

利用洗滌法去除廚房排放油煙廢氣中水溶性離子之初探

賴思璋

國立屏東科技大學環境工程與科學系 碩士生
M9731001@mail.npust.edu.tw

謝連德* (聯絡作者*)

國立屏東科技大學環境工程與科學系 副教授
*Corresponding Author: Lthsieh@mail.npust.edu.tw

李明鎮

國立屏東科技大學環境工程與科學系 碩士生
mclee@cmo.com.tw

(部分經費補助: 國科會 NSC 96-2221-E-020-006-MY2)

摘要

近年來餐飲業油煙排放問題逐漸受到大眾重視，而洗滌設備為台灣餐飲業處理油煙廢氣常見之管末處理設備，其原理為利用水霧去除油霧粒子。文獻上，常就其油煙處理效率與臭味處理能力討論，但較少研究有關油煙廢氣經管末處理所排放之水溶性離子。故本研究探討以自行設計之洗滌塔來處理油煙廢氣中水溶性離子之特性。實驗時，首先以市售豬肉為油煙廢氣來源，並以離子層析儀(Ion Chromatography; IC)分析。研究中，探討清水洗滌與添加酵素洗滌在燒烤溫度 180 °C 及 220 °C 產生之水溶性離子特性與去除效率。結果顯示，兩種燒烤溫度(180 °C 及 220 °C)產生之油煙廢氣經兩種洗滌方式(清水洗滌及添加酵素洗滌)之水洗塔出流洗液中水溶性離子濃度皆有增加趨勢，且酵素水洗試驗所能溶解油煙廢氣中水溶性陰陽離子效果較佳。以油煙廢氣中粒狀物水溶性離子去除效率而言，於燒烤溫度 180 °C 及兩種洗滌方式下 Cl⁻、SO₄²⁻、Na⁺離子皆可達去除效果。清水洗滌去除效率依序為 53.8、45.2 及 42.7 %，添加酵素洗滌去除效率依序為 51.1、14.3 及 44.2 %；燒烤溫度 220 °C 於清水試驗及添加酵素試驗之去除效率發現，僅 SO₄²⁻離子達到去除效果，去除效率分別為 33.2 % 與 11.7 %。

關鍵詞：洗滌、油煙廢氣、水溶性離子、酵素水洗

壹、前言

目前國內餐飲業之油煙控制設備而言，一般可分為前處理設備與油煙及臭味處理設備兩種，前者如濾材、檔板、水幕擋板等，可先行去除較大顆粒之油霧液滴，以減輕後續脫臭處理之負荷及困難度；後者有濕式洗滌塔、靜電集塵機、活性炭吸附裝置、芳香劑透析膜技術

以及 UV/O₃ 之高級氧化處理技術等。(Yang et al., 2005)發現利用催化劑(Mn O₂/ CuO) 可有效氧化破壞烹煮油煙成分，經不同催化溫度處理後，油煙廢氣中有機化合物從 75 種減至 11 種，且濃度也明顯下降[5]。(Wu et al., 1998)採用天然抗氧化劑處理油煙廢氣發現，可降低油煙廢氣中 PAHs 及 NPAHs 濃度[4]。由此可知，國內外已相當重視油煙廢氣之成分可能來源與危害性。

就目前國內外探討油煙廢氣中汙染物大多以粒狀物質(Particulate matter)、PAHs、N-PAHs、醛類、烯酸、醇酸等成分，但較少探討有關油煙廢氣中水溶性離子成份，因此本研究利用自行設計之洗滌設備並結合天然酵素處理油煙廢氣中水溶性離子。研究目的如下：

1. 探討油煙廢氣中水溶性離子經清水洗滌後其特性與去除效率。
2. 探討以非化學藥劑之天然有機酵素溶液處理油煙廢氣中水溶性離子之去除效果。

貳、研究設備與方法

一、研究設備

本研究設計出一套洗滌裝置處理廚房油煙廢氣，基本架構共分為油煙產生裝置、油煙傳輸系統、洗滌系統、採樣系統四大部分。其摘述如下：(一)油煙產生裝置：此裝置為聲寶牌電熱式烤箱；設定加熱溫度 100°C~250°C。(二)油煙傳輸系統：此系統為抽油煙機與鋁風管組合而成，內徑 14.7 公分，長度 10 英吋。(三)洗滌系統：此系統為洗滌塔、噴霧裝置、除霧濾網、儲水槽與動力噴霧機所組合而成。洗滌塔為矩形長柱體型式，長 30 公分、寬 30 公分、高 155 公分，塔頂為開放式設計，以做為油煙廢氣排氣口。由底部進入廢氣，由上排出，氣流方向與噴霧器之水流呈不同角度進行接觸。除霧濾網置於噴霧裝置上方 20 公分處，目的為攔截氣流中之霧滴。底部儲水槽為塑膠材質製成，長 53 公分、寬 40 公分、高 31 公分，為裝載循環水與水洗塔出流水之功用。(四)採樣系統：此系統依序為濾紙匣、浮子流量計、抽氣幫浦以鐵氟龍管串連而成。

二、採樣與分析方法

(一) 採樣方法

1. 採樣濾紙前處理程序：為避免濾紙上有任何微量污染影響準確性，所以實驗前石英濾紙需經過高溫爐前處理。
2. 廚房油煙廢氣來源及參數設定：每一組實驗豬絞肉固定秤取 180g 於自製鋁盤中(厚度約 0.5mm，表面積約 18cm * 15cm)，設定烤箱溫度(180°C 及 220°C)，考慮避免肉品烤焦況且符合廚房實際烹煮行為，設定烤箱加熱時間全程共 21 分鐘，實驗後肉品待室溫後量秤重量，為完成一組實驗，而每一組實驗數據之獲得，需進行四個批次(亦即 180 * 4 = 720g 肉重)，每次實驗數據取重複試驗之平均值。
3. 洗滌塔操作參數設定

水洗實驗參數設定分兩大部分(一)清水試驗(二)酵素水洗試驗。清水試驗取 25 公升地下水，酵素水洗試驗為水與酵素 1:100 總量 25 公升之水溶液。本實驗所使用酵素原液為錫安牌有機酵素 C(NO-E-7)，酵素原液外觀呈現棕褐色[1]。

(二)水溶性離子萃取與分析

用離子層析法分析廚房油煙廢氣微粒中之陰陽離子成份，所使用分析儀器為Dionex 離

子層析儀(Ion Chromatography ; IC ; 型號 : DX-120) , 分析物種包括 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 八種水溶性離子。採集到的微粒之固相離子成份必須先萃取至液相萃取液中, 再注入離子層析儀中進行分析, 本研究所採用之萃取方式為超音波震盪萃取法。

參、結果與討論

一、低溫(180°C)下水洗塔出流洗液有無酵素之影響

圖 1 為低溫(180°C)下清水試驗與酵素水洗試驗水洗塔出流洗液中水溶性陰陽離子濃度變化。由圖中(a)可知油煙廢氣經清水試驗後水洗塔出流洗液中水溶性陰陽離子濃度皆有增加之趨勢, Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 離子平均增加濃度依序為 0.56、3.46、1.02、2.26、0.33、0.47 與 0.4 ppm。

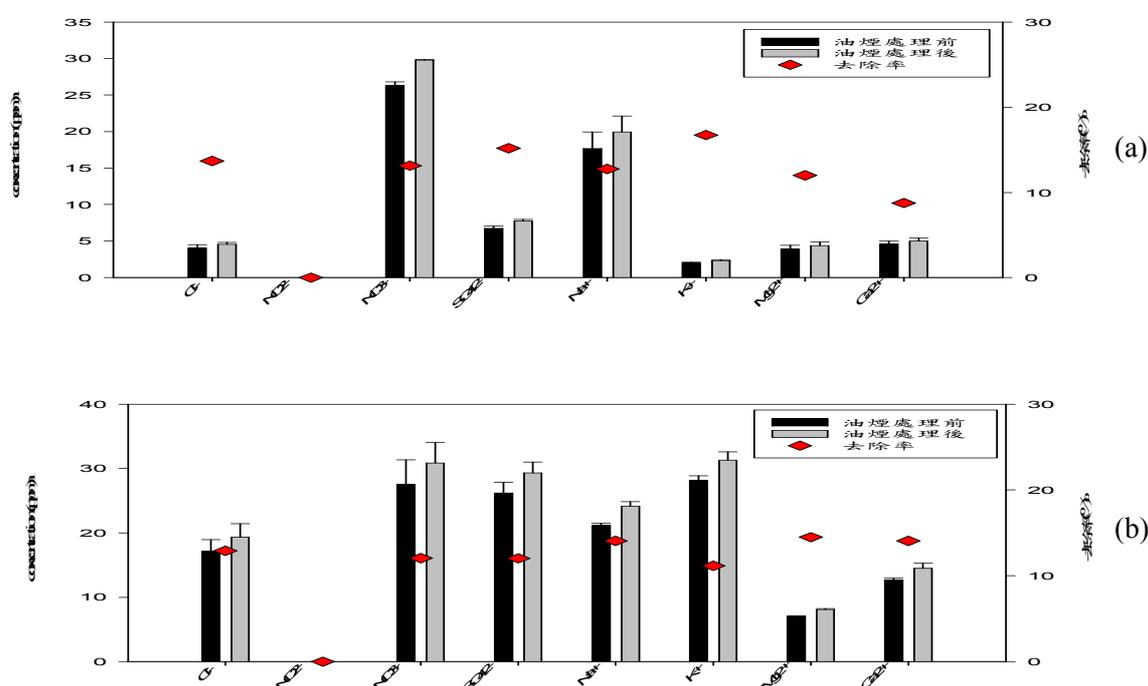


圖 1 燒烤溫度 180°C 經清水及酵素水洗處理前後水洗塔出流水中水溶性離子濃度及去除率

(a) 180°C 未添加酵素處理前後水洗塔出流水中水溶性離子濃度與去除率

(b) 180°C 添加酵素(1:100)處理前後水洗塔出流水中水溶性離子濃度與去除率

由圖中(b)可知油煙廢氣經酵素水洗試驗後水洗塔出流洗液中水溶性陰陽離子濃度亦皆有增加之趨勢。比較圖 1(a)清水試驗與(b)酵素水洗試驗發現, 當油煙廢氣經酵素水洗試驗後水洗塔出流洗液中水溶性陰陽離子所增加濃度除 NO_3^- 離子外, 其餘皆比清水試驗增加濃度高, 由此可知, 酵素水洗試驗所能溶解油煙廢氣中水溶性陰陽離子效果較好。由圖 1(a)油煙廢氣經清水試驗去除效率可知, 實驗分析之水溶性陰陽離子皆有達到去除效果, 去除效率範圍為 8.76~16.74%。

二、高溫(220°C)下水洗塔出流洗液有無酵素之影響

圖 2 為高溫(220°C)下清水試驗與酵素水洗試驗水洗塔出流洗液中水溶性陰陽離子濃度

變化。由圖中(a)可知油煙廢氣經清水試驗後水洗塔出流洗液中水溶性陰陽離子濃度除 Mg^{2+} 離子外，其餘皆有增加之趨勢， Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 離子平均增加濃度依序為 0.28、4.01、0.88、2.51、0.24 與 0.67 ppm。

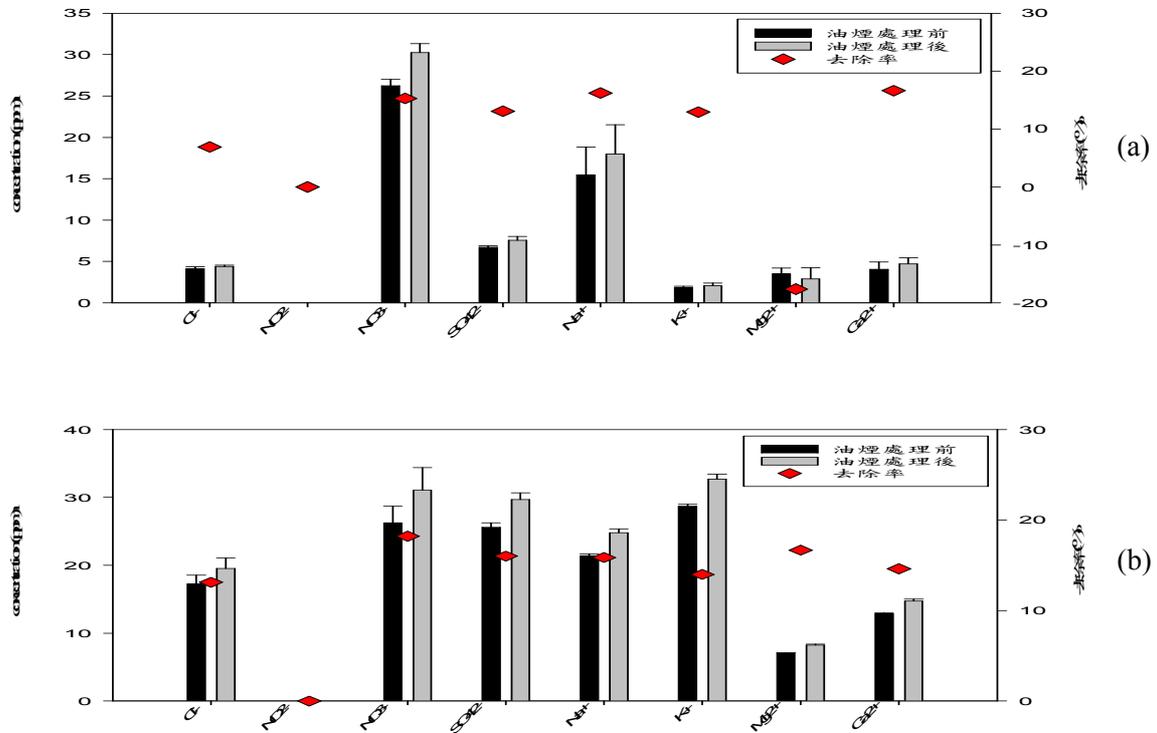


圖 2 燒烤溫度 220°C 經清水及酵素水洗處理前後水洗塔出流水中水溶性離子濃度及去除率
(a) 220°C 未添加酵素處理前後水洗塔出流水中水溶性離子濃度與去除率
(b) 220°C 添加酵素(1:100)處理前後水洗塔出流水中水溶性離子濃度與去除率

由圖中(b)可知油煙廢氣經酵素水洗試驗後水洗塔出流洗液中水溶性陰陽離子濃度皆有增加之趨勢， Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 離子平均增加濃度依序為 2.27、4.78、4.1、3.4、4.01、1.17 與 1.87 ppm。

由圖 2(a)清水試驗去除效率可知，除 Mg^{2+} 離子外其餘皆有達到去除效果，去除效率範圍為 6.91~16.63%。圖 2(b)酵素水洗試驗皆有達到去除效果，去除效率範圍為 13.11~18.21%。比較圖 1 圖 2 燒烤溫度設定 180°C 與 220°C 可知，於清水試驗下兩種燒烤溫度之平均去除效率略同；於酵素水洗試驗下燒烤溫度 220°C 較 180°C 之平均去除效率高，但差距不大。

三、低溫(180°C)下粒狀物相有無酵素之影響

圖 3 為低溫(180°C)下清水試驗與酵素水洗試驗粒狀物中水溶性陰陽離子濃度變化。由圖中(a)可知未經處理油煙廢氣中 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 離子平均質量濃度依序為 5.59、3.92、6.03、4.30、1.69、1.30、1.60 $\mu g/m^3$ ，此實驗結果較 Siao et al. (2008) 試驗於 190°C 下利用玉米油烹煮豆腐與搭配三種不同烹煮方式(油煎、快炒和油炸)所產生濃度高，其原因可能為油煙廢氣產生來源與烹煮方式不同[3]。當油煙廢氣經清水試驗後 Cl^- 、

NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 離子平均質量濃度依序為 2.58、3.92、3.30、2.46、1.89、1.30、1.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比較可知 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 離子於清水試驗下平均質量濃度有達到減低效果，其餘四種離子於清水試驗前後結果差距不大。圖中(b)可知油煙廢氣經酵素水洗試驗後 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 離子平均質量濃度依序為 2.73、4.26、5.17、2.40、2.78、1.32、1.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比較可知 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 離子於酵素水洗試驗下有達到減低效果。比較圖 3(a)(b)發現， Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 離子無論於清水試驗或酵素水洗試驗下，平均質量濃度皆有達到降低效果，低於未經處理油煙濃度之 1.8~2.2 倍。

由圖 3(a) 清水試驗去除效率可知， Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 離子有達到去除效果，去除效率依序為 53.78、45.23、42.74 及 5.55%，其餘離子皆有生成之現象。由圖 3(b) 酵素水洗試驗去除效率可知， Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 離子有達到去除效果，去除效率依序為 51.05、14.33 及 44.18%。比較圖 3(a) (b)可知，酵素水洗試驗較清水試驗去除效果差，

四、高溫(220°C)下粒狀物相有無酵素之影響

由圖 4 (a)可知未經處理油煙廢氣中 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 離子平均質量濃度依序為 2.16、3.59、5.28、2.17、1.77、1.21、1.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。Dugo et al. (2007)分析花生油、大豆油、葵花油與玉米油中陰離子濃度以 Cl^- 離子最高 SO_4^{2-} 離子最低， Cl^- 離子平均濃度範圍 1~6.5 ppm， SO_4^{2-} 離子平均濃度範圍低於 1 ppm，可發現其測得濃度很低，且與本實驗結果不大相同，其原因可能為本實驗過程中未使用任何油品，使得實驗結果不同[6]。圖中 (b)可知油煙廢氣經酵素水洗試驗後， SO_4^{2-} 離子於酵素水洗試驗下平均質量濃度達到降低成效。

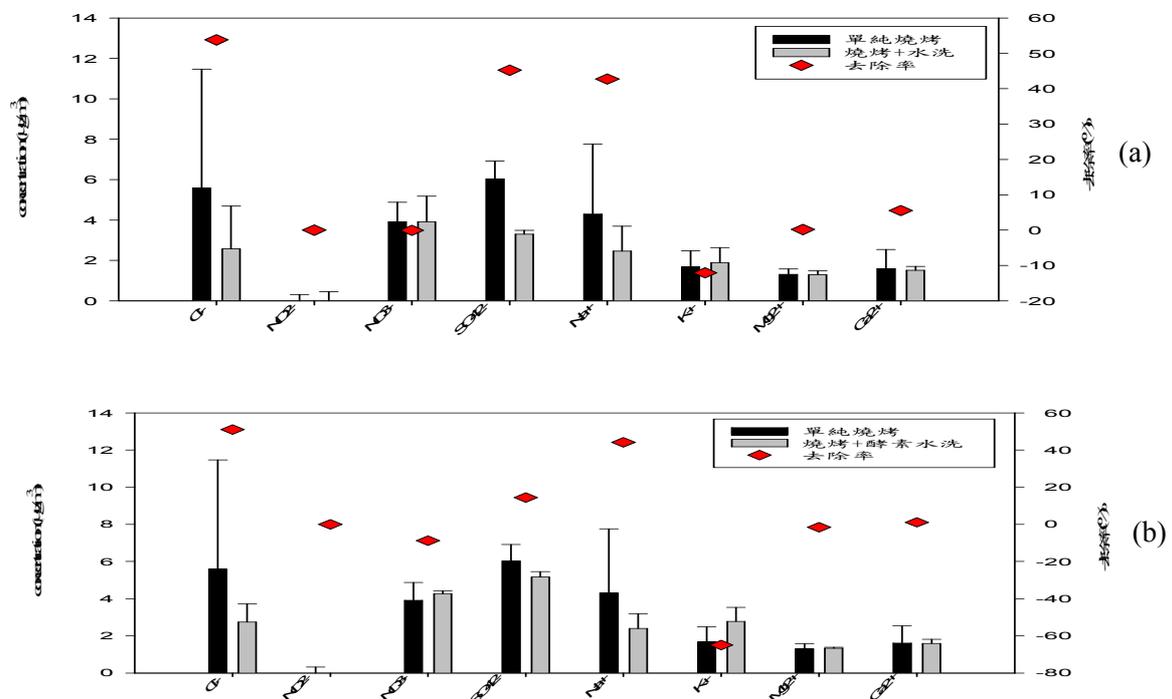


圖 3 燒烤溫度 180°C 經清水及酵素水洗處理前後粒狀物中水溶性離子濃度及去除率
 (a) 180°C 未添加酵素處理前後粒狀物中水溶性離子濃度與去除率
 (b) 180°C 添加酵素(1:100)處理前後粒狀物中水溶性離子濃度與去除率

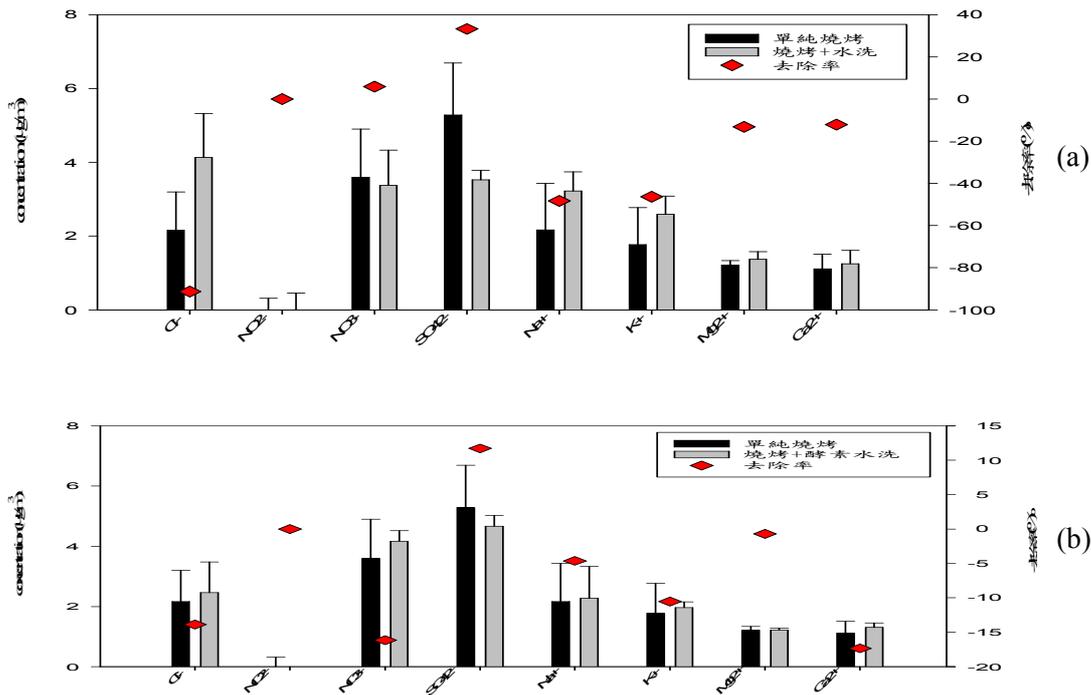


圖 4 燒烤溫度 220°C 經清水及酵素水洗處理前後粒狀物中水溶性離子濃度及去除率
 (a) 220°C 未添加酵素處理前後粒狀物中水溶性離子濃度與去除率
 (b) 220°C 添加酵素(1 : 100)處理前後粒狀物中水溶性離子濃度與去除率

肆、參考文獻

1. 李文智(2005)。焚化爐排放戴奧辛類化合物之處理劑及程序。中華民國專利公報，證書號數：1231234，第 493-496 頁。
2. Dugo, G. Pellicano, T. M., Pera, L. L., Turco, V. L., Tamborrino, A., Clodoveo, M. L. (2007). Determination of inorganic anions in commercial seed oils and in virgin olive oils produced from de-stoned olives and traditional extraction methods, using suppressed ion exchange chromatography(IEC). *Food Chemistry*, 102, 599–605.
3. Siao, W. S., Rajasekhar, B. (2008). Chemical characteristics of fine particles emitted from different gascooking methods. *Atmospheric Environment*, xxx, 1–11.
4. Wu, P. F., Chiang, T. A., Wang, L. F., Chang, C. S. (1998). Nitro-polycyclic aromatic hydrocarbon contents of fumes from heated cooking oils and prevention of mutagenicity by catechin. *Mutation Research*, 403, 29–34.
5. Yang, J., Jia, J., Wang, Y., You, W. (2005). Treatment of cooking oil fume by low temperature catalysis. *Applied Catalysis B: Environmental*, 58, 123–131.