

预防和减少无花果干中黄曲霉毒素污染的操作规范

CAC/RCP 65-2008

引言

1. 食品法典委员会精心制定并接受通过无花果干操作规范，这将为所有国家考虑尝试控制和管理各种霉菌毒素（特别是黄曲霉毒素）的污染方面提供统一的指导。对于生产国和进口国确保免受黄曲霉毒素的污染极为重要。所有无花果干的制备和处理都应遵循《推荐的国际操作规范 — 食品卫生通用原则》¹和《推荐的国际干果卫生操作规范》²，这些规则内容与所有为人类食用而制备的食品（特别是干果）有关。重要的是生产者应认识到，良好农业规范（GAP）是防止无花果干被黄曲霉毒素污染的首要防线，随后是在搬运、加工、储存和分销供人食用的无花果干时，实施良好生产规范（GMP）和良好储存规范（GSP）。只有在生产和加工的所有阶段，从在树上成熟到收获、干燥、加工、包装、储存、运输和分销，都要实施有效控制，才能确保最终产品的安全和质量。然而，包括无花果干在内的商品，要完全防止霉菌毒素污染，一直都很难做到。
2. 本操作规范适用于供人类食用的商用并受国际关注的无花果（*Ficus carica* L.）干，本规范包含了应得到国家主管部门认可的减少无花果干中黄曲霉毒素的一般原则。国家主管部门应教育生产者、运输者、储存者和生产链上的其他经营者，使之了解哪些实践措施和环境因素会助长无花果干中真菌感染和滋生，进而导致果园中产生黄曲霉毒素。应该强调的重点是，特定无花果作物的种植、收获前、收获期间和收获后的策略取决于特定年份的气候条件，特定国家或地区所遵循的当地生产、收获和加工方法。
3. 国家主管部门应该支持研究各种方法和技术，预防果园中以及在收获、加工和储存无花果干过程中的真菌污染。其中的一项重要内容是了解与无花果干有关的曲霉（*Aspergillus*）种的生态。

¹ 《推荐的国际操作规范 — 食品卫生通用原则》（CAC/RCP 1-1969）。

² 《推荐的国际干果卫生操作规范》（CAC/RCP 3-1969）。

4. 霉菌毒素（特别是黄曲霉毒素）是由土壤、空气和所有植物部位的丝状真菌产生的次级代谢物，通过食用被污染的食物和饲料进入食物链，对人类和动物可能有毒性。有许多不同类型的黄曲霉毒素，特别是黄曲霉毒素B₁已被证明具有产毒作用，即它可以通过与遗传物质发生反应而致癌。黄曲霉毒素是由生长在温暖潮湿条件下的霉菌物种产生的。黄曲霉毒素主要存在于从热带和亚热带国家进口的商品中，特别是花生（落花生）和其他可食用坚果及其制品、干果、香料和玉米。由于反刍动物食用了被黄曲霉毒素污染的饲料，牛奶和奶制品也可能受到黄曲霉毒素M₁的污染。
5. 黄曲霉毒素真菌在果实生长、成熟和干燥过程中，传播到无花果上，在果实成熟和过熟阶段尤其生长迅速。无花果干中形成黄曲霉毒素主要是由于曲霉种的污染，特别是黄曲霉（*A. flavus*）和寄生曲霉（*A. parasiticus*）。这种真菌在无花果园中的存在和传播受环境和气候因素、昆虫（果园中大量的昆虫或昆虫控制与采用的植物保护措施有关，因此可包括在栽种方法中，但指出其重要性便可视其为另一要素）、栽种方法、地面管理和无花果品种敏感性的影响。
6. 产生黄曲霉毒素的曲霉种，以及由此产生的膳食黄曲霉毒素污染，普遍见于世界上的湿热气候地区。黄曲霉/寄生曲霉在水份活性低于0.7、相对湿度低于70%、温度低于10°C的条件下不能生长，不会产生黄曲霉毒素。在干旱或虫害等应激条件下，黄曲霉毒素污染可能会很严重。农作物收获后，不适当的储存条件也会导致黄曲霉毒素污染。通常情况下，高温潮湿条件会有利于储存中的食品滋生霉菌，并产生大量黄曲霉毒素。
7. 建议在无花果干产区采取以下预防措施，通过应用良好规范减少黄曲霉毒素污染：
 - a) 关于污染风险的信息。

确保区域/国家主管部门和种植者组织：

 - 对无花果干进行代表性抽样分析，确定黄曲霉毒素污染的程度和频率；抽样应反映区域、时间和从生产到消费阶段的差异。
 - 将这一信息与区域风险因素（包括气象数据、栽培方法）结合起来，并提出适用的风险管理措施。

- 将这些信息传达给种植者和产业链上的其他经营者。使用标签告知消费者和操作人员有关存储条件的信息。

b) 生产者培训。

确保对生产者开展以下培训：

- 霉变和霉菌毒素的风险。
- 有利于黄曲霉菌的条件和感染期。
- 适用于无花果园的预防措施知识。
- 虫害防控技术。

c) 运输人员、仓储人员和生产链上的其他操作人员培训。

确保提供有关实践措施和环境因素方面的培训，环境因素会助长无花果干中真菌的感染和生长，进而可能在收获后的操作和加工阶段二次产生黄曲霉毒素。除此以外，所有应用情况都应记录在案。

d) 鼓励相关研究。

8. 在制定培训计划或收集风险信息时，应该强调的重点是，特定无花果作物的种植、收获前、收获期间和收获后的策略取决于特定年份的气候条件，特定国家或地区所遵循的当地生产、收获和加工方法。

1. 范围

9. 本文件旨在为进入国际贸易而生产和处理供人类食用的无花果干的所有相关方提供指导。所有无花果干的制备和处理都应符合《推荐的国际操作规范 — 食品卫生通用原则》和《推荐的国际干果卫生操作规范》，这些规则与所有制备供人类食用的食品有关。本操作规范指出了负责保证食品安全且适合人类食用的所有人员都应落实执行的措施。

10. 无花果在果实的形成和特性上与其他水果不同，存在黄曲霉毒素污染的潜在风险。

无花果的果皮多汁柔软，内有果腔，且有糖分丰富的合适成分，因此其敏感性增加。 3

因此，即使果皮上没有发生损害，产毒真菌也可能在外部表面或果腔内生长，并形成黄曲霉毒素。无花果干中形成黄曲霉毒素的关键时期始于无花果在树上的成熟期，延续到过熟期，而此时无花果失去水分、干瘪并掉落在地上，直至干燥盘上完全干燥为止。真菌的生长和毒素的形成可发生在肉质外皮和/或果腔内。有一些昆虫害虫，如干果甲虫（学名为谷露尾甲属（*Carpophilus spp.*））或醋蝇（学名为果蝇属（*Drosophila spp.*）），活跃于果实成熟阶段，可能作为载体将黄曲霉毒素真菌转移到果腔内。

11. 主要的要求是通过应用必要的农业技术来预防/减少黄曲霉毒素的形成，获得健康植物和优质产品。

2. 定义

12. **无花果**（学名 *Ficus carica* L.）是雌雄异株的树木，有雄性和雌性两种形态，每年结果两到三次。
13. **虫媒授粉**是在某个品种的无花果雌果需要授粉坐果的情况下采用的一种工艺。把带有无花果小黄蜂（学名 *Blastophaga psenes* L.）和花粉粒的雄性无花果树的“春季”（ilek）果实挂在或放在雌性无花果树上，为主茬和二茬（iyilop）果实授粉和受精。雄性无花果雄花花粉脱落期应与雌性无花果雌花的成熟期相吻合。
14. **果目**或**果眼**是果实底端的开口，如果张开，可能为传播黄曲霉毒素的媒介 — 干果甲虫（谷露尾甲属）或醋蝇（果蝇属）提供入口。

3. 基于良好农业规范（GAP）、良好生产规范（GMP）和良好储存规范（GSP）的推荐做法

3.1 选址和果园建设（种植）

15. 无花果树生长在亚热带和温和的温带气候中，有短暂的休眠期，这就限制了无花果在冬季低温下生长，而夏季高温并不限制其生长。春天发芽后和10-11月间嫩枝硬化

前的低温会损害果树。冬季的结冰温度可能会影响在雄性果实中越冬的无花果小蜜蜂，并可能给坐果带来问题。

16. 春季和夏季的高温和干旱条件会增加阳光灼伤，严重时导致叶片早落，造成质量上的重大问题，并引发黄曲霉毒素的形成。
17. 无花果品种在开裂/劈裂方面可能有所不同，但在建立果园之前，必须考虑到成熟和干燥期的相对高湿度和高降雨量等因素。高湿度和高降雨量会加剧果目端开裂，真菌滋生及质量下降。
18. 无花果树可在各种土壤中生长，如沙土、黏土或壤土。无花果树的根系是纤维状，而且很浅，土壤深度至少为1-2米，可加速无花果树的生长。土壤的最佳pH值范围是6.0-7.8。果园土壤的化学特性（如pH值）和物理特性会影响植物养分的摄入，从而影响无花果干的质量和对应激条件的抵抗力，因此在建立果园之前必须全面评估土壤特性。
19. 地下水的水位高低不可成为限制因素。灌溉水的供应是克服干旱压力的一个有利条件。
20. 建立果园时应种植没有任何昆虫和疾病的健康苗木。行与行、树与树之间应留有足够的空间，一般为8米至10米，便于使用必要的机器和设备。在种植之前，需要考虑果实的用途（鲜果、干果或两者兼而有之）。还应考虑果园中的其他物种。不应在无花果园中种植出产于易于形成黄曲霉毒素的物种，如玉米。应清理前茬作物残留的材料和异物，并在必要时，在随后几年里可将该块田地休耕。

3.2 果园管理

21. 应在“良好农业规范”的框架内及时采用诸如虫媒授粉、修剪、耕作、施肥、灌溉和植物保护等做法，并采取预防性措施。

22. 在果园中和果园附近，应避免可能使土壤中黄曲霉/寄生曲霉和其他真菌孢子散布到果树地上部分的栽培方法。无花果园的土壤以及果实和其他植物部位可能含有大量产毒真菌。必须在收获前一个月终止土壤耕作的做法。在生长季节，应定期对果园附近的道路浇水或涂油，尽量减少因尘土飞扬而导致螨虫爆发。器械和设备不应损害无花果树或造成病虫害交叉污染。
23. 无花果树必须轻度修剪，并将所有树枝和其他的植物部分从果园中移除，避免进一步污染。必须避免将所有这些植物部分直接埋入土壤内。在分析土壤和树叶后，根据专家的建议，可以在混入有机物质之前进行适当的堆肥。
24. 施肥会影响果实的成分，应激条件可能会引发毒素形成。另外，已知过量的氮会提高果实的含水量，这可能会延长干燥期。施肥必须根据对土壤和植物的分析，所有建议必须由授权机构提出。
25. 必须采用综合虫害管理计划，应从无花果园中清除会助长干果甲虫或醋蝇侵袭的蔬果，因为这些害虫是传播真菌的载体，特别是会将真菌传入果腔。应使用获准用于无花果的农药，包括杀虫剂、杀菌剂、除草剂、杀螨剂和杀线虫剂，尽量减少果园和邻近地区昆虫、真菌感染和其他害虫可能造成的损害。所有施用农药的情况都应保持准确记录。
26. 在生长季节，高温和/或降雨不足的地区或时期应实施灌溉，尽量减轻果树的应激状态，但应防止灌溉水接触到无花果和叶子。
27. 根据各国和/或进口国的立法，灌溉用水和其他用途的水（如制备农药喷剂）应该达到预期用途所需的合适水质。

3.3 虫媒授粉

28. 野无花果（雄性无花果）对无花果品种很重要，需要用于坐果。野无花果应该是健康的，没有真菌，应该有大量活性的花粉粒和小黄蜂（学名 *Blastophaga psenes* L.）。在无花果小黄蜂为雌性无花果授粉期间，镰刀菌（*Fusarium*）、曲霉菌属

(*Aspergillus* spp.) 和其他真菌可以通过这些黄蜂从雄性无花果运到雌性无花果上。无花果小黄蜂在野无花果内度过其生命周期。由于雄树是这些真菌的主要来源，一般不得在雌性无花果园内生长雄树。使用干净的野无花果很重要，腐烂和/或软的野无花果应在授粉前去除。由于允许留在树上和/或果园中的野无花果，可能寄生其他真菌病和/或害虫，因此在授粉之后，必须收集起来，在果园外销毁。为便于清除野无花果，建议将野无花果放在网兜或袋子里。

3.4 收获前

29. 所有用于收获、储存和运输作物的设备和机械不应与健康构成危害。在收获时节之前，应检查所有设备和机械，确定其干净且功能正常，避免无花果被土壤和其他潜在危害所污染。
30. 行业协会以及地方和国家主管部门应主动制定简单的指南，并告知种植者有关黄曲霉毒素污染无花果的危害，以及如何实行安全收获程序，减少被真菌、微生物和害虫污染的风险。
31. 将要参与无花果收获的人员应接受个人清洁和卫生做法的培训，在整个收获季节必须在加工设施中实施这些做法。

3.5 收获

32. 收获无花果干与收获供新鲜食用的无花果不同。制作无花果干的无花果在成熟时不会采收，而是留在树上，使其过熟。在失去水分、局部干燥和干瘪之后，形成一个脱落层，无花果自然从树上掉到地上。黄曲霉毒素最关键的形成期从无花果成熟期开始，并在干瘪时持续，直至完全干燥。每天要从地上收集无花果，减少黄曲霉毒素的形成和病虫害造成的其他损失。另一方面，收集容器应该合适，防止任何机械损伤，没有任何真菌来源，并保持清洁。
33. 无花果干的采收应每天定时进行，间隔时间要短，尽量减少与土壤的接触，减少污染的风险。频繁采收还能减少虫害，特别是干果甲虫（谷露尾甲属）和无花果蛾[粉斑螟蛾 (Walk) 以及印度谷螟 (Hübner)]。

34. 在昼夜温差很大的情况下，可能会形成露水，引发黄曲霉毒素的产生。这一点很重要，因为即使在果实完全干燥后，也可能形成有利于真菌生长的潮湿表面。

3.6 干燥

35. 干燥场区和时间是黄曲霉毒素形成的重要因素。从树上掉下来的半干和干瘪的无花果，含水量约为30-50%，这些果实比含水量约为20-22%的全干无花果更容易受到物理损伤。因此，有必要在收获前进行良好的土壤管理，使土壤颗粒变小，并使土表平滑，减少损坏的风险。

36. 无花果可以在干燥器中人工干燥，也可以在阳光下靠太阳能晒干。在人工干燥器中，无花果的干燥时间较短，可以获得较卫生的产品，虫害损失较少。良好的干燥规范有助于防止黄曲霉毒素的形成。晒干具有低成本和环保的优点，但可能因此而增加黄曲霉毒素污染的可能性。

37. 不应将果实直接放在土壤表面或某些植被上。干燥床应单层安放在果园内空气流通、阳光充足的地方。干燥盘上应有覆盖材料，保护无花果在可能会下雨的情况下免受雨淋，或防止无花果飞蛾晚上产卵。晒干时干燥盘最好离地10-15厘米，这样果实可受益于土壤表面的热量，而且通风良好。干燥盘能快速干燥，消除异物和感染源（如土壤颗粒或植物枝叶部分）对果实的污染。

38. 应从托盘上拣出水分 = 24%、水分活性 = 0.65的干无花果。最好在早晨露水消失后而果实温度升高和软化之前，收走托盘中已经全干的果实。应反复查看托盘，间隔时间要短，以便收走全干的无花果。从干燥盘中取出的无花果干必须按各国法律允许的适用于预期用途的方法进行处理，预防储存期间滋生害虫。

39. 作为次品剔出并可能存在污染风险的低质无花果，应单独烘干，分开储存，防止交叉污染。从事收获或在仓库工作的人员应接受这方面的培训，确保这些标准得到遵守。

3.7 运输

如果需要运输，则适用以下规定：

40. 将无花果干从农场运输到加工厂的过程中，无花果的质量不应受到不利的影响。无花果干不应与有刺激性气味或有交叉污染风险的产品一起运输。在运输过程中，必须防止含水量和温度升高。
41. 无花果干应在收获或干燥后尽快用适当的容器移至适当的储存地点或直接移送加工厂。在运输的各个阶段，应使用通风的箱子或板条箱，而不是袋子。运输中使用的容器应清洁干燥，没有明显的真菌滋生、昆虫或任何其他污染源。容器应足够牢固，能经受所有装卸搬运而不会破裂或破孔，密封紧密，能防止任何灰尘、真菌孢子、昆虫或其他异物进入。用于将已收获的无花果干收集，并从农场运到干燥设施，或在干燥后运到仓储设施的车辆（如货车、卡车），在使用和重新使用前应清洁干燥、没有昆虫和明显的真菌滋生，并适合所运的货物。
42. 卸货时，应将运输容器中的所有货物清空，并根据情况进行清洁，避免污染其他货物。

3.8 储存

43. 将无花果放置在有温度和湿度控制的储存设施时，必须妥善进行清洁、干燥，并贴上标签。如果将无花果干燥到霉菌、酵母菌和细菌无法生长的水分活性值（水分活性 < 0.65 ），则可延长无花果干的保质期。如果温度和湿度升高的地方进一步形成热点，则可能会二次形成黄曲霉毒素。由于这个原因，必须消除任何可能提高干果湿度或周围环境湿度的来源。需放置隔板或类似的分隔物来防止无花果干容器与地面或墙壁直接接触。
44. 储存室应远离污染源，例如农场里发霉的无花果或畜舍，且不得将果实与气味不寻常的材料一起储存。应采取预防措施，避免昆虫、鸟类或啮齿动物进入或类似问题，特别是在农场储存的条件下。

45. 并非直接供人类食用的低质无花果应与供人类食用的无花果分开储存。储存室应使用有效的消毒剂消毒。裂缝和空洞等部位应予修复，门窗应安装纱网。墙壁应每年平整和清洁。储存室应该避光、凉爽、清洁。
46. 无花果干的最佳储存条件是温度为5-10°C，相对湿度小于65%。因此，建议采用冷藏。

3.9 加工

47. 无花果干在加工厂进行熏蒸、储存、分级、清洗、分拣和包装。在这些过程中，清除被黄曲霉毒素污染的无花果、储存和包装材料可能对最终产品的黄曲霉毒素含量产生主要影响。加工过的无花果干必须按各国法律允许的适用于预期用途的方法进行处理，预防储存期间滋生害虫。
48. 作为初步筛选，进入加工厂的无花果干必须进行抽样和分析，测量质量、含水量和显现亮黄绿色荧光（BGYF）的无花果比率。在长波（360纳米）紫外线下，受黄曲霉毒素污染的无花果干可显现出与亮黄绿色荧光的相关性。亮黄绿色荧光可发生在外皮上，也可发生在果腔内；其比例取决于果实的特性和病媒的流行程度。在长波紫外线下检测无花果干果实，去除发出荧光的果实，以便降低相关批次的黄曲霉毒素含量。工作条件，如工作时长、休息间隔、房间的通风和清洁，应保证工人安全和产品安全。
49. 受污染的无花果必须分开，贴上标签，然后以适当的方式销毁，防止其进入食品链和进一步构成环境污染的风险。
50. 无花果干的含水量和水分活性必须低于临界水平（含水量可设在24%，水分活性低于0.65）。高于临界水平可能引发真菌生长和毒素形成。在加工厂的高温储存区或在零售层面，特别是在防潮包装材料中，较高的水分活性可能会引发黄曲霉毒素的形成。

51. 如果买方提出要求，则应清洗无花果干。水温和清洗时间应根据无花果的含水量安排，避免果实的初始含水量上升到临界水平。如果含水量和水分活性升高，必须在工序中加入二次干燥步骤。水质则应达到饮用水规格。
52. 加工厂必须采用良好储存规范，并应保持这一标准，直至产品到达消费者手中（见第3.8节）。
53. 加工厂的所有设备、机器和基础设施不应对健康构成危害，应提供良好的工作条件，避免无花果受到污染。
54. 这些建议是基于当前的知识，可根据未来的研究进行更新。预防措施基本上是在无花果园中实施，在加工阶段采取的预防措施或处理方法主要是纠正措施，以防任何黄曲霉毒素的形成。