

# 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](mailto:codex@fao.org) - [www.codexalimentarius.org](http://www.codexalimentarius.org)

**Tema 13 del programa**

**CX/CF 20/14/12**

**Febrero de 2020**

## **PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS COMITÉ DEL CODEX SOBRE CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS**

**Décima cuarta reunión**

**Utrecht (Países Bajos), 20-24 de abril de 2020**

### **DOCUMENTO DE DEBATE SOBRE LOS NIVELES DE ÁCIDO CIANHÍDRICO Y LA CONTAMINACIÓN POR MICOTOXINAS EN LA YUCA (MANDIOCA) Y LOS PRODUCTOS A BASE DE YUCA (MANDIOCA)**

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

#### **INFORMACIÓN GENERAL**

#### **11.ª REUNIÓN DEL COMITÉ DEL CODEX SOBRE CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS (CCCF) (2017)**

1. El CCCF, en su 11.ª reunión, consideró una solicitud del Comité Coordinador FAO/OMS para África (CCAFRICA) sobre si era apropiado extender el 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 formulada por el CCAFRICA, en su 22.ª reunión (2017), el CCCF, en su 11.ª reunión, recomendó<sup>1</sup> 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 un NM de HCN en la yuca y los productos a base de yuca y abordar la cuestión de la armonización de la expresión de niveles de HCN, es decir, HCN libre o total.
  - b. La 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.

#### **12.ª REUNIÓN DEL CCCF (2018)**

3. El GTE llevó a cabo su mandato y envió un documento de debate<sup>2</sup> para su consideración por parte del CCCF, en su 12.ª reunión (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 la 13.ª reunión del CCCF (2019), mientras que se instó a los miembros del Codex y los observadores a seguir enviando nuevos datos a la plataforma SIMUVIMA/Alimentos.<sup>3</sup>
4. El documento de debate<sup>4</sup> fue actualizado por Nigeria, y las conclusiones y recomendaciones se enviaron a la 13.ª reunión del CCCF para su consideración.

#### **13.ª REUNIÓN DEL CCCF (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 acordó<sup>5</sup>:
  - (a) Establecer un GTE, presidido por Nigeria y copresidido por Ghana, para preparar un documento de debate para su consideración en la 14.ª reunión del CCCF (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

<sup>1</sup> REP17/CF, párrs. 14-15

<sup>2</sup> CX/CF 18/12/13

<sup>3</sup> REP18/CF, párr. 125

<sup>4</sup> CX/CF 19/13/14

<sup>5</sup> REP19/CF, párrs. 128-145

expuestas en la 13.<sup>a</sup> reunión del CCCF; 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 esta reunión.

- (b) Informar a CCAFRICA de los debates sobre los NM de HCN en productos de yuca fermentada y el posible 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

6. El GTE revisó el documento de debate<sup>4</sup> presentado en la 13.<sup>a</sup> reunión del CCCF según las consideraciones ofrecidas en la reunión, así como según la información facilitada en respuesta a la carta 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. La lista de participantes figura en el Apéndice III.

### **CONCLUSIONES**

7. El GTE llegó a las siguientes conclusiones:

#### **LA CONTAMINACIÓN POR MICOTOXINAS EN LA YUCA (MANDIOCA) Y LOS PRODUCTOS A BASE DE YUCA (MANDIOCA)**

8. Hay materiales suficientes a partir de los que obtener información para desarrollar 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. Esto no resulta sorprendente, ya que las condiciones que hacen aflorar los hongos —los precursores de las micotoxinas— son las mismas independientemente de la matriz y sus fuentes alimentarias. El Codex tiene dichos materiales en abundancia. Los resultados de algunos de los estudios en curso sobre la yuca y los productos a base de yuca pueden abordar el efecto de los pasos de proceso individuales sobre la reducción de las micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca, junto a otros efectos.
9. Dado que la yuca y los productos a base de yuca siguen experimentando un incremento en el comercio regional e internacional, el desarrollo de un Código de prácticas de este tipo puede ayudar a contener la contaminación de micotoxinas.
10. El CDP debe emplear el formato y el contenido del *Código de prácticas para reducir el ácido cianhídrico (HCN) en la yuca (mandioca) 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.
11. El Apéndice I incluye más información en apoyo de la citada recomendación.

#### **NIVELES DE HCN EN LA YUCA (MANDIOCA) Y LOS PRODUCTOS A BASE DE YUCA (MANDIOCA)**

12. 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 la *Norma para el gari* (CXS 151-1985), *Norma para la harina de yuca comestible* (CXS 176-1989), *Norma para la yuca (mandioca) dulce* (CXS 238-2003) y *Norma para la yuca (mandioca) amarga* (CXS 300-2010), así como el *Código de prácticas para reducir el ácido cianhídrico (HCN) en la yuca y los productos de yuca* (CXC 73-2013). Han ofrecido orientación sobre las características del producto final, incluidos el etiquetado, el cultivo, operaciones anteriores y posteriores a la cosecha, la elaboración, el envasado y la distribución de la yuca y productos a base de yuca, especialmente de cara a la prevención y la reducción del ácido cianhídrico.
13. Si bien el Codex ha recomendado pasos de procesamiento que, cuando han sido adoptados, 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.
14. 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 derivados de la yuca está adquiriendo cada vez más impulso y podría revelarse como una enorme ventaja económica para los campesinos de los países en desarrollo, que son los mayores productores de yuca.

15. Las pruebas analíticas son la mejor forma de determinar los niveles de HCN en cada etapa de la cadena de valor. Los análisis 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.
16. 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 la yuca durante diversos pasos de adición de valor y también en los productos finales, incluidos aquellos listos para el consumo.
17. Se recomienda esperar 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.
18. El Apéndice II incluye más información en apoyo de la citada recomendación.

#### **RECOMENDACIONES**

19. Se invita al CCCF a centrar su debate en las recomendaciones siguientes, teniendo en cuenta las conclusiones alcanzadas por el GTE y la información de apoyo facilitada en los Apéndices I y II.

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

20. Desarrollar un Código de prácticas para la prevención y reducción de la contaminación por micotoxinas en la yuca y los productos a base de yuca.

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

21. Esperar la disponibilidad de más datos e información para reevaluar la necesidad y la viabilidad de establecer NM para la yuca y los productos a base de yuca.

**MEDIDAS PARA PREVENIR Y REDUCIR LA CONTAMINACIÓN POR MICOTOXINAS EN LA YUCA (MANDIOCA) Y LOS PRODUCTOS A BASE DE YUCA (MANDIOCA)  
(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, República Democrática del Congo, Tailandia, Indonesia, Brasil, Ghana, Angola, Camboya, Viet Nam, Mozambique, Camerún, Côte d'Ivoire y República Unida de Tanzania, con más de 5 millones de toneladas de contribución cada uno. Según la FAO (2014), el valor de la producción neta mundial de la yuca en 2014 ascendió a 26 100 millones de USD. 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 ( $\geq 100$  mg/kg) y bajo ( $\leq 50$  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:*

- i. La presencia de toxinas de hongos en los productos de la yuca se revisa en el documento de debate presentado en la 13.ª reunión del CCCF (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.
- ii. 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.

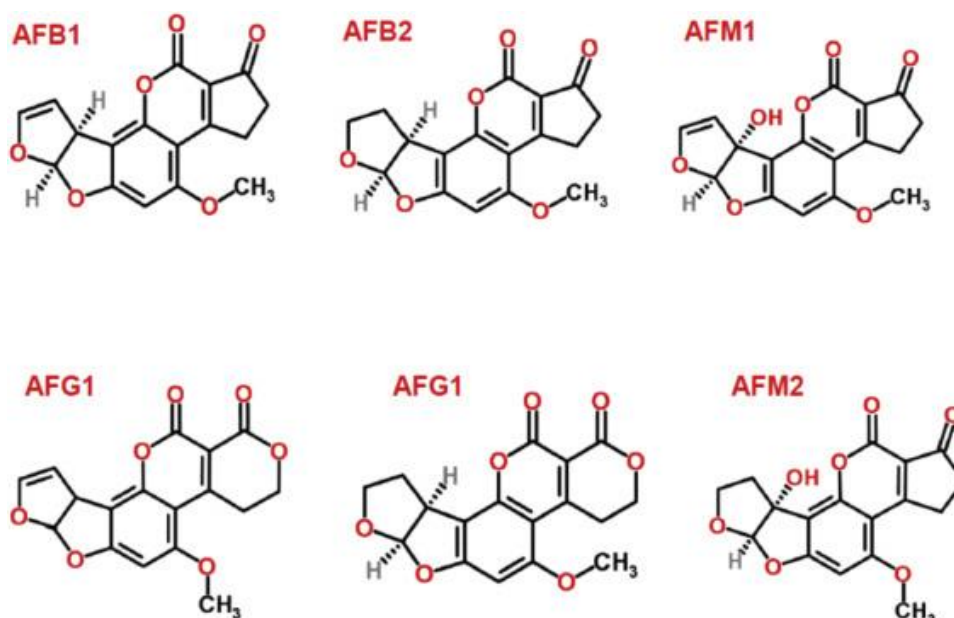
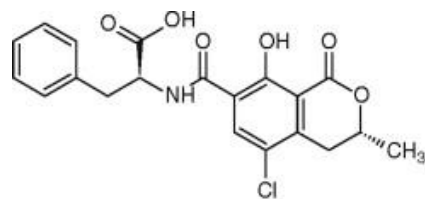


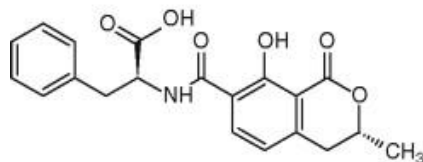
Figura 1. Estructuras químicas de las aflatoxinas.

- iii. 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 (cacahuets), 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

nefrotóxicas, hepatotóxicas, inmunotóxicas, neurotóxicas, teratógenas o carcinógenas, (O'Brien y Dietrich, 2005), aunque el riñón es el objetivo primario de su toxicidad.



Ochratoxin A



Ochratoxin B

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 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 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 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. 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 plagas 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 Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IIAT) y el Instituto de Investigación de Cultivos de Raíces de Nigeria (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 plagas 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](http://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 post-emergencia 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 malezas. 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 tres 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. 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.

### Herramientas de transporte

15. 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

16. 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 dos y tres días, y el exceso se debe conducir a una sala de almacenamiento de materia prima adecuada (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2006).

## 5.0 Prácticas recomendadas aplicables a la etapa posterior a la cosecha

### Productos a base de yuca

17. 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 ácido cianhídrico (HCN) en la yuca (mandioca) 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.

#### Lavado

18. 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.

#### Pelado

19. 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

20. 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. Esto expondrá a cualquier hongo a temperaturas a las que no puede sobrevivir.

#### Rallado y despulpado

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

### **Fermentación**

22. 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**

23. Este proceso implica la eliminación del agua de las raíces de yuca ralladas y habitualmente se realiza mediante prensión. 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, ya que pueden convertirse en fuentes de inoculación de hongos.

### **Secado**

24. 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. Cualesquiera de estos factores pueden ser fuentes de inoculación de hongos. Por ello, el secado se debe realizar en un entorno controlado. El secado se debe realizar adecuadamente a fin de evitar la humedad.

### **Tamizado**

25. El tamiz que se va a usar en los ulteriores pasos de procesamiento debe almacenarse adecuadamente y limpiarse antes de usarlo.

### **Fritura**

26. 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.

### **Almacenamiento**

27. Las instalaciones de almacenamiento deberán limpiarse antes de introducir los materiales para eliminar el polvo, esporas de hongos, residuos de cosechas, excrementos de animales y de insectos, tierra, insectos, 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 de yuca deben estar secados 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.

28. 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).

29. 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

30. En algunas partes del mundo, los productos de yuca principalmente en forma de harina o gránulos se almacenan en sacos y a continuación se exponen abiertamente en el mercado.

### Transporte

31. 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 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 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.

32. Las cargas de yuca y productos 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 de yuca, que podría propiciar una acumulación local de humedad y la consiguiente formación de hongos y micotoxinas.

33. 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 esté destinada la yuca y los productos de yuca.

### 6.0 Conclusión y recomendaciones

34. Véanse más 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 (mandioca) y los productos de yuca (CAC/RCP 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 (HCN) EN LA YUCA (MANDIOCA) Y LOS PRODUCTOS A BASE DE YUCA (MANDIOCA)  
(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 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 la década 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 intrarregional de la yuca son abrumadoras en África, sin embargo, hay cada vez más muestras de comercio intrarregional de yuca y productos de yuca. En otras regiones del mundo donde no se cultiva la yuca, se importan productos 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 al por menor y/o su ulterior procesamiento.

4. Existen muchos productos 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
7.		Chikwangue	Yuca cocinada fermentada	Kenya	Nacional

N.º	Región	Nombre(s) local(es)	Descripción producto	del	Países ubicación	de	Zonas comerciales
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	Asia	Raíces cocidas al horno					Nacional
28		Almidón tostado					Nacional
29		Gaplek			Indonesia		Nacional
30		Almidón					Nacional

N.º	Región	Nombre(s) local(es)	Descripción producto	del	Países ubicación	de	Zonas comerciales
31		Almidón			Malasia		Nacional
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) en función 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<sup>-1</sup> (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 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 (HCN) en la yuca (mandioca) y los productos de yuca (CXC 73-2013).

11. *Norma para el gari* (CXS 151-1985); *Norma para la harina de yuca comestible* (CXS 176-1989); *Norma para la yuca (mandioca) dulce* (CXS 238-2003) y *Norma para la yuca (mandioca) 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  $\beta$ -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.<sup>a</sup>**

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) <sup>b</sup>		
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

<sup>a</sup>Adaptado de Nambisan y Sundaresan (1985).

Expresado como  $\mu\text{g}$  de cianuro/g de peso fresco de referencia.

<sup>b</sup>Se 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 hojuela 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 degrada en cianohidrina y, por tanto, se acumulan la cianohidrina y el cianuro libre. No obstante, el grosor de hojuela 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 rajadas 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 rápido 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 <sup>a</sup>		
Raíz fresca	100	140
50 °C, hojuelas de 10 mm	46,4	65
50 °C, hojuelas de 3mm	64,2	89,5
70 °C, hojuelas de 10 mm	60	84,5
70 °C, hojuelas de 3mm	74,2	104
Secado al sol <sup>a</sup>		
Raíz fresca	100	140
Hojuelas de 10 mm	27,8	39
Hojuelas de 3 mm	53,1	75
Machacado y secado al sol <sup>a</sup>		
Raíz fresca	100	165
	2,1	3,5
Secado al sol por tiempo <sup>b</sup>		
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 <sup>b</sup>		
Raíz fresca	100	513
	14,6	75

<sup>a</sup>Adaptado de Nambisan y Sundaresan (1985).

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

<sup>b</sup>Adaptado 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 cuatro meses de antigüedad tenía un contenido de cianógenos nueve veces menor que su contenido inicial (26,6 mg de equivalentes de HCN/kg) y, después de dos 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 tres 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 seis días, rallarlas en el sexto día y fermentar el puré obtenido durante cuatro 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.<sup>a</sup>**

	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

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

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 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**

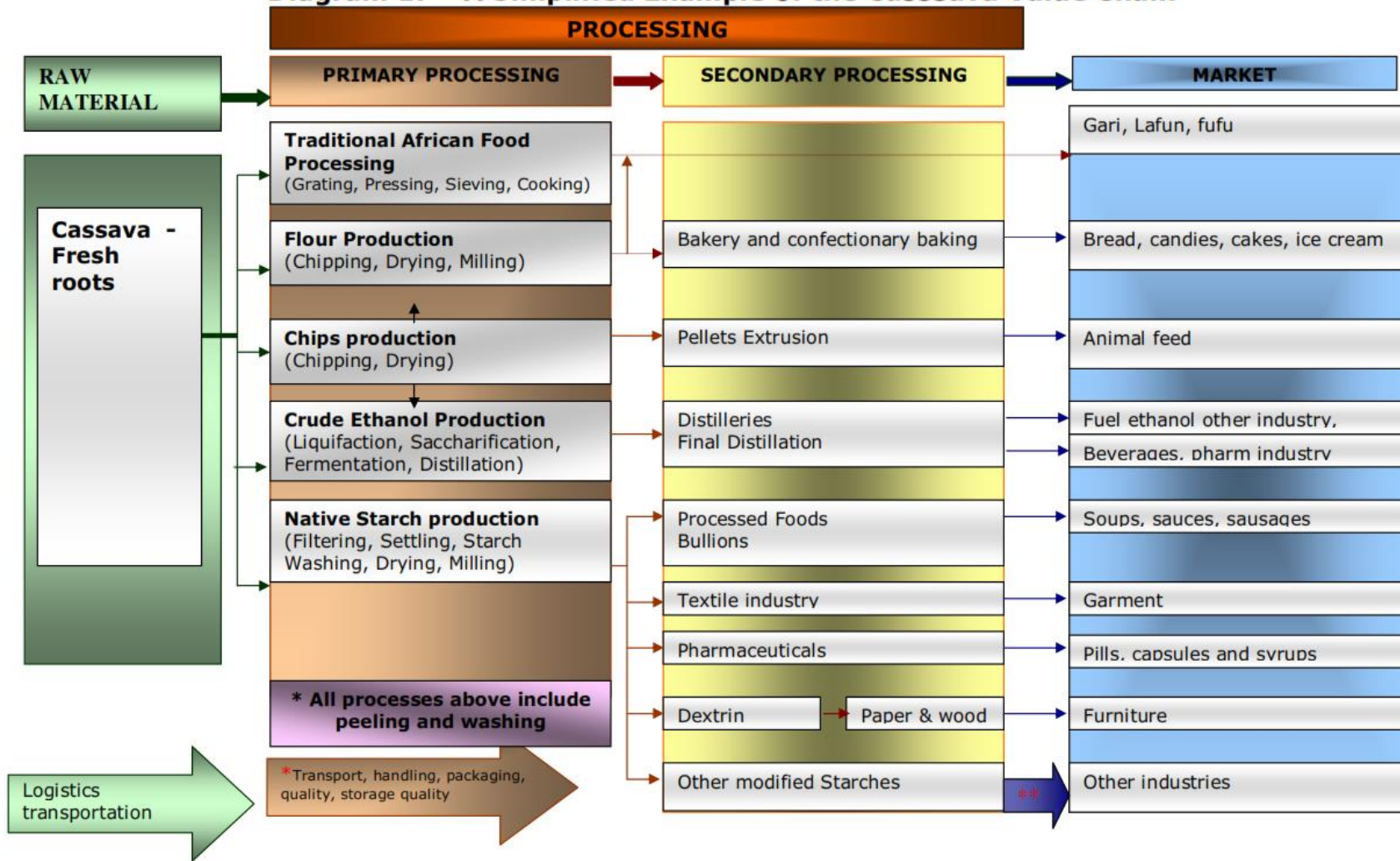


Diagrama 1: Ejemplo simplificado de la cadena de valor de la yuca

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
	Producción de almidón nativo (Filtrado, decantación, lavado de almidón, secado, molienda)	Procesamiento de alimentos Caldos	
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. Véanse más 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 attiéké, 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 Horti* 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. 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, Alamazon 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 Horti* 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 Horti* 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 Horti* 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 Horti* 375:209-15.

**APÉNDICE III****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](mailto: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](mailto: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