

燻煙及び直接乾燥工程における食品の
多環芳香族炭化水素（PAH）汚染の低減
に関する実施規範

CAC/RCP 68-2009



Food and Agriculture Organization of the
United Nations



World Health
Organization

Published by arrangement with the
Food and Agriculture Organization of United Nations
and the World Health Organization
by the
Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries,
Government of Japan

本文書は、当初、国際連合食糧農業機関（FAO）及び世界保健機関（WHO）により、「燻煙及び直接乾燥工程における食品の多環芳香族炭化水素（PAH）汚染の低減に関する実施規範（CAC/ RCP 68-2009）」として出版されたものである。日本語への翻訳は、日本政府の農林水産省によってなされた。

本文書において使用する呼称及び資料の表示は、いかなる国、領土、都市あるいは地域、若しくはその当局の法律上あるいは開発上の地位に関する、又はその国境あるいは境界の設定に関する、国際連合食糧農業機関（FAO）あるいは世界保健機構（WHO）のいかなる見解の表明を意味するものではない。また、個別の企業あるいは製品への言及は、それらが特許を受けているか否かにかかわらず、言及されていない同様の性質を持つ他者に優先して、FAO あるいは WHO が承認あるいは推薦していることを意味するものではない。

© FAO/WHO, 2009 (English edition)

© Government of Japan, 2013 (Japanese edition)

2009年採択。2009年改訂

燻煙及び直接乾燥工程における食品の
多環芳香族炭化水素（PAH）汚染の低減に関する実施規範
CAC/RCP 68-2009

はじめに

1. 燻煙工程及び直接乾燥工程のいずれにおいても、燃料を燃焼している間に多くの化学汚染物質が生成する。例えば、多環芳香族炭化水素類（PAH）、ダイオキシン類、ホルムアルデヒド、窒素酸化物及び硫黄酸化物（例えば、ニトロソアミン類の生成に関連する）が挙げられる。さらに、燃焼ガス中には重金属も含まれている。汚染物質の種類及び量は、使用される燃料、温度及び想定されるその他のパラメータに依存している。
2. 食品の加工及び調理を含む産業工程やその他の人的活動だけでなく、森林火災及び火山噴火の間にも、有機物が不完全燃焼又は熱分解された結果として何百種ものPAHが生成し、排出されている可能性がある。その生成機序から、PAHは環境中に広く存在しており、そのため、特に大気や土壌を介してフードチェーンに入る。PAHは、農作物表面への大気からの降下、土壌からの汚染及び水からの淡水性及び海洋性無脊椎動物への移行による環境汚染が原因で原料中に存在し得る。燻煙、乾燥、焙煎、焼成、炙り焼き（barbecuing）又は油調理（frying）といった商業的な又は家庭での食品調理が主要な食品汚染源であると認識されている。植物油中のPAHは、油の抽出前に油糧種子の乾燥に用いられる燻煙及び乾燥工程に由来する場合もある。
3. 環境汚染に由来する食品のPAH汚染は、関連産業（例えば、セメント工場、焼却炉及び冶金）から排出される煙をろ過したり、自動車のPAHを含む排出ガスを制限したりするなどの汚染源対策によって管理されるべきである。適切な農地・漁業水域の選択を含む適正規範（good practice）が、原料の環境からのPAH汚染を低減することにもなり得る。ただし、最終食品から摂取するPAHの低減に対するこれらの寄与は本実施規範の対象外である。
4. 燻煙や直接乾燥といった工程によって、食品に様々なテクスチャーや風味がもたらされ、結果として消費者に幅広い選択肢が与えられる。多くの種類の燻製食品や乾燥食品は伝統的な食品であり、そのような食品の保存期間を延長し、品質を保持し、消費者の求める風味や堅さ（consistency）を付与するため、こうした種類の加工が利用されてきた。保存期限の延長は、ビタミン含有量の保持といった食品の栄養価に影響する場合もある。

5. PAH 摂取に主に寄与しているのは、穀類及び穀類製品（食事における消費量が多いため）並びに植物性油脂（PAH 濃度が高いため）である。燻煙された魚類及び肉類、炙り焼きされた食品は、通常他の食品より PAH 濃度が高いにもかかわらず、一般的に PAH 摂取量に大きく寄与しないのは、特に、食事に占めるこれらの食品の割合が小さいためである。ただし、食事に占めるこれらの食品の割合が大きい場合には、寄与が大きくなり、PAH の高摂取につながる。
6. JECFA（FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議）は、PAH に関する意見の中で、例えば、直接燻煙（燻煙室（smoking chamber）内、伝統的には燻製小屋（smokehouse）内で発生させた煙を利用するもの）を間接燻煙に置き換えることによって、乾燥工程及び燻煙工程における PAH 汚染を低減するよう努めるべきであると推奨している。

目的

7. 本実施規範は、国内当局及び製造者が、商業的な燻煙工程及び直接乾燥工程における食品の PAH 汚染を防止し、低減するための指針を提供することを目的としている。このため、本実施規範では、重要検討事項（important points to consider）を特定し、それに関連する推奨事項を掲載している。燻製工程及び直接乾燥工程は、産業だけでなく一般家庭でも使われている。消費者はしばしば直接燻煙により食品を燻製することがあるが、乾燥は、例えば、天日又は電子レンジのように直接的又は間接的な方法のいずれかが用いられる。本実施規範及び指針は、消費者向けの情報の基礎として利用することもできる。
8. 本実施規範では、伝統的な燻製食品の効用、腐敗並びに微生物の汚染及び増殖の防止といった燻煙及び乾燥の持つ有益性と、食品の加工中に生成される PAH による人の健康リスクを低減する可能性について言及する。

範囲

9. 本実施規範の適用範囲は、商業的な直接燻煙及び間接燻煙並びに直接乾燥工程における PAH 汚染とする。
10. 本実施規範は以下に由来する食品中の PAH 汚染を対象としない。
 - a) 燻製工程におけるハーブや香辛料の使用¹
 - b) 間接乾燥
 - c) その他の食品加工工程（一般家庭又はケータリング業での炙り焼きやその他の調理法を含む）
 - d) 原料の環境汚染
11. 本実施規範では PAH による汚染のみを取り扱う。ただし、ある一つの汚染物質を低減する条件が他の汚染物質の含有濃度の増加につながる可能性があることや、食品の微生物学的安全性を低下させる可能性があることは強調されるべきである。PAH、複素環式アミン類、ニトロソアミン類といった汚染物質の相互作用の可能性については必ずしも十分に分かっていないが、これらの汚染物質の存在又はこれら汚染物質と食品成分との反応が食品安全上の問題となり得る。これには窒素酸化物が食品成分と反応し、ニトロソアミン類の生成につながる場合が該当する。最終製品の PAH 濃度の低減を目的として作成されるいかなる指針においても、他の汚染物質の増加又は微生物学的安全性の低下によって人の健康リスクを増加させることがあってはならないことは強調されるべきである。

定義

12. 「汚染物質」とは、食品に意図的に加えられるものではないが、その生産（農業、畜産、及び獣医療で行われる作業を含む）、製造、加工、調製、処理、包装、梱包、輸送、又は貯蔵の結果として、あるいは環境汚染の結果として当該食品中に存在する物質である。昆虫の断片、げっ歯類の毛、その他の異物は含まれない。
13. 「直接乾燥」とは、次の二種類の乾燥工程を指す。一つは燃焼ガスを直接食品に触れる乾燥ガスとして用いる乾燥工程であり、もう一つは天日乾燥である。

¹ 燻煙工程において、使われる燃料は種々の樹種であり、場合によってはハーブや香辛料（例えば、ジュニパーベリー）を用いて特徴のある香気を与えられる。こうしたハーブや香辛料も PAH の汚染源となる可能性がある。しかし、たくさんの異なる種類のハーブや香辛料を使用する場合、たいていそれらは少量であり、ハーブや香辛料の使用による影響に関する知見は限られている。そのため、本実施規範ではこれらの使用については考慮していない。

14. 「天日乾燥」とは、開放環境下において日光と風を利用して乾燥を行う、直接的な乾燥工程である。
15. 「間接乾燥」とは、燃焼ガスが直接食品に触れない乾燥工程であり、熱交換器、電気又は他の手段によって加熱された熱風が用いられる。
16. 「HACCP」とは、食品安全上の重要な危害要因を、特定、評価し、管理するシステムである。
17. 「その他の植物性素材」とは、燻煙又は乾燥工程において利用される、木材以外の種類の燃料のことであり、例えば、バガス、トウモロコシの穂軸、ココナッツの外皮や殻がこれに含まれる。
18. 「多環芳香族炭化水素類 (PAH)」とは、炭素原子と水素原子からなる縮合芳香環を二つ以上持つ一連の有機化合物の総称であり、汚染物質の一つのグループである。
19. 「熱分解」とは、酸素又はその他の反応物（水蒸気はおそらく除く）が無い状態で加熱することによって、有機化合物を化学的に分解することである。
20. 「煙」とは、ガス相に浮遊している液体及び固体の微粒子から構成されている。こうした煙中の粒子は、一般的に $0.2\sim 0.4\ \mu\text{m}$ （又は $0.05\sim 1\ \mu\text{m}$ 程度）の大きさであり、煙の全体重量の 90%を占めていると推定される。煙の化学成分は複雑であり、これまでに 300 を超える構成成分が確認されている。
21. 「煙濃縮物」とは、酸素を制限的に供給し木材を熱的に制御しながら分解（熱分解）し、それに続いて発生した煙を濃縮し、さらに生成した液体生成物を分離することで得られる生成物である。
22. 食品の「燻煙」とは、煙中の構成成分により微生物の増殖を妨げることで、食品の保存期限を延ばす保存手段として用いられる工程である。また、燻煙工程は燻製食品の持つ特徴ある風味や外観を実現するのに用いられる。
23. 「直接燻煙」とは、食品が加工される燻煙室内で煙を発生させる燻煙工程である。
24. 「間接燻煙」とは、発煙装置 (smoke generator) を用いて、食品が燻される場所

とは隔てられた室内において、煙を発生させている燻煙工程である。例えば、煙を燻煙室に送る前に、水フィルター又はタール濃縮器の使用など様々な方法で浄化することができる。

食品中の PAH 汚染低減に関する一般原則

25. 食品製造者は、高濃度の PAH が生成するような条件に留意すべきであり、可能な場合には、PAH の生成を最小限とするようにそれらの条件を管理すべきである。これを達成するために、燻煙又は直接乾燥による食品製造において利用される又は利用される予定の各工程について、重要検討事項を分析すべきである。
26. この分析の第一段階は、重要検討事項を特定することにある。想定される主な重要検討事項は後述する。
27. 食品製造者は特定された重要検討事項を次のような観点から評価すべきである。
 - a) 環境及び製造工程に由来する想定される PAH の汚染源
 - b) 消費者の健康への想定される影響
 - c) 可制御性
 - d) PAH 汚染を低減するために想定される対策
28. 食品製造者は、上記の分析の結果や、以下の人の健康保護や経済活動に関連したその他の正当な要素に基づいて、PAH の低減を目的として特定された重要検討事項を管理するために適切な措置を講ずるべきである。
 - a) 微生物学的状態とその他の汚染物質により想定されるリスク
 - b) 最終製品の官能特性及び品質（理想的な方法であれば最終製品の外観、風味、食味又は栄養特性に悪影響を及ぼさない）
 - c) 管理の実現可能性と有効性（費用、商業的な利用可能性、職業上の危害要因）
29. 食品製造者は、実施した措置の効果を監視し、必要があれば措置を見直すべきである。

関連法令の遵守についての評価

30. 加工食品は、消費者保護のための一般的な要件を含む、関連する国内及び国際的な法令及び基準を遵守していなければならない。さらに、食品は、関連するコーデックス及び国内の実施規範に従い製造されなければならない。それらの中には乾燥又は燻煙に関するさらなる情報が含まれている場合があり、そうした情報についても

検討されるべきである。

燻製及び直接乾燥工程に関する一般事項

31. 燻煙及び直接乾燥工程における PAH の生成は、以下を含む多くの変動要因に依存する。
 - a) 燃料（木材及びその他の植物性素材、ディーゼルオイル、ガス、液体又は固体の廃棄物並びにその他の燃料）
 - b) 燻煙又は乾燥の方法（直接又は間接）
 - c) 発煙装置における熱分解の温度や空気の流れに関連する発煙方法（フリクション方式、燻し方式、サーモスタットプレート方式）、若しくは直接燻煙又は煙濃縮物（燻液）噴霧による燻煙再生など、その他の方法に関連する発煙方法
 - d) 食品と熱源との距離
 - e) 熱源と食品の位置関係
 - f) 食品の脂肪含有量及び加工工程で脂肪含有量に起こること
 - g) 燻煙及び直接乾燥の時間
 - h) 燻煙及び直接乾燥工程の温度
 - i) 装置の清潔さと維持管理
 - j) 燻煙室及び煙と空気の混合に用いられる装置の設計（燻煙室内の煙密度に影響する）
32. 一般的に、加工技術の変更により、加工工程で生成する PAH の量を低減できる場合がある。間接乾燥又は間接燻煙は、直接乾燥又は直接燻煙に比べて PAH 含有量を低減できる。また、煙濃縮物の使用、樹種などの燃料の選択、時間や加工温度の調整も PAH の生成に影響する。ココナッツ油の精製工程において、適切な量の活性炭を加えることにより、PAH 汚染を完全に除去できる。
33. コーデックスによって推奨される原則及び手順に従い、HACCP システムを適用することは、PAH を低減するための選択肢の一つとなる。

燻煙

34. 燻煙という技術は、肉類や魚類を保存する方法の一つとして、何世紀もの間用いられてきた。燻煙することで高タンパクな食品に芳香成分が染み込み、食品に香気と彩りを添え、また、静菌性及び抗酸化的な役割も果たす。

燻煙に用いられる燃料

35. 食品の燻煙には、通常木材が用いられるが、バガス（サトウキビに由来する植物性

素材)、トウモロコシの穂軸、ココナッツの外皮や殻といった、その他の種類の燃料も用いられる。使用する燃料は、想定される食品汚染に関する重要検討事項となる。例えば、木材を使うか、わらを使うかで PAH による食品汚染は異なる。ココナッツの外皮の方が殻よりリグニンの含有量が高いため、燃料としてココヤシの外皮を用いると、ココナッツの殻を使用する場合に比べて油糧種子の PAH 汚染濃度が高くなる。

36. 使用される樹種は PAH 生成に影響する。ただし、樹種又はその他の植物性素材の使用に関しては、一般的に受け入れられた推奨事項を見出すことはできなかった。したがって、燻煙工程で用いられる木材又はその他の植物性素材の個々の種類を、使用前に PAH 生成に関し評価すべきことが推奨される。また、燻煙工程で使用される木材は、望ましくは樹脂を多く含まないものとすべきである。
37. 食品の燻煙を目的として、木材及びその他の植物性素材以外の燃料を使用することは勧められない。ディーゼルオイルやゴム（例えば、タイヤ）又は廃油のような燃料は、PAH 濃度を著しく高める可能性があるため、それが燃料の一部であったとしても用いてはならない。保存性、耐水性、耐火性等を目的として薬品処理された木材を、燻煙又は煙濃縮物の製造に用いるべきではない。こうした処理は、例えば、ペンタクロロフェノール (PCP) で処理された木材に由来するダイオキシンのように他の汚染物質による汚染を引き起こすだけでなく、食品の汚染も引き起こす可能性がある。

燻煙された食品

38. 燻煙室内における食品の位置及び食品と熱源との距離は、燻製工程における重要検討事項である。PAH は粒子に結合しているため、発煙源から燻煙される食品までの距離を遠くすれば、食品中の PAH 含有量を低減できる可能性がある。
39. 直接燻煙の間に、発煙源、例えば、白熱している木材又はその他の植物性素材に、食品から脂肪が滴り落ちると、煙中の PAH 含有量が増える可能性があり、これによって燻製食品中の PAH 含有量が増える可能性がある。脂肪が直火に滴り落ちることによる PAH 含有量の増加を防ぐため、燻煙する食品と熱源との間に穴あき金属板を設置してもよい。
40. 最終製品の微生物学的品質について評価を行い、加工の間及び最終製品中において、病原体が増殖しないようにしなければならない。

41. 最終製品の官能特性は、それらの製品が持つ特徴の根幹を成す。燻製方法の変更は、必ずしも官能的に受け入れられる製品をもたらさないかもしれない。

加工

42. 四種類の燻煙方式が一般的に認知されている。すなわち、燻し方式、サーモスタットプレート方式、フリクション方式及び煙凝縮物を用いた燻煙である。フリクション方式では、おがくず、ウッドチップ及び丸太をそれぞれ熱分解することによって煙を発生させる。煙凝縮物は、燻煙室内で噴霧して再現、再生された煙に食品をさらす（液燻）ために用いられる場合がある。
43. 煙は、白熱ゾーン（glow zone）である約 300～450℃の温度で燃料が熱分解することで生じる。食品を燻煙するための煙を発生させるには、空気の流れを調節するなどして、火炎を生じないようにすべきである。
44. 燻煙工程の違いは、最終製品中の PAH 濃度の大きな変動につながり得る。加工技術の選択が、最終的な PAH 濃度にとって非常に重要である。ある特定の工程における PAH の生成に重大な影響を与えるパラメータを特定することが、PAH 濃度を管理するために有用な場合がある。直接燻煙は、間接燻煙に比べて装置は少なく済むが、最終製品中の PAH 濃度が高くなり得る。
45. 直接燻煙を間接燻煙に置き換えることで、燻製食品の汚染が大幅に低減され得る。現代の工業的な大型の燻煙施設においては、外部の発煙装置は管理された条件下で自動制御されており、食品に触れる前に粒子中の煙が洗浄され、洗浄された煙が食品に接触するように煙の流れが調整されている。ただし、より伝統的な又は小規模での生産工程においては、この方法は選択肢にならないかもしれない。
46. 燻煙工程は、その工程時の燻煙室内部の温度に応じて、しばしば以下の三つのグループに分けられる。
 - a) 約 18～25℃での冷燻。例えば、ある種の魚類やサラミタイプのソーセージに用いられる。
 - b) 約 30～40℃での半温燻。例えば、ある種の魚類、ベーコン、ポークローインに用いられる。
 - c) 温燻（熱燻）は加熱を兼ねた燻煙であり、結果的に温度は約 70～90℃になる。例えば、ある種の魚類、ハム、フランクフルトタイプのソーセージに用いられる。
47. 使用する発煙装置の種類は、最終製品中の PAH 含有量を低減する可能性について

の評価に基づくべきであり、可能であれば、発煙装置の後に、そして燻煙室の前に煙の洗浄を含めるべきである。タールデカンテーション装置を備えた発煙装置の後に、邪魔板 (baffles) を設置することにより、良好な結果が得られる。さらに効果的な方法としては、熱分解の温度を管理し、重い煙を邪魔板付きの冷却装置へ移すことである。異なった種類の燃料、時間、温度等の利用による正確な影響を例証するための科学的背景やデータは限られており、個々の工程における重要検討事項を特定するためには具体的な試験が必要となる。なお、装置内に長い導管を用いるといったその他の方法によっても PAH を低減することができる。

48. PAH は粒子に結合しているため、ろ過装置を利用して粒子状物質を煙から取り除いてもよい。この方法によって PAH による汚染の可能性を低減できる。
49. 酸素が多すぎても少なすぎても PAH が生成するため、酸素量のバランスを保つ必要がある。燃料を確実に部分燃焼／不完全燃焼させるためには十分な酸素が必要となる。ただし、酸素が多すぎると、白熱ゾーンにおける温度が上昇し、多くの PAH が生成する可能性がある。酸素が不足すると、作業者にとって有害である一酸化炭素が生じるだけでなく、燻煙中により多くの PAH が生成する可能性がある。
50. 燃料を部分燃焼／不完全燃焼させるためには、温度が重要である。一般的に、PAH の生成は温度の上昇と共に増大する。煙の組成は温度に依存しており、温度を調節して PAH の生成を最小限とすべきである。ただし、どの温度が好ましいかを記述するためにはより多くのデータが必要である。
51. 原則として、食品表面が PAH を含む煙に暴露するのを最小限とするために、燻煙時間はできるだけ短くすべきである。ただし、熱燻の場合、製品が同時に加熱調理されるのであれば、その製品に完全に火が通るまで十分な時間を取ることが不可欠である。熱燻が唯一の熱源となる場合 (伝統的な燻製小屋)、食品を燻煙室に置く前に燻煙室を加熱すべきである。発煙源が十分に管理されている限り、燻煙時間は重要なパラメータとはならない。さらには、燻煙時間の不足が食品の安全性や保存期限に影響を及ぼす可能性がある。その他の検討事項から切り離して PAH の予防措置を講ずることができないのは明らかであり、そうした予防措置が製品の官能特性や消費者への受容性に悪影響を与えないことが重要である。加えて、微生物学的安定性と栄養特性を損なわない必要があり、不注意によりその他の汚染物質が入ることが無いよう気を付けなければならない。
52. 煙濃縮物は、煙を分離、精製して作られるため、煙濃縮物で製造した製品中の PAH

濃度は、新たに発生させた煙で製造した製品に比べて一般的に低くなる。

燻煙後の処理

53. 燻煙工程の間又は燻煙工程の後処理のいずれかで用いられる浄化方法として、以下の三つがある。
- a) 燻煙工程の途中で、煙を燻煙室に導入する前に洗浄する方法がある。これは、洗浄（気体の浄化）、タール濃縮器の利用、冷却又はろ過によって達成される。いずれによっても、粒子に結合している PAH を煙から取り除くことができる。
 - b) 燻煙後の処理には、燻煙された製品自体の浄化が含まれる。この場合、製品をすすぐか水に浸すことで、食品表面に存在する PAH の含まれる煤や粒子を取り除くことができる。この種の浄化を全ての種類の製品に用いることは不可能であり、例えば、燻製魚や燻製水産製品には用いることができないであろう。
 - c) 燻煙された製品自体の表面を削り落とすこと。例えば、燻煙乾燥させた鯉（すなわち、伝統的な日本の食品であるかつおぶし）のような堅い燻製食品の場合、この方法で最終製品中の PAH を低減することができる。
54. 可能であれば、燻製食品の洗浄又は水冷を利用して最終製品中の PAH を低減すべきである。水冷は食肉業界で既に利用されている。燻煙工程後に製品を洗浄することで PAH を含んだ粒子を製品表面から取り除くことができる。
55. 製品の洗浄は、官能特性を低下させ、微生物学的なリスクを高めることになりかねないため、水産製品には用いるべきではない。水産製品は皮付きで丸ごと燻煙されることが多く、もしその皮が食されなければ、汚染のいくらかは皮と共に取り除かれる。皮付きのまま魚類を燻煙し、望ましくは消費前にその皮の除去を優先することを推奨する。

燻煙に関する重要検討事項及び推奨事項

56. 以下に述べる重要検討事項を特定し、評価し、適切な措置を講ずることで、燻製食品中の PAH 含有量を最小限にすることができる。HACCP システムが適用できる場合がある。
57. 燃料：
- a) 使用する木材の樹齢及び木材中のリグニン含有量を含む、食品の燻煙に用いられる木材の種類及び組成。一般に、リグニン含有量の高い針葉樹木材は避けるべきである
 - b) 燃料中の水分量を監視すること。水分量が低いと燃料の急激な燃焼につながり、

PAH 濃度を増加させる可能性がある

- c) 個別種の木材及びバガス（サトウキビ由来）、トウモロコシの穂軸、ココナッツの外皮や殻といったその他の植物性素材が用いられる場合、PAH 汚染を考慮してそれらの使用について評価すべきである
- d) 化学薬品で処理された木材を使用してはならない
- e) 木材及びその他の植物性素材以外の燃料の使用：ディーゼル燃料、廃棄物、特にゴムタイヤ及び廃油は、既に高濃度の PAH が含まれている可能性があり使用してはならない
- f) 最終製品の風味への影響

58. 燻煙工程において発生及び使用される煙：

- a) 例えば、木材又はその他の植物性素材の種類や、存在する酸素の量、熱分解の温度、おそらく植物性素材の燃焼時間の長さといったものによって決まる煙の組成
- b) 燻煙室及び煙・空気混合装置の設計（例えば、装置内の導管の長さ）
- c) 可能であれば、煙のろ過又は冷却
- d) 可能であれば、発煙装置と燻煙室の間での煙の洗浄
- e) 可能であれば、タールデカンデーション装置を備えた発煙装置の後に邪魔板を設置

59. 燻煙される食品

- a) 燻煙室内部における食品の位置及び食品と煙源との距離
- b) 食品の化学的性質及び組成。例えば、燻煙される食品の脂肪含有量
- c) 食品表面への煙粒子の沈着及び食品表面が人の消費に適しているかどうか。魚類については、皮付きのまま燻煙することを優先することが推奨される
- d) 加工後の微生物学的品質
- e) 最終製品の官能特性

60. 燻煙工程：

- a) 燻煙工程が直接燻煙であるか間接燻煙であるか。可能であれば、直接燻煙を間接燻煙に置き換えること
- b) 煙に結果として生じた PAH の含有量を考慮した発煙装置の事前評価
- c) 煙発生中の過度の高温を避けるための空気の流れの調節
- d) 適切な燻煙室及び煙・空気混合装置の選択
- e) 燻煙工程中の酸素の供給
- f) 燻煙時間：食品が煙に触れる時間を低減すること。これについては微生物学的な安全性や品質への影響を考慮に入れるべきである

- g) 温度：(煙発生の段階における) 白熱ゾーンの温度及び燻煙室内部の煙の温度
- h) 脂肪が熱源に滴り落ちることによる PAH 含有量の増加を避けるため、燻煙される食品と熱源との間に穴あき金属板を設置してもよい
- i) 製造設備の洗浄方法及びスケジュール
- j) 新たに発生させる煙を用いる代わりに、製造者は煙濃縮物から再生させた煙による燻煙を検討してもよい。製造者は、噴霧、短時間の浸漬 (**dipping**)、注入又は長時間の浸漬 (**soaking**) といった方法により煙濃縮物を食品に使用することでも、燻香を有する製品を生産することができる

61. 燻煙後の処理：

燻製製品自体の浄化。この場合は、製品を水ですすぐか浸すことによって、食品表面の PAH を含んだ煤や粒子を取り除くことができる。この種の浄化を全ての種類の製品に用いることは不可能であり、例えば、燻製魚や燻製水産製品には用いることはできないだろう。また、洗浄することによって官能特性が低下し、微生物学的なリスクを高めるかもしれない。

直接乾燥

- 62. 食品を保存するための最も古い方法の一つが直接乾燥であり、間接乾燥に比べ使用する装置は少ない。直接乾燥は、微生物の増殖を遅らせるか又は抑えるのに十分なほど水分活性を低下させる。食品の直接乾燥は、天日又は風によるか、加熱燃焼ガスを利用して行うことができる。水分は、通常蒸発によって失われ、硬い外層が形成される。この外層が、食品内部への微生物の侵入を防ぐのに役立っている。

PAH 含有量を低下させるための予防措置を検討する際の考慮事項

本セクションは、直接乾燥を「a) 日光又は風」を利用する場合と「b) その他の燃料」を利用する場合とに分けられる。

天日乾燥

- 63. 天日又は風によって乾燥を行う場合、PAH の潜在的な汚染源は環境である。森林火災や火山活動ばかりでなく、土壌や埃から及び／又は産業や交通に起因する燃焼からも汚染は起こり得る。
- 64. 食品の天日乾燥は、太陽や風からのフリーエネルギーを利用できる利点がある。しかしながら、より清潔で汚染の少ない製品を求める消費者の要望に加えて、乾燥環境や乾燥時間の管理に優れ、乾燥が早く、埃や草、昆虫片による汚染が少ないという利点を持つ人工的な乾燥 (脱水) の方がより魅力的な場合もある。

65. 天日乾燥の大きな欠点は食品を環境にさらすことであり、望ましくない天候状態や汚染物質への暴露がその例である。天候状態は、生産者が制御することができず、乾燥速度に大きな影響を与える。乾燥食品の異物による汚染は深刻な懸念である。天日乾燥食品は、風で運ばれた埃、種子、昆虫、げっ歯類や鳥の糞による汚染にさらされている。
66. 食品の天日乾燥は、渋滞している道路、焼却炉、石炭火力発電所、セメント工場など、ガスを燃焼する産業施設の近く、又は交通量の激しい道路の直近で行うべきではない。このような場所での乾燥による汚染は、香辛料のように表面積の大きな食品に対して特に問題となることが予想される。ただし、覆いの付いた乾燥施設であれば、食品を産業由来の汚染源からある程度守ることができるかもしれない。

天日乾燥以外の直接乾燥処理

67. 乾燥処理は、不要な劣化を避けるべく、農作物を受け入れ後できるだけ速やかに始めるべきである。

天日乾燥以外の直接乾燥で用いられる燃料

68. 例えば天然ガス、泥炭、鉱物油のように、様々な種類の燃料が直接乾燥に使われている。食品によっては、燃料の選択が風味に与える影響が、燃料を選ぶ際の重要検討事項となり得る。いずれにせよ、例えば、ディーゼルオイル、ゴム、タイヤ又は廃油といった燃料は、PAH 濃度を著しく増大させる可能性があるため、それが燃料の一部であったとしても用いてはならない。

燃焼ガス

69. 燃焼ガスを用いて乾燥させた場合、汚染は 3~10 倍に増加した。コークスを燃料として用いた場合、油を使用した場合に比べて汚染は大きく低減した。乾燥工程中で油糧種子又は穀類を燃焼生成物と直接接触させることは PAH 汚染につながる事が分かっており、避けるべきである。JECFA は、食品と燃焼ガスとの接触を最小限とするよう推奨している。

乾燥される食品

70. 肉類や多くの果物のように、多くの種類の食品はたいてい乾燥される。乾燥は穀物を保存するために通常行われる手段でもある。

71. 穀類及び植物油（オリーブ残渣油を含む）の PAH 汚染は、その多くが直火乾燥のような、食品が燃焼生成物と直接触れる可能性がある技術的工程で起きる。乾燥工程中で、油糧種子や穀類を燃焼生成物と直接接触させることは、PAH の蓄積を招くことが分かっており、避けるべきである。

直接乾燥工程

72. より広大な乾燥場や大規模生産者にとっては乾燥機（dehydrator）が有用である。人工乾燥によって安定した生産サイクルの維持が可能となり、人件費が削減され、天日乾燥にとって望ましくない天候状態への備えとなる。最初の天日乾燥とそれに続く仕上げ乾燥を組み合わせたシステムには、食品の品質を損なわないという大きな利点がある。
73. 一般的な直接乾燥・加熱の操作及び作業には、加工される間に添加、残留又は生成した水分（及び／又はその他の溶媒・化学薬品）を取り除くための乾燥が含まれる。直接乾燥工程では熱風が直接食品に向けて吹き込まれるため、燃焼生成物が食品に直接入り込む可能性がある。直接乾燥からの PAH 汚染の一例が、植物油（オリーブ残渣油を含む）の汚染であり、いくつかの技術的工程の間に油が PAH に汚染される。他の例としては、油分を抽出する前の油糧種子の乾燥が挙げられるであろう。
74. 連続式通気乾燥は、穀類がドライエリアを連続して通り抜けるものであり、広く普及している穀類乾燥法である。この技術は食用穀類の乾燥に対して利用することもできる。直接乾燥は、飼料用として 120°C までの温度で主に用いられる。食品用（穀類、麦芽等）については、65~80°C の温度での間接乾燥（外部発熱）が主に用いられる。いずれの乾燥でも、その乾燥時間は、穀類中の最初の水分含有量に応じて 30 分から 1 時間の間となる。
75. 伝統的な天日乾燥や陰干乾燥にとって不利な悪天候に対しては、人工乾燥が一種の備えとなる。効果的な人工乾燥にとって不可欠な乾燥条件（温度、相対湿度及び空気の動き）を正確に管理することができる。多くの種類の生鮮果物、野菜、ハーブ、肉類、魚類を乾燥させることができる。
76. （視認できる程の製品の燃焼を引き起こすような）高すぎる温度は、PAH の生成を引き起こす可能性がある。燃焼器を備えたシステムが用いられている場合、不完全燃焼によって乾燥ガス中に PAH が生成することがあるため、燃焼器の温度は燃料が完全燃焼するのに十分な温度とすべきである。空気の温度を均一化することが、過加熱を避けるためには重要である。

77. 食品が汚染の可能性のあるガスにできるだけさらされないよう、乾燥時間は可能な限り短くすべきである。
78. 直接乾燥後に PAH 含有量を低下させる方法の一つとして、油の精製工程で活性炭を使用することが求められる。PAH 含有量の監視システムを確立すべきである。また、食品中の PAH 濃度が受け入れられない場合には、追加の（活性炭を用いた）精製工程を行わなければならない。
79. 燃焼ガス中の一酸化炭素を監視し、(可能な場合には) 燃焼器の煤の蓄積を監視し、そして燃焼器の設定及び燃焼器の温度又は火炎の温度を確認することで、燃料が確実に完全燃焼されるようにする。
80. 乾燥工程は、穀類や油糧種子において PAH の潜在的な発生源となり得るため、収穫後の農作物中の PAH の濃度を特に汚染源に注意して管理する必要がある。これは、これらの農産物が、食品からの PAH 摂取に大きな影響を及ぼし得るためである。JECFA は、種実類を直火乾燥することを避け、それに代わる乾燥法を探すよう推奨している。
81. 設備費用及びエネルギー源の入手可能性を含む多くの要因によって、類似の食品であつても大きく異なる方法で乾燥されていることがある。
82. 直接乾燥を間接乾燥に置き換えることにより乾燥食品の汚染を著しく低減できる。JECFA は、直接乾燥を間接乾燥に置き換えるべきであると推奨している。

天日乾燥を除く、直接乾燥に関する重要検討事項及び推奨事項

83. 可能であれば、直接乾燥を間接乾燥に置き換えることで、又は、以下に述べる重要検討事項を特定、評価し、適切な措置を講ずることで、直接乾燥食品の PAH 含有量を最小限にすることができる。HACCP システムを適用してもよい。
84. 燃料：
 - a) 食品を乾燥するために用いられる燃料の種類及び組成が、PAH の含有量に影響を与える
 - b) 化学薬品で処理された木材を使用してはならない。例えば、保存処理された木材、着色された木材

- c) 木材中の水分量を監視すること。木材の水分量が低いと燃料が急激に燃焼して PAH 濃度をより増加させる可能性がある
- d) ディーゼル燃料や製品廃棄物、特にゴムタイヤ、オリーブ油の残渣、廃油といった燃料は、既に高濃度の PAH を含んでいる可能性があり、使用を避けること
- e) 燃料が最終食品の風味に影響を与える

85. 乾燥工程：

- a) 空気の温度を最適化すること
- b) 食品が燃焼ガスに触れる時間を最小限にすること
- c) 油の精製工程で活性炭を使用すること
- d) 油糧種子の直火乾燥を避けること
- e) 油糧種子又は穀類が燃焼生成物に直接接触れるのを避けること
- f) 装置を清潔に保ち適切に維持管理すること（特に乾燥機について）