

57612  
ARCHIV  
AHLUWA  
59613

# toxicidad de la yuca y tiroides: aspectos de investigación y salud

trabajos de  
un seminario  
celebrado en  
Ottawa, Canadá,  
mayo 31 – junio 2, 1982



Editores: F. Delange y R. Ahluwalia

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo es una corporación pública creada en 1970 por el Parlamento de Canadá con el objeto de apoyar la investigación destinada a adaptar la ciencia y la tecnología a las necesidades de los países en desarrollo. Su actividad se concentra en cinco sectores: ciencias agrícolas, alimentos y nutrición; ciencias de la salud, ciencias de la información, ciencias sociales, y comunicaciones. El Centro es financiado exclusivamente por el Parlamento de Canadá, sin embargo, sus políticas son trazadas por un Consejo de Gobernadores de carácter internacional. La sede del Centro está en Ottawa, Canadá, y sus oficinas regionales en América Latina, Africa, Asia y el Medio Oriente.

©International Development Research Centre 1984  
Postal Address Box 8500, Ottawa, Canada K1G 3H9  
Head Office: 60 Queen Street, Ottawa, Canada

Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID  
Oficina Regional para América Latina y el Caribe  
Apartado Aéreo 53016, Bogotá, D.E., Colombia

Delange, F.  
Ahluwalia, R.

IDRC-207s

Toxicidad de la yuca y tiroides : aspectos de investigación y salud : trabajos de un seminario celebrado en Ottawa, Canadá, mayo 31-junio 2, 1982. Ottawa, Ont., IDRC, 1984. 152 p. : il.

/Publicación CIID/, /mandioca/, /toxicidad/, /sistema endocrino/, /enfermedades endémicas/, /nutrición humana/, /salud pública/ — /régimen alimentario/, /epidemiología/, /investigación agrícola/, /nutrición animal/, /procesamiento de producto agrícola/, /educación sanitaria/, /retraso mental/, /consumo alimentario/, /informe de reunión/, /recomendación/, /lista de participantes/.

CDU: 616.441-006.5:633.68

ISBN: 0-88936-404-4

Se dispone de edición microficha

*This publication is also available in English.*

*Il existe également une édition française de cette publication.*

**TOXICIDAD DE LA YUCA Y TIROIDES:  
ASPECTOS DE INVESTIGACIÓN  
Y SALUD**

**Trabajos de un seminario celebrado en  
Ottawa, Canadá, mayo 31-junio 2, 1982**

**Editores: F. Delange<sup>1</sup> y R. Ahluwalia<sup>2</sup>**

ARCHIV  
AHLUWA  
59613

<sup>1</sup>*Profesor Asistente, Servicio de Radioisótopos, Hôpital Saint Pierre, Bruselas, Bélgica.*

<sup>2</sup>*Antiguo Director Asociado, División de Ciencias de la Salud, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canadá.*

## **Abstract**

This publication reports on the proceedings of a meeting on the relationship between the consumption of cassava and thyroid condition in humans. The meeting brought together scientists from the medical, agricultural, and public health sectors to (1) review results of IDRC-supported studies on the role of cassava in the etiology of endemic goitre and cretinism; (2) review research activities on agricultural aspects of cassava; (3) exchange information on methodologies and findings of other related studies; and (4) identify special priorities for research and make recommendations for public health programs. Continued research in these areas will go a long way toward preventing and controlling endemic goitre and its accompanying developmental abnormalities, which remain a major public health problem for populations in developing countries.

## **Résumé**

Cette publication est un résumé des actes d'un atelier qui a porté sur les relations entre la consommation de manioc et les troubles thyroïdiens chez l'homme. L'atelier a rassemblé des spécialistes de la médecine, de l'agriculture et de l'hygiène publique pour (1) examiner les résultats des études subventionnées par le CRDI sur le rôle du manioc dans l'étiologie du goitre endémique et du crétinisme; (2) passer en revue les travaux de recherche sur les aspects du manioc intéressant l'agriculture; (3) échanger des informations sur la méthodologie et les résultats d'études dans des domaines connexes; et (4) définir les priorités de recherche et faire des recommandations touchant les programmes d'hygiène publique. La poursuite des travaux de recherche dans ces domaines contribuera grandement à prévenir et à contrôler le goitre endémique qui, par les anomalies de développement dont il est la cause constitue toujours un grand danger pour les populations des pays en développement.

## Contenido

**Prefacio 5**

### **La Yuca y el Bocio Endémico**

Papel de la Yuca en la Etiología del Bocio Endémico y del Cretinismo  
A.M. Ermans, P. Bourdoux, J. Kinthaert, R. Lagasse, K. Luivila, M. Mafuta,  
C.H. Thilly, y F. Delange 7

Factores Alimenticios Relacionados con la Acción Bociogénica de la Yuca  
F. Delange, P. Bourdoux, E. Colinet, P. Courtois, P. Hennart, R. Lagasse,  
M. Mafuta, P. Seghers, C. Thilly, J. Vanderpas, Y. Yunga, y A.M.  
Ermans 16

Papel de Otros Bociógenos Naturales en la Etiología del Bocio Endémico  
Eduardo Gaitán 26

*Discusión: la Yuca y el Bocio Endémico* 34

### **Aspectos de Salud Pública y Nutrición del Bocio y del Cretinismo Endémicos**

Aspectos de Salud Pública y Nutricionales del Bocio Endémico y del Cretinismo  
en Asia N. Kochupillai y V. Ramalingaswami 43

Aspectos de Salud Pública y Nutricionales del Bocio y el Cretinismo  
Endémicos en los Países Africanos M. Bernmiloud, H. Bachtarzi, y  
M.L. Chaouki 49

Consideraciones Alimenticias y de Salud Pública Relacionadas con el Bocio  
y el Cretinismo Endémicos en América del Sur José R. Varea Terán 56

Aspectos Higiénicos y Alimenticios del Bocio Endémico en Nepal — Resumen  
K.B. Singh 63

El Bocio Endémico en el Estado de Sarawak, Malasia Tan Yaw  
Kwang 65

Consumo de Yuca, Bocio Endémico y Desnutrición en Costa Rica  
Leonardo Mata, Emilice Ulate, Sandra Jiménez, y Carlos Díaz 70

El Cretinismo Endémico en la Región Andina: Nuevos Enfoques Metodo-  
lógicos Ignacio Ramírez, Marcelo Cruz, y José Varea 74

El Consumo de Yuca, la Pancreatitis Calcificante Tropical y la Diabetes  
Pancreática P.J. Geevarghese 78

*Discusión: Aspectos de Salud Pública y Nutricionales del Bocio y del Creti-  
nismo Endémicos* 80

## **Panorama de la Producción y Uso de la Yuca**

El Consumo y la Producción de Yuca: un Resumen Truman P. Phillips 85

Utilización de la Yuca en la Comunidad Europea D. Renshaw 91

## **Investigación Agrícola sobre Yuca**

Investigaciones sobre Yuca Encaminadas a Superar las Limitaciones a su Producción y Utilización en África S.K. Hahn 95

Investigaciones Agrícolas sobre la Yuca en Asia y Australia Gerard H. de Bruijn 105

*Discusión: Visión de Conjunto de la Producción y Utilización de la Yuca y de las Investigaciones Agrícolas sobre este Tubérculo* 110

## **Tendencias de la Investigación Animal y Genética en Relación con la Yuca**

La Yuca, el Cianuro y la Alimentación Animal Guillermo Gómez 111

Toxicidad de la Yuca sobre la Tiroides Animal Olumide O. Tewe 116

Necesidad de Reducir la Cianogenesis de la Yuca Gerard H. de Bruijn 121

*Discusión: Tendencias de la Investigación Animal y Genéticas en Relación con la Yuca* 125

## **Procesamiento de la Yuca y Educación en Nutrición**

Tratamiento y Detoxificación de la Yuca O.L. Oke 131

Métodos Tradicionales para Detoxificar la Yuca y Educación Nutricional en Zaire P. Bourdoux, O. Seghers, M. Mafuta, J. Vanderpas, M. Vanderpas-Rivera, F. Delange, y A.M. Ermans 136

Efectos del Procesamiento de la Yuca sobre el Cianuro Residual Rodney D. Cooke 140

*Discusión: Procesamiento de la Yuca y Educación Nutricional* 145

## **Conclusiones y Recomendaciones 147**

## **Participantes 149**

## **Glosario de términos 151**

## Tratamiento y Detoxificación de la Yuca

O.L. Oke<sup>1</sup>

Se da el nombre de yuca o mandioca a la raíz farinácea de *Manihot esculenta* Crantz, planta del orden Euforbiaceas originaria de Brasil. Los portugueses introdujeron este tubérculo en el Africa occidental para alimentar a sus esclavos. En la actualidad se cultiva extensamente en casi todas las regiones tropicales. Se estima que la yuca es el alimento fundamental de 200-300 millones de personas en todo el mundo y suministra un 8-10% de las calorías diarias. A diferencia de otros cultivos empleados principalmente como fuentes energéticas (maíz, trigo, arroz, papa), la yuca se cultiva casi exclusivamente en los trópicos (aproximadamente 97%). Esto explica el reducido número de investigaciones realizadas en el pasado si se comparan con las hechas sobre otros cultivos. Sin embargo, la ayuda recibida del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) ha permitido iniciar investigaciones sobre este tubérculo y por fin se está reconociendo su importancia alimenticia.

### Procesamiento

Como la yuca está compuesta principalmente de almidón y contiene glucósidos cianogénicos, su procesamiento tiene por objeto darle un gusto aceptable y eliminar su toxicidad. Por lo tanto, la yuca nunca se come cruda. El remojo (fermentación) y los efectos del calor son aspectos fundamentales en el procesamiento de este tubérculo.

La variedad dulce generalmente se hierva directamente para ablandarla, se fríe para gelatinizar el almidón, o se asa. Como la yuca es perecedera, hay que consumirla dentro de las 24 horas siguientes a su extracción. Después de 3 días, se pone rancia y comienza el descoloramiento de la masa, del exterior hacia el interior.

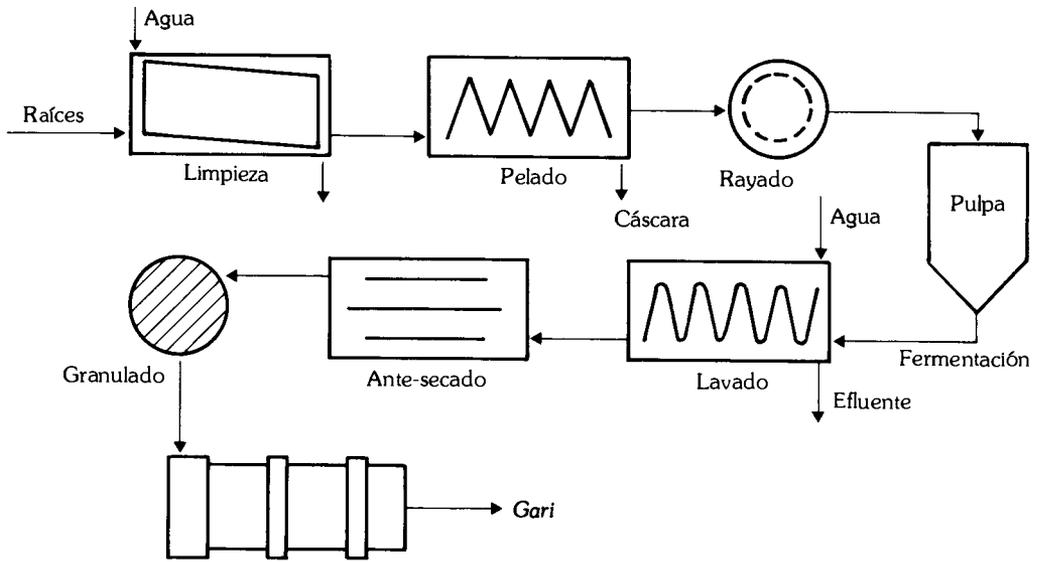
Tradicionalmente, con la yuca se elaboran varios

productos deshidratados mediante técnicas relativamente sencillas como las utilizadas en la producción de *gari*, el producto que ha recibido más atención. Para preparar el *gari*, la yuca se lava, se pela, lo que implica una pérdida de 13-20% del peso total, y se ralla. Luego se desintegra lavándola y se fermenta durante unos 4 días en sacos colocados bajo piedras pesadas para eliminar el exceso de humedad. Se desecha el jugo extraído, que contiene la mayor parte del glicósido cianogénico. El material se seca y se fríe en cazuelas de hierro a unos 80-83°C para producir *gari* blanco, o en cazuelas con un poco de aceite para producir *gari* amarillo. El producto es granular, fluido, y tiene un ligero olor acre. Para producir *gari* de alta calidad (*Olowonyo*) el producto se tamiza para obtener partículas muy finas. El volumen de agua caliente que este material puede absorber es más del triple de su peso en seco, y puede retener la humedad.

Collard y Levi (1959) observaron dos etapas en el proceso de fermentación: en la primera, *Corynebacterium manihoc* descompone el almidón produciendo ácidos orgánicos que reducen el pH e hidrolizan la linamarina, liberando ácido hidrocianúrico gaseoso. Esto toma 24 horas. La producción del ácido orgánico estimula el crecimiento de *Geotricum candida*, un hongo que produce los aldehídos y ésteres responsables del sabor característico del *gari*. Con este producto se puede preparar una pasta espesa añadiendo agua caliente; el plato se come con sopa de vegetales y carne. Se puede disolver en agua fría, o también añadir azúcar y leche, y se come con bolitas de frijoles o coco.

Meuser y Smolnik (1979) han perfeccionado un proceso para mecanizar la producción de *gari* basado en experimentos realizados en laboratorios y en fábricas piloto (Fig. 1). El proceso se asemeja al método tradicional y presta especial atención a los requisitos sanitarios y alimenticios. Las raíces se pelan mecánicamente y se hace un puré que se fermenta anaeróbicamente a 378°C; los azúcares se descomponen en ácido láctico, ácido acético y una pequeña cantidad de etanol. Cuando

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad de Ife, Ile-Ife, Nigeria.



Producción de gari/Secado

Fig. 1. Diagrama simplificado para la producción de gari.

termina la fermentación (generalmente a los 5 días, o a los 3 días si se añade licor), se exprime para eliminar el agua de desecho, y la masa se lava para eliminar el cianuro combinado y otras sustancias solubles. Luego se escurre mecánicamente y se convierte en un producto desmenuzable calentándolo directamente en cazos para gelatinizar algunos de los gránulos de almidón, a fin de obtener partículas de la estructura deseada y garantizar buena digestibilidad. A continuación se muele y se convierte en harina de varios grosores, la que contiene mucho almidón, pero pocos minerales y proteínas (Cuadro 1). El cianuro residual es muy bajo (menos de 10 ppm) y el producto contiene menos del 12% de humedad y se puede almacenar por más de un año sin que se altere el sabor. Cuando se lava el puré, se pierde el 50% de las proteínas y 40-70% de los minerales. El producto conserva el sabor fresco durante mucho tiempo.

Cuadro 1. Efectos del lavado de la pulpa fermentada sobre el contenido de ácido cianídrico de los productos derivados de la yuca.

Componentes	Gari Berlin		Farinha Amazonia
	Muestra I <sup>a</sup>	Muestra II <sup>b</sup>	
Lactato (% sd)	0,6	0,4	0,4
Acetato (% sd)	0,15	0,05	0,05
Proteína (% sd)	1,4	0,7	0,8
Minerales (% sd)	1,2	0,7	0,7
HCN (ppm)	76,7	ND	2,5

NOTA: % sd = porcentaje de sólidos disueltos.

<sup>a</sup>Sin lavar.

<sup>b</sup>Lavada.

El *fufu* es otro producto similar al *gari*. Para elaborarlo, la yuca pelada se remoja en agua y se deja fermentar durante 2 días. La pulpa suave se tamiza y se deja asentar; el residuo se descarta. Luego se pasa a una bolsa para escurrir el exceso de humedad. El producto se almacena en un recipiente y para mantenerlo fresco se añade por encima un poco de agua limpia, que se cambia todos los días. Para preparar *fufu*, la cantidad necesaria se mezcla con agua fría en un cazo de hierro hasta que se vuelve pasta. A continuación, se calienta a fuego alimentado con leña y se revuelve continuamente con un instrumento de madera hasta que se convierte en una pasta pegajosa o *fufu*. Al igual que el *gari*, se come con sopa de vegetales.

Los residuos del *fufu* generalmente se fríen en cazuelas de hierro y se ponen a secar al sol. Reciben el nombre de *kpokpogari* y se comen con pescado, cacahuets, o carne.

Simons-Gérard et al. (1980) hicieron una descripción detallada de varios productos derivados de la yuca (de la variedad amarga) que se consumen en Zaire. En la preparación de *fuku*, la raíz pelada se corta en pedazos que se secan al sol durante 1-2 días. Los pedazos se machacan en un mortero con maíz fermentado durante 12-24 horas. Para evitar que el maíz siga fermentándose, la harina resultante se asa sobre una tabla. A continuación se añade agua hirviendo y se preparan gachas.

A diferencia del *fuku*, la preparación del *chickwangué* requiere remojar la yuca en agua durante

2-6 días antes de convertirla en puré, que se hierve a fuego lento hasta obtener una pasta firme y elástica. A continuación, la pasta se envuelve en hojas de palma o banano.

Para preparar *ntuka*, las raíces de yuca se remojan durante 3-5 días, y luego se pelan y cuecen al vapor en un cazo.

Para preparar *moteke*, las raíces de yuca se remojan en agua estancada durante 1-2 días y luego se convierten en pasta, que se divide en pedazos y se seca al sol antes de molerla y hacerla harina. Las gachas se preparan mezclando la harina con agua hirviendo.

En el área de Ubangi (Zaire) aproximadamente 95% de los alimentos se derivan de la yuca; el 80% de estos es *fuku*, que se consume en promedio dos veces al día.

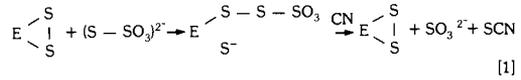
En Sri Lanka, las raíces de la yuca se pelan, se lavan, se cortan en pedazos y se hierven en agua. El agua se escurre y los pedazos se comen con *curry*. También se puede cortar en trozos y cocinar con especias como vegetal. Recientemente se ha intentado utilizar la yuca como sustituto de la harina en la elaboración de pan y en *pittu*, "saltarines" y "ristras", platos tradicionales para el desayuno (Wijeratne 1974).

En algunos países tropicales, las raíces de la yuca se fermentan para producir cerveza; también se emplean en la producción de alcohol. En Brasil, el alcohol se mezcla con gasolina en una proporción de 20:80 para producir gasohol para combustible. En Norteamérica y Europa, la yuca se hace gel, y se utiliza para espesar alimentos. También se utiliza en la elaboración de almidón comercial. Es un buen sustrato en la producción de proteínas unicelulares. Se llevan a cabo investigaciones para utilizar la yuca en la producción de harina compuesta, alimentos para bebés y otros nuevos productos. A comienzos de los 1950, la ley estipulaba que el pan horneado en Brasil y Madagascar debía contener aproximadamente 10-13% de harina de yuca.

## Detoxificación

El tratamiento que se da a la yuca no permite eliminar todos los glucósidos cianogénicos; algunos quedan en el alimento y son ingeridos. Cuando no hay B-glucosidasa, el glucósido no se metaboliza; la mayoría se elimina por la orina y muy poco por las heces (Adewusi 1981). Sin embargo, el glucósido se hidroliza y libera ácido hidrocianico (cianuro) cuando se ingiere conjuntamente con componentes de las hojas u otros ingredientes que contienen B-glucosidasa (además de linamarasa residual y glucósidos cianogénicos,

que reaccionan con la rehidratación). El cianuro se convierte en tiocianato (SCN) cuando la cantidad liberada es mínima; este sistema de detoxificación es muy eficiente, y en él interviene la enzima rodanasa (reacción 1) (Oke 1969):



Los principales problemas relacionados con el uso de los productos derivados de la yuca son la tolerancia al ácido hidrocianico contenido en los alimentos y los piensos para animales, y los métodos para reducirlo a límites aceptables en las raíces frescas. Es difícil extraerlo del todo sin que el alimento deje de ser atractivo para el consumo. Incluso cuando se hierven o se secan raíces de la variedad dulce, o cuando se fermentan tubérculos de la variedad amarga, existe la posibilidad de que no se elimine todo el cianuro. Dependiendo de la concentración en las raíces frescas, el cianuro residual puede oscilar entre 10-120 ppm.

Como la raíz pelada contiene cerca del 61% de agua y un glucósido cianogénico tóxico soluble, el primer paso en el proceso de detoxificación es la eliminación de por lo menos parte del agua, y con ella de la toxina. Se emplean varios métodos: se coloca la yuca en un saco debajo de piedras pesadas; se centrifuga, como se hace a escala comercial; se usa una prensa mecánica; se exprime a mano, etc. A continuación se emplea calor, lo que elimina la mayoría del glucósido residual y del agua. En algunos casos, como paso inicial, la raíz se remoja durante varios días; durante este tiempo, la microflora de la yuca hace que se fermente, lo cual como se sabe complementa la acción de la linamarasa endógena responsable real de la degradación. Maduagwu (1981) encontró que cuando se inhibía la actividad de la linamarasa empleando 1,5 gluconolactona (potente inhibidor de la actividad de la B-glucosidasa), la degradación de la linamarina se reducía significativamente, alrededor del 35% en 24 horas y 65% en 72 horas.

Por otra parte, cuando se añade glucosa al medio descrito, la degradación de la linamarina se aumenta en un 10%, especialmente al cabo de 36 horas. Al parecer, esto se debe a un aumento de la población de microbios in situ. La cantidad de azúcar que contiene la yuca depende de las variedades; esto podría influir sobre los índices relativos de fermentación. Cuando se inhibió la fermentación empleando esterilización o añadiendo yodoacetato de sodio, se observó que en el medio la tasa de desaparición del cianuro combinado fue similar a la del control, especialmente durante las primeras 48 horas. Esto indica que la descompo-

sición de la linamarina se debe efectivamente a la linamarasa endógena.

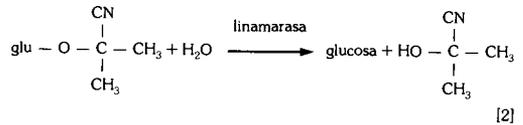
En algunos casos, la detoxificación se logra solo con calor. Esto parece ser efectivo solo en algunos casos, pero no en otros, ya que el calor puede descomponer la enzima linamarasa sin afectar al glucósido. La cocción a 72°C destruye la linamarasa, pero no altera el 90% del glucósido restante. De manera similar, cuando se secan a 60°C las raíces, en rodajas o ralladas, se puede extraer aproximadamente 90% del glucósido, pero la efectividad se reduce si la temperatura se eleva a 100°C, debido a la desnaturalización de la enzima. Por el contrario, Paula y Rangel (1939) informaron que con el secado al sol, el contenido de cianuro disminuía de 39 ppm a 17 ppm y con el secado al horno, se reducía a 6 ppm. Joachim y Pandittesekere (1944) informaron que al hervir raíces de variedades de yuca que contenían 103-232 ppm de cianuro, los niveles se podían reducir a 27-87 ppm, independientemente del contenido inicial en las raíces. Las menos afectadas son las raíces que no se ablandan y no se vuelven harinosas al hervir. Con el hervor, Raymond et al. (1941) pudieron reducir el contenido de cianuro de 332 ppm a 10 ppm. Paula y Rangel (1939) lograron extraer todo el cianuro hirviendo las raíces. El remojo en agua tibia durante cortos períodos antes del secado puede reducir considerablemente el contenido de cianuro, sobre todo si la raíz también se ralla. Razafimaherry (1953) informó que el *bourmoka* no contiene cianuro. Este producto, que se consume en Madagascar, se cuece al vapor.

Con los métodos tradicionales de procesamiento de la yuca, el glucósido se elimina durante el remojo (etapa de fermentación), durante el calentamiento (especialmente con aceite de palma), o en ambas etapas. En Nigeria, la toxicidad del cianuro se contrarresta empleando aceite de palma en la preparación de los platos elaborados con yuca. Resulta interesante que el *gari*, preparado frito en aceite de palma la pulpa de yuca fermentada, generalmente no contiene ningún cianuro, comparado con 5-20 ppm de cianuro en el *gari* frito sin usar aceite de palma (datos inéditos). Se está investigando el efecto del aceite de palma sobre la toxicidad del cianuro (Formunyan, en preparación).

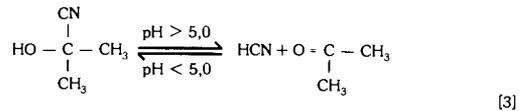
Como el *gari* es el producto derivado de la yuca estudiado en mayor detalle, habremos de basarnos en él al analizar la mayoría de los mecanismos de detoxificación.

La mayoría de la enzima está contenida en la corteza de la yuca mientras que la parte interior contiene poca. Durante el pelado y el rallado, la enzima se pone en contacto con el glucósido y se

produce la hidrólisis, liberando cianuro. La velocidad de liberación del cianuro depende del tiempo de contacto de la enzima con el glucósido. Esto probablemente explica por qué la fermentación dura varios días. Sin embargo, esto podría acelerarse si se rallara toda la yuca, ya que la actividad de la enzima contenida en la cáscara (y en las hojas) es tan elevada que la hidrólisis se completa en un período muy corto (1 hora). Meuser y Smolnik (1979) han realizado muchas investigaciones al respecto. Como es bien sabido, la linamarina se hidroliza primero en glucosa y cianohidrina que, a su vez, se descompone en acetona y ácido hidrocianico. Por lo tanto, el cianuro en la yuca puede presentarse como ácido hidrocianico libre o cianuro combinado (glucósido o cianohidrina) (reacción 2).



Como la cianohidrina es muy inestable con valores de pH mayores de 5,0 (la pulpa generalmente tiene un pH alrededor de 6,0), la reacción de equilibrio es generalmente hacia la derecha, es decir, se libera cianuro (reacción 3) (Cooke 1978).



Por lo tanto, Meuser y Smolnik (1979) perfeccionaron un método para extraer el agua resultante en los preparados de *gari*, que permite limitar el contenido de cianuro a menos de 10 ppm. El siguiente problema es la eliminación del cianuro residual empleando calor. Meuser y Smolnik (1979) compararon diferentes técnicas de secado. Estos autores observaron que la deshidratación por congelación o la deshidratación rápida solo permiten eliminar el cianuro libre, que representa solo 50% del cianuro total. Cuando la pasta fresca con un pH de 5,5-5,8, se deshidrata con rodillos o tambores se puede eliminar casi todo el cianuro. En este caso, probablemente ocurre descomposición térmica del glucósido, favoreciéndose la reacción de equilibrio hacia la derecha (es decir, la liberación de cianuro) (reacción 3). Por otra parte, cuando la pasta fermentada y desecada se deshidrata con rodillos, el cianuro residual aumenta, ya que el pH disminuye a 3,8, lo que favorece el equilibrio hacia la izquierda (es decir, alta estabilidad de la cianohidrina) (reacción 3). En estas condiciones, se interrumpe la liberación de cianuro y se estabiliza el equilibrio entre el cianuro combinado y libre, en favor del cianuro combinado, que apa-

rece en forma de cianohidrina. Por lo tanto, el método óptimo escogido fue secar los trozos en una corriente de aire caliente.

El cianuro también se puede eliminar alargando el período de fermentación (5 días) lo cual permite un cambio en la capacidad de fijación de agua del puré de manera que al exprimir y eliminar bastante agua se arrastre el cianuro tóxico. El cianuro combinado también puede eliminarse de la pasta no fermentada diluyendo el agua resultante. Un 50% de la misma se puede separar como solución relativamente concentrada, lo que es muy útil para la eliminación de aguas de desecho acidicas y tóxicas. Empleando este proceso, recientemente perfeccionado, se puede eliminar casi por completo el cianuro contenido en el *gari* preparado por Meuser y Smolnik (1979) (Cuadro 1) y así eliminar los riesgos de salud.

## Conclusiones

La mayoría de los métodos empleados en el procesamiento de la yuca no eliminan todo el cianuro; las concentraciones residuales pueden variar desde huellas a cantidades muy elevadas. En aquellas regiones donde se consumen muchos productos a base de yuca, se observa alta incidencia de trastornos de la tiroides, la cual se ha correlacionado con el consumo de este tubérculo. Por lo tanto, es necesario estudiar más detenidamente los métodos tradicionales empleados para eliminar el cianuro. Se necesitan técnicas de análisis más exactas para estudiar los principios de los métodos empleados en los procesos de detoxificación y así estar en capacidad de mejorarlos.

Por último, es necesario estudiar más cuidadosamente los casos de toxicidad aguda ocasionados por la yuca y los productos elaborados con este tubérculo para determinar si la toxicidad se debe a los glucósidos cianogénicos o a otros factores que todavía no se han aislado. Esto permitiría aclarar si en las áreas endémicas estudiadas por Ekpechi (1964) y Delange et al. (1973) la yuca o los alimentos contienen o no bociógenos. ¿Se debe a su diatesis? Se sabe que todos los nutrientes no tienen la misma actividad y que, por razones que se desconocen, algunos individuos tienen necesidades nutricionales mucho mayores, mientras que para otros el exceso es tóxico. Se desconoce si estas personas han perdido la capacidad de eliminar el tiocianato que se forma, o si están metabolizando el glucósido tan rápidamente que las cantidades de tiocianato pueden competir con el yodo, o si el problema se debe simplemente a la deficiencia de yodo o de proteína. Se señalan estos problemas para evitar pasar por alto algún

punto importante cuando se analicen los datos para determinar las causas exactas del bocio.

- Adewusi, S.R.A. 1981. Cyanide metabolism in plants and animals. Chemistry Department, University of Ife, Ile-Ife, Nigeria, Tesis de doctorado (en preparación).
- Collard, P. y Levi, S. 1959. A two-stage fermentation of cassava. *Nature*, 183, 620.
- Cooke, R.D. 1978. An enzymatic assay for total cyanide content of cassava. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 29, 345.
- Delange, F., van der Velden, M., y Ermans, A.M. 1973. Evidence of an antithyroid action of cassava in man and in animals. En Nestel, B. y MacIntyre, R., ed., *Chronic Cassava Toxicity: Proceedings of an Interdisciplinary Workshop*, London, England, 29-30 January 1973. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá, IDRC-010e, 147-151.
- Ekpechi, O.L. 1964. Pathogenesis of endemic goitre in eastern Nigeria. *British Journal of Nutrition*, 21, 537.
- Formunyan, R. 1982. Effect of palm oil in the detoxification of cyanide from cassava. Animal Science Department, University of Ife, Ile-Ife, Nigeria, Tesis de doctorado (en preparación).
- Joachim, A.W.R. y Pandittesekere, D.G. 1944. Investigations on the hydroorganic acid content of manioc. *Tropical Agriculture*. 100, 150.
- Maduagwu, E.N. 1981. Differential effects on cyanogenic glycosides in fermenting cassava root pulp by B-glucosidase and microbial activities. En *Proceedings of a National Conference on the Green Revolution in Nigeria*. Port Harcourt, University of Science and Technology, Port Harcourt, Nigeria.
- Meuser, F. y Smolnik, H.D. 1979. Processing of cassava to gari and other foodstuffs. *Starch/Stärke*, 32, 116.
- Oke, O.L. 1969. The role of hydrocyanic acid in nutrition. *Cassava as food in Nigeria*. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 11, 170.
- Paula, R.D.G. y Rangel, J. 1939. HCN or the poison of bitter or sweet manioc. *Revista Alimentar (Rio de Janeiro)*, 3, 215.
- Raymond, W.D., Jojo, W., y Nicodemus, Z. 1941. The nutritive value of some Tanganyika foods. II. Cassava. *East African Agricultural Journal*, 6, 154.
- Razafimaherry, R. 1953. Glucosides cyanogéniques: Pois du Cap, Manioc et Bononoka. *Bulletin Académie Malgache (Ser Nouvelle)*, 31.
- Simons-Gérard, E., Bourdoux, P., Hanson, A., Mafuta, M., Lagasse, R., Ramioul, L., y Delange, F. 1980. Foods consumed and endemic goitre in the Ubangi. En Ermans, A.M., Mbulamoko, N.M., Delange, F., y Ahluwalia R., ed., *Role of Cassava in the Etiology of Endemic Goitre and Cretinism*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá, IDRC-136e, 69-80.
- Wijeratne, W.R. 1974. Cultivation, processing and utilization of cassava in Sri Lanka. En Araullo, E.V., Nestel, B., y Campbell, M., ed., *Cassava Processing and Storage: Proceedings of an Interdisciplinary Workshop*, Pattaya, Thailand, 17-19 April 1974. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá, IDRC-031e, 73-75.