

## 《预防和减少可可中赭曲霉毒素 A 污染的操作规范》

(CXC 72-2013)

### 1. 简介

1. 本文件旨在为生产和处理供人类食用的可可豆的所有相关方提供指导。所有可可豆的制备和处理都应符合与所有制备供人食用的食品有关的《食品卫生通用原则》<sup>1</sup>。本操作规范规定了所有负责确保食品安全并适合食用的人应采取的措施。
2. 赭曲霉毒素A（OTA）是一种有毒的真菌代谢物，被国际癌症研究机构列为可能的人类致癌物（2B组）。食品添加物专家委员会（JECFA）规定OTA的暂定每周耐受摄入量（PTWI）为每公斤体重 100 纳克。OTA由曲霉菌（*Aspergillus*）和青霉（*Penicillium*）属中的几个物种产生。研究表明，在可可豆中只有曲霉菌属，特别是炭疽菌（*A. carbonarius*）和黑麴黴（*A. niger*）聚合体，以及更少量的西曲霉（*A. westerdijkiae*）、赭曲霉（*A. ochraceus*）和蜂蜜曲霉（*A. melleus*）。当存在真菌生长和OTA生物合成所需的水活性、营养和温度的有利条件时，就会产生OTA。
3. 可可的果实来自可可树 (*Theobroma cacao L.*)，由果皮（从果实成熟的子房壁产生的组织）和子房组成。被称为豆荚的外部组织由厚而硬的有机物组成，当果实成熟时，可用作堆肥、动物饲料和钾肥来源。子房内有许多种子，嵌在水状、粘液状和酸性的果肉中。这种白色和灰白色的可食用果肉由大约 12% 的糖分组成，由于柠檬酸含量较高，因此pH值较低（3.3-4.0）。果肉含有高达 10% 的果胶。果肉可用于制作果酱和果冻，以及酒精饮料和醋。
4. 主要的商业用途在于种子，也被称为可可豆。可可豆由外胚层或内胚层、胚和子叶组成。外皮是种子的保护层，干燥后也被称为外壳。在发酵过程中胚胎会死亡。干燥后，可可豆的脂肪含量在 34% 和 56% 之间。
5. 经过适当的发酵和干燥过程，可可豆被进一步工业化加工，以生产各种商业可可产品。
6. 由于可可豆是从果实中提取的，可能会发生微生物污染，当条件适合生长时，会开始形成产生真菌的OTA。一般来说，当发酵和干燥过程存在不当操作时，可能会产生这种有利微生物生长的条件。
7. 必须强调的是，在接下来的去壳、烘烤（或反过来）、液化和精炼等生产步骤中，只有去壳阶段可以显著降低OTA水平。由于这些步骤是在行业层面进行的，因此行业应建立食品安全具体方案，以减少供人类食用的可可加工产品中的OTA水平。

### 2. 定义

#### 可可果实的各部分（图 1）

**可可豆：**可可果实的种子由外胚层（包膜）、胚和子叶组成。

**可可豆荚：**从成熟的果实子房壁上产生的可可囊果皮。

---

<sup>1</sup> 《食品卫生通用原则》（CXC 1- 1969）。

**外胚层或内胚层：**种子的保护层，在干燥后也称为外壳。

**果浆：**种子嵌入其中的水性、粘液性和酸性物质。

**干可可：**指经过整体均匀干燥、水分含量符合本标准要求的可可豆的商业术语。

**发霉可可豆：**肉眼可以看到内部发霉的可可豆。

**发灰可可豆：**用 ISO/R 1114 中描述的方法从中间纵向切开，在一半或更多的表面上显示灰色的可可豆。

**虫害损害的可可豆：**在发育的任何阶段，内部含有昆虫，或受到昆虫的攻击，造成肉眼可见损害的可可豆。

**发芽的可可豆：**可可豆的外壳被种子胚芽的生长所刺穿、割裂或冲破。

**扁平豆：**可可豆的两个子叶非常薄，不可能通过切割获得子叶表面。

**烟熏可可豆：**具有烟熏味或气味的可可豆，或有烟熏污染迹象的可可豆。

**破损可可豆：**缺少一部分的可可豆，缺少的部分不到可可豆的一半。

**碎片：**一块等于或小于原豆的可可豆。

**外壳片：**没有任何内核的部分外壳。

**掺杂物：**以任何方式掺杂一包可可豆，使产生的混合物或组合不符合合同规定。

**异物：**除可可豆或残留物以外的任何物质。

**收获和打开果实：**果实是用镰刀、砍刀或木棒手工采摘和打开的。

**发酵：**旨在通过农场环境中的固有酶和微生物降解果肉，并启动子叶的生化变化的过程。

**干燥过程：**在阳光下或在机械/太阳能烘干机（或二者结合）中烘干可可豆，以减少水分含量，使其稳定适于储存。

**分拣：**旨在清除异物、干燥可可豆碎片、豆荚和果肉，以及有缺陷的干燥可可豆的处理和技术操作。

**烘烤：**热处理，导致可可豆结构和成分产生基本的化学和物理变化，使可可豆变黑，并发出烤可可特有的巧克力风味。

### 3. 可可的加工

8. 收获是从树上摘下成熟的果实。果实由人工采收，使用磨得很锋利的干净刀片在果柄上划一刀。
9. 尽快或在收获后的几天内打开可可豆荚，取出带有果肉的可可豆。

10. 从豆荚中取出的带果肉的可可豆被堆在一起，或放在箱子、托盘、篮子或平台上，以便让微生物发育，并启动发酵过程。
11. 发酵后的可可豆通常在露天晒场上晒干，或在悬挂式台面上晒干，可采用各种不同的方式和技术创新方法。可结合采用太阳晒干和机械干燥方式。
12. 当可可豆被适当干燥到目标水分水平时，必须进行分拣，以去除平豆、干瘪豆、黑豆、霉豆、小豆和融合豆、虫害损害的豆子、发芽的豆子和其他有缺陷的可可豆。
13. 一旦完成了干燥和分拣过程，必须将干燥的可可豆装入适当的袋子并储存。对加工的可可豆进行适当的装袋和储存，与适当的发酵和干燥同样重要。
14. 原本存在于可可豆中的OTA的大部分存在于外壳部分。因此，在烘烤前后，通过工业加工去除可可壳以及可可种子的干燥外皮或内皮，可以大幅降低OTA的含量。

#### 4. 建议的做法

##### 4.1 采收前

15. 如果可可豆荚是健康的，其中的果肉和可可豆是微生物无菌的，不会产生OTA霉变。能产生OTA的真菌孢子污染是在可可豆荚的打开过程和后续过程中发生的。
16. 因此，应适当维护可可种植园，以确保尽可能低的霉菌侵扰水平，避免在打开可可豆荚的过程中被产生OTA的真菌孢子所接种。
17. 建议采取以下做法，减少可可豆上产生OTA的真菌发育和孢子量：
  - a) 通过遵循良好农业规范（GAP），如除草、改善土壤质地、防止土壤侵蚀、修剪、施肥、病虫害防治和灌溉，保持可可植物的健康。建立新的可可农场时，应选择最合适土壤模式和密度种植可可树，以确保农场易于管理。
  - b) 在开花和果实发育期，不要使用高空灌溉。这可能会增加正常的孢子散播率，增加OTA感染豆子的机会。
  - c) 避免在种植园内或周围处置来自可可或任何其他来源的未经降解的有机废物。可可种子和种子相关物质（如灰尘、泥土和其他种子）可能有利于产生OTA的真菌繁殖。

##### 4.2 采收

18. 可可果实成熟后应尽快采收。收获工作在高峰期应每周进行一次，在非高峰期应每两周进行一次。同样，每周都要进行一次单独的农场卫生检查，用弯刀、砍刀或专用可可钩清除有病的可可果实。在田间就把病害和健康的果荚分开，以免在运输和储存过程中受到污染。
19. 丢弃僵化的果实，因为它们更有可能被感染。
20. 避免收获未成熟的果实。未成熟的可可果实有坚实的果肉，没有粘液，因此可可豆难以从豆荚中分离出来，不能正常发酵，并会造成豆子板结。

21. 收割者应避免对可可豆荚进行不必要的切割/缠绕，以防止在豆荚的切割/缠绕处感染和孕育产生OTA的真菌。
22. 必须使用特定的技术和工具进行采收。用于运输果实的工具和篮子必须清洁，工具要定期磨利。

#### 4.3 储存和开荚

23. 一旦收获了足够数量的适合发酵的果实，就必须用手工（使用木棍、裂荚器或砍刀）或机械方法（使用可可破荚机）打开豆荚，取出可可豆。在破荚过程中应注意不要损坏种子。建议尽快或在收获后 7 天内打开果实，以避免真菌的繁殖。用于打开可可豆荚的工具应保持清洁，并根据情况定期磨利。在人工摘取种子时，工作人员应保持适当程度的个人卫生。
24. 受伤或损坏的果实在打开和发酵前的存放时间不应超过一天。
25. 在打开过程中，应将可可豆荚的任何缺陷部分、发霉、病变和损坏的可可豆去除，并进行适当处置。质量好的可可豆在运输过程中应装在合适的容器中。应在防止污染的条件下将新鲜/湿润的可可豆从开荚地点运输到农场的发酵设施，例如散落的可可豆在发酵前务必确保没有沾染泥土。

#### 4.4 可可豆的发酵

26. 应将带果肉的可可豆放在适当清洁、干燥和合适的箱子、篮子、托盘或平台中进行发酵。应注意防止可可豆在发酵过程中与水接触。
27. 应经常翻动粘液质的可可豆发酵堆，以确保发酵堆内热量均匀、通气，如有结块需要打碎，并防止真菌繁殖。翻动频率取决于发酵的方法。
28. 发酵时间通常为 4 到 7 天，这也取决于发酵方法。但建议避免发酵超过 7 天，因为这可能导致真菌扩散和种子发芽。
29. 发酵过程中使用的工具（用于手工翻动的桨和铲子）和材料应定期清洗。用于发酵的有机材料应适时丢弃。
30. 建议通过发酵来避免赭曲霉菌的生长和赭曲霉毒素A的产生，因为细菌在发酵过程中产生的醋酸、乳酸和柠檬酸可能会与这些不良的真菌竞争并进行抑制。研究表明，在干燥垫上干燥时会产生发酵；然而部分脱脂的可可直接在干燥垫上进行发酵，有可能加剧可可豆中OTA的产生。

#### 4.5 干燥过程

31. 发酵结束后，必须取出可可豆，立即铺在适当的高台上（即不直接铺在裸露的地面或水泥地上）进行干燥，最好是放在直射的阳光下。如果不立即开始干燥，可可豆将继续发酵，并过度发酵，导致可可风味丧失。
32. 干燥过程可以通过阳光直射或人工干燥或两者并用。可可豆中的水分含量低于 8% 被认为是避免微生物生长和良好储存的最佳情况。

33. 干燥区应远离污染源，在一天中的大部分时间里应得到最大程度的阳光照射和空气流通，以加快可可豆的干燥过程。应避免在阴暗处进行干燥。
34. 在多雨或潮湿地区，必须覆盖可可豆，并在干燥面干燥后重新铺设。确保干燥面的清洁，并远离污染物源。
35. 干燥中的可可豆层厚度不应超过 6 厘米，相当于每平方米干燥区有 40 公斤的湿可可豆，以避免干燥缓慢或不充分，导致霉菌生长。
36. 每天必须翻动可可豆数次，以确保可可豆均匀干燥。白天要经常翻动可可豆层，以加快干燥速度，减少真菌生长的风险（每天 5-10 次）。
37. 在干燥过程中要保护可可豆不受雨水和露水的影响。可可豆应在夜间或阴雨天气时堆放并覆盖，以免再次受潮。
38. 不要将不同干燥阶段的可可豆混合。使用特定的识别方法，以便区分和识别每个干燥阶段。
39. 应避免可可豆再次受潮，因为可可豆的水分水平超过 8%，会使菌丝迅速生长，并有可能产生 OTA。发霉的可可豆应予丢弃。
40. 在干燥过程中保护可可豆不受家畜的影响，因为家畜可能是生物污染的来源。
41. 干燥设备和工具应定期清洗。

#### **4.6 干可可豆的储存、运输和交易**

42. 在储存干可可豆之前必须进行分拣，以去除平豆、板结豆、干瘪豆、黑豆、霉变豆、小豆和/或融合豆、发芽豆、虫害损害的豆子等。
43. 确保定期检查、维护和清洁与分拣过程有关的设施和设备，以免可可豆受到物理损害，这会使可可豆更容易受到污染和变质，并防止引入新的污染和不良物质。所有人员都应保持适当程度的个人卫生。
44. 在农场级或农场所外的仓库中，必须根据第 43 段规定的适当储存条件按批次适当标识要储存的干可可豆，并以散装或清洁袋装的方式进行储存。用于储存和运输可可豆的袋子必须不含矿物油等有毒物质。
45. 可可豆应包装在干净的袋子中，袋子应足够结实，并经过适当的缝制或密封，能够承受运输和储存，而且适合食品接触用途，并能阻止害虫的侵袭。
46. 袋装可可豆必须放置在不受天气影响、通风良好、清洁、无潮湿和虫害、远离烟雾和其他可能污染可可的、带气味物质的仓库或储藏室。
  - d) 仓库或储存棚的设计和结构应足以保持储存干可可豆的干燥度和均匀性。
  - e) 可可袋应放置在托盘上，并离开墙壁，以保证空气流通。

- f) 储存的可可豆不应直接暴露在阳光下，也不应存放在加热源附近，以避免出现温差和水分迁移的可能性。
- g) 应实施清洁和维护计划，并定期检查、清洁和修理储存设施。
47. 在整个过程中，还必须保护可可豆不会返潮、降解和交叉污染。在长期储存条件下，湿度应保持在 70% 相对湿度以下。适当的储存设施应遵循效果良好的储存方法，并进行定期监测，以防止或减少霉菌的生长。
48. 应定期检查储存可可豆的水分含量，并通过重新干燥使湿度保持在 8% 以下。
49. 任何虫害都必须通过适当的和经批准的熏蒸方法来处理。货物随附的适当文件应清楚、正确地说明使用的熏蒸剂和数量。
50. 可可豆从生产区可能通过各种方式运送到贸易点。主要的关注面是不同地区之间可能出现的气候变化，因此要避免可可豆返潮，并采取必要的控制措施。
51. 可可豆的运输也需要采取一些措施，以避免返潮，尽可能保持温度均匀，防止被其他材料污染。主要要求是：
- a) 覆盖可可豆装卸区，以防止雨淋。
  - b) 在接收新货物之前，必须将车辆上以前货物的残留物清理干净。
  - c) 必须检查车辆的地面、侧壁和天花板（在封闭的车辆中）是否存在废气或雨水流入放置可可货物的地方。还应定期检查用于覆盖货物的防水布和塑料帆布，以确保其清洁和无漏洞。车辆也应定期维护，并保持良好状态。
  - d) 运营商应选择采用建议的良好运输做法和可靠的运输服务供应商。

#### 4.7 货船装载和运输

52. 可可豆以袋装或散装方式从生产国运往消费国，通常用 15 至 25 吨的集装箱运输。在运输过程中，温度的波动会造成剩余水分的凝结（即使在妥善干燥的可可豆中也会如此）和局部返潮。水的重新分布可能导致真菌生长，并有可能产生 OTA。在港口运输过程中的建议做法如下：
- a) 覆盖可可装卸区，以防止下雨。
  - b) 检查可可批次，确保其均匀干燥，水分含量低于 8%，无异物，并符合规定的缺陷等级。
  - c) 装货前要检查集装箱，确保其清洁、干燥，无结构性损坏，以免水进入集装箱。
  - d) 袋子应堆放整齐，相互交叉支撑，以避免形成空的垂直柱（烟囱）。袋子的顶层和侧面应覆盖能吸收冷凝水的材料，如硅胶或纸板，以防止真菌生长而产生 OTA。散装可可最好使用可密封的塑料衬垫（如通气的大袋），并不要靠近容器的顶部。

- e) 在船上选择一个不直接暴露在外界环境中的适当地方来储存可可，以减少可能导致OTA污染的上述不良情况。
- f) 保持集装箱内的通风孔不被堵塞。
- g) 避免在没有保护的情况下堆放在甲板上（顶层），并远离锅炉和加热罐或舱壁堆放。
- h) 从可可豆离开装货区到可可卸货、储存和/或进行其他加工程序（如烘烤）的整个过程中，水分含量都不应超过 8%。

53. 完整的可可价值链流程图请见图 2。

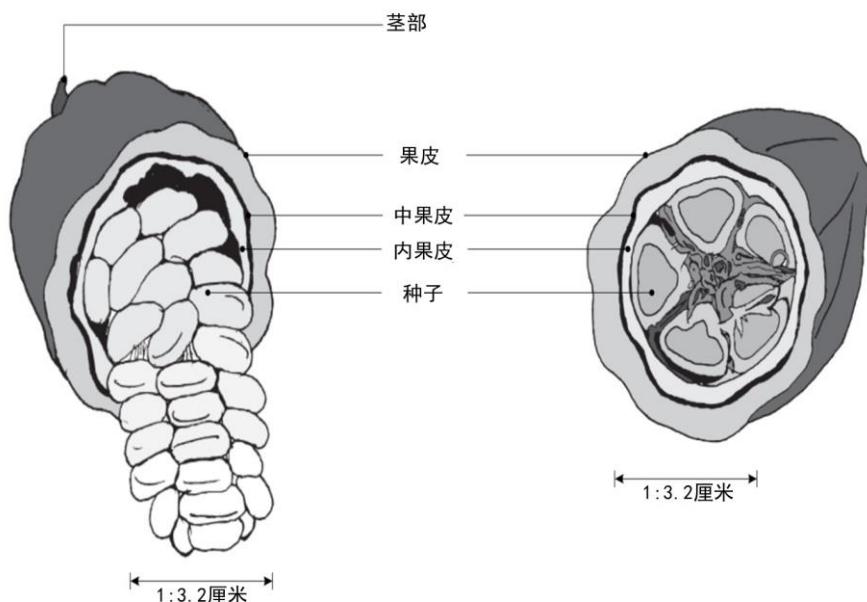


图 1a: 可可豆荚的纵向和横向截面图

比例: 1:3.2 厘米

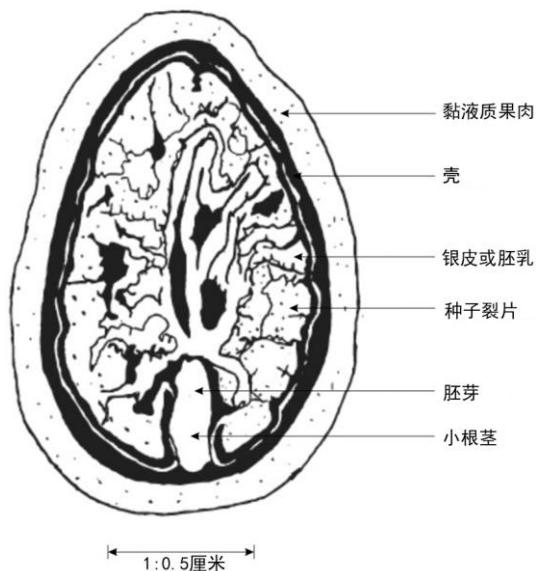


图 1b: 可可种子纵向剖面图  
比例 : 1:0.5 厘米

