

CODEX ALIMENTARIUS

NORMAS INTERNACIONALES DE LOS ALIMENTOS



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



Organización
Mundial de la Salud

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

CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA LA PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR MICOTOXINAS EN LA YUCA (MANDIOCA) Y LOS PRODUCTOS A BASE DE YUCA (MANDIOCA)

CXC 82-2023

Adoptado en 2023

1. INTRODUCCIÓN

Las micotoxinas son toxinas de los hongos que se han detectado en una amplia variedad de productos agrícolas. Pueden tener consecuencias económicas y para la salud. Las micotoxinas más habituales en la yuca y en los productos a base de yuca son las aflatoxinas y la ocratoxina A. Las aflatoxinas son producidas fundamentalmente por el *Aspergillus flavus*, el *A. parasiticus* y el *A. minisclerotigenes*, mientras que la ocratoxina A está producida fundamentalmente por el *Penicillium verrucosum* y el *Aspergillus ochraceus*, así como por el *A. carbonarius* y el *A. niger*. Las aflatoxinas se cuentan entre los componentes carcinogénicos, teratogénicos y mutagénicos más potentes que se conocen. En función de la especie afectada, estas micotoxinas pueden actuar como nefrotoxinas, hepatotoxinas, inmunotoxinas, neurotoxinas, teratógenos o carcinógenos, aunque el hígado es el objetivo primario de su toxicidad. Las principales aflatoxinas que se suelen encontrar en los productos agrícolas son la aflatoxina B1, B2, G1 y G2, y de ellas, la B1 es la más potente. La ocratoxina A puede ocasionar efectos nefrotóxicos, teratógenos, inmunosupresores y carcinógenos, en función de la especie afectada. La ocratoxina A es uno de los carcinógenos renales más potentes (a dosis muy bajas provoca cáncer en ratas). El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) ha clasificado las aflatoxinas como carcinógeno para los humanos (Grupo 1) y la ocratoxina A como posiblemente carcinógeno para los humanos (Grupo 2B).

La prevalencia de varias especies de hongos implicadas en la producción de micotoxinas suele diferir entre una región y otra. Los hongos, que se pueden encontrar en el suelo y en el polvo, en los residuos de los cultivos, y en la yuca y los productos a base de yuca guardados en instalaciones de procesamiento o almacenamiento se asocian habitualmente con contaminación antes o después de la cosecha de yuca y productos a base de yuca en regiones que tienen unas condiciones de clima y suelo que permiten el cultivo de yuca tanto a pequeña como a gran escala.

La gravedad de la infección y la propagación de hongos antes de la cosecha depende en gran medida de los factores ambientales y climáticos predominantes, que pueden variar de un año a otro o de una región a otra. También depende de la presencia de inóculos y de las prácticas agrícolas empleadas. El grado de los daños a las raíces causados por roedores, insectos y otros organismos durante la cosecha también influye en la gravedad de la contaminación. Las buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de fabricación (BPF) podrían desempeñar un papel destacado en la reducción de la gravedad de la contaminación. La duración del almacenamiento puede desempeñar un papel en la producción de micotoxinas, ya que se sabe que el riesgo de infección por hongos poscosecha y la producción de micotoxinas en grano almacenado se incrementa con la duración del almacenamiento, tal y como se indica en el *Código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación por micotoxinas en los cereales* (CXC 51-2003)¹.

Existen muchos cultivares y especies de yuca. Los tipos comestibles se encuadran en una o dos categorías, variedades amargas y dulces, en función de los niveles de glucósidos cianogénicos. Las variedades amargas y dulces tienen un contenido alto (≥ 100 mg/kg) y bajo (≤ 50 mg/kg) de ácido cianhídrico (HCN), respectivamente, tal y como se indica en el *Código de prácticas para reducir el ácido cianhídrico en la yuca (mandioca) y los productos de yuca* (CXC 73-2013)². Habitualmente, las raíces de yuca se procesan y se consumen de varias formas, que pueden diferir según el país. Por regla general, un objetivo del procesamiento de la raíz de yuca es reducir el contenido en glucósidos cianogénicos. No es extraña la presencia de ciertas micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca destinados a la alimentación humana y los piensos. Por consiguiente, es importante monitorear con diligencia los productos y procesos en busca de indicaciones de las diversas condiciones que estimulan la contaminación por hongos y la acumulación de micotoxinas.

Este código de prácticas proporciona información basada en la ciencia para su consideración por todos los países en sus esfuerzos por prevenir y reducir la contaminación por micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca.

La eficacia de este código de prácticas dependerá de las autoridades reguladoras, los agentes de extensión agraria, los agricultores, los productores, los distribuidores y los propietarios de empresas del sector de la alimentación en cada país, considerando los principios generales y los ejemplos de BPA y BPF facilitados en el código. Además, se deben examinar otras cosechas locales, el clima y las prácticas agronómicas, para facilitar la implementación de estas prácticas, si procede. Se espera que este código de prácticas se aplique a toda la yuca y los productos a base de yuca relevantes para la ingesta de alimentos y la salud humana, así como para el comercio internacional.

En este Código de prácticas se ofrece información sobre principios generales para la reducción de varias micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca. También proporciona una base para la formación y la educación de agricultores, jornaleros, procesadores, fabricantes y distribuidores.

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este código de prácticas cubre la yuca y los productos a base de yuca destinados al consumo humano, y tiene como finalidad ofrecer información y orientación a autoridades nacionales y locales, agricultores, productores, fabricantes, distribuidores y otros organismos pertinentes para prevenir y reducir la contaminación por micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca. Esta guía incluye: BPA, BPF, buenas prácticas de almacenamiento y buenas prácticas de distribución.

3. PRÁCTICAS RECOMENDADAS APLICABLES A LA ETAPA ANTERIOR A LA SIEMBRA

Zonificación

El agricultor debe evitar sembrar en valles para evitar acumulaciones de agua y riadas. El agua puede transportar inóculos de los hongos. En la medida de lo posible, se debe garantizar una planificación adecuada para la rotación de cultivos en las sucesivas temporadas. Esto ayudará a reducir inóculos en el campo, que pueden originarse de residuos de cosechas que contienen esporas de hongos toxigénicos. Se ha observado que algunas cosechas en particular (por ejemplo, maní, maíz y caña de azúcar) son susceptibles a determinadas especies de hongos toxigénicos y es necesario monitorear y evaluar la rotación de cultivos con esas cosechas. En la rotación se deben utilizar cosechas consideradas de baja susceptibilidad a los hongos toxigénicos para reducir la contaminación cruzada de los inóculos.

Limpieza y preparación de la tierra agrícola

Después de elegir terrenos adecuados para sembrar, es necesario despejar la tierra y eliminar correctamente los residuos para evitar la contaminación de las raíces de yuca con inóculos de maleza infectada o de otras cosechas. El suelo se debe descompactar mediante la labranza con equipos y herramientas agrícolas limpios (desinfectados) y adecuados para reducir el estrés sobre las raíces de yuca, especialmente durante el período de crecimiento y maduración de las raíces, y también para fomentar el desarrollo de unas raíces sanas. Se anima a los agricultores a que adopten unas BPA.

Selección de la variedad (cultivar) y semillas de yuca

La selección y el uso de tallos de yuca sanos y libres de plagas y enfermedades son importantes para realizar una buena siembra. A la hora de seleccionar la variedad de yuca, debe tenerse en cuenta la capacidad de las plantas de resistir a los hongos y a otros patógenos. Deben plantarse esquejes de yuca que no tengan hongos.

4. PRÁCTICAS RECOMENDADAS APLICABLES A LA SIEMBRA Y LA ETAPA ANTERIOR A LA COSECHA

4.1 Siembra

Para prevenir el crecimiento de hongos, no deben plantarse tallos infectados (con manchas de podredumbre). Pueden adoptarse prácticas de plantación que evitan la pudrición, incluida la *plantación en vertical*, que implica la colocación vertical de los esquejes de yuca para evitar que se pudran, especialmente durante la temporada de lluvias.

Además, el material de plantación puede sumergirse en una solución de fungicida/insecticida/nutriente en un intento de reducir los patógenos transmitidos por el suelo, lo cual se recomienda para el tratamiento previo a la plantación. Las estacas de plantación deben sumergirse durante 5 minutos en soluciones profilácticas de fungicidas/insecticidas/nutrientes según las instrucciones de la etiqueta. A continuación, la estaca que se ha sumergido debe dejarse secar y colocarse en una zona sombreada y bien ventilada antes de la plantación en el campo.

En la medida de lo posible, se desaconseja plantar yuca en terrenos en los que el año anterior se hayan cultivado cacahuetes, maíz, caña de azúcar u otros cultivos altamente susceptibles, o habría que asegurarse de que el suelo no se ha contaminado con *A. flavus*, *A. parasiticus* y otras especies relacionadas.

4.2 Control de maleza

Cierta maleza puede albergar hongos toxigénicos y compite por obtener humedad, luz y nutrientes, asfixiando el desarrollo de la planta de yuca. Para el control de la maleza se pueden aplicar enfoques manuales y mecánicos, además de usar herbicidas aprobados.

El uso de herbicidas posemergencia se podría recomendar inmediatamente después de detectar maleza en el campo. En algunos casos, se pueden emplear herbicidas preemergencia antes de la plantación, para reducir al mínimo el crecimiento de la maleza. En los campos pequeños se pueden usar azadones o machetes para eliminar la maleza, pero se debe tener cuidado de no provocar daños mecánicos en las plantas de yuca. Cabe indicar que se debe preparar correctamente el terreno para controlar la maleza, al menos durante los tres primeros meses.

4.3 Uso de plaguicidas

Se pueden usar plaguicidas aprobados para reducir al mínimo los daños provocados por los insectos y la infección de hongos en el suelo que rodea el cultivo. Sería posible utilizar modelos climatológicos para planificar el mejor tipo de plaguicida y el mejor momento de aplicación. Al aplicar plaguicidas, los usuarios deben seguir todas las instrucciones de la etiqueta para garantizar un uso seguro y correcto del producto plaguicida. Si es necesario, se debe garantizar el acceso a productos agroquímicos autorizados.

4.4 Riego

Si se utiliza riego, es necesario cerciorarse de que se aplica de forma uniforme y de que todas las plantas del terreno reciben un suministro de agua adecuado. El riego es un método valioso para reducir el estrés de los cultivos en algunas situaciones de crecimiento. El exceso de precipitaciones durante la maduración de las raíces proporciona condiciones favorables para las infecciones fúngicas, por lo que debe evitarse el riego por aspersión durante la antesis y la maduración de las raíces.

5. PRÁCTICAS RECOMENDADAS APLICABLES A LA ETAPA DE LA COSECHA

5.1 Cosecha

La recolección debe incluir una planificación adecuada para mantener la calidad y evitar desperdicios del cultivo y posible pudrición. El número de raíces que se cosechen deberá determinarse partiendo de las necesidades del mercado y la demanda.

La yuca debe cosecharse cuando la tierra esté ligeramente blanda pero no tenga un exceso de agua, para eliminar fácilmente la tierra de las raíces y evitar la contaminación por hongos durante el pelado.

No obstante, para cubrir la demanda del mercado, las raíces de yuca pueden cosecharse durante todas las estaciones climáticas. Por tanto, es necesario tomar medidas para prevenir o reducir daños a las raíces de yuca cosechadas, especialmente en suelos duros, con el fin de evitar el crecimiento de hongos después del daño.

5.2 Herramientas de transporte

Los contenedores y los vehículos (por ejemplo, camiones) utilizados para recoger y transportar las raíces cosechadas desde el campo a las instalaciones para su ulterior procesamiento y almacenamiento deberán estar limpios, desinfectados y secos, y evitar los daños mecánicos a las raíces de la yuca.

5.3 Condiciones de conservación

Antes de la etapa de procesamiento, y mientras están siendo conservadas para su uso, las raíces de yuca no se deben exponer al sol, a altas temperaturas, a daños mecánicos ni a otras condiciones que puedan promover la contaminación por hongos, ya que las raíces siguen presentando una alta actividad de agua propicia para el desarrollo de microbios. La actividad del agua (a_w) es comúnmente definida en los alimentos como el agua que no está ligada a las moléculas de los alimentos y que puede contribuir a la proliferación de bacterias, levaduras y hongos. Se debe planificar un flujo continuo desde la cosecha hasta el producto final, para que las raíces no estén almacenadas durante un período prolongado. El tiempo ideal es entre 2 y 3 días si no se aplican métodos mejorados de almacenamiento.

Las raíces de yuca se almacenarán en un almacén adecuado. Los métodos mejorados de almacenamiento de raíces frescas de yuca, como almacenar a bajas temperaturas en combinación con un tratamiento fungicida o encerado, pueden ayudar a prolongar el período de conservación de las raíces frescas entre 2 y 6 semanas. Esta práctica es adecuada para almacenar o exportar grandes cantidades de raíces. Los manipuladores de alimentos que puedan permitirse equipos especializados con los conocimientos técnicos necesarios pueden utilizar métodos mejorados de almacenamiento para almacenar y conservar raíces frescas.

6. PRÁCTICAS RECOMENDADAS APLICABLES A ETAPAS POSCOSECHA

6.1 Productos a base de yuca

Las raíces de yuca se pueden procesar para obtener productos fermentados o no fermentados a base de yuca. Estos productos, que pueden ser específicos de determinadas regiones, ofrecen una amplia gama de aplicaciones, incluida la alimentación humana. Los pasos de procesamiento con los que se llega a estos distintos productos son diversos y se pueden encontrar en el *Código de prácticas para reducir el ácido cianhídrico en la yuca y los productos a base de yuca* (CXC 73-2013)². El enfoque en este caso consiste en mencionar algunos de los distintos pasos que pueden influir potencialmente en la contaminación por hongos, pero no para ningún tipo específico de producto (para algunos tipos de productos, véase la Figura 1). Para evitar su deterioro, el procesamiento de la yuca debe iniciarse entre 8 y 12 horas después de recibir las raíces de yuca como materia prima.

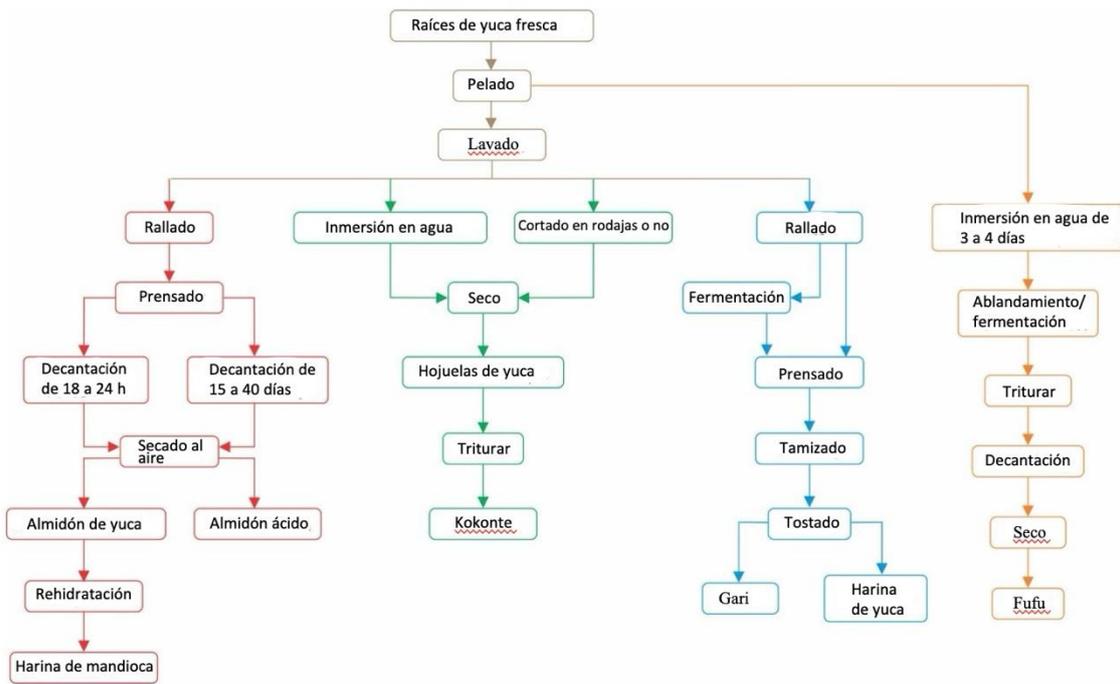


Figura 1. Diagrama de flujo de productos de yuca

6.1.1 Lavado

Tras la cosecha, si la raíz de yuca se debe procesar inmediatamente, es necesario lavarla para eliminar la suciedad superficial y la tierra, reduciendo los inóculos de especies de hongos toxigénicos. La fuente del agua también es un factor importante que debe tenerse en cuenta. A fin de evitar la contaminación potencial, para el lavado se debe utilizar agua potable o agua tratada de una forma que la haga adecuada para ese uso. Un lavado correcto es vital para asegurar que la arena o el barro se eliminan de todas las partes de la raíz, especialmente de los contornos.

6.1.2 Pelado

Las raíces de yuca peladas se deben procesar inmediatamente después de su lavado y no deben almacenarse sin procesar. El pelado se realiza manualmente con un cuchillo o bien con medios mecánicos. Su finalidad es eliminar la porción exterior no comestible de las raíces de yuca. El pelado se debe llevar a cabo en un entorno limpio donde no se hayan almacenado otras cosechas ya que, en ese caso, pueden ser fuente de contaminación para la yuca.

6.1.3 Hervido/cocción al vapor

Para el procesamiento de raíces de yuca de variedades dulces, se recomienda hervir o cocer al vapor las raíces inmediatamente después de pelarlas y lavarlas. Esto expondrá cualquier hongo a temperaturas a las que no puede sobrevivir. Si no se usan inmediatamente, deben tomarse las precauciones adecuadas para prevenir una nueva contaminación por hongos.

6.2 Reducción de tamaño: rallado, despulpado y corte en rodajas o rebanado

Si el procesamiento posterior de las raíces de yuca lavadas incluye actividades de reducción de tamaño, independientemente del tamaño de las raíces que van a ser procesadas, de la variedad de yuca o del tipo de equipo disponible, debe tenerse un cuidado adecuado en asegurarse de que no se produce contaminación por hongos durante ese proceso.

Si las hojuelas o rodajas de yuca se secan en la explotación agrícola o en instalaciones de procesamiento, deben secarse en plataformas limpias, secas y elevadas, y a una distancia adecuada de posibles fuentes de contaminación, como vertederos de residuos. Cuando se realice el secado al sol, debe hacerse en plataformas elevadas que garanticen buenas prácticas higiénicas.

Si las hojuelas o rodajas se secan artificialmente, el termostato de las secadoras debe mantenerse de forma óptima para conseguir el contenido de humedad aceptable de la yuca y de los productos a base de yuca dentro del plazo adecuado con el fin de prevenir el crecimiento de moho.

Las prácticas poco higiénicas en esta etapa pueden actuar como fuentes potenciales de inóculos fúngicos. Por lo tanto, el entorno y todas las herramientas utilizadas deben mantenerse limpias en todas las fases del procesamiento.

6.2.1 Fermentación

La fermentación de raíces de yuca se utiliza principalmente para la eliminación de cianuro, el desarrollo de sabor y la estabilidad del producto. Todos los recipientes y equipos utilizados en la fermentación deben permanecer limpios en todo momento para evitar que se conviertan en una fuente natural de inóculo. La fermentación suele durar de 2 a 5 días.

6.2.2 Extracción del agua

Este proceso implica la eliminación del agua de las raíces de yuca ralladas, y habitualmente se realiza mediante prensado. El proceso de extracción del agua puede durar hasta dos días. La extracción del agua se puede realizar antes o después de la fermentación. La extracción del agua debe ser óptima, y se debe tener cuidado de no utilizar materiales de procesamiento contaminados, como sacos, ya que pueden convertirse en fuentes de inóculos fúngicos. Se deben usar sacos de grado alimentario. Los sacos deben limpiarse y esterilizarse adecuadamente y con frecuencia.

6.3 Fragmentación o granulado de la pasta

El proceso implica introducir la pasta de yuca en un rallador de yuca que la rompe en gránulos. Las pastas húmedas se pueden tamizar para eliminar los grumos. Si no se dispone de un rallador de yuca, en la mayoría de los casos se utiliza un tamiz manual para romper la pasta y tamizar los gránulos al mismo tiempo. El rallador debe estar limpio y los sacos que contienen la pasta o los gránulos no se deben colocar sobre superficies sucias (como suelos). Se deben utilizar contenedores limpios para almacenar los gránulos húmedos y garantizar que no se contamine el producto. Para vaciar las pastas se deben usar sartenes, boles o sacos limpios.

6.4 Secado

La yuca debe secarse hasta alcanzar un contenido de humedad aceptable para evitar el crecimiento fúngico y la consiguiente producción de micotoxinas. Las cargas microbianas elevadas pueden ser causadas por el uso de superficies y materiales de secado poco limpios, por lo que hay que tener cuidado con la limpieza de las superficies. Los gránulos o las hojuelas deben estar correctamente distribuidos por metro cuadrado de superficie de secado y no amontonarse en exceso para permitir la circulación del aire. Las plataformas de secado deben estar elevadas para evitar la contaminación por el polvo, los animales y las plagas. Los lotes de gránulos que no se han secado adecuadamente deben extenderse en una sala bien ventilada hasta que se seque el producto. Los materiales y las superficies de secado deben estar limpios.

6.5 Molienda

Se debe monitorear el entorno para evitar la contaminación cruzada del polvo. La harina seca se debe almacenar en un contenedor a prueba de humedad. El molino debe limpiarse y secarse después de cada uso.

6.6 Tamizado

El tamiz que se va a usar en los posteriores pasos de procesamiento debe almacenarse adecuadamente y limpiarse con agua potable y secarse totalmente antes de usarlo.

6.7 Fritura

La fritura de gari, entre otros productos de yuca fermentados, debe realizarse a altas temperaturas y monitorizarse para reducir las posibilidades de contaminación por hongos.

7. ALMACENAMIENTO

Las instalaciones de almacenamiento se deben limpiar y pueden desinfectarse con fumigantes y pesticidas autorizados antes de introducir los materiales para eliminar polvo, esporas de hongos, residuos de cultivos, excrementos de animales y de insectos, tierra, insectos y materiales extraños (como piedras, metal y vidrios rotos, así como otras fuentes de contaminación). Los cobertizos, los silos, los graneros y otras construcciones destinadas al almacenamiento de yuca y productos a base de yuca deben estar secos y bien ventilados. La contaminación por aguas subterráneas, la condensación de la humedad, la lluvia, la entrada de roedores y la actividad de los insectos pueden hacer que la materia prima sea más susceptible de padecer infecciones fúngicas. Lo ideal es que las áreas de almacenamiento puedan evitar grandes fluctuaciones de temperatura. La temperatura y la humedad se pueden monitorizar y controlar en la medida de lo posible.

La yuca y los productos a base de yuca envasados deben almacenarse en condiciones secas y frescas. Debe evitarse el contacto directo con el suelo o las paredes.

Determinar el contenido de humedad del lote y, si es necesario, secar el producto hasta alcanzar el contenido de humedad adecuado recomendado para el almacenamiento. La formación de hongos está estrechamente relacionada con la actividad del agua (a_w) y se considera que el crecimiento de hongos se inhibe con una a_w inferior a 0,60. Además, se puede ofrecer una orientación sobre el almacenamiento que refleje la situación ambiental de cada región.

8. ENVASADO

El contenido de humedad de los productos a base de yuca, principalmente en forma de harina y granulados, deberá controlarse antes del envasado para evitar envasar un producto que favorezca el crecimiento de microorganismos. La yuca y los productos a base de yuca deben envasarse en materiales de calidad alimentaria. Los envases deben estar hechos de materiales que no absorban la humedad cuando se envasen y sellen. Si es necesario, pueden aplicarse tecnologías de envasado como el vacío y el envasado en atmósfera modificada.

9. TRANSPORTE

Los contenedores para el transporte, incluidos vehículos como camiones y vagones de ferrocarril y embarcaciones (botes y barcos) deben estar secos y libres de polvo de cosechas antiguas, presencia visible de hongos, olor a humedad, insectos y cualquier material contaminado que pudiera contribuir a los niveles de micotoxinas en los lotes y los cargamentos de yuca y productos a base de yuca. En caso necesario, los contenedores de transporte deben limpiarse y desinfectarse con sustancias adecuadas (que no produzcan olores ni sabores desagradables, ni contaminen la yuca ni los productos a base de yuca) antes de su uso y reutilización, y deberán ser adecuados para la carga prevista. En el momento de la descarga, el contenedor deberá vaciarse completamente de toda su carga y limpiarse según sea apropiado.

Los cargamentos de yuca y productos a base de yuca deberán protegerse de humedad adicional mediante el uso de contenedores cubiertos o herméticos, o lonas. Se deberán reducir al mínimo las fluctuaciones de la temperatura y las medidas que puedan causar la formación de condensación en la yuca y los productos a base de yuca, que podrían dar lugar a una acumulación local de humedad y a la consiguiente formación de hongos y micotoxinas.

Evite la infestación por plaga durante el transporte utilizando contenedores a prueba de plagas.

10. INFORMACIÓN SOBRE EL PRODUCTO Y SENSIBILIZACIÓN DE LOS CONSUMIDORES

En el envasado se deben facilitar instrucciones específicas sobre el almacenamiento de la yuca y los productos a base de yuca para garantizar la protección frente a condiciones desfavorables que pueden fomentar el crecimiento de hongos y la contaminación. Las instrucciones de almacenamiento antes (por ejemplo, almacenamiento en un lugar fresco, seco y bien ventilado) y después de abrir el envasado deben ser legibles y estar redactadas en un lenguaje claro, con el fin de mantener la calidad del producto.

NOTAS

¹ FAO y OMS. 2003. *Código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación por micotoxinas en los cereales*. Código de prácticas del Codex Alimentarius, n.º CXC 51-2003. Comisión del Codex Alimentarius. Roma.

² FAO y OMS. 2013. *Código de prácticas para reducir el ácido cianhídrico en la yuca (mandioca) y los productos de yuca*. Código de prácticas del Codex Alimentarius, n.º CXC 73-2013. Comisión del Codex Alimentarius. Roma.