHs。目的為探討不同類型的餐廳烹飪時產生 PAHs 的濃度差異，並進行人體健康風險評估。

Li et al. (2003) 則採樣南台灣 4 種不同類型餐廳，分別為 4 間中式、2 間西式、2 間速食店及 2 間日式餐廳，共 10 間。其分析方法一樣使用 GC-MSD，分析 21 種常見 PAHs。目的為計算不同類型餐廳產生 PAHs 的濃度並進行人體健康風險評估，其結果再與交通所排放的多環芳香烴相關文獻做比較，哪一種對人體所造成的影響較大。

表二(A)、(B)為其計算結果，包含不同類型餐廳所排放 Total PAHs 的平均濃度及總 Total BaP_{eq} 平均濃度。總毒性當量濃度(Total BaP_{eq})是將每一種 PAHs 之排放濃度乘上個別相對應 TEFs 加總。而毒性當量因子(TEFs)則是每一種 PAHs 物種相對於 BaP 之毒性當量係數，美國環保署最早於 1984 年提出，將常見的 16 種 PAHs 列為優先管制污染物，並以個別 PAHs 之致癌性相對於最強的 BaP 之等當量值(BaP_{eq})。當 Total BaP_{eq} 值越大代表對人體的危害越大，而由其結果可以發現中式餐廳所產生多環芳香烴總濃度及總毒性當量濃度位居前兩名，顯示其產生的 PAHs 對人體的影響是較嚴重的，而中式餐廳常使用的烹飪方法包含了炒、蒸、燉、煎、煙燻等，因此本研究則挑選炒、煎、及水煮來比較之間產生多環芳香烴濃度，並進行粒徑分析。

表二、國內烹飪相關文獻研究(Total PAHs 及 Total BaPeq 值)

A. Chen et al. (2012)		
Cooking style (Restaurant)	Total PAHs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Total BaPeq ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Chinese (n=9)	20.99	1.82
Western (n=7)	21.47	0.86
BBQ (n=4)	58.81	0.59

B. Li et al. (2003)		
Cooking style (Restaurant)	Total PAHs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	BaPeq ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Chinese (n=4)	80.1	4.07
Western (n=2)	92.9	4.86
Fast food (n=2)	63.3	0.600
Japanese (n=2)	55.5	0.486

表三、五個家庭烹飪所 PAHs 之相關結果

地點	抽油煙機通風速率	Total PAHs (ng/m^3)	BaPeq (ng/m^3)
台北市北投區(公寓)	9m ³ /min	1440	40.8
新竹縣湖口區(透天)	1m ³ /min	56900	233
新竹縣新埔區(透天)	Naturally ventilated	4260	101
新北市北投區(公寓)	6m ³ /min	2270	78.7
新北市淡水區(公寓)	9m ³ /min	1460	55.2

第三篇為 Yu et al. (2015) 於北台灣五個家庭中的廚房進行烹飪及採樣，再利用 ULPC/MS 分析 16 種不同 PAHs，五個家庭背景條件皆不同，如表三所示，每間廚房的通風速率不一，而由結果來看，新竹縣湖口區其廚房通風速率僅有 1 m³/min 及新埔區無抽油煙機僅依靠窗戶作為通風的廚房，產生較多的多環芳香烴，Total BaP_{eq} 值也較通風速率差的多了近一倍，由此可知在烹飪的情況下，通風速率大小會影響 PAHs 濃度排放多寡。因此本研究利用抽油煙機開啟及關閉，以不同的通風速率看其結果是否也會影響多環芳香烴濃度的變化。

油是日常飲食中的必需品，選用或攝食不合適的油品會造成各種心血管和代謝疾病的增加(Lissner and Heitmann, 1995)。反之，攝食脂肪可以提供能量、脂溶性維生素和許多其他有益健康的化合物，因此油品是現代人追求健康飲食中不可或缺的一部份。在中式烹飪中油品多半是用作烹調之調味，但眾所皆知，會形成細顆粒的油煙，而這些食用油對人體健康有不良影響，他們可以誘發肺癌(Zhang et al., 2017)。表四列出各式油品於煎式烹飪方式下脂肪酸含量，不飽和脂肪酸(unsaturated fatty acid)在植物油中包含單元不飽和脂肪酸(monounsaturated fatty acid)及多元不飽和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid)，其皆與降低冠狀動脈心臟疾病的風險有關，因此通常被認為是健康(Bendsen et al., 2011)。而本實驗所使用油品分別為葵花油、橄欖油及大豆沙拉油。

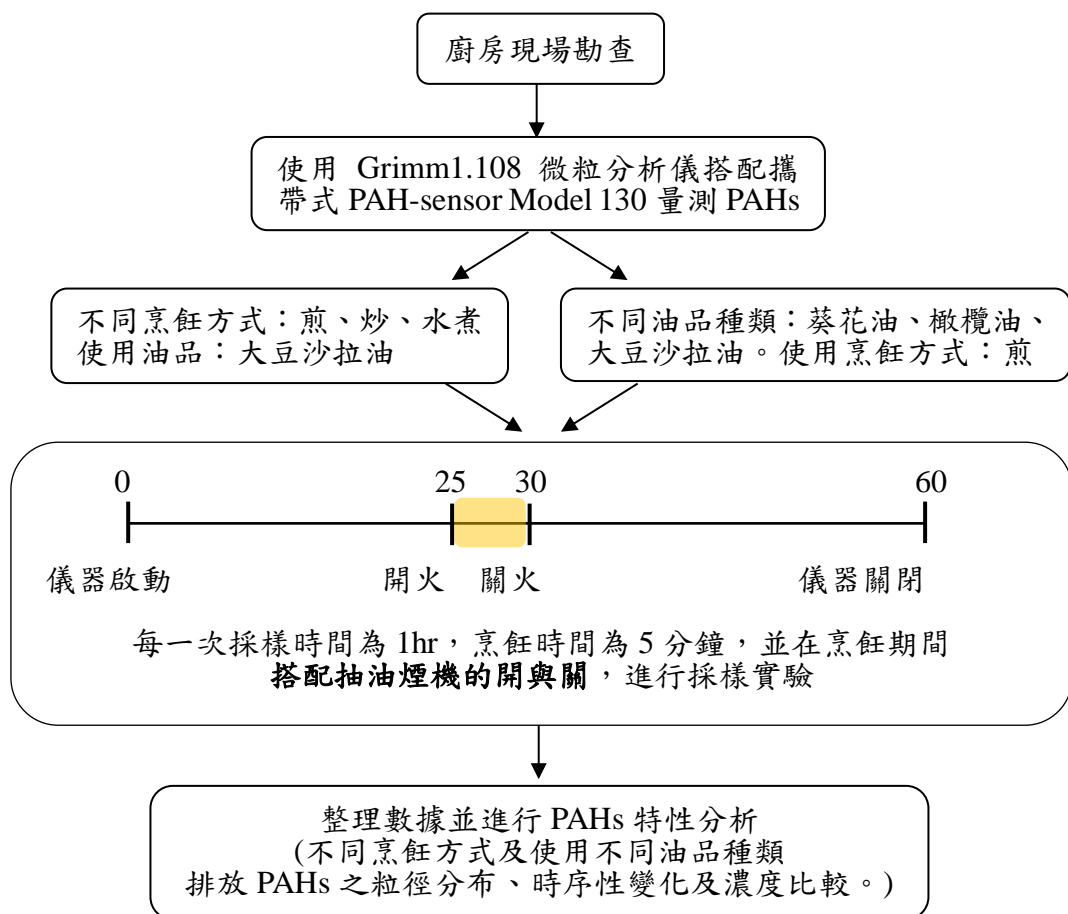
表四、各式食用油品脂肪酸含量

類別	葵花油	橄欖油	大豆沙拉油
飽和脂肪酸 (SFA)	14.93%	19.36%	19.19%
不飽和脂肪酸 (UFA)	單元不飽和脂肪 酸(MUFA)	27.77%	74.76%
	多元不飽和脂肪 酸(PUFA)	57.33%	5.94%
		52.88%	

第三章、材料與方法

3.1 實驗流程與設計

圖三為本研究的實驗流程，研究期間為 2018 年 3 月至 4 月，而以公寓式一字型廚房為採樣地點，首先，在廚房架設採樣儀器 Grimm1.108 微粒分析儀搭配攜帶式 PAH-sensor Model 130，於離地 1.5 公尺處，本研究主要探討不同的烹飪方式及使用不同油品種類其產生之顆粒態多環芳香烴(p-PAHs)之濃度關係及粒徑分布。當量測不同烹飪方式(煎、炒及水煮)時，油品使用皆統一為大豆沙拉油；而量測不同油品種類(葵花油、橄欖油、大豆沙拉油)時，其採用之烹飪方法統一為煎。本實驗每一樣本採樣時間為一小時，又可細分為開火前 25 分鐘，烹飪 5 分鐘及關後 30 分鐘，此外在烹飪的 5 分鐘搭配抽油煙機的開啟及關閉做濃度的比較，最後將採樣的數據利用 Excel 進行分析，得出不同烹飪方法及使用不同油品種類所產生 p-PAHs 之粒徑分布、時序性及濃度變化。



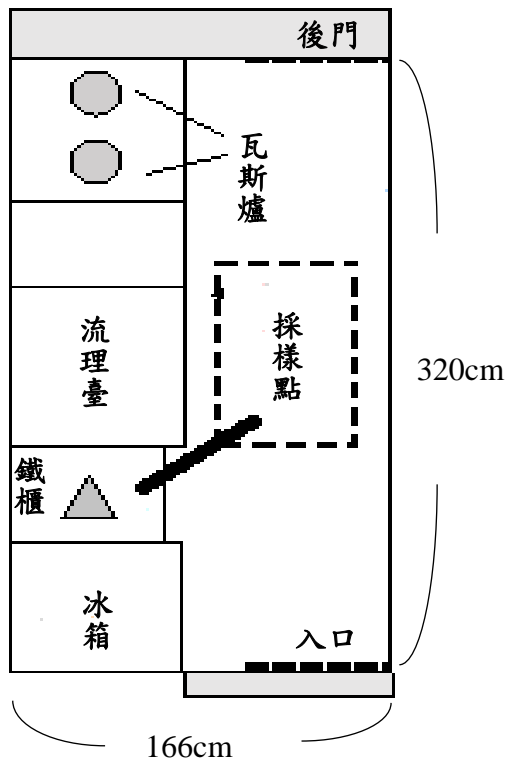
本研究的實驗設計分為(1)抽油煙機使用與否(2)不同烹飪方式及(3)使用不同油品種類，其產生 p-PAHs 濃度之比較，同時在烹飪之前、烹飪期間與烹飪後三個階段進行探討。綜合以上層面設計出 10 種採樣組別(表五)來推估烹飪產生 PAHs 濃度變化對烹飪者帶來的影響。

表五、10 組採樣組別

烹飪方法	使用油品	抽油煙機開或關	組別
水煮	無	開	Sample1
		關	Sample2
炒	大豆沙拉油	開	Sample3
		關	Sample4
煎	大豆沙拉油	開	Sample5
		關	Sample6
	橄欖油	開	Sample7
		關	Sample8
	葵花油	開	Sample9
		關	Sample10

3.2 採樣地點

本研究採樣地點於台中市南區一公寓大廈之廚房進行實地採樣，其為一字型廚房，長為 320 公分，寬為 166 公分。如圖四(A)為平面圖，(B)為實際圖，此廚房含有通往陽台之後門，入口通往客廳之間也有一扇門，為了實驗的一致性，我們將後陽台關閉，以避免外界風速及風向的干擾。而採樣儀器架設於流理臺旁之鐵櫃上，與下方電腦做資料連接與分析，如圖四(C)。



A. 廚房平面圖(公寓)



B. 廚房實際圖(公寓)



C. 採樣儀器位置

圖四、廚房平面及實際圖

3.3 採樣儀器

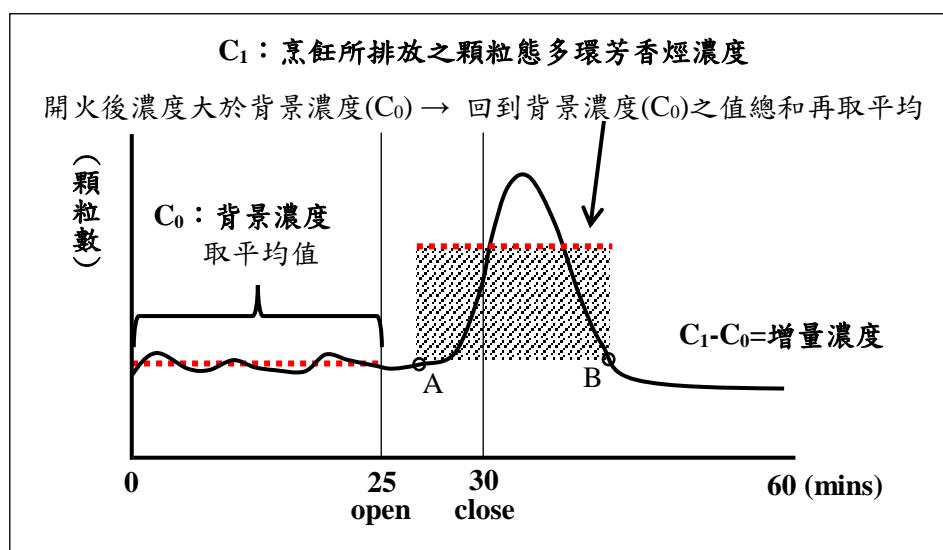
圖五為本研究所使用之採樣儀器 Grimm1.108 微粒分析儀搭配攜帶式 PAH-sensor Model 130。Grimm1.108 微粒分析儀圖五(A)適用於連續測量空氣中的氣膠或顆粒，儀器測量出的數據可以選擇每 6 秒、30 秒、1 分鐘一筆而本研究則為量測烹飪排放出的 p-PAHs。微粒分析儀其流速為 1.2L/min，並利用光譜散射技術藉由半導體雷射光作為光源，通過每個顆粒所發出的散射光訊號反射 90 度後被導入二極管。在二極管中所測得的訊號被放大後分類到不同的粒徑，所以 Grimm1.108 微粒分析儀主要功能是測量粒徑分布與質量濃度，而儀器會與電腦連接，其數據會顯示在電腦上以便下載及處理。PAH-sensor Model 130 圖五(B)原理為藉由氣流將空氣樣品中的固態 PAHs 帶進儀器中，再用 UV 光照刺激分子，使固態 PAHs 出現電離現象，而讓固態 PAHs 分子本身帶正電，最後用過濾紙收集帶電分子並計算電量，以回推固態 PAHs 的濃度。兩台儀器搭配可測量範圍：0.23 至 20 μm ，分別為 0.20 / 0.30 / 0.40 / 0.50 / 0.65 / 0.80 / 1.0 / 1.6 / 2.0 / 3.0 / 4.0 / 5.0 / 7.5 / 10 / 15 / 20 μm ，共 16 種粒徑區間。



圖五、(A)Grimm1.108 and (B)PAH-sensor Model 130

3.5 增量濃度計算

我們以增量濃度比較烹飪時實際所排放 p-PAHs 多寡與背景濃度比較。圖六說明，先將前 25 分鐘(開火前)之濃度取平均作為背景值 C_0 ，而開火後高於背景值為點 A，當濃度上升到最高峰後回到背景值時為點 B，點 A 到點 B 的濃度進行相加平均後則為烹飪所排放的濃度 C_1 ， $C_1 - C_0$ 則為增量濃度，其為實際經烹飪所生成 p-PAHs。



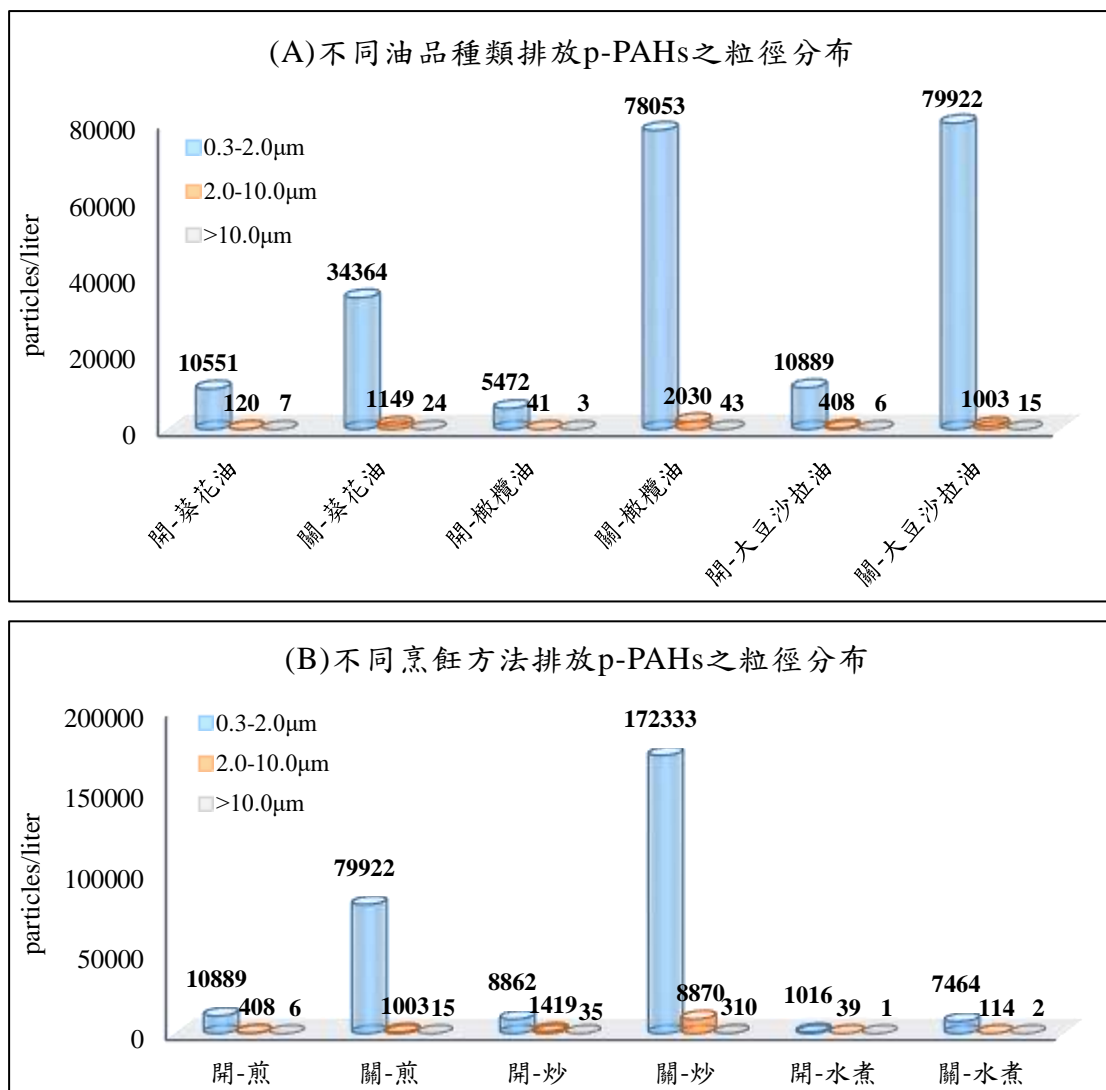
圖六、增量濃度示意圖

第四章、結果與討論

4.1 各個樣本粒徑分布

本研究所使用的 Grimm1.108 所採樣粒徑為 $0.3\mu\text{m}$ 到 $>20\mu\text{m}$ ，分別為 $0.23-0.3$ 、 $0.3-0.4$ 、 $0.4-0.5$ 、 $0.5-0.65$ 、 $0.65-0.8$ 、 $0.8-1$ 、 $1-1.6$ 、 $1.6-2$ 、 $2-3$ 、 $3-4$ 、 $4-5$ 、 $5-7.5$ 、 $7.5-10$ 、 $10-15$ 、 $15-20$ 及 $>20\mu\text{m}$ ，共 16 種粒徑區間。此研究將 16 個區間粒徑整合成 $0.3-2.0\mu\text{m}$ 、 $2.0-10\mu\text{m}$ 和 $>10\mu\text{m}$ 三種區間呈現於圖七(A)、(B)。圖(A)使用不同油品種類進行烹飪，分別為葵花油、橄欖油及大豆沙拉油並搭配抽油煙機的開啟及關閉，從結果顯示不管是使用哪一種食用油，皆已 $0.3-2.0\mu\text{m}$ 之粒徑分布最多，且遠高於其他兩個區間。圖(B)則使用不同烹飪方法進行採樣，分別為煎、炒及水煮並搭配抽油煙機的開啟及關閉，由圖可以得知不管使用何種烹飪方式，以 $0.3-2.0\mu\text{m}$ 之細顆粒態 PAHs 分布最多。

此結果與余等人採樣北台灣五個家庭中烹飪所產生多環芳香烴之結果相符，採樣地點分別於台北市北投區、新竹縣湖口區、新竹縣新埔區、新北市汐止區及淡水區，其研究之目的為探討顆粒態及氣態多環芳香烴之濃度變化與粒徑濃度分布，並計算風險評估。而表六為粒徑分布結果分為 $0.3-1\mu\text{m}$ 、 $1-2.5\mu\text{m}$ 、 $2.5-10\mu\text{m}$ 。而在細顆粒態 $0.3-1\mu\text{m}$ 中，圖六(A)北投區公寓式廚房中所排放濃度為 $6339.6\text{ particles/cm}^3(99.9\%)$ ；(B)湖口區透天式廚房所排放濃度為 $52875\text{ particles/cm}^3(99.8\%)$ ；(C)新埔區家庭式廚房排放濃度為 $8154.2\text{ particles/cm}^3(99.5\%)$ ；(D)汐止區公寓式廚房排放濃度為 $4621.5\text{ particles/cm}^3(99.9\%)$ ；(E)淡水區公寓式廚房排放濃度則為 $2094.7\text{ particles/cm}^3(99.8\%)$ 。其粒徑分布皆以細顆粒態為主，五個地區都以 $0.3-1\mu\text{m}$ 所佔比例最大，接近乎於百分之百。此顯示在烹飪過程中產生之微粒中主要以細微粒 $1\mu\text{m}$ 以下為主，細微粒粒徑會有 80% 進入人體呼吸系統，易殘留於肺泡中，對於烹飪者之健康影響必須加以重視。



圖七、使用(A)不同油品種類(B)不同烹飪方法進行採樣，分析其 p-PAHs 之粒徑分布

表六、北台灣家庭烹飪所排放之顆粒態多環芳香烴粒徑分布(Yu et al., 2015)

採樣地點	0.3-1µm	1-2.5µm	2.5-10µm
A. 北投	6339.6(99.9%)	4.2(0.07%)	1.05(0.02%)
B. 湖口	52875(99.8%)	61.8(0.12%)	20.37(0.04%)
C. 新埔	8154.2(99.5%)	24.8(0.30%)	18.02(0.22%)
D. 汐止	4621.5(99.9%)	4.18(0.09%)	1.91(0.04%)
E. 淡水	2094.7(99.8%)	2.71(0.13%)	1.96(0.09%)

單位：particles/cm³

4.2 烹飪產生 PAHs 之時序性變化

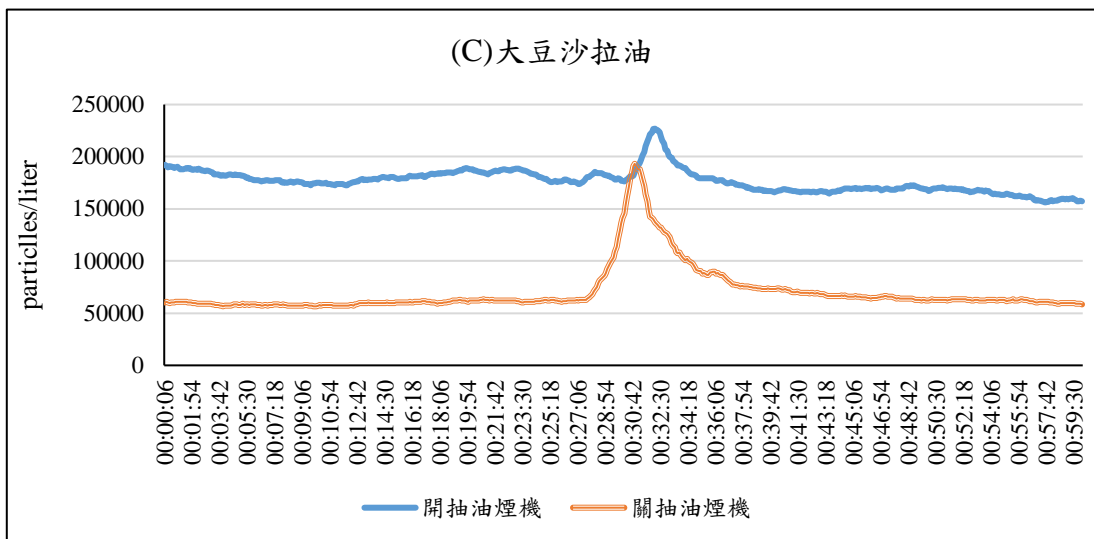
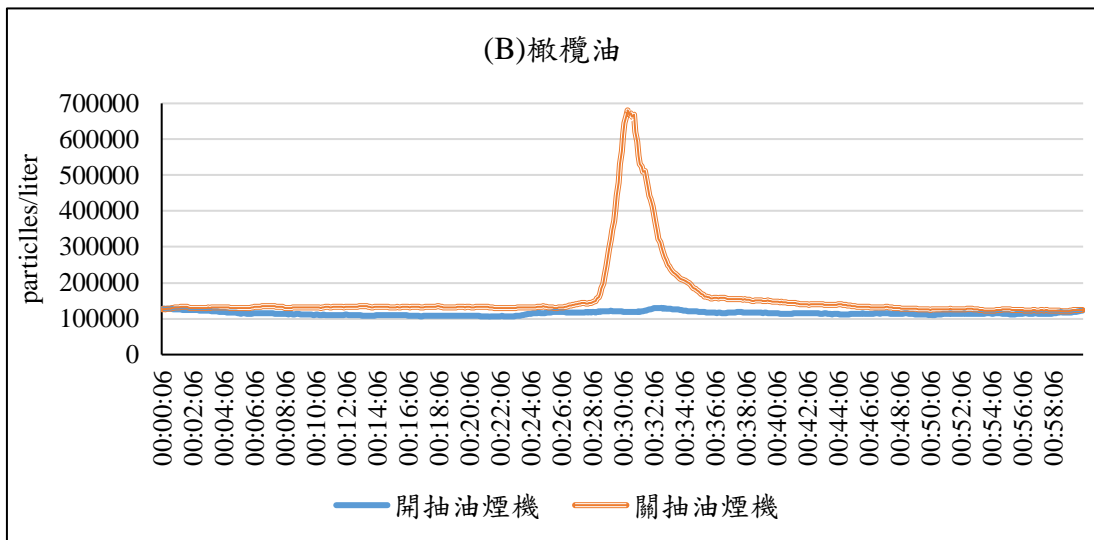
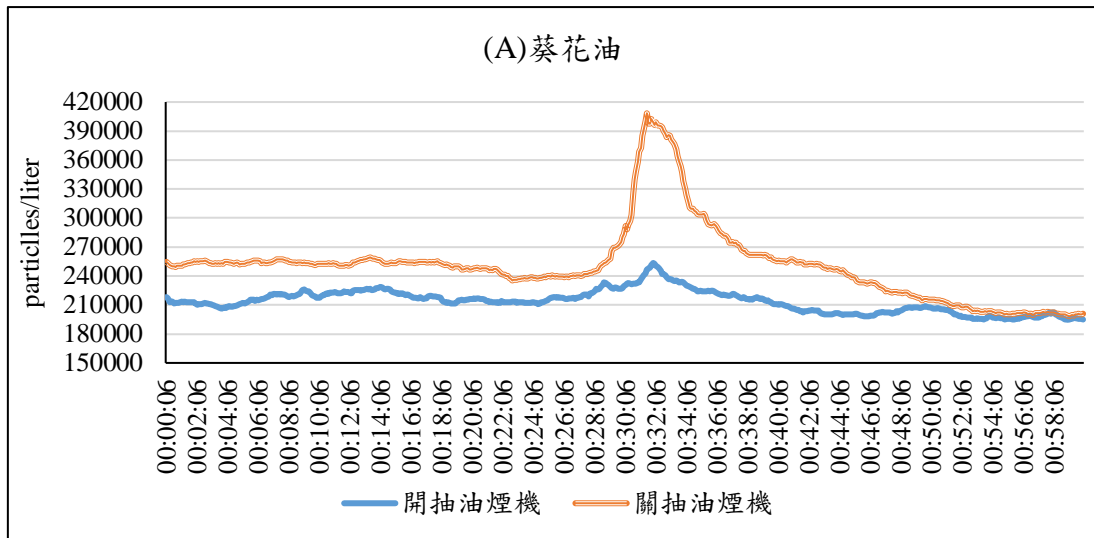
由圖八(A)可知使用葵花油烹飪之 p-PAHs 顆粒數變化情況，顯示於關火後顆粒數才會漸漸升高，且在未使用抽油煙機的情況下進行烹飪，其顆粒數升高情形較有使用抽油煙機時高出許多，而不論是否開啟抽油煙機，顆粒數皆在烹飪結束後 30 分鐘內便已回到背景值之濃度。

圖八(B)則顯示，在開啟抽油煙機下使用橄欖油進行烹飪，其顆粒數相當少，反之，在未開啟抽油煙機下，烹飪尚未結束時顆粒數便已逐漸升高，直至關火當下達到高峰值，顯示短短幾分鐘內顆粒數標高將近 7 倍之多，更凸顯抽油煙機於烹飪時之重要性。

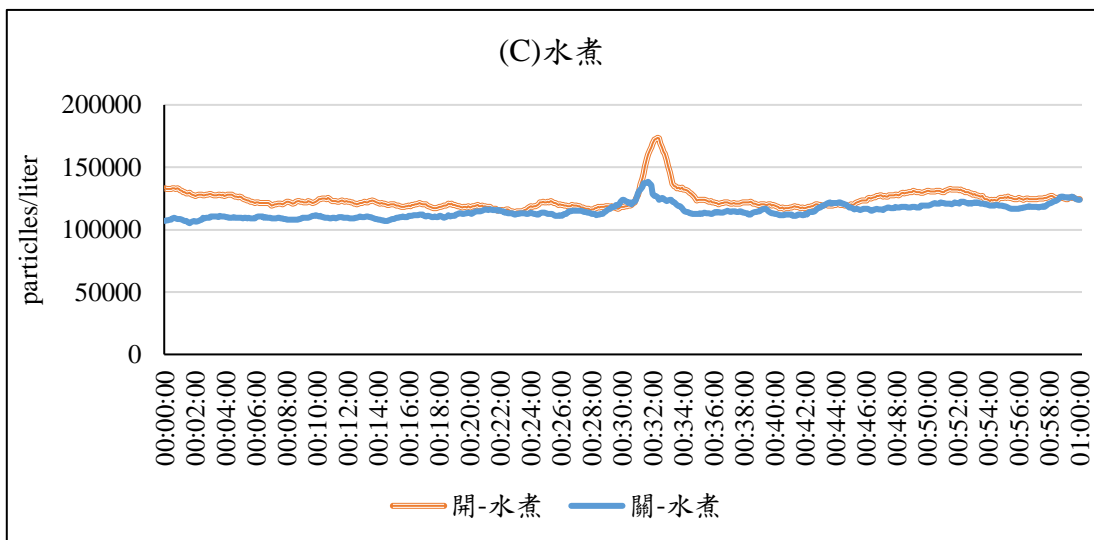
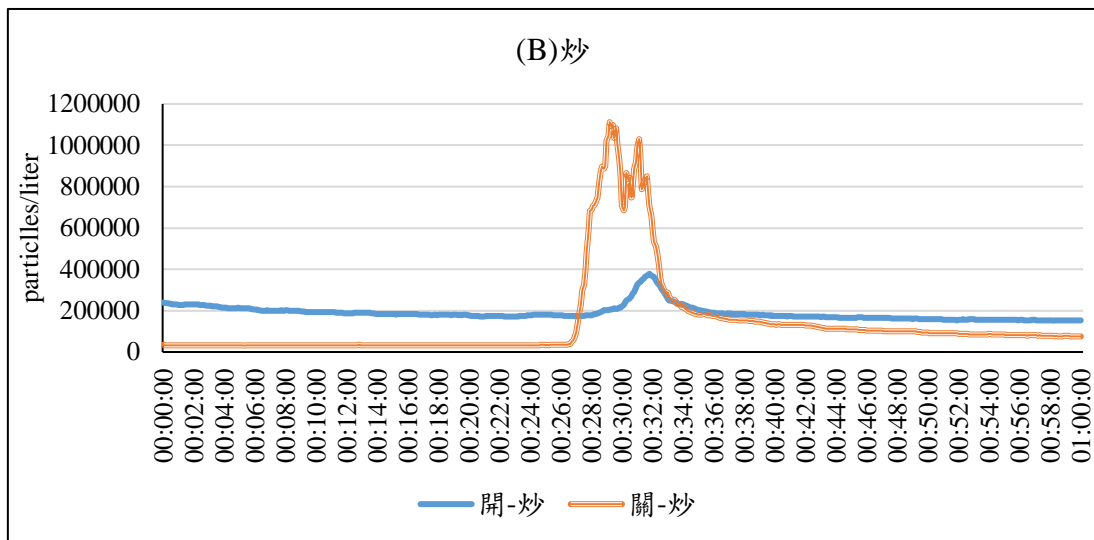
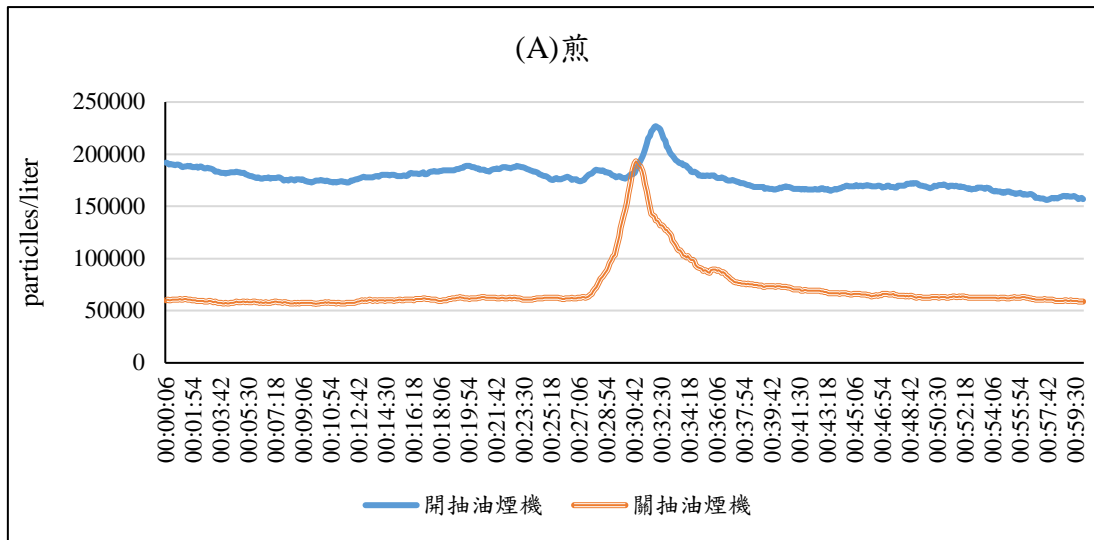
而圖八(C)可得知開啟抽油煙機時之背景濃度值高於未開啟時 4 倍，所以乍看之下會以為未開啟抽油煙機之顆粒數較少，但根據開火後之濃度變化可看出開啟抽油煙機之高峰值約為背景濃度之 1.5 倍，未開啟時卻是約 4 倍之多，且顆粒數升高時機也是未開啟時較開啟時來的早，顯示於開啟抽油煙機情況下進行烹飪，對於人體較為健康。

圖九(A)、(B)、(C)表示不同烹飪方法所產生之 p-PAHs 濃度變化，分別為煎、炒及水煮，由圖可以看出當烹飪並關閉抽油煙機時其濃度上升速度較開啟抽油煙機時還要快；而即使烹飪五分鐘後皆將抽油煙機關閉，觀察其濃度上升幅度，可以發現關閉抽油煙機的上升幅度式大於開啟抽油煙機的情況下，進而推斷出關閉抽油煙機時其產生的 p-PAHs 濃度會比較多。

綜合以上使用三種不同食用油及不同烹飪方式的採樣結果顯示，開啟抽油煙機可以降低烹飪後環境中之 p-PAHs 顆粒數，且使用抽油煙機可以縮短我們接觸到油煙的時間，可知其重要性，但抽油煙機之濾網乾淨與否也可能影響其效果，因此建議應定時清潔濾網，並於烹飪時搭配使用。



圖八、分別使用(A)葵花油(B)橄欖油(C)大豆沙拉油，並搭配抽油煙機開啟及關閉其產生 p-PAHs 之濃度變化



圖九、分別使用(A)煎(B)炒(C)水煮，並搭配抽油煙機開啟及關閉其產生 p-PAHs 之濃度變化

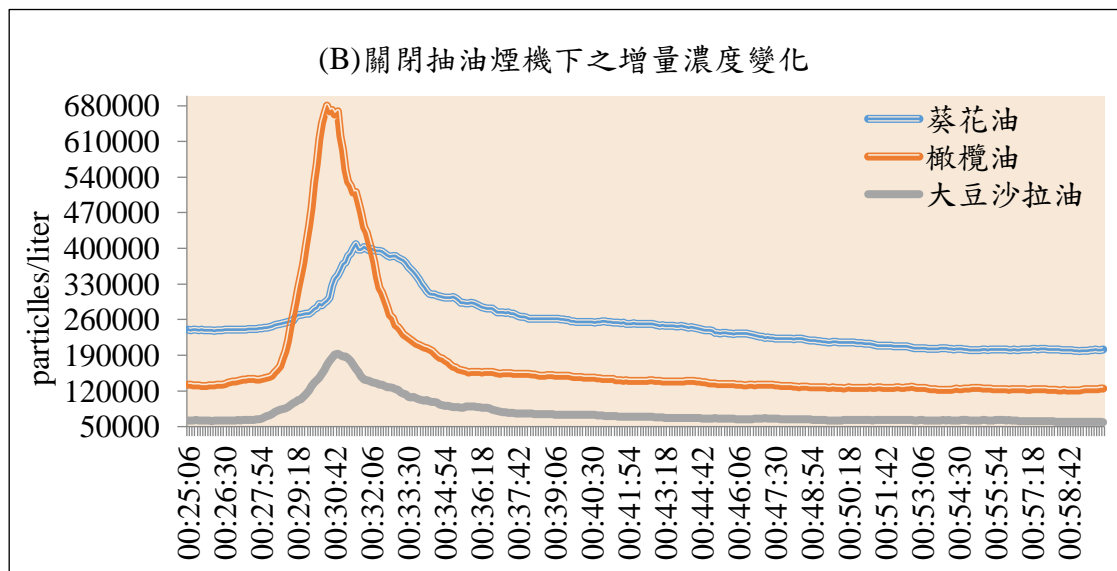
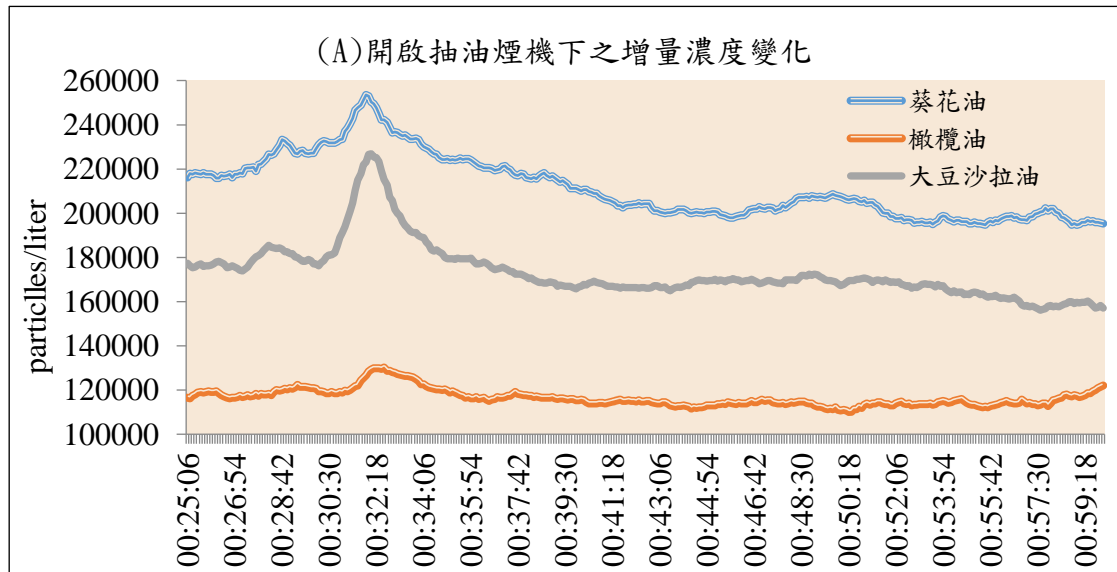
4.3 不同烹飪方式及油品種類排放 p-PAHs 之增量濃度比較

實驗結果顯示，在開抽油煙機下使用葵花油進行烹飪，濃度在實驗開始後約 38 分鐘回到背景值，而橄欖油與大豆沙拉油則分別在約第 44 分與第 35 分回到背景值，在濃度幅度變化上則是大豆沙拉油>葵花油>橄欖油，因此可得知雖然橄欖油的濃度變化變小，但其濃度回到背景值的時間卻是相對較長的，反之，大豆沙拉油雖然濃度變化大，但其回到背景值所花的時間也較少，結果顯示如圖十(A)。

由圖十(B)可看出在未開啟抽油煙機下烹飪，葵花油、橄欖油及大豆沙拉油分別在實驗開始後約 43 分鐘、46 分鐘及 58 分鐘回到背景值，對照前述開啟抽油煙機下之結果可發現其花的時間較長，由此可見抽油煙機對於有烹飪行為者之重要性，而在開火後的濃度變化上，則是橄欖油>葵花油>大豆沙拉油。

表七為計算後的增量濃度，分別以不同烹飪方式來分析，開啟抽油煙機時，煎、炒、水煮排放的 p-PAHs 濃度分別為：11302、63310、7112 particles/liter；關閉抽油煙機時，煎、炒、水煮排放的 p-PAHs 濃度分別為 80940、181413、7572 particles/liter。可得知不論是開啟或關閉抽油煙機其排放濃度皆為：炒>煎>水煮。在開啟抽油煙機的狀況下，炒所排放的 p-PAHs 相比較水煮多了近九倍的差距，其原因為由在高溫裂解的情況下會產生油煙，而這些顆粒會攜帶大量 p-PAHs，相反地，水煮在烹飪過程中加水，以至於不會產生如此多油煙，而在同一條件下開啟抽油煙機所排放的 p-PAHs 皆低於關閉抽油煙機時所排放的濃度。

透過增量濃度的計算，可避免實驗當下背景值的不同，而得出實際產生之 p-PAHs 濃度，而綜合以上述續可以推測出開啟抽油煙機確實對於抽取空氣中的油煙是有幫助的，其可以延長 PAHs 產生的時間，並快速回到背景值，因此降低了整體 p-PAHs 的濃度。



圖十、使用三種不同油品，分別於(A)開啟抽油煙機(B)關閉抽油煙機之增量濃度變化。

表七、不同烹飪方式之增量濃度

烹飪方式	抽油煙機	顆粒態多環芳香烴濃度(particles/liter)
煎	開	11302
	關	80940
炒	開	63310
	關	181413
水煮	開	7112
	關	7572

第五章、結論與建議

5.1 結論

烹飪所產生的 p-PAHs 以細顆粒態 0.3-2 μ m 為主，此粒徑大小越容易進入人體，而直接影響人體健康，顯示控制烹飪產生的細顆粒態多環芳香烴是首要目標。而在關閉抽油煙機情況下進行烹飪，不論使用何種油品、何種烹飪方式，產生顆粒態多環芳香烴皆比開啟抽油煙機情況下會產生明顯高峰。而經由增量濃度計算，雖未能看出使用何種油會產生較少的增量濃度，但可知在未開抽油煙機情況下烹飪，多環芳香烴之產生時間較早，且需要更長時間才能回到背景值，再次顯示抽油煙機的重要性。而計算在不同烹飪方式產生多環芳香烴之增量濃度，結果顯示 PAHs 的最高暴露量是在關閉抽油煙機時使用“炒”之烹飪方式；相反地，較低暴露量則是使用“水煮”烹飪方式並同時開啟抽油煙機。因此就烹飪方法而言，以水煮代替會產生高油煙的煎及炒烹飪方式，此外烹飪時開啟抽油煙機是非常重要的，降低 PAHs 的排放且縮短我們接觸 PAHs 的接觸時間，而降低對人類造成癌症的風險。

5.2 建議

1. 採樣過程中風向與風速無法測定，造成每次 PAHs 濃度變化影響，未來可考量風向與風速並更進一步加以探討，更能掌握風場對濃度背景造成之影響。
2. 本實驗儀器僅能採集顆粒態 PAHs 濃度，故建議未來可增加氣相 PAHs 濃度，使結果更加精確。
3. 食材的選用與烹煮時間可以再加以調整，未來可以透過問卷調查台灣常見之家庭烹飪菜餚，依據實際烹飪所添加汁調味、時間等進行設計，以期有更貼切且誤差較小的結果。
4. 由本次研究結果，可以知道要達到最低的 PAHs 暴露量及最大的健康效應為(1)烹飪時記得開啟抽油煙機，且保持通風、(2)以水煮代替炒及煎。而政府也應該加強宣導 PAHs 的健康危害性。

參考文獻

1. Alomirah H, Al-Zenki S, Al-Hooti S, Zaghoul S, Sawaya W, Ahmed N, Kannan K. 2011. Concentrations and dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from grilled and smoked foods. *Food Control*, 22, 2208-2035.
2. Bendtsen NT, Christensen R, Bartels EM, Astrup A. 2011. Consumption of industrial and ruminant trans fatty acids and risk of coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *European Journal of Clinical Nutrition*, 65, 773-783.
3. Chen JW, Wang SL, Hsieh DP, et al. 2013. Carcinogenic potencies of polycyclic aromatic hydrocarbons for back-door neighbors of restaurants with cooking emissions. *Science of the Total Environment*, 417-418, 68-75.
4. Kameda T. 2011. Atmosphere chemistry of polycyclic aromatic hydrocarbons and related compounds. *Journal of Health Science*, 57, 504-511.
5. Kim KH, Jahan SA, Kabir E, et al. 2013. A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects. *Environment International*, 60, 71-80.
6. Li CT, Lin YC, Lee WJ, et al. 2003. Emission of polycyclic aromatic hydrocarbons and their potencies from cooking sources to the urban atmosphere. *Environment Health Perspectives*, 111, 483-487.
7. Lissner L, Heitmann BL. 1995. Dietary fat and obesity: evidence from epidemiology. *European Journal of Clinical Nutrition*, 49, 79-90.
8. Nisbet LCT, LaGoy PK. 1992. Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 16, 290-300.

9. Torkmahalle MA, Gorjinezh S, Unluevcek HS, Hopke PK. 2017. Review of factors impacting emission/concentration of cooking generated particulate matter. *Science of the Total Environment*, 586, 104-1056.
10. Wang Z, Ren P, Sun Y, et al. 2013. Gas/particle partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons in coastal atmosphere of the north Yellow Sea. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 5753-5763.
11. Wang L, Xiang Z, Stevanovic S, et al. 2017. Role of Chinese cooking emissions on ambient air quality and human health. *Science of The Total Environment*, 589, 173-181.
12. Yu KP, Yang KR, Chen YC, et al. 2015. Indoor air pollution from gas cooking in five Taiwanese families. *Building and Environment*, 93, 258-266.
13. Zhang N, Han B, He F, et al. 2017. Chemical characteristic of PM_{2.5} emission and inhalational carcinogenic risk of domestic Chinese cooking. *Environment Pollution*, 227, 24-30.
14. 環保署：汽柴油引擎車輛排放硝基多環芳香烴之調查研究，2006。
<https://www.epa.gov.tw/public/Attachment/43311322823.pdf>.
15. 潘致弘、賴錦皇、吳明蒼：多環芳香烴化合物暴露對煉焦勞工氧化傷害評估研究，2015，*勞動及職業安全衛生研究季刊*，23，290-298。