真菌毒素之食品衛生安全國際規範與管理

吳宗熹 陳銘在 王慈穗 林旭陽 蔡淑貞 劉芳銘

衛生福利部食品藥物管理署北區管理中心

摘要

真菌毒素為重要之食品安全議題，各國均針對食品中真菌毒素之管制訂定衛生標準與相關食品安全衛生活業規範，並進行業者輔導、稽查與監測計畫，確保產銷過程中有效管控真菌毒素，以保障消費者之食品安全。世界衛生組織與糧食及農業組織關注食品與農產品之真菌毒素管控，制定各項產品真菌毒素管控之國際食品法典。食品法典委員會並對真菌毒素污染之高風險產品，包括花生、穀類、堅果、咖啡、可可豆、香辛料、蘋果汁、乳品，訂定產品產製過程中真菌毒素管控準則，供食品產業以及官方管制機關依循以控制食品真菌毒素污染，確保產品之食品安全。

關鍵詞：真菌毒素、食品安全、世界衛生組織、糧食及農業組織、食品法典委員會、食品法典、食品安全衛生國際規範、作業準則

前言

真菌毒素(Mycotoxin)是特定帶有毒素生合成基因叢集(Biosynthetic Gene Cluster, BGC)絲狀黴菌產生的毒性代謝物，會危害人類與動物健康⁽¹⁾。約有400種真菌毒素具健康危害效應或對食品具高污染率而受關注，主要包括麴黴菌(*Aspergillus spp.*)產生之黃麴毒素(Aflatoxins, AFs)、赭麴毒素A (Ochratoxin A, OTA)、棒麴毒素(Patulin, PAT)，鐮刀黴菌(*Fusarium spp.*)生成之脫氧雪腐鐮刀菌烯醇(Deoxynivalenol, DON)、T-2/HT-2毒素(T-2/HT-2 toxins, T-2/HT-2)、玉米赤黴毒素(Zearalenone, ZEN)與伏馬毒素B (Fumonisin B, FMB)⁽²⁾。而人工培養紅麴菌(*Monascus spp.*)於熟米所製得之紅麴，產生之橘黴素(Citrinin, CIT)亦列屬真菌毒素⁽³⁾。動物攝食遭污染飼料，真菌毒素進入動物體，最終轉移存於動物源性食品，如黃麴毒

素B₁(Aflatoxin B₁, AFB₁)，以及經牛隻攝入代謝轉化成黃麴毒素M₁ (Aflatoxin M₁, AFM₁) 最終可能存在於牛乳⁽⁴⁾。

真菌毒素污染廣泛發生於食品，包含米、麥、玉米等穀類，花生及堅果等種子類、乾燥水果、香辛類與乳品等，主要係生產、儲放、加工與銷售期間因濕度或溫度控制不良，導致黴菌生長產生毒素，於食物鏈中造成污染。真菌毒素通常為熱穩定，一般食品加工處理無法去除，食用遭真菌毒素污染食品可導致真菌毒素曝露⁽⁵⁾。各國糧食生產與管理具差異性，國際糧食貿易數量龐大且頻繁，管控國際市場流通食品真菌毒素污染是國際關注且需共同面對之問題⁽⁶⁾。

本文將介紹聯合國(United Nations)體系下負責食品安全事務之世界衛生組織(World Health Organization, WHO)及糧食及農業組織(Food and Agricultural Organization, FAO)，

其針對真菌毒素食品安全管理之策略與行動，以及食品法典委員會(Codex Alimentarius Commission, CAC)訂定與真菌毒素管控有關之作業準則(Code of Practice)，並進行與我國法規之比較及探討。

食品中真菌毒素的國際管理與規範

一、WHO對真菌毒素食品安全問題的界定

(一)真菌毒素對食品安全之衝擊包括：

1. 公眾健康危害：經飲食攝入真菌毒素，依真菌毒素種類及攝入量，可能有致癌性、免疫不全、肝毒性、腎毒性、細胞毒性與雌激素效應等健康危害。
2. 降低食品可食用與可利用性：真菌毒素污染將致減損食品品質與營養，不利供食用或為食品原料，導致糧食浪費。
3. 危害食品供應鏈穩定：真菌毒素污染超出法規標準，產品不得於市場流通，影響國際間食品貿易^(2,7)。

(二)已知有約400種真菌毒素業經鑑定，確認會造成健康疑慮，包含AFs、OTA、PAT、CIT、DON、ZEN與FMB⁽⁵⁾。

(三)真菌毒素是對食品安全實際且真實的挑戰，為全球性關注問題，國際組織與各國政府都應採取措施，減少食品中真菌毒素之發生，以儘可能抑低民眾真菌毒素曝露⁽⁷⁾。

二、WHO及FAO的策略與行動

食品一旦污染真菌毒素，一般食品加工處理無法去除，是全球性的公共健康問題。FAO評估全球約有25%糧食受真菌毒素影響⁽⁸⁾，WHO及FAO等聯合國所屬國際組織致力於確保食品安全與食品充分供應，促使各國政府訂定相關法令，以儘可能降低公眾真菌毒素之曝露，並確保市場供應無害健康之安全食品⁽⁹⁾。

於控制食品中真菌毒素議題，WHO及FAO採取之行動包括：

(一)風險評估

1. WHO下屬之國際癌症研究總署(International Agency for Cancer Research, IARC)，評估真菌毒素對人類之致癌性並分類⁽¹⁰⁾；
2. WHO與FAO聯合成立之食品添加物聯合專家委員會(Joint FAO/WHO Expert Committee of Food Additive, JECFA)，評估個別真菌毒素及經飲食攝入對人類健康危害風險，界定可能危害公眾健康之真菌毒素種類，建立真菌毒素可耐受攝入量(Tolerable Intake)^(11,12)。

(二)訂定食品安全衛生國際規範

1. WHO與FAO聯合成立CAC，制定食品及飼料中真菌毒素管控之食品法典(Codex)國際規範，鼓勵各國採用Codex國際規範進行食品監管，以確保食品安全並避免構成國際貿易障礙。

(1)限量標準：

訂定食品及飼料真菌毒素污染最高限值(Maximum Levels, MLs)⁽⁹⁾

(2)食品衛生風險管理作業準則：

訂定產銷過程管制或預防真菌毒素污染之作業準則：除一般性衛生準則，並針對各類食品建立預防及降低真菌毒素污染之作業準則⁽¹³⁾(表一)。

2. FAO訂定管理準則、提供支援與資訊(以下僅舉4例)

(1)危害分析及重要管制點(Hazard Analysis and Critical Control Points, HACCP)手冊

訂定「應用危害分析及重要管制點體系防治真菌毒素手冊」(Manual on the Application of the HACCP System in Mycotoxin Prevention and Control)，供為農作物生產之真菌毒素污染控制

表一、Codex真菌毒素管控相關作業準則

Codex 文件編碼	作業準則名稱(中英文)	最新修訂 (年)
CXC 1-1969	食品衛生總則 General Principles of Food Hygiene	2020
CXC 6-1972	樹堅果衛生作業準則 Code of Hygienic Practice for Tree Nuts	1972
CXC 22-1979	花生衛生作業準則Code of Hygienic Practice for Groundnuts (Peanuts)	1979
CXC 45-1997	降低產乳動物飼料原料及輔料黃麴毒素B1衛生作業準則 Code of Practice for the Reduction of Aflatoxin B1 in Raw Materials and Supplemental Feedingstuffs for Milk-Producing Animals	1997
CXC 50-2003	防止及降低蘋果汁及含蘋果汁飲料棒麴毒素污染衛生作業準則 Code of Practice for the Prevention and Reduction of Patulin Contamination in Apple Juice and Apple Juice Ingredients in Other Beverages	2003
CXC 51-2003	防止及降低穀類真菌毒素污染衛生作業準則 Code of Practice for the Prevention and Reduction of Mycotoxin Contamination in Cereals	2017
CXC 55-2004	防止及降低花生黃麴毒素污染衛生作業準則Code of Practice for the Prevention and Reduction of Aflatoxin Contamination in Peanuts	2004
CXC 57-2004	乳及乳製品衛生作業準則 Code of Hygienic Practice for Milk and Milk Products	2009
CXC 59-2005	防止及降低樹堅果黃麴毒素污染衛生作業準則 Code of Practice for the Prevention and Reduction of Aflatoxin Contamination in Tree Nuts	2010
CXC 65-2008	防止及降低無花果乾黃麴毒素污染衛生作業準則 Code of Practice for the Prevention and Reduction of Aflatoxin Contamination in Dried Figs	2008
CXC 69-2009	防止及降低咖啡OTA污染衛生作業準則 Code of Practice for the Prevention and Reduction of Ochratoxin A Contamination in Coffee	2009
CXC 72-2013	防止及降低可可豆OTA污染衛生作業準則 Code of Practice for the Prevention and Reduction of Ochratoxin A Contamination in Cocoa	2013
CXC 78-2017	防止及降低香辛料真菌毒素污染衛生作業準則 Code of Practice for the Prevention and Reduction of Mycotoxins in Spices	2017

參考⁽¹⁴⁾。

(2)訓練手冊

訂定「食品及飼料穀物農場真菌毒素控制」訓練手冊(training manual - ON-FARM Mycotoxin Control in Food and Feed Grain)，供實施動飼料及畜牧良好準則(Good Practices for Animal

Feed and Livestock)參考⁽¹⁵⁾。

(3)真菌毒素採樣計畫線上試算工具(Mycotoxin Sampling Tool)，提供採樣計畫成效(Performance)分析，以決定可達成目標的最適採樣計畫⁽¹⁶⁾。

(4)國際農業科學與技術資訊系統(International System for Agricultural

Science and Technology, AGRIS)，收錄包括食品真菌毒素管理及調查與研究相關文獻，以提供管理面參考資料⁽¹⁷⁾。例如「概觀全球穀物中黴菌毒素發生情況：一項為期三年的調查」，此研究回顧2018-2020年全球穀物之真菌毒素發生率。結果顯示AFB₁在小麥、玉米和稻米的危害嚴重。鑒於全球氣候變化，不同地區和作物的真菌種群和毒素模式正在發生變化。因此建議制定實用的控制和管理策略，對於確保作物安全至關重要⁽¹⁸⁾。

Codex預防與管制真菌毒素污染之 作業準則

Codex作業準則，為確保食品安全和食用適合性(Suitability of food for consumption)，於生產、加工、製造、運輸和儲存過程中的基本操作事項，包括針對單一食品或食品類別的作業準則⁽¹³⁾。「食品衛生總則」(General Principles of Food Hygiene)⁽¹⁹⁾，是食品衛生法典通用原則，其第1章良好衛生作業準則(Good Hygiene Practice)為適用所有食品產銷過程的基本衛生要求，第2章危害分析及重要管制點系統與其應用指引(Hazard Analysis and Critical Control Point System and Guidelines for its Application)則導入HACCP系統之應用。

除了食品衛生總則，CAC訂定了一系列針對性之衛生作業準則：

一、針對特定或特定類別食品之作業準則：

此類準則主要針對特定或特定類別食品之產銷特性，訂定一般性規範。例如「乳及乳製品衛生作業準則」(Code of Hygienic Practice

for Milk and Milk Products)⁽²⁰⁾，提供了自泌乳畜類動物飼養至乳及製品加工與儲運方面的衛生作業指導。

二、針對特定食品中特定污染物的作業準則：

此類準則為針對特定食品，強化對特定污染物管控之規範。例如，「防止及降低香辛料真菌毒素污染作業準則」(Code of Practice for the Prevention and Reduction of Mycotoxins in Spices)⁽²¹⁾等。

對食品產銷過程之真菌毒素問題，不論於原則性或針對性的Codex作業準則，均在其管轄範圍(under its jurisdiction)。差別在原則性之作業準則中，真菌毒素係以毒性物質或影響安全衛生風險因子等廣泛性的風險概念，概括性地受到規範。例如，「食品衛生總則」第1章第3節3.2.5內規定：「控制濕度以確保食品安全和可食用性（例如防止濕度上升導致乾燥食品之微生物生長及有毒代謝物的產生）」⁽¹⁹⁾，即概括性地規範所有乾燥食品作業環境必須控制溫濕度以防止黴菌生長並產生有毒的真菌毒素。

此外，Codex以「從農場到餐桌」為食品安全衛生管理範疇，制定之國際規範涵蓋整個食品鏈，包括對農場端的作業制定相關規範，於真菌毒素污染管控亦不例外。例如「乳及乳製品衛生作業準則」之第3點初級生產(Primary production)，第3.2.3.1針對飼料中真菌毒素透過產乳動物攝食，遷移到原料乳汁問題，於該準則規定：「產乳動物草料和飼料中的污染物不應直接或間接地引入奶汁」、「飼料採購、製造和處理不當會導致病原體和腐敗微生物進入泌乳動物體內，並引入農藥殘留、真菌毒素和其他污染物等化學危害，而影響乳或乳製品的安全性和適用性」⁽²⁰⁾。

於針對真菌毒素管控之作業準則，則是直接以真菌毒素為主要規範目標，明確訂定

針對真菌毒素污染防範與監控之各管控事項與行動。CAC甚至針對個別食品中單一種真菌毒素，訂定作業準則。例如「防止及降低咖啡中OTA污染作業準則」(Code of Practice for the Prevention and Reduction of Ochratoxin A Contamination in Coffee)⁽²²⁾，即專門為咖啡產銷過程中，OTA污染之避免、監控與管制，所訂定之準則。

以下以國際間最常見真菌毒素違規案例(花生製品AFs違規)，檢視Codex「防止及降低花生黃麴毒素污染衛生作業準則」(Code of Practice for the Prevention and Reduction of Aflatoxin Contamination in Peanuts)。其主要區分為田間種植採收前後階段與採收後去殼廠、分揀等加工廠階段。採收前後階段係基於良好農業規範(Good Agricultural Practices, GAP)，建議從包括種子品種選擇、蟲害管理、採收及儲存管理之農業生產計畫，著手進行防止及降低花生AFs污染相關作業。加工廠階段則為良好製造規範(Good Manufacturing Practices, GMP)，從原料驗收、供應商管理、各階段加工作業，至成品包裝及儲存，提供管控要點及建議，包括不良品拒收、環境溫濕度控制、花生水活性控制、昆蟲與動物入侵防治、真菌生長監控、AFs監測檢驗、交叉污染防範、不合格品隔離與標示管理等。此準則最後建議搭配正確執行HACCP系統，可有效降低AFs污染風險，並考慮未來將HACCP納入準則⁽²³⁾。「防止及降低花生黃麴毒素污染衛生作業準則」之規範重點摘要如表二。

討論與結論

CAC已針對花生、穀類、堅果、咖啡、可可豆、香辛料、蘋果汁、乳品等特定產品，訂定產品產製過程中真菌毒素管控準則。CAC訂定此類針對真菌毒素的衛生作業規範，無非是考量這些食品或食品類別受到真菌毒素污染，

對食品安全的危害性較高，因此需要更明確的作業規範，以提供產業及官方據以實施並妥善管理，以最佳地控制這些產品的安全性。

我國屬於氣候溫熱潮濕地區，有利黴菌生長，一旦農作物及食品生產過程管控不足，導致黴菌生長，即衍生食品遭受真菌毒素污染風險。我國衛生機關長年監測並參考國際規範修正衛生標準。103-110年真菌毒素監測結果，不合格率平均為2.8%⁽²⁴⁻²⁷⁾。107年發布「食品中污染物及毒素衛生標準」，下修或增訂部分真菌毒素限量，且涵蓋更多食品種類⁽²⁸⁾。於108-110年監測，不合格率平均為5.2% (表三)。依監測結果，我國食品受真菌毒素污染不合格率控制在較低的發生率，卻也顯示風險事實存在。

雖無法避免食品遭真菌毒素污染之發生，訂定限量標準與持續實施市場監測，可一定程度有效管控真菌毒素超標之食品。然更周延管理措施在於從生產過程源頭即管控原料污染，至在加工與運銷時管控產品的污染，以提供消費者更低風險的食品。我國現行的「食品良好衛生規範準則」⁽²⁹⁾，屬於一般性食品衛生管理原則，可概括性地提供真菌毒素污染管控之作業規範。而於「應訂定食品安全監測計畫與應辦理檢驗之食品業者、最低檢驗週期及其他相關事項修正規定」⁽³⁰⁾，則明定真菌毒素為特定食品業者應辦理週期性檢驗之檢驗項目之一，食品藥物管理署並提供「食品製造業者食品安全監測計畫-自檢表」，其內「食品製造業者強制檢驗 規劃書(範本)」，則以真菌毒素為例作為監測與檢測項目^A。

如前所述，我國溫熱潮濕環境，食品業者本應對真菌毒素污染有效管控，近年全球氣候變遷，真菌毒素污染問題更是需要食品業者再加重看待⁽¹⁸⁾。食品業者在管控真菌毒素高風險

^A 食品製造業者食品安全監測計畫-自檢表。http://www.fda.gov.tw/tc/includes/GetFile.ashx?id=f637842456857440101&type=2&cid=30246.

表二、Codex防止及降低花生黃麴毒素污染衛生作業準則重點摘要

條號及條目	規範內容摘錄
第1條 範圍	所有生產和處理之花生，以供人類消費相關者；所有關於花生製備與處理均應遵循食品衛生總則。
第2條 定義	就黃麴菌(<i>Aspergillus flavus</i> and <i>Aspergillus parasiticus</i>)的生長及可能產生的AFs而言，在攝氏25度（77華氏度）時水分活度高於0.70，是不安全的。
第3條 基於GAP的 建議作法	<p>3.1 收穫前</p> <ul style="list-style-type: none"> 設計減少花生污染的農業生產措施。 選擇能抵抗昆蟲、微生物及真菌攻擊的花生品種。 蟲害管理計畫減少昆蟲損害和真菌感染。 <p>3.2 收穫</p> <ul style="list-style-type: none"> 採取安全的收穫程序減少真菌污染。人員應接受訓練，於收穫期間，必須正確實施衛生作業。 確保設備妥善率，減少維修造成作業時間延長。 避免未受污染的花生與可能被污染的花生混合。 儘速乾燥達到安全水分活性，避免過度加熱損害花生。 剔除損壞的花生和其他異物，去除受感染花生。 <p>3.3 運輸</p> <ul style="list-style-type: none"> 儘速轉移至合適的倉庫或移到加工區即時加工。 裝載容器使用前應清潔乾燥且沒有昆蟲和明顯真菌滋生。 運輸過程，避免濕度增加及溫度波動。 應進行AFs篩檢，隔離低污染與高污染貨品，避免污染。 實施蟲、鳥、鼠類等動物防治。 <p>3.4 隔離受污染產品批次並進行毒素分布調查，取樣計畫至關重要。</p> <p>3.5 儲存</p> <ul style="list-style-type: none"> 防止花生返潮，倉庫必需通風及排水良好，同時實施蟲、鳥、鼠類等動物防治。 控制溫度、濕度及水活性。 以適當的採樣和檢測程序監測入、出庫花生AFs含量。 已裝袋花生應確保包裝袋清潔乾燥，並勿直接與地面接觸。 監控花生溫度，溫度上升則檢查真菌生長、送樣分析，隔離疑慮部分，其他部分進行降溫。 紀錄每季量測數值及作業的偏差或變化，以利未來管理參考。
第4條 GMP	<p>4.1 驗收及去殼</p> <ul style="list-style-type: none"> 監測收購花生之品質，協助供應商正確作業並遵循本準則。 於運抵時進行驗收。掌握每批花生原產地與生產史。應檢查運輸車輛。在卸貨過程中觀察花生外觀。如果花生有異狀則不應與倉庫中的花生混合。可在決定接收前，從每個批次取樣，將“破殼”花生仁分離，並將剩餘花生去殼觀察。 拒收有問題貨品：包括昆蟲損害或黴菌生長跡象、AFs含量超過允收值且無法通過分揀降到允收值者。 加工廠應進行供應商管理，確認供應商有能力妥善管控，確保交貨產品AFs含量在允收值內。 <p>4.2 分揀</p> <ul style="list-style-type: none"> 應光線充足，傳送帶速度應使分揀員能夠有效去除異物和有缺陷的花生仁。頻繁地對分揀機進行調整確保去除所有有缺陷的花生仁。應高頻定期檢查分揀機。 焯水(Blanching)和烘烤(Roasting)前後都應進行分揀。分揀作業時應去除無法分揀者。應對分揀後的花生流(Stream)或成品(或兩者)定期進行AFs分析。應經常檢查確保產品完全可接受。 發霉、變色、酸敗、腐爛、乾癟、蟲咬或其他損壞的花生仁應分開單獨裝袋，並標示為不適合人類食用，並應儘速自加工區移除。可能AFs污染或已被污染的原料應轉用於非食品

條號及條目	規範內容摘錄
	用途。 <ul style="list-style-type: none"> 剔除之花生應銷毀或與可食用產品分開。若要用於壓榨(Crushing)，應分開單獨裝袋，並貼上標籤。
	4.3 焯水 <ul style="list-style-type: none"> 焯水與重力台和分揀配合使用，可高效去除被AFs污染的花生仁。顏色分揀結合焯水減少高達90%的污染。
	4.4 成品包裝及儲存 <ul style="list-style-type: none"> 應裝在清潔的麻袋(Jute bags)、紙箱或聚丙烯袋中。使用麻袋應確保袋子未經礦物烴基油處理。所有包裝都要標識批次。 加工過的花生應在能夠保持容器和容器內產品完整性的條件下儲存和運輸。容器應清潔乾燥，防風雨，無蟲害並且密封，能防止損壞或進水。 需要時使用隔熱性能良好的運輸工具或冷藏車進行運輸。 從冷庫或冷藏車上卸載花生時，應特別注意防止冷凝。 在溫暖潮濕的天氣，應讓花生先達到環境溫度後，再暴露於外部環境條件。這種溫度適應可能需要1-2天。 撒落的花生容易受到污染，不應用於可供食用的產品。
第5條 考慮於未來 補充的管理 系統	<ul style="list-style-type: none"> 正確執行HACCP應可以減少花生中的AFs含量。 可以確定乾燥和儲存期間由真菌產生AFs的關鍵控制點是水分含量/水分活性。 建議將管控資源用於加強GAP及GMP作業。HACCP系統應建立在健全的GAP和GMP之上。 真菌毒素控制計畫應納入HACCP原則。在每批花生作物的生產、裝運、儲存和加工過程中應用可行的預防控制措施來執行HACCP原則，最大限度地減少花生的AFs污染。

表三、103-107年與108-110年監測區間市售食品真菌毒素監測結果

品項	監測區間								
	103-107年			108-110年			合計		
	抽驗 件數	不合格 件數	不合格 率(%)	抽驗 件數	不合格 件數	不合格 率(%)	抽驗 件數	不合格 件數	不合格 率(%)
花生製品	930	30	3.2	871	97	11.1	1,801	127	7.1
紅麴製品	351	34	6.7	119	8	8.9	470	42	8.9
薏仁、藜麥	174	4	2.3	194	11	5.7	368	15	4.1
乳類	50	0	0.0	30	0	0.0	80	0	0.0
嬰幼兒食品	92	1	1.1	95	1	1.1	187	2	1.1
咖啡	257	1	0.4	170	0	0.0	427	1	0.2
米類	125	0	0.0	129	0	0.0	254	0	0.0
麥類	183	0	0.0	145	0	0.0	328	0	0.0
玉米類	140	1	1.0	61	0	0.0	201	1	0.5
堅果、油籽種子	110	3	2.7	153	0	0.0	263	3	1.1
食用油脂	100	0	0.0	NA	NA	NA	100	0	0.0
香辛類	84	0	0.0	170	0	0.0	254	0	0.0
果乾	38	0	0.0	60	1	0.0	98	1	1.0
飲料類	10	0	0.0	60	0	0.0	70	0	0.0
總計/平均	2,644	74	2.8	2,257	118	5.2	4,901	192	3.9

NA : not assayed

食品時參考Codex相關作業準則，必能提高管理妥善度。此外，未來亦可評估，參考Codex相關作業準則訂定針對高風險食品預防及降低真菌毒素污染之衛生活業準則或將之納入現行相關法規，透過明確的規範，指引並輔導業者實施妥善管理，以更有效為食品安全把關。

參考文獻

1. Wang, W., Liang, X., Li, Y., Wang, P. and et al. 2023. Genetic regulation of mycotoxin biosynthesis. *J. Fungi*. 9(21). [https://doi.org/10.3390/jof9010021].
2. Marc, R.A. 2022. Implications of Mycotoxins in Food Safety. *Mycotoxins and Food Safety*. IntechOpen Ltd. London, UK.
3. European Food Safety Authority. 2012. Scientific opinion on the risks for public and animal health related to the presence of citrinin in food and feed. *EFSA Journal*. 10(3) : 2605.
4. World Health Organization. 2001. Evaluation of certain mycotoxins in food. WHO Technical Report Series 906. pp. 8-16. Geneva, Switzerland.
5. Alhadaad, A.H. 2022. Mycotoxins...silent death. *Mycotoxins and Food Safety*. IntechOpen Ltd. London, UK.
6. European Food Safety Authority. 2023. Mycotoxins. [https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/mycotoxins].
7. World Health Organization. 2023. Mycotoxins. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins].
8. Eskola, M., Kos, G., Elliott, C.T., Hajšlová, J. and et al. 2020. Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins : validity of the widely cited 'FAO estimate' of 25%. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 60(16) : 2773-2789. DOI : 10.1080/10408398.2019.1658570.
9. Codex Alimentarius Commission. 2019. Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed. CXS 193-1995.
10. International Agency for Research on Cancer. 2012. IARC monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans. [https://monographs.iarc.who.int/-monographs-available/].
11. World Health Organization. 2011. Evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Technical Report Series 959. pp. 37-47. Geneva, Switzerland.
12. International Programme on Chemical Safety. 2023. Safety evaluation of certain mycotoxins in food. WHO food additives series : 47. [https://incem.org/documents/jecfa/-jecmono/v47je01.htm].
13. Codex Alimentarius Commission. 2023. Codes of Practice. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/-codex-texts/codes-of-practice/de/].
14. Food and Agriculture Organization. 2001. Manual on the application of the HACCP system in mycotoxin prevention and control. [https://www.fao.org/3/y1390e-/y1390e01.htm#bm01].
15. Food and Agriculture Organization. 2007. training manual 「FARM MYCOTOXIN CONTROL IN FOOD AND FEED GRAIN」. [https://www.fao.org/3/a1416e/a1416e.pdf].
16. Food and Agriculture Organization. 2023. Mycotoxin Sampling Tool (Version 1.1). [http://tools.fstools.org/mycotoxins/].
17. Food and Agriculture Organization. 2023.

- International System for Agricultural Science and Technology, AGRIS. [<https://agris.fao.org/agris-search/index.do>].
18. Food and Agriculture Organization. 2021. Global overview of the occurrence of mycotoxins in cereals : a three-year survey [2021]. [<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US202100040164>].
19. Codex Alimentarius Commission. 2022. General Principles of Food Hygiene. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B1-1969%252FCXC_001e.pdf].
20. Codex Alimentarius Commission. 2009. Code of Hygienic Practice for Milk and Milk Products. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B57-2004%252FCXC_057e.pdf].
21. Codex Alimentarius Commission. 2017. Code of Practice for the Prevention and Reduction of Mycotoxins in Spices. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B78-2017%252FCXC_078e.pdf].
22. Codex Alimentarius Commission. 2009. Code of Practice for the Prevention and Reduction of Ochratoxin A Contamination in Coffee. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B69-2009%252FCXP_069e.pdf].
23. Codex Alimentarius Commission. 2004. Code of Practice for the Prevention and Reduction of Aflatoxin Contamination in Peanuts. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B55-2004%252FCXP_055e.pdf].
24. 陳銘在、王慈穗、蕭惠文、鄭維智等。2019。市售食品真菌毒素污染監測與管理成效。食品藥物研究年報，10：292-300。
25. 陳銘在、王慈穗、蕭惠文、林旭陽等。2020。108年度食品中真菌毒素污染監測結果分析。食品藥物研究年報，11：116-126。
26. 陳銘在、王慈穗、吳宗熹、林旭陽等。2021。109年度食品中真菌毒素污染監測。食品藥物研究年報，12：97-107。
27. 陳銘在、王慈穗、吳宗熹、林旭陽等。2022。110年食品中真菌毒素污染監測。食品藥物研究年報，13：69-78。
28. 衛生福利部。2018。食品中污染物質及毒素衛生標準。107.05.08衛授食字第1071300778號令訂定發布。
29. 衛生福利部。2014。食品良好作業規範準則。103.10.07部授食字第1031301901號令訂定發布。
30. 衛生福利部。2022。應訂定食品安全監測計畫與應辦理檢驗之食品業者、最低檢驗週期及其他相關事項修正規定。111.01.05衛授食字第1101303158號公告修正。

International Regulations and Managements of Food Hygiene and Safety on Mycotoxins

TSUNG-HSI WU, MING-TZAI CHEN, TZU-SUI WANG, HSU-YANG LIN,
SHU-JEAN TSAI AND FANG-MING LIU

Northern Center for Regional Administration, TFDA, MOHW

ABSTRACT

Mycotoxins were an important food safety issue. All countries established hygienic standards and related food safety and hygienic practices for the control of mycotoxins in food, and carried out industry instruction, auditing and monitoring programs to ensure effective control on mycotoxins in the production and marketing period to protect the food safety for consumers. World Health Organization and Food and Agricultural Organization paid attentions to the control of mycotoxins in food and agricultural products and published international codex regulations for the control of mycotoxins in various products. The Codex Alimentarius Commission set codes of practice for the control of mycotoxins in high-risk products including peanuts, cereals, nuts, coffee, cocoa beans, spices, apple juice, dairy products. These mycotoxin control practices in the production process were provided for the food industry and official regulatory agencies to follow to control mycotoxin contamination and ensure food safety of products.

Key words: Mycotoxins, Food Safety, World Health Organization, WHO, Food and Agriculture Organization, FAO, Codex Alimentarius Commission, CAC, Codex Alimentarius, International Regulation of Food Safety and Hygiene, Code of Practice