

COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS

S



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



Organización
Mundial de la Salud

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia - Tel: (+39) 06 57051 - Correo electrónico: codex@fao.org - www.codexalimentarius.org

Tema 14 del programa

CX/CF 21/14/12

Abril de 2021

PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS

COMITÉ DEL CODEX SOBRE CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS

Décima cuarta reunión
(virtual)

3-7 y 13 de mayo de 2021

DOCUMENTO DE DEBATE SOBRE CONTAMINACIÓN POR ÁCIDO CIANHÍDRICO Y MICOTOXINAS EN LA YUCA Y LOS PRODUCTOS A BASE DE YUCA

(Preparado por el Grupo de trabajo por medios electrónicos
presidido por Nigeria y copresidido por Ghana)

INFORMACIÓN GENERAL

CCCF11 (2017)

1. El CCCF11 consideró una solicitud del Comité Coordinador FAO/OMS para África (CCAFRICA) sobre si es apropiado extender el nivel máximo (NM) existente de ácido cianhídrico (HCN) de 2 mg/kg en gari a los productos de yuca fermentada, así como sobre si las micotoxinas constituyen un motivo de preocupación para la salud pública en estos productos.
2. Según la petición de CCAFRICA22 (2017), el CCCF11 recomendó¹ que se estableciera un grupo de trabajo por medios electrónicos (GTE) presidido por Nigeria para preparar un documento de debate donde se abordara lo siguiente:
 - a. La necesidad y viabilidad de establecer NM de HCN en la yuca y los productos de yuca y abordar la cuestión de la armonización de la expresión de niveles de HCN, es decir, HCN libre o total.
 - b. Obtención de datos sobre la presencia de micotoxinas en estos productos que permitan al CCCF determinar si la contaminación por micotoxinas constituye un asunto de salud pública en estos productos.

CCCF12 (2018)

3. El GTE llevó a cabo su mandato y envió un documento de debate² para su consideración por parte del CCCF12 (2018) que no se pudo debatir a causa de la ausencia inadvertida de Nigeria, la Presidencia del GTE. El documento de debate se pospuso para su presentación en el CCCF13 (2019), mientras que se instó a los miembros del Codex y los observadores a seguir enviando nuevos datos a la plataforma SIMUVIMA/Alimentos.³
4. El documento de debate⁴ fue actualizado por Nigeria, y las conclusiones y recomendaciones se enviaron al CCCF13 para su consideración.

CCCF13 (2019)

5. El CCCF consideró las conclusiones y recomendaciones en relación con la oportunidad y la viabilidad de establecer NM de HCN y el desarrollo de una guía de gestión de riesgos para prevenir y/o reducir la contaminación por micotoxinas en la yuca y los productos de yuca y acordó⁵:
 - (a) Establecer un GTE, presidido por Nigeria y copresidido por Ghana, para preparar un documento de

¹ REP17/CF, párrs. 14-15

² CX/CF 18/12/13

³ REP18/CF, párr. 125

⁴ CX/CF 19/13/14

⁵ REP19/CF, párrs. 128-145

debate para su consideración en el CCCF14 (2020):

- (i) Información sobre la imagen global de los productos de yuca fermentada teniendo en cuenta los asuntos planteados en las observaciones por escrito y las opiniones expuestas en el CCCF13; e
 - (ii) Identificación de medidas de atenuación que sustenten el desarrollo de un Código de Prácticas para la prevención y la reducción de la contaminación por micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca teniendo en cuenta las opiniones expuestas en este período de sesiones.
- (b) Informar a CCAFRICA de los debates sobre los NM de HCN en productos de yuca fermentada y el posible desarrollo de un CDP para la prevención y la reducción de la contaminación por micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca
6. El GTE revisó el documento de debate⁴ presentado en el CCCF13 según las consideraciones ofrecidas en la sesión plenaria, así como según la información facilitada en respuesta a la circular CL 2019/74-CF de petición de información sobre medidas de atenuación para la contaminación de micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca, así como la información facilitada y el debate mantenido por los miembros del GTE, y ofreció un informe provisional tal como se incluye en el documento CX/CF 20/14/12..

Información y recomendaciones actualizadas

7. Como consecuencia del aplazamiento del CCCF14 debido a la pandemia de la COVID-19 de mayo de 2020 a mayo de 2021, y teniendo en cuenta el tiempo adicional del que dispone el Comité, el GTE volvió a actualizar el informe provisional basándose en las observaciones recibidas en respuesta a una circular adicional CL 2020/51/OCS-CF. Las observaciones recibidas en respuesta a esta CL fueron tanto sobre el contenido del documento de debate como sobre sus recomendaciones, y se recopilaron en CX/CF 20/14/12-Add.1 para que el GTE las siguiera estudiando.
8. Los documentos de trabajo publicados durante 2020 que han sido revisados o actualizados en 2021 para su consideración por parte del CCCF14 pueden encontrarse en el sitio web del Codex⁶.

CONCLUSIONES

9. El GTE llegó a las siguientes conclusiones.

Las micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca

10. El documento informativo sobre micotoxinas contenido en el documento CX/CF 20/14/12 se actualizó para reflejar la información técnica recibida en respuesta a la CL 2020/51/OCS-CF sobre la delimitación de los métodos de almacenamiento, procesamiento, reducción de tamaño y secado, lo que enriqueció aún más la información sobre la reducción y la prevención de la contaminación por micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca.
11. Se expresó un apoyo general a la elaboración de un Código de Prácticas para la prevención y la reducción de la contaminación por micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca, con el principal foco de atención en las aflatoxinas y la ocratoxina A.
12. Con el fin de seguir avanzando en los esfuerzos para salvaguardar la salud de los consumidores y las prácticas justas en el comercio y teniendo en cuenta los materiales suficientes recopilados en el trabajo del GTE y los intereses activos mostrados por los países productores y comercializadores de yuca en el CCCF, se recomienda que el CCCF14 considere la oportunidad de desarrollar un CDP para prevenir/reducir la contaminación por aflatoxinas y OTA en los productos de yuca/a base de yuca.
13. El CDP debe emplear el formato y el contenido del *Código de prácticas para reducir el HCN en la yuca y los productos de yuca* (CXC 73-2013) ya existente y también debe considerar la aplicación de un análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) en el procesamiento de las raíces de yuca para identificar puntos críticos de control a la hora de prevenir la contaminación por hongos y el consiguiente desarrollo de micotoxinas.
14. En el Apéndice II (documento de debate actualizado, véase la sección sombreada en gris) figura más información en apoyo de la recomendación anterior.

⁶ <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/meetings/extra/cccf14-2020/es/>

Ácido cianhídrico (HCN) en la yuca y los productos a base de yuca

15. El GTE no ha actualizado el documento informativo sobre el HCN en la yuca y los productos a base de yuca en vista de la recomendación hecha en el documento CX/CF 20/14/12 de suspender la consideración de este tema hasta que se disponga de más datos/información para seguir adelante. Por lo tanto, la información presentada a continuación y en el Apéndice III es la misma que figura en el documento CX/CF 20/14/12 y se reproduce aquí por comodidad.
16. La yuca y los productos a base de yuca han despertado cada vez más la atención de los comités del Codex con el paso de los años y ya existen textos del Codex como sustento de su inocuidad, calidad y comercio. Entre ellos se incluyen las normas del Codex *para el gari* (CXS 151-1985), *la harina de yuca comestible* (CXS 176-1989), *la yuca dulce* (CXS 238-2003) y *la yuca amarga* (CXS 300-2010), así como el *Código de prácticas para reducir el HCN en la yuca y los productos de yuca* (CXC 73-2013). Han ofrecido orientación sobre características del producto final, incluido etiquetado, cultivo, operaciones anteriores y posteriores a la cosecha, procesamiento, embalaje y distribución de yuca y productos de yuca, especialmente de cara a la prevención y la reducción del ácido cianhídrico.
17. El Codex recomendó pasos de procesamiento y, cuando se adoptaron, han demostrado ser eficaces en la reducción del contenido de cianuro; la promoción deliberada y la sustitución masiva de los cultivares de yuca amarga *Manihot utilissima Pohl* por cultivares de yuca dulce *Manihot esculenta Crantz* puede revelarse como la solución permanente para la probabilidad de la presencia de toxicidad por cianuro.
18. Mientras que el comercio global de pellets de yuca para fábricas de piensos y otros usos industriales lleva funcionando durante años, el comercio regional e internacional de tubérculos de yuca frescos tratados y productos alimenticios a base de yuca está adquiriendo cada vez más impulso y podría revelarse como una enorme ventaja económica para los campesinos de los países en vías de desarrollo, que son los mayores productores de yuca.
19. Los test analíticos son la mejor forma de determinar los niveles de HCN en cada etapa de la cadena de valor. Los test de HCN parecen más prometedores cuando se emplea la combinación de sensores químicos con base de corrina (para la detección instantánea de HCN ligado) unidos al método espectrofotométrico para la cuantificación rápida del HCN total, ya que permite determinar diferentes formas de HCN —total, ligado y libre— en productos de yuca tanto agrícolas como alimenticios e industriales.
20. Es pertinente indicar que, desde la llegada de los documentos de orientación del Codex, la incidencia de la toxicidad en la yuca se ha ido haciendo cada vez más rara en todo el mundo. Sin embargo, hay una serie de estudios en curso en algunos países miembros (Brasil, Nigeria y posiblemente otros) sobre los efectos de las condiciones y las unidades de procesamiento sobre el HCN en los productos a base de yuca durante diversos pasos de adición de valor y también en los productos finales, incluidos aquellos listos para el consumo.
21. Se recomienda esperar por los resultados de estos estudios para obtener orientación sobre si especificar un nivel máximo de HCN por separado para cada uno de los productos de yuca o bien hacerlo de otra forma.
22. El Apéndice III incluye más información en apoyo de la citada recomendación.

RECOMENDACIONES

23. Se invita al CCCF a focalizar su debate sobre las recomendaciones siguientes, teniendo en cuenta las conclusiones alcanzadas por el GTE y la información de apoyo facilitada en los apéndices II y III.

La contaminación por micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca

24. Elaborar un Código de prácticas para la prevención y reducción de la contaminación por micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca, con especial atención a las aflatoxinas y la ocratoxina A, como se presenta en el Apéndice I.
25. Restablecer el GTE para desarrollar el CDP y utilizar como base para el debate los datos y la información proporcionados en los apéndices I y II de este documento.

Niveles de HCN en la yuca y los productos a base de yuca

26. Suspender el trabajo sobre los niveles de HCN en la yuca y los productos a base de yuca y esperar la disponibilidad de más datos e información para volver a evaluar la necesidad y la viabilidad de establecer NM para la yuca y los productos a base de yuca.

**DOCUMENTO DE PROYECTO
PROPUESTA DE NUEVO TRABAJO
Desarrollo de un Código de prácticas para la prevención y la reducción de la
contaminación por micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca
(Para su consideración por parte del CCCF14)**

1. Objetivo y ámbito de aplicación del nuevo trabajo

El objetivo del nuevo trabajo propuesto es desarrollar un Código de prácticas (CDP) que proporcione orientación sobre la gestión de riesgos a los países miembros del Codex y a las partes interesadas pertinentes, por ejemplo los agricultores, las industrias basadas en la yuca (incluidos los pequeños productores), los organismos técnicos/reguladores nacionales/regionales, etc., para la prevención/reducción de la contaminación por micotoxinas, es decir, aflatoxinas y ocratoxina A (OTA), en la yuca y los productos a base de yuca durante la presiembra, la siembra y el procesamiento posterior a la cosecha, incluida la fermentación, el secado, el almacenamiento y la distribución.

2. Pertinencia y oportunidad

Las aflatoxinas son conocidas hepatotoxinas que causan la muerte de las personas y han sido documentadas como carcinógenos naturales que se asocian principalmente con una alta incidencia de cáncer de hígado. La aflatoxina B1 ha sido identificada especialmente como factor causante del desarrollo del carcinoma hepatocelular, una enfermedad crónica emergente que causa preocupación a nivel mundial.

La toxicidad de la OTA ha sido revisada por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), que clasificó la OTA como posible carcinógeno humano (Grupo 2B) y también por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA). La OTA es una micotoxina que se encuentra de forma natural en todo el mundo en los productos alimentarios, incluidas las raíces y los tubérculos y sus productos. En las raíces y los tubérculos, las especies de *fusarium* han sido señaladas como micotoxinas contaminantes antes de la cosecha, mientras que las especies de *aspergillus* y *penicillium* han sido señaladas como micotoxinas después de la cosecha.

Los documentos de debate examinados por el Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos (CCCF) han descrito el rápido crecimiento del perfil mundial de la yuca, un producto de cultivo de raíces que se utiliza habitualmente como alimento, materia prima para alimentos humanos, piensos para animales y también en el sector farmacéutico y el de la confitería. Cabe destacar la importancia evidente en el comercio de exportación, especialmente en el comercio regional, como es el caso entre los miembros del Comité Coordinador FAO/OMS para África (CCAFRICA). El impacto sanitario de las aflatoxinas y la OTA en la yuca y los productos a base de yuca fue considerado por el CCCF13 (2019) (CX/CF 19/13/14). El resumen de los datos de un estudio regional sobre la dieta total, apoyado por la OMC, la FAO y la OMS y en el que participaron entre otros cuatro países del África subsahariana, mostró que la contaminación por aflatoxinas y OTA en la yuca es motivo de preocupación para la salud pública.

El CDP ayudará a los países a cumplir con las medidas y protocolos para prevenir/reducir la contaminación por aflatoxinas y OTA en la yuca y los productos a base de yuca, lo que a su vez facilitará el comercio. Dada la preocupación por la salud, es necesario que la yuca sea segura para su uso y consumo, y las buenas prácticas en la agricultura, el procesamiento y la distribución ayudarán a lograr este objetivo.

3. Principales aspectos a tratar

El CDP cubrirá las etapas de la cadena de valor de:

1. preparación del terreno,
2. cultivo,
3. antes de la cosecha
4. manipulación posterior a la cosecha,
5. almacenamiento
6. prácticas de transporte

4. Evaluación con respecto a los criterios para el establecimiento de prioridades de los trabajos

Criterio general

Se trata de proteger la salud de los consumidores y de prevenir/reducir las pérdidas posteriores a la cosecha mediante las mejores prácticas desde el punto de vista de la seguridad alimentaria y la inocuidad de los alimentos. También se trata de garantizar unas prácticas comerciales justas teniendo en cuenta las necesidades identificadas de los países en desarrollo.

El CDP proporcionará orientación sobre la gestión de riesgos a los países y a las partes interesadas pertinentes para

mejorar la inocuidad y la calidad general de la yuca y de los productos a base de yuca mediante la prevención/reducción de la contaminación por aflatoxinas y OTA, para minimizar así la exposición alimentaria de los consumidores a las aflatoxinas y OTA procedentes de las raíces/tubérculos y sus productos y mejorar el comercio de dichos productos.

Crterios específicos

a. *Diversificación de las legislaciones nacionales e impedimentos aparentes resultantes o potenciales para el comercio internacional*

El CDP proporcionará prácticas de gestión de riesgos armonizadas internacionalmente a los miembros del Codex y a las partes interesadas para la prevención/reducción de la contaminación por aflatoxinas y OTA en la yuca y los productos a base de yuca para garantizar la salud pública y las prácticas justas en el comercio.

b. *Objeto de los trabajos y establecimiento de prioridades entre las diversas secciones de los trabajos*

Véanse los puntos 1 y 3.

c. *Trabajos en curso de otras organizaciones en este campo*

El CCCF es el órgano subsidiario de la Comisión del Codex Alimentarius (CAC) que tiene competencia sobre la provisión de prácticas de gestión de riesgos a lo largo de la cadena alimentaria para contener la contaminación de alimentos y productos alimentarios con sustancias químicas y toxinas. Una forma de hacerlo es mediante la elaboración de Códigos de Prácticas. Ya existe un *Código de Prácticas para la reducción del ácido cianhídrico (HCN) en la yuca y los productos a base de yuca* (CXC 73-2013) para ayudar a mantener la calidad y la inocuidad de estos productos.

En lo que respecta a las micotoxinas, también se han realizado algunos trabajos sobre la gestión de las micotoxinas en las raíces y los tubérculos por parte de organizaciones o agencias, por ejemplo, el Instituto Internacional de Agricultura Tropical, el Instituto Nacional de Investigación de Cultivos de Raíces Umudike South-East, Nigeria, y universidades en los cinturones de selva tropical en Nigeria. La Unión Africana (UA), a través de su Asociación para el Control de las Aflatoxinas en África (plataforma PACA), está impulsando la erradicación de las aflatoxinas en el continente.

Sin embargo, no existe actualmente un documento internacional que reúna las prácticas de gestión de riesgos pertinentes disponibles hasta la fecha en un único documento que refleje de la mejor manera posible las medidas eficaces aplicables en todo el mundo para contener la contaminación por micotoxinas en la yuca fresca y procesada para su aplicación por parte de los miembros del Codex y las partes interesadas pertinentes. Este CDP se basará en el trabajo de reconocidas organizaciones, agencias y programas/plataformas técnicas de todo el mundo para proporcionar un único documento de orientación armonizado internacionalmente para su uso por parte de los países y otras partes interesadas.

5. Relevancia para los objetivos estratégicos del Codex

El nuevo trabajo recae bajo los siguientes objetivos estratégicos del Codex del Plan estratégico del Codex para 2020-2025:

Objetivo 1: Abordar los problemas actuales, emergentes y críticos a su debido tiempo

La contaminación por aflatoxinas y OTA en la yuca y los productos a base de yuca es un problema de salud pública. Dado que la yuca o los productos a base de yuca se consideran alimentos básicos en ciertas regiones y países, es necesario que la yuca sea segura para su uso y consumo. Además, el comercio de la yuca y sus productos está creciendo y, por lo tanto, también es necesario garantizar prácticas seguras y justas en el comercio.

Este trabajo armonizará las prácticas de gestión de riesgos en todas las regiones/países para promover la máxima aplicación de las normas del Codex con el fin de proteger la salud de los consumidores y garantizar prácticas comerciales justas. El resultado de este trabajo también ayudará a promover marcos normativos sólidos en el comercio internacional mediante el uso de buenas prácticas de gestión que han demostrado ser eficaces y aplicables en todo el mundo para prevenir/reducir la contaminación por aflatoxinas y OTA en estos productos.

Objetivo 2: Desarrollar normas sobre la base de principios científicos y del análisis de riesgos del Codex

Este trabajo ayudará a identificar las opciones de gestión de riesgos y a desarrollar estrategias para prevenir/reducir las aflatoxinas y la OTA en la producción y el procesamiento de la yuca sobre la base de principios científicos y de riesgo.

6. Información sobre la relación entre la propuesta y otros documentos vigentes del Codex

Actualmente no existe ningún documento del Codex que aborde la contaminación por micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca. El desarrollo del CDP apoyará la aplicación de las normas de productos disponibles para la yuca fresca y procesada, por ejemplo, las normas del Codex para la yuca dulce (CXS 238-2003), la yuca amarga (CXS 300-2010), la harina de yuca (CXS 176-1989), el gari (CXS 151-1985), etc., y asimismo complementará el CDP para incluir el

HCN en la yuca y los productos a base de yuca.

7. Determinación de la necesidad y disponibilidad de asesoramiento científico de expertos

En este momento, no es necesario el asesoramiento de los organismos científicos consultivos, como el JECFA. Existen varias publicaciones sobre la gestión de las micotoxinas publicadas por la FAO y otras organizaciones/agencias que están disponibles para su consulta.

8. Determinación de las necesidades de contribuciones técnicas a la norma procedentes de organismos externos

Actualmente no se necesitan aportaciones técnicas adicionales de órganos externos. No obstante, en caso de necesidad, se contactará con dichos organismos identificados.

9. El calendario propuesto para la realización del nuevo trabajo, incluyendo la fecha de inicio y la fecha propuesta para la adopción por parte de la Comisión del Codex Alimentarius

Sujeto a la aprobación de la CAC (2021), el CDP se distribuirá para que el CCCF15 (2022) haga observaciones y lo considere. La adopción por parte de la CAC está prevista para 2024 o antes.

MEDIDAS PARA PREVENIR Y REDUCIR LA CONTAMINACIÓN POR MICOTOXINAS DE LA YUCA Y LOS PRODUCTOS A BASE DE YUCA

- junto con otras medidas actualizadas -
(A efectos informativos)

1.0 Preámbulo

1. Tras la caña de azúcar, el maíz, el trigo, el arroz, las patatas, la soja, el fruto de palma y la remolacha, la yuca es el 9.º cultivo más producido del mundo. Se produce en 102 países, abarca 26 342 326 hectáreas de la tierra de producción alimenticia mundial y concentra una producción de hasta 296 855 459 toneladas (FAO, 2017). Los productores de yuca líderes en el mundo en 2017 fueron Nigeria, la República Democrática del Congo, Tailandia, Indonesia, Brasil, Ghana, Angola, Camboya, Vietnam, Mozambique, Camerún, Costa de Marfil y la República Unida de Tanzania, con más de 5 millones de toneladas de contribución cada uno. Según FAO (2014), el valor de la producción neta mundial de la yuca en 2014 ascendió a 26 100 millones de dólares estadounidenses. Aunque hay muchos cultivares y especies de yuca, se encuadran en una o dos categorías, concretamente variedades amargas y dulces en función de los niveles de glucósidos cianogénicos. Las variedades amarga y dulce tienen un contenido alto (≥ 100 mg/kg) y bajo (≤ 50 mg/kg) de HCN, respectivamente. Habitualmente, la yuca se procesa y se consume de varias formas que pueden diferir entre unos países y otros. Por regla general, un objetivo del procesamiento de la yuca es reducir su contenido de glucósidos cianogénicos al mínimo nivel posible.

Algunas notas básicas sobre las micotoxinas:

- La presencia de toxinas de hongos en los productos a base de yuca se revisa en el documento de debate presentado en el CCCF13 (2019) (CX/CF 19/13/14). Estas micotoxinas generan consecuencias económicas y para la salud. Dentro del grupo de micotoxinas estudiadas, las aflatoxinas y las ocratoxinas son las más frecuentes.
- Las aflatoxinas (AF) son toxinas de alta potencia que aparecen en una amplia variedad de productos agrícolas. Son producidas fundamentalmente por el *Aspergillus flavus*, el *Aspergillus parasiticus* y el *Aspergillus nomius*. Las aflatoxinas se cuentan entre los componentes carcinogénicos, teratogénicos y mutagénicos más potentes que se conocen. Las principales aflatoxinas que se encuentran habitualmente en los productos agrícolas son la B1, la B2, la G1 y la G2. De ellas, la aflatoxina B1 es la más potente y ha sido clasificada como carcinógeno de grupo 1 por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC, 2002). La cantidad de aflatoxinas en los alimentos y los piensos está estrictamente monitorizada y regulada en la mayoría de países.

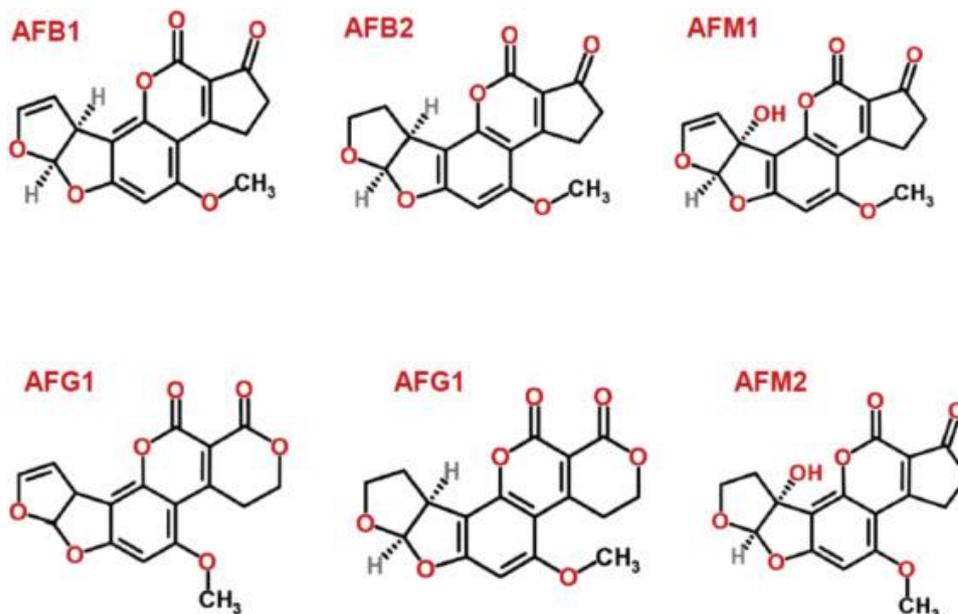


Figura 1. Estructuras químicas de las aflatoxinas.

- Las ocratoxinas son un grupo de toxinas producidas por el *Aspergillus ochraceus*, el *Aspergillus carbonarius* y el *Penicillium verrucosum* y, entre ellas, las tres más importantes son las ocratoxinas A, B, y C. De estas tres, la ocratoxina A es la más potente desde el punto de vista toxicogénico. Las ocratoxinas se encuentran como contaminantes naturales en los maníes (cacahuetes), el maíz, los cereales almacenados, las uvas y el café, entre

otros, y son tóxicas tanto para los seres humanos como para el ganado. Dependiendo de la especie anfitriona, estas micotoxinas pueden actuar como nefrotoxinas, hepatotoxinas, inmunotoxinas, neurotoxinas, teratógenos o carcinógenos, (O'Brien y Dietrich, 2005), aunque el riñón es el objetivo primario de su toxicidad.

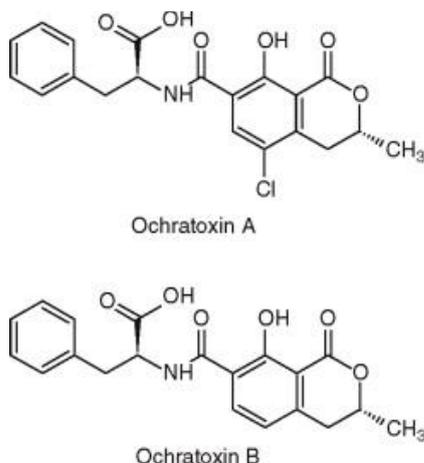


Figura 2. Estructuras químicas de las ocratoxinas

- iv. La presencia de moho se asocia con regiones que tienen unas condiciones de clima y suelo que permiten el cultivo de yuca tanto a pequeña como a gran escala. La prevalencia de varias especies de hongos que están implicados 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 las cosechas cultivadas y en la yuca y los productos a base de yuca guardados en instalaciones de procesamiento o almacenamiento se asocian habitualmente con contaminación antes y/o después de la cosecha de yuca y productos a base de yuca.
- v. 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. Además, también depende de la presencia de inóculos y de las prácticas agrícolas. El grado de los daños provocados en el cultivo por roedores, insectos y otros organismos también influye sobre la gravedad de la contaminación (*Código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación de los cereales por micotoxinas* (CXC 51-2003)). Las buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de fabricación (BPF) podrían jugar un papel destacado en la reducción de la gravedad. El riesgo de infección por hongos y producción de micotoxinas después de la cosecha en los cereales almacenados aumenta con la duración del almacenamiento (CXC 51-2003).
- vi. Como ocurre con otras cosechas, la prevención completa de la propagación de especies de hongos toxigénicos antes y después de la cosecha no es posible en la práctica, aun cuando se sigan BPA y BPF. Por lo tanto, es previsible la presencia intermitente de ciertas micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca destinados a los alimentos y los piensos. En consecuencia, es importante monitorizar con diligencia los productos en busca de indicaciones de las diversas condiciones que estimulan la contaminación de hongos y la acumulación de micotoxinas (CXC 51-2003).
- vii. Esta nota informativa se basa en los conocimientos disponibles actualmente sobre la producción y el procesamiento de la yuca. Es importante seguir revisando información para incrementar los conocimientos y mejorar las prácticas a lo largo de la cadena de valor de la yuca desde el campo hasta el consumo.

2.0 Prácticas recomendadas aplicables a la etapa anterior a la siembra

Selección de la tierra agrícola

2. Este es un punto crítico. Se debe elegir un suelo fértil. La opción preferida mayoritariamente es un suelo limoso con buen drenaje. El agricultor debe evitar la siembra en valles para no sufrir riadas. Las riadas pueden transportar el inóculo de los hongos desde un campo infectado (Edia, 2018).

Limpieza y preparación de la tierra agrícola

3. Una vez que se ha seleccionado, se debe limpiar el terreno y eliminar debidamente los restos. El suelo se debe descompactar mediante la **labranza** para reducir el estrés sobre las raíces de yuca, especialmente durante el período de crecimiento y también para fomentar el desarrollo de unas raíces sanas.

Fertilizantes orgánicos

4. Se pueden añadir durante la labranza para incrementar la fertilidad del suelo o para contrarrestar deficiencias específicas de nutrientes en el mismo. **Las crestas o montículos** deben estar separados por una distancia de entre 0,75 m y 1 m. Esto también estará determinado por la práctica agrícola, es decir, si se cultiva la yuca sola o si se planta junto con otras cosechas (Edia, 2018).

Selección de la variedad (cultivar) de yuca

5. La selección y el uso de tallos de yuca mejorados, sanos y libres de plagas/enfermedades es importante para obtener un buen rendimiento sin podredumbre. A la hora de elegir la variedad de yuca, se debe tener en cuenta lo siguiente: capacidad de germinar, capacidad de almacenarse bien en el suelo, capacidad de resistir a los hongos y otros patógenos de las plantas, resistencia a pestes y enfermedades, vida útil más larga y alto contenido de almidón. Si es posible, se deben plantar esquejes de yuca que carezcan de hongos toxigénicos.

6. Por ejemplo, el International Institute of Tropical Agriculture (IITA) y el Nigerian Root Crops Research Institute (NRCRI) desarrollaron las variedades de yuca UMUCASS 42 y UMUCASS 43, respectivamente. Ambas funcionaron bien, con una buena cosecha y un alto contenido de materia seca. Estas variedades también son resistentes a las pestes y enfermedades más importantes que afectan a la yuca en el país, incluida la enfermedad del mosaico de la yuca, el tizón bacteriano, la antracnosis de la yuca, la cochinilla de la yuca y el ácaro verde de la yuca (www.iita.org).

3.0 Prácticas recomendadas aplicables a la siembra y la etapa anterior a la cosecha

Siembra

7. Para conseguir una cosecha máxima, se recomienda plantar esquejes de tallo de 25 cm de longitud en un espacio de 1 x 1 metros; no se debe plantar ningún tallo muerto. Sin embargo, los diferentes productores pueden adoptar prácticas ligeramente modificadas en función de la variedad de yuca y la región. A la hora de sembrar esquejes de yuca, el método utilizado depende de las condiciones climáticas y del índice de precipitaciones.

- **La siembra en horizontal implica la colocación de las plantas** a 5-10 cm de profundidad en el suelo en *climas secos*,
- **La siembra en vertical** implica la colocación de los esquejes en vertical para evitar la pudrición, especialmente *durante la temporada de lluvias*, mientras que
- **La siembra inclinada** implica la colocación de los esquejes a 45 grados y dejando 2 o 3 nodos por encima del suelo. Esto se recomienda en las áreas con *el menor índice de precipitaciones*. La siembra se debe hacer cuando el calor del sol es mínimo o inexistente, es decir, temprano por la mañana o al anochecer.

8. Evitar la siembra de yuca en tierras donde se haya cultivado maní (cacahuete), maíz, caña de azúcar u otras cosechas altamente susceptibles el año anterior, ya que dichos suelos están probablemente contaminados con *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* y especies relacionadas. Los campesinos deben sembrar durante el mes adecuado según la ubicación geográfica.

Control de maleza

9. El uso de herbicidas postemergencia se recomienda inmediatamente en cuanto se detectan maleza en el campo. En algunos casos, se pueden emplear herbicidas pre-emergencia antes de la siembra a fin de minimizar el crecimiento de las maleza. En los campos pequeños se pueden usar azadones o alfanjes para eliminar la maleza, pero se debe tener cuidado de no provocar daños mecánicos en la planta. Por su parte, en campos a gran escala se puede usar equipamiento mecanizado. Cabe indicar que la preparación de la tierra se debe realizar correctamente para controlar la maleza al menos durante los 3 primeros meses para obtener una cosecha óptima.

10. Cierta maleza puede albergar hongos toxigénicos. La maleza también puede incrementar el estrés de las plantas en su competencia por obtener nutrientes durante su desarrollo. Para el control de la maleza se pueden aplicar enfoques tanto manuales como mecánicos, además de usar herbicidas aprobados.

Aplicación de fertilizantes

11. El tipo y la cantidad de fertilizante a utilizar dependen de la variedad de yuca y de la naturaleza del suelo. Se pueden usar fertilizantes en torno a 4-8 semanas tras la siembra y 16 semanas tras la siembra, y se deben aplicar a 6 cm de anchura y a 10 cm de distancia de los tallos o las hojas de la planta de la yuca. Además, es recomendable realizar un test del suelo para determinar el tipo de fertilizante a aplicar.

Uso de plaguicidas

12. Se pueden usar plaguicidas aprobados para minimizar los daños provocados por los insectos y la infección de hongos en la cosecha. Sería posible utilizar modelos climatológicos predictivos para planificar el mejor momento y modalidad para la aplicación de plaguicidas.

Riego

13. Si se utiliza riego, es necesario cerciorarse de que se aplique con uniformidad y que todas las plantas del terreno reciban un suministro de agua adecuado. El riego es un método valioso para reducir las presiones sobre las plantas en algunas situaciones agrícolas. El exceso de precipitaciones durante la antesis (floración) crea condiciones favorables para la diseminación e infección de *Fusarium spp.*; por lo tanto, debe evitarse aplicar riego durante la antesis y la maduración de los cultivos.

4.0 Prácticas recomendadas aplicables a la etapa de la cosecha

Cosecha mecánica/manual

14. La recolección deberá incluir una planificación adecuada en lo que respecta al calendario, la edad de los productos y los métodos a utilizar. La recolección manual suele ser muy laboriosa y costosa. Para que la explotación comercial sea rentable, se informa a los agricultores de que deben considerar el uso de métodos mecánicos. Para evitar la pérdida de calidad y cantidad, la cantidad de raíces que se coseche también debe determinarse en función de las necesidades y la demanda del mercado.

15. Si hay disponibles materiales de procesamiento mecanizados, se recomienda cosechar la yuca inmediatamente en cuanto maduran las raíces. La cosecha manual se realiza levantando la porción inferior del tallo de la planta de la yuca y cortando una parte de forma que quede una pequeña porción en la base de la planta para que sirva como asidero al extraer del suelo la raíz de la yuca. En este sentido, los tallos se conservan para reutilizarlos en la siguiente temporada de siembra o bien para venderlos a otros cultivadores de yuca. Las hojas también sirven como pienso para los animales.

16. 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 durante el pelado.

Herramientas de transporte

17. Los contenedores y los vehículos (p. ej. camiones) que vayan a utilizarse para recoger y transportar las raíces cosechadas desde el campo a las instalaciones para su ulterior procesamiento y hasta las instalaciones de almacenamiento deberán estar limpios, secos y libres de residuos de los cultivos, insectos y formación visible de hongos antes de su utilización y reutilización.

Condiciones de conservación

18. Antes de la etapa de procesamiento, las raíces de yuca no se deben exponer al sol, altas temperaturas, daños mecánicos, etc., ya que las raíces siguen presentando una alta actividad de agua propicia para el desarrollo de microbios. La actividad de agua en esta fase varía entre 0,922 y 0,996 (Ono, 2020). Se debe planificar un flujo continuo desde la cosecha hasta el producto final a fin de que las raíces no estén almacenadas durante un período prolongado. El tiempo ideal es entre 2 y 3 días, y el exceso se debe conducir a una sala de almacenamiento de materia prima adecuada (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2006).

19. Los métodos de almacenamiento mejorados para las raíces ayudan a prolongar la vida útil de las raíces frescas entre dos (2) y seis (6) semanas. Otros métodos de almacenamiento, como el uso de bajas temperaturas, pueden combinarse con el tratamiento fungicida o el encerado y son adecuados para la exportación de grandes cantidades de raíces. Los manipuladores de alimentos que puedan permitirse el equipo especializado necesario con los conocimientos técnicos necesarios pueden utilizar métodos de almacenamiento mejorados para conservar las raíces frescas y así protegerlas.

5.0 Prácticas recomendadas aplicables a la etapa posterior a la cosecha

Productos a base de yuca

20. Las raíces de yuca se pueden procesar para obtener productos a base de yuca fermentados o no fermentados. Estos productos, que dependen de la región, ofrecen una amplia gama de aplicaciones, incluidos alimentos para el ser humano, piensos para animales, usos industriales como relleno y almidón para ropa, entre otros. 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 HCN en la yuca y los productos de yuca* (CXC 73-2013). El enfoque en este caso consiste en debatir los distintos pasos individualmente pero no bajo ningún nombre de producto específico. El procesamiento de la yuca debe iniciarse entre 8 y 12 horas después de la cosecha para evitar su deterioro.

Lavado

21. Tras la cosecha, si la raíz de yuca se debe procesar inmediatamente, es necesario lavarla para eliminar la suciedad de la superficie y los microbios adquiridos por el suelo. La fuente de agua es un factor importante que no se debe ignorar. A fin de evitar la contaminación, para el lavado se debe utilizar agua potable o tratar otras fuentes de agua. Un lavado adecuado es vital para asegurar que la arena o el barro se eliminan de todas las partes, especialmente de los contornos de la raíz.

Pelado

22. Las raíces de yuca peladas se deben procesar inmediatamente 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 y no allí donde se hayan almacenado otras cosechas ya que, en ese caso, ejercerán como fuentes de esporas para la yuca.

Hervido

23. Para las raíces de yuca de variedades dulces que se pueden consumir después del pelado o el hervido, se recomienda hervir las raíces inmediatamente después de pelarlas y lavarlas. Esto expone a cualquier hongo a temperaturas a las que no puede sobrevivir.

Reducción de tamaño: Rallar, rebanar o astillar y despulpar

24. En función del tamaño de las raíces que se deben procesar y del equipamiento disponible, el rallado de las raíces de yuca se puede realizar a mano usando un rallador o bien mecánicamente para producir pulpa. En muchas partes de África, para el rallado manual se usa una lámina de metal perforada. Durante el rallado, los glucósidos cianogénicos se hidrolizan por acción de la enzima linamarasa.

25. El astillado o troceado se realiza cortando la yuca en astillas que se secan y se muelen para obtener harina. Por lo general, se utiliza la variedad de yuca con bajo contenido de cianuro (dulce), mientras que otra variedad puede utilizarse para producir piensos para animales.

26. Las prácticas poco higiénicas en esta etapa pueden servir como fuente de inoculación. El entorno se debe mantener limpio y hay que limpiar y lavar el rallador después de cada uso y almacenarlo adecuadamente en un lugar seco.

Fermentación

27. El propósito de la fermentación en el procesamiento de la yuca es la ulterior eliminación de cianuro, el desarrollo de sabor y la estabilidad del producto. La fermentación de la yuca para el procesamiento de alimentos tradicional se suele realizar permitiendo que siga un curso natural, aunque se han llevado a cabo ciertas investigaciones de optimización en torno al efecto de cultivos iniciales específicos, si bien el uso de este método no está muy extendido. El saco en el que se va a guardar la pulpa rallada o el contenedor donde se almacena la raíz pelada para permitir una fermentación de 2-5 días deben mantenerse limpios en todo momento, y especialmente deben limpiarse bien antes de usarlos, a fin de evitar que se conviertan en una fuente natural de inóculo.

Extracción del agua

28. Este proceso implica la eliminación del agua de las raíces de yuca ralladas y habitualmente se realiza mediante presión. El proceso de extracción del agua puede durar hasta dos días. La extracción del agua se puede realizar antes o después de la fermentación. Esta deshidratación debe ser óptima y se debe tener cuidado para no utilizar materiales de procesamiento contaminados, como sacos, ya que pueden convertirse en fuentes de inoculación de hongos. La limpieza y esterilización adecuada de los sacos debe hacerse con frecuencia.

Secado

29. Esta es una etapa muy importante: la pulpa de la yuca fermentada se suele extender al aire libre para que se seque en condiciones no asépticas, con lo que queda expuesta a insectos y roedores, así como a las impurezas transportadas por el aire. Cualquiera de estos factores pueden ser fuentes de inoculación de hongos. Por ello, el secado se debe realizar en un entorno controlado y monitorizado. El secado se debe realizar adecuadamente a fin de evitar la humedad. Las cargas microbianas elevadas pueden ser causadas por el uso de superficies y materiales de secado poco limpios, como las sábanas, por lo que hay que tener cuidado con la limpieza de las superficies. Las temperaturas recomendadas deben ser: sol (30-40 °C), secador solar (50-60 °C), secador de gabinete (60-65 °C) y secador flash (120-150 °C).

Tamizado

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

Fritura

31. La fritura de gari, entre otros productos de yuca fermentada, aporta sequedad al producto final, con lo que inhibe aún más la proliferación de los hongos. (Esto se debe trasladar a debajo del secado)

Almacenamiento

32. Las instalaciones de almacenamiento se deben limpiar antes de introducir los materiales para eliminar el polvo, las esporas de hongos, los residuos de cosechas, los excrementos de animales y de insectos, la tierra, los insectos, los materiales extraños como piedras, metal y vidrios rotos, así como otras fuentes de contaminación. Los cobertizos, los silos, los graneros y otros materiales de construcción destinados al almacenamiento de yuca y productos a base de yuca deben estar secos y bien ventilados. Deben ofrecer protección frente a las aguas subterráneas, la condensación de la humedad, la lluvia y la entrada de roedores e insectos cuya actividad hace los productos más susceptibles a la infección del moho. Lo ideal es que sean capaces de evitar grandes fluctuaciones de temperatura.

33. En los productos ensacados hay que asegurar que los sacos estén limpios, secos y apilados en plataformas o incorporar una capa impermeable al agua entre las bolsas y el suelo. Las bolsas deben facilitar la ventilación y deben ser de materiales no tóxicos y de grado alimentario, que no atraigan insectos o roedores y sean lo suficientemente fuertes para resistir el almacenamiento durante largos períodos de tiempo (CXC 51-2003).

34. Determinar el contenido de humedad del lote y, si es necesario, secar el cultivo hasta el contenido de humedad recomendado para el almacenamiento. La formación de hongos está estrechamente relacionada con la actividad del agua (a_w), comúnmente definida en los alimentos como el agua que no está ligada a las moléculas de estos y que puede contribuir a la proliferación de bacterias, levaduras y hongos. Si bien el contenido de humedad adecuado para la formación de hongos en las distintas cosechas es diferente, la a_w máxima para evitar el crecimiento de hongos es básicamente la misma. Está reconocido que el crecimiento de hongos se inhibe con una a_w inferior a 0,70. Además, se puede proporcionar orientación para un almacenamiento inocuo correspondiente a la situación ambiental de cada región.

Envasado

35. En algunas partes del mundo, los productos a base de yuca principalmente en forma de harina o gránulos se almacenan en sacos y a continuación se exponen abiertamente en el mercado. Los materiales de envasado deben estar hechos de materiales que no absorban fácilmente la humedad cuando se embalen y sellen.

Transporte

36. Los contenedores para el transporte, los vehículos, como los camiones y vagones de ferrocarril y las 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. Cuando sea necesario, los contenedores deberán limpiarse y desinfectarse con sustancias adecuadas (que no produzcan olores o sabores desagradables ni contaminen la yuca y los productos a base de yuca) antes de usarlos y volver a utilizarlos, y deben ser adecuados para la carga prevista. El uso de fumigantes o insecticidas registrados puede ser útil. En el momento de la descarga, el contenedor debe vaciarse completamente de toda la carga y limpiarse según corresponda.

37. Las cargas de yuca y productos a base de yuca deberán protegerse de toda humedad adicional mediante el uso de contenedores cubiertos o herméticos o bien de lonas. Reducir al mínimo las fluctuaciones de temperatura y las medidas que puedan ocasionar condensación en la yuca y los productos a base de yuca, que podría propiciar una acumulación local de humedad y la consiguiente formación de hongos y micotoxinas.

38. Hay que evitar infestaciones de insectos, aves y roedores durante el transporte mediante el uso de contenedores resistentes a los insectos y los roedores o de tratamientos químicos repelentes a los insectos y roedores, si están autorizados para el uso al que está destinada la yuca y los productos a base de yuca.

6.0 Conclusión y recomendaciones

39. Véase arriba las conclusiones y recomendaciones.

REFERENCIAS

Código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación de los cereales por micotoxinas (CXC 51-2003).

Código de prácticas para reducir el ácido cianhídrico (HCN) en la yuca y los productos de yuca (CXC 73-2013).

Documento de debate sobre el establecimiento de niveles máximos de HCN en la yuca y los productos de yuca y presencia de micotoxinas en estos productos (CX/CF 19/13/14). Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, Comisión del Codex Alimentarius, Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos (13.ª reunión, Yogyakarta (Indonesia), 29 de abril-3 de mayo de 2019 (preparado por el grupo de trabajo por medios electrónicos dirigido por Nigeria).

Edia, H. (2018). A Step by Step Guide On How To Start A Cassava Farm and Its Benefits. Publicado en Farming Inspiration on August 4, 2018. <https://blog.farmcrowdy.com/cassava-farm/>

O'Brien, E., & Dietrich, D. R. (2005). Ochratoxin A: the continuing enigma. *Critical reviews in toxicology*, 35(1), 33-60.

<https://www.iita.org/news-item/nigeria-releases-improved-cassava-varieties-boost-productivity/>

EMBRAPA - Brazilian Agricultural Research Company. Effect of the Cassava Flour Manufacturing Process. Belém, 2006.

Ono, L.T. 2020. Evaluation of mycobiota, presence of aflatoxin and effect of cooking in samples of cassava (*Manihot esculenta Crantz*). Masters dissertation. Graduate program in Food Science and Technology. Campinas: Food Technology Institute (en prensa).

APÉNDICE II

**DOCUMENTO DE DEBATE SOBRE LOS NIVELES DE ÁCIDO CIANHÍDRICO EN LA YUCA Y LOS PRODUCTOS A BASE DE YUCA
(A efectos informativos)**

Introducción

1. La yuca (*Manihot esculenta Crantz*) es un cultivo muy tolerante a la sequía y el estrés térmico y prospera bien en suelos marginales (Alves, 2002; Calle *et al.*, 2005; Dixon *et al.*, 2008). Hace las veces de cultivo de alimento básico en diversas partes del mundo, tanto en África (Nigeria, Ghana, Kenya, Camerún, Côte d'Ivoire, Tanzania) como en América (Brasil, Colombia, Paraguay, Costa Rica) y en Asia (Indonesia, India, Camboya, Tailandia, Filipinas, Viet Nam, Malasia y China).

2. Los principales productores de yuca y productos a base de yuca son Nigeria, Tailandia, Indonesia, Ghana, Kenya y Brasil. Aparte de Tailandia, estos productores principales no son exportadores destacados debido al alto consumo nacional del producto, especialmente en Nigeria, el mayor productor de yuca. Algunos de los factores responsables de ello son la incoherencia y la falta de voluntad política de implementar normativas sobre la producción de yuca y crear valor añadido o la conversión inadecuada de la yuca en bruto en producto industrial y bienes de consumo acabados con una vida útil larga.

3. El comercio global de la yuca despegó en el decenio de 1980 con la introducción del formato de pellets para el pienso animal desde Asia hacia los mercados europeos. Su declive comenzó con la introducción de reformas por parte de los mercados de cereales de la Unión Europea (UE). Esto condujo al desarrollo del comercio en el interior del sudeste asiático y hacia China. A pesar de que las evidencias de un comercio no interregional de la yuca son abrumadoras en África, sin embargo, hay cada vez más muestras de comercio intrarregional de yuca y productos a base de yuca. En otras regiones del mundo donde no se cultiva la yuca, se importan productos a base de yuca p. ej. hojuelas de yuca y almidón o harina de tapioca, almidones modificados y no modificados, etanol, sirope de glucosa usado como ingrediente alimenticio, para la venta minorista y/o su ulterior procesamiento.

4. Existen muchos productos a base de yuca y, debido a su consumo local, se usan diferentes nombres para productos iguales o similares, y también hay variantes que son peculiares de ubicaciones específicas. En el Cuadro 1 se muestran algunos de estos productos locales y otras formas de productos de yuca bien conocidas a nivel global.

Cuadro 1: Nombres y clasificación de diversos tipos de productos a base de yuca en el mundo

N.º	Región	Nombre(s) local(es)	Descripción del producto	Países de ubicación	Zonas comerciales
1.		Gari	Hojuelas de yuca fermentadas secas	Nigeria Ghana Camerún Côte d'Ivoire	Nacional Regional Internacional
2.		Lafun	Harina de yuca secada al sol sin fermentar	Nigeria	Nacional Regional Internacional
3.	África	Fufu	Pasta de yuca fermentada (también se puede secar y moler para obtener polvo)	Nigeria	Nacional
		Variantes de Fufu		Ghana	
4.		Makopa	Yuca seca	Tanzanía	Nacional
5		Attieke	Gránulos fermentados de yuca tratados al vapor	Côte d'Ivoire	Nacional
6		Kirinde / Kondowole			Nacional

N.º	Región	Nombre(s) local(es)	Descripción producto	del	Países ubicación	de	Zonas comerciales
7.		Chikwangue	Yuca cocinada fermentada		Kenya		Nacional
8		Ebobolo	Yuca cocinada fermentada		Camerún		Nacional Regional
9		Mangbere	Yuca cocinada fermentada		RDC República del Congo		Nacional Regional
10		Miondo sawa	Yuca cocinada fermentada				Nacional Regional
11		Meedo	Yuca cocinada fermentada				Nacional Regional
12		Nyange					Nacional
13		Bada					Nacional
14		Ntobambodi	Sopa semisólida de hojas de yuca fermentadas		Congo		Nacional
15		Harina de yuca de alta calidad (HQCF, por sus siglas en inglés)			Nigeria Côte d'Ivoire		Nacional
16		Pellets de hojuelas			Nigeria		Internacional
17		Sour Pan deynca Pan de bono	Harina de yuca Hojuelas de yuca Hojuelas secas		Colombia		Nacional
18		Bammy Casabe	Pastel de yuca cocido al horno Pan de yuca		Jamaica Países de la cuenca del Caribe		Nacional
19	Latinoamérica/Caribe	Farinha de mesa			Brasil		Nacional Internacional
20		Polvilho azedo			Brasil		Nacional
21		Pao de gneijo			Brasil		Nacional
22		Chipa	Pan de yuca		Paraguay		
23		Casareep	Zumo procesado de yuca amarga		Guyana		Nacional Regional
24		HQCF					
25		Sagú de yuca			India		Nacional
26		Almidón de yuca					Nacional
27		Raíces cocidas al horno					Nacional
28	Asia	Almidón tostado					Nacional
29		Gaplek			Indonesia		Nacional
30		Almidón					Nacional
31		Almidón			Malasia		Nacional

N.º	Región	Nombre(s) local(es)	Descripción producto	del	Países ubicación	de	Zonas comerciales
32		Fideos, pasteles y repostería con base de yuca			Tailandia		Nacional
33		Pellets					Internacional
34		Fideos			China Viet Nam		Nacional
35		MSG					Nacional Regional Internacional
36		Glucosa médica					Nacional Regional Internacional
37		Sirope de glucosa					Nacional Regional Internacional
38		Kanoleng kahoy			Filipinas		

Tipos de yuca

5. Los cultivares de yuca se clasifican generalmente como amargos (alto contenido de cianuro) o dulces (bajo contenido de cianuro) dependiendo del nivel de los dos glucósidos cianogénicos (CG) (linamarina, que constituye el 80% de los CG, y lotaustralina) presentes en las partes de la planta (Siritunga y Sayre, 2003); estos compuestos bajo hidrólisis enzimática liberan cianohidrina y ácido cianhídrico libre (HCN) (Cardoso *et al.*, 2005; Njoku y Ano, 2018). El valor de la yuca como alimento se ve perjudicado en gran medida por el nivel de HCN tóxico que contiene (Akely *et al.*, 2007; Adepoju *et al.*, 2010). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el nivel seguro de cianuro en la harina de yuca es de 10 ppm o 10 mg de HCN kg⁻¹ (FAO/OMS, 1991; Cardoso *et al.*, 2005).

6. En África, los campesinos cultivan diversas variedades de yuca. Por ejemplo, los investigadores del Estudio Colaborativo de la Yuca en África (COSCA) identificaron más de 1000 variedades de yuca locales en seis países del estudio, a saber, el Congo, Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria, Tanzania y Uganda. Los campesinos agrupan las variedades de yuca locales en las categorías de amarga y dulce.

Yuca dulce

7. Las variedades dulces son más populares en Côte d'Ivoire, Ghana y Uganda. No obstante, los campesinos siembran variedades dulces en la zona forestal más que en las zonas de transición y de la sabana debido a que la luz del sol limitada en la zona forestal dificulta secar al sol las raíces una vez que se han dejado en remojo para eliminar los cianógenos. Los campesinos de plantaciones de árboles también siembran variedades dulces, que comen sin ponerlas en remojo ni secarlas al sol (sin miedo de intoxicarse por cianuro). Las raíces de yuca dulce (bajo contenido de cianuro) se procesan pelándolas e hirviéndolas o tostándolas, y presentan bajos contenidos de cianuro, aproximadamente 15-50 mg de HCN por kilogramo de peso fresco de raíces (Irtwange y Achimba, 2009; Njoku y Ano, 2018).

Yuca amarga

8. Las variedades amargas de la yuca son más comunes que las dulces en el Congo, Nigeria y Tanzania. Los campesinos del Estudio Colaborativo de la Yuca en África (COSCA) indicaron que las variedades amargas son más resistentes a las plagas, ofrecen una mayor cosecha y se almacenan mejor en el suelo sin cosechar en relación con las variedades dulces. Las raíces de yuca amargas (alto contenido de cianuro) exigen un método de procesamiento más extensivo que se desarrolla en el siguiente orden secuencial: pelado, lavado, rallado, fermentación, secado o fritura, entre otros, a fin de reducir el contenido de HCN al nivel aceptable para el consumo humano. Entre los dos grupos principales de yuca, la yuca amarga destaca por sus altos contenidos de CG (15-400 mg de HCN por kilogramo de peso de las raíces en fresco) (Irtwange y Achimba, 2009; Njoku y Ano, 2018).

9. Por consiguiente, es necesario implementar prácticas y procesos que eliminen el HCN de la yuca y los productos a base de yuca destinados al consumo humano y animal debido a su toxicidad y a algunos efectos derivados sobre la salud como la neuropatía atáxica tropical y la paraparesia espástica tropical, entre otros.

Prácticas y procesos usados para prevenir y reducir la contaminación

10. Existen textos del Codex que abordan las prácticas y los procesos destinados a prevenir y reducir la presencia de HCN en la yuca y los productos a base de yuca. Entre ellos se incluye el *Código de prácticas para reducir el ácido cianhídrico en la yuca y los productos a base de yuca* (CXC 73-2013).

11. *Normas del Codex para el gari* (CXS 151-1985); *Harina de yuca comestible* (CXS 176-1989); *Yuca dulce* (CXS 238-2003) y *Yuca amarga* (CXS 300-2010). Los textos abordan de forma variada los pasos previos al cultivo, la preparación de la tierra, las condiciones climatológicas durante el cultivo, la cosecha y después de la cosecha, procesos todos ellos destinados a garantizar la elaboración de productos de yuca seguros.

Principales métodos de procesamiento usados en el mundo

Hervido

12. El hervido no es un método efectivo para eliminar el cianuro (50 %). La ineficacia de este método de procesamiento se debe a las altas temperaturas. A 100 °C, la linamarasa, una β -glucosidasa lábil al calor, se desnaturaliza y entonces la linamarina no se puede hidrolizar en cianohidrina. Cooke y Maduagwu (1978) consignaron que los glucósidos ligados se redujeron a entre un 45 % y un 50 % tras 25 minutos de hervido. El cianuro libre y la cianohidrina en raíces de yuca hervida se encuentran en concentraciones muy bajas. Nambisan (1994) consignó un contenido de cianohidrina y cianuro libre del 6 % del contenido total de cianógenos en 50 g de raíces de yuca hervidas, y solo un 3 % en los trozos pequeños (2 g).

13. Además, Oke (1994) consignó que la cianohidrina y el cianuro libre se volatilizaban durante el hervido, lo que reducía el contenido en las raíces de yuca hervidas. Sin embargo, al usar trozos pequeños de yuca o incrementar el volumen del agua donde se hierven las raíces de yuca mejora la eficiencia del método de hervido (Cuadro 2). Por ejemplo, al reducir el tamaño de la hojuela de yuca, Nambisan y Sundaresan (1985) demostraron que hervir trozos de 2 g y 50 g de yuca durante 30 minutos dio como resultado una reducción del 75 % y el 25 % en el contenido de cianuro, respectivamente.

14. Del mismo modo, al incrementarse el volumen de agua hasta el quintuple, la retención de cianógenos se redujo del 70 % al 24 %. Oke (1994) consignó que la solubilización de los glucósidos cianogénicos de las hojuelas de yuca pequeñas en el gran volumen de agua parecía explicar mejor que la degradación enzimática la eliminación de los cianogénicos.

Cuadro 2: Efectos de los diferentes métodos de procesamiento y variaciones en la técnica de hervido sobre el contenido de glucósidos cianogénicos en las raíces de yuca^a

Proceso	% de retención	Glucósido cianogénico mg HCN/kg
Raíz fresca	100	140
Hervido	55,5	77,6
Horneado	87,1	122
Cocción al vapor	86,5	121
Cambio de tamaño con el hervido (30 min)		
Raíz fresca	100	160
Trozo de 2 g	25,6	41
Trozo de 5 g	50	80
Trozo de 50 g	75	120
Cambio de ratio de agua con el hervido (30 min) ^b		
Raíz fresca	100	165
Raíz: agua (1:1)	69,6	115
Raíz: agua (1:2)	36,7	60,5
Raíz: agua (1:5)	24,2	40,1
Raíz: agua (1:10)	22,3	36,8

^aAdaptado de Nambisan y Sundaresan (1985).

Expresado como μg de cianuro/g de peso fresco de referencia.

^bSe usaron trozos de 2 g durante el ensayo.

Cocción al vapor, horneado y fritura

15. La pérdida de cianuro derivada de la cocción al vapor, el horneado o la fritura es pequeña (Cuadro 2) debido a las temperaturas de procesamiento por encima de los 100 °C y a la estabilidad de la linamarina en condiciones de ácido neutrales o débiles (Nambisan y Sundaresan 1985; Bradbury *et al.* 1991). Estos métodos solo son adecuados para la yuca dulce, común en el Pacífico Sur, ya que presenta un bajo contenido de cianuro (Bradbury y Holloway 1988).

Métodos de secado

16. Para la yuca se emplean dos tipos de secado: secado mecánico, p. ej. en un horno, y secado natural al sol (Cuadro 3). En el proceso de secado, la linamarasa endógena controla la eliminación de los glucósidos cianogénicos y, por tanto, es responsable de la acumulación de cianohidrina y cianuro libre en la yuca seca. Durante el secado en horno, el incremento en la temperatura de secado va acompañado de un incremento en la retención de cianuro.

17. De hecho, Cooke y Maduagwu (1978) observaron una reducción del cianuro del 29 % a 46°C y de 10 % a 80°C. En hojuelas de 10 mm de grosor, Nambisan (1994) observó retenciones de cianuro similares de entre el 45 % y el 50 % y entre el 53 % y el 60 % a 50 y 70°C, respectivamente. A temperaturas de secado por encima de los 55 °C se inhibe la actividad de la linamarasa y, por tanto, la linamarina empieza a acumularse en la yuca seca. Nambisan (1994) demostró que, a temperaturas iguales, la reducción en el tamaño de la yuca está asociada a un incremento en la retención de cianuro en los procesos de secado en horno. De hecho, a 50 °C, las hojuelas de 10 mm de grosor retuvieron entre el 45 % y el 50 % de los glucósidos cianogénicos, mientras que las hojuelas de 3 mm de grosor retuvieron entre el 60 % y el 65 %. Las hojuelas finas se secan más rápido, por lo que la linamarasa tiene más tiempo para actuar sobre los glucósidos. A 70 °C, el efecto del tamaño de la hoja sobre la eliminación de glucósidos cianogénicos fue mínimo, pero la retención de cianógenos fue mayor debido a la temperatura de secado más alta. La retención de cianuro durante el secado al sol es menor que en el secado en horno, ya que las temperaturas quedan muy por debajo de 55 °C.

18. Estas temperaturas son óptimas para la actividad de la linamarasa, lo que da como resultado una mejor degradación de los cianógenos. Se han consignado contenidos de cianuro libre del 30 % de los cianógenos totales en yuca secada en horno y del 60 % en yuca secada al sol (Gómez *et al.*, 1984; Gómez y Valdivieso 1984). Dado que la actividad de la linamarasa es mayor en el proceso de secado al sol, hay más linamarina que se deglucosila en cianohidrina y, por tanto, se acumulan la cianohidrina y el cianuro libre. No obstante, el grosor de hoja puede seguir siendo un factor importante en la eliminación de cianógenos durante el secado al sol, ya que las hojuelas finas se secan más rápido. Nambisan y Sundaresan (1985) consignaron entre un 52 % y un 58 % de retención de glucósidos cianogénicos en hojuelas de 3 mm de grosor y de entre un 27 % y un 33 % de glucósidos cianogénicos en hojuelas de 10 mm de grosor.

19. En general, el secado no es un medio eficiente de detoxificación, especialmente para las variedades de yuca con un alto contenido inicial de glucósidos cianogénicos. En Tanzania, el secado al sol de raíces enteras para obtener *makopa* redujo los niveles de cianuro de 751 a 254 mg de equivalentes de HCN/kg de materia seca, es decir, que se eliminó el 66 % de los cianógenos totales (Mlingi y Bainbridge 1994). La descomposición de los glucósidos cianogénicos durante el secado al sol depende de la hidrólisis enzimática y de la desintegración gradual de las células de las raíces. Los trozos de yuca más finos se secan más rápido y la linamarasa se inactiva con niveles de contenido de humedad bajos (13 %), de forma que la descomposición de los glucósidos cianogénicos se interrumpe (Mlingi y Bainbridge 1994). La eliminación de la cianohidrina se incrementa con el secado al sol completo. Una posible explicación sería que la deshidratación de las raíces y las pérdidas de humedad provocan cambios en el pH que afectan a la estabilidad de la cianohidrina (Mlingi y Bainbridge 1994).

20. Dado que las temperaturas de secado están por encima del punto de ebullición del HCN (26 °C) y que el cianuro libre se libera fácilmente a la atmósfera, es fácil eliminar el cianuro libre (Mlingi y Bainbridge 1994). Meuser y Smolnick (1980) consignaron que aplicar a la pulpa el secado por liofilización y a las rajas de yuca el secado flash eliminó entre el 51 % y el 52 % de cianógenos, y que estos dos tipos de secado tendían a eliminar solo el cianuro libre, que fue lo que más se produjo durante el breve tiempo de procesamiento. Oke (1994) concluyó que el cianuro libre representa solo una pequeña fracción de los cianógenos totales y que, por consiguiente, el secado por liofilización y el secado flash deben considerarse ineficaces.

Cuadro 3: Efectos de los procesos de secado sobre el contenido de cianógenos en las raíces de yuca

Métodos de procesamiento	Retención de cianuro (%)	HCN total (mg HCN/kg)
Secado en horno ^a		
Raíz fresca	100	140
50 °C, hojuelas de 10 mm	46,4	65
50 °C, hojuelas de 3 mm	64,2	89,5
70 °C, hojuelas de 10 mm	60	84,5

Métodos de procesamiento	Retención de cianuro (%)	HCN total (mg HCN/kg)
70 °C, hojuelas de 3 mm	74,2	104
Secado al sol ^a		
Raíz fresca	100	140
Hojuelas de 10 mm	27,8	39
Hojuelas de 3 mm	53,1	75
Machacado y secado al sol ^a		
Raíz fresca	100	165
	2,1	3,5
Secado al sol por tiempo ^b		
Raíz fresca	100	1090
8 d secado al sol	54,2	591
17 d secado al sol	36,8	401
Maceración repetida + secado al sol ^b		
Raíz fresca	100	513
	14,6	75

^aAdaptado de Nambisan y Sundaresan (1985).

Expresado como μg de cianuro/g de peso fresco de referencia y aludido como «glucósido de cianuro».

^bAdaptado de Mlingi y Bainbridge (1994)

Fermentación

21. La fermentación mediante las bacterias del ácido láctico es un método de procesamiento utilizado comúnmente en África. La fermentación se inicia con raíces de yuca ralladas o en remojo (Cuadro 4) y da como resultado una reducción en el valor de pH. La eficiencia de los dos tipos de fermentación difiere debido a los mecanismos de eliminación de los cianógenos. Se han caracterizado los microorganismos en el proceso de fermentación tradicional de raíces ralladas (Coulin *et al.*, 2006).

22. La fermentación de las raíces de yuca ralladas es eficiente de cara a la eliminación de glucósidos cianogénicos. Westby y Choo (1994) consignaron que el 95 % de la linamarina se eliminó en un plazo de 3 horas de rallado. Vasconcelos *et al.*, (1990) demostraron que los microorganismos solo desempeñan un papel menor en la reducción de cianógenos y que el rallado es fundamentalmente el responsable de la hidrólisis de la linamarina. Aunque la linamarina se elimina rápidamente mediante el rallado, la retención de cianuro se mantiene alta en productos de raíces de yuca ralladas y fermentadas. De hecho, después de 3 y 80 horas de fermentación de yuca rallada, se retuvo el 74 % y el 40,3 % de los cianógenos totales, respectivamente. Vasconcelos *et al.*, (1990) consignaron que las concentraciones altas de cianohidrina y cianuro libre se mantuvieron en la pasta fermentada. Esto se podría explicar por la estabilidad de las cianohidrinas con pH ácido (Cooke, 1978). Por tanto, las operaciones posfermentación son importantes y deben ser eficaces a la hora de reducir los niveles de cianohidrina y cianuro libre en productos finales como el lafun, el fufu, el gari y el pupuru.

23. El proceso de tostado después de la fermentación de la yuca rallada, que se usa para el *gari*, es relativamente eficaz, ya que el HCN libre y la cianohidrina se eliminan continuamente a la atmósfera, con lo que se deja en los productos acabados una pequeña cantidad de HCN libre (3,4 mg/kg de materia seca) y cianohidrina (2,2 mg/kg de materia seca) (Vasconcelos *et al.*, 1990). El contenido de cianuro del *gari* sigue disminuyendo durante el almacenamiento. De hecho, Mahungu *et al.*, (1987) demostraron que un *gari* (2,9 mg de equivalentes de HCN/kg) de 4 meses de antigüedad tenía un contenido de cianógenos 9 veces menor que su contenido inicial (26,6 mg de equivalentes de HCN/kg) y, después de 2 años de almacenamiento, el *gari* parecía ser un producto sin cianógenos, es decir, que no se pudo detectar ningún cianógeno en 57 muestras analizadas.

24. La fermentación de las raíces en remojo en agua es mucho más eficaz que la de las raíces ralladas en términos de reducción de cianógenos. De hecho, más del 90 % de los cianógenos totales se eliminaron tras 3 días de fermentación y aproximadamente una tercera parte de la linamarina inicial se encontró en el agua. No se detectó una acumulación significativa de cianohidrina con cianuro libre (Westby y Choo, 1994). En este caso, el crecimiento microbiano es esencial para eliminar los cianógenos. El proceso de eliminación de los cianógenos se puede mejorar incrementando los tiempos de remojo y fermentación (Oke, 1994), así como pelando y rallando las raíces de yuca entre las fases de remojo y fermentación. Dufour (1994) demostró que dejar las raíces de yuca en remojo durante 6 días, rallarlas en el sexto día y fermentar el puré obtenido durante 4 días para obtener *farina* permitía una eliminación del 98 % del cianuro. El remojo durante períodos prolongados puede introducir en los productos finales hongos (Thambirajah, 1989), esporas de moho

y bacterias indeseadas (Hakimjee y Lindgren 1988). El moho es típicamente no tóxico y contribuye a reducir la viscosidad en los alimentos de destete. Se cree que las bacterias indeseadas se destruyen durante el proceso de cocción (Hakimjee y Lindgren 1988).

25. La fermentación en seco también se puede utilizar para eliminar los cianógenos. Gidamis *et al.* (1993) demostraron que el 89,6 % de los cianógenos totales se perdían en el *ugali* tras una fermentación en seco (fermentación en estado sólido) de las raíces de yuca. Del mismo modo, se ha consignado una retención de cianuro de entre el 12,5 % y el 16,5 % en las raíces de yuca que se han sometido a fermentación en montones (Essers *et al.*, 1995; Cardoso *et al.*, 1998; Ernesto *et al.*, 2000, 2002a, b).

Cuadro 4: Efectos de la fermentación sobre el contenido de cianuro de las raíces de yuca^a

	Retención de cianuro %	HCN total mg HCN/kg
Fermentación		
Raíces ralladas		
0 d	100	170
1 d	53	90
3 d	42	70
Raíces en remojo		
0 d	100	850
1 d	110	950
3 d	6	50

^a Adaptado de Westby y Choo (1994).

Cuadro 4: Clasificación y atributos de los procesadores de yuca

Procesadores individuales/en el hogar	Procesadores a escala mediana (pymes)	Procesadores industriales
<ul style="list-style-type: none"> • Artesanales. Técnicas manuales y tecnologías rudimentarias • A menudo compran la yuca de pequeños campesinos • Procesamiento para obtener productos para el consumo doméstico y pocas ventas en mercados abiertos • 95 % de la población total de procesadores 	<p>Técnicas semiautomatizadas. Nuevas tecnologías</p> <p>Mayoritariamente, cooperativas que procesan yuca para obtener gari o individuos que obtienen productos alimenticios de yuca de procesadores basados con base comunitaria</p>	<p>Técnicas automatizadas y nuevas tecnologías</p> <p>Operaciones predominantemente integradas, con campos de yuca comerciales y equipos de procesamiento automatizados</p> <p>Procesamiento de la yuca para obtener almidón industrial, HQCF, etanol, hojuelas y siropes</p>

Fuente: Sahel capital agribusiness managers limited 2016

Método de ensayo de HCN (HCN total)

26. Hay disponibles métodos analíticos para monitorizar y comprobar si una yuca o producto a base de yuca cumple el nivel máximo de HCN. Algunos de estos métodos son test de cribado sin equipo de laboratorio como sensores químicos, otros incluyen el método del picrato, técnicas de espectrofotometría/colorimétricas, hidrólisis enzimática usando linamarasa, hidrólisis ácida, el método electroquímico usando electrodo de cianuro, la titulación alcalina y los métodos de banco de ensayo.

Determinación del contenido de cianuro en productos de yuca

Extracción de muestras:

- Pesar 5 g de la muestra en un contenedor de 250 ml
- Añadir 50 ml de agua destilada y dejarlo que haga efecto durante la noche
- Filtrar para recoger el FILTRADO

Preparación de la solución de picrato alcalino:

- Pesar 25 g de carbonato de sodio anhidro en un vaso y 5 g de ácido pícrico anhidro en otro vaso
- Disolver en una cantidad mínima de agua destilada caliente por separado
- Transferirlo a un recipiente volumétrico de 1000 ml
- Llenar hasta la marca de 1000 ml

Construcción de una curva estándar de cianuro usando solución de picrato alcalino:

- Pesar 200 mg de cianuro de potasio (KCN) en un vaso
- Disolver con agua destilada
- Transferir a un recipiente volumétrico de 1000 ml
Llenar hasta la marca de 1000 ml con agua destilada
- Con esto se obtiene una concentración de caldo con 200 mg/l (200 PM) de KCN
- Preparar 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm 20 ppm y 25 ppm

Análisis cuantitativo:

- Medir 20 ml del extracto de muestra (filtrado) en un recipiente volumétrico de 100 ml
- Añadir 40 ml de solución de picrato alcalino
- Incubar en un baño de agua a 95 °C durante 5 minutos
- Dejar que se enfríe a temperatura ambiente
- Poner el espectrofotómetro de rayos UV a 490 nm
- Pasar los estándares (1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm y 25 ppm) y las muestras para obtener las absorbencias
- La concentración de cianuro se extrapola a partir de la curva de calibración de absorbencia vs. concentración

Ref.: Babalola Olabukola Omolara. Cyanide Content of Commercial Gari from different areas of Ekiti State, Nigeria. World Journal of Nutrition and Health, vol. 2, n.º 4 (2014): 58-60

Diagram 1: A Simplified Example of the Cassava Value Chain

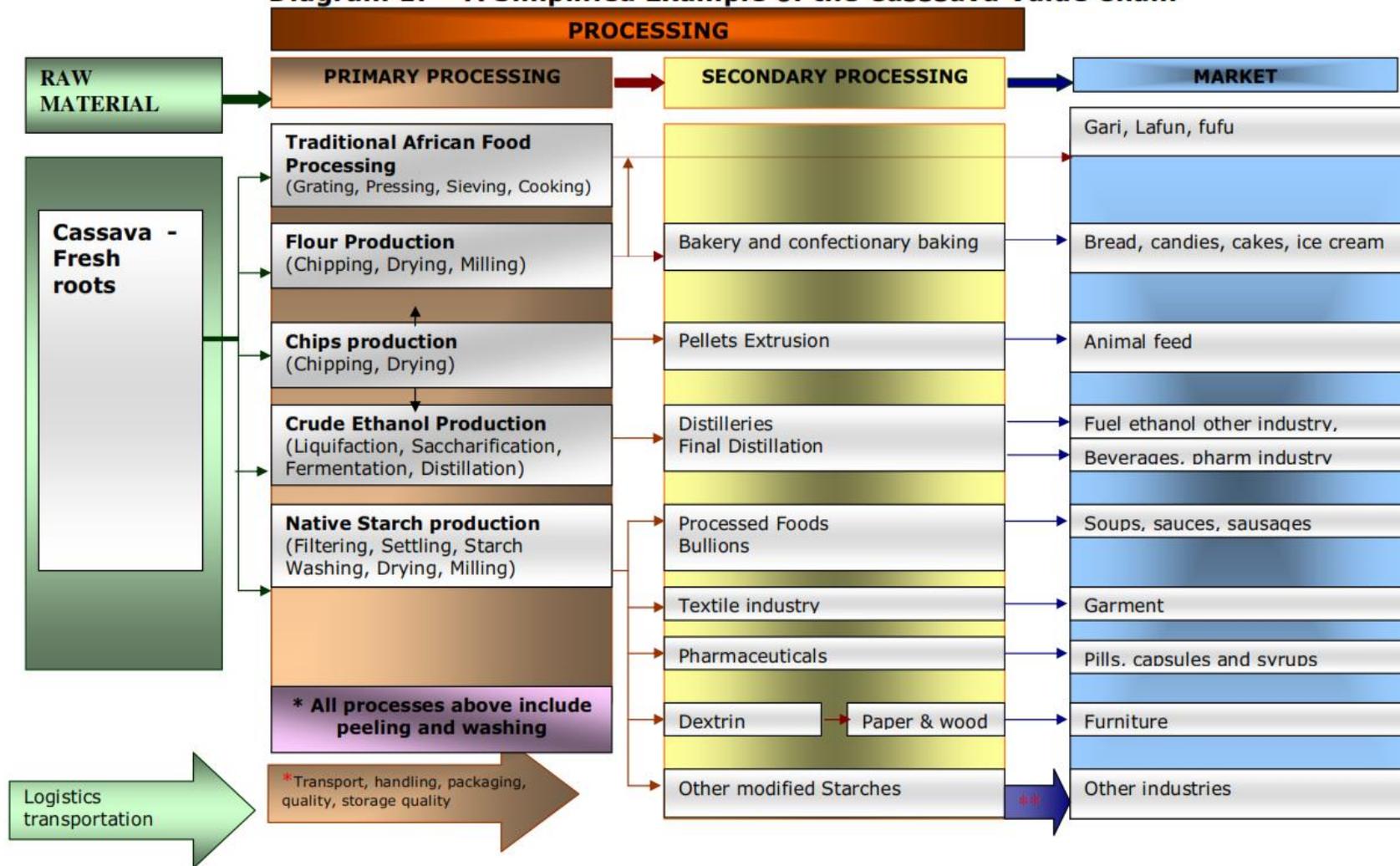


Diagrama 1: Ejemplo simplificado de la cadena de valor de la yuca

MATERIA PRIMA	PROCESAMIENTO		MERCADO
	PROCESAMIENTO PRIMARIO	PROCESAMIENTO SECUNDARIO	
Yuca: raíces frescas	Procesamiento de alimentos africano tradicional (Rallado, prensado, cribado, cocción)		Gari, lafun, fufu
	Producción de harina (Rebanado, secado, molienda)	Repostería y horneado de confitería	Pan, caramelos, tartas, helado
	Producción de hojuelas (Rebanado, secado)	Extrusión de pellets	Pienso para animales
	Producción de etanol crudo (Licuefacción, sacarificación, fermentación, destilación)	Destilerías Destilación final	Combustible, etanol, otros sectores
			Bebidas, sector farmacéutico
Producción de almidón nativo (Filtrado, decantación, lavado de almidón, secado, molienda)	Procesamiento de alimentos Caldos	Sopas, salsas, salchichas	
	Sector textil	Ropa	
	Productos farmacéuticos	Pastillas, cápsulas y jarabes	
	* Todos los procesos anteriores incluyen el pelado y el lavado	Dextrina Papel y madera	Mueblería
Logística y transporte	* Transporte, manipulación, envasado, calidad, calidad del almacenamiento	Otros almidones modificados	Otras industrias

Conclusión y recomendaciones

27. Véase arriba las conclusiones y recomendaciones.

REFERENCIAS

- Adepoju, O.T., Adekola, Y.G., Mustapha, S.O., Ogunola, S.I., 2010. Effect of processing methods on nutrient retention and contribution of local diets from cassava (*Manihot spp*) to nutrient intake of nigerian consumers. *Afri. J. Food Agric. Nutr. Dev.* (AJFAND) 10 (2), 2099–2111.
- Akely, P.M.T., Amani, N.G., Azouma, O., Nindjin, C., 2007. Effect of squeezing force of fermented cassava mash (*Manihot esculenta* CRANTZ) on Attieke physico-chemical and sensory qualities. En: Proceedings of the Actes of Conference on Potentiel de Transformation du Manioc en Afrique de l'Oeust. Abiyán, Costa de Marfil, págs. 150–153.
- Alves, A.A.C., 2002. Cassava botany and physiology. En: Hillocks, R.J., Thresh, J.M., Bellotti, A.C. (eds.), Cassava: Biology, Production and Utilization. CAB International, Wallingford, págs. 67–89.
- Bradbury JH, Egan SV, Lynch MJ. 1991. Analysis of cyanide in cassava using acid hydrolysis of cyanogenic glucosides. *J Sci Food Agric* 55:277–90.
- Bradbury JH, Holloway WD. 1988. Cassava, *M. esculenta*. Chemistry of tropical root crops: significance for nutrition and agriculture in the pacific. Australian Centre for International Agricultural Research, monografía n.º 6, Canberra, Australia, págs. 76–104.
- Calle, F., Pérez, J.C., Gaitán, W., Morante, N., Ceballos, H., Llano, G. y Álvarez, E., 2005. Diallel inheritance of relevant traits in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) adapted to acid-soil savannahs. *Euphytica* 144, 177–186.
- Cardoso, A.P., Mirione, E., Ernesto, M., Massaza, F., Cliff, J., Haque, M.R., Bradbury, J.H., 2005. Processing of cassava roots to remove cyanogens. *J. Food Compos. Anal.* 18, 451-460.
- Cardoso AP, Ernesto M, Cliff J, Egan SV, Bradbury JH. 1998. Cyanogenic potential of cassava flour: field trial in Mozambique of a simple kit. *Int J Food Sci Nutr* 49:93–9.
- Cooke RD, Maduagwu E. 1978. The effects of simple processing on the cyanide content of cassava chips. *J Food Technol* 13:299–306.

- Cooke RD. 1978. An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *J Sci Food Agric* 29:345–52.
- Coulin P, Farah Z, Assanvo J, Spillmann H, Puhan Z. 2006. Characterisation of the microflora of atti'ek'e, a fermented cassava product, during traditional small-scale preparation. *Int J Food Microbiol* 106:131–6.
- Dixon, A.G.O., Akoroda, M.O., Okechukwu, R.U., Ogbe, F., Ilona, P., Sanni, L.O., Ezedinma, C., Lemchi, J., Ssemakula, G., Yomeni, M.O., Okoro, E., Tarawali, G., 2008. Fast track participatory approach to release of elite cassava genotypes for various uses in Nigeria's cassava economy. *Euphytica* 160, 1–13.
- Dufour DL. 1994. Cassava in Amazonia: lessons in utilization and safety from native peoples. *Acta Hortic* 375:175–82.
- Essers AJ, Ebong C, van der Grift RM, Nout MJR, Otim-Nape W, Rosling H. 1995. Reducing cassava toxicity by heap fermentation in Uganda. *Int J Food Sci Nutr* 46:125–36.
- Ernesto M, Cardoso AP, Cliff J, Bradbury JH. 2000. Cyanogens in cassava flour and roots and urinary thiocyanate concentration in Mozambique. *J Food Comp Anal* 13:1–12.
- Ernesto M, Cardoso AP, Nicala D, Mirione E, Massaza F, Cliff J, Haque MR, Bradbury JH. 2002a. Persistent konzo and cyanide toxicity from cassava in Northern Mozambique. *Acta Tropica* 82:357–62.
- Ernesto M, Cardoso AP, Nicala D, Mirione E, Massaza F, Cliff J, Haque MR, Bradbury JH. 2002b. Strategy for the elimination of konzo in Mozambique. *Roots* 8:8–11.
- FAO/OMS (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud), 1991, Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Co34. Comisión del Codex Alimentarius XII. FAO, Roma, Italia. Suplemento 4.
- Gidamis AB, O'Brien GM, Poulter NH. 1993. Cassava detoxification of traditional Tanzanian cassava foods. *Int J Food Sci Technol* 28:211–8.
- Gómez G, Valdivieso M, De la Cuesta D, Kawano K. 1984. Cyanide content in whole root chips of ten cassava cultivars and its reduction by oven drying or sun drying on trays. *J Food Technol* 19:97–102.
- Gómez G, Valdivieso M. 1984. Effects of sundrying on a concrete flour and oven drying on trays on elimination of cyanide from cassava whole-root chips. *J Food Technol* 19:703–10.
- Hakimjee M, Lindgren S. 1988. Fermented cassava products in Tanzania. En: Alnwick D, Moses S, Schmidt OG, editores. Improving young child feeding in eastern and southern Africa. Household-level food technology. Conclusiones de un taller celebrado en Nairobi, Kenia, 12–16 de octubre de 1987. Ottawa, Canadá: Intl. Development Research Centre. págs. 220–8.
- Irtwange, S.V., Achimba, O., 2009. Effect of fermentation on the quality of gari. *Curr. Res. J. Biol. Sci.* 1 (3), 150–154.
- Zelder F y Tivana L. 2015: Corrin-based chemosensors for the ASSURED detection of endogenous cyanide. *Org. Biomol. Chem.*, 2015, 13, 14
- Mahungu NM, Yamaguchi Y, Alamazan AM, Hahn SK. 1987. Reduction of cyanide during processing of cassava into some traditional African foods. *J Food Agric (Nigeria)* 1:11–5.
- Meuser F, Smolnick HD. 1980. Processing of cassava to gari and other foodstuffs. *Starch/Starke* 32:116–22.
- Mlingi NLV, Bainbridge Z. 1994. Reduction of cyanogen levels during sun-drying of cassava in Tanzania. *Acta Hortic* 375:233–9.
- Nambisan B, Sundaresan S. 1985. Effect of processing on the cyanoglucoside content of cassava. *J Sci Food Agric* 36:1197–203.
- Nambisan B. 1994. Evaluation of the effect of various processing techniques on cyanogen content reduction in cassava. *Acta Hortic* 375:193–201.
- Njoku, D.N., Ano, C.U.C., 2018. Cyanide in cassava: a review. *Inter. J. Genomics and Data Mining*. 2018 (1), 1–10.
- Oke OL. 1994. Eliminating cyanogens from cassava through processing: technology and tradition. *Acta Hortic* 375:163–74.
- Otekunrin, O. A. y Sawicka, B. 2019. Cassava, a 21st Century Staple Crop: How can Nigeria Harness Its Enormous Trade Potentials?. *Acta Scientific Agriculture*, 3, 194-202.
- Siritunga, D., Sayre, R.T., 2003. Generation of cyanogen-free transgenic cassava. *Planta* 217, 367–373.
- Thambirajah JJ. 1989. Safety evaluation of cassava fermented with micro-fungi. *Trop Agric (Trinidad)* 66:326–8.
- Vasconcelos AT, Twiddy DR, Westby A, Reilly PJA. 1990. Detoxification of cassava during gari preparation. *Int J Food Sci Technol* 25:198–203.
- Westby A, Choo BK. 1994. Cyanogen reduction during lactic fermentation of cassava. *Acta Hortic* 375:209–15.

APÉNDICE IV**Lista de participantes**

Presidencia Nigeria
 Dr Abimbola Opeyemi Adegboye
 National Agency for Food and Drug Administration and Control
 NAFDAC Nigeria
adegboye.a@nafdac.gov.ng
 +2348053170810

Copresidencia Ghana
 Mr Ebenezer Kofi Essel
 Food and Drugs Authority (FDA)
 P. O. Box CT 2783 Cantonments, Accra (Ghana)
kooduntu@yahoo.co.uk
 +233 244 655943

AUSTRALIA

Dr Matthew O Mullane
 Section Manager Standards & Surveillance
 Food Standards Australian New Zealand
 Australia

BRASIL

Ligia Lindner Schreiner
 Health Regulation Specialist
 Brazilian Health Regulatory Agency

Carolina Araújo Viera
 Health Regulation Specialist
 Brazilian Health Regulatory Agency

Ana Claudia Marquim Firmo de Araújo
 Specialist on Regulation and Health Surveillance
 Brazilian Health Regulatory Agency

UNIÓN EUROPEA

Mr Frans VERSTRAETE
 Comisión Europea

INDONESIA

Mrs Yusra Egayanti
 Deputy Director Certain Food Standardization
 Indonesia Food and Drug Authority

JAMAICA

Dr. Linnette Peters
 Director, Ministry of Health
 Veterinary Associate Professor Public Health

KENYA

Dr. George Ooko Abong'
 Senior Lecturer/Consultant
 Department of Food Science, Nutrition and Technology
 University of Nairobi

REPÚBLICA DE COREA

Codex Contact Point
 Ministry of Food and Drug Safety (MFDS)
 Republic of Korea

Yeji Seong
 Codex researcher
 Food Standard Division,
 Ministry of Food and Drug Safety (MFDS),

Miok Eom
 Senior Scientific Officer
 Residues and Contaminants Standard Division,
 Ministry of Food and Drug Safety (MFDS),

NIGERIA

Professor Hussain Makun
 Head of Africa Centre of Excellence in Mycotoxin and
 Food Safety
 Federal University of Technology

Dr. Obadina Adewale Olusegun
 Head of Department (Food Science and Technology),
 Federal University of Agriculture Abeokuta

Dr. Daniel Ojochenemi Apeh
 Department of Biochemistry
 Federal University of Technology

Dr. Maimuna Abdulahi Habib
 Director Projects Coordination
 FMARD Abuja

Mrs Zainab Ojochenemi Towobola
Deputy Director (Nutrition & Food Safety)
Federal Min of Agriculture and Rural Development
FMARD

Mrs Amalachukwu Ufondu
Assistant Chief Regulatory Officer NAFDAC

Mrs Victoria Iyabode Oye
Senior Scientific Officer
Quality Assurance and Development
FCCPC Abuja

Codex Contact Point
SON Nigeria National Codex Committee Secretariat
SON Abuja

Mrs. Mopelola Olubunmi Akeju
Director FCCPC, Abuja Nigeria
Quality Assurance & Development

PARAGUAY

Ing. Agr. Mónica Gavilán Giménez
Specialist in Public Health Nutrition and Food Safety -
Post-harvest Specialist
Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad
Nacional de Asunción

Ing. Agr. Dionisia Carballo
Research Professor
Department of Research and Toxicology
Faculty of Agronomic Sciences
National University of Asunción

PERÚ

Javier Aguilar Zapata
Agrifood Safety Specialist /
Lead Coordinator of the Food Contaminants Committee
SENASA

Jorge Pastor Miranda
Agrifood Safety Specialist /
Alternate Coordinator of the Food Contaminants
Committee
SENASA

Juan Carlos Huiza Trujillo
Dirección General de Salud Ambiental DIGESA
Minsa / Perú

POLONIA

Codex Contact Point for Poland
Main Inspectorate
International Cooperation Department
Polonia
kodeks@ijhars.gov.pl

TAILANDIA

Chutiwan Jatupornpong
Standards officer
Office of Standard Development
National Bureau of Agricultural Commodity and Food
Standards

Sra. Korwadee Phonkliang
Standards officer
Office of Standard Development
National Bureau of Agricultural Commodity and Food
Standards,

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Henry Kim
Center for Food Safety and Applied Nutrition
Food and Drug Administration

Anthony Adeuya
Center for Food Safety and Applied Nutrition
Food and Drug Administration

