

Artículo Original

**SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA UNA PLANTA DE
SURTIDOS COMBINADOS DE MANIHOT
ESCULENTA CRANTZ (YUCA)**

**SELECTION OF TECHNOLOGIES FOR A COMBINED ASSORTMENT PLANT
OF MANIHOT ESCULENTA CRANTZ (CASSAVA)**

Omar Pérez Navarro^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-6963-1327>

Laura Rodríguez Serrano² <https://orcid.org/0009-0004-4729-6774>

¹ Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

² Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Noviembre 21, 2023; Revisado: Diciembre 20, 2023; Aceptado: Diciembre 29, 2023

RESUMEN

Introducción:

Atendiendo a las potencialidades, ventajas y demandas de los procesos de tratamiento industrial de yuca y a la necesidad de reducir la complejidad mecánica del equipamiento, de forma tal que pueda ser total o parcialmente construido en Cuba, se precisa diseñar instalaciones adecuadas para este proceso.

Objetivo:

Seleccionar las tecnologías requeridas para una planta de surtidos combinados con probable instalación en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), con carácter semi-mecanizado y con bajo grado de separación del almidón presente en la fibra, tratando esta última y destinándola a la alimentación animal.

Materiales y Métodos:

La selección de los equipos tecnológicos y las secuencias de flujo y de operación se efectuaron combinando los procesos individuales en un esquema semi-mecanizado con enfoque multipropósito para la producción de casabe, harina y almidón nativo.

Resultados y Discusión:

Se propuso el diagrama de flujo y se describieron las características principales de los



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Omar Pérez, Email: opnavarro@uclv.cu



equipos, procesos y sus interconexiones. Las principales peculiaridades están dadas en la trituración común en seco, el lavado y filtrado del almidón en trommel y su sedimentación en túneles o tanques, lo cual sustituye equipos complejos en el proceso mecanizado del almidón nativo. Esta secuencia provoca bajo nivel de separación del almidón en fibra, pero seca la fibra rica en almidón convirtiéndola en un surtido adicional.

Conclusiones:

La propuesta permite disponer de un esquema multipropósito para la obtención de surtidos combinados de yuca por vía semi-mecanizada que ha sido utilizada para el resto de las etapas de diseño del proceso.

Palabras clave: almidón nativo; casabe; harina de yuca; proceso semi-mecanizado; surtidos combinados.

ABSTRACT

Introduction:

Taking into account the potential, advantages and demands of the industrial cassava treatment processes and the need to reduce the mechanical complexity of the equipment, so that it can be built totally or partially in Cuba, it is necessary to design adequate facilities for this process.

Objective:

To select the technologies required for a combined assortment plant with probable installation at the Tropical Viand Research Institute (INIVIT), with a semi-mechanized nature and with a low degree of separation of the starch present in the fiber, treating the latter and allocating it to the animal feeding.

Materials and Methods:

The selection of technological equipment and flow and operation sequences was carried out by combining the individual processes in a semi-mechanized scheme with a multipurpose approach for the production of cassava, flour and native starch.

Results and Discussion:

The flow diagram was proposed and the main characteristics of the equipment, processes and their interconnections were described. The main peculiarities are given in the common dry crushing, the washing and filtering of the starch in a trommel and its sedimentation in tunnels or tanks, which replaces mechanically complex equipment in the mechanized process of native starch. This sequence causes low level separation of starch into fiber, but dries the starch-rich fiber into additional assortment.

Conclusions:

The proposal allows having a multipurpose scheme for obtaining combined assortments of cassava by semi-mechanized means that has been used for the rest of the design stages of the process.

Keywords: native starch; cassava; cassava flour; semi-mechanized process; combined assortments.

1. INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta Crantz*), conocida también como mandioca, se adapta a diversos ecosistemas, siendo un cultivo tolerante a plagas y sequía. Un aspecto muy atractivo de este cultivo es su potencial de producción y la versatilidad de sus mercados y usos finales. Este tubérculo constituye la base de la alimentación para la población rural y una alternativa de comercialización en centros urbanos debido a sus amplias formas de transformación en la industria (Shigaki, 2016). El cultivo de yuca trae consigo ventajas para los agricultores de bajos recursos ya que se cosecha en suelos pobres o en tierras marginales donde no se pueden producir otros cultivos; requiere de pocos fertilizantes y plaguicidas, además de ser poco exigente en cuanto a la humedad del suelo (Alarcón y Dufour, 1998). Por otra parte, la aplicación de los productos de yuca, principalmente el almidón modificado, es amplia en la actualidad y abarca prácticamente toda la industria química, farmacéutica y alimentaria (Costa y col., 2022). El alto potencial que ha demostrado tener la yuca desde el punto de vista agrario e industrial (Beovides y col., 2014), y la existencia de múltiples resultados de investigación que han permitido obtener clones de alto rendimiento y adecuados niveles de materia seca y almidón (Ochoa y col., 2014), colocan a este tubérculo como una de las oportunidades principales para la agroindustria cubana. A ello se une que el Instituto de Investigación en Viandas Tropicales de Cuba (INIVIT), líder en la obtención y desarrollo de clones industriales de yuca y otros centros de gestión del conocimiento y múltiples formas de gestión empresarial han trabajado durante los últimos lustros en el desarrollo de tecnologías para el tratamiento industrial de yuca y el incremento del valor agregado de estos productos, fundamentalmente el almidón (Ley y col., 2021; Pérez y col., 2021; Pérez y col., 2022a).

En esta línea de investigación, se han reportado tecnologías adecuadas para su implementación en las condiciones de la agroindustria cubana. Inicialmente se informó un estudio de oportunidades (Pérez y col., 2014), que evolucionó hacia un procedimiento estratégico diseñado a tal efecto (Pérez y col., 2021). A partir de dicho procedimiento se aplicó asimilación de tecnologías, desarrollo y diseño de procesos y diseño óptimo económico para surtidos primarios como el casabe (Pérez y col., 2019), la harina de yuca (Pérez y col., 2022b) y el almidón nativo (Ley y col., 2021).

Adicionalmente se realizaron estudios asociados a la modificación por vía física y química. En el primer caso se propusieron tecnologías para el almidón precoloidal (Pérez y col., 2022c) y en el segundo para el almidón acetilado (Pérez y col., 2022d). Para estos últimos surtidos se estudió el comportamiento de almidón nativo en la zona hidrotérmica previa a la gelatinización (Pérez y col., 2017) y la cinética de la acetilación de almidón nativo (Pérez y col., 2018a) y pregelatinizado (Pérez y col., 2018b). Todas las propuestas tecnológicas se desarrollaron considerando como base las peculiaridades de las raíces de la variedad INIVIT Y-93-4, entre ellas, el contenido de materia seca y almidón reportado previamente (Ochoa y col., 2014).

Como resultados principales de dichas investigaciones se obtuvo que, entre los surtidos primarios, con el almidón se logran indicadores técnico económicos, energéticos y ambientales satisfactorios (Pérez y col., 2021). Sin embargo, la situación con el casabe y la harina es menos prometedora. La producción de harina tiene elevados consumos

energéticos debido a que es necesaria una reducción elevada de la humedad contenida en la raíz sin utilizar métodos mecánicos, solo por evaporación durante el secado. Esto provoca que la recuperación de la inversión solo sea aceptable para tamaños de planta grandes, que generalmente resultan superiores a las potencialidades agrícolas de una región dada (Pérez y col., 2022b). En el caso del casabe, en los últimos años se ha reducido su aceptación entre los cubanos, debido a que las producciones ejecutadas en el norte de Camagüey y la región oriental no han logrado una calidad adecuada. Por esa razón, es necesario realizar producciones limitadas, en instalaciones exigentes en términos de inocuidad, para generar un mercado prospectivo (Pérez y col., 2019).

En este escenario, resulta interesante efectuar propuestas tecnológicas para surtidos combinados que distribuyan la disponibilidad de raíces de yuca en los surtidos casabe, harina y almidón en instalaciones de tipo multipropósito.

Considerando además que las estrategias inversionistas actuales del Ministerio de la Agricultura están dirigidas a la implementación de equipos construidos total o parcialmente en Cuba, y teniendo en cuenta que las tecnologías mecanizadas incluyen equipos con determinada complejidad en su diseño mecánico como las centrífugas de discos y platos y los secaderos por aspersión o neumáticos; en este momento una propuesta semi-mecanizada se ajusta mejor a las posibilidades de la industria mecánica nacional.

Considerando todos los aspectos anteriores, recientemente se informó el diseño óptimo económico de una planta de surtidos primarios combinados de yuca con ubicación en el INIVIT y replicable en diferentes regiones del país (Rodríguez y col., 2024). Atendiendo a que, en dicho reporte no se detallan las peculiaridades de la tecnología seleccionada para tal propuesta, el objetivo del presente trabajo es seleccionar las tecnologías requeridas para una planta de surtidos combinados con posible instalación en el INIVIT, con carácter semi-mecanizado y con bajo grado de separación del almidón presente en la fibra, destinando esta última a la alimentación animal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La selección de las tecnologías para las etapas iniciales, desde la recepción hasta la trituración, se efectuó de manera similar que en los procesos independientes, siguiendo las secuencias tecnológicas y los principios de selección previamente reportados (Pérez y col., 2019; Pérez y col., 2021; Pérez y col., 2022b). Para las etapas de separación de la fibra se concibió un esquema semi-mecanizado que sustituye las centrífugas de discos y platos, por equipos de menor complejidad mecánica, generalmente pertenecientes al sistema tradicional de extracción de almidón de yuca, como el trommel y los canales de sedimentación (Alarcón y Dufour, 1998). Para los procesos de la harina y el casabe se requieren modificaciones tecnológicas menos marcadas por lo que se utilizaron las secuencias y propuestas recomendadas por Pérez y col., 2019; Pérez y col., 2022b).

El tratamiento primario se propuso común en los tres procesos con la peculiaridad de que la trituración tiene que efectuarse en seco, puesto que una trituración en húmedo para la sección de casabe provocaría el lavado del almidón y su arrastre durante el filtrado (Pérez y col., 2019), mientras que en la sección de la harina, provocaría un incremento importante del consumo energético para el secado y la pérdida de valor

nutricional del producto terminado (Pérez y col., 2022b). Para la sección del almidón se propuso el lavado de los gránulos directamente en la etapa de separación de la fibra para facilitar su separación por vía semi-mecanizada, la cual constituye un híbrido entre las tecnologías tradicional y mecanizada (Aristizabal y Sánchez, 2007).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diagrama de flujo de la propuesta tecnológica desarrollada para la producción de surtidos combinados de yuca por vía semi-mecanizada, a ubicar en el INIVIT y replicable en diferentes puntos del país, se muestra en la Figura 1. La misma constituye un complemento al diagrama de bloques previamente reportado para la optimización del diseño de este proceso (Rodríguez y col., 2024). El convenio de colores utilizado en la Figura 1 corresponde al negro para los procesos comunes, rojo para casabe, azul para almidón, verde para harina y amarillo para los puntos de mezcla o de separación.

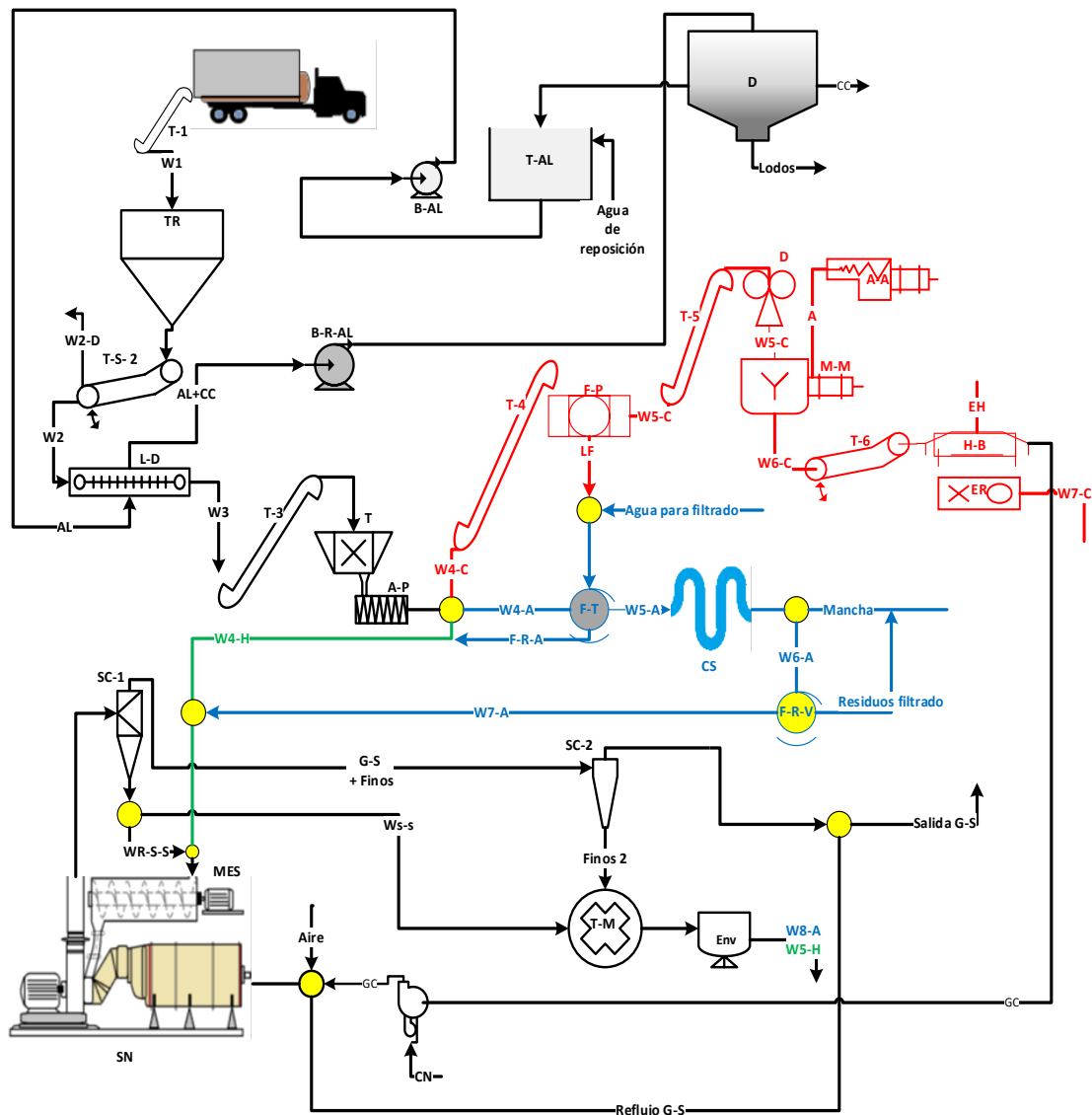


Figura 1. Diagrama de flujo de la propuesta tecnológica de la planta de surtidos combinados de yuca por vía semi-mecanizada

Las raíces provenientes de las áreas de cosecha pueden transportarse a granel o ensacadas. Cuando el traslado es en sacos, las raíces se descargan a través del transportador de bandas (T-1) con sistema auxiliar para facilitar el vaciado de los sacos en la tolva receptora (TR). Cuando el traslado es a granel, las raíces se descargan directamente en la TR. En ambas variantes, el flujo másico de raíces frescas (W1) es portador de tierra, raíces desechables, residuos de cosecha y otros. W1 es alimentado al transportador seleccionador (T-S-2) que es un equipo de bandas con dos ángulos de inclinación. El primer tramo, de una pendiente mayor, ajusta la descarga de la TR a un segundo tramo, de menor pendiente, donde uno o dos operarios seleccionan las raíces defectuosas y cuya longitud mínima es de 6 metros, para facilitar la operación de selección. Las raíces desechadas (W2-D) se separan del proceso y se utilizan como fertilizante.

Las raíces seleccionadas (W2) entran al lavador descascarador (L-D), en el cual son lavadas y desprovistas de la cascarilla exterior a través de un sistema de paletas montadas en un agitador central de baja velocidad que provoca el movimiento longitudinal de las raíces que, a su vez, son tratadas con agua de lavado (AL) a presión. El efecto combinado, anteriormente descrito, permite que se elimine parte de la cáscara y la cascarilla (CC), la tierra y algunos fragmentos de raíz que se desprenden durante este proceso. Los mismos son arrastrados junto con el agua de lavado, formando la corriente (AL+CC), a través de la bomba de retorno de agua de lavado (B-R-AL) que alimenta el decantador (D). En D se produce la sedimentación de los fangos y de la CC. La CC flota y se extrae manualmente cada 30-45 minutos de operación. Los fangos, en forma de lodos, se extraen por el fondo del decantador en purgas diarias que se efectúan en el horario de limpieza y mantenimiento. Tanto los fangos, como la CC, se unen a las raíces defectuosas y son utilizados como fertilizantes. El sobrenadante o líquido claro extraído de D es alimentado, junto con agua de reposición, al tanque de agua de lavado (T-AL). Desde el T-AL succiona la bomba de agua de lavado (B-AL) que alimenta un sistema de duchas distribuidoras de AL a presión en el L-D.

Las raíces lavadas y descascaradas (W3) son alimentadas a través del transportador de bandas (T-3) al triturador (T). En T las raíces son convertidas en una pasta de yuca a través del uso de un sistema de trituradores mecánicos que reduce el tamaño de las porciones de forma tal que el almidón queda expuesto al lavado, al secado junto con la fibra, a su separación de la misma o a la formulación de diferentes preparados para casabe. La pasta triturada es distribuida a través del alimentador de pastas (A-P) a cada uno de los procesos combinados, casabe, harina y almidón.

La pasta triturada que se destina a la producción de casabe (W4-C) es alimentada al filtro prensa (F-P) a través del transportador de bandas (T-4). La lechada de almidón separada de W4-C se incorpora a la etapa de filtrado en húmedo de la sección de producción de almidón. La pasta de yuca filtrada y compactada (W5-C) es alimentada a través del transportador de bandas (T-5) al desmigador (D) que entrega el material descompactado al mezclador-moldeador (M-M). En el M-M, W5-C se une con los aditivos (A), provenientes del alimentador de aditivos (A-A). Como aditivos se utilizan los propuestos previamente (Pérez y col., 2019), a base de cárnicos, quesos, preparados de maní, mantequilla u otros.

A la salida del M-M, la pasta se entrega en forma de galletas de diferentes formas y pesos dependiendo del formato de presentación deseado. Las galletas que salen del M-M conforman la corriente W6-C que es alimentada a través del transportador de bandas (T-6) al horno boundare (H-B). En el H-B las galletas son sometidas a cocción y tostado sobre una plancha móvil e interior al horno, que opera por intercambio indirecto con gases de la combustión de petróleo crudo nacional (CN) u otra alternativa energética disponible, como biogás generado con los efluentes de la producción de almidón o biomasa. En el H-B se evapora parte del agua contenida en las galletas (EH). La plancha móvil descarga en la envasadora-retractiladora (ER), de donde el flujo de galletas de casabe (W7-C) es enviado al almacén de producto terminado.

La pasta triturada que se destina a la producción de almidón nativo (W4-A) entra al Filtro Trommel (F-T) directamente desde el A-P. El F-T es un tambor rotatorio con orificios de diámetro 1 mm que permite la separación entre la fibra y el almidón disuelto en el agua de filtrado y la lechada proveniente del FP de la sección de casabe. Esta etapa es alta consumidora de agua en el proceso del almidón nativo vía tradicional (entre 2 y 3 $L_{\text{agua}}/\text{kg}_{\text{pasta}}$) pues se necesita una alta eficiencia en la separación de almidón (Alarcón y Dufour, 1998). Sin embargo, en este caso, debido a la necesidad de alcanzar un equilibrio hídrico adecuado y a que, en este proceso combinado se produce harina que es básicamente un almidón rico en fibra que se destina a la alimentación animal, es posible trabajar con baja eficiencia en la separación del almidón en la fibra. Esto implica que el consumo de agua de filtrado se puede reducir hasta 1-1,5 $L_{\text{agua}}/\text{kg}_{\text{pasta}}$ y la fibra separada (F-R-A) puede incorporarse al secadero neumático, junto con la pasta destinada a la producción de harina. La decisión tecnológica anterior implica que este proceso alcanza baja eficiencia en la separación de la fibra, pero tiene mayor eficiencia hídrica, logra un mejor equilibrio fibra-almidón entre surtidos y tiene menores exigencias tecnológicas que el proceso mecanizado.

Atendiendo a lo anterior, el FT realiza una función similar a la desarrollada por las centrífugas de platos del proceso mecanizado (Pérez y col., 2021), pero se requiere concentrar la misma evitando el uso de las centrífugas concentradoras. Para ello, es posible el uso de los canales de sedimentación típicos del proceso tradicional (Alarcón y Dufour, 1998), para obtener una pasta concentrada que puede destinarse directamente al secado.

Luego del F-T, la lechada de almidón (W5-A) se alimenta a canales de sedimentación (CS) que pueden ser similares a los tradicionales que se construyen de concreto (Alarcón y Dufour, 1998), o una variante construida a partir de chapas de acero inoxidable conformadas en canales de 50-70 cm y longitud total que depende de los requerimientos de área de sedimentación del proceso. Los canales también se pueden construir prefabricados o fundidos a partir de polietileno. Una alternativa al canal es la construcción de sedimentadores cilíndricos pero la remoción de la capa de almidón sedimentado se hace compleja en un sistema de bajo grado de mecanización.

El líquido claro de la sedimentación en canales o en tanques se separa del proceso y puede someterse a una segunda etapa de sedimentación, destinando el sedimento de la mancha a la alimentación porcina y el claro al riego de las áreas de cosecha de yuca.

La pasta de almidón proveniente de los canales o tanques (W6-A) contiene entre 40 y 43 % de sólidos totales dependiendo de la eficiencia de la separación de la mancha y se

alimenta al filtro rotatorio al vacío (F-R-V). A la salida del F-R-V se obtiene una pasta concentrada (W7-A), con 52-54 % de sólidos totales, que se somete a secado neumático y un residual del filtrado que recibe el mismo tratamiento que la mancha proveniente de la sedimentación.

El secadero neumático (SN), es un equipo común para los procesos de producción de harina y almidón que opera alternativamente con uno u otro proceso durante 20 horas diarias. Por dicha razón, al SN se alimenta una mezcla de pasta de yuca destinada a la producción de harina (W4-H) y F-R-A que alterna con W7-A. Con la intención de favorecer la sedimentación de la lechada durante un período mayor y atendiendo a que el secado de harina es más exigente por la humedad inicial de la pasta de yuca (65 % como promedio) respecto a la pasta de almidón (45-48 % como promedio) la operación del SN se distribuye en 12 h diarias para harina y 8 h diarias para almidón.

La alimentación al SN (MES) es una mezcla con las características anteriormente definidas y sólido seco recirculado con la intención de reducir la tendencia al aglutinamiento durante el secado. La recirculación de sólido seco (con 10-12 % de humedad) se regula de tal forma que la corriente MES tenga una humedad del 30 % (Pérez y col., 2022b). El gas de secado (G-S) propuesto es una mezcla de aire y gases de la combustión de petróleo crudo nacional (CN) para el secado de harina y fibra proveniente del Trommel y es aire proveniente de un calentador indirecto en el caso del almidón. El secado del almidón se produce con aire para garantizar su aplicabilidad como aditivo en la industria alimentaria. La temperatura del G-S se fija en 113 °C de acuerdo a los resultados de estudios previos para la optimización técnico-económica del secado de pastas de yuca para la producción de harina (Pérez y col., 2022b).

La MES alimentada al SN es transportada por la corriente de G-S a una velocidad que garantiza el arrastre del sólido mientras se seca. Las corrientes G-S y MES fluyen en paralelo a lo largo de un conducto de diámetro y longitud adecuados para los fines previstos. A la salida del SN y por acción del separador ciclónico (SC-1) se separa el sólido seco (WS-S) y el gas de salida que contiene las partículas de menor tamaño formando la corriente de gases mezclados con finos (G-S + finos) que es alimentada al segundo separador ciclónico (SC-2) de manera se incrementa la eficiencia en la separación de los finos y se reduce la emisión de almidón y fibra fina a la atmósfera (Salida G-S). Parte de la corriente salida-GS se recircula al secadero de manera que la humedad de entrada al mismo no supere $0,03 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{kg}_{\text{G-S seco}}$ y se incremente la temperatura de entrada, provocando una reducción del consumo de CN.

A la salida del SC-1, parte del sólido seco se recircula al SN (WR S-S) y el resto WS-S se alimenta al triturador de martillos (TM). Adicionalmente, los finos 2 del SC-2 también se alimentan al T-M. El T-M funciona con mallas selectivas al tipo de producto (90 μm para harina y 50 μm para almidón). Finalmente, el producto terminado (W8-A ó W7-H) se somete a envasado en la envasadora (env) y a almacenamiento previo a su comercialización.

La selección tecnológica y la planificación productiva presentadas permitieron efectuar el diseño tecnológico detallado del proceso. El ajuste de los flujos de operación en cada una de las etapas individuales permitió determinar las demandas materiales y energéticas, la selección y el diseño del equipamiento y su valoración técnico-económica y ambiental.

4. CONCLUSIONES

Los requerimientos tecnológicos principales de la producción de surtidos combinados de yuca en un esquema semi-mecanizado están dados en:

1. Las etapas iniciales comunes para el beneficio de raíces no difieren de las exigencias de los procesos por separado, pero se requiere su integración en un esquema con trituración en seco.
2. Las etapas finales para los procesos del casabe y la harina cumplen similar requisito, pero en la sección de almidón se presentan diferencias importantes a partir de la sustitución de equipos mecánicamente complejos por alternativas con menores requerimientos constructivos que implican una menor eficiencia en la separación de almidón.
3. Una característica distintiva del proceso multipropósito es la utilización de un mismo secadero neumático para el secado del almidón y de la harina mezclada con la fibra rica en almidón proveniente de la etapa de cribado.

REFERENCIAS

- Alarcón, F., y Dufour, D., Almidón agrario de yuca en Colombia., Tomo 1: Producción y Recomendaciones, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia, 1998, pp. 15-17. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/39063/retrieve>
- Aristizabal, J., y Sánchez, T., Guía Técnica para la producción y análisis de almidón de yuca., Boletín de servicios agrícolas de la FAO, Vol. 163, 2007, pp. 49-57. <http://www.fao.org/docrep/010/a1028s/a1028s00.htm>
- Beovides, Y., Milián, M. D., Coto, O., Rayas, A., Basail, M., Santos, A., López, J., Mederos, V.R., Cruz, J.A., Ruix, E., y Rodríguez, D., Caracterización Morfológica y agronómica de cultivares cubanos de yuca (*Manihot esculenta Crantz*)., Cultivos Tropicales, Vol. 35, No. 2, 2014, pp. 43-50. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n2/ctr06214.pdf>
- Costa, F., Chastinet, R., Rocha, M.S., Nogueira, D., e Melo, M., Revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca (*Manihot esculenta*) em produtos vegetais: uma revisão., Research, Society and Development, Vol. 11, No. 4, 2022, e54511427428. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27428/24185>
- Ley, N., Pérez, O., y Zuorro, A., Procedimiento para la formulación de oportunidades de negocios. Estudio de casos en la industria, de Villa Clara, Cuba., Revista Universidad y Sociedad, Vol. 13, No. 5, 2021, pp. 319-329. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2238/2212>
- Ochoa, M., Sardinas, L., Maza, N., Lima, M., Álvarez, M., Falco, A.S., Pérez, W., Hernández, G., y Fraga, R., Evaluación de harina y almidón de yuca obtenidos de diferentes clones., Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Vol. 24, No. 2, 2014, pp. 63-68. <https://revcitecal.iiaa.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/466/392>
- Pérez, O., de Armas, A., Martínez, Y., y Pérez, A., Estrategia Innovativa en el estudio de alternativas de industrialización de la yuca como oportunidad de negocios., Centro Azúcar, Vol. 41, No. 4, 2014, pp. 59-66. http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/273
- Pérez, O., Ley, N., González, E., y Valdés, C., Modificación hidrotérmica del almidón
-

- de yuca para su empleo como estabilizador de helados., *Afinidad*, Vol. LXXIV, No. 580, 2017, pp. 171-177. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/329842>
- Pérez, O., Ley, N., González, E., y Toledo, L.C., Cinética y distribución de producto en la acetilación de almidón de bajo grado de sustitución., *Afinidad*, Vol. LXXV, No. 583, 2018a, pp. 204-211. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/341935/432997>
- Pérez, O., Ley, N., González, E., Ferraz, Y., y Toledo, L.C., Determinación de condiciones de reacción y cinética en la acetilación de almidón de yuca., *Centro Azúcar*, Vol. 45, No. 2, 2018b, pp. 88-100. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v45n2/caz09218.pdf>
- Pérez, O., González, E., Ley, N., García, L., y Miño, J.E., Potencialidad técnico-económica para la producción de casabe en Cuba., + *Ingenio, Revista de Ciencia Tecnología e Innovación*, Vol. 1, No. 2, 2019, pp. 45-56. <https://revistas.fio.unam.edu.ar/index.php/masingenio/article/view/164/502>
- Pérez, O., Ley, N., y González, E., Procedimiento estratégico de desarrollo de procesos agroindustriales complementado con asimilación tecnológica., *Centro Azúcar*, Vol. 48, No. 1, 2021, pp. 47-58. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/641/738
- Pérez, O., Acosta, A., González, E., y Ley, N., Optimum economic design of an acetylated gelatinized starch plant from *Manihot esculenta* Crantz., *Afinidad*, Vol. 79, No. 596, 2022a, pp. 121-129. <https://doi.org/10.55815/401374>
- Pérez, O., Rodríguez, Y., Acosta, A., y López, I., Diseño óptimo económico de una planta de harina con secado neumático de pastas de *Manihot esculenta* Crantz., *Centro Azúcar*, Vol. 49, No. 1, 2022b, pp. 81-94. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v49n1/2223-4861-caz-49-01-81.pdf>
- Pérez, O., Dustet, J.C., Ley, N., González, E., Miño, J.E., y Liliana, S., Obtención y propuesta tecnológica para almidón precoloidal proveniente de *Manihot esculenta* Crantz., *Afinidad*, Vol. 79, No. 595, 2022c, pp. 201-208. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/397270>
- Pérez, O., González, E., Ley, N., y Dustet, J.C., Diseño y escalado para gelatinización y acetilación de almidón proveniente de *Manihot esculenta* Crantz., *Afinidad*, Vol. 79, No. 595, 2022d, pp. 209-217. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/397463>
- Rodríguez, L., Acosta, S., y Pérez, O., Optimización económica para el diseño de una planta de surtidos combinados de *Manihot esculenta* Crantz por vía semi-mecanizada., *Centro Azúcar*, Vol. 51, No. 1, 2024, e1051. *In Press*.
- Shigaki, T., *Cassava: The nature and uses.*, *Encyclopedia of food and health*, Elsevier, 2016, pp. 687-693. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780123849472001240>

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- Dr.C. Omar Pérez Navarro. Redacción - revisión y edición, investigación, metodología, análisis formal.
 - Ing. Laura Rodríguez Serrano. Redacción - primera redacción, metodología.
-