

C O D E X A L I M E N T A R I U S

国际食品标准



联合国粮食
及农业组织



世界卫生组织

E-mail: codex@fao.org - www.codexalimentarius.org

预防和减少木薯和木薯产品中真菌毒素污染操作规范

CXG 82-2023

2023 年通过

1. 引言

真菌毒素为真菌性毒素，广泛见于多种农产品；给健康和经济带来不利影响。木薯和木薯产品中最常出现的真菌毒素为黄曲霉毒素和赭曲霉毒素。黄曲霉毒素主要由黄曲霉菌、寄生曲霉和小菌核曲霉产生；赭曲霉毒素主要由疣梗青霉、赭曲霉以及炭黑曲霉以及黑曲霉产生。黄曲霉毒素为已知毒性最强的致癌、致畸和致突变化合物。视受影响物种，真菌毒素可成为肾毒素、肝毒素、免疫毒素、神经毒素、致畸因子或致癌因子，但毒性主要作用于肝脏。农产品中常见的主要黄曲霉毒素类型为 B1、B2、G1 和 G2，其中 B1 毒性最强。赭曲霉毒素可能造成肾中毒、畸形、免疫抑制和癌症等后果，视受影响物种而有所不同。赭曲霉毒素是最强效的肾脏致癌因子，极低剂量就会诱发大鼠癌症。国际癌症研究机构（IARC）将黄曲霉毒素界定为人类致癌因子（第 1 组），赭曲霉毒素为潜在人类致癌因子（第 2B 组）。

能够产生真菌毒素的主要菌种在各个区域也不尽相同。真菌可见于土壤和灰尘、栽培作物残茬、加工或储藏设施中的木薯和木薯产品中；在气候和土壤条件适宜小规模或大规模种植木薯的区域，此类真菌通常与木薯和木薯产品的收获前和/或收获后污染有关。

收获前真菌感染和繁殖的严重程度主要取决于主导环境和气候因素，每个年份以及每个区域都各有不同。此外还收到接种物以及种植方式影响。收获时根系受损，或因啮齿类动物、害虫及其他生物体受损也会影响污染的严重程度。良好农业规范和良好生产规范可在降低污染程度方面发挥重要作用。储藏时间也会影响真菌毒素的产生；正如《预防和减少谷物中真菌毒素污染操作规范》（CXC 51-2003）¹所述，储藏谷物中发生收获后真菌污染和滋生的风险会显著增加。

木薯品种和品系繁多。可食用木薯分为两类：甜木薯和苦木薯，视氰甙水平而定。如《预防和减少木薯和木薯产品中氢氰酸污染操作规范》（CXC 73-2013）所述，苦木薯品种氢氰酸含量较高（ $\geq 100\text{mg/kg}$ ），甜木薯氢氰酸含量较低（ $\leq 50\text{mg/kg}$ ）²。木薯根茎的加工和食用有多种方式，各个国家可能有所差别；然而，加工木薯根茎的主要目的都是降低氢氰酸含量。供人类食用和动物饲料用的木薯和木薯产品存在某些真菌毒素并不鲜见。因此，对于可能会为真菌污染和真菌毒素累积创造各种条件的产品和过程要加以细致监督。

本操作规范为各国提供科学信息，支持采取行动减少和预防木薯和木薯产品中的真菌毒素污染。

本操作规范的效果将取决于各国的监管机构、推广宣传部门、农民、生产者、加工商、分销商以及食品企业所有者是否考虑规范的一般性原则以及良好农业规范和良好生产规范的范例。此外，还应当审查其他的本地作物、气候和农艺条件，为这些操作的实施创造条件。本操作规范预计将适用于所有木薯和木薯产品，具体涉及人类膳食摄入和

健康，以及国际贸易。

本操作规范介绍了减少木薯和木薯产品中各类真菌毒素的一般性原则。此外，也可以本操作规范为基础，面向农民、农业工人、加工商、制造商和分销商提供培训和教育。

2. 范围

本操作规范涵盖供人类食用的木薯和木薯产品，旨在为国家和地方主管部门、农民、生产者、制造商、分销商和其他相关机构提供信息和指导，支持预防和减少木薯和木薯产品中的真菌毒素污染。本规范包括：良好农业规范、良好生产规范、良好储存规范和良好分销规范。

3. 适用于种植前阶段的建议操作

地点选择

木薯不宜在河谷种植，以免受到积水和洪涝影响。水可以传播真菌接种物。相邻季节的作物轮种要尽可能确保进行适当的规划。这样安排有助于减少农田中的接种物，农田中的收获后废弃物可能会藏匿产毒真菌孢子。某些作物（例如花生、玉米和甘蔗）容易感染部分产毒真菌菌种，因而此类作物的轮种需要监督和评价。轮作作物应选择对产毒真菌易感性较低的作物，减少接种物的交叉污染。

农田清理和准备

选择适当的种植地点后，应清理土地，妥善处理废弃物，避免木薯根茎受到已感染杂草和其他作物接种物的污染。土壤应使用干净（消毒）和适当的农具和设备翻松，减少木薯根茎的应激。这对于根茎生长和成熟阶段尤为重要，也有利于促进健康的根茎发育。鼓励农民采用良好农业规范。

木薯品种和种子选择

选择和使用健康、无虫无病的木薯块茎对于良好的种植非常重要。选择木薯品种时，应考虑抵御真菌和其他植物病原菌的能力。应种植未受真菌污染的木薯插枝。

4. 适用于种植和收获前阶段的建议操作

4.1 种植

为避免真菌繁殖，应种植未受感染（无枯斑）的种茎。可以采用已知能够预防腐烂的种植方法，包括将木薯插枝垂直放置的垂直种植法，尤其是在雨季。

此外，种植材料可蘸取杀菌剂/杀虫剂/营养剂溶液，减少土壤病原菌，建议作为种植前处理措施。种植桩应按标签说明，在预防性杀菌剂/杀虫剂/营养剂溶液中浸浴 5 分钟。田间种植前，浸浴后的种植桩在干燥后应放置在阴凉通风的区域。

在可能的情况下，不建议在前一年种植过花生、玉米、甘蔗或其他易感作物的任何地点种植木薯，否则需要确保土壤未受到黄曲霉、赭曲霉或其他相关菌种污染。

4.2 杂草控制

部分杂草可藏匿产毒真菌，争夺水分、光照和营养物，抑制木薯植株发育。杂草控制可采用人工或机械方法；也可以使用经过批准的除草剂。

建议田里一旦出现杂草，便可使用苗后除草剂。某些情况下，也可以在种植之前使用苗后除草剂，尽可能减少杂草生长。小规模农田可使用锄头和短刀清除杂草，但要注意防止木薯植物受到机械损伤。需要注意的是，控制杂草需要进行适当的土地整理，至少在头 3 个月。

4.3 使用农药

可使用合格农药减少昆虫侵害以及土壤中或作物上的真菌感染。可借助天气模型规划出最适合的农药类型和施药时间。使用农药时，用户应遵守所有的标签要求，确保安全适当使用。如有必要，要确保能够获取批准使用的农用化学品。

4.4 灌溉

灌溉时要均匀，以确保田间的所有作物均能获得充足的水分。某些种植条件下，灌溉是减少作物应激的有效方法。根系成熟阶段过量灌溉会为真菌感染创造有利条件，因此在扬花期和根系成熟期应避免喷灌。

5. 适用于收获阶段的建议操作

5.1 收获

收获时应做好充分的计划，以便保持质量，避免作物浪费和腐烂。收割的块茎大小应根据市场需求确定。

木薯收获时应确保土壤较为松软，不会过于板结，这样易于从块根上去除泥土，避免去皮时出现真菌污染。

然而，为满足市场需求，也可以在不同的气候季节收获木薯块根。应采取必要措施，避免或减少对于收获木薯块根的破坏，尤其是在硬质土壤环境下，避免破坏后真菌增生。

5.2 运输工具

用于在田间收集木薯块根并运至加工储存设施的容器和运输工具（如卡车）应避免对块根造成机械损坏，应充分清洁、消毒和干燥。

5.3 贮藏条件

在加工步骤之前，由于块根水活性仍然很高，适于细菌繁殖，因而应避免将木薯块根暴露在日晒、高温、机械破坏或其他可能造成真菌污染的条件之下。食品水活性（ a_w ）通常定义为未与食物分子结合，可促进细菌、酵母和真菌生长的水。从收获到最终产品

的持续渐进过程应认真计划，确保块根不会长期储存。在不采取加强储存方法的条件下，理想的储存时间为 2-3 天。

木薯块根应置于适当的储存室中。鲜木薯块根的加强储存方法，例如低温储存结合灭真菌剂处理或蜡封，可将鲜食块根的货架期延长 2-6 周。此种做法适用于储存或出口大量块根。负担得起专用设备且具备必要技术能力的食品企业可采用改良储存方法对鲜食块根进行保鲜储存。

6. 适用于收获后阶段的建议操作

6.1 木薯产品

木薯块根可加工成多种发酵或非发酵类木薯产品。这些产品用途广泛，包括供人类食用，各个区域的具体用途有所区别。各类产品的加工步骤各异，可见《预防和减少木薯和木薯产品中氢氰酸污染操作规范》（CXC 73-2013）²。这里的方法是提及可能影响真菌污染的若干步骤，但不针对于某个特定的产品类型（产品类型见图 1）。应确保在收到木薯块茎原料 8-12 小时内开始加工，以期避免变质。

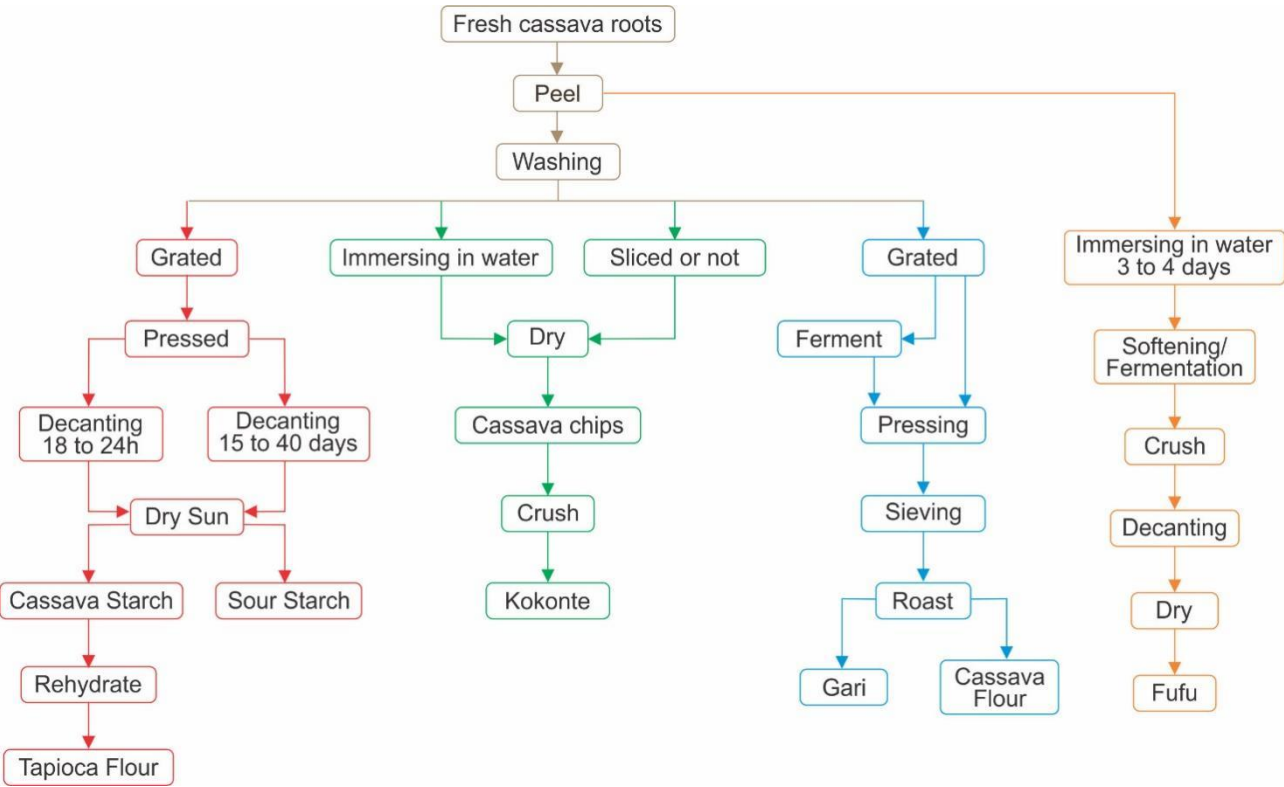


图 1：木薯产品流程图。

6.1.1 清洗

收获后，若要对木薯块茎立即加工，则应进行清洗，去除表面泥土，清除产毒性真菌菌种的接种物。水源也是应当考虑的重要因素。清洗时应使用饮用水，或经处理后适于既定用途的水源，避免潜在污染。适当的清洗非常重要，有助于确保清除掉块根上各个部位的沙子和泥土，尤其是凹凸之处。

6.1.2 去皮

清洗后，应立即对去皮木薯块根进行加工，不得在未加工的情况下进行储存。去皮可以使用刀具手工操作，也可以机械操作。去皮的目的是去除木薯块根外部不可食用的部分。去皮应在清洁环境中操作，不得在储存其他作物的区域操作，否则其他作物可能成为木薯的污染源。

6.1.3 蒸煮

对于甜木薯品种，建议在去皮清洗后立即煮制或蒸制。高温可以杀灭真菌。否则，应立即采取适当措施预防真菌再次污染。

6.2 缩小尺寸：磨碎、制浆、切片或切条

若清洗后木薯块根的进一步加工需要缩小尺寸，不论需加工的块根尺寸、木薯品种或可用设备类型如何，均须采取适当措施，确保此种单位加工不会造成真菌污染。

木薯片或木薯条在田间或加工设施干燥时，应使用清洁、干燥、抬升高度的平台，与垃圾堆放场等可能污染源保持适当距离。若采用晾晒，则应抬高平台，确保良好卫生操作。

若木薯条或木薯片采用人工干燥，则应保持干燥器温度恒定，确保木薯和木薯产品在适当时间达到可接受的水分含量，防止霉菌增生。

该阶段操作不卫生可能会滋生真菌接种物。各个加工步骤均应确保环境和所有使用工具干净。

6.2.1 发酵

木薯块根发酵的主要目的是进一步去除氰化物，增加风味，提高产品稳定性。发酵过程中使用的所有容器和设备应全程保持干净，确保不会成为接种物的天然来源。发酵通常需要 2 至 5 天。

6.2.2 脱水

这个过程是要去除掉磨碎木薯块根的水分，通常采取挤压方法。脱水过程一般不超过 2 天。可在发酵前或发酵后进行脱水。脱水应达到最佳标准，并应注意不要使用被污染的处理材料，例如被污染的包装袋，可能成为真菌接种物的来源。应使用食品级包装袋。包装袋应经常进行充分的清洁和消毒。

6.3 破饼/制粒

这个过程是将木薯饼放入磨碎器将其制成颗粒。湿饼可过筛去除大块。若没有磨碎器，最常食用的是手动筛子将薯饼磨碎，同时过滤颗粒。磨碎器应保持清洁，装有薯饼或颗粒的包装袋不应置于脏污表面（例如地板）。应使用清洁容器盛放湿颗粒，确保产品不被污染。盛放薯饼应使用清洁的盆、碗或包装袋。

6.4 干燥

木薯应干燥至可接受的湿度，防止真菌滋生，以及产生真菌毒素。细菌负荷量高可能是因为干燥台面和材料不干净，因此必须要注意台面清洁。薯粒或薯条应在干燥台面均匀平铺，不得堆放过多，以免阻碍空气流通。干燥平台应抬高放置，防止灰尘、动物和害虫等污染。未充分干燥的薯粒应在通风房间内平铺展开，直至达到干燥标准。干燥平台和材料应保持清洁。

6.5 碾磨

对环境要进行监测，防止灰尘交叉污染。干燥后的薯粉应保存在清洁防水的容器之中。碾磨机器使用后应进行清洁和干燥。

6.6 过筛

深加工步骤使用的细筛应妥善保存，在使用前用饮用水清洁并完全晾干。

6.7 煎制

Gari 等其他发酵类木薯产品应使用高温煎制，抑制真菌繁殖。

7. 贮藏

在放入材料前，贮藏设施应充分清洁，可使用合格杀真菌剂和农药进行消毒，去除灰尘、真菌孢子、作物残留、动物和昆虫粪便、土壤、昆虫以及杂质（例如石头、金属和碎玻璃。及其他污染源）。用于贮藏木薯和木薯产品的棚、仓、桶和其他建筑材料应保持干燥，通风良好。地下水污染、湿气凝结、降雨、鼠类进入以及昆虫滋生都可能使木薯产品更易受到真菌感染。理想情况下，贮藏区域应避免较大的温度波动。温度和湿度需在可能的情况下进行监督和控制。

包装的木薯和木薯产品应储存在干燥凉爽的条件下。避免直接接触地板或墙壁。

确定批次的含水量，如有必要，在贮藏之前将产品干燥至建议的适当含水量。真菌滋生与 aw 密切相关； aw 小于 0.60 会抑制真菌滋生。此外，可提供根据各区域环境状况制定的安全贮藏指南。

8. 包装

木薯产品包装前应检测含水量，主要是薯粉和薯粒形式，避免将利于微生物生长的产品置入包装。木薯和木薯产品包装应采用食品级材料。包装所用材料在包装和封装时不得吸收水分。如有必要，可食用真空或气调包装技术。

9. 运输

运输容器，包括卡车、铁路车辆、帆船和轮船等运输工具，应保持清洁，不得携带过往作物的灰尘、可见真菌滋生物、发霉气味、昆虫，以及能够导致木薯和木薯产品批

次及货物中霉菌毒素水平提高的污染材料。运输容器在使用和再次使用之前，应酌情使用适当的物质清洁并消毒，适用于运输目标货物，确保不会引发异味、败味，或污染木薯和木薯产品。卸货后，运输容器应清空所有货物，酌情清洁。

木薯和木薯产品货物应使用有遮盖或密封的容器或防水油布做好防护，避免湿度增加。减少温度波动以及可能导致木薯和木薯产品表现水分凝结的其他措施，进而造成局部湿度增加，利于真菌生长和霉菌形成。

运输过程中应使用防虫容器，避免虫害侵扰。

10. 产品信息和消费者意识

包装上应提供木薯和木薯产品的具体储存说明，确保产品不会被置于不当条件下，因而可能刺激真菌生长和污染。产品打开包装前（即保存在阴凉干燥、通风良好的地方）和打开包装后的储存说明应字迹清晰，表述明确，以便保持产品质量。

注释

¹ 粮农组织和世卫组织。2003。《预防和减少谷物中真菌毒素污染操作规范》。食品法典操作规范，No. CXC 51-2003。食品法典委员会。罗马。

² 粮农组织和世卫组织。2013。《预防和减少木薯和木薯产品中氢氰酸污染操作规范》。食品法典操作规范，No. CXC 73-2013。食品法典委员会。罗马。