

風險評估研究  
第十四號報告書

化學物危害評估

## 燒烤肉類含多環芳香族碳氫化合物

香港特別行政區政府  
食物環境衛生署  
二零零四年七月

本報告書由香港特別行政區政府食物環境衛生署(食環署)轄下食物及公共衛生部發表。未經食環署書面許可，不得將本報告書所載全部或部分研究資料翻印，亦不得審訂或摘錄這些資料。若採用本報告書其他部分內容，須作出確認聲明。

通訊處：

香港金鐘道 66 號

金鐘道政府合署 43 樓

食物環境衛生署

風險評估組

電子郵箱: [enquiries@fehd.gov.hk](mailto:enquiries@fehd.gov.hk)

## 目錄

	<u>頁數</u>
摘要	2
目的	3
背景	3
多環芳香族碳氫化合物(PAHs)	
燒烤肉類	
研究範圍	8
研究方法	8
抽取樣本的方法	
化驗分析	
數據分析	
結果	10
討論	14
結論及建議	15
參考文件	17
附件 I：肉乾的製作流程圖	19
附件 II：叉燒的製作流程圖	20
附件 III：燒肉的製作流程圖	21
附件 IV：燒鴨的製作流程圖	22
附件 V：燒烤肉類樣本的 PAHs 含量中位數	23



風險評估研究  
第十四號報告書

燒烤肉類含多環芳香族碳氫化合物

## 摘要

這項研究是調查各種燒烤肉類的多環芳香族碳氫化合物(polycyclic aromatic hydrocarbons, 簡稱 PAHs)含量，並探討不同的烹煮方法如何影響 PAHs 的含量。PAHs 是指一大類有機化學物質，可在周圍環境中存在的污染物，亦可在製作燒烤肉類時產生。有些 PAHs 被列為「或可能」(possibly)或「可能」(probably)令人類患癌。

這項研究研究了肉乾和燒味這兩種燒烤肉類，而其中燒味包括叉燒、燒肉和燒鴨。我們從本地的食物製造廠和普通食肆收集了合共 60 個燒烤肉類的樣本，又以用水煮熟的豬肉和鴨肉作為對照樣本。PAHs 的化驗分析工作由食物環境衛生署食物研究化驗所進行。

研究結果顯示，燒烤和烘焗都會產生 PAHs。在炭爐燒烤、氣體爐燒烤和電爐烘焗這三種烤製燒味的方法中，以用炭爐燒烤產生的 PAHs 含量最高。用較低的溫度烤製肉類，或者肉類與火源距離較遠，所產生的 PAHs 含量較低。PAHs 主要集中在燒烤肉類的表面。用氣體爐或電爐燒烤而成的肉乾的 PAHs 含量，與用炭爐燒烤而成的燒味的 PAHs 含量相若。

市民應盡可能減低攝入 PAHs 的分量。在配製燒味時，選用氣體爐燒烤或電爐烘焗較炭爐燒烤為佳。在配製燒烤肉類時須採取措施，避免肉類直接接觸火焰或油脂滴在熱源上。可用較低溫度燒烤肉類，並須避免過度烤烘。市民不宜過量進食燒烤肉類，尤其是用炭爐烤製的燒味，以及燒味的皮和脂肪部分。進食燒烤肉類時，應把燒焦部分切去。市民應注意飲食均衡，多進食蔬果。

## 燒烤肉類含多環芳香族碳氫化合物

---

### 目的

這項研究旨在(i)調查燒烤肉類的多環芳香族碳氫化合物(polycyclic aromatic hydrocarbons, 簡稱 PAHs)含量和(ii)建議適當措施, 以減低燒烤肉類含 PAHs 所引致的風險。

### 背景

#### 多環芳香族碳氫化合物

2. PAHs 是指一大類有機化學物質, 含有兩個或以上由碳和氫原子組成的稠芳香環。PAHs 具有親脂的性質, 而從化學上來說, 則呈穩定狀態。

3. 有過百種 PAHs 的污染物存在於環境中。PAHs 在煤、原油和天然氣的處理過程中形成, 也會在煤、油、氣體、廢物和其他有機物質未充分燃燒的情況下形成。此外, 車輛排放的廢氣和香煙的煙霧也含有 PAHs。工業會製造若干 PAHs, 用作生產聚氯乙烯、增塑劑、色素、染料和除害劑。PAHs 在環境中無處不在, 空氣、土壤、水和食物都含有 PAHs。<sup>1</sup>

#### 攝取途徑

4. 成人主要是從食物攝取 PAHs, 佔總攝取量 90% 以上。<sup>1,2</sup> 不過, 吸煙人士則可能主要是從吸煙攝取 PAHs。每天吸食 20 支香煙的人, 估計會額外攝取 210 納克的苯并[a]芘(benzo[a]pyrene)(PAHs 的一種), 這個分量與從食物攝取苯并[a]芘分量的平均數屬同一個數量級(每天從食物攝取苯并[a]芘分量的平均數大約是 110 納克)。<sup>2,3</sup> 其他非主要攝取 PAHs 的途徑包括吸入周圍環境或室內被污染的空氣、嚥下室內的塵埃, 以及透過皮膚接觸受污染的土壤和水。<sup>1</sup>

## 膳食所含的 PAHs

5. 由於 PAHs 在周圍環境中無處不在，因此幾乎所有食物都含有 PAHs。例如有研究指出，每千克穀類食物含有 6 至 14 微克的 PAHs，而每千克脂肪和油含有 8 至 11 微克，每千克海產則是 7 至 8 微克。<sup>3,4</sup> 不過，未經處理的食物含大量 PAHs 的情況則不常見。

6. 烘焗、燒烤、煙燻等加工或烹煮食物的方法會產生 PAHs，增加食物的 PAHs 含量。<sup>2</sup> 差不多燒焦食物的任何部分都含有 PAHs<sup>5</sup>，但以某些方法(例如蒸)烹煮的食物，只會含有非常小量的 PAHs。一項研究的結果顯示，用烘焗及炭爐燒烤的方法烹調的鴨肉，以每千克鴨肉計，PAHs 總含量分別高達 130 和 320 微克，但用蒸煮的方法烹調的，以每千克鴨肉計，PAHs 總含量則少於 8.6 微克。<sup>6</sup>

7. 外國的研究發現，在各類膳食中，穀類食物是攝取 PAHs 的主要來源，佔總攝取量的 27 至 35% 左右，可能是由於進食穀類食物的分量多。<sup>7</sup> 雖然從燒烤食物攝取的 PAHs 分量只佔總攝取量的小部分，但愛吃烘焗、燒烤或煙燻食物的人可能會攝入大量的 PAHs。<sup>2,7</sup>

### 在加工或烹煮食物時形成的情況

8. 雖然目前我們仍未能清楚了解在加工或烹煮食物時 PAHs 形成的確切情況<sup>2</sup>，但一般認為是與煮食燃料未充分燃燒有關。<sup>2,5,8,9</sup> 至於所涉及的烹煮方法，則通常是乾熱烹煮方法。

### 脂肪和其他有機物質在食物中受熱分解的情況

9. 脂肪抵受攝氏 200 度以上的熱力時會分解，產生 PAHs<sup>2</sup>。攝氏 500 至 900 度的高溫，尤其是攝氏 700 度以上，最有利 PAHs 形成。<sup>8</sup> 烹煮食物的溫度越高，會產生越多的 PAHs。<sup>10</sup> 其他有機物質(例如蛋白質和碳水化合物)受熱分解時也會產生 PAHs，但脂肪受熱分解時所產生的 PAHs 最多。<sup>8</sup>

10. 肉類直接接觸火焰時，所含的脂肪會分解而產生 PAHs。<sup>5</sup> 此外，食物的脂肪溶化後滴在熱源上，也會產生 PAHs，然後隨着升起來的煙又落到肉面上。<sup>2,5,9,11,12</sup>



## 燃料未充分燃燒的情況

11. 煮食燃料本身未充分燃燒，也可能會形成 PAHs。未充分燃燒的炭會產生 PAHs<sup>13</sup>，落到食物上吸附於食物表面。<sup>12</sup>

## PAHs 形成的因素

12. 研究所得，導致 PAHs 形成的因素很多，包括(i)食物與熱源的距離<sup>5,9,10</sup>；(ii)食物的脂肪含量<sup>1,10</sup>；(iii)烹煮食物的時間<sup>1,7,9</sup>；(iv)烹煮時的溫度<sup>1</sup>；(v)溶化的脂肪會否滴在熱源上<sup>7,9</sup>；以及(vi)所採用的煮食燃料<sup>7</sup>。

## 毒性

### 毒物代謝動力學和新陳代謝

13. 攝入的 PAHs 會透過胃腸道被身體吸收<sup>14</sup>，然後分布在體內各處，差不多包括身體內所有器官。<sup>1</sup>

14. PAHs 新陳代謝的過程複雜，簡單來說，PAHs 經過新陳代謝過程，轉化成排出體外的生成物，或形成具活性的代謝物，而這種代謝物最終會結合脫氧核糖核酸(DNA)，變成共價加成化合物。由於 DNA 加成化合物的出現被認為是化學物致癌的最初階段，因此具活性代謝物的出現，被認為與 PAHs 致癌有密切關係。

### 毒性和致癌性

15. 雖然個別 PAHs 的半數致死量(LD<sub>50</sub>)顯示，這些化合物屬中度或輕微急性毒性<sup>1</sup>，但在評估 PAHs 對健康的風險，關鍵的終點是要研究 PAHs 的致癌性。<sup>15</sup>

16. 在老鼠體內進行的實驗，以及在試管進行哺乳動物(包括人類)細胞系和原核生物的實驗都顯示，若干 PAHs 會有基因毒性。<sup>1</sup>另一方面，某些 PAHs 似乎不會有基因毒性。各種 PAHs 基因毒性的概況載於表 1。

17. 世界衛生組織轄下國際癌症研究機構根據從人類和實驗動物身上收集所得的證據，評估某些 PAHs 的致癌程度。國際癌症研究機構把若干 PAHs 分類的概況載於表 1。該機構把所評估的大部分 PAHs 列為第 2B 組(或可能令人類患癌)或第 3 組(在會否令人類患癌方面未能分類)。至於苯

并 [a] 芘、苯并 [a] 蒽 (benz[a]anthracene) 和二苯 [a,h] 蒽 (dibenz[a,h]anthracene) 這三種 PAHs，由於被列入第 2A 組(可能令人類患癌)，因此對健康的影響較令人關注。沒有一種 PAHs 被列入第 1 組(令人類患癌)。

**表 1： 某些 PAHs 的基因毒性和致癌性**

通稱	基因毒性 <sup>1</sup>	國際癌症研究機構的分類*
二氫芘(Acenaphthene)	不確定	尚未評估
芘(Acenaphthylene)	不確定	尚未評估
蒽(Anthracene)	沒有	第 3 組
<b>苯并[a]蒽(Benz[a]anthracene)</b>	<b>有</b>	<b>第 2A 組</b>
苯并[b]芘(Benzo[b]fluoranthene)	有	第 2B 組
苯并[k]芘(Benzo[k]fluoranthene)	有	第 2B 組
苯并[ghi]芘(Benzo[ghi]perylene)	有	第 3 組
<b>苯并[a]芘(Benzo[a]pyrene)</b>	<b>有</b>	<b>第 2A 組</b>
稠二萘(Chrysene)	有	第 3 組
<b>二苯[a,h]蒽(Dibenz[a,h]anthracene)</b>	<b>有</b>	<b>第 2A 組</b>
芘(Anthracene)	有	第 3 組
芴(Fluorene)	沒有	第 3 組
茚并[1,2,3-cd]芘(Indeno[1,2,3-cd]pyrene)	有	第 2B 組
菲(Phenanthrene)	不確定	第 3 組
芘(Pyrene)	不確定	第 3 組

\*國際癌症研究機構的分類

第 1 組：令人類患癌的化學物。

第 2A 組：可能令人類患癌的化學物。

第 2B 組：或可能令人類患癌的化學物。

第 3 組：在會否令人類患癌方面未能分類的化學物。

18. 下文概述較令人關注的三種 PAHs 的致癌情況。小鼠和大鼠進食了苯并[a]芘，胃腸道(前胃)、肝、肺及乳腺都出現腫瘤。<sup>2,16,17</sup> 二苯[a,h]蒽及苯并[a]蒽則會令小鼠的胃腸道(前胃)、肺及肝出現腫瘤。<sup>2,17</sup> 此外，使用管飼法(gavage)給小鼠餵食苯并[a]蒽，也會令小鼠的前胃出現乳頭狀瘤，

而在另一項使用管飼法的研究中，苯并[a]蒽亦會令小鼠體內出現肺腺瘤和肝細胞瘤。<sup>17</sup>

## PAHs 的安全攝入量

19. 致癌性是研究有關 PAHs 毒性上的關鍵終點，以及有些 PAHs 含有基因毒性，因此不可能釐定一個絕無風險的攝入量。

20. 各種 PAH 化合物當中，聯合國糧食及農業組織 / 世界衛生組織聯合食物添加劑專家委員會(JECFA)[下稱「專家委員會」]只會評估過苯并[a]芘，但未能釐定其可容忍攝入量。不過，委員會認為人類攝入苯并[a]芘的估計分量遠少於令動物生長腫瘤的劑量，相信對人類健康影響不大。雖然如此，專家委員會認為我們仍應盡可能減低苯并[a]芘的攝入量。<sup>16</sup>

21. 專家委員會以及食品法典委員會的食品污染物和添加劑委員會(CCFAC)已計劃在即將於二零零五年舉行的會議上，探討與食物的 PAHs 含量有關的食物安全事項。

## 燒烤肉類

22. 這份研究報告中，「燒烤肉類」指使用乾熱方法烹煮的肉類。這是一種無液體的烹煮方法，烹煮過程中的傳熱方式，包括乾空氣對流、輻射和經由極少量熱脂肪傳導。經烹煮的肉類，外皮鬆脆，呈金棕色而帶有獨特的香味。烤焙、燒烤和烘焗，都屬於這種烹煮方法。我們將在下文詳細討論兩種燒烤肉類，即肉乾和稱為燒味的廣東式燒烤肉類。

## 肉乾

23. 肉乾是亞洲人常吃的肉類小食。這是經燒烤的薄切肉片，大小各有不同，以採用豬肉和牛肉製造最為常見。把肉放在金屬架上，然後置於熱源之上或之間烹煮。熱源可以是電熱器或明火。肉乾的製作流程圖載於附件 I。

## 燒味

24. 燒味是一種廣東肉類菜式，做法是把經醃製的肉塊或整頭動物，以明火或其他熱源烹煮。在香港，燒味即買即食，十分普遍，全年均可食用，尤其在中國節日和特別場合，更受歡迎。燒味包括叉燒、燒肉和燒

鴨。

25. 燒味沒有劃一的製作方法，不同製造商可能會有不同的處理方式，一般使用大焗爐或大小不同的燒烤爐烹煮。烹煮燒味的方法有多種，包括炭爐 / 氣體爐燒烤，以及電爐烘焗。此外，熱源與食物的相對位置亦有差別。三種最常食用的燒味中，燒肉一般以中火至高溫火(攝氏 330 度以上)燒烤 / 烘焗，叉燒使用中火(攝氏 220 度以上)，燒鴨則多以中慢火(攝氏 160 度至 200 度)燒烤 / 烘焗。製作叉燒、燒肉及燒鴨的一般流程圖，分別載於附件 II、III 及 IV。

## 研究範圍

26. 由於 PAHs 會對公眾健康構成影響，食物環境衛生署(食環署)進行了一項研究，藉以確定燒烤肉類的 PAHs 含量，因為：(i)燒烤肉類是香港最受歡迎的傳統中國食品之一；(ii)燒烤肉類一般含有大量脂肪，加上以烘焗和燒烤的方法製作燒烤肉類的過程都可能令食物產生 PAHs；以及(iii)採用適當措施可減低燒烤肉類的 PAHs 含量。

27. 研究範圍包括肉乾和燒味，並探討不同的烹煮方法如何影響燒烤肉類的 PAHs 含量。

### 經分析的 PAHs 化合物

28. 食物中一般有多種 PAHs 混合出現，只含有一種 PAH 的情況較為罕見<sup>1</sup>。不過，國際組織並沒有就食物所含 PAHs 開列一份建議分析清單。我們在這項研究中分析了表 1 所列的 15 種 PAHs，當中包括國際癌症研究機構列入「第 2A 組」的三種 PAHs 化合物。選取的準則，視乎其毒性以及個別 PAH 是否可在本地測試而定。

## 研究方法

### 抽取樣本的方法

29. 我們在本港市面進行調查，以找出製造燒烤肉類(包括燒味和肉乾)的處所名單，結果得知有 1 000 間左右製造燒味的處所和五間製造肉乾的處所。製造燒味的處所中，大部分(85%以上)使用氣體爐燒烤(煤氣或石油氣)，約 10%使用電爐燒烤，使用炭爐燒烤(包括柴火燒烤)的處所則少

於 2%。至於五間製造肉乾的處所中，兩間使用氣體爐燒烤，三間使用電爐燒烤。

30. 我們從全港各區的處所收集了以不同烹煮方法配製的肉乾和燒味的樣本。

31. 肉乾方面，我們收集了牛肉乾和豬肉乾的樣本來研究。至於燒味，則收集了叉燒、燒肉和燒鴨的樣本；這些樣本代表三種燒烤肉類，即沒有皮的燒烤肉類(叉燒)、有厚脆皮的燒烤肉類(燒肉)和有薄脆皮的燒烤肉類(燒鴨)。

32. 我們根據 PAHs 形成的途徑，把烹煮方法分為三類，即(i)炭爐燒烤(包括柴火燒烤)；(ii)氣體爐燒烤(包括石油氣爐和煤氣爐)；以及(iii)電爐燒烤(適用於肉乾) / 電爐烘焗(適用於燒味)。

33. 我們又收集了生豬肉和生鴨肉的樣本，用水把這些樣本煮熟，然後分析所含的 PAHs，作為對照樣本和參考的基線。

34. 為了研究 PAHs 含量在燒鴨的皮和瘦肉上的分布情況，我們把燒鴨樣本分為兩個部分：(i)皮和脂肪；以及(ii)瘦肉，然後逐一分析。

### 化驗分析

35. 樣本的化驗分析工作由食環署食物研究化驗所進行。化驗所人員把所有樣本均化，然後以凍結乾燥法把樣本弄乾。化驗所人員抽取了以濕重計約達 5 克的樣本作為代表部分來測試，首先是把這個部分皂化，再以環己烷萃取所含的 PAHs，然後以固相萃取柱來淨化，最後利用氣相色譜質譜聯用儀進行測試，並以 PAH-C<sup>13</sup> 作為這項測試的代替物。15 種有關 PAHs 的檢測限，分別為每千克 0.1 微克至 0.7 微克不等，而它們與外國以類似分析方法進行研究所定的檢測限相若。化驗所人員所分析的 PAHs 及相關的檢測限載於表 2。

表 2： 所分析的 PAHs 和相關的檢測限

PAHs 名稱	檢測限 (微克/千克)
二氫芘	0.2
芘	0.1
蒽	0.7
苯并[a]蒽	0.1
苯并[b]熒蒽	0.3
苯并[k]熒蒽	0.3
苯并[ghi]芘	0.2
苯并[a]芘	0.3
稠二萘	0.1
二苯[a,h]蒽	0.2
熒蒽	0.2
芴	0.2
茚并[1,2,3-cd]芘	0.2
菲	0.1
芘	0.2

### 數據分析

36. 在測試每個樣本後，我們把 15 種 PAHs 的含量相加，作為「PAHs 總含量」，同時也分別列出較受關注的三種 PAHs 的含量。

37. 至於燒鴨的 PAHs 含量，是把「皮和脂肪」及「瘦肉」兩部分的含量，按比例相加。

### 結果

38. 我們從製造燒烤肉類的食物製造廠和普通食肆收集了合共 60 個燒烤肉類的樣本，每類食物的樣本數目載於表 3。此外，我們又收集了生鴨肉

和生豬肉的樣本各九個，再混合成爲三個鴨肉和三個豬肉樣本，然後用水煮熟，作爲對照樣本。

**表 3： 用以進行 PAHs 含量分析的燒烤肉類樣本的數目**

燒烤肉類的類別	收集的樣本數目			
	炭爐燒烤	氣體爐燒烤	電爐烘焗 / 電爐燒烤*	總數
叉燒	5	9	4	18
燒肉	5	8	5	18
燒鴨	3	9	2	14
牛肉乾	-	2	3	5
豬肉乾	-	2	3	5

\* 叉燒、燒肉和燒鴨是以電爐烘焗而成，牛肉乾和豬肉乾則是以電爐燒烤而成。  
- 在本港市面並無這類樣本。

39. 在所有對照樣本中，苯并[a]蔥、苯并[a]芘和二苯[a,h]蔥的含量均低於檢測限，而 PAHs 總含量也偏低(表 4)。

40. 測試結果發現 55% 的燒烤肉類樣本的 PAHs 含量低於檢測限。各個樣本的 PAHs 含量差距甚大，即使以同一種烹煮方法製成的同一類食物的樣本，也有這情況出現。以不同烹煮方法製成的各種燒烤肉類的 PAHs 含量載於表 5，相關的分布圖則載於附表 V。

**表 4： 用水煮熟的樣本 PAHs 含量中位數及幅度**

食物類別	烹煮方法	含量中位數及幅度* (微克/千克)			
		B[a]A†	B[a]P‡	DB[a,h]A§	PAHs 總含量
豬肉	用水煮熟	ND	ND	ND	1.9 (1.4 – 2.8)
鴨肉	用水煮熟	ND	ND	ND	1.3 (0.8 – 2.2)

ND: 未能檢出

\*除非同一組別的所有樣本均未能檢出含有 PAHs，否則會在括號內列出樣本的 PAHs 含量幅度。

† B[a]A: 苯并[a]蔥 (檢測限 = 0.1 微克 / 千克)

‡ B[a]P: 苯并[a]芘 (檢測限 = 0.3 微克 / 千克)

§ DB[a,h]A: 二苯[a,h]蔥 (檢測限 = 0.2 微克 / 千克)

|| 15 種經分析的 PAHs 含量的總和，便是 PAHs 總含量。

**表 5： 燒烤肉類樣本的 PAHs 含量中位數及幅度**

食物類別	烹煮方法	含量中位數及幅度* (微克/千克)			
		B[a]A†	B[a]P‡	DB[a,h]A§	PAHs 總含量
叉燒	炭爐燒烤	0.9 (ND – 5.6)	0.8 (ND – 5.3)	< 0.2 (ND – 0.4)	72.6 (33.4 – 169.2)
	氣體爐燒烤	< 0.1 (ND – 0.8)	ND	ND	10.4 (0.9 – 21.7)
	電爐烘焗	ND	ND	ND	7.0 (6.3 – 12.5)
燒肉	炭爐燒烤	2.9 (0.8 – 6.1)	1.5 (0.3 – 3.2)	< 0.2 (ND – 0.3)	144.7 (34.4 – 184.2)
	氣體爐燒烤	< 0.1 (ND – 0.2)	ND	ND	5.1 (1.9 – 35.9)
	電爐烘焗	< 0.1 (ND – 0.2)	ND	ND	7.2 (0.7 – 11.8)
燒鴨¶	炭爐燒烤	1.5 (0.8 – 3.0)	0.8 (0.5 – 2.7)	< 0.2 (ND – 0.2)	48.6 (23.5 – 74.9)
	氣體爐燒烤	< 0.1 (ND – 0.2)	ND	ND	9.5 (3.3 – 17.0)
	電爐烘焗	ND	ND	ND	7.3 (3.5 – 11.2)
燒鴨 (皮和脂肪 部分)	炭爐燒烤	6.6 (1.5 – 7.5)	3.8 (1.1 – 7.1)	0.6 (ND – 0.7)	105.6 (97.4 – 180.9)
	氣體爐燒烤	< 0.1 (ND – 0.2)	ND	ND	18.9 (1.2 – 22.6)
	電爐烘焗	0.1 ** (ND – 0.3)	ND	ND	8.7 (4.3 – 13.2)
燒鴨 (瘦肉部分)	炭爐燒烤	0.1 (ND – 0.2)	ND	ND	2.1 (2.0 – 10.1)
	氣體爐燒烤	< 0.1 (ND – 0.3)	ND	ND	6.9 (2.5 – 15.2)
	電爐烘焗	ND	ND	ND	7.0 (3.3 – 10.7)
牛肉乾	氣體爐燒烤	6.2 (4.8 – 7.7)	1.7 (1.1 – 2.3)	ND	175.1 (155.5 – 194.6)
	電爐燒烤	1.4 (ND – 1.5)	< 0.3 (ND – 0.4)	ND	71.8 (13.2 – 93.1)
豬肉乾	氣體爐燒烤	4.4 (3.8 – 5.0)	1.3 (1.1 – 1.5)	ND	114.6 (107.6 – 121.6)
	電爐燒烤	1.3 (1.1 – 1.8)	0.4 (ND – 0.7)	ND	108.7 (25.0 – 117.7)
肉乾 (整體)	氣體爐燒烤	4.9 (3.8 – 7.7)	1.3 (1.1 – 2.3)	ND	138.6 (107.6 – 194.6)
	電爐燒烤	1.4 (ND – 1.8)	0.3 ** (ND – 0.7)	ND	82.5 (13.2 – 117.7)

ND: 未能檢出

\*除非同一組別的所有樣本均未能檢出含有 PAHs，否則會在括號內列出樣本的 PAHs 含量幅度。

† B[a]A: 苯并[a]蒽 (檢測限 = 0.1 微克 / 千克)

‡ B[a]P: 苯并[a]芘 (檢測限 = 0.3 微克 / 千克)

§ DB[a,h]A: 二苯[a,h]蒽 (檢測限 = 0.2 微克 / 千克)

|| 15 種經分析的 PAHs 含量的總和，便是 PAHs 總含量。

¶ 把燒鴨「皮和脂肪」及「瘦肉」兩部分的含量，按比例相加，便得出燒鴨的 PAHs 含量。

\*\*樣本的 PAHs 含量如低於檢測限，會被設定為檢測限值的一半。



41. 整體來說，燒烤肉類樣本的 PAHs 總含量，遠高於水煮樣本(根據 t 檢驗，p 值少於 0.001)。較令人關注的三種 PAHs 當中，只有燒烤肉類樣本的苯并[a]蔥和苯并[a]芘含量遠較水煮樣本為高(根據 t 檢驗，兩者的 p 值均少於 0.001)。至於二苯[a,h]蔥，絕大部分(94%)燒烤肉類樣本都未能檢出含有二苯[a,h]蔥，所以燒烤肉類樣本和水煮樣本的含量沒有顯著差別。

42. 三種燒味樣本當中，炭爐燒烤樣本不論 PAHs 總含量(根據 t 檢驗，兩者的 p 值均少於 0.001)、苯并[a]蔥含量(根據 t 檢驗，兩者的 p 值均等於 0.001) 或苯并[a]芘含量(根據 t 檢驗，兩者的 p 值均等於 0.002)，均遠高於氣體爐燒烤或電爐烘焗的樣本。但根據檢測結果，氣體爐燒烤樣本及電爐烘焗樣本的 PAHs 含量並無顯著差別。

43. 炭爐燒烤的燒味樣本當中，PAHs 總含量中位數最高的是燒肉(含量中位數為 144.7 微克/千克)，其次是叉燒(72.6 微克/千克)和燒鴨(48.6 微克/千克)。不過，根據差異分析，其差別並不顯著。從用氣體爐燒烤的樣本及用電爐烘焗的樣本中則觀察不到這種情況。而各類燒味的苯并[a]蔥及苯并[a]芘含量並無顯著差別。

44. 對於炭爐燒烤的燒鴨樣本，「皮和脂肪」部分的 PAHs 總含量(含量中位數為 105.6 微克/千克)，遠較「瘦肉」部分的 PAHs 總含量(含量中位數為 2.1 微克/千克)為高(根據 t 檢驗，p 值等於 0.042)。氣體爐燒烤的燒鴨樣本(PAHs 總含量中位數：「皮和脂肪」部分為 18.9 微克/千克，「瘦肉」部分為 6.9 微克/千克)及電爐烘焗的燒鴨樣本(PAHs 總含量中位數：「皮和脂肪」部分為 8.7 微克/千克，「瘦肉」部分為 7.0 微克/千克)，均出現相同的情況，但差別並不顯著。苯并[a]蔥及苯并[a]芘含量亦無顯著差別。

45. 肉乾樣本方面，牛肉和豬肉樣本的 PAHs 含量並無顯著差別。氣體爐燒烤的樣本，無論 PAHs 總含量(根據 t 檢驗，p 值等於 0.027)、苯并[a]蔥含量 (根據 t 檢驗，p 值少於 0.001)及苯并(a)芘含量(根據 t 檢驗，p 值等於 0.001)，均遠高於電爐燒烤的樣本。

46. 我們把以類似方法烹煮的叉燒樣本和肉乾樣本的 PAHs 含量作出比較時，發現肉乾樣本的 PAHs 總含量(根據 t 檢驗，p 值少於 0.001)、苯并[a]蔥含量 (根據 t 檢驗，p 值等於 0.006)及苯并[a]芘含量(根據 t 檢驗，p 值等於 0.011)均遠高於叉燒樣本。

## 討論

### 烹煮方法的影響

47. 這項研究的結果顯示，燒烤和烘焗都會產生 PAHs，其中以炭爐燒烤產生最大量的 PAHs。雖然氣體爐燒烤或電爐燒烤的燒味樣本中檢測到的 PAHs 含量沒有顯著差別，氣體爐燒烤的肉乾的 PAHs 含量卻明顯較高。這項結果與其他報告的結果一致<sup>2,6,16</sup>。另一方面，我們在研究中檢測到的燒烤肉類的 PAHs 含量，一般較其他研究報告的為低(見第 6 段)。這種情況可能是由於多種因素所致，包括大部分本地燒味製造商的燒烤爐的設計可防止油脂在燒烤或烘焗期間滴在熱源上。

48. 我們參考外國研究後發現，我們採用的氣體爐燒烤或電爐烘焗的燒味樣本，其 PAHs 總含量與其他食品(例如穀類食物、海產、油類及脂肪)的 PAHs 總含量(由 6 至 14 微克/千克不等)相若<sup>3,4</sup>。

### 烹煮溫度的影響

49. 我們的研究結果顯示，燒鴨的 PAHs 含量低於叉燒和燒肉。燒鴨一般在攝氏 200 度以下的較低溫度烹煮，因此上述結果與「較低溫度之下會產生較少量 PAHs」<sup>10</sup>的研究發現吻合。

### 熱源距離的影響

50. 我們的研究結果顯示，肉乾的 PAHs 含量遠高於以類似方法烹煮的叉燒，原因可能和肉乾表面面積與單位重量的比值較大，以及肉乾燒烤時比叉燒烹煮時與熱源距離較近有關。

### PAHs 的分布

51. 我們的研究結果顯示，燒鴨所含的 PAHs 集中在「皮和脂肪」(即外層)部分。這項結果符合一項假設，即燒烤食物因表面較接近熱源及受熱較高，所以 PAHs 主要在其表面產生<sup>1</sup>。此外，燃料未充分燃燒而產生的 PAHs，亦會依附於肉類的表面。

## 脂肪含量的影響

52. 雖然有文獻指出 PAHs 的形成與肉類的脂肪含量有關<sup>7</sup>，但根據我們的研究結果，各種燒烤肉類的脂肪含量與其 PAHs 含量並無必然關係。

## 研究的局限

53. 這項研究探討不同烹煮方法對所產生的 PAHs 含量的影響，但未有考慮到燒烤肉類的實際處理過程。例如，視乎烹煮方法或製造商，食物與熱源之間的相對位置可能會有不同。此外，由於燒烤肉類並無劃一的製造方法，即使採用相同的烹煮方法，實際做法亦會有所差異，而可能影響 PAHs 的形成。再者，不同批次烹煮的肉類，烹煮過程中使用的熱力亦會有所出入(炭爐燒烤及氣體爐燒烤尤其如此)。因此，採用相同方法烹煮的燒烤肉類，其 PAHs 含量不同亦不足為奇。

## 其他事項

54. 目前，燒烤肉類行業內逐漸以電爐及氣體爐燒烤，取替炭爐燒烤。原因之一，是新建成的大廈不容許炭爐/柴火燒烤所需的通風設施。

## **結論及建議**

55. 在炭爐燒烤、氣體爐燒烤和電爐烘焗這三種烤製燒味的方法中，以用炭爐燒烤產生最高的 PAHs 含量。用較低的溫度烤製肉類，或者肉類與火源距離較遠，都可減低所產生的 PAHs 含量。PAHs 主要集中在燒烤肉類的表面。

56. 用氣體爐或電爐燒烤而成的肉乾的 PAHs 含量，與用炭爐燒烤而成的燒味的 PAHs 含量相若。

57. 我們須採取適當措施，盡可能減低攝入 PAHs 的分量。下文就如何減低燒烤肉類含 PAHs 所引致的風險，向業界和消費者作出建議。

## 給業界的建議

- (a) 在製造燒味時，選用氣體爐燒烤或電爐烘焗較炭爐燒烤為佳。在製造肉乾時，則選用電爐燒烤較氣體爐燒烤為佳。
- (b) 應適當地設計燒烤爐，以避免油脂滴在熱源上。
- (c) 在燒烤肉類時：
  - i. 肉類與熱源保持距離，以避免肉類直接接觸火焰。
  - ii. 在燒烤前切去肉類可見的脂肪，以避免油脂滴在熱源上。
  - iii. 可用較低溫度燒烤肉類及避免過度烹煮，但必須徹底煮熟肉類，以殺滅致病原。
  - iv. 燒烤或烘焗肉類前，可用較低溫度的烹煮方法(例如用沸水烹煮)，把肉類煮至半熟。

## 給消費者的建議

- (a) 切勿過量進食燒烤肉類，尤其是炭爐烤製的燒味，以及燒味的皮和脂肪部分。
- (b) 切除燒焦部分。
- (c) 應注意飲食均衡，多進食蔬果。
- (d) 在進行燒烤時，市民應留意以下各點：
  - i. 在燒烤前，切去肉類可見的脂肪；
  - ii. 在燒烤前，把肉類煮至半熟(例如用沸水)；
  - iii. 在燒烤肉類時，為免油脂滴在炭火上，可把炭火移到燒烤爐的一旁，並在爐的中央燒烤；
  - iv. 可選用錫紙包裹肉類燒烤，以免肉類被煙火污染；以及
  - v. 在燒烤肉類時，應確保肉類與熱源保持距離及避免過度烹煮，但必須徹底煮熟肉類，以殺滅致病原。

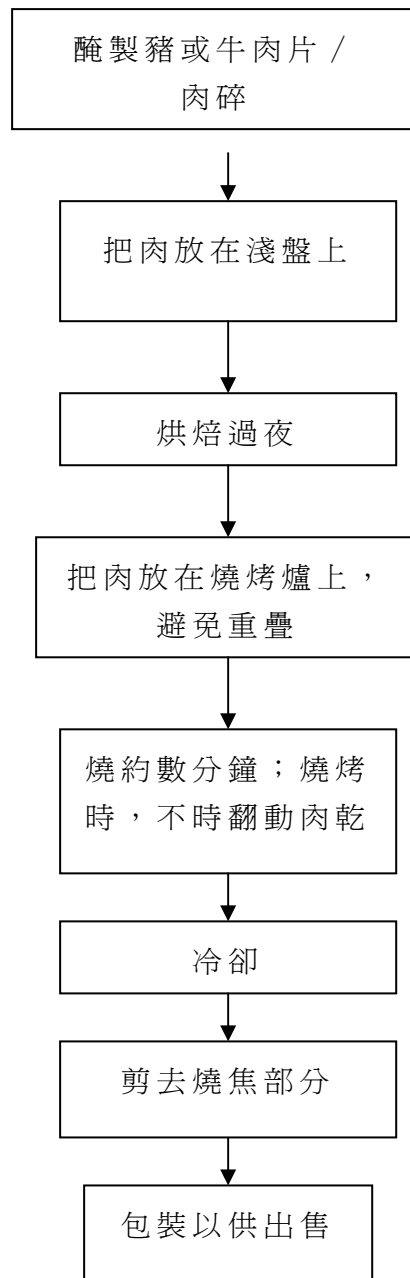
## 參考文件

---

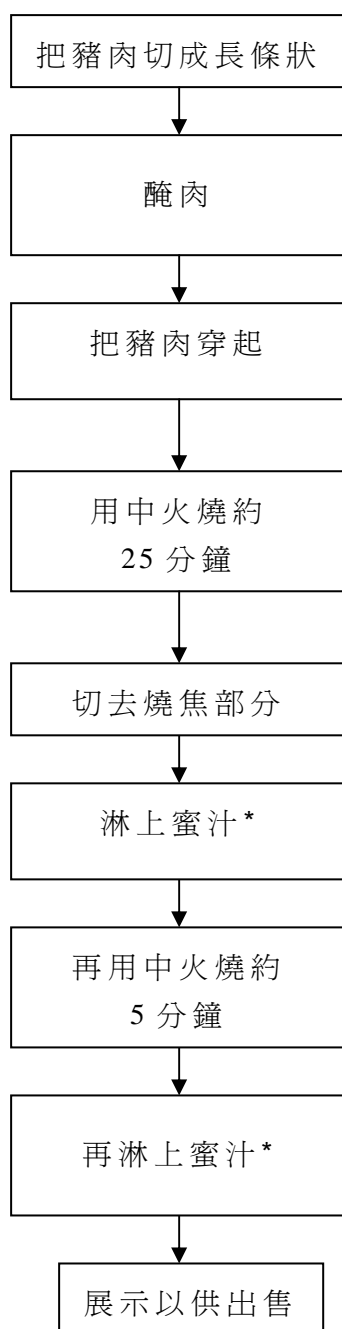
- <sup>1</sup> World Health Organization (WHO). Environmental Health Criteria 202, Selected Non-heterocyclic PAHs, Geneva: WHO;1998. Available from : URL: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc202.htm>
- <sup>2</sup> Scientific Committee on Foods of EC (SCF). Opinion of the Scientific Committee on Food in the risk to human health of PAHs in food. Brussels: SCF; 2002.
- <sup>3</sup> Food Standard Agency of UK (FSA). PAHs in the UK Diet: 2000 Total Diet Study Samples. Food Survey Information Sheet No.31/02. UK: FSA; 2002. Available from: URL: <http://www.food.gov.uk/science/surveillance/fsis-2002/31pah>
- <sup>4</sup> Falco G, Domingo JL, Llobet JM, Teixido A, Casas C and Müller L. PAHs in Foods: Human Exposure through the Diet in Catalonia, Spain. Journal of Food Protection 2003; 66(12): 2325 – 31
- <sup>5</sup> Phillips DH. PAHs in the diet. Mutation Research 1999; 443:139 – 47
- <sup>6</sup> Chen BH and Lin YS. Formation of PAHs during processing of duck meat. Journal of Agricultural and Food Chemistry 1997; 45:1394 – 1403
- <sup>7</sup> SCF. Annex: PAHs – Occurrence in foods, dietary exposure and health effects. Brussels: SCF; 2002.
- <sup>8</sup> Bartle KD. Analysis and Occurrence of PAHs in Food. In: Creaser CS, Purchase R, editors. Food contaminants: sources and surveillance. Cambridge: Royal Society of Chemistry; 1991. p.41 – 60
- <sup>9</sup> Nawrot PS, Vavasour EJ and Grant DL. Food irradiation, heat treatment, and related processing techniques: safety evaluation. In: Van der Heijden K, Younes M, Fishbein L, Miller S, editors. International Food Safety Handbook. New York: Marcel Dekker; 1999. p. 306 – 8
- <sup>10</sup> Knize MG, Salmon CP, Pais P and Felton JS. Food Heating and the Formation of Heterocyclic Aromatic Amine and PAH Mutagens/Carcinogens. In: Jackson LS, Knize MG, Morgan JN, editors. Impact of processing on food safety. New York: Kluwer Academic; 1999. p. 179 – 193

- 
- <sup>11</sup> Lijinsky W. The formation and occurrence of polynuclear aromatic hydrocarbons associated with food. *Mutation Research / Genetic Toxicology* 1991; 259 (3-4): 251-61
- <sup>12</sup> Wu J, Wong MK, Lee HK, Shi CY and Ong CN. Determination of PAHs in Rougan, a traditional Chinese barbecued food, by capillary gas chromatography. *Environmental Monitoring and Assessment* 1997; 44: 577 – 585
- <sup>13</sup> Dyremark A, Westerholm R, Övervik E, Gustavsson J. PAH emissions from charcoal grilling. *Atmospheric Environment* 1995; 13: 1553 – 8
- <sup>14</sup> WHO. Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed: Addendum to Vol. 2 Health criteria and other supporting information. Geneva: WHO; 1998. Available from:  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/en/2edaddvol2a.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/2edaddvol2a.pdf)
- <sup>15</sup> WHO Regional Office for Europe. Chapter 5.9 PAHs. In WHO Regional Office for Europe. *Air Quality Guidelines* 2nd ed. Denmark: WHO Regional Office for Europe; 2000.
- <sup>16</sup> WHO. WHO Food Additives Series 28 – Benzo[a]pyrene. Geneva: WHO; 1991. Available from:  
URL: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v28je18.htm>
- <sup>17</sup> National Toxicology Program. Tenth Report on Carcinogens: PAHs, 15 Listings. US: Department of Health and Human Services; 2002. Available from:  
URL: <http://ehp.niehs.nih.gov/roc/tenth/profiles/s150pah.pdf>

## 附件 I：肉乾的製作流程圖



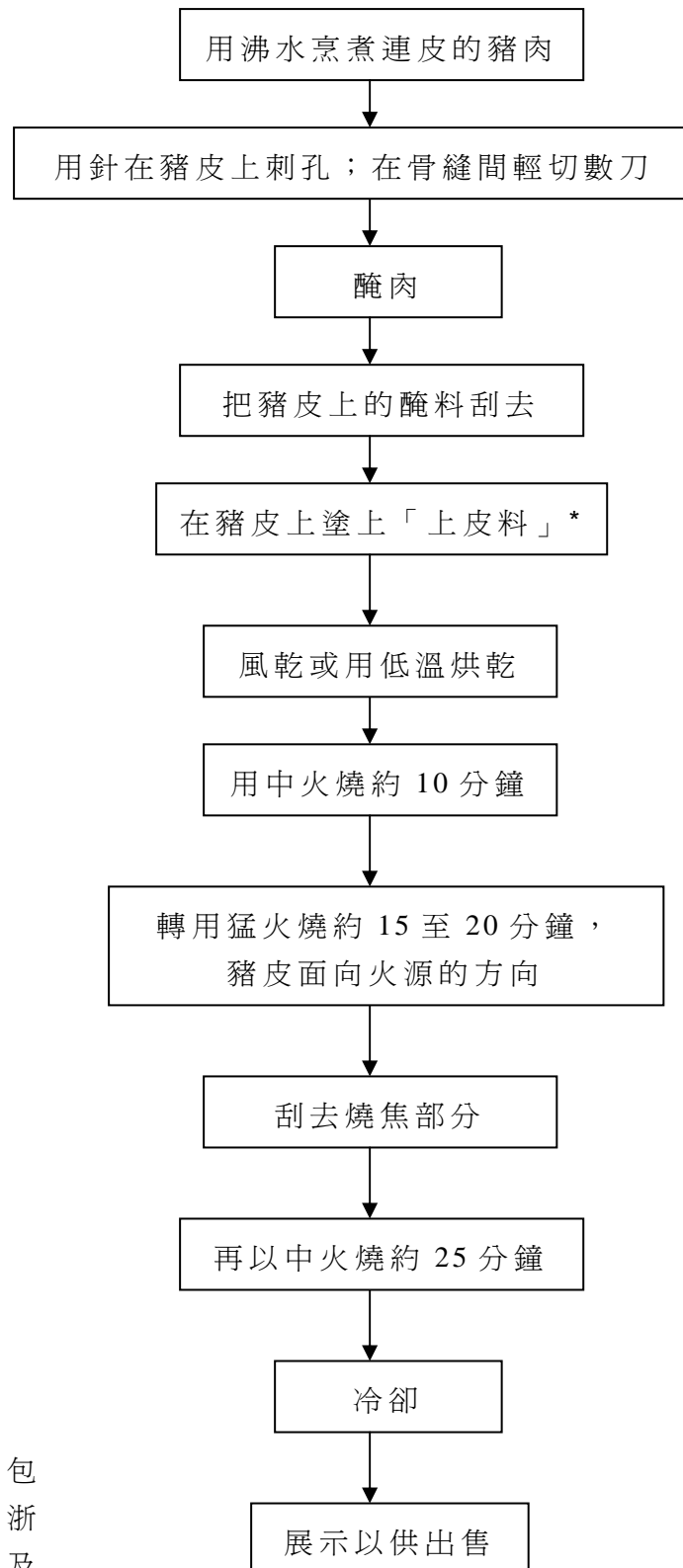
## 附件 II：叉燒的製作流程圖



\* 蜜汁材料包括  
麥芽糖、冰糖、  
薑汁及鹽等

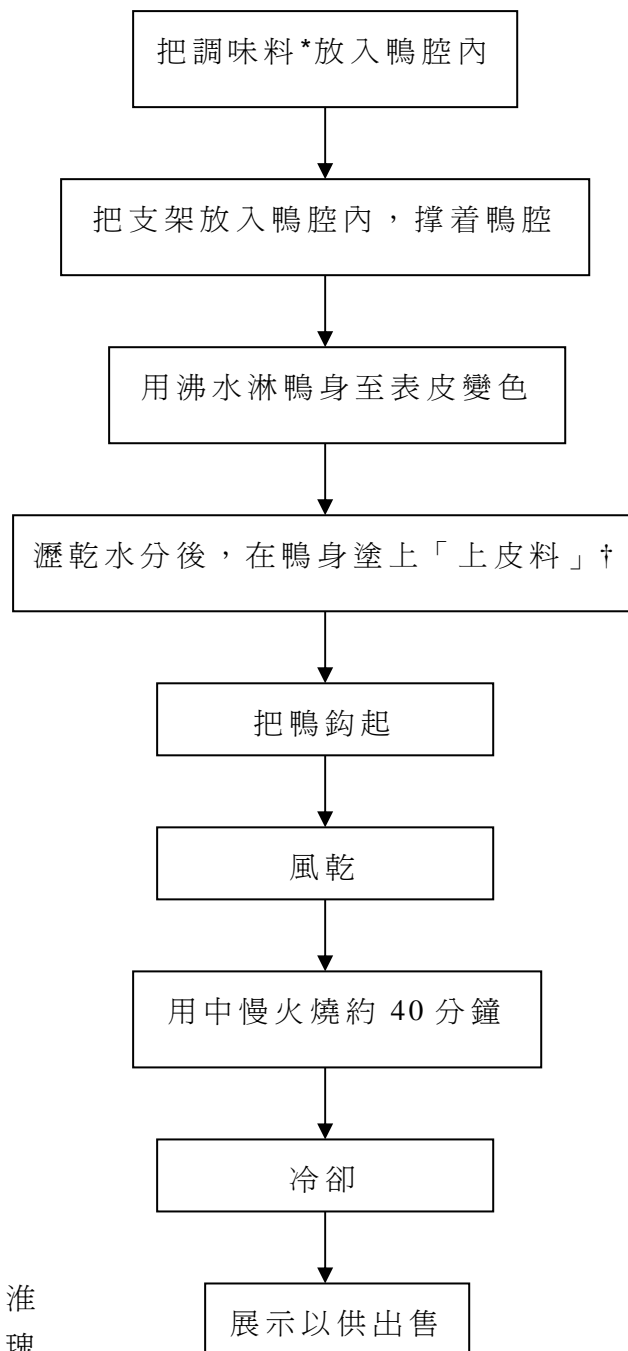


### 附件 III：燒肉的製作流程圖



\* 「上皮料」包括白醋、浙醋、麥芽糖及玫瑰露酒等

## 附件 IV：燒鴨的製作流程圖



\* 調味料包括生淮鹽、燒烤醬、玫瑰露酒、八角、乾蔥頭及薑等

† 「上皮料」包括白醋及麥芽糖等

## 附件 V：燒烤肉類樣本的 PAHs 含量中位數

