

行政院國家科學委員會專題研究計畫進度報告

拜香燃燒煙污染物的控制 (1/2)

Control for Incense Smoke Pollutant (1/2)

計畫編號：NSC-92-2320-B-002-157

執行期限：92 年 8 月 1 日至 93 年 7 月 31 日

主 持 人：林嘉明 台灣大學環境衛生研究所

參與人員：楊慈定 台灣大學環境衛生研究所

陳志傑 台灣大學職業與工業衛生研究所

馬一中 台灣大學環境衛生研究所

黃明豐 台灣大學環境衛生研究所

中華民國九十三年五月

整體計畫概述

50%以上的台灣家庭有經常燃燒拜香習俗，暴露拜香燃燒煙的族群幾乎涵蓋所有的年齡層，尤其是居家時間相對較長的病人、老少、婦女等。拜香燃燒所產生的煙霧為複雜的混合物，包含氣相的化合物以及載有化合物的高數目濃度的細粒徑微粒，容易深入人體呼吸道系統之肺泡區，倘若拜香燃燒煙是健康的危害，則它將是與其他燃燒行為如抽煙一樣，成為受關心的公共衛生問題。癌症流行病學研究中，暴露拜香煙霧被懷疑可能和肺癌、白血病及腦瘤的發生有所關聯。至於細胞毒理實驗則顯示：拜香燃放物中的多環芳香烴化合物（PAHs）及甲醛具有致突變性和細胞染色體變異的效應。過去對拜香煙霧特性的研究皆是在燃燒條件未控制下進行，而相關的人類暴露資訊則常以問卷取代實測，燃燒環境條件和原料的組成對拜香燃燒特性生成物及暴露影響則鮮少探討，至於減少暴露的控制技術則更少。因此本研究群於 90 年度的相關研究計畫完成可以控制燃燒環境的測試系統，初步掌控燃燒環境與拜香燃燒生成物之間的關係，認為健康拜香的研發似乎應朝向低熱值、低碳含量、低揮發物的原料著手，但是必須進一步瞭解有機污染物生成的資訊，另外為降低使用拜香的微粒危害有必要研發去除微粒的控制技術故本計畫案預定兩年完成（1）探討拜香燃燒物中 PAH、脂肪族醛及其他揮發性有機物的生成及其在氣固相（微粒上）的分佈，累積拜香燃燒物的特性資料，以利進一步研發拜香污染的控制技術；（2）建立拜香燃燒時重要氣態污染物生成濃度的預測模式，並以此模式為基礎篩選組成低污染拜香的處方，再經由實驗數據予以驗證；（3）比較各種微粒控制技術用在拜香燃燒煙微粒去除的效率。

九十二年度計畫進度

一、工作項目

1、選擇拜香

選取同一品牌拜香 A(檀香)、B(無煙香)與 C(檜香)三種拜香進行研究，拜香 A 與 B 為含有中心竹材的線香，拜香 C 為不含中心竹材的臥香，拜香 A 的粉末由三種植物所組成分別為 *Santalum album* L., *Machilus nanmu* Hemsl, 和 *Pine oleoresin*，拜香 B 並不知道組成的植物粉末原料，拜香 C 為檜木粉末所構成。另外，拜香組成的操作變項包括：拜香粉末原料、粉末顆粒大小、竹材粗細、拜香的粗細。

2、分析拜香的元素組成與熱值

對所選用的拜香，使用元素分析儀進行 C、H 及 N 元素分析，並使用熱卡計進行熱值分析。

3、分析拜香原物料萃取的有機化合物

將 A、B 與 C 拜香，以乾淨的剪刀，剪成細小的數段，經秤重量分別為 0.4876、0.3456 與 0.4510 g，分別放到 8 ml 茶色樣品瓶中，加入 5 ml 二氯甲烷，振盪 60 min，取出 1 ml 置於 1.8 ml 茶色樣品瓶，再加入 2 ng Anthracene-d10 當作內標，隨即以氣相層析質譜儀分析。所有樣本在採樣後一星期內分析完畢。氣相層析質譜儀分析的分析條件如下所述：分析管柱：Rtx-5MS，60 m × 0.32 mm × 1.5 μm。載送氣體流量為 1.0 ml/min。升溫程式：40 °C，1.5 min → 10 °C/min → 300 °C，10 min。注射口溫度：300 °C。GC/MS 介面溫度：300 °C。不分流模式。質譜儀操作模式為掃描模式 (scan mode)，掃描範圍在 30 - 550 之間，溶劑延遲 (solvent delay) 時間為 5.2 min，Anthracene-d10 定量的離子 188。

4、建置燃燒測試系統

可控制燃燒條件的測試系統可供燃燒生成物的採樣分析。如圖 1，測試系統構造包括、拜香燃燒污染物產生單元、採樣測試腔。以下簡單說明此系統中的各單元結構：(1)拜香燃燒物的產生單元：點燃的拜香置於內徑 2 cm、高度 15 cm 的圓管內，調整拜香燃燒點的流率及含氧比率，令產生的氣態和微粒污染物測試腔中。拜香燃燒點的流率及含氧比率的調整，使用兩瓶高純度 N₂ 和 O₂ 的鋼瓶，分別經由調壓閥和 HEPA 去除微粒，再經由質量流量控制器分別控制不同 N₂ 和 O₂

的流量進入氣體混合腔，讓 N_2 和 O_2 混和均勻，拜香燃燒點溫度的量測，使用鎳鉻和鎳鋁所製成的 K-type Thermocouple，此時因為拜香燃燒時香枝會隨時間縮短，必須隨時調整拜香燃燒點高度，以維持拜香燃燒點位置。(2)採樣測試腔：拜香燃燒產生的氣態和微粒污染物進入採樣測試腔中，供採樣分析。採樣測試腔內徑 20 cm、高度 60 cm，可以在距離採樣測試腔底部 41 cm 處進行微粒相污染物的採樣。另外，在不同氣流量的燃燒條件的測試系統的構造唯一改變為高壓空氣經 HEPA 去除微粒，經由質量流量控制器調控不同流量，導入拜香燃燒室中。

5、量測燃燒生成的總揮發性有機氣體、CO、CO₂ 等濃度

總揮發性有機氣體濃度之量測使用 Mini-Rare 2000 (RAE SYSTEMS Inc., U.S.A.)。另外，設計小型稀釋腔導入拜香煙經過濾微粒，然後藉由高純度的氮氣將拜香燃燒所生的 CO、CO₂ 稀釋，再使用 Q-Trak™ IAQ Monitor (Model 8550/8551, TSI Inc., U.S.A.) 量測，因為拜香燃燒所產生的 CO、CO₂ 濃度高於儀器偵測上限。

6、量測燃燒生成的微粒粒徑分佈

使用包括靜電分徑儀 (Electrostatic Classifier Model 3071A, TSI Inc., St. Paul, MN) 和凝結核微粒計數器 (Condensation Particle Counter Model 3025, TSI Inc., St. Paul, MN) 兩個部分串接形成的 Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)，量測拜香燃燒所產生的微粒粒數濃度。SMPS 微粒粒徑量測範圍介於 17.2~1000 nm。

7、採樣分析微粒相上的有機化合物

針對拜香燃燒煙的微粒相進行採樣分析。採樣使用閉口式濾紙夾，搭配直徑 37 mm，含碳成分低，且較玻璃纖維濾紙不易吸附有機蒸氣之石英濾紙，採樣前，置入 900 ℃ 之高溫爐中烘烤八小時，去除濾紙上有機物質，待濾紙冷卻後保存於乾燥箱內 (R.H.=45~50 %)，以備使用。採樣流量為 2 L/min，採樣流量藉由質量流量控制器控制，每次採樣前使用皂泡計進行校正。採樣時間為 10 min。

濾紙所採得的樣品使用二氯甲烷(CH_2Cl_2)進行溶劑萃取。處理程序包括：(1) 萃取：將所採得之濾紙樣本分別置於 8 ml 之棕色樣本瓶中，加入 5 ml 的 CH_2Cl_2 ，以鋁箔紙封住瓶口，置入超音波中，以超音波震盪 60 分鐘，取 1ml 萃取液置於 1.8 ml 茶色樣品中，並加入 2 ng (拜香 A) 或 20 ng (拜香 B) 的 Anthracene-D10 作為內標，避光貯存於 -18 ℃，等待分析。使用氣相層析/質譜儀進行微粒相有機物種的定性與定量。氣相層析/質譜分析條件如下所示：(1) 毛細管柱：RTX RTX-5MS, I.D. 0.32 mm, length 60 m, film thickness 1.50 μm ；(2) 烘箱升溫梯度：保持 40 ℃ 初溫 1.5 分鐘，以每分鐘 10 ℃ 升溫速率加熱到 300 ℃，維持 300

末溫 10 分鐘，總共 40.5 分鐘；(3)注射口溫度：300 ；(4)GC/MS 介面溫度：32.00 ；質譜採用 Scan mode 掃描，掃描 m/z 範圍為 30-550；(5)載流氣體與流速：He，1.3 ml/min；(6)樣品注射體積：1 μ l；(7)注射採非分流(splitless)方式。

8、採樣分析燃燒生成的氣相有機化合物

針對空氣中揮發性有機物(VOC)進行採樣，採用石英濾紙搭配活性碳吸附管，石英濾紙用以去除拜香燃燒所產生的微粒相物質，採樣流量率為 0.22 L/min，採樣時間為 15 min。

將吸附管前後段取出分別放到 1.8 ml 茶色樣品瓶中，加入 1 ml 二硫化碳，振盪 60 min，再加入 2 ng 的 ethyl benzene-d10 當作內標，隨即以氣相層析/質譜儀進行微粒相有機物種的定性與定量分析。所有樣本在採樣後一星期內分析完畢。氣相層析/質譜分析條件如下所示：分析管柱：Rtx- Volatile，60 m $\times$ 0.32 mm $\times$ 1.5 μ m。載送氣體流量為 0.8 ml/min。升溫程式：40 ，8 分 $\rightarrow$ 5 /min $\rightarrow$ 220 ，10 min。注射口溫度：220 。GC/MS 介面溫度：260 。分流比 1.1。質譜儀操作模式為掃描模式 (scan mode)，掃描範圍在 25 300 之間，6.80 至 9.5 分時設定 MS detector off 以避免大量的萃取溶劑對儀器的傷害；ethyl benzene-d10 定量的離子 98。

9、有機化合物物種鑑別與定量

完整可靠的定性分析要使用每個物質的標準品，經由分析樣品比對由氣相層析分離得到滯留時間與由質譜得到的圖譜後才能確認。但在缺乏標準品的情況下，直接由氣相層析質譜進行有機物的定性分析，通常是使用內見的電腦軟體來協助判斷，由電腦內儲存的已知物質的質譜圖譜，經自動收尋的功能比對後將最可能的物質列出，並將比對用相似指數表示(match quality)。

為較準確的判定由拜香燃燒產生的有機污染物成分，本研究利用下列原則進行定性分析：(1)對所有在總離子強度明顯高於背景離子強度的波峰積分，然後先進行背景離子扣除步驟。(2)質譜圖譜與 library 比對結果高的相似性指數大於，仔細比較 Library 的圖譜與分析得到的圖譜，了解是否其中明顯含有其它的物質。(3)對於比對後相似性小於 80 的物質，利用 RIC 了解是否各波峰中含有兩種或兩種以上的物質。(4)針對(3)過程中判斷有其他物質存在造成複合質譜譜圖者，利用背景離子扣除的功能取得更具代表性的質譜譜圖。(5)利用 Library search 再次比對(4)得到的譜圖，以獲得新的 match quality。(6)由(5)中得到大於 80 的 match quality 者，在根據對質譜圖譜的解釋，來判斷比對的正確性。

一旦有機化合物被鑑別出來，每個鑑別出來的有機物選取 2~4 各特定離子

(Target Ion)作為往後定性的依據，並以 response 最大的特定離子作為定量離子，將個別有機化合物和內標的定量離子的強度相對比值定義為相對強度因子(Relative response factor)藉以量化有機化合物。

10、計算與數據處理分析

10-1 拜香燃燒速率的計算

拜香燃燒前與燃燒後重量差值除以燃燒時間即為燃燒速率。

10-2 氣態與微粒態污染物排放率與排放因子

依質量平衡原理氣態或微粒態污染物排放率與排放因子是根據公式(1)導出：

$$V \times \frac{dC_i}{dt} = R \times E_f - Q \times C_i \quad (1)$$

式中V為測試腔體積(m³)；C_i為氣態或微粒態污染物濃度(mg/m³或particles/cm³)；R為拜香燃燒速率(g/min)；E_f為氣態或微粒態污染物排放因子(mg/g或particles/g)；Q為氣體流量(0.005 m³/min)。在拜香被點然後，拜香所產生的污染物濃度在短時間達到動態平衡，此時公式(1)中的 dC_i/dt = 0，則(1)式可被改寫為下式：

$$E_f = \frac{Q \times C}{R} \quad (2)$$

式中，C為測試腔內平衡時的氣態或微粒態的污染物濃度(mg/m³或particles/cm³)。如果上式應用於總揮發性有機化合物，因為總揮發性有機化合物(TVOCs)之量測，儀器讀出濃度以ppm表示，當轉換成mg/m³時則假設總揮發性有機化合物的分子量為100 g。

二、結果與討論

1、拜香的元素組成與熱值

拜香 A、B 和 C 原料的熱值分別為 3936、4619 和 4756 Kcal/Kg。碳、氫、氮、灰燼及水份的組成分別為拜香 A(檀香)的 43.59、5.40、0.61、7.72 和 7.39 %；拜香 B(無煙香)的 55.24、3.96、0.57、10.30 及 6.16 %；拜香 C(檜香)的 53.38、4.71、0.51、12.55 及 9.56 %。(表 1)

2、燃燒速率與燃燒點溫度關係

固定流量率(5 L/min)下，空氣含氧量決定燃燒狀態(悶燒或有火焰燃燒)與燃燒點的溫度。當含氧量分別在 19-45 %、18 -32.5 %的範圍變動時，A 與 B

兩種拜香分別處於悶燒狀態，低於該範圍則熄滅，高於該範圍則轉成有火焰燃燒。悶燒時燃燒點溫度自 400 升到 650，當溫度超過大約 650 時瞬即轉為有火焰燃燒，其溫度範圍 760 升到 1200。燃燒速率隨著燃燒點溫度的升高成比例的增加。(圖 3)在相同燃燒條件下，拜香 B 的燃燒速率與燃燒點溫度高於拜香 A，可能因為拜香 B 原料熱值高於拜香 A 所造成。

3、微粒的排放特性

在相同的燃燒條件下悶燒拜香 A 產生的微粒大於拜香 B 所產生者，前者的數目粒徑中位數約為 0.2-0.3 μm ，後者約為 0.1-0.2 μm 之間 (圖 4)。在無火焰狀態燃燒拜香 A 與 B，隨者氣體含氧量升高，燃燒點溫度升高，數目及體積粒徑中位數亦隨著變大，數目濃度及體積濃度亦增加，每克拜香所產生的體積排放因子增加，但數目排放因子不升反降 (圖 5)。

在悶燒與火焰燃燒的狀況，質量濃度隨含氧量增加，質量排放因子亦呈現增加現象。在大氣含氧量為 20% 的狀況下，燃燒拜香 A 所產生的微粒質量濃度排放率及排放因子分別為 33.4 mg/hr 與 29.0 mg/g，燃燒拜香 B 分別為 5.7 mg/hr 與 4.21 mg/g。燃燒拜香 C 分別為 13.5 mg/hr 與 16.0 mg/g (圖 6)。

4、CO、CO₂ 與 TVOC 等的排放與燃燒效率

悶燒拜香 A 與 B 時，氣相 CO、CO₂ 與 TVOC 的濃度隨者供應氣體含氧量升高，檀香 A 所產生的 CO、CO₂ 濃度小於無煙拜香 B 所產生者，TVOC 的產生則檀香 A 大於無煙拜香 B。將濃度以拜香燃燒的克數歸一化成“排放因子”後，檀香 A 所產生的 CO、CO₂ 排放因子小於無煙拜香 B 所產生者，TVOC 的排放則檀香 A 大於無煙拜香 B。排放因子隨著供應氣體含氧量增加而變化，CO 的排放因子上升，CO₂、TVOC 的排放因子則緩勢下降。當達到火焰燃燒之際，CO、TVOC 的濃度及排放因子迅速下降而且低於悶燒時之所見，CO₂ 則較特殊，除檀香 A 的排放因子下掉外其餘的濃度與排放因子均陡升。(圖 7 與 8)。

拜香從悶燒到有火焰燃燒時，燃燒效率範圍從 60~75 % 轉到高於 90 %，當悶燒拜香時，檀香 A 與無煙拜香 B 的燃燒效率沒有隨著氣體含氧量的增加而有顯著的變化，兩種拜香的燃燒效率亦無顯著的差異。暗示悶燒拜香時其燃燒機制以熱裂解為主，有火焰時才真正的完全燃燒，促使 CO 氧化為 CO₂ 和進一步的破壞有機化學物質(圖 9)。

5、氣流影響氣體和微粒的排放

當氣流流量率從 1 L/min 增加到 15 L/min 時，拜香的燃燒速率隨流量率增加，

因為隨氣流上升可增加氧分子傳輸到燃燒點表面，當流量率超過 15 L/min 時，氣流有意義的帶走燃燒表面所產生的熱，燃燒速率逐漸下降。此時 CO、CO₂、TVOC 及微粒等的排放率與排放因子的增加亦趨於平坦，但 CO₂/(CO+CO₂)的比值反而下降，表示燃燒愈不完全。又隨著氣流的流量率上升微粒粒數及體積中位數粒徑有下降趨勢，因高流量率下快速稀釋高濃度微粒，致膠結效應減愈弱。總之，流量率為 1 L/min 時，氣相和微粒相的排放率與排放因子最低，且燃燒效率愈完全。

6、拜香原物料萃取液的有機化學物種

A(檀香)、B(無煙香)與 C(檜香) 等拜香溶劑萃取液分別被鑑定出 25、19 與 84 種有機化學物質。大量的天然植物性香料貢獻的烯、醇、酚、醛、酮類；拜香 C 可能含動物性香料 Musk(麝香)；拜香 A 與 C 含有 Camphene(樟腦精)；皆含有當作塑化劑的 Diethyl phthalate 和 Bis(2-ethylhexyl)phthalate。(表 2~3)

7、微粒相有機化合物的鑑定

表 4 與 5 鑑定悶燒與火焰燃燒拜香 A 與 C 所排放的微粒相有機化合物。悶燒拜香 A，質譜圖譜經由資料庫比對結果，相似性指數大於 80 的微粒相有機污染物包括：(1) phenol 類 (2)Guaiacol 類 (3) Syringol 類 (4) PAH 類 (5)醛類(6) 酯類，以及 (7). 2,3,5-Trimethoxytoluene。其中 2-methoxy-5-vinylphenol、4-hydroxy-3-methoxy-benzaldehyde、syringaldehyde、Bornyl cinnamate 2 和 Bis(2-ethylhexyl)phthalate 在原物料分析時已被鑑別出來。拜香 A 轉成火焰燃燒時，微粒相有機污染物果主要為碳數 21 到 29 的正烷類，可能係苯環類有機物裂解為高碳數的直鏈正烷類。

被稱為無煙拜香的 B，悶燒時，微粒相未發現任何的有機化合物，也許因為拜香的原料已經被經過熱處理且含有較高的熱值。

悶燒與火焰燃燒拜香 C，微粒相有機化合物包括：(1)烷類 (2).酚類 (3)Guaiacol 類 (4) Syringol 類 (5)PAH 類 (7)酯類，以及 2,3,5-Trimethoxytoluene、2-methyl-4-butyryl-phloroglucine 和 3-KETO-URS-12-ENE。除 2,3,5-Trimethoxytoluene、2-methyl-4-butyryl-phloroglucine 和 3-KETO-URS-12-ENE、sinapyl aldehyde 和 2,3,5-Trimethylnaphthalen 等五項有機化合物外，其餘各有機污染物被懷疑為存在原物料中的原形凝結在微粒表面，未經熱裂解，因為在原物料萃取液時皆已被鑑別出來。

悶燒拜香 C 所排放的酚、Guaiacol、Syringol、PAH 與醛類、2,3,5-Trimethoxytoluene、2-methyl-4-butyryl-phloroglucine 和

3-KETO-URS-12-ENE 等微粒相有機物，隨燃燒時含氧量的增加而上升，但轉為火焰時，上述的有機物迅速下降，因為被高溫破壞。另外，悶燒火焰燃燒拜香 C 所排放的微粒相低碳數烷類有機污染物，隨含氧量的增加，呈現下降的趨勢，因為低溫下產生較多量低碳數的烷類，隨溫度的升高，低碳數的烷類量的減少可能是被高溫進一步破壞。

Guaiacol 和 Syringol 類的同質衍生物主要來自於木質素的熱解，Furan 類的衍生物主要來自於多醣體的熱解 (Edye, et al, 1991)。另外，Ohlemiller, et al, (1995) 發現悶燒燃料會產生比火焰燃燒燃料產生更多的毒性有機污染物。本研究燃燒拜香 A 與 C 的無火焰有機污染物釋放量相較於有火焰燃燒高和 Ohlemiller, et al, (1995) 研究結果一致。

最後，若單一微粒相所含有機污染物對健康的影響，拜香 B 相較於拜香 A 與 C 可被視為較健康的拜香，因為有較低的微粒相有機污染物的釋放。

8、鑑定氣相揮發性有機污染物

表 6~8 鑑定悶燒與火焰燃燒拜香 A、B 與 C 所排放的氣相揮發性有機污染物。在悶燒拜香 A，鑑別十七種揮發性有機污染物屬於烷、烯、醛、酮、呋喃等類及苯環衍生物。當拜香燃燒轉為火焰時，僅存 1-propene 被發現。

在悶燒拜香 B，鑑別十種揮發性有機污染物屬於烷、烯、醛、酮、呋喃等類及苯環衍生物。當轉為火焰時，僅存 1-propene 與 toluene 被發現。

在悶燒拜香 C，鑑別二十三種揮發性有機污染物屬於烷、烯、醛、酮、呋喃等類及苯環衍生物外，尚包括 camphene, limonene, 與 camphor。當轉為火焰時，大部分有機揮發物依然存在，也許因為燃燒點溫度不夠高，無法將之進一步分解破壞。除 camphene, limonene, 與 camphor 可能為拜香原物料中存在的揮發物，其餘鑑別出的揮發性有機物為燃燒的真正產物。

此外，在上述鑑別出的 hexane, methyl-cyclopentane, 2,2-dimethyl-hexane, benzene 也存在活性碳吸附管中，在計算總揮發性有機物的量時有扣除背景值。

在悶燒 A、B 與 C 拜香階段，隨含氧量的增加，鑑別出的總揮發性有機化合物的相對強度因子皆呈現上升趨勢，相對強度因子範圍分別為 A(21.6~48.8)、B(6.12~10.55)與 C(9.99~20.67)。當拜香燃燒剛開始轉為火焰時，總揮發性有機化合物的相對強度因子隨之下降，相對強度因子分別為 A(0.05)、B(1.05)與 C(12.9)。另外，將上述結果和使用直讀式總有機碳分析結果互相比較，呈現一致性的趨勢。

三、擬發表之著作

1. Tzu-Ting Yang¹, Jia-Ming Lin² and Chih-Chieh Chen, Characterization of aerosol

emission from smoldering incenses. (Submitted to Aerosol Science and Technology, in revision)

2. Tzu-Ting Yang¹, Chih-Chieh Chen² and Jia-Ming Lin, Effect of air flow on emission of smoldering incense. (Submitted to Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology for review)
3. Tzu-Ting Yang, Ming-Heng Huang, Yee-Chung Ma, Jia-Ming Lin, Characterization of organic compounds in gas phase and particulate phase from smoldering and flaming incense. (In preparation)

Table 1. Chemical compositions and heating value of incense of incense A、 B and C

Unit (%)	Incense A	Incense B	Incense C
C	43.59	55.24	53.38
H	5.40	3.96	4.71
N	0.61	0.57	0.51
Ash	7.15	10.53	12.55
Water	7.39	6.16	9.56
Volatile	75.8	49.79	27.84
Heatig value (Kcal/Kg)	3936	4619	4756

Table 2 Identification and Quantification of the organic compounds from the material of incense A and B

Target Compound of incense A	R.R.F	Target Compound of incense B	R.R.F
1 2-Cyclohexen-1-one	6.44	1 2-Cyclohexen-1-one	0.06
2 Camphene	3.72	2 Menthone	0.01
3 Benzaldehyde	3.88	3 Dodecane	0.01
4 Camphor	2.78	4 ANETHOLE	0.02
5 Dodecane	1.29	5 Tridecane	0.03
6 berbenone	1.00	6 EUGENOL	0.52
7 Tridecane	2.80	7 anethole	1.00
8 2-Methoxy-5-vinylphenol	1.74	8 2,3-dihydro-1H-Inden-1-one	0.03
9 Tetradecane	2.58	9 Tetradecane	0.02
10 4-hydroxy-3-methoxy-Benzaldehyde	0.78	10 4-hydroxy-3-methoxy-Benzaldehyde	0.02
11 Pentadecane	1.38	11 .alpha.-CEDRENE	0.07
12 Hexadecane	1.27	12 WIDDRENE	0.02
13 Diethyl phthalate	9.02	13 alpha-curcumene	0.02
14 Syringaldehyde	1.42	14 Pentadecane	0.01
15 Benzyl benzoate	1.03	15 (+)-CUPARENE	0.03
16 Docosane(C22H46)	0.92	16 Hexadecane	0.01
17 Bornyl cinnamate 2	128.72	17 Diethyl phthalate	0.07
18 Tricosane(C23H48)	1.68	18 Cedrol	0.18
19 Tetracosane(C24H50)	1.95	19 Bis(2-ethyhexyl)phthalate)	0.05
20 Pentacosane(C25H52)	2.38		
21 Bis(2-ethyhexyl)phthalate)	19.09		
22 Hexacosane(C26H54)	2.58		
23 Heptacosane(C27H56)	2.77		
24 Octacosane(C28H58)	2.03		
25 HINOKININ	53.56		
Anthracene-d10*	1.00		

* Internal standard

R.R.F is relative response factor

Table 3 Identification and Quantification of the organic compounds from the material of incense C

Target Compound of incense C	RSD	Target Compound of incense C	R.R.F	Target Compound of incense C	R.R.F
1 SANTENE	0.03	31 ANETHOLE	0.01	61 gamma.-Cadinene	0.82
2 tricyclene	0.07	32 berbenone	0.02	62 .delta.-cadinene	0.26
3 thujene	7.28	33 Linalyl acetate	0.24	63 Phenylphenol	1.76
4 .ALPHA.-PINENE	8.01	34 E-Citral	0.24	64 .ALPHA.-CALACORENE	0.25
5 2-Cyclohexen-1-one	0.26	35 dl-Limonene	0.07	65 Hexadecane	0.03
6 Camphene	1.00	36 bornyl acetate	0.98	66 Diethyl phthalate	0.10
7 verbenene	0.03	37 ISOBORNYL ACETATE	0.90	67 (-)-Caryophyllene oxide	0.16
8 Benzaldehyde	0.01	38 Tridecane	0.05	68 Cedrol	1.91
9 cymene	0.08	39 EUGENOL	0.11	69 Syringaldehyde	0.02
10 beta.-PINENE	2.76	40 anethole	0.02	70 Benzyl benzoate	1.12
11 MYRCENE	0.15	41 2,3-dihydro-1H-Inden-1-one	0.01	71 2-methyl-4-butyryl-phloroglucine	0.09
12 l-Phellandrene	0.11	42 2-Methoxy-5-vinylphenol	0.02	72 Chlorothalonil	0.36
13 .DELTA.-3-CARENE	0.21	43 .Alpha.-Terpinene	0.86	73 musk	0.16
14 cymene	2.74	44 2,6-dimethoxy-Phenol	0.01	74 Heneicosane(C21H44)	0.01
15 LIMONENE	2.72	45 .ALPHA.-COPAENE	0.27	75 Docosane(C22H46)	0.01
16 TRANS.-BETA.-OCIMENE	0.01	46 Tetradecane	0.04	76 Tricosane(C23H48)	0.01
17 dihydromyrcenol	0.08	47 beta.-elemene	0.11	77 dehydroabietic acid	0.46
18 CIS-LINALOOL OXIDE	0.04	48 4-hydroxy-3-methoxy-Benzaldehyde	0.33	78 Tetracosane(C24H50)	0.01
19 dehydro-cymene	0.18	49 Cyperene	0.63	79 Pentacosane(C25H52)	0.01
20 LINALOOLL	3.85	50 alpha.-Gurjunene	0.39	80 Bis(2-ethylhexyl)phthalate)	0.04
21 methyl-Phenol	0.01	51 .alpha.-CEDRENE	4.00	81 Hexacosane(C26H54)	0.01
22 NEO-ALLO-OCIMENE	0.09	52 BETA.-CARYOPHYLLENE	0.84	82 Heptacosane(C27H56)	0.01
23 TERPINENE 1-OL	0.23	53 GAMMA.-MUUROLENE	0.75	83 Octacosane(C28H58)	0.01
24 beta-terpineol	0.29	54 WIDDRENE	2.63	84 3-KETO-URS-12-ENE	0.66
25 Camphor	2.80	55 .ALPHA.-HUMULENE	0.43	Anthracene-d10*	1.00
26 Menthone	0.58	56 alpha-curcumene	0.11		
27 MENTHONE	0.24	57 Pentadecane	0.04		
28 4-terpineol	0.58	58 ACETOVANILLONE	0.01		
29 Dodecane	0.02	59 alpha.-Muurolene	0.40		
30 .ALPHA-TERPINEOL	4.67	60 (+)-CUPARENE	1.13		

* Internal standard
R.R.F is relative response factor

Table 4 Identification and Quantification of the organic compounds of particulate matter using GC/MS from burning incense A

Target Compound	R.T.	Q-Ion	Q-value	20% (n=4)	S.D.**	30% (n=4)	S.D.	40% (n=5)	S.D.	45% (n=1)
Anthracene-D10 *	20.81	188 ,94,160,189	94	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	N.D.
methyl-Phenol	11.08	108 ,107,79	80	N.D.***	N.D.	0.04	0.02	0.10	0.02	N.D.
methyl-Phenol	11.42	108 ,107,80	80	N.D.	N.D.	0.24	0.09	0.52	0.14	N.D.
methoxy-Phenol	11.61	124 ,109,91	81	N.D.	N.D.	0.11	0.05	0.17	0.10	N.D.
4-vinylphenol	13.53	120 ,91,39	87	0.17	0.12	2.85	1.25	3.14	0.91	N.D.
cinnamic aldehyde	13.67	131 ,103,78	82	0.07	0.01	0.25	0.04	0.37	0.06	N.D.
1-INDANONE	14.57	132 ,104,78	90	0.06	0.02	0.17	0.05	0.25	0.06	N.D.
2-Methoxy-5-vinylphenol	14.92	150 ,135,107,77	87	0.32	0.05	1.82	0.40	1.84	0.43	N.D.
2-Methylindanone	15.06	146, 131 , 117	80	0.00	N.D.	0.06	0.02	0.09	0.02	N.D.
2,6-dimethoxy-Phenol	15.41	154 ,139,111	95	1.23	0.12	3.99	0.86	3.38	0.74	N.D.
4-hydroxy-3-methoxy-Benzaldehyde	16.17	152, 151 , 123	90	0.10	0.10	0.83	0.14	0.97	0.19	N.D.
EUGENOL	16.19	164 ,149,131	93	0.04	0.04	0.25	0.05	0.24	0.06	N.D.
ACETOVANILLONE	17.28	151 ,123	90	0.03	0.05	0.47	0.08	0.48	0.07	N.D.
2,3,5-Trimethoxytoluene	17.64	182, 167	86	0.53	0.05	0.98	0.17	0.77	0.16	N.D.
Methoxyeugenol	18.56	194 ,119,91	87	0.18	0.01	0.49	0.09	0.45	0.10	N.D.
Methoxyeugenol	19.14	194 ,119,91	87	0.14	0.02	0.35	0.07	0.26	0.07	N.D.
Syringaldehyde	19.32	182 ,181,167	91	0.08	0.09	0.87	0.16	0.96	0.21	N.D.
Methoxyeugenol	19.69	194 ,119,91	94	0.68	0.03	1.52	0.34	1.15	0.33	N.D.
3-(3',5'-dimethoxy-4'-hydroxyphenyl)-E-2-propenal	22.71	208 ,165,137	80	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.03	0.07	N.D.
Bornyl cinnamate 2	24.91	284, 131 , 109	93	0.22	0.05	0.45	0.04	0.51	0.10	N.D.
Bis(2-ethylhexyl)phthalate	27.33	279,167, 149	80	0.07	0.05	0.11	0.01	0.13	0.02	N.D.
Docosane	24.55	57 ,43	96	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.02
Tricosane	25.38	57 ,43	95	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.07
Tetracosane	26.23	57 ,43	94	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.12
Pentacosane	27.02	57 ,43	91	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.18
Hexacosane	27.77	57 ,43	99	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.18
Heptacosane	28.56	57 ,43	98	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.17
Octocosane	29.40	57 ,43	97	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.11

* Internal standard
** Standard deviation
*** N.D. not determined, possible at low level

Table 5 Identification and Quantification of the organic compounds of particulate matter using GC/MS from burning incense C

Target Compound	20% (n=3)	S.D.**	22.5% (n=3)	S.D.	25% (n=3)	S.D.	27.5% (n=3)	S.D.	30% (n=3)	S.D.
Dodecane	0.075	0.000	0.066	0.009	0.028	0.003	0.027	0.005	0.027	0.001
Tridecane	0.172	0.004	0.143	0.026	0.064	0.006	0.061	0.009	0.057	0.001
2-Methoxy-5-vinylphenol	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.010	0.000	0.000
2,6-dimethoxy-Phenol	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.008	0.000	0.000
Tetradecane	0.146	0.005	0.120	0.021	0.055	0.007	0.052	0.009	0.049	0.003
Pentadecane	0.066	0.001	0.055	0.010	0.025	0.001	0.025	0.004	0.022	0.001
ACETOVANILLONE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.009	0.000	0.000
Phenylphenol	0.009	0.013	0.057	0.018	0.082	0.002	0.141	0.029	0.080	0.012
2,3,5-Trimethoxytoluene	0.000	0.000	0.019	0.001	0.022	0.001	0.038	0.006	0.018	0.003
2,3,5-TRIMETHYLNAPHTHALEN	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.009	0.000	0.000
Hexadecane	0.054	0.000	0.044	0.008	0.020	0.002	0.020	0.003	0.018	0.000
Diethyl phthalate	2.870	0.157	2.028	0.366	0.182	0.005	0.150	0.020	0.122	0.010
Methoxyeugenol	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.003	0.000	0.000
Syringaldehyde	0.000	0	0.022	0.003	0.031	0.001	0.058	0.004	0.060	0.010
Methoxyeugenol	0.040	0.004	0.065	0.005	0.075	0.002	0.113	0.009	0.019	0.003
Benzyl benzoate	0.000	0.000	0.024	0.003	0.031	0.001	0.050	0.006	0.029	0.003
2-methyl-4-butyl-phenylglucine	0.041	0.010	0.060	0.005	0.063	0.003	0.101	0.003	0.061	0.007
C11H12O4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.008	0.000	0.000
Tetracosane(C24H50)	0.044	0.006	0.028	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bis(2-ethylhexyl)phthalate)	0.152	0.020	0.154	0.010	0.064	0.019	0.073	0.036	0.103	0.023
Octacosane(C28H58)	0.000	0.000	0.006	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3-KETO-URS-12-ENE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.035	0.063	0.006	0.034	0.004

Internal standard is Anthracene-D10

** Standard deviation

*** 0. not determined, possible at low level

Table 6 Identification and Quantification of the volatile organic compounds from burning incense A

Target Compound	Q-Ion	R.T.	20% (n=3)		25% (n=3)		30% (n=3)		40% (n=3)		45% (n=1)	
			AVG	SD**	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
ethylbenzene-d10*			1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
1-Propene	41,39	4.5	5.57	0.97	8.48	0.65	7.07	0.43	9.43	2.13	0.05	0.05
1,2-Propadiene	40,39	4.8	1.29	0.21	1.74	0.23	1.94	0.11	3.36	0.81	0.00	0.00
2-methyl-1-Propene	41,56,55	5.3	2.25	0.41	2.98	0.25	2.86	0.26	4.04	0.93	0.00	0.00
1,3-Butadiene	54,53,39	5.5	1.42	0.43	2.60	0.23	2.07	0.05	3.34	0.74	0.00	0.00
acetaldehyde	44,29	5.6	2.17	0.27	2.96	0.49	4.16	0.43	7.10	2.16	0.00	0.00
furan	68,39	8.1	2.13	0.33	2.37	0.21	2.34	0.19	3.41	0.75	0.00	0.00
acetone	43,58	8.3	2.09	0.29	2.89	0.41	3.55	0.37	5.32	1.37	0.00	0.00
acetonitrile	41,40	8.9	0.70	0.10	0.94	0.12	0.99	0.10	1.59	0.41	0.00	0.00
Hexane	57,86,56	11.8	9.41	59.45	52.27	11.30	190.78	363.08	10.90	74.43	83.09	78.68
methyl-cyclopentane	56,69,84	14.0	0.05	0.63	0.00	0.16	3.12	6.35	-0.24	0.70	0.51	0.72
2,2-dimethyl-hexane	57,56,99	16.6	-0.03	0.07	-0.05	0.02	0.37	0.78	-0.35	0.64	0.04	0.07
Benzene	78,77	17.0	5.41	2.46	13.37	2.48	13.28	2.32	20.49	2.87	0.44	0.21
toluene	91,92	22.4	2.95	1.16	4.74	0.62	4.18	0.41	6.71	0.92	0.00	0.00
furaldehyde	96,95,39	26.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.08	0.62	0.10	0.00	0.00
ethylbenzene	91,106	26.8	0.24	0.42	0.84	0.10	0.89	0.09	1.45	0.15	0.00	0.00
xylene	91,106	27.2	0.24	0.42	0.71	0.05	0.67	0.07	0.99	0.14	0.00	0.00
styrene	104,78	28.3	0.02	0.03	0.84	0.17	0.79	0.14	1.48	0.20	0.00	0.00
Total Target Compound			21.06		32.10		31.82		48.84		0.05	

* Internal standard

** Standard deviation

0.00 Not determined, possible at low level

Table 7 Identification and Quantification of the volatile organic compounds from burning incense B

Target Compound	Q-Ion	R.T.	20% (n=3)		25% (n=3)		30% (n=3)		32.5% (n=3)		35% (n=3)		40% (n=3)	
			AVG	SD**	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
ethylbenzene-d10*			1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
1-Propene	41,39	4.5	2.79	0.42	3.23	0.66	4.07	0.77	0.79	1.07	0.00	0.00	0.00	0.00
1,2-Propadiene	40,39	4.8	0.00	0.00	0.15	0.25	0.75	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2-methyl-1-Propene	41,56,55	5.3	0.58	0.09	0.66	0.12	0.85	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1,3-Butadiene	54,53,39	5.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
acetaldehyde	44,29	5.6	0.35	0.31	0.62	0.10	1.06	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
isoprene	53,67,27	8.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
furan	68,39	8.1	0.64	0.10	0.69	0.11	0.83	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
acetone	43,58	8.3	0.38	0.35	0.68	0.08	1.00	0.13	0.15	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
acetonitrile	41,40	8.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hexane	57,86,56	11.8	-101.90	38.52	-104.83	72.58	-70.41	76.31	26.15	115.96	-164.58	73.29	-65.19	246.38
methyl-cyclopentane	56,69,84	14.0	-1.83	0.95	-2.54	0.49	-1.30	1.23	0.94	1.75	-1.39	1.22	-0.64	3.52
2,2-dimethyl-hexane	57,56,99	16.6	-0.25	0.08	-0.34	0.05	-0.21	0.11	0.08	0.15	-0.16	0.10	-0.08	0.31
Benzene	78,77	17.0	4.55	0.93	7.39	2.33	6.88	0.09	1.89	1.04	-0.63	0.58	-0.19	1.68
toluene	91,92	22.4	1.38	0.24	1.91	0.69	1.99	0.21	0.11	0.18	-0.46	0.09	-0.42	0.16
furaldehyde	96,95,39	26.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ethylbenzene	91,106	26.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
xylene	91,106	27.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
dimethyl benzene	91,106,105	28.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
styrene	104,78	28.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
alpha-pinene	93,136,77	29.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camphene	93,121,136	30.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
limonene	68,93,136	33.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
isopropyltoluene	119,134,91	33.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
isopropenyltoluene	132,117,91	35.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
camphor	95,152,81	38.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Target Compound			6.12		7.93		10.55		1.05		0.00		0.00	

* Internal standard

** Standard deviation

0.00 Not determined, possible at low level

Table 8 Identification and Quantification of the volatile organic compounds from burning incense C

Target Compound	Q-Ion	R.T.	20% (n=3)		22.5% (n=3)		25% (n=3)		27.5% (n=3)		30% (n=3)	
			AVG	SD**	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD	AVG	SD
ethylbenzene-d10*			1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
1-Propene	41,39	4.5	1.85	0.09	2.10	0.06	3.47	0.28	3.05	0.41	2.29	0.41
1,2-Propadiene	40,39	4.8	0.00	0.00	0.19	0.16	0.57	0.03	0.54	0.07	0.51	0.08
2-methyl-1-Propene	41,56,55	5.3	0.74	0.02	0.84	0.02	1.34	0.10	1.18	0.14	0.91	0.15
1,3-Butadiene	54,53,39	5.5	0.00	0.00	0.10	0.17	0.71	0.06	0.61	0.08	0.31	0.28
acetaldehyde	44,29	5.6	0.57	0.03	0.58	0.01	1.06	0.07	0.93	0.11	0.99	0.09
isoprene	53,67,27	8.1	0.00	0.00	0.19	0.16	0.67	0.04	0.55	0.06	0.25	0.23
furan	68,39	8.1	0.90	0.05	0.95	0.05	1.61	0.12	1.38	0.16	0.66	0.59
acetone	43,58	8.3	0.93	0.02	1.01	0.05	1.51	0.13	1.38	0.13	1.36	0.13
acetonitrile	41,40	8.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hexane	57,86,56	11.8	-444.29	2.75	-448.62	12.35	-447.28	5.54	-454.88	9.64	-438.50	4.44
methyl-cyclopentane	56,69,84	14.0	-11.09	0.03	-11.13	0.10	-11.15	0.05	-11.16	0.07	-11.05	0.06
2,2-dimethyl-hexane	57,56,99	16.6	-1.59	0.00	-1.59	0.00	-1.59	0.00	-1.59	0.00	-1.59	0.00
Benzene	78,77	17.0	-1.66	0.31	-1.22	0.70	0.13	0.57	0.46	0.58	-0.02	0.37
toluene	91,92	22.4	0.82	0.12	1.42	0.23	2.48	0.41	2.89	0.25	1.62	0.48
furaldehyde	96,95,39	26.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ethylbenzene	91,106	26.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.56	0.34	0.03	0.11	0.19
xylene	91,106	27.2	0.52	0.07	0.69	0.02	1.03	0.13	1.12	0.02	0.66	0.13
dimethyl benzene	91,106,105	28.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.16	0.00	0.00
styrene	104,78	28.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.15	0.00	0.00
alpha-pinene	93,136,77	29.3	0.72	0.02	0.75	0.07	0.92	0.10	0.96	0.02	0.63	0.08
Camphene	93,121,136	30.2	0.10	0.17	0.19	0.17	0.39	0.03	0.39	0.01	0.00	0.00
limonene	68,93,136	33.1	0.67	0.05	0.77	0.05	1.03	0.06	1.06	0.04	0.61	0.11
isopropyltoluene	119,134,91	33.2	2.17	0.11	2.44	0.07	3.24	0.28	3.24	0.08	1.98	0.33
isopropenyltoluene	132,117,91	35.8	0.00	0.00	0.10	0.17	0.48	0.05	0.50	0.04	0.00	0.00
camphor	95,152,81	38.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.03	0.28	0.24	0.00	0.00
Total Target Compound			9.99		12.34		21.32		20.67		12.90	

* Internal standard

** Standard deviation

0.00 Not determined, possible at low level

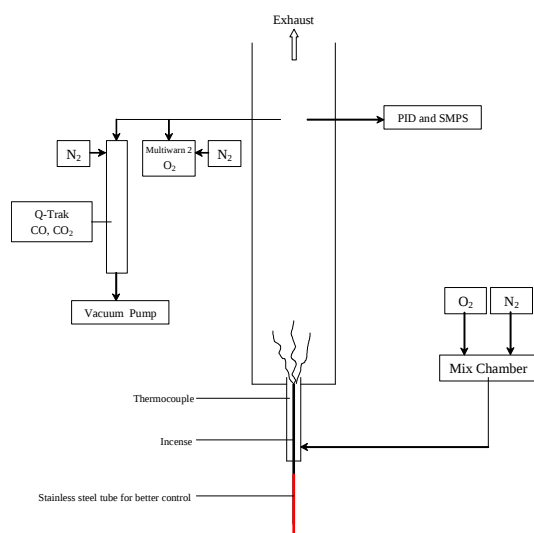


FIGURE 1 Schematic diagram of incense combustion system set-up in various oxygen fractions

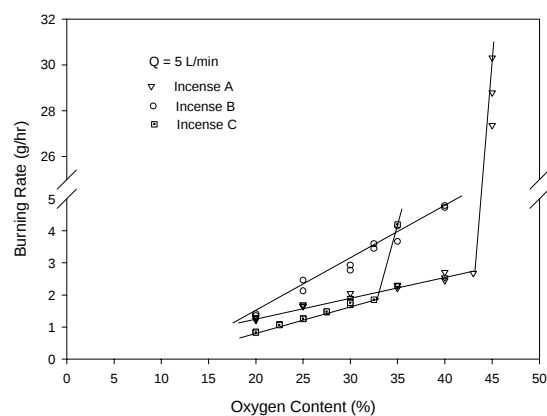


FIGURE 2 Comparison of burning rates of incenses A, B and C

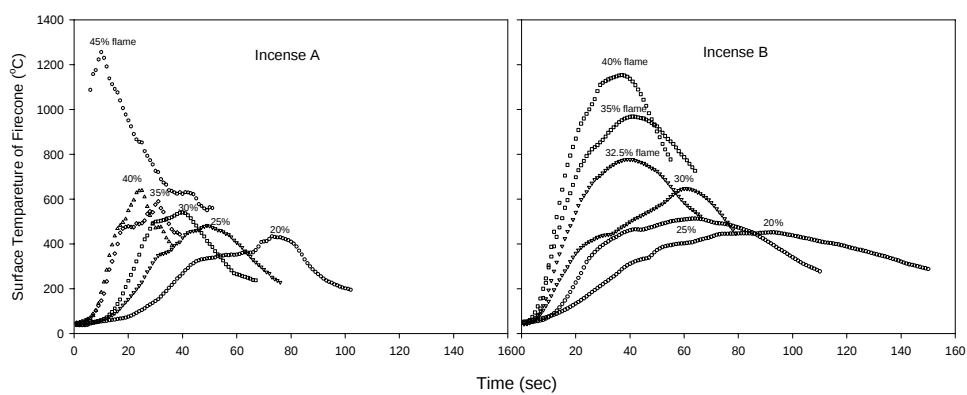


FIGURE 3 Temperature-time profiles of the surface of the incense tip in various oxygen fractions from incenses A and B

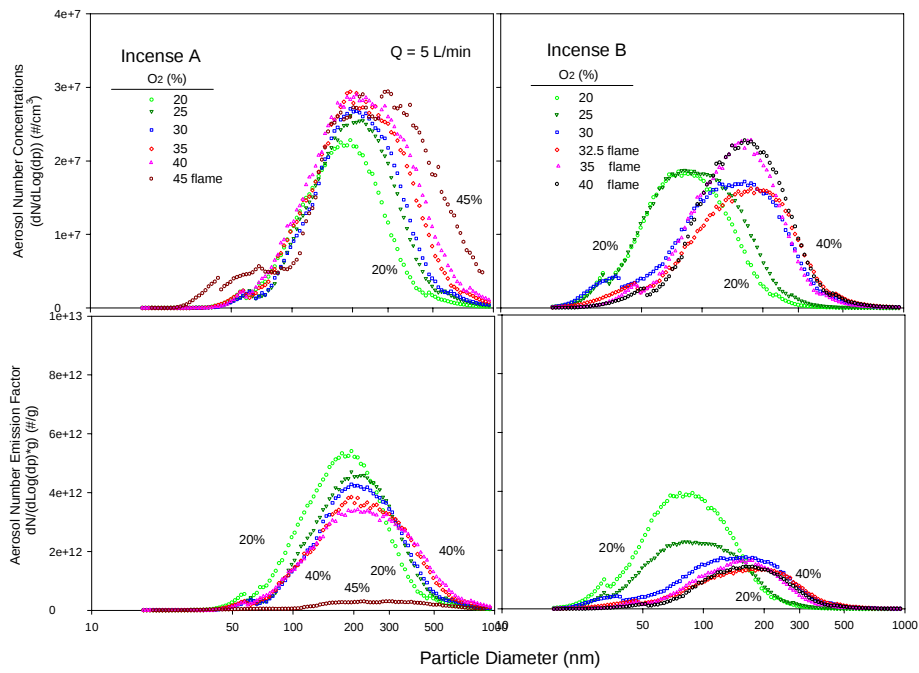


FIGURE 4 Aerosol number concentrations and emission factors versus particle sizes from burning incenses A and B under various combustion conditions

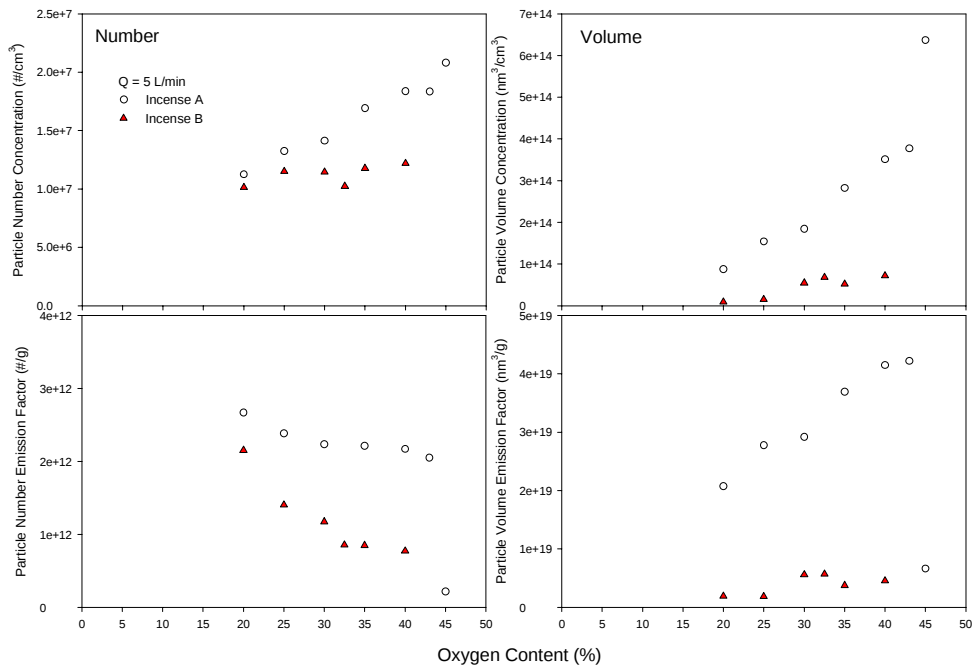


FIGURE 5 Comparison of aerosol numbers, volume concentrations and emission factors of burning incenses in various oxygen fractions

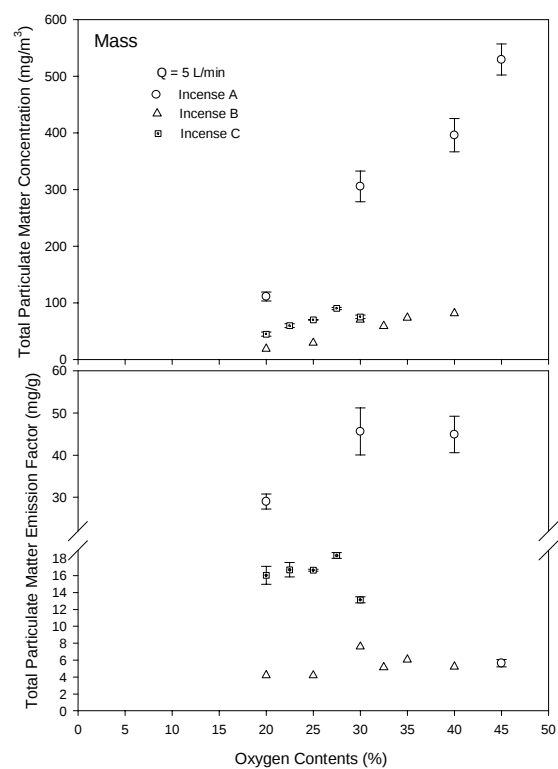


FIGURE 6 Aerosol mass concentrations and emission factors from burning incense A, B and C under various combustion conditions

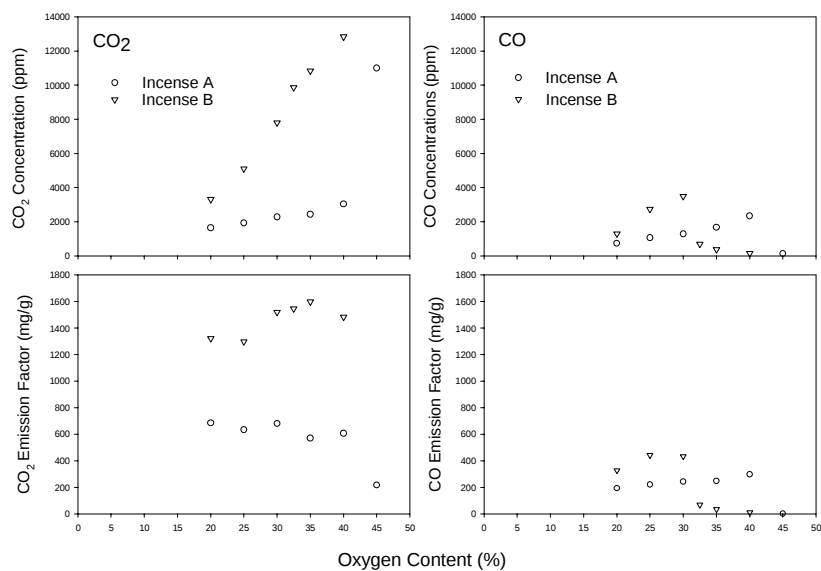


FIGURE 7 Comparison of CO₂ and CO emission concentrations, and corresponding emission factors from burning incenses A and B in various oxygen fractions

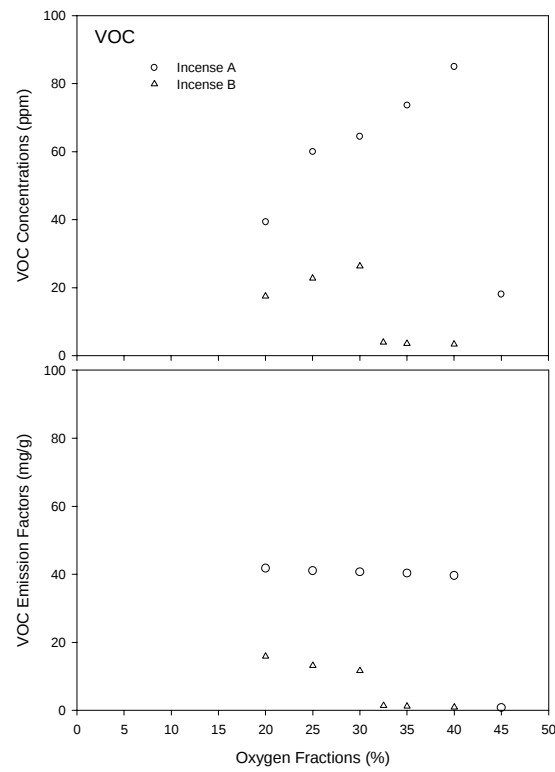


FIGURE 8 Comparison of VOCs emission concentrations, and corresponding emission factors from burning incenses A and B in various oxygen fractions

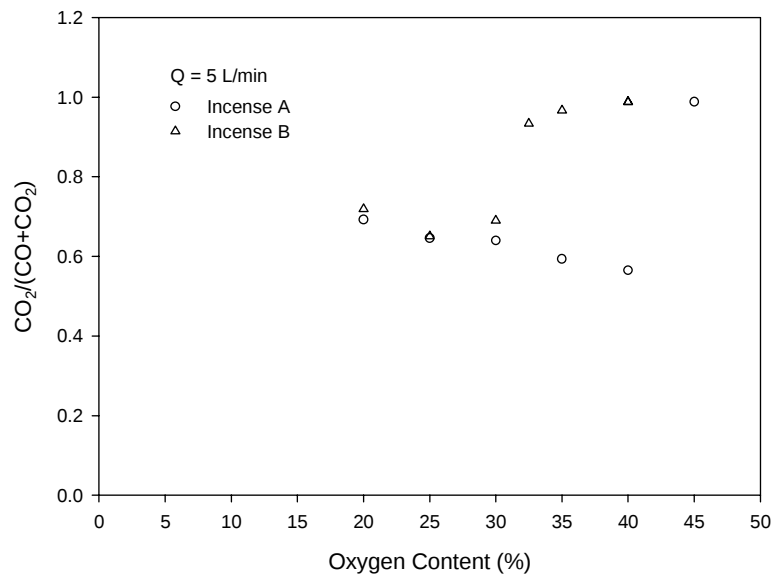


FIGURE 9 Comparison of combustion efficiency indices of incenses A and B in various oxygen fractions