
树坚果中的黄曲霉毒素污染

CAC/RCP 59-2005

引言

1. 食品法典委员会仔细制定并通过树坚果操作规范，将为所有国家提供统一的指导，以供各国在尝试控制和管理各种真菌毒素（特别是黄曲霉毒素）的污染时予以考虑。为使本操作规范发挥成效，在尝试实施本规范中所列规定之前，各国的生产者和加工者有必要考虑本规范中规定的一般原则，同时考虑到与所在地区生产树坚果相关的农艺和采摘¹实践。生产者或采摘者必须认识到，良好农业规范（GAP）是防止坚果被黄曲霉毒素污染的首要防线，随后是在操作、加工、储存和配送供人食用的坚果时，实施良好生产规范（GMP）、良好采摘规范和良好储存规范（GSP）。只有在从农场到加工的所有阶段都得到有效控制，才能保证最终产品的优异质量。然而，目前还无法做到完全消除受霉菌毒素污染的商品，包括树坚果在内。
2. 本操作规范适用于商用和国际关注的所有树坚果品种，包括杏仁（*Prunus amygdalus*）、巴西坚果（*Bertholletia excelsa*）、腰果（*Anacardium occidentale*）、榛子（*Corylus* spp.）、澳洲坚果（*Macadamia* spp.），碧根果（*Carya* spp.）、松子（*Pinus* spp.）、栗子（*Castanea* spp.）、开心果（*Pistacia* spp.）及核桃（*Juglans* spp.）。本规范包含了应得到国家主管部门认可的减少树坚果中黄曲霉毒素的一般原则。国家主管部门应对生产者、采摘者、运输者、储存者和生产链上的其他经营者进行培训教育，使之了解哪些实践措施和环境因素会促进树坚果中真菌感染和生长、进而造成果园或林区（采摘区域）产生黄曲霉毒素。培训教育的重点应该是，特定坚果作物的种植、收获前和收获后的策略取决于特定年份的气候条件以及特定国家或地区所采用的传统生产、收获和加工方法。就巴西坚果而言，必须考虑到与采摘活动有关的具体条件。国家主管部门还应该支持研究各

¹ 巴西坚果采摘活动：这是指在巴西坚果树自然生长的亚马逊雨林中采集和基本处理巴西坚果的过程。

种方法和技术，预防果园或林区、以及在收获、加工和储存树坚果过程中的真菌污染。其中的一个重要部分是了解与树坚果有关的黄曲霉（*Aspergillus flavus*）/ 寄生曲霉（*parasiticus*）的生态。

3. 曲霉（*Aspergillus*）属真菌是快速生长的透明霉菌，是常见于土壤和腐烂物质的“机会主义者”。其菌落通常是黄色、黄绿色、黄褐色或绿色；呈颗粒状、丝绒状或棉絮状；外围边缘呈白色，边界清晰。
4. 产生黄曲霉毒素的曲霉属，以及由此产生的膳食黄曲霉毒素污染，普遍见于世界湿热气候地区。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的条件下不能生长或产生黄曲霉毒素。在干旱或虫害等压力条件下，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，高温潮湿条件会导致储存中的食物滋生霉菌，并产生大量黄曲霉毒素。
5. 用于减少和预防黄曲霉毒素产生的一些程序包括：(1) 在可行的情况下，选择有抗性的品种；(2) 在生长阶段尽量减少果园中昆虫和其他害虫的存在；(3) 在收获和运输过程中尽量减少坚果的外部损害；(4) 在将坚果放置于配备温度和湿度控制的储存设施时，确保将坚果妥善清洁、干燥，并加贴标签。

1. 范围

6. 本文件旨在为参与生产进入国际贸易、供人类食用的树坚果的所有相关人员提供指导。所有树坚果的制备和操作都应遵循《推荐的国际树坚果卫生操作规范》²和《推荐的国际操作规范 — 食品卫生通用原则》³中的相关章节所指出的 general 卫生原则和做法，这些内容与所有制备供人类食用的食品有关。这些操作规范指出负责确保食品安全并适宜食用的所有相关人员应采取的措施。

² 《推荐的国际树坚果卫生操作规范》，CAC/RCP 6-1972，《食品法典》第5A卷。

³ 《推荐的国际操作规范 — 食品卫生通用原则》，CAC/RCP 1-1969, 4（2003）修订版，《食品法典》第1A卷。

2. 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

2.1 果园地点或采摘地点标准

7. 种植者应获得有可能成为果园用地的相关背景信息，以便确定：(1) 土壤成分对支持所需树木品种的生长是否理想，(2) 是否有充足的地下水排水，(3) 该地点是否有任何固有的环境因素（如风、土壤和灰尘带来的污染物和污染源）可能对人类食品的安全问题产生负面影响，以及 (4) 是否有适合灌溉和其他用途的水源。
8. 邻近的田地不应用于种植已知容易感染黄曲霉/寄生曲霉的植物（例如玉米），进而（孢子经由风、昆虫等传播）成为感染源。此外，还应该避免会携带特定昆虫的植物，这类昆虫可能是感染过程中的媒介，最终损害树坚果的内核。
9. 如果树坚果是从种植区域获得的，采摘者应确定该地没有任何固有的环境因素（如风、土壤和灰尘带来的污染物和污染源）可能会对树坚果的安全问题产生负面影响。

2.2 种植

10. 在设计果园的布局时，可以从植物育种者或农业从业人员那里获得有关植物间距的信息。需要保持充分的间距，以便容纳喷洒树木所需的卡车和设备进出，并保持果园通风，减少真菌生长。
11. 在可能和可行的情况下，果园表面区域应在种植前进行准备工作，销毁或清除所有碎屑，以免这些碎屑成为或可能成为真菌生长基质，进而产生霉菌毒素。如果某些区域易受土壤侵蚀，为了保护土壤，可能需要采取免耕措施。
12. 在种植之前，种植者应咨询有关植物育种机构或苗圃人员，确定有无抵抗各种不利因素（如霜冻、微生物和真菌疾病）的物种，而这些因素会对果园中所产坚果的安全和质量产生影响。

13. 种植者应熟悉有关使用配方肥料、粪肥和其他生物固体的良好农业规范（GAP），用于提高土壤的营养状况，而不会增加在果园中引入源于微生物或真菌危害的风险。
14. 种植者应向当地或国家主管部门咨询，确定所在地区常见的昆虫和其他害虫是否可能袭击树坚果，使其更容易受到真菌感染，从而导致黄曲霉毒素的产生。
15. 种植者应采取充分的预防措施，确保人畜排泄物的处置方式不会构成公众健康危害或卫生危害，并特别注意保护产品免受这些排泄物的污染。

2.3 收获前

16. 在生长季节，应定期为果园附近的道路浇水或上油，尽量减少因尘土飞扬而导致螨虫爆发。在果园附近，可能使土壤中黄曲霉/寄生曲霉和其他真菌孢子散布到树木上部的耕作方法应加以避免。
17. 应使用获准用于树坚果的农药，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可能因昆虫、真菌感染和其他害虫造成的损害。所有施用农药的情况都应保持准确记录。
18. 在生长季节，高温和降雨极少的地区应实施灌溉，尽量减轻树木的压力，但应防止灌溉水接触到坚果和树叶。
19. 根据各国立法，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。
20. 所有用于收获、储存和运输作物的设备和机械不应健康构成危害。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，避免坚果被土壤和其他潜在危害污染。

21. 行业协会以及地方和国家主管部门应牵头告知种植者有关黄曲霉毒素污染树坚果的危害，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。
22. 参与坚果收获工作的人员应接受个人卫生和卫生实践方面的培训，在整个收获季节必须在加工设施中实施这些做法。

2.4 收获

23. 坚果成熟后应尽快开始收获，尽量减少由真菌和昆虫侵袭引起的疾病。某些品种的坚果仍在树上时就被黄曲霉毒素污染，这是由于昆虫侵袭和果壳裂开的原因。因此，越早收获，发生污染的几率就越小，因为外部壳体有较大几率保持完整，能保护下层内壳不受昆虫和真菌孢子的影响。树下的区域应清除可能栖息黄曲霉菌（*A. flavus*）或寄生曲霉（*A. parasiticus*）的任何碎屑或腐烂物质。
24. 通过摇晃树木收获的坚果，最好由带有接果架的机械收割机来收集，或者在树下铺上某种类型的保护板或防水布，防止坚果掉在地上。在一些地区，某些品种的坚果传统上是通过摇晃树木和/或让成熟的坚果自由掉落到地上，再由收获设备或人工收集，这类果园不应用来放牧或饲养牛或其他动物。如果土地已用作以上用途，则应在收获前立即对土地进行处理（用圆盘耙耙地、用旋耕机耕地或以某种方式翻土或采用其他可行的方法），减少粪便污染树坚果的危害。此外，应落实程序，确保尽快移除坚果，减少对黄曲霉/寄生曲霉孢子的暴露，这类孢子在地面附近的空气中可能更密集，并与植物碎屑相关联。
25. 坚果在收集后应加以分拣，去除损坏、腐烂、空壳和酸败的坚果以及异物，并用清洁、干燥、防潮、没有昆虫、没有可见真菌生长的容器（如卡车、传送带）尽快运送到加工厂立即加工（去除外壳）。应在实际可行的前提下尽量避免有利于霉菌繁殖和霉菌毒素形成的高湿度。用于运输坚果的运输工具应采用能够彻底清洁和维护的材料，以免成为树坚果的污染源。如果无法将坚果立即运输到加工厂，则应暂时存放，保持干燥，并防止坚果受到雨水、昆虫、啮齿动物、鸟类和地下水排水的侵袭。

2.5 收获后

26. 收获后留在树上的坚果应在冬季清除，减少越冬的各种昆虫数量。
27. 树木应加以修剪。必要时，在每个生长季节之前用适当的农药加以处理。
28. 果园地面或林地应将收获作业产生的垃圾和碎屑清理干净，减少果园或林地中曲霉真菌的定殖。
29. 收获作业用过的容器、设备和机械应清洗干净，并储存在干净的地方，尽量减少真菌、化学品、肥料或有毒物质的意外污染。
30. 应记录每个作物年度实施的收获和储存程序，记下测量结果（如温度、水分和湿度）以及任何偏离或改变传统做法的地方。这些信息可能对解释某一特定作物年度中真菌生长和霉菌毒素形成的原因有用，并有助于避免今后出现类似的错误。

2.6 加工

31. 参与树坚果加工所有阶段的人员应保持高度的个人清洁，穿戴合适的防护服装，接受食品卫生和一般卫生程序的培训，培训程度应与其在加工厂执行的作业相适应。应建立一种制度，确保所有人员始终了解所有必要的预防措施，减少加工作业中黄曲霉毒素污染的风险。
32. 将要接收或储存原料的区域应与制备或包装最终产品的区域实际分开，阻止成品污染。坚果去壳的区域应该用隔板与设施的主要加工区分开。应注意确保有灰尘的空气不会经由通风系统或其他开口进入加工厂的其他区域。
33. 加工者应在加工过程中的每一步建立良好的质量控制、可追溯/产品追踪和安全程序，避免在加工过程中不同批次的坚果之间发生黄曲霉毒素交叉污染。

34. 坚果去壳应在收获后尽快开始。如果预计去壳会有短暂延迟，则应将坚果储存在合适的条件下，防止昆虫、螨虫、害虫、家畜、真菌、化学品或微生物污染物、碎屑和灰尘的损害。如果预计会长时间延迟，则应将坚果储存在受控条件下，预防黄曲霉毒素的产生。如果需要，可以用适当的熏蒸方法来控制昆虫。
35. 去壳的坚果应尽快干燥；干燥速度和加热强度应根据最终坚果产品的预期最终用途来决定。坚果应干燥到安全的湿度水平，即在25°C时，水份活性（Aw）小于0.70。黄曲霉/寄生曲霉在水份活性小于0.70的情况下不会生长和产生黄曲霉毒素。去壳坚果获准日晒时，由于真菌滋生和/或害虫毁坏，在干燥过程中受到污染的风险较大。
36. 干燥后应尽可能在同一批次中抽取最具代表性的样品进行含水量检查。确保测量含水量所需的设备已校准。
37. 在传统上使用蒸汽或水溶液辅助脱壳的地区，应备有机械干燥机，用于降低黄曲霉毒素进一步污染的可能性，并隔离有缺陷的坚果；所用水的水质应适合预期用途，决不能循环使用。
38. 在加工设施的脱壳/挑选/制备/干燥/储存区域工作的人员和设备不应进入设施的其他区域；这将减少污染设施中其他区域的风险。在作业过程中，应经常从工作区清除废弃材料，并提供足够的废物容器用于清除废料。
39. 应利用各种目测（人工）和/或电子分拣技术来清除异物和有各种缺陷的坚果。有明显粪便污染、虫害、腐烂和其他缺陷的坚果不得用于加工。必须采取特殊预防措施，拒收被昆虫损坏或早期裂开的坚果，因为这类坚果与黄曲霉毒素污染的高风险有关。

40. 对于传统上通过水分（蒸汽或饮用水）预处理来减少开口过程中果仁破损的坚果品种，开口后应立即降低果仁的含水量，通过在坚果仁中快速循环干燥空气，使含水量降低至不支持真菌生长的水平。
41. 加工后的成品（生的、去壳或带壳、散装或可向消费者销售的产品）应具有适当的水分，并妥善包装，以便在正常的运输和储存条件下保持其质量，不会因腐烂、霉变或酶促变化而明显变质。
42. 每家工厂最好能有质量控制设施。此类控制的数量和类型将因坚果产品的不同以及管理的需要而有所不同。在产品离开加工厂之前，应使用某种筛选程序或公认的分析程序来确定黄曲霉毒素含量以及合适的含水量。

2.7 加工后的坚果运到仓库储存

43. 运输容器应清洁干燥，没有明显的真菌生长、昆虫和任何受污染的物质。容器结构牢固，能经受野蛮装卸而不破裂或穿孔，密封紧密，能防止任何灰尘、真菌孢子、昆虫或其他异物进入。
44. 在可行的情况下，应尽快将坚果从运输容器转移到仓库中。如果不同的批次或小批次同时运输，必须将各批次实际分开，保留各批次的标识。各个批次必须有无法去除的标识编号，可以根据随附的文件资料进行追溯（批次的标识编号必须与随附文件中的标识编号一致）。

2.8 储存

45. 储存设施应清洁干燥（如果可能，保持相对湿度低于70%），其结构有利于良好通风，防止雨水侵袭，防止啮齿动物和鸟类进入，防止地下水排水，且温度和湿度波动应降至最低。如果可能，温度应保持在0°C和10°C之间，储存期间尽量减少真菌生长。

46. 应实施良好的储存做法，尽量减少储存设施中的昆虫和真菌数量，可包括使用合适的经注册的农药和杀菌剂或适当的替代方法。储存在麻袋中的坚果应放在托盘上，托盘所在位置应通风良好，方便出入。
47. 水分活性随含水量和温度而变化，在储存期间应仔细控制。水份活性小于0.7时，不会生长和产生黄曲霉/寄生曲霉。
48. 从仓库取出坚果供出口时，应考虑进行熏蒸，控制可能存在的任何储存害虫，防止在运输过程中发生虫害。

3. 特定坚果品种的特殊条件

3.1 开心果

49. 在田间、收获和/或加工过程中，开心果会暴露于空气中的真菌孢子。当坚果还在树上时，有时外部壳体开裂（早裂），有时外壳会被风、昆虫或其他害虫损坏。如果昆虫或其他害虫损坏坚果壳，曲霉孢子就具备了侵入内核并在内核生长的条件，进而可能产生黄曲霉毒素。
50. 在生长季节，种植者应谨慎地适时灌溉，以便限制外壳早裂，减少黄曲霉毒素污染的风险。成熟的坚果应及早收获，减少污染的机会，因为这样可提高外壳保持完整的几率。坚果应在收获后24小时内直接送到工厂脱壳并干燥，预防内壳脏污。

3.2 巴西坚果

51. 鉴于与巴西坚果的采集和加工相关的条件非常特殊，本规范另行以附录形式收录了预防和减少巴西坚果中黄曲霉毒素的措施。

4. 有待未来考虑的补充管理系统

52. 危害分析关键控制点（HACCP）系统是一种食品安全管理系统，用于识别和控制生产加工系统中的危害。HACCP的一般原则在先前的文件中已有描述。^{4,5}
53. HACCP概念是一个无所不包的综合管理系统。如果该系统在树坚果行业得到正确实施，应能降低树坚果中观察到的黄曲霉毒素含量。与食品行业某些细分领域使用的其他类型的管理控制系统相比，使用HACCP作为食品安全管理系统有许多好处。在果园里，影响树坚果黄曲霉毒素污染的许多因素都与环境有关，如天气和昆虫；这些因素很难控制或无法控制。收获后，可针对真菌在储存期间产生的黄曲霉毒素确定关键控制点。例如，一个关键控制点可以设在干燥过程结束时，一个关键限值可以是含水量或水分活性。
54. 良好农业规范（GAP）、良好生产规范（GMP）和良好储存规范（GSP）是在尝试建立和实施HACCP系统之前应该制定的计划。最近出版了一本关于应用HACCP系统预防和控制霉菌毒素的手册，其中包括一项为控制东南亚地区开心果中的黄曲霉毒素而制定的计划⁶。建议树坚果生产者、加工者和其他树坚果产业的相关人员查阅该示例，其中的概念应适用于所有树坚果。
55. 1999年3月，在突尼斯召开的第三届国际霉菌毒素会议上提出的数项一般性建议之一是霉菌毒素综合控制计划应纳入HACCP原则，用以控制与食品和饲料中霉菌毒素污染有关的风险⁷。HACCP原则的实施将通过在每种树坚果作物的生产、操作、储存和加工过程中，在可行的范围内应用预防性控制措施，最大限度地减少黄曲霉毒素污染。由于并非所有国家都具备所需的技术专长和经验来建立有效的霉菌毒素综合管理系统，粮农组织（FAO）高度重视为发展中国家提供关于HACCP方法及其应用的专业培训人员。

⁴ 粮农组织，1995年：“危害分析关键控制点原则在食品控制中的应用”，《粮农组织食品与营养第58号文件》，罗马。

⁵ 国际生命科学研究所（ILSI），1997年：《了解和应用危害分析关键控制点概念的简易指南》，ILSI欧洲简明专论系列，第2版，ILSI欧洲，布鲁塞尔。

⁶ 粮农组织/国际原子能机构（IAEA）食品和农药控制培训和参考中心，2002年：《关于应用危害分析关键控制点系统预防和控制霉菌毒素的手册》，《粮农组织食品与营养第73号文件》，罗马。

⁷ 粮农组织，“预防霉菌毒素污染”，《食品、营养和农业》第23期，1999年；粮农组织食品营养司，罗马。

附录

预防和减少巴西坚果中黄曲霉毒素污染的补充措施

引言

1. 制定和通过《预防和减少树坚果中黄曲霉毒素污染的操作规范》附录，将在尝试控制和管理巴西坚果的黄曲霉毒素污染方面，为生产国提供统一的指南。要使这些措施发挥成效，收集者、加工者和生产链上的其他成员有必要考虑该规范确立的一般原则，同时要考虑巴西坚果树（*Bertholletia excelsa*）并非人工栽培的事实。此树种遍布亚马逊地区，但在巴西亚马逊地区最为集中。
2. 鉴于巴西坚果的采集加工条件非常特殊，本附录仅适用于巴西坚果。

基于良好采摘规范（GEP）的推荐做法

采集前

3. 采摘者应清理巴西坚果树下的区域，清除上一季作物的残余果荚和坚果。上一季作物留下的果荚是曲霉菌的潜在污染源，因此决不能与本季作物的果荚混合。

采集

4. 在果荚从树上落下后，应尽快连续采集。采集工作预计会出现某些延迟，因为在作物季节，剩余的果荚可能会掉落，给采集人员带来生命危险。
5. 应当对果荚进行分拣，去除受损的果荚，并在可能的情况下堆成薄薄数层，而且只能堆放较短的时间（最好少于5天）。

采集后

6. 采集后应尽快打开果荚，将坚果取出，并与果荚分开，放在干净干燥的地面或状况良好的塑料帆布上，避免与土壤接触。在打开果荚的过程中，应注意尽可能避免损伤坚果。应该对坚果进行分拣，去除损坏和空壳坚果。
7. 应在最大可能的情况下，使用清洁干燥和防雨防虫的容器，尽快将坚果从林区运送到储存设施中。
8. 为避免黄曲霉毒素的形成，应在采集后10天内将坚果干燥到安全的含水量，即水活性低于0.70。由于热带雨林环境中相对湿度较高，日晒通常不足以达到安全的含水量。在生产“带壳”出售的巴西坚果时，这一建议尤为重要，因为不打开坚果很难将被污染的坚果与健全的坚果区分开来。坚果应预防雨淋和虫害，如鸟类、啮齿动物和昆虫以及任何其他污染源。
9. 放置干燥后，坚果在储存设施内应放置在至少高出地面50厘米的位置；防止雨淋和虫害，并保证空气充分流通。为了识别和追踪，不同产地和/或不同采集日期的散装或袋装坚果最好分开处理，并在最终加工和包装前始终分开。
10. 在将散装或袋装坚果从初级储存设施运输到中间地点或加工设施的过程中，应将坚果与其他货物分开，放在清洁、干燥、防潮、无昆虫、无明显真菌生长的容器中。用于运输坚果的运输工具应该用能够彻底清洁和维护的材料制造，以免构成巴西坚果的污染源。
11. 如果坚果在到达加工厂之前储存在中间地点，该储存设施应具备以下条件：

- a) 防雨、防虫害；
- b) 地面可清洗、不透水；
- c) 地下水排水良好；
- d) 空气充分流通；
- e) 面积够大，妥善分隔，便于各批次分开。

只有当坚果的含水量低于0.70时，才建议进行中间地点储存。否则不建议进行中间地点储存，特别是预期会带壳销售的坚果。

一般建议

- 12. 国家、州和地方政府以及非政府组织（NGO）、行业协会及合作社应向巴西坚果生产链的各参与方提供有关黄曲霉毒素污染危害的基本教育和最新信息。
- 13. 参与采集巴西坚果的当地人（采摘者）应定期接受个人卫生和清洁卫生做法的培训，这些做法必须在生产的各个阶段得到实施，包括采集前、采集中、采集后和加工过程中。
- 14. 建议进一步发展和验证目前大多数加工厂使用的质量控制系统，检查进货批次中“坏”坚果的百分比。这种方法可以作为一种工具，用于决定一个批次的坚果是否可以作为“带壳”坚果销售，或者应该进行脱壳并分拣，以便去除坏坚果。