

降低食品中多環芳香族碳氫化合物含量之 作業指引草案

102 年 3 月 12 日公布

109 年#月#日修正公布

壹、前言

- 一、多環芳香族碳氫化合物（ polycyclic aromatic hydrocarbons, 以下簡稱 PAHs）為一群具有數個苯環之化學結構物，係由有機質經不完全燃燒或熱裂解（pyrolysis）反應所生成，環境中之 PAHs 可能達百種，來源包括森林大火、火山爆發、工業污染及食品加工等。
- 二、國際癌症研究中心（International Agency for Research on Cancer, IARC）已報告有多種 PAHs 具致突變性或致癌性，其中以苯(a)駢芘(benzo(a)pyrene, 以下簡稱 BaP)之致癌性最強，被列為一級致癌物。西元 2006 年聯合國糧農組織/世界衛生組織食品添加物專家委員會(以下簡稱 JECFA)建議可將 BaP 作為評估 PAHs 污染之監測指標。
- 三、人體暴露於 PAHs 之來源，除來自空氣及菸品之吸入外，最主要的就是透過食物之攝入，生鮮食品中存在之 PAHs 多來自空氣及土壤之污染，而加工食品除可能來自食品原料，亦可由加工過程產生。許多調查報告指出，在工業區或交通頻繁區域所生產之農作物，其 PAHs 之含量有較高趨勢，顯示空氣污染是食品原料中含 PAHs 之重要來源。
- 四、在食品製造過程中，煙燻、乾燥、烘焙、燒烤等加工製程，則是另一個使 PAHs 含量增加之主因。由於食品經過上述加工，可賦予其特殊質地、風味或口感，無法逕予禁止該等加工操作，故為了減少自食物暴露過多之 PAHs，應優先透過加工操作過程之改善，從而減少食品受 PAHs 之污染及攝食暴露之風險，以收預防重於善後

處理之效；食品產業在此，即扮演著第一線為食品衛生安全把關的主要角色。

貳、目的

本指引係提供食品產業自訂預防或改善產品受 PAHs 污染之品質管理工作時，可參考之監測指標及行動準則，以落實食品產業自主管理之精神，確保食品安全、兼顧產業發展。

參、國際管理現況

- 一、國際食品法典委員會(Codex)對食品中檢出污染物質之處理原則，係對污染物含量與環境或食品中正常背景值比較，分析是否有遭受污染情形，如有偏高且經科學評估證實涉有民眾健康風險者，則依據評估結果決定適當解決方案，包括：
 - (一)採取相關管制措施 (例如回收受污染食品、改善加工方式或儲存條件管理等)。
 - (二)考量有無必要建立食品中之限量。
 - (三)當相關措施不足以排除該污染物對健康之危害時，必須考慮給予飲食建議。
- 二、針對食品中含有 PAHs 之管制措施，Codex 於西元 2009 年制定「煙燻食品及直接乾烘食品之多環芳香族碳氫化合物污染減量控制操作規範 (Code of practice for the reduction of contamination of food with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from smoking and direct drying processes)」，提供源頭生產端業者依據該規範自主檢視，改善其加工操作過程，以減少食品受 PAHs 污染之風險。
- 三、歐盟原於西元 2006 年公告之 1881 號指令中，即已針對油脂類、煙燻肉製品、煙燻魚肉製品、煙燻雙殼貝類及嬰兒食品等訂有 BaP 之限值，於西元 2011 年又以 835

號指令更新。依據歐盟最新報告指出，由 BaP、苯(a)駢蒽(benz(a)anthracene，以下簡稱 BaA)、苯(b)駢芴(benzo(b)fluoranthene，以下簡稱 BbF)和 chrysene 之總和所組成之 PAH4，更適合做為監測 PAHs 之指標，故除了過去單獨以 BaP 作為監測指標或訂定限量標準外，歐盟亦增訂 PAH4 於食品中之限量標準，並於西元 2014 年起調降煙燻肉製品、煙燻魚肉製品之標準。歐盟復於西元 2015 年再度新增可可纖維及其產品、香蕉片、含有植物藥及其製劑之膳食補充劑、含有蜂膠/蜂王漿/螺旋藻或其製劑之膳食補充劑、乾草本植物、除荳蔻和煙燻辣椒外之乾香料等項目之 PAHs 標準。

肆、我國管理現況

- 一、本指引自 102 年起實施迄今，期間未接獲適用疑義；鑒於 PAHs 於食品製程中之污染風險明確，且各界已瞭解相關污染及減量操作等前提下，遂於 107 年 5 月 8 日以衛授食字第 1071300778 號令訂定之「食品中污染物質及毒素衛生標準」中，定明食品中 BaP 之限量，並自 108 年 1 月 1 日生效實施。本指引則參採歐盟納入 PAH4 之規定，以加強食品業者對 PAH4 風險監控之自主管理。
- 二、由於鰹魚乾/柴魚之製程需重複進行煙燻烘乾等程序，導致可能累積較高濃度之 PAHs，考量鰹魚乾/柴魚多供作調味用途，攝食量不高，相對經飲食之暴露風險有限；為持續輔導鰹魚乾/柴魚相關業者加強製程品管及尋求更佳之減量操作方式，針對鰹魚乾/柴魚之 BaP 及 PAH4 規範，仍列於本指引中，持續加強食品業者自主管理。

伍、減少 PAHs 污染食品之操作原則

一、一般原則

- (一) 食品業者應確認加工、調配或製造之食品原料符合

「食品中污染物質及毒素衛生標準」中有關 BaP 之限量，所含之 PAHs 亦能符合本指引附表 1 之監測指標值，以減少可能自原料帶入之污染。

- (二) 食品業者應自主檢視產品生產過程之各階段，尤其是煙燻、乾燥等經高溫處理的步驟，所使用之設備、環境、各項加工條件(如熱源、時間、溫度)等，是否易大量產生 PAHs，必要時應經實地試驗，以分析結果為依據，調整並確認適當之 PAHs 減量操作條件。
- (三) 食品業者所採取之 PAHs 減量操作，必須維護其他基本衛生安全條件，例如微生物含量及可能含有其他污染物的風險；至於其他產品價值條件(如外觀、風味、口感、營養成分等)，亦可為評價相關減量操作可行性之參考依據。
- (四) 食品業者應定期採取監測檢驗工作，以檢視 PAHs 減量管制措施之成效。

二、煙燻處理之 PAHs 減量操作原則

- (一) 燃料之選擇：如係使用木頭當燃料，必須避免使用經防水、防火或樹脂等化學處理之木頭，以免產生其他污染物質；松柏類木頭因含高木質素，不建議使用；含水量低之木頭會快速燃燒，亦容易產生較多 PAHs。另外，不建議使用木材或植物材料以外之燃料，如柴油、橡膠(廢輪胎)或廢油等。
- (二) 煙燻室(間)之設置：
 1. 火源與食材距離越近，食物吸附 PAHs 粒子之量越多，故應保持火源與食材適當之距離。
 2. 為減少食材油脂滴落而產生更多 PAHs，必要時可於火源與食材間加裝有孔的擋板阻隔。
 3. 以間接煙燻取代直接煙燻，將更能顯著降低食物受 PAHs 之污染。
 4. 使用濾網等設備協助移除燻煙中之顆粒物質，降低可

能之 PAHs 污染。

5. 應確認有適當之氧氣供應，氧氣不足造成燃燒不完全，或氧氣過多造成溫度太高，均會增加 PAHs 之生成。應適當調控溫度以降低 PAHs 之生成量。

(三) 煙燻時間應越短越好。

(四) 食材煙燻後可透過適當清(浸)洗(魚類產品不宜)、去皮(如魚類產品)或刮除表面煙燻處(如：柴魚)等方式，顯著降低 PAHs 之含量。

三、乾燥處理之 PAHs 減量操作原則

(一) 透過風吹或日曬等暴露於室外或露天之乾燥法，應避免靠近可能有污染源之區域，例如有燃燒氣體之工業區域、焚化爐、水泥廠或緊鄰交通密集之道路，必要時，可使用有蓋之乾燥器，以減少污染。

(二) 其他透過加熱方式進行乾燥之相關注意事項，得比照煙燻處理者。

(三) 合併脫水及乾燥等操作方式，可增加乾燥效率、減少乾燥時間，間接減少 PAHs 之污染。

(四) 穀類與油籽(榨油原料)乾燥時，應避免與熱源直接接觸，尤其避免以火源直接乾燥種籽；油品精製過程可透過使用活性碳，以減少 PAHs 之污染含量。

(五) 可透過監視燃燒氣體中之一氧化碳、火焰溫度或煙燻累積量等，確認燃料是否完全燃燒。

(六) 以間接乾燥取代直接乾燥，能顯著降低 PAHs 的污染。

四、燒烤處理之 PAHs 減量操作原則

(比照煙燻及乾燥法之操作重點)

陸、PAHs 監測指標值

PAHs 指標化學物 BaP 多數已納入衛生標準強制實施，為強化食品產業自主品管，針對 BaP 及 PAH4 之濃度，倡議監測指標值如附件 1，以提供食品產業遵循，未來仍將依據

科學研究資訊之更新及實務需求，滾動評估修正 PAH4 之監測指標值或提出其他 PAHs 之監測指標值。

柒、異常處理

檢驗加工食品之 PAHs 含量，如超過本指引之監測指標值時，應分別採取以下異常處理措施：

一、經依附件 2 之風險評估計算結果，其暴露限值(MOE)

10,000 以上者：應自行加強產品之品管監測頻率。

二、經依附件 2 之風險評估計算結果，其暴露限值(MOE)未達 10,000 者：應採取以下處理程序：

(一)清查異常產品之範圍及數量，控管異常產品之出貨/販售，必要時應有產品回收措施。

(二)就異常產品之原料及製程全面檢視，釐清 PAHs 之可能污染原因。

(三)針對污染原因提出改善方案，並進行測試，確認排除異常或減少產品 PAHs 含量至監測指標值以下。

(四)保留異常處理過程之完整紀錄備查。

(五)檢討並加強品管抽驗。

捌、結語

由於 PAHs 可於多種加工操作過程中產生，屬於加工食品中無法避免之污染物質，故如何降低該等污染物之含量，應為食品業者進行品質安全管制之重點；另外，對於複合多種食品原料之加工食品，其 PAHs 多來自於原料之污染，故源頭管理(包括原材料之採購驗收等)亦應為管制重點之一。

本指引提供食品產業界進行產品品質管制及確認製程條件之參考，針對食品原料或產品之安全性所提供之監測指標值，亦可提供食品產業進行自主品管分析之結果是否採取異常處理措施之指標。

附件 1. PAHs 監測指標值

| 1. 苯(a)駢芘 (Benzo(a)pyrene) | |
|--|---------------------|
| 食品類別 | 限量(µg/kg) |
| 1.1 鰹魚乾/柴魚 Katsuobushi (dried bonito, <i>Katsuwonus pelamis</i>) | 30.0 |
| 1.2 作為食品原料用途之可可纖維及其衍生產品 Cocoa fibre and products derived from cocoa fibre, intended for use as an ingredient in food | 3.0 |
| 1.3 含植物成分或植物萃取之膳食補充品 ⁽¹⁾ Food supplements containing botanicals and their preparations | 10.0 ⁽²⁾ |
| 2. PAH4，即苯(a)駢芘(benzo(a)pyrene)、苯(a)駢蔥(benz(a)anthracene)、苯(b)駢芘(benzo(b)fluoranthene)和 chrysene 之總和 | |
| 食品類別 | 限量(µg/kg) |
| 2.1 食用油脂 | |
| 2.1.1 直接供食或作為食品加工使用之油脂，不包括可可脂及椰子油 Oils and fats intended for direct human consumption or use as an ingredient in food, excluding cocoa butter and coconut oil | 10.0 |
| 2.1.2 直接供食或作為食品加工使用之椰子油 Coconut oil intended for direct human consumption or use as an ingredient in food | 20.0 |
| 2.2 蔬果植物類 | |
| 2.2.1 作為食品原料用途之可可纖維及其衍生產品 Cocoa fibre and products derived from cocoa fibre, intended for use as an ingredient in food | 15.0 |
| 2.2.2 除本表第 2.2.1 項外之可可豆及其製品，以可可脂之含量為基準 Cocoa beans and derived products (fat basis) | 30.0 |
| 2.2.3 香蕉片 Banana chips | 20.0 |
| 2.2.4 乾燥香草植物 Dried herbs | 50.0 |
| 2.2.5 乾燥香辛植物(spices)，不包括荳蔻(cardamom)和煙燻辣椒屬植物(Capsicum spp.) Dried spices with the exception of cardamon and smoked <i>Capsicum</i> spp. | 50.0 |
| 2.3 肉及肉製品 | |

| | |
|---|---------------------|
| 2.3.1 煙燻肉及煙燻肉製品 Smoked meat and smoked meat products | 12.0 |
| 2.3.2 販賣供最終消費者之燒烤肉及燒烤肉製品 heat treated meat and heat treated meat products sold to the final consumer | 30.0 |
| 2.4 水產動物 | |
| 2.4.1 煙燻或燒烤 ⁽³⁾ 鯡魚及其罐頭(<i>Sprattus sprattus</i>) ⁽⁴⁾ ； 魚體長度≤14公分之煙燻或燒烤 ⁽³⁾ 波羅地海鯡魚及其罐頭(<i>Clupea harengus membras</i>) ⁽⁴⁾ ； Smoked sprats and canned smoked sprats (<i>Sprattus sprattus</i>); Smoked Baltic herring ≤ 14 cm length and canned smoked Baltic herring ≤ 14 cm length (<i>Clupea harengus membras</i>); | 30.0 |
| 2.4.2 鰹魚乾/柴魚 Katsuobushi (dried bonito, <i>Katsuwonus pelamis</i>) | 180.0 |
| 2.4.3 煙燻或燒烤 ⁽³⁾ 雙殼貝類 ⁽⁵⁾ (不含殼) Bivalve molluscs (smoked) | 35.0 |
| 2.4.4 雙殼貝類(新鮮、冷藏或冷凍，不含殼) ⁽⁵⁾ | 30.0 |
| 2.4.5 除本表第 2.4.1、2.4.2、2.4.3 及 2.4.4 項外之煙燻或燒烤 ⁽³⁾ 魚肉及煙燻或燒烤 ⁽³⁾ 水產製品 ⁽⁴⁾ 。 本指標值於煙燻或燒烤 ⁽³⁾ 甲殼類(crustaceans)係適用於附肢(appendages)及腹部(abdomen)之肌肉，煙燻或燒烤 ⁽³⁾ 蟹類(<i>Brachyura</i> 或 <i>Anomura</i> 目)者，本指標值則適用於附肢(appendages)之肌肉 | 12.0 |
| 2.5 嬰幼兒食品 ⁽⁶⁾ | |
| 2.5.1 嬰兒配方食品 ⁽⁷⁾ 及較大嬰兒配方輔助食品 ⁽⁸⁾ | 1.0 ⁽⁹⁾ |
| 2.5.2 特殊醫療用途嬰兒配方食品 ⁽¹⁰⁾ | 1.0 ⁽⁹⁾ |
| 2.5.3 嬰幼兒穀物類輔助食品 ⁽¹⁰⁾ 及嬰幼兒副食品 ⁽¹¹⁾ | 1.0 ⁽⁹⁾ |
| 2.6. 膳食補充品(Food supplements) | |
| 2.6.1 含蜂膠(propolis)、蜂王乳(royal jelly)之膳食補充品 | 50.0 ⁽⁹⁾ |
| 2.6.2 含螺旋藻(spirulina)之膳食補充品 | 50.0 ⁽⁹⁾ |
| 2.6.3 含植物成分或植物萃取之膳食補充品 ⁽¹⁾ Food supplements containing botanicals and their preparations | 50.0 ⁽²⁾ |
| ⁽¹⁾ 係指以植物之全株或部分，經過如：壓榨(pressing/squeezing)、萃取(extraction)、區分/份化(fractionation)、蒸餾(distillation)、濃縮(concentration)、乾燥(drying up)和發酵(fermentation)等製程獲得的製劑(botanical preparations)，包含搗碎或粉碎的植物、植物各部分、藻類、真菌(fungi)、地衣(lichen)、酏劑(tincture)、提取物(extracts)、精油 | |

- (不包括第「2.1 食用油脂」中提到之植物油)、濃縮汁或加工滲出液。
- (2) 該限量不適用於含有植物油的膳食補充品。作為膳食補充品原料之植物油，其苯駢芘應符合「食品中污染物質及毒素衛生標準」中有關植物油之規定；其 PAH4 則應符合本表第 2.1.1 規定之限量。
 - (3) 針對水產動物以「燒烤」製程加工者，其苯(a)駢芘之監測指標值，適用對象為食品製造業製造之完整包裝產品。
 - (4) 全部被供為食用之部分，本指標值適用於全魚。
 - (5) 巨海扇蛤(*Pecten maximus*)之指標值適用於閉殼肌和其生殖腺。
 - (6) 本表所稱之「嬰兒(Infant)」，係指足月生產至年齡未滿十二個月者；本表所稱之「幼兒(Young child)」，係指年齡為十二個月以上至三歲(三十六個月)者。
 - (7) 嬰兒配方食品(Infant formula)：指特製之母乳替代品，在採用適當之輔助食品前，單獨食用即可滿足正常足月新生兒至六個月內嬰兒之營養需要。
 - (8) 較大嬰兒配方輔助食品(Follow-up infant formula)：指供六個月以上至十二個月之較大嬰兒，於斷奶過程中，配合嬰兒副食品所使用之配方食品，但不適用於未滿六個月之嬰兒單獨使用。
 - (9) 本指標值適用於販賣之產品。
 - (10) 特殊醫療用途嬰兒配方食品(Infant formula for special medical purposes)：指特製之母乳或嬰兒配方食品之替代品，單獨食用即可滿足出生數月內患有失調、疾病或醫療狀況之嬰兒之特殊營養需求，直到較大時再採用適當之輔助食品。
 - (11) 嬰幼兒穀物類輔助食品(Cereal based foods for infant and young child)：專為滿足嬰兒斷奶後之健康需求以及輔助幼兒逐步適應一般食品及補充營養之穀物類食品，包括須以牛奶或水等液體復原後食用之穀物、麵食、麵包及餅乾等。
 - (12) 嬰幼兒副食品(Baby food)：專為滿足嬰兒斷奶後之健康需求，以及輔助幼兒逐步適應一般食品及補充營養之食品，不包括嬰幼兒穀物類輔助食品及以乳為基質成分之飲料及其製品。

※備註：

1. 本表之監測指標值，係供食品產業自主品管監測產品之參考。
2. 食品經檢驗 PAHs 含量之結果，如有超出本表所訂之監測指標值，應另依本指引第柒節，進行暴露限值評估(計算範例如附件 3)及視評估結果採取適當之異常處理措施。
3. 本表未列之食品類別，業者仍可自主管理，依本指引第柒節之風險評估原則，及不同產品之加工屬性，自訂品管指標，預防 PAHs 之污染。

附件 2-食品中檢出 BaP 或 PAH4 之健康風險評估

暴露限值評估模式(margin of exposure, MOE)

※某物質對動物產生不良反應之劑量與人類膳食攝入量之比值，如該引起不良反應之劑量與人類攝取量越接近，則計算結果(MOE 值)越低，代表對健康危害的影響越大。

※係用以評定其健康風險之關注程度，而非量化風險。可作為釐定風險管理措施的優先順序。

※針對具有遺傳毒性或致癌性之物質，可使用基準劑量(Benchmark Dose, BMD)¹的最低信賴區間下限(Benchmark dose lower-confidence limit, BMDL)²評估。

※計算公式：

$$\text{MOE} = \text{BMDL}_{10} \div \text{膳食攝入量}$$

- BMDL₁₀：依據歐盟食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)所提出之 BMDL₁₀ (EFSA, 2008)³：
BaP 為每日每公斤體重 0.07 毫克(0.07 mg /kg.bw per day)、PAH4 為每日每公斤體重 0.34 毫克(0.34 mg /kg.bw per day)
- 膳食攝入量：每人平均每日攝入量，依不同食品之攝取量推估

※評估(參考 EFSA 之評估基準)：

- MOE 在 10,000 以上(含 10,000)→低關注等級，加強品管抽驗
- MOE 未達 10,000 →採取異常處理措施

¹ 基準劑量(Benchmark Dose, BMD)為實驗中會引起試驗群體數中某個百分比不良反應的劑量，在健康風險評估中，一般以 5%到 10%為引起不良百分比之群體比例上限。上限若為百分之十，則基準劑量可以簡寫為 BMD₁₀，百分之五則為 BMD₅，依此類推。

² 基準劑量的最低信賴區間下限(Benchmark Dose Low, BMDL)，是統計上基準劑量的最低信賴區間(lower confidence interval)。本指引係參考歐盟食品安全局(EFSA)之評估模式，以 BMDL₁₀為基準；世界衛生組織(WHO)定義為：誘發人類癌症發病率增加 10% 的基準劑量可信下限值(WHO, 2005)。

³ <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2008.724>

附件 3-風險評估計算範例

範例 1. 假設柴魚片每日攝食量為 5 g，經檢出含 BaP 30 µg/kg、PAH4 150 µg/kg。經分別以 60 kg 體重成人及 20 kg 體重兒童為例，其 MOE 之計算：

| 膳食攝入量(mg) (檢出量 mg/kg × 每日攝食量 kg) | | MOE 〔(BMDL ₁₀ mg × 體重 kg) ÷ 膳食攝入量 mg〕 | | 評估 |
|-------------------------------------|---------------------|---|------------------------------|---|
| BaP | 0.030×0.005=0.00015 | 成人 | BaP (0.07×60)÷0.00015=28000 | MOE 值均 > 10000，屬低健康危害風險關注程度 |
| | | | PAH4 (0.34×60)÷0.00075=27200 | |
| PAH4 | 0.150×0.005=0.00075 | 幼兒 | BaP (0.07×20)÷0.00015=9333 | MOE 值均 < 10000，故該等產品如係供為幼兒食品用途，應即採取異常處理措施 |
| | | | PAH4 (0.34×20)÷0.00075=9066 | |

範例 2. 假設以柴魚片熬煮高湯(20 g 柴魚片加入 2000 mL 高湯)，再假設柴魚片所含之 BaP 全部溶入湯水中。若柴魚片檢出含 BaP 30 µg/kg、PAH4 150 µg/kg，每日高湯飲用量 250 mL，經以 20 kg 體重兒童為例，其 MOE 之計算：

| 膳食攝入量(mg) (檢出量 mg/kg × 每日攝食量 kg) ÷ (2000mL ÷ 250mL) | | MOE 〔(BMDL ₁₀ mg × 體重 kg) ÷ 膳食攝入量 mg〕 | | 評估 |
|--|--------------------------|---|---------------------------------|------------------------------|
| BaP | (0.030×0.020)÷8=0.000075 | 幼兒 | BaP (0.07×20)÷0.000075 = 18666 | MOE 值均 > 10000，屬低健康危害風險關注程度。 |
| PAH4 | (0.150×0.020)÷8=0.000375 | | PAH4 (0.34×20)÷0.000375 = 18133 | |

範例 3. 假設每日食用泡麵 3 包，泡麵調味包(每包 10 g)經檢出 BaP 之含量為 5 µg/kg、PAH4 為 40 µg/kg，以 60 kg 體重成人為例，其 MOE 之計算：

| 膳食攝入量(mg) (檢出量 mg/kg × 每日攝食量 kg) × 3 包 | | MOE [(BMDL ₁₀ mg × 體重 kg) ÷ 膳食攝入量 mg] | | 評估 |
|---|---|---|--|------------------------------|
| BaP | $(0.005 \times 0.010) \times 3 = 0.00015$ | 成人 | BaP $(0.07 \times 60) \div 0.00015 = 28000$ | MOE 值均 > 10000，屬低健康危害風險關注程度。 |
| PAH4 | $(0.040 \times 0.010) \times 3 = 0.0012$ | | PAH4 $(0.34 \times 60) \div 0.0012 = 17000$ | |