

## Efecto del procesamiento tradicional de producción de Almidón de Yuca en la concentración de compuestos cianhídricos

Effect of traditional processing of cassava starch production on the concentration of hydrocyanic compounds

Efeito do processamento tradicional da produção de fécula de mandioca na concentração de compostos hidrociânicos

**Nazre Daniel Murgueitio-Adum**

[nmurgueitio1950@utm.edu.ec](mailto:nmurgueitio1950@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-3164-4517>

Maestría en Ingeniería Química Mención Alimentos, Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, S/N, Avenida Urbina y Che Guevara, Portoviejo, 130104, Ecuador

**Alex Fernández-Andrade**

[afernandez3705@utm.edu.ec](mailto:afernandez3705@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-7073-0867>

Departamento de Ingeniería de la Madera, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío-Bío (UBB), Concepción, 4081112, Chile

**Ernesto Alonso Rosero-Delgado**

[ernesto.rosero@utm.edu.ec](mailto:ernesto.rosero@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-8878-8522>

Departamento de Procesos Químicos, Alimentos y Biotecnología, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, 130104, Ecuador

### RESUMEN

La yuca es un alimento que contiene linamarina y lotaustralina, los cuales son glucósidos cianogénicos (GC) que pueden hidrolizarse enzimáticamente y generar ácido cianhídrico (HCN). Bajo este contexto, se evaluó el contenido de compuestos cianogénicos (CCN) en productos derivados de la yuca como el almidón, así como el efecto de condiciones de operación sobre la concentración de estos compuestos. El monitoreo de la concentración de HCN, se realizó mediante titulación en las diferentes muestras. Mientras que, la linamarina se detectó mediante cromatografía líquida. En la sedimentación, se tomaron muestras cada hora durante 4 horas y en el secado se evaluaron tres temperaturas, 50, 60 y 80 °C, en tiempos de hasta 4 h. Los resultados indicaron que la etapa donde se elimina la mayor cantidad de HCN es el despulpado, con una reducción del HCN de 63%. En la sedimentación, se reflejó una disminución de la concentración de HCN a medida que transcurría el tiempo. Mientras que, en el secado el análisis estadístico permitió sugerir que 60 °C y 3 h de secado serían las condiciones adecuadas para esta etapa llevando la concentración de HCN hasta 0,024 mg. g<sup>-1</sup>. Finalmente, la determinación cualitativa de la linamarina respaldó los resultados numéricos.

**Palabras claves:** ácido cianhídrico, almidón, compuestos cianogénicos, linamarina.

### ABSTRACT

Cassava is a food containing linamarin and lotaustralin, which are cyanogenic glycosides (CG) that can be enzymatically hydrolyzed and generate hydrocyanic acid (HCN). Under this context, the content of cyanogenic compounds (CCN) in cassava-derived products such as starch was evaluated, as well as the effect of operating conditions on the concentration of these compounds. The HCN concentration was monitored by titration in the different samples. Linamarin was detected by liquid chromatography. In sedimentation, samples were taken every hour for 4 hours and in drying, three temperatures were evaluated, 50, 60 and 80 °C, in times of up to 4 hours. The results indicated that the stage where the greatest amount of HCN is eliminated is pulping, with a reduction of HCN of 63%. In sedimentation, a decrease in HCN concentration was reflected as time elapsed. In drying, the statistical analysis suggested that 60 °C and 3 h of drying would be the appropriate conditions for this stage, bringing the HCN concentration to 0.024 mg. g<sup>-1</sup>. Finally, the qualitative determination of linamarin supported the numerical results.

**Keywords:** hydrocyanic acid, starch, cyanogenic compounds, linamarin.

### RESUMO

A mandioca é um alimento que contém linamarina e lotaustralina, que são glicosídeos cianogênicos (GC) que podem ser hidrolisados enzimaticamente e gerar ácido cianídrico (HCN). Nesse contexto, avaliou-se o teor de compostos cianogênicos (CCN) em produtos derivados da mandioca, como o amido, bem como o efeito das condições de operação na concentração desses compostos. O monitoramento da concentração de HCN foi realizado por meio de titulação nas diferentes amostras. Enquanto, a linamarina foi detectada por cromatografia líquida. Na sedimentação foram retiradas amostras a cada hora durante 4 horas e na secagem foram avaliadas três temperaturas, 50, 60 e 80 °C, em tempos de até 4 h. Os resultados indicaram que a etapa em que a maior quantidade de HCN é eliminada é a polpação, com redução de HCN de 63%. Na sedimentação, refletiu-se uma diminuição na concentração de HCN com o passar do tempo. Já na secagem, a análise estatística permitiu sugerir que 60 °C e 3 h de secagem seriam as condições adequadas para esta etapa, levando a concentração de HCN até 0,024 mg. g<sup>-1</sup>. Por fim, a determinação qualitativa da linamarina apoiou os resultados numéricos.

**Palavras-chave:** ácido cianídrico, amido, compostos cianogênicos, linamarina.

## INTRODUCCIÓN

Existen diversas plantas y vegetales comestibles, que por sus características son considerados elementos fundamentales en la nutrición humana y/o animal (Rivas, 2002) (Lean, 2019). Sin embargo, dichos alimentos pueden contener factores anti nutricionales como los glucósidos cianogénicos (GC) (Parmar et al., 2017). Los GC son compuestos vegetales bioactivos derivados de ciertos aminoácidos que forman parte de algunas plantas (Onojah & Odin, 2015) y que, al momento de ser ingeridos, pueden reducir el valor nutricional de otros alimentos interfiriendo en la digestibilidad, la absorción o el uso de nutrientes (María et al., 2011). Los GC presentes en ciertas semillas y vegetales, una vez que empiezan a hidrolizarse dan lugar a la formación acelerada de ácidos cianhídrico (HCN) (Da Silva et al., 2008). Esta hidrólisis es conocida como “cianogénesis”, proceso que es llevado a cabo por el catabolismo enzimático de los GC, donde la enzima linamarasa o  $\beta$ -glucosidasa produce glucosa, y cianohidrina que a un pH superior a 5 produce acetona y ácido cianhídrico a través de la enzima hidroxinitrilo-liasa (Ballhorn, 2011) (Cuny et al., 2019). El HCN también puede ser liberado por las plantas como mecanismo de autodefensa a daños en los tejidos provocados por agentes externos (Gleadow & Møller, 2014) (Zagrobely & Møller, 2011).

Existe una gran variedad de GC entre los que destacan la linamarina y lotaustralina, los cuales están presentes en las raíces de yuca en proporción de 93:7 (Shigaki, 2016). En el Ecuador se cultivan aproximadamente 22.000 hectáreas de raíces frescas de yuca, con un consumo per cápita de 12 kg/persona (García et al., 2014). Según INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias Portoviejo), las variedades de yuca más consumidas en el Ecuador son las 650 y 651, cuyos usos principales son la producción de harina y almidón. Se ha demostrado que en la ingesta de alimentos derivados de la yuca lleva consigo una cierta cantidad de HCN, la cual hasta donde se conoce el organismo humano es capaz de eliminar, evitando un envenenamiento agudo (Martínez, 2020). No obstante, ingerir este compuesto cianogénico (CCN) en concentraciones excesivas o por tiempos prolongados, puede provocar intoxicaciones crónicas (Panter, 2018) o incluso agudas, caracterizadas por retraso del crecimiento y síntomas neurológicos resultantes del daño tisular en el sistema nervioso central (Soloneski & Larramendy, 2016). En este sentido, el análisis de los procesos productivos de alimentos derivados de la yuca se ha vuelto de gran interés con el fin de mejorar la seguridad alimentaria de estos productos.

Según se conoce, los CCN presentes en la yuca se eliminan durante las etapas de producción de alimentos derivados de ella. De acuerdo con Nambisan (2011), procesos que incluyen pelar y cortar tubérculos frescos, seguidos de hervir, hornear, cocinar al vapor, secar, freír, fermentar, rallar o machacar, son efectivos para reducir el contenido de CCN. Por este motivo y por la alta peligrosidad que representa para la salud la presencia de ciertas concentraciones de HCN en los alimentos, se hace necesario evaluar el contenido de CCN en productos derivados de la yuca como el almidón, así como el efecto de condiciones de operación sobre la concentración de estos compuestos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Insumos químicos y materia prima

Todos los reactivos utilizados en la experimentación fueron de grado analítico. El hidróxido de sodio (NaOH) al 97% de Merck, hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) en solución al 28-30% de Fisher Scientific, yoduro de potasio (KI) al 99,5% de Loba Chemie y nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) al 99% de Merck. Mientras que, el agua ultrapura fue obtenida utilizando el equipo Brandstead EasyPure II de Thermo Scientific (EE. UU.).

Las muestras de raíces de yuca fueron donadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), se seleccionaron las variedades INIAP Portoviejo-650 e INIAP Portoviejo-651, las mismas que fueron liberadas por INIAP en los años 1992 y 1998 respectivamente (Corozo et al., 2020), elegidas por su mayor productividad y consumo.

### Caracterización de la yuca

Una vez obtenidas las muestras de yuca de ambas variedades, se procedió a secarlas en una estufa hasta que su peso sea constante. De esta manera al final del proceso, por diferencia de peso se calculó la humedad (Ec.1).

$$H = \frac{kg H_2O}{kg m. s.} = \frac{Peso inicial - Peso final}{Peso final} \quad Ec.1$$

El método para la determinación del contenido inicial de HCN en la yuca, se encuentra descrito más adelante.

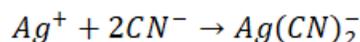
### Extracción del almidón de la yuca

El almidón se obtuvo con el fin de determinar el contenido de HCN durante su proceso productivo y al final de este. Para ello, se utilizó una metodología artesanal descrita en (Alarcón & Dufour, 2002) adaptado a escala de laboratorio, el cual detalla las condiciones de operación.

En el despulpado se separó la pulpa de la cáscara, esta última se guardó para el respectivo análisis. Mientras que, la pulpa pasó al proceso de triturado donde fue licuado con agua para garantizar un mejor aprovechamiento del almidón contenido en la yuca. La materia licuada fue cernida para separar el bagazo y el líquido resultante se puso a sedimentar. Finalmente, el almidón contenido en el fondo del recipiente fue sometido a la etapa de secado.

### Determinación cuantitativa de ácido cianhídrico

Se tomaron muestras de las corrientes de entrada, pérdida y salida de cada una de las etapas. El ácido cianhídrico fue cuantificado utilizando el método de titulación alcalina descrito en la AOAC, (Okoth & Abong, 2021). Se colocaron 10 g de muestra en el balón de destilación y se añadieron 200 ml de agua destilada para realizar la autólisis durante 4 h con el equipo conectado. Se destilaron 150 ml en 20 ml de una solución de hidróxido de sodio NaOH (2,5%), finalmente se adiciona agua destilada hasta llegar a un volumen definido de 200 ml. Se tomaron 100 ml de la mezcla, a la cual se añadieron 8 mL de hidróxido de amonio NH<sub>4</sub>OH (6 M) y 2 ml de yoduro de potasio KI (5%), luego se tituló con nitrato de plata AgNO<sub>3</sub> (0,02 M). La reacción del nitrato de plata con el ión cianuro en solución alcalina para formar el complejo soluble  $Ag(CN)_2^-$  es:



El cálculo de la concentración de HCN se realizó mediante la ecuación 2.

$$HCN \left( \frac{mg}{g} \right) = consumo(AgNO_3) * 1,08 \quad Ec.2$$

### Determinación cualitativa de linamarina

La linamarina fue identificada utilizando el método propuesto por Sornyotha et al. (2007) con algunas modificaciones que se detallan a continuación. Se usó un cromatógrafo líquido modelo ACCELA de ThermoFisher Scientific (USA), el cual estaba equipado con un detector de arreglo de diodos UV-VIS (PDA) y una columna C18 de fase inversa (5  $\mu\text{m}$ ; 4,6 x 100 mm).

La fase móvil estaba compuesta por dos corrientes, 80% agua ultrapura (A) y 20% acetonitrilo (B) en relación v/v a flujo constante de 0,7  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ . La detección de, linamarina se realizó a una longitud de onda de 190 nm con un volumen de inyección de 25  $\mu\text{l}$  y a 40 °C en la columna.

### **Evaluación del tiempo de sedimentación**

En la etapa de sedimentado se consideraron 3 corrientes para poder monitorear el cambio de la concentración de HCN durante el proceso, las cuales fueron: entrada, que es el líquido resultante del triturado; la pérdida, que está representada por el agua residual de sedimentación (sobrenadante) y la salida, el almidón húmedo sedimentado. Se tomaron muestras del almidón húmedo cada hora hasta llegar a 4 horas de proceso, se les realizó el análisis cuantitativo para determinar la concentración de HCN y cualitativo para la linamarina.

### **Estudio de la temperatura de secado**

El almidón húmedo resultante de la sedimentación fue secado a tres temperaturas distintas durante 4 horas. Las temperaturas fueron 50, 60 y 80 °C y se tomaron muestras de almidón cada hora para observar el efecto en la concentración de HCN durante el secado. Para el caso de la linamarina, al igual que en la sedimentación, solo se tomaron muestras al inicio y al final del proceso para evidenciar el efecto de la etapa en la eliminación de CCN.

### **Análisis estadístico**

Una vez obtenido los datos de la experimentación, se realizó el procesamiento estadístico de los mismos. Para esto se utilizó el programa Minitab 18 y se aplicó una prueba de Tukey con el fin de comparar medias de los datos con un nivel de confianza de 95%. En la sedimentación se aplicó la prueba a los datos del contenido de HCN en los diferentes tiempos. Mientras que, en el secado los resultados a diferentes temperatura y tiempo fueron comparados a través de este método. Todas las corridas experimentales se realizaron por triplicado.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Caracterización de las variedades de yuca 650 y 651**

Para tener una idea más clara en cuanto al punto de partida de la materia prima, fue necesario determinar el contenido de HCN en la cáscara y en la pulpa, así como también la humedad en las dos variedades. Esto permite comparar los resultados con otra variedad utilizada para la obtención de productos derivados de la yuca (tabla 1).

La yuca Valencia es usada en Costa Rica para la producción de almidón y harina (Aguilar et al., 2017), lo que permite relacionarla con las variedades 650 y 651, de acuerdo con el contenido de HCN y un posible uso de la cáscara y de la pulpa. La tabla 1 muestra que la variedad 650 y la variedad Valencia tienen los mismos usos (almidón y harina), lo que puede atribuirse al alto contenido de HCN en la pulpa y la humedad, cuyos valores son similares en ambas variedades. Un caso algo diferente se observa con relación a la pulpa de la variedad 651, la misma que tiene un uso mayormente direccionado a producir almidón según lo reportado por García et al. (2014), lo cual puede estar asociado a la poca variabilidad en el contenido de HCN y la alta humedad que posee.

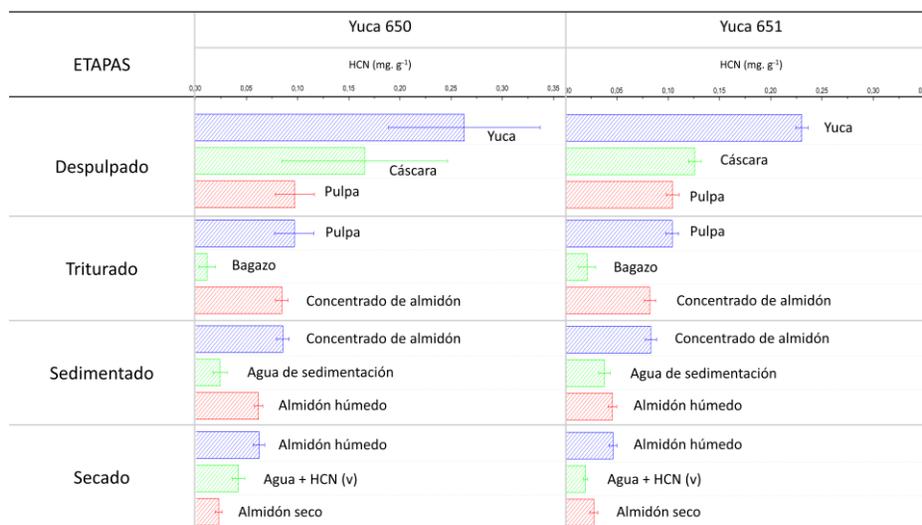
**Tabla 1.** Caracterización de las variedades de yuca 650 y 651.

Ítems	Variedad de Yuca				Referencia	
	650	Usos	651	Usos	Yuca Valencia	Usos
Cáscara (g HCN.Ton <sup>-1</sup> )	166 ± 81	Abono y desecho	126 ± 0,7	Abono y desecho	181	Abono
Pulpa (g HCN.Ton <sup>-1</sup> )	97 ± 19	Harina y Almidón	104 ± 0,6	Almidón	99	Harina y Almidón
Total (g HCN.Ton <sup>-1</sup> )	263 ± 74	-----	230 ± 0.6	-----	280	-----
Humedad (kg H <sub>2</sub> O.kg <sup>-1</sup> )	2,243	-----	2,757	-----	2,049	-----

La cáscara de yuca de manera general tiene usos similares independientemente de la variedad, siendo estos principalmente la producción de abono, en algunos casos como alimento porcino o simplemente es desechada (Rosales-Conde & Páucar, 2006). Sin embargo, ya se encuentran en estudio procesos de transformación que permitan darle un mejor aprovechamiento a este residuo como por ejemplo: adsorbente (Tejada et al., 2016), obtención de almidón para producción de bioplásticos (Martínez et al., 2021), entre otros.

### Concentración de ácido cianhídrico durante la producción de almidón

Como se mencionó anteriormente, uno de los mayores productos obtenidos a partir de la yuca es el almidón, lo que hizo necesario analizar cada una de las etapas de su proceso productivo artesanal, con el objetivo de determinar la que mayor contribución tiene en la eliminación de HCN. La figura 1 muestra la variación de la concentración de HCN en las diferentes etapas consideradas para las dos variedades de yuca, así como también el contenido de HCN de las corrientes de entrada, pérdida y salida.



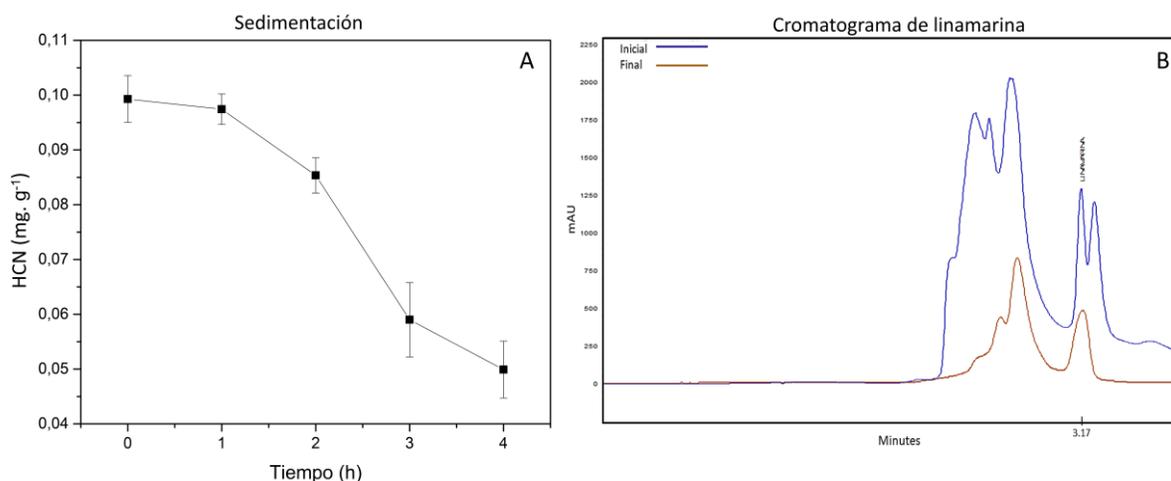
**Figura 1.** Concentración de HCN en el proceso artesanal de producción de almidón. Entrada , Pérdida , Salida

Los resultados de la figura 1, indican que la etapa que más contribuye en la eliminación de CCN es el despulpado. Esto debido a que tanto la variedad 650, como la 651, poseen un alto contenido de estos compuestos tóxicos en la cáscara. Esta etapa permite una reducción de  $0,166 \text{ mg HCN}\cdot\text{g}^{-1}$  en la variedad 650 y  $0,126 \text{ mg HCN}\cdot\text{g}^{-1}$  en la 651, lo que representa aproximadamente el 63% y 55% del contenido total, respectivamente. Por su parte el análisis estadístico de los datos reflejó una mayor variabilidad en la variedad 650 con relación al contenido de HCN en las diferentes corrientes, lo que indicaría que la variedad 651 presenta una composición más constante, por lo que podría ser considerada para productos que dependan completamente de las características iniciales de la materia prima. No menos importante, es mencionar que el residual de cáscara no puede ser usado para generar productos de consumo humano, ya que no posee un proceso de transformación definido que le permita cumplir con el reglamento establecido por la Unión Europea (2019), el cual señala que las materias primas sin procesar no deben tener un contenido de HCN mayor a  $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Este reglamento está relacionado con la dosis de GC para una intoxicación aguda reportada por Chain (CONTAM)(2016), la cual es aproximadamente de  $20 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de peso corporal en humanos.

A pesar de que la etapa de despulpado elimina la mayor cantidad de HCN, no es principal objeto de estudio. Esto debido a que, al igual que el triturado, son procesos en los cuales no se pueden realizar cambios que conduzcan a una mejora considerable para reducir la concentración de HCN. En este sentido, la sedimentación y el secado se presentan como las etapas más importantes, ya que además de eliminar gran cantidad de CCN (figura 1), pueden tener mejoras significativas por cambios en las condiciones de operación. Otro aspecto importante de estas dos etapas que las posiciona como objeto de análisis es que, al ser las últimas del proceso de obtención de almidón, permiten tener una idea más clara de la calidad del producto final con respecto al contenido de compuestos toxicológicos.

### Concentración de HCN en la etapa de sedimentación

Con anterioridad se dijo que la sedimentación es una etapa que se puede mejorar con relación a las condiciones de operación. Por lo que estudiar el tiempo de sedimentación es de gran importancia, no solo porque a partir de este se podría aumentar la cantidad de almidón al final del proceso, sino también porque permite establecer una relación con la eliminación de CCN, como es el caso. La figura 2A, refleja el cambio en la concentración de HCN con respecto al tiempo de sedimentación, mientras que la figura 2B, la variación de la concentración de linamarina (GC) en la misma etapa.



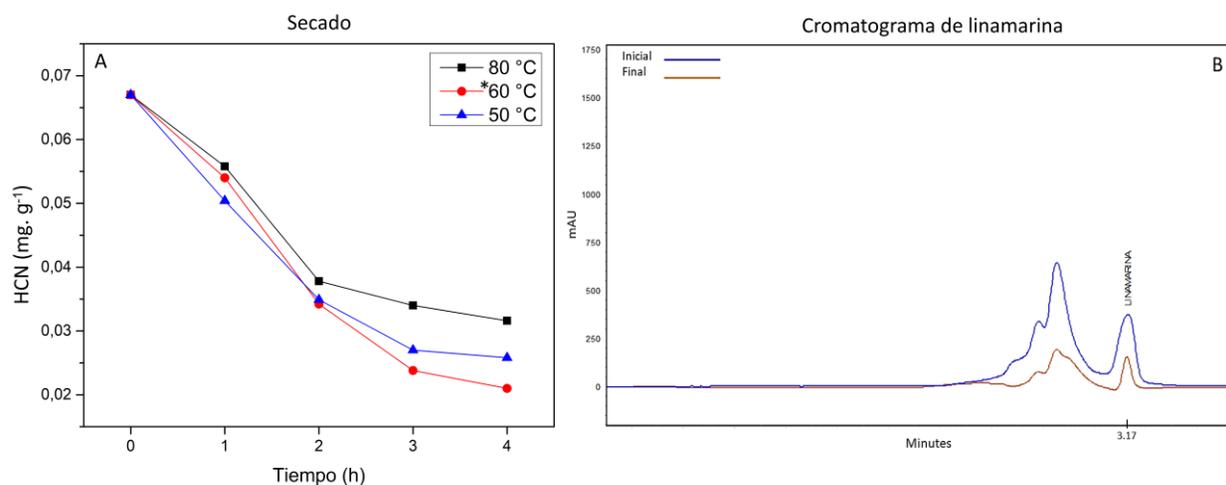
**Figura 2.** Concentración de HCN con relación al tiempo (A) y concentración de linamarina en la sedimentación (b).

Como era de esperarse, el contenido de HCN disminuyó con el incremento del tiempo, lo que permite establecer que entre estas dos variables existe una relación inversamente proporcional (figura 2A). Esto debido a que, a medida que transcurre el tiempo, el HCN formado y que no fue eliminado en etapas anteriores, interactúa con el agua del medio diluyéndose en ella, siendo posteriormente separado a través del sobrenadante (agua residual de sedimentación). La formación de HCN en medio líquido, facilita su separación del almidón a través del agua residual, sin embargo, establecer el tiempo de sedimentación es el verdadero reto en esta etapa. De acuerdo con la figura 2A, el tiempo apropiado para la sedimentación, estaría cercano a las 3 horas. Esto considerando que, existe una etapa posterior que podría disminuir en mayor cantidad el HCN del almidón y que entre 3 y 4 horas, el cambio en la concentración de HCN, no es estadísticamente significativo. Por este motivo, no sería factible una hora más de proceso, para eliminar una cantidad mínima de HCN.

Por otro lado, la figura 2B permite evidenciar el cambio considerable en la concentración de un analito a los 3,17 minutos de lectura. Esta señal en el cromatograma corresponde a la linamarina, ya que según lo reportado por Rivadeneyra-Domínguez et al. (2013), el tiempo de retención de la linamarina está entre 3,1 y 3,2 minutos. Es importante destacar que las diferencias entre la concentración inicial y la final son apreciables a simple vista, lo que corrobora la contribución del sedimentado en la eliminación de CCN.

### Efecto de la temperatura de secado en la concentración de HCN

Entre los factores que más influyen en el secado de un material o producto, están la temperatura y el tiempo. Para ambos casos, condiciones muy por encima de las recomendadas podrían afectar negativamente a la calidad del producto, reduciendo sus aportes nutricionales e incluso cambiándole el aspecto físico. Mientras que, valores muy por debajo de los necesarios, podrían conducir a una eliminación deficiente de la humedad y de CCN. Bajo este contexto, se hizo necesario evaluar el cambio de la concentración HCN en función del tiempo a diferentes temperaturas (figura 3A) y determinar cualitativamente la presencia de linamarina antes y después del secado (figura 3B).



**Figura 3.** Efecto de la temperatura de secado en la concentración de HCN (A) y variación de la concentración de linamarina en el secado (B).

Nota: \*Temperatura con mejor resultado estadístico.

Los resultados presentados en la figura 3A, permiten comparar el efecto de las diferentes temperaturas en la concentración de HCN durante el secado. En esta se puede observar que, durante las dos primeras horas, las temperaturas evaluadas tienen efectos similares en la concentración de CCN, reduciendo el contenido de HCN a concentraciones entre 0,034 y 0,039 mg. g<sup>-1</sup>, aproximadamente. Según CODEX (2013), la concentración de HCN en almidones está cercana a los 0,05 mg. g<sup>-1</sup>, por lo que el resultado anterior proporcionaría la idea de que, para secados con tiempo entre 1,5 y 2 horas, se podría operar a 50 °C permitiendo cumplir con el límite de HCN estandarizado y a su vez disminuir el consumo energético. Esto teniendo en cuenta que muchos de los productores de almidón, optan por cumplir con la normativa de calidad estandarizada y no por reducir al máximo los niveles de HCN, por lo que acondicionan sus procesos para ello.

Por otro lado, si lo que se desea es llevar el contenido de HCN al mínimo posible, es importante considerar que, a partir de las 3 horas de secado el efecto de la temperatura empieza a ser más notorio en el proceso. Si bien es cierto, producto de la alta volatilidad del HCN, el cual tiene su punto de ebullición aproximadamente entre los 26 y 28 °C, las 3 temperaturas fueron capaces de contribuir a que el almidón tenga la cantidad de HCN dentro de los estándares normativos. Sin embargo, a través de la prueba de Tukey se pudo determinar que existen diferencias estadísticamente significativas entre las temperaturas evaluadas, reflejando que 60 °C se alcanzó el mayor efecto en la concentración de HCN, reduciéndola hasta 0,024 mg. g<sup>-1</sup> en 3 horas y 0,021 mg. g<sup>-1</sup> en 4 horas. Cabe mencionar que, aunque la diferencia en el contenido de HCN entre ambos tiempos de secado no es significativa estadísticamente, la significancia práctica entra en juego. En este sentido, la temperatura de 60 °C durante 3 horas serían las condiciones adecuadas para el secado, reduciendo así el gasto energético innecesario producto de un mayor tiempo de proceso. El efecto de esta etapa en la concentración de CCN fue respaldado con lo reportado en la figura 3B, en la cual de forma cualitativa se evidencia la reducción de linamarina. En este cromatograma es importante destacar que, existe una disminución en las señales mostradas a tiempos diferentes al de la linamarina (3,17 minutos) conocidas como ruido y es provocado principalmente por la presencia de otros analitos orgánicos en la muestra. Esto indicaría que el secado, elimina otros compuestos orgánicos que podrían ser nutricionales o igual de tóxicos que el HCN.

## CONCLUSIONES

La comparación de los resultados de caracterización con la bibliografía permitió establecer que, el uso de la yuca (producción almidón) está relacionado con el contenido inicial de HCN y humedad que posee. El almidón fue estudiado en su proceso productivo artesanal, mostrando que la etapa con mayor contribución en la eliminación de HCN es el despulpado. El sedimentado y el secado fueron analizados a mayor profundidad, dado que permitieron modificaciones en las condiciones de operación. En la sedimentación, el análisis cuantitativo reflejó una disminución de la concentración de HCN a medida que transcurría el tiempo. Mientras que, en el secado el análisis estadístico permitió corroborar que el efecto provocado por las temperaturas evaluadas en la reducción de HCN, fue significativo en tiempos mayores debido a las diferencias considerables en el contenido final del CCN. Esto a su vez permitió sugerir que 60°C y 3 horas de secado serían las condiciones adecuadas para esta etapa. Finalmente, la determinación cualitativa de la linamarina respaldó los resultados numéricos, evidenciando una disminución en la señal cromatográfica.

## REFERENCIAS

- Aguilar E, Segreda A, Saborío D, Morales J, Chacón M, Rodríguez L, Acuña P, (D.E.P.) Torres S, Gómez Y, (2017). MANUAL DE CULTIVO DE YUCA.
- Alarcón F, Dufour MD (2002) Almidón Agrio de Yuca en Colombia Tomo 1: Producción y Recomendaciones.
- Alejandro Martínez M. (2020) Química de Productos Naturales: aspectos fundamentales del metabolismo secundario.
- Chain (CONTAM) EP on C in the F (2016) Acute health risks related to the presence of cyanogenic glycosides in raw apricot kernels and products derived from raw apricot kernels. EFSA Journal 14: e04424. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4424>
- CODEX. (2013). MANUAL DE PROCEDIMIENTO. Comisión del Codex Alimentarius.
- Corozo L, Héctor E, Macías F, et al (2020) MICROPROPAGACIÓN DE DOS VARIEDADES ECUATORIANAS DE YUCA (Manihot esculenta CRANTZ) MICROPROPAGATION OF TWO ECUADORIAN VARIETIES OF YUCA (Manihot esculenta CRANTZ).
- Da Silva, J. T., De Paula, C. D., Moreira de Oliveira, T., & Pérez, O. A. (2008). Derivados de la Yuca y Componentes Tóxicos en Brasil. *Temas Agrarios*, 13(2), 5. <https://doi.org/10.21897/rta.v13i2.665>.
- Gleadow RM, Møller BL (2014) Cyanogenic Glycosides: Synthesis, Physiology, and Phenotypic Plasticity. *Annual Review of Plant Biology* 65:155–185. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-040027>.
- Hinostroza García F, Mendoza García M V, Navarrete Párraga M, Muñoz Conforme X (2014) Iniap Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias Estación Experimental Portoviejo. PROGRAMA HORTICULTURA-YUCA.
- J. C. Rivas Gonzalo MGAN (2002) Flavonoides en alimentos vegetales: estructura y actividad antioxidante.
- Lean ME (2019) Principles of human nutrition. *Medicine (United Kingdom)* 47:140–144.
- Maria C, Benevides DJ, Souza MV, et al (2011) Fatores antinutricionais em alimentos: revisão Antinutritional factors in foods : a review. *Segurança Alimentar e Nutricional* 18:67–79.
- Martinez CVV, Murillo XSZ, Demera MHD, et al (2021) Almidones de Cáscara de Yuca (Manihot Esculenta) y Papa (Solanum Tuberosum) para Producción de Bioplásticos: Propiedades Mecánicas y Efecto Gelatinizante. *Revista Bases de la Ciencia e-ISSN 2588-0764* 6:137–152. [https://doi.org/10.33936/rev\\_bas\\_de\\_la\\_ciencia.v6i2.3293](https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v6i2.3293)
- Nambisan B (2011) Strategies for elimination of cyanogens from cassava for reducing toxicity and improving food safety. *Food and Chemical Toxicology* 49:690–693. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.10.035>.
- Okoth MW, Abong GO (2021) The Effects of packaging materials on keeping quality of cassava root - leaf flakes. 2:1–11.
- Onojah PK, Odin (2015) Cyanogenic Glycoside in Food Plants.
- Panther KE (2018) Cyanogenic Glycoside-Containing Plants, Third Edit. Elsevier Inc.
- Parmar A, Sturm B, Hensel O (2017) Crops that feed the world: Production and improvement of cassava for food, feed, and industrial uses. *Food Security* 9:907–927.
- Rivadeneira-Domínguez E, Vázquez-Luna A, Rodríguez-Landa JF, Díaz-Sobac R (2013) Neurotoxic effect of linamarin in rats associated with cassava (Manihot esculenta Crantz) consumption. *Food and Chemical Toxicology* 59:230–235. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.06.004>.
- Rosales-Conde JM, Páucar R (2006) USO DE LA CASCARA DE YUCA EN RACIONES PARA CERDOS EN CRECIMIENTO. *Folia Amaz* 8:105. <https://doi.org/10.24841/fa.v8i2.324>
- Shigaki T (2016) Cassava: The Nature and Uses. In: *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier Inc., pp 687–693.
- Soloneski Sonia, Larramendy ML (2016) Toxicology: new aspects to this scientific conundrum. InTech.
- Sornyotha S, Kyu K, Ratanakhanokchai K (2007) Purification and detection of linamarin from cassava root cortex by high performance liquid chromatography. *Food Chemistry* 104:1750–1754. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.071>.
- Tejada CN, Montiel Z, Acevedo D (2016) Aprovechamiento de Cáscaras de Yuca y Ñame para el Tratamiento de Aguas Residuales Contaminadas con Pb (II). *Inf tecnol* 27:09–20. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000100003>
- Unión Europea (2019). Modificación y corrección el Reglamento (CE) n.o 1881/2006. Contenido máximo de ácido erúico y ácido cianhídrico en determinados productos alimenticios.
- Zagrobelyny M, Møller BL (2011) Cyanogenic glucosides in the biological warfare between plants and insects: The Burnet moth-Birdsfoot trefoil model system. *Phytochemistry* 72:1585–1592.