**VII SIMPOSIO INTERNACIONAL DE QUÍMICA**

**DESARROLLO DE PROCESOS COMPLEMENTADO CON ASIMILACIÓN TECNOLÓGICA APLICADO A LOS PRODUCTOS DE MANIHOT ESCULENTA CRANTZ**

***DEVELOPMENT OF PROCESSES COMPLEMENTED WITH TECHNOLOGICAL ASSIMILATION APPLIED TO THE PRODUCTS OF MANIHOT ESCULENTA CRANTZ***

**Omar Pérez Navarro1, Néstor Ley Chong1, Erenio González Suárez1, Juan E. Miño Valdés2**

1. Omar Pérez Navarro. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas(a), Cuba. E-mail: opnavarro@uclv.cu

Néstor Ley Chong. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas(a), Cuba. E-mail: nley@uclv.edu.cu

Erenio González Suárez. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. E-mail: erenio@uclv.edu.cu

1. Juan E. Miño Valdés. Universidad Nacional de Misiones, Argentina. E-mail: minio@fio.unam.edu.ar

**Resumen:**

En la investigación fue elaborado un procedimiento estratégico para el desarrollo de procesos agro-industriales complementado con la asimilación de tecnologías y fue validado el mismo para los productos de Manihot esculenta Cranz (yuca). El procedimiento desarrollado permite ordenar secuencialmente la toma de decisiones empresariales e inversionistas en el sector agro-industrial, considera la investigación y desarrollo de procesos, la adaptación y evaluación de surtidos, sus combinaciones y modificaciones. Los aspectos novedosos y la relevancia de la metodología se fundamentan en la investigación y desarrollo de procesos como complemento a la asimilación de tecnologías, la conceptualización de la situación de partida a través del vínculo entre el diagnóstico agrícola, el fortalecimiento agropecuario y el estudio del mercado y en el aprovechamiento de todas las potencialidades de estos materiales como surtidos primarios, modificados y combinados. El procedimiento se aplicó a los materiales primarios de yuca, casabe, harina y almidón, a la combinación entre ellos y a los surtidos modificados almidón precoloidal y gelatinizado acetilado. Los materiales modificados se seleccionaron atendiendo a sus propiedades funcionales, aplicabilidad y valor agregado. Se efectuó investigación y desarrollo de procesos para las tecnologías de almidón modificado y se obtuvo que la efectividad técnico-económica para almidón y sus productos modificados es adecuada alcanzando un período de recuperación al descontado menor a 4 años en todos los casos y permitiendo su combinación efectiva con los surtidos harina y casabe.

***Abstract:***

*In the investigation a strategic procedure for the development of agro-industrial processes was elaborated complemented with the assimilation of technologies and it was validated the same for the products of Manihot esculenta Cranz (cassava). The procedure developed allows to order sequentially the business and investor decision making in the agro-industrial sector, considers the research and development of processes, the adaptation and evaluation of assortments, their combinations and modifications. The novel aspects and the relevance of the methodology are based on the research and development of processes as a complement to the assimilation of technologies, the conceptualization of the starting situation through the link between the agricultural diagnosis, the agricultural strengthening and the study of the market and in the exploitation of all the potentialities of these materials as primary assortments, modified and combined. The procedure was applied to the primary materials of cassava, casabe, flour and starch, to the combination between them and to the modified assortments precolloidal starch and acetylated gelatinized. The modified materials were selected according to their functional properties, applicability and added value. Research and development of processes for modified starch technologies was carried out and it was obtained that the technical-economic effectiveness for starch and its modified products is adequate, reaching a recovery period of less than 4 years in all cases and allowing its effective combination with the flour and casabe assortments.*

**Palabras Clave:** Agroindustria; Yuca; Almidón; Almidón Gelatinizado Acetilado; Almidón Precoloidal

***Keywords:*** *Agroindustry; Cassava; Starch; Acetylated gelatinized starch; Precolloidal starch*

**1. Introducción**

Para los países con limitaciones en su desarrollo la producción de alimentos es compleja, primordial y de urgente solución. A las limitaciones económico-financieras se unen factores de diferente índole, como la obsolescencia tecnológica, la sequía, el agotamiento de los suelos, etc.; que afectan la producción agropecuaria generando importaciones insostenibles de alimentos y tecnologías en condiciones desventajosas. El desarrollo de una industria sostenible y eficiente para el procesamiento de alimentos debe efectuarse simultáneamente con el incremento de la producción agropecuaria.

Por otra parte, las tecnologías agropecuarias están esencialmente desarrolladas y aplicadas por lo que la estrategia empresarial e inversionista tiene que incluir la asimilación de tecnologías y su adopción *(Lee et al, 2010).* A esto se une la necesidad de desarrollar procesos como producto científico y comercializable asociado a la asimilación de tecnologías, como forma de aplicación de conocimientos y desarrollo previamente adquiridos *(Malizia y col, 2013).*

Los procedimientos y estrategias inversionistas vigentes en Cuba, principalmente la resolución 327/2014 *(MINJUST, 2015)*, no incluyen de forma explícita acciones efectivas para acometer la asimilación tecnológica. Sin embargo, en el orden científico-metodológico se han establecido los principios del desarrollo de procesos y de la asimilación por transferencia tecnológica *(Sarduy, 2004); (Ley, 2006),* perono se ha alcanzado un vínculo entre ellos que favorezca que el desarrollo de procesos esté complementado con la transferencia tecnológica.

De acuerdo a los aspectos anteriores es necesario el esclarecimiento de los procedimientos estratégico-metodológicos para que el desarrollo de procesos de la industria agroalimentaria se complemente con la asimilación tecnológica. El procedimiento diseñado con tal fin puede ser aplicable a cualquier surtido agropecuario y a su industria de procesamiento asociada. Una necesidad vital de la agroindustria cubana actual es el desarrollo de proyectos de cultivo e industrialización de *Manihot esculenta Cranz* (yuca o mandioca) *(Pérez y col, 2014),* producto que a pesar de sus potencialidades de cultivo no se ha extendido hacia la industrialización de surtidos interesantes como la harina y el almidón y la producción de sus variedades industrializables se destina solo a la alimentación animal *(Beovides et al., 2013)*.

Atendiendo a ello, el objetivode la presente investigación es establecer los procedimientos para el desarrollo de procesos agroindustriales complementado con la asimilación tecnológica, favoreciendo la toma de decisiones empresariales e inversionistas y aplicándolos a *Manihot esculenta Crantz* y sus productos industrializables*.*

Los procedimientos considerados en el presente trabajo mejoran las opciones existentes para la asimilación tecnológica al considerar la combinación y la modificación de surtidos, la investigación y el desarrollo de procesos y constituyen una guía metodológica en la identificación y ejecución de las decisiones secuenciales de carácter técnico e inversionista. Como parte de estos procedimientos se favorece la obtención y desarrollo de nuevos productos como el almidón precoloidal y el almidón gelatinizado acetilado y la producción eficiente y sostenible de surtidos tradicionales a base de mandioca con los correspondientes procedimientos de asimilación tecnológica en las condiciones específicas de cada surtido.

**2. Metodología**

**2.1. Definición de premisas conceptuales**

Por la importancia de la disponibilidad de materias primas en la industria agroalimentaria, los procesos de fortalecimiento agropecuario son condición necesaria y para ello es imprescindible la aplicación previa del diagnóstico. Un efectivo diagnóstico de la situación agropecuaria de una zona, región o país permite trazar las pautas para la selección de uno o varios cultivos de interés local. Lo local, descrito por *(Silva, 2003)*, como fuente de crecimiento, de innovación tecnológica hacia las actividades productivas de pequeño y mediano tamaño, de creación de empleo, de capacitación de mano de obra para procesos específicos, de identificación, de valoración y de proyección de los recursos locales existentes para desatar procesos de desarrollo endógenos, se ajusta a las características y requerimientos propios de la agroindustria cubana.

El diagnóstico proporciona la información que permite conocer la capacidad de desarrollo, oportunidades y potencialidades, así como los recursos disponibles para ello, está basado en los diagnósticos preexistentes y permite conformar un panorama preliminar de la situación de la localidad *(Silva, 2003)*. Esta concepción básica para el desarrollo local es aplicable también al diagnóstico y potencialización local o regional para determinado cultivo agropecuario. Por otra parte la definición del tamaño del proyecto inversionista requiere de la consideración de la incertidumbre en la disponibilidad de materia prima *(Oquendo, 2002).*

La definición de la capacidad de los proyectos está determinada por el estudio de mercado y la incertidumbre en el mercado es una premisa en cualquier análisis de proyección inversionista *(Rudd and Watson, 1971).* Por otra parte la definición de la disponibilidad de materia prima es una actividad que, en las condiciones de la agricultura cubana actual, debe ser definida previo al estudio de mercado puesto que las insatisfacciones de la casi totalidad de los mercados de alimentos se contraponen a las limitaciones productivas siendo necesario satisfacer mercados para surtidos con disponibilidad de materias primas o sea potenciar disponibilidades productivas para cubrir mercados insatisfechos de antemano.

Respecto a los procedimientos de asimilación tecnológica, la vigilancia tecnológica, se basa en los procedimientos generales existentes para ello, principalmente en los propuestos por *(Ley, 2006)* y entre las fuentes informativas continúan el análisis de patentes y la inteligencia competitiva siendo aspectos definitorios *(Escorsa, 2001).* Pero, aún cuando la etapa de vigilancia se desarrolle con todo rigor, es necesario tener en cuenta que parte de la información del proceso o la tecnología puede ser total o parcialmente desconocida, incluso para sí mismo, por el suministrador de la tecnología.

Esta problemática puede manifestarse en tres situaciones fundamentales. La primera en procesos originalmente desarrollados con cierto nivel de incertidumbre y que luego se convierten en tecnologías emergentes que no garantizan totalmente los requerimientos de diseño y operación *(González, 2010)*. Segundo, para tecnologías con pequeñas diferencias en las condiciones operacionales o que no manejen materiales exactamente iguales a los que requiere el receptor. Y en el tercer caso se encuentran los procesos que requieren la modificación de una tecnología determinada para obtener un producto mejorado o modificado, principalmente cuando la nueva etapa es de transformación química *(González 1991)*; *(Pérez, 2018).*

En todos los casos anteriores, se requiere obtener la información desconocida por investigación del proceso, lo cual permite una mejor discriminación de variantes durante la selección de la tecnología apropiada y competitiva (TAC) o la asimilación de una propuesta tecnológica con limitaciones para el fin requerido por el receptor pero con posibilidades de efectuar las adecuaciones necesarias durante la adopción, a partir del conocimiento más exacto de dicha tecnología que puede estar referida más a las características físico químicas del proceso en cuestión que a la tecnología en sí misma y puede ser de naturaleza cinética, termodinámica o estar vinculada con cambios en los materiales involucrados en los procesos o sus propiedades físico químicas. Atendiendo a esto, los procedimientos considerados en este trabajo son un híbrido entre el desarrollo tradicional de procesos y la asimilación de tecnologías conocidas a través de la transferencia tecnológica.

La selección de la TAC puede hacerse a través del procedimiento de Ley (2006), pero su concepción para la toma de decisiones inversionistas requiere un adecuado análisis de variantes para el tamizado de la TAC. Este análisis, con aplicación para la industria agropecuaria o para cualquier proceso integrado materialmente, se efectúa como una secuencia de decisiones empresariales con aplicación cíclica y en espiral de los pasos de adaptación para el producto principal, sus coproductos y/o materiales modificados.

### **2.2. Disponibilidad de materia prima y selección de surtidos**

La principal limitante actual para la aplicación de las premisas para el desarrollo de procesos antes descritas a los productos de mandioca es la disponibilidad de raíces, por lo cual se encuentra en fase de implementación un Programa Nacional del Grupo Empresarial de Flora y Fauna para el cultivo de este tubérculo con fines industriales. Dicho proyecto y otras perspectivas del Ministerio de la Agricultura prevén la extensión del cultivo de mandioca, con fines industriales, en varias provincias del país. En el caso de Villa Clara, la unidad productiva “Copa” de Santo Domingo, tiene un proyecto en ejecución para cultivar 150 ha, con variedades de alto potencial genético, principalmente INIVIT Y-93-4 *(Ochoa, 2014)*. En dicho proyecto se estima un rendimiento promedio de 16 t/ha para una producción anual de 2400 traíces lo que representa una disponibilidad de 8 traíces/d durante 300 días al año *(ENPA, 2013); (Pérez,2018).*

Es conveniente considerar como surtidos primarios el casabe, la harina y el almidón nativo y como materiales modificados el almidón precoloidal, como caso de modificación física; el almidón acetilado, como caso de modificación química y el almidón gelatinizado acetilado como caso de modificación física y química. Como resultado de la investigación de procesos desarrollada por Pérez (2018), donde se demuestra que la velocidad de sustitución nucleofílica es muy inferior en la acetilación de material nativo respecto al gelatinizado, se adaptó tecnología y se desarrolló procesos para el almidón gelatinizado acetilado pero no para almidón acetilado.

### **2.3. Consideraciones generales para el análisis técnico económico**

Una vez que la vigilancia tecnológica y el desarrollo de procesos proporcionan la información requerida se efectúa la selección, adaptación y análisis de factibilidad técnica y económica para cada surtido.

Los mercados nacionales de estos materiales están insatisfechos o cubiertos por productos importados que se necesita sustituir *(ENPA, 2013).* Cómo existe déficit de materia prima, la disponibilidad de yuca se consideró a partir de una producción similar a la del proyecto de “Copa”. En el caso del casabe, Pérez (2018), determina que el tamaño mínimo económico del proyecto es una capacidad de tratamiento de 1,4 traíces /d y que en las condiciones actuales se necesita una producción pequeña que permita incentivar mercados y generar preferencias por este surtido energético y tradicional en la región del Caribe.

El precio de la materia prima en las condiciones de un proyecto integrado con la producción se consideró según los indicadores vigentes para este cultivo en 0,07 $/kg *(ENPA, 2013); (MINAG, 2017)*. Estos procesos no generan residuos interesantes para utilizarse como fuentes energéticas, por lo que es necesario aplicar combustibles no renovables como el crudo nacional (CN) cuando la instalación no está integrada a alguna otra opción energética.

Para todos los surtidos se aplicó la modelación combinada de los balances de materiales y energía. La selección y diseño del equipamiento adaptado se realizó por el método de Oriol *(Oriol, 1982)* para los transportadores de bandas y el lavador descascarador, por el método de Mazón *(Mazón, 1980)* para la trituradora y los molinos de martillos, por el método de Rosabal y Valle *(Rosabal y Valle, 1998)* para el filtro prensa. Para el filtro rotatorio al vacío se combinaron varios métodos *(Peters y Timmerhaus, 1968); (Rosabal y Valle, 1998) y (McCabe y Smith, 1999)*. Para el secadero neumático se utilizó el método de Perry y Green *(Perry y Green, 1984)* y para las bombas centrífugas el método de McCabe y Smith *(McCabe y Smith, 1999)*.

La determinación de los indicadores económico-financieros dinámicos se hizo para un costo de oportunidad del 10 %, con un período de vida útil de la instalación de 15 años, funcionando 300 días al año en 3 turnos diarios de trabajo con 20 horas productivas y 4 horas de limpieza y mantenimiento. Los precios de los portadores energéticos se consideraron a partir de indicaciones del Ministerio de Economía y Planificación *(MEP, 2017)* y los precios de comercialización considerados para cada surtido se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Precios de comercialización de los surtidos considerados.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Surtido | Precio (USD/kg) | Referencias |
| Casabe | 1,44 | *(Reyes, 2017)* |
| Harina | 0,45 | *(ENPA, 2013); (UCLV, 2014); (KFT, 2018)* |
| Almidón Nativo | 1,00 | *(Chetchuda, 2017),* *(Green-World-Import, 2018)* |
| Almidón Precoloidal | Considerado al precio del almidón nativo por ser un producto novedoso del cual no existen referencias de producción ni precios. | |
| Almidón Gelatinizado Acetilado | 1,50 | *(Chetchuda, 2017)*. |

**3. Resultados y discusión**

### **3.1. Resultados de la adaptación y evaluación técnico-económica**

En la adaptación de tecnologías se seleccionó como TAC para casabe, la tecnología mecanizada *(Pérez, 2019)*; para la harina, el secado en pastas, con diagrama de flujo mostrado en la figura 1 y para el almidón nativo la vía mecanizada, con diagrama de flujo mostrado en la figura 2.

En los procesos de la harina y el almidón las etapas determinantes están relacionadas con la deshidratación del material. En la harina esto se logra a través del secado neumático que se efectúa recirculando parte del sólido hasta humedad de 0,3 kgagua/kgss para evitar la aglomeración y parte del aire hasta humedad de 0,03 kgagua/kgas para reducir los consumos energéticos. Se utiliza como opción energética la combustión de CN en intercambiadores de superficies extendidas aire-gases de combustión. La opción de secado en trozos no fue considerada por la baja efectividad del intercambio entre la fase aire caliente y el sólido en porciones de tamaños irregulares.

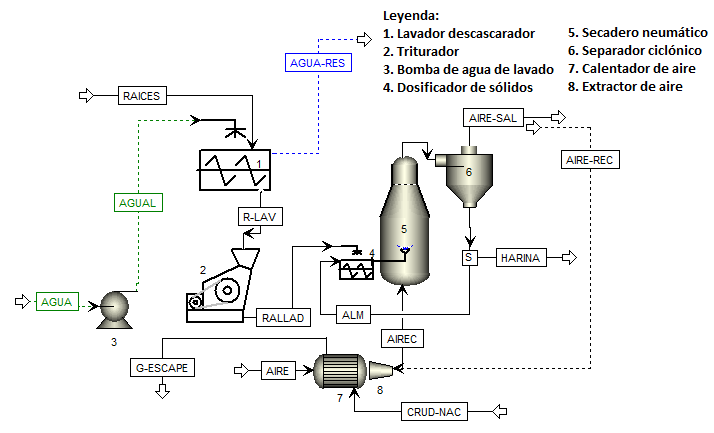


Figura 1. Diagrama de flujo para harina por secado en pasta

Para el caso del almidón existen etapas de centrifugación para la separación de la fibra y la refinación de la lechada seguidas de filtrado al vacío y secado neumático en similares condiciones y equipos que en el caso de la harina.

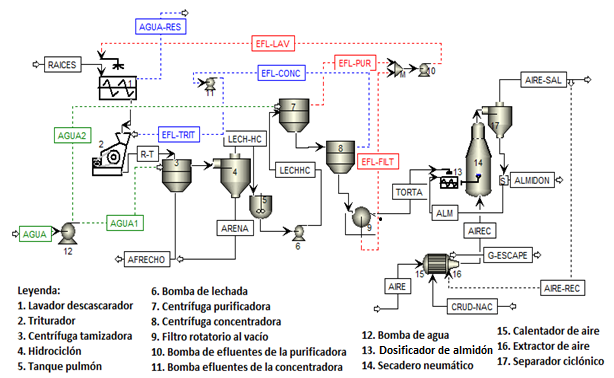


Figura 2.Diagrama de flujo para almidón por el método mecanizado

Para los surtidos modificados se combinó el desarrollo de procesos y la asimilación tecnológica. Para almidón precoloidal, en las mejores condiciones de modificación hidrotérmica determinadas por Pérez y colaboradores *(Pérez y col., 2017); (Pérez, 2018)*, se desarrolló procesos para el tratamiento hidrotérmico en intercambiadores de placas de broquete ancho, operando en la zona precoloidal por intercambio con agua precalentada en intercambiadores indirectos agua-gases de la combustión de CN.

Para almidón gelatinizado acetilado, con grado de sustitución de hasta 0,6; en las mejores condiciones de gelatinización y acetilación determinadas por Pérez y colaboradores *(Pérez y col 2018a); (Pérez y col., 2018b); (Pérez 2018),* se desarrolló procesos para las etapas de gelatinización, acetilación y secado por aspersión. La gelatinización y la acetilación se efectuaron en equipos y baterías enchaquetadas con agitadores de placas y deflectores verticales a condiciones de operación escaladas para este proceso *(Pérez, 2018)*. El intercambio de calor para la gelatinización se efectuó en similares condiciones y equipos que para el tratamiento hidrotérmico y el secado por aspersión se desarrolló en equipos de cámara cilíndrica y cónica con atomizadores centrífugos que para la suspensión gelatinizada acetilada requieren 0,3 m de diámetro, girando a 6000 rpm y 24 paletas de 0,03 m de altura *(Pérez, 2018)*. Adicionalmente se combinó, para ambos surtidos modificados, con adaptación de las tecnologías para el resto de las etapas del almidón nativo vía mecanizada.

Los resultados del balance de materiales y energía por surtidos se resumen en la tabla 2. Con dichos resultados se procedió al dimensionamiento del equipamiento desarrollado y adaptado luego de lo cual fue posible efectuar la evaluación técnico-económica para los surtidos propuestos y para la combinación de los surtidos primarios casabe, harina y almidón. En la tabla 3 aparece el resumen del análisis técnico económico para las variantes propuestas a capacidad de 8 traíces/d.

Tabla 2. Resumen del balance de materiales y energía por surtidos

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Casabe | Harina |  | | Almidón | Almidón precoloidal | Almidón Gelatinizado Acetilado |
| Producción (t/d) | 0,57 | 2,773 |  | | 2,535 | 2,544 | 3,123 |
| Raíces (t/d) | 1,4 | 8,0 | | | | | |
| Agua uso tecnológico (m3/d) | 2,1 | 9,60 |  | 22,62 | | 36,96 | 25,38 |
| Aire para el secado (m3/d) | - | 87 765 |  | 33 687 | | 33 825 | 407 274 |
| Crudo nacional (tCN /d) | 0,02 | 0,314 |  | 0,124 | | 0,237 | 1,355 |
| Índice consumo CN (tCN/tharina) | 0,035 | 0,113 |  | 0,050 | | 0,09 | 0,433 |
| Raíces desechadas (t/d) | 0,07 | 0,391 |  | 0,238  0,238  0,238 | | | |
| Cáscara y cascarilla (t/d) | 0,08 | 0,461 |  | 0,466 | | 0,023 | 0,465 |
| Agua de lavado (m3/d) | 1,7 | 9,92 |  | 24,33 | | 37,99 | 9,6 |
| Pérdidas (t/d) | 0,06 | 0,158 |  | 0,082 | | 0,082 | 0,079 |
| Rendimiento base a yuca (%) | 26,5 | 34,66 |  | 31,69 | | 31,81 | 39,05 |

Tabla 3. Resumen de la valoración técnico-económica de las variantes propuestas a 8 traíces/d

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Parámetros de evaluación | Variantes | | | | |
| Casabe | Harina | Almidón nativo | Almidón precoloidal | Almidón gelatinizado acetilado |
| Costo de equipos ($) | 52 037,0 | 106 668,2 | 209 289,2 | 254 659,3 | 216 255,7 |
| Inversión total ($) | 138 939,2 | 284 804,0 | 558 802,4 | 681 213,7 | 557 402,6 |
| VAN ($) | PROYECTO NO FACTIBLE | PROYECTO NO FACTIBLE | 1 674 926,8 | 1 352 727,4 | 2 115 448,2 |
| TIR (%) | 44 | 34 | 50 |
| PRD (años) | 3 | 3,8 | 2,7 |
| Disponibilidad de raíces mínima (para PRD = 4 años) (t/d) | 3 | 28 | 6 | 7,5 | 5,2 |

De los resultados de la tabla 3 se aprecia que la producción de casabe solo alcanza resultados favorables cuando el tamaño de la planta es de 3 traíces/d pero a dicha capacidad no existe en la actualidad garantía de mercados nacionales consistentes. Por otra parte la producción de harina solo alcanza resultados similares a capacidades superiores a las 28 traíces/d, cantidad no lograble en las proyecciones actuales de crecimiento agrícola. Sin embargo el almidón y sus materiales modificados sí alcanzan periodos de recuperación menores a 4 años aún a la capacidad del proyecto de “copa”. Por esa razón se consideró la combinación de los surtidos de resultados no adecuados con el coproducto de mayor valor agregado almidón.

En la tabla 4 aparece el resumen de los balances de materiales y energía para la variante combinada, considerando 50 % de la disponibilidad de raíces para almidón, 45 % para harina y 5 % para casabe. Esta combinación se efectuó aprovechando las etapas iniciales comúnes a todos los surtidos y tiene el enfoque de planta multipropósito con integración material y energética.

En la tabla 5 aparece el resumen del análisis de sensibilidad de la producción combinada al tamaño de la instalación para diferentes relaciones harina/almidón en la formulación manteniendo un 5 % de yuca para casabe. Se aprecia que la combinación de surtidos permite la elaboración efectiva de harina y casabe cuando la disponibilidad de raíces se incrementa ligeramente o cuando aumenta hasta un 60 % la disponibilidad de raíces destinada a la producción de almidón.

Tabla 4. Resumen del balance de materiales y energía para surtidos combinados

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Producción | Almidón (t/d) | | 1,209 |
| Harina (t/d) | | 1,272 |
| Casabe (t/d) | | 0,168 |
| Subproducto |  | Afrecho (t/d) | 0,480 |
| Materias primas | Raíces (t/d) | | 8,000 |
| Aditivos alimenticios (t/d) | | 0,059 |
| Requerimientos | Agua | Agua uso tecnológico (m3/d) | 10,80 |
| Aire | Aire para secado (m3/d) | 56 346,6 |
|  | Combustibles | Crudo nacional (t/d) | 0,217 |
|  |
| Residuos | Sólidos | Raíces desechadas (t/d) | 0,238 |
| Arena (t/d) | 0,179 |
| Cáscara y cascarilla (t/d) | 0,466 |
| Líquidos | Efluentes de centrífugas (m3/d) | 11,765 |
| Pérdidas de proceso |  | Pérdidas (t/d) | 0,022 |
| Rendimiento total en base a yuca (%) | | 32,37 |

Tabla 5. Sensibilidad de la producción combinada a la disponibilidad de yuca y su distribución por surtidos.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Variación | Disponibilidad traíces/d | VAN ($) | TIR (%) | PRD (años) |
| 50 % almidón/ 45 % harina/ 5 % casabe | | | | |
| 0 | 8 | $ 779 953,45 | 27 | 5,0 |
| + 10 % | 8,8 | $ 1 109 683,43 | 32 | 4,0 |
| +20% | 9,6 | $ 1 440 343,34 | 37 | 3,6 |
| 60 % almidón/ 35 % harina/ 5 % casabe | | | | |
| 0 | 8 | $ 995 393,22  1 364 868,93 | 30 | 4,2 |
| +5 % | 8,4 | $ 1 171 038,6 | 33 | 4,0 |
| 35% almidón/ 60 % harina/ 5 % casabe | | | | |
| +20 % | 9,6 | $ 1 057 887,01 | 31 | 4,2 |
| +25 % | 10 | $ 1 207 578,01 | 33 | 4,0 |

En la figura 3 se muestra el perfil del VAN para los surtidos considerados a la capacidad de 8 traíces/d. En ella se aprecia que, en las condiciones seleccionadas, los surtidos casabe y harina no son competitivos frente a los de almidón. En el caso del casabe se debe a las bajas capacidades productivas que demanda la inseguridad con el mercado de este producto, por lo que es necesario incentivar mercados con una producción limitada, que puede lograrse mejor con la variante combinada. Para harina es la desventaja del valor de este material frente a los productos de mayor valor agregado como el almidón quien genera la inefectividad técnico económica a bajas capacidades.

Figura 3. Perfil del VAN para los surtidos considerados a 8 traíces/d.

Atendiendo a los resultados anteriores, la tendencia de estos procesos es hacia la combinación y modificación de surtidos y dichas tareas deben ejecutarse a tono con los procedimientos desarrollados en la presente investigación.

**4. Conclusiones**

Las premisas y procedimientos planteados orientan el desarrollo de procesos agroindustriales complementado con la asimilación tecnológica como una herramienta eficaz para la toma de decisiones empresariales e inversionistas, demostrando los buenos resultados que se alcanzan durante su aplicación en el análisis técnico económico para surtidos primarios, combinados y modificados de *Manihot esculenta Crantz*.

Las tecnologías para casabe y harina no alcanzan resultados adecuados de factibilidad pero el almidón nativo alcanza un VAN de $1 674 926,72; TIR del 44 % y PRD de 3 años cuando se considera una disponibilidad de yuca de 8 traíces/d. Ello permite que la combinación de los surtidos casabe y harina con el coproducto almidón sea efectiva cuando más del 50 % de la disponibilidad de yuca se destina a almidón o se incrementa ligeramente la disponibilidad.

Los materiales modificados alcanzan resultados muy positivos de los indicadores financieros y tienen mayor aplicabilidad y valor agregado. La producción de almidón precoloidal alcanza VAN de$ 1 352 727,36; TIR del 34 % y PRD de 3,8 años, mientras que la producción de almidón gelatinizado acetilado alcanza VAN de $ 2 115 448,15; TIR del 50 % y PRD de 2,7 años.

Los procedimientos desarrollados permiten una proyección adecuada de los trabajos futuros en la identificación y consolidación de las potencialidades de la industria agropecuaria cubana y de los pases de menor desarrollo.

**5. Referencias bibliográficas**

1. BEOVIDES, Y., MILIÁN, M. D., RODRÍGUEZ, D., GÁLVEZ, L., RODRÍGUEZ, K., FERNÁNDEZ, M. I., MOLINA, A., CAMEJO, M., ARCIA, O., MOREJÓN, Z., OLIVA, M., MOLINA, O., RAYAS, A. & BASAIL, M. (2013) ***"Cultivares cubanos de yuca (Manihot esculenta Crantz) con rendimiento y potencial genético para la agroindustria"***. Centro Agrícola*,* 40 (3)**,** pp. 71-78.
2. ENPA (2013) ***"Programa de desarrollo integral de la yuca. Empresa Flora y Fauna. UEB Villa Clara"***. Santa Clara, Empresa de Proyectos e Ingeniería.
3. ESCORSA, P. (2001).***"De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva en las empresas"***. IALE Tecnología. Conferencia inaugural de los Estudios de Información y Documentación de la UOC del segundo semestre del curso 2001-2002 [Internet]. Disponible en:http://www.uoc.edu/web/esp/art/uoc/escorsa0202/escorsa0202\_imp.html Consultado: Enero 2018.
4. GONZÁLEZ, E. (1991) ***"Utilización del análisis de procesos en la intensificación de la producción en distintas industrias de Cuba” "***. Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Departamento de Ingeniería Química.
5. GONZÁLEZ, J. (2010).***"Manual de transferencia de tecnología y conocimiento"***. [Internet]. Disponible en: <https://www.bubok.es/libros/15512/Manual-de-transferencia-de-tecnologia-y-conocimiento>. Consultado:Diciembre 2017.
6. LEE, A., WUANG, W. & LIN, T. (2010). ***"An evaluation framework for technology transfer of new equipment in high technology industry"***. Technological Forecasting & Social Change*,* 77 pp. 135- 150.
7. LEY, N. (2006) ***"Contribución a los métodos de asimilar tecnologías, aplicado a un caso de producción de biocombustibles"***. Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Departamento de Ingeniería Química.
8. MALIZIA, A. I., SÁNCHEZ, M., LOMBERA, G. & CASTRO, E. (2013) ***"Análisis de los Mecanismos de Transferencia Tecnológica entre los Sectores Científico-tecnológico y Productivo de Argentina"***. J. Technol. Manag. Innov. *,* 8 (4)**,** pp. 123-130.
9. MAZÓN, A. H. (1980) ***"Equipamiento para la Industria alimentaria"****.* La Habana.
10. MCCABE, W. & SMITH, J. (1999) ***"Unit Operations of Chemical Engineering"****.* La Habana, Instituto Cubano del Libro. Edición Revolucionaria.
11. MEP (2006) ***"Resolución No. 91/2006: Indicaciones para el Proceso Inversionista"***. Ministerio de Economía y Planificación.
12. MINAG (2017) ***"Ficha de Costo de procesos agropecuarios. Producto: Yuca"***. Santa Clara, Delegación Provincial. Ministerio de la Agricultura.
13. MINJUST (2015) ***"Decreto No. 327/2014. Reglamento del Proceso Inversionista en Cuba"****.* Gaceta Oficial de la Republica de Cuba, Ministerio de Justicia.
14. OCHOA, M., SARDINAS, L., MAZA, N., LIMA, M., ÁLVAREZ, M., FALCO, A. S., PÉREZ, W., HERNÁNDEZ, G. & FRAGA, R. (2014) ***"Evaluación de harina y almidón de yuca obtenidos de diferentes clones"***. Cienc. Tecnol. Aliment*,* 24 (2)**,** pp. 63-68.
15. ORIOL, J. (1982) ***"Máquinas transportadoras"***. Conferencia de máquinas transportadoras*.* La Habana, Cuba.
16. Oquendo, F (2002). Consideración d ela incertidumbre de la demanda y la disponibilidad de materias primas en la determinación de nuevas capacidades de producción de derivados de la caña de azúcar. Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad de Camaguey. Departamento de Ingeniería Química.
17. PÉREZ, O., DE ARMAS, A., MARTÍNEZ, Y. & PÉREZ , A. (2014) ***"Estrategia Innovativa en el estudio de alternativas de industrialización de la yuca como oportunidad de negocios"***. Centro Azúcar*,* 41 (4)**,** pp. 59-66.
18. PÉREZ, O., LEY, N., GONZÁLEZ, E. & VALDÉS, C. (2017) ***"Modificación hidrotérmica del almidón de yuca para su empleo como estabilizador de helados"***. Afinidad LXXIV (580)**,** pp. 171-177.
19. PÉREZ, O., LEY, N., GONZÁLEZ, E. & TOLEDO, L. (2018a) ***"Cinética y Distribución de Producto en la Acetilación de Almidón de bajo Grado de Sustitución a partir de Manihot esculenta Crantz, variedad INIVIT Y-93-4."*** Centro Azúcar*,* 45 (2)**,** pp. 88-100.
20. PÉREZ, O., LEY, N., GONZÁLEZ, E. & TOLEDO, L. (2018b) ***"Cinética y Distribución de Producto en la Acetilación de Almidón de bajo Grado de Sustitución."*** Afinidad LXXV (583)**,** pp. 204-211.
21. Pérez, O. (2018) ***"* PROCEDIMIENTO ESTRATÉGICO DE DESARROLLO DE PROCESOS AGROINDUSTRIALES COMPLEMENTADO CON ASIMILACIÓN TECNOLÓGICA APLICADO A LOS PRODUCTOS DE *MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*.** Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Departamento de Ingeniería Química.
22. Pérez, O.; González; E., Ley, N.; García, Y.; Miño, J. E. (2019). “**Potencialidades técnico-económicas para la producción de casabe en Cuba”.** +ingenio, 1(2) (aceptado para publicar)
23. PERRY, R. & GREEN, D. (1984) ***"Perry's chemical Engeerieng handbook"***. Mc Graw-Hill Book Company.
24. PETERS, M. & TIMMERHAUS, K. (1968) ***"Plant Design and Economics for Chemical Engineers"****.* La Habana, Editorial Pueblo y Educación.
25. ROSABAL, J. & VALLE, M. (1998) ***"Hidrodinámica y Separaciones mecánicas. Tomo II"****.* La Habana, ENPES.
26. Rudd, D. F.,Watson, Ch. (1971). C. “Strategy of Process Engineering”
27. SARDUY, C. (2004) ***"Ordenamiento de la transferencia de tecnología en la Provincia de Villa Clara a través de una estructura de Interfase CITMA/UCLV/Sector Empresarial"***. Tesis en opción al Grado Científico de Master en Gerencia de la Ciencia y la Innovación, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
28. SILVA, I. (2003) ***"Metodología para la elaboración de estrategias de desarrollo local"***. CEPAL - SERIE Gestión Pública*,* (42)**,** pp. 3-60.