DOI: https://doi.org/10.46296/ig.v4i8.0033

EFECTO DEL PROCESAMIENTO TRADICIONAL DE LA YUCA (*MANIHOT ESCULENTA*) Y DERIVADOS SOBRE EL CONTENIDO DE GLUCÓSIDOS CIANOGÉNICOS

EFFECT OF THE TRADITIONAL PROCESSING OF YUCA (*MANIHOT ESCULENTA*) AND DERIVATIVES ON THE CONTENT OF CYANOGENIC GLUCOSIDES

Castro-Moreira Yanexi[1]*, Cristellot-Pinto Fátima[1], Murgueitio-Adum Nazre[1], Gómez-Salcedo Yunet[1], Rosero-Delgado Ernesto[1]

[1]Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.

***Correo:** ycastro4301@utm.edu.ec

Resumen

El consumo de productos derivados de plantas cianogénicas puede resultar peligroso si éstas no son procesadas correctamente. La yuca (*Manihot esculenta*) es un alimento básico y nutritivo para la población mundial; sin embargo, entre sus características destaca la presencia del ion cianuro, el cual, mediante una serie de reacciones enzimáticas genera ácido cianhídrico que resulta tóxico para el consumo humano. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del procesamiento tecnificado de la yuca y su derivado primario, sobre el contenido de ácido cianhídrico, producto generado de la hidrólisis de la linamarina y lotaustralina. El rendimiento de extracción de almidón fue de 19,4 %. Las variedades analizadas, INIAP Portoviejo 650 e INIAP Portoviejo 651, reportan concentraciones en ácido cianhídrico de 0,263 $mg.g^{-1}$ y 0,230 $mg.g^{-1}$, respectivamente. Se demuestra que el procesamiento tecnificado reduce el 86% del componente logrando obtener un producto apto para el consumo. La concentración de las enzimas precursoras de cianuro; la linamarina y lotaustralina, alcanzan concentraciones finales de 0,068 y 0,005 $mg.g^{-1}$, respectivamente. La presencia del cianuro en las especies analizadas no presenta valores significativos que indiquen un riesgo para el consumo ya que se encuentra por debajo de la dosis letal.

Palabras clave: yuca, ácido cianhídrico, cianuro, linamarina.

Abstract

The consumption of products derived from cyanogenic plants can be dangerous if they are not processed correctly. Cassava (*Manihot esculenta*) is a basic and nutritious food for the world population; However, its characteristics include the presence of the cyanide ion, which, through a series of enzymatic reactions, generates hydrocyanic acid that is toxic for human consumption. The objective of this research was to evaluate the effect of the technical processing of cassava and its primary derivative, on the content of hydrocyanic acid, a product generated from the hydrolysis of linamarin and lotaustalin. The starch extraction yield was 19.4%. The varieties analyzed, INIAP Portoviejo 650 and INIAP Portoviejo 651, report concentrations in hydrocyanic acid of 0.263 $mg.g^{-1}$ and 0.230 $mg.g^{-1}$, respectively. It is shown that technical processing reduces 86% of the component, achieving a product suitable for consumption. The concentration of the cyanide precursor enzymes; linamarin and lotaustraline reach final concentrations of 0.068 and 0.005 $mg.g^{-1}$, respectively. The presence of cyanide in the analyzed species does not present significant values that indicate a risk for consumption since it is below the lethal dose.

Keywords: yuca, hydrocyanic acid, cyanide, linamarin.

Información del manuscrito:
Fecha de recepción: 12 de febrero de 2021
Fecha de aceptación: 10 de marzo de 2021
Fecha de publicación: 09 de julio de 2021

1. Introducción

A nivel mundial se generan aproximadamente 203 millones de toneladas anuales de raíces frescas de yuca, de las cuales el 18 % es producido en América Latina (Suárez & Mederos, 2011). De acuerdo con el INIAP, en Ecuador se producen en promedio 92.533 toneladas de yuca, de las cuales Manabí aporta con el 5,3 %. A nivel nacional se reconocen tres genotipos de yuca divididos por el color de sus raíces: blancas, amarillas y negras; en este último grupo se encuentran la variedad morada, valencia y dos variedades liberadas por INIAP Portoviejo 650 y 651 (Hinostroza et al., 2014). Según el INIAP (2012) la variedad 650 proviene del clon MCol 2215 de origen venezolana y fue introducida en 1987, mientras que la variedad 651 proviene del clon CM-1335-4 de origen colombiano y fue introducida en 1989, ambas por el Centro Internacional de agricultura Tropical (CIAT).

Sarkiyayi & Agar (2010) determinaron que la composición aproximada nutricional de la yuca es de 0,82 % de humedad, 2,71 % de ceniza, 4,4 % de fibra cruda, 2,69 % de proteína y 85,46 % de carbohidratos totales; sin embargo, esta composición puede variar en dependencia de la especie ya que las variedades que poseen una mayor presencia de ceniza se asocian a un elevado nivel de minerales y un aumento significativo de fibra por su alto contenido de celulosa así como también el contenido de proteína se adjudica a sustancias nitrogenadas presentes en ellas.

La yuca contiene dos glucósidos cianogénicos en sus raíces y hojas, en una proporción de 93:7, esos dos glucósidos son denominados linamarina o también cianuro total de los tejidos en la yuca y Lotaustralina como cianuro libre (Da Silva et al., 2008). Según Murugan et al., (2012), los glucósidos no son tóxicos por sí mismos, pero sí el HCN generado por la hidrólisis enzimática mediante la enzima linamarasa o B-glucosidasa que produce glucosa y cianohidrina, esta última a pH mayor que 5 mediante la enzima hidroxinitrilo-liasa produce acetona y ácido cianhídrico. La yuca contiene una cantidad promedio de glucósidos cianogénicos de 1 $mg.g^{-1}$ y resulta tóxica si el procesamiento de esta raíz es inadecuado antes de

su consumo (Turpo, 2015). La dosis letal del ácido cianhídrico es de 50 a 60 mg y el consumo del cianuro establece una dosis promedio de 2 mg por kg de masa corporal (Hernández, 2010). Según Walpole et al. (2012) en Latinoamérica el peso corporal promedio de la población es de 67 kg.

La toxicidad de la yuca ha recaído directamente en el alto contenido de HCN generado en algunas variedades de la misma, es así que la ingestión de grandes cantidades de yuca en forma cruda o mal procesada, puede causar envenenamiento fatal (Ricaurte, 2014).

El almidón, según Cobana & Antezana (2007) por sus características nutricionales y sus múltiples aplicaciones en la industria alimentaria es el carbohidrato de mayor importancia, además de su destacada comercialización. Durante el proceso de producción de almidón se liberan grandes cantidades de glucósidos cianogénicos que se encuentran en la yuca (Kaewkannetra et al., 2009), y la degradación de estos glucósidos se realiza a través del metabolismo de las enzimas presentes en las células mesófilas de la planta, de manera que el sustrato y la enzima se encuentran físicamente separados dentro de la raíz (Diaz, 2010). Aristízabal & Sánchez (2007) indican que el análisis del HCN es realizado inicialmente en la yuca y en productos finales, por lo cual en las etapas para la obtención de almidón tradicional no realizan una cuantificación del compuesto. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del procesamiento tradicional y tecnificado de la yuca y su derivado primario, sobre el contenido de ácido cianhídrico, producto generado en la hidrólisis de la linamarina y Lotaustralina.

2. Metodología

2.1. Procedencia y tratamiento de las muestras

Con el fin de evaluar dos variedades se usaron las raíces de yuca codificadas INIAP 650 e INIAP 651, las cuales fueron introducidas al Ecuador a través del CIAT, éstas se obtuvieron del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ubicado en la ciudad de Portoviejo.

2.2. Obtención de almidón como principal derivado de la yuca

La experimentación se realizó a escala de laboratorio, en la Universidad Técnica de Manabí (UTM) en el Laboratorio de Química. Las raíces fueron procesadas según la metodología expuesta por Alarcón & Dufour (1998), la cual es realizada en las plantas tradicionales manabitas. En cada etapa del procesamiento de la yuca, se realizó un muestreo para identificar: Ácido Cianhídrico (HCN) y Cianuro total (CN^-).

2.3. Simulación del proceso tecnificado de la obtención de almidón

La simulación se realizó utilizando el software SuperPro Designer v.9 (Intelligent Inc.), para lo cual fue fundamental definir: masa inicial, humedad inicial y final y composición nutricional de la materia prima, datos necesarios para que el software calcule el balance de masa del proceso.

2.4. Determinación de HCN

La cuantificación del ácido cianhídrico (HCN), se basa en el método estándar propuesto por The Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2007). Se colocaron 10 g de muestra en el balón de destilación a los cuales se añaden 200 mL de agua destilada para realizar la autolisis durante 4 h con el equipo de Kjeldahl instalado. Se destilan 150 mL en 20 mL de una solución de NaOH al 2,5% m/v, finalmente se adiciona agua destilada hasta llegar a un volumen definido de 200 mL. Se tomaron 100 mL de la mezcla, y se añadieron 8 mL de NH_4OH 6 M y 2 mL de KI al 5% m/v, luego se realizó la titulación con $AgNO_3$ al 0,02 M. El punto final de la titulación es poco intenso, pero de turbidez permanente. La relación de ácido cianhídrico y cianuro se basa en la reacción del nitrato de plata con el ion cianuro en una solución alcalina para formar el complejo soluble según la siguiente reacción.

$$Ag^+ + 2CN^- \rightarrow Ag(CN)_2^-$$

Ec. 1

El cálculo de la concentración de HCN y CN^- se realizó mediante las siguientes expresiones:

$$HCN(mg.g^{-1}) = consumo(AgNO_3) * 1.08$$

Ec 2.

$$CN(mg.g^{-1}) = consumo(AgNO_3) * 2$$

Ec 3.

3. Resultados y discusión

La linamarina y Lotaustralina son dos glucósidos cianogénicos presentes en las raíces de la yuca, dichos compuestos contienen en radicales de CN^-. Durante las etapas de procesamiento estos glucósidos se hidrolizan dando lugar a HCN y cetona. (Figura 1).

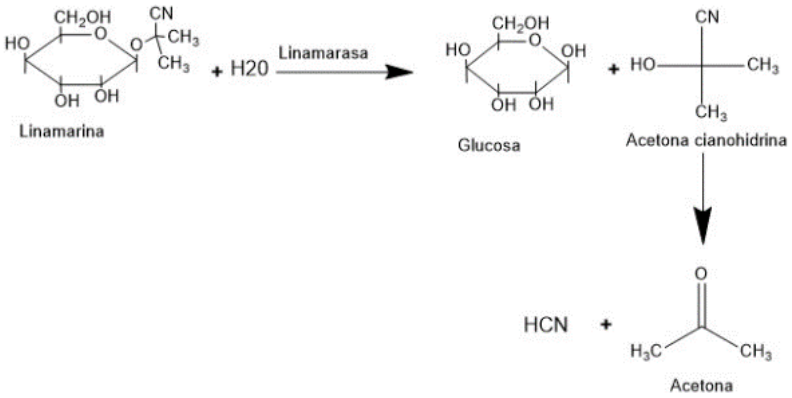

Figura 1. Síntesis de cianógeno en yuca.
Fuente: Montagnac et al. (2009).

3.1. Cambio en la concentración de Linamarina y Lotaustralina en el proceso tecnificado de producción de almidón de yuca.

En las etapas del proceso de producción de almidón se reduce la concentración de los glucósidos tal y como se expresa en la Figura 2 en cierta cantidad de estos compuestos, las dos variedades más consumidas en el país son la INIAP 650 e INIAP 651, las cuales inicialmente (pulpa) tienen una concentración de 0,453 ± 0,136 y 0,397 ± 0,012 $mg.g^{-1}$ de Linamarina, respectivamente, y de 0,034 ± 0,136 y 0,030± 0,012 $mg.g^{-1}$ de Lotaustralina. Esta concentración se ve alterada por varios factores que afectan la concentración de cianuro, y a la vez la concentración de glucósidos cianogénicos, entre los cuales destacan: la escasez de agua, ya que genera mayor contenido de HCN debido al estrés hídrico, relacionado específicamente a la ubicación de los cultivos (Cardoso et al., 2005); el tiempo de cosecha sería otro factor influyente para que la cantidad de cianuro en el parénquima de muestras recolectadas en la mañana sea menor en comparación al resto del día, debido al efecto de la temperatura, que a su vez se

relaciona a la cianogénesis inducida cuando hay daño en la célula de la planta que libera las enzimas que causan la formación de cianuro del complejo glucósido (Ubwa et al., 2015). En las gráficas se observa el cambio en la concentración de estos glucósidos en las dos variedades de yuca utilizadas en el país, a lo largo del proceso de producción de almidón de yuca, al finalizar el proceso, el producto (almidón) tiene una concentración de Linamarina de 0,049 $mg.g^{-1}$ y de 0,068 $mg.g^{-1}$ para la variedad 650 y 651 respectivamente y para la Lotaustralina de 0,004 $mg.g^{-1}$ y de 0,005 $mg.g^{-1}$ para la variedad 650 y 651. De acuerdo a un estudio realizado por Durán & Rojas (2013) en la variedad Chirosa ó MCol 2066 se demostró que la materia prima inicial cosechada en un período de 10, 11 y 12 meses; presentó concentraciones iniciales de 101,7$mg.kg^{-1}$, 94,02 $mg.kg^{-1}$ y 88,6 $mg.kg^{-1}$ de cianuro, las cuales al ser sometidas a un proceso térmico de fritura redujo en promedio un 44%, resaltando que este proceso elimina parcialmente el contenido de cianuro y que las concentraciones dependen de la variedad y el tiempo de cosecha.

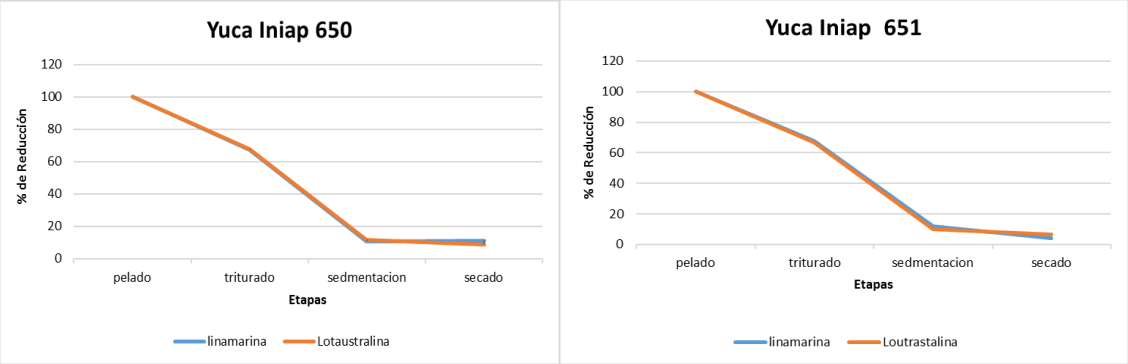

Figura 2. Porcentaje de reducción de los glucósidos cianogénicos en las variedades INIAP 650 y 651 en la obtención de almidón (proceso tecnificado).

3.2. Variación de la concentración de HCN y CN en el proceso de producción de almidón

El proceso de elaboración de almidón conlleva una serie de procedimientos a los que se somete la materia prima. En la tabla 1 se observa el comportamiento del HCN en cada etapa de la obtención del producto final.

Tabla 1.

Concentración del HCN y Cianuro; procesamiento tecnificado frente a procesamiento tradicional.

Etapa	Componente	Concentración de HCN ($mg.g^{-1}$)		Concentración CN^- ($mg.g^{-1}$)	
Variedad de Yuca →		**650**	**651**	**650**	**651**
Pelado	Cáscara	0,166 ± 0,081	0,126 ± 0,006	0,307 ± 0,150	0,233 ± 0,012
	Pulpa	0,097 ± 0,019	0,104 ± 0,006	0,180 ± 0,035	0,193 ± 0,012
Triturado	Pulpa triturada	0,086 ± 0,011	0,079 ± 0012	0,160 ± 0,020	0,147 ± 0,023
Tamizado	Bagazo	0,006 ± 0,011	0,010 ± 0,006	0,012 ± 0,010	0,018 ± 0,011
Sedimentación	Agua de sedimentación	0,089 ± 0,011	0,098 ± 0,006	0,165 ± 0,021	0,182 ± 0,012
Secado	Almidón húmedo	0,058 ± 0,006	0,050 ± 0,006	0,107 ± 0,012	0,093 ± 0,012
	Almidón seco	0,029 ± 0,006	0,040 ± 0,006	0,053 ± 0,012	0,073 ± 0,012
CONTROL	**Almidón Comercial***	**0,032 ± 0,001**		**0,06 ± 0,001**	

*Obtenido por el método tradicional

Se determinó que el mayor contenido de ácido cianhídrico se elimina en la etapa de pelado, el cual representa al 37,9 % en la variedad INIAP 650 y 34,1% en la variedad INIAP 651 del componente tóxico, este dato hace referencia a la cáscara del sistema radicular y la esclerénquima, mientras que la pulpa presentó concentraciones de 0,097 $mg.g^{-1}$ y 0,104 $mg.g^{-1}$ en las variedades 650 y 651 respectivamente. Nestel (1973) menciona que el incremento del compuesto tóxico en la cáscara de la raíz es debido a que el contenido de cianuro en la misma es apropiadamente diez veces mayor que en la pulpa.

En la etapa de rallado se elimina el 6,8 % en la variedad 650, mientras que la variedad 651 el 15%, lo cual indica que en promedio la presencia del compuesto tóxico en esta etapa se pierde 10,9 %. Cardoso et al. (2005) indican que esto ocurre debido a que qué métodos (rallado y triturado) inmersos en el proceso, eliminan los compuestos tóxicos como efecto secundario porque rompen completamente las células vegetales de la yuca y permiten el contacto entre la linamarina y la linamarasa, más no como un

tratamiento específico para la eliminación de compuestos tóxicos.

En el proceso de la sedimentación se elimina el 20,9% y 30,5% en la variedades INIAP 650 y 651 del HCN presente en el proceso; de acuerdo a lo descrito por Arrázola (2002) las pérdidas asociadas en esta etapa se deben principalmente a que gran parte de los glucósidos cianogénicos se hidrolizan rápidamente convirtiéndose en cianuro libre, como resultado de la desintegración de los tejidos que ocurren en la pulpa triturada; además durante la sedimentación suele ocurrir una fermentación, ya que los tiempos de retención en ciertos procesos son prolongados, lo cual contribuye a la pérdida de compuestos tóxicos ya que según Iwuoha (2013) los procesos fermentativos son efectivos en la eliminación de ácido cianhídrico, puesto que reducen entre el 41,7 % y 88,4 % en un período comprendido entre 2 y 4 días, esto debido a la capacidad de los microorganismos para utilizar el cianuro libre, pero estos procesos generalmente son utilizados para la obtención de almidón agrio.

El proceso de secado elimina el 30,2% en la variedad INIAP 650 y 12,5% en la variedad INIAP 651 del HCN, siendo este una posible alternativa para la reducción de los compuestos cianogénicos en la yuca. Sobre esto la FAO (2008) menciona que a temperaturas no aproximadas a 70 °C se elimina hasta el 90% del ácido cianhídrico en las raíces de la yuca.

Por otra parte, en el proceso para la obtención de almidón de yuca se obtuvo una concentración final de HCN equivalente a 0,029 $mg.g^{-1}$ para 650 y 0,040 $mg.g^{-1}$ para la 651, lo cual nos indica que el ácido cianhídrico disminuyó un promedio de 85,8 %. El CODEX (2013) menciona que las concentraciones de HCN en algunos almidones de yuca alcanzan 0,05 $mg.g^{-1}$; bajo este criterio las muestras procesadas están dentro del límite permisible para su consumo humano. Según Da Silva et al. (2008) la concentración de cianuro y el uso de la yuca como alimento están condicionados a una hidrólisis enzimática de los glucósidos cianogénicos; a su vez, la toxicidad potencial del alimento procesado a partir de una planta cianogénica depende de la

concentración de HCN, puesto que se libera la enzima beta-glucosidasa que permanece activa hasta que el pH bajo del estómago desactive la enzima, liberando HCN de los glucósidos cianogénicos (WHO, 1993).

Según los resultados obtenidos del análisis de la concentración de HCN y CN^-, para el producto obtenido de manera tecnificada, como de la muestra de almidón comercial analizada, se puede concluir que existe un beneficio en cuanto a la disminución de estos compuestos tóxicos presentes en la yuca mediante el método tecnificado. Hernández (2010) menciona que el consumo de yuca con una concentración de 2 mg de CN^- y de 50 a 60 mg de HCN por cada kilogramo de peso corporal resulta en un perjuicio grave para la salud; si se asume que una persona promedio pesa 67 kg y en base a los resultados obtenidos en esta investigación una persona debería consumir 2,5 kg de almidón procesada de manera tecnificada.

Sin embargo, se debe mencionar que estos valores cambian en función de la variedad de yuca consumida o de la mezcla de variedades utilizada, en el país generalmente una mezcla entre la variedad 651 y la variedad 650 es utilizada para elaborar almidón y otro tipo de presentaciones (productos cocidos u horneados), por lo que en el mercado se pueden encontrar raíces de yuca con concentraciones de CN^- entre 0,180 a 0,193 $mg.g^{-1}$ (tabla 1).

3.3. Proceso tecnificado para la producción de almidón de yuca

El proceso tradicional de producción de almidón de yuca se compone de 7 etapas, las cuales inician con la recepción de la yuca, que se dirige a ser pelada obteniendo cáscara como residuo; seguido a esto se lava; por su parte en el triturado se consigue una pasta que es enviada al tamizado, en el cual se mezcla con agua para luego mediante la operación de tamizado separar el bagazo y desecharlo, la torta ingresa al sedimentador para ser separada del agua y obtener el almidón húmedo que posteriormente será secado al sol para obtener el producto final.

Por otra parte, el proceso productivo tecnificado planteado en la figura 3 detalla las mismas etapas presentes en el proceso tradicional, sin

embargo, se mejora el control durante el secado (tiempo y temperatura), lo que mejora la eliminación de los compuestos tóxicos. Previo al diseño expuesto fue necesario establecer un proceso en régimen continuo, para lo cual fue fundamental conocer los siguientes datos: masa inicial, humedad inicial y final, composición nutricional de la materia prima.

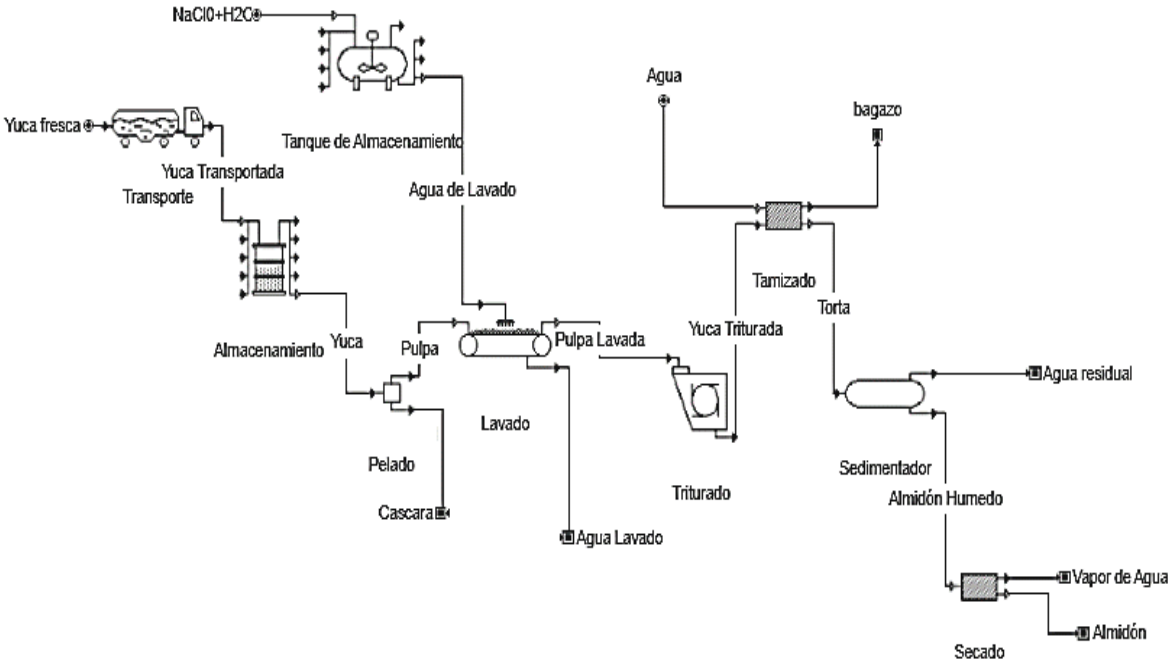

Figura 3. Proceso de producción de almidón en las plantas tecnificadas de la provincia de Manabí.

Así mismo, en el balance del proceso de la figura 4 se consideró únicamente la variedad 651 porque es la variedad con mayor rendimiento de extracción de almidón, el cual muestra que por cada tonelada de yuca procesada se pierden 90 kg de cáscara y se obtienen 910 Kg de pulpa; durante el lavado utilizan 1000 litros de solución de hipoclorito de sodio al 0,5% para eliminar impurezas de la pulpa; después del tamizado se obtienen 683,85 Kg de producto (torta) y 1768,52 Kg de bagazo (desecho); durante la sedimentación se eliminan las capas de suciedad y otras impurezas de la superficie de la masa de almidón, lo cual hace referencia a 427,46 kg de agua residual procedente del proceso. Finalmente, después del secado se alcanza una humedad de 12% en una masa de 170,48 Kg.

Según lo observado en la planta de procesamiento tradicional, el rendimiento alcanzado en la obtención de almidón de yuca es 14,6 %, mientras que en la simulación del proceso tecnificado se obtiene un rendimiento de 19,4 %, dichos valores no alcanzan el rendimiento reportado por Cevallos (2007), donde menciona que alcanza el 36,6 % con la variedad valencia; es decir, que el efecto del rendimiento depende notoriamente de la variedad. El conocer las pérdidas en cada etapa nos ayuda a mejorar el rendimiento de las operaciones que a su vez nos permiten disminuir las concentraciones de ácido cianhídrico, así como de cianuro.

4. Conclusiones

En el país el cultivo de yuca es tradicional y se considera un producto fundamental para la seguridad alimentaria por su acceso oportuno. La concentración de glucósidos cianogénicos presentes en la raíz (Linamarina y Lotaustralina), dos precursores en la formación de HCN cambian en función de la variedad.

La variedad INIAP 650 presenta una concentración de Linamarina de 0,049 $mg.g^{-1}$ y de Lotaustralina de 0,004 $mg.g^{-1}$. En cuanto a la variedad INIAP 651 la concentración de Linamarina y Lotaustralina es 0,068 $mg.g^{-1}$ y de 0,005 $mg.g^{-1}$, respectivamente.

En la producción de almidón de yuca se hidrolizan estos compuestos y, al finalizar el proceso, el producto comercial (almidón) tiene una concentración de HCN de 0,032 $mg.g^{-1}$ y de CN^- 0,6 $mg.g^{-1}$.

El proceso tecnificado de producción de almidón de yuca (variedad 651) logra disminuir la concentración de CN^- en un 89,12%, y el HCN en un 88,9%. El alto contenido de almidón en la yuca hace de este tubérculo uno de los más importantes en la dieta alimenticia a pesar de su carácter cianogénico, además de sus múltiples usos dentro de la industria, su producción sostenible y su adaptación climática.

Bibliografía

Alarcón, F., & Dufour, D. (1998) “Almidón agrio de yuca en Colombia” Cali Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical agrio de yuca.

AOAC. (2007). Alkaline Titration Method. Association of official Analytical Chemists.

Aristízabal, J., & Sánchez, T. (2007). Guía técnica de producción de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO. Roma.

Arrázola, G. (2002). Análisis de Glucósidos Cianogénicos en variedades de almendro: Implicaciones en la mejora genética.

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 Comp Anal 18*, 451–60.

Cevallos, J. (2007). La producción y exportación de Almidón de Yuca de la Provincia de Manabí y su demanda en el mercado de Colombia en el periodo 2002-2006.

Cobana, M. & Antezana, R. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca.

CODEX. (2013). MANUAL DE PROCEDIMIENTO. Comisión del Codex Alimentarius.

Da Silva, J., De Paula, C., Moreira de Oliveira, T., & Pérez, O. (2008). Derivados de la yuca y componentes tóxicos en Brasil. Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Federal de Viçosa.

Díaz, G. J. (2010). *Plantas tóxicas en salud y producción animal en Colombia.* Editorial: Universidad Nacional de Colombia.

Durán, N., & Rojas, M. (2013). Propuesta metodológica para la evaluación del as características fisicoquímicas de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta Crantz*), utilizadas como materia prima para la preparación de hojuelas fritas. *Redalyc, 18*(3). Recuperado desde: https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/8597.

FAO. (2008). Documento de debate sobre glucósidos. Comisión del codex alimentarius, 2-3.

Hernández, L. (2010). Evaluación de la capacidad de un aislado bacteriano nativo de *Pseudomonas sp.* como potencial degradador de compuestos cianurados.

Hinostroza, F., Mendoza, M., Navarrete, M., & Muñoz, X. (2014). INIAP (Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuaria). Obtenido de INIAP (Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuaria): http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5214/1/INIAPEEPbd436.pdf.

INIAP. (2012). INIAP Portoviejo-651 Variedad de yuca para la producción de Almidón. Estación Experimental Portoviejo.

Iwuoha, G. (2013). Detoxification Effect of Fermentation on Cyanide Content of Cassava Tuber.

Kaewkannetra, P., Imai, T., García-García, FJ y Chiu, TY (2009). Eliminación de cianuro de las aguas residuales del molino de yuca utilizando *Azotobactor vinelandii* TISTR 1094 con microorganismos mixtos en el sistema de tratamiento de lodos activados. *Revista de materiales peligrosos, 172*(1), 224-228.

Montagnac, J., Davis, C., & Tanumihardjo, Sh. (2009). Procesing techniques to reduce toxiicity and antinutrients of cassava for use as a staple food. *Comprehensie reviews in food sciencii and food safety, 8*(1). Recuperado desde: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1541-4337.2008.00064.x.

Murugan, K., Sekar, K., & Al-Sohaibani, S. (2012). Desintoxicación de cianuros en harina de yuca por linamarasa de *Bacillus subtilis* KM05 aislada de cáscara de yuca. *African Journal of Biotechnology, 11*(28), 7232-7237.

Nestel, B. (1973). Current utilization and future potential for Cassava.

Quiroga, P., & Olmos, V. (2017). Revisión de la toxicocinética y la toxicodinamia del ácido cianhídrico y los cianuros. Buenos Aires: Scielo.org. a.

Ricaurte, F. (2014). La yuca como alternativa en la alimentación de cerdos en la etapa de Ceba.

Sarkiyayi, S. & Agar, T. (2010). Análisis comparativo sobre los contenidos nutricionales y anti nutricionales de las variedades de yuca dulce y amarga. *Advance Journal of Food Science and Technology, 2*(6), 328-334.

Suárez, L. & Mederos, V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta Crantz*). *Tendencias actuales. Cultivos tropicales, 32*(3), 27-35.

Turpo, F. (2015). Compuestos cianogénicos en vegetales comestibles (cereal, drupas y su cuantificación mediante métodos ópticos. Universidad Mayor de San Andrés: La Paz- Bolivia.

Ubwa, S., Adoga, S., Tyohemba, R., & Shambe, T. (2015) Estimación cuantitativa del cianuro de hidrógeno en el parénquima (pulpa) de tubérculo fresco y cocido de tres cultivares de yuca dulce cultivados en algunas partes del estado de Benue, Nigeria.

Walpole, S., Prieto-Merino, D., Edward, P., Cleland, J., &

Stevens, R. (2012). The weight of nations: an estimation of adult human biomass. *BMC Public Health. BMC Public Health,* (12), 439. Recuperado de: https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-12-439

WHO. (1993). Cyanogenic glycosides. In: Toxicological evaluation of certain food additives and naturally ocurring toxicants. FAO.