

Obtención de almidón fermentado a partir de yuca (*Manihot esculenta crantz*) variedad valencia, factibilidad de uso en productos de panadería

Fecha de recepción: 19/01/2010

Fecha de aceptación: 21/01/10

Pedro Vargas Aguilar¹

Para asegurar la calidad del producto se hizo una prueba de panificación para ver el efecto del almidón en la textura del pan.

Palabras clave

Almidón agrio, fermentación, lactobacilos, pan, yuca.

Resumen

Se realizaron pruebas de fermentación de almidón de yuca (*Manihot esculenta* variedad Valencia) para conocer el proceso de elaboración del almidón agrio. Se efectuaron tres repeticiones durante el proceso fermentativo duró aproximadamente treinta y cinco días. Se hicieron determinaciones de pH y recuentos microbiológicos de la flora mesófila aerobia y de lactobacilos para asegurar el proceso. Una vez transcurrido este período, se procedió a secar el producto obtenido mediante exposición directa a la luz solar por 8 horas. Para asegurar la calidad del producto se hizo una prueba de panificación para ver el efecto del almidón en la textura del pan.

Keywords

Sour starch, fermented starch, lactobacilli, cassava.

Abstract

Fermentation trials by triplicate were conducted with cassava starch (*Manihot esculenta* variety Valencia) to learn sour starch process. The fermentation process lasted approximately thirty-five days and it was followed with measurements of pH and microbial counts of aerobic mesophilic flora and lactobacilli. After this period, the fermented starch was dried by direct exposure to sunlight for 8 hours. To control quality of fermented cassava starch a bakery test was carried out to see the effect of starch on bread texture.

Introducción

La yuca (*Manihot esculenta*) conocida también como *mandioca* o *cassava*, es

1. Escuela de Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica. Teléfonos: 2511-3469, 2511-8851. Fax: 2511-4710. Correo electrónico: pedro.vargas@ucr.ac.cr

originaria del trópico suramericano y ha sido extendida por todas las regiones tropicales del orbe. Después de los cereales tradicionales como el trigo, el maíz y el arroz, es uno de los principales productos alimenticios. Es, además, un producto particularmente consumido por habitantes de zonas tropicales o por emigrantes que viven en áreas templadas, pero su utilización se limita enormemente por el rápido deterioro de la raíz (Fonseca y Saborío, 2001).

Murillo (1995), expone que las principales ventajas de la yuca son su mayor eficiencia en la producción de carbohidratos en relación con los cereales y su alto porcentaje de almidón contenido en la materia seca. Adicionalmente, es un cultivo cuya producción se adapta a ecosistemas diferentes, y se puede producir en condiciones adversas y climas marginales.

El almidón es uno de los principales componentes de la yuca y de otras raíces y tubérculos, se encuentra almacenado en gránulos y se extrae utilizando un proceso de disolución en agua y filtrado con mantas. El almidón de yuca nativo también se conoce como *tapioca*, y es utilizado en la industria alimentaria como ligante de agua, coadyuvante de emulsificantes, fuente de carbohidratos, espesante y agente texturizante. Por sus propiedades también se emplea en alimentos extruidos y en rellenos de pasteles, como espesante en alimentos naturales y alimentos que no son sometidos a procesos rigurosos. Además, se utiliza en alimentos para bebés y puede sustituir parcialmente al almidón de maíz y de papa en algunos procesos como en la obtención de siropes de glucosa y en todos los tipos de almidones modificados (Murillo, 1995).

Por otro lado, también existe un almidón de yuca que se somete a una etapa de fermentación, para el cual, Cadena, *et ál.*, (2006), explican que el proceso de obtención consiste en una serie de

operaciones que, por vía húmeda, logra la extracción del almidón que contienen estas raíces. Este producto resultante se somete luego a una fermentación anaeróbica espontánea y, posteriormente, a un secado con luz solar. Su producción es realizada en América Latina, particularmente en Brasil, Colombia y Paraguay y se conoce como almidón agrio, el cual es utilizado en ciertos productos de panadería.

Alarcón y Dufour (2002) señalan que el desarrollo de este producto se dio como resultado de una labor doméstica realizada por familias enteras principalmente en las zonas rurales, con equipos manuales rústicos de fabricación casera, se ha utilizado como ingrediente en alimentos considerados como típicos, como por ejemplo: pandebono y el pan de yuca, besitos y rosquillas en Colombia, y el pão de queijo en Brasil, así como también para alimentos tipo “snacks” procesados industrialmente.

Como explica Henao (2004), es importante conocer que aunque el almidón o harina de yuca contiene muy poca cantidad de proteína (menos del 2%), sí posee un nivel alto de fibra (por encima del 3%), que es un punto más a favor de su consumo. Sin embargo, a pesar del inconveniente que significa no contar con proteína, la cual le confiere a las masas las características viscoelásticas que da el gluten del trigo, al elaborar productos de panificación, Alarcón y Dufour (2002) señalan que en el caso del almidón agrio este producto adquiere características de sabor, textura, olor, y expansión en el horneado que son muy deseables; y que no pueden obtenerse con el almidón nativo o sin fermentar.

Como el almidón agrio es un producto que se somete a una fermentación natural, González y Arévalo (2001), comentan que esta condición conlleva a que el producto presente una calidad no estandarizada en el mercado, ya que algunos productores tienen su propio criterio para definir el punto final del proceso fermentativo. En

Por sus propiedades también se emplea en alimentos extruidos y en rellenos de pasteles, como espesante en alimentos naturales y alimentos que no son sometidos a procesos rigurosos.

algunos casos, se evalúa la superficie de la masa en fermentación en el tanque o “probando” la acidez en la boca, entretanto, otros definen el punto final evaluando la calidad del producto por medio de pruebas de panificación en las cuales miden el poder de expansión de las piezas elaboradas (Ascheri, 2003).

Dufour, *et ál.*, (1996), y Alarcón y Dufour (2002), coinciden en definir el poder de panificación (PP) como el principal criterio de calidad en el almidón agrio de yuca y se trata de cuán capaz es este producto de crecer en el horneado. Sin embargo, a menudo esta medición es impredecible.

Debido a la falta de información, en Costa Rica, de qué tan factible es producir almidón fermentado a partir de las variedades de yuca locales, es que se realizó esta investigación para probar si el proceso es viable y si a partir del producto se puede producir un producto de panadería.

Materiales y métodos

Para la ejecución de este trabajo se empleó yuca variedad Valencia y se siguió el método descrito por González y Arévalo (2001), para la elaboración del almidón agrio como el que se describe a continuación: las raíces de yuca se sometieron a un proceso de lavado para eliminar todas las suciedades presentes en la superficie, luego se pelaron y se rallaron utilizando un rallador convencional en presencia de abundante agua para facilitar la extracción del almidón. Una vez ralladas todas las raíces, se colaron y prensaron con una manta de tela limpia para extraer la mayor cantidad de líquido posible, tal y como se muestra en la figura 1.

El producto obtenido se colocó por cantidades iguales en tres recipientes con capacidad para 5 litros y se cubrió con agua potable hasta unos 20 cm. Estas preparaciones se dejaron a temperatura ambiente (entre 17 y 20 °C aproximadamente) y se permitió seguir el curso de la fermentación por aproximadamente 35 días.

Cada dos días se realizaban mediciones de pH a muestras del líquido sobrenadante, y una vez por semana se llevaron a cabo recuentos aerobios mesófilos totales y de lactobacilos. En el primer caso, se empleó un pH metro marca Accumet® modelo 10, calibrándolo cada vez que se efectuaban las mediciones según las recomendaciones de la casa fabricante.

Para los análisis microbiológicos se utilizó la técnica del vaciado, en el caso del recuento aerobio mesófilo, con el medio llamado agar nutritivo suplementado con TTC (2, 3,5- cloruro de trinefil tetrazolio) al 1% para una mejor visualización de las colonias al momento del conteo. Una vez inoculadas las placas Petri con el medio correspondiente se colocaron en una incubadora marca Precision a 35-37 °C por 72 horas. Transcurrido este tiempo se efectuó el conteo en aquella placa cuya cantidad de unidades formadoras de



Figura 1. Método de elaboración de almidón agrio, descrito por González y Arévalo (2001).

colonias (UFC) estuviera entre 25 y 250. El reporte final se hizo tomando en cuenta la dilución decimal que se había inoculado en la placa escogida.

En el caso del recuento de lactobacilos, se empleó la técnica del esparcido en placas Petri ya preparadas con el medio agar Rogosa, las cuales se colocaron en jarras de vidrio con candela para crear un ambiente de microaerofilia muy gustado por los lactobacilos. Las placas se dejaron a temperatura ambiente (17-20 °C) por al menos 72 horas y posteriormente se contabilizaron las colonias blancas características de este grupo de microorganismos. Además, se realizaron las pruebas de catalasa y de tinción de Gram para confirmar que eran lactobacilos (catalasa negativos y bacilos Gram positivos grandes).

Una vez transcurrido el período de fermentación, se procedió a secar el producto resultante. Para ello se colocó el almidón en forma de una capa sobre un recipiente plano y se puso a la luz solar directa por al menos 8 horas, moviendo el producto para uniformar el secado.

Una vez que se obtuvo el almidón agrio debidamente seco, este se empacó en bolsas de poliuretano.

Resultados y discusión

Resultados

La materia prima que se obtuvo del rallado de yuca, la cual se dividió en tres recipientes para ser utilizados como repeticiones del experimento. Este rendimiento inicial corresponde a un 40%. Si bien la literatura reporta rendimientos del 30%, consideramos que el nuestro es satisfactorio.

Una vez que se inició el proceso de fermentación, durante 35 días, se efectuaron mediciones del pH del agua sobrenadante, registrándose que paulatinamente este parámetro iba disminuyendo conforme avanzaba el tiempo. En la figura 2, se observa la variación del pH durante el período de fermentación.

pH de las muestras

Varios autores mencionan que el proceso de fermentación finaliza cuando el líquido llega al punto ideal del término de la fermentación de pH 3,5 a 4,0. En nuestro experimento, una vez alcanzado ese valor, se suspendió el proceso y se procedió con el secado del almidón.

Al analizar la figura 2, observamos el comportamiento decreciente del pH a través del tiempo de que desciende desde 6 hasta valores de 4, lo que indica que en efecto los microorganismos presentes están actuando sobre las cadenas de almidón y producto de su fermentación es la producción de ácido láctico que provoca el descenso en el pH. Al hacer una regresión, notamos que en efecto, existe una correlación de 0,6941.

En el caso de las pruebas microbiológicas realizadas durante este tiempo, el Cuadro 1 resume los resultados obtenidos para los cinco recuentos aerobios totales que se efectuaron.

Con estos datos, se puede notar que conforme avanzaba el tiempo de fermentación, la carga microbiana aumentaba prácticamente en uno o dos

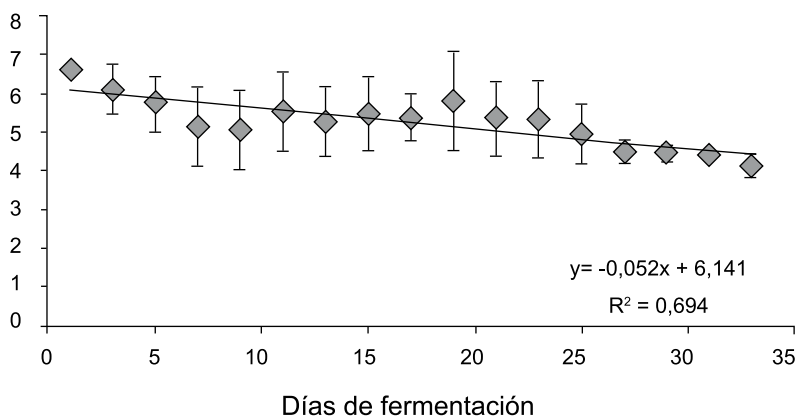


Figura 2 Variación del pH en almidón de yuca durante 31 días de fermentación.

Cuadro 1. Recuentos aerobios mesófilos totales en almidón de yuca fermentado

Días	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio	Desviación estándar
7	1,21E+05	4,50E+04	1,22E+04	5,94E+04	5,58E+04
14	2,92E+06	1,21E+06	1,46E+06	1,86E+06	9,24E+05
21	1,57E+07	6,62E+07	7,34E+07	5,18E+07	3,14E+07
28	9,04E+09	1,44E+10	1,60E+10	1,31E+10	3,65E+09
35	1,85E+11	1,37E+10	1,44E+10	7,10E+10	9,87E+10



Figura 3. Ilustración de placas escogidas en prueba de recuento aerobio mesófilo total.

niveles logarítmicos en cada medición, llegando a pasar de un recuento inicial promedio de aproximadamente $5,94 \times 10^4$ UFC/ml hasta $7,10 \times 10^{11}$ UFC/ml.

La figura 3 muestra uno de los conteos que se hicieron en esta prueba microbiológica

Para el análisis del recuento total de lactobacilos, se hizo el conteo e identificación por medio de varias pruebas.

En la figura 4 se muestran algunas ilustraciones que evidencian lo que se encontró en esta experiencia.

Una vez que se efectuaba el recuento de las colonias que crecían en el medio de cultivo Rogosa en la dilución adecuada, se proseguía a confirmar que estas fueran

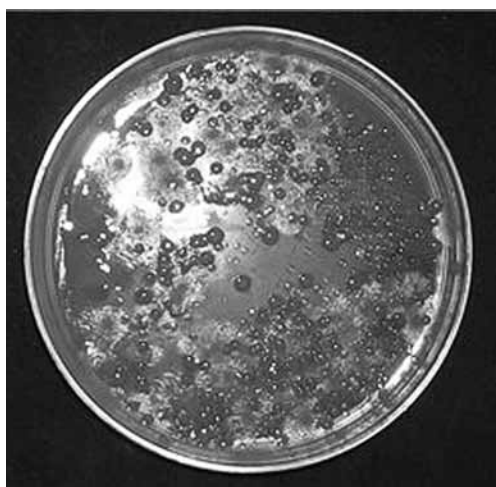


Figura 4. Colonias de lactobacilos en medio de cultivo Rogosa.

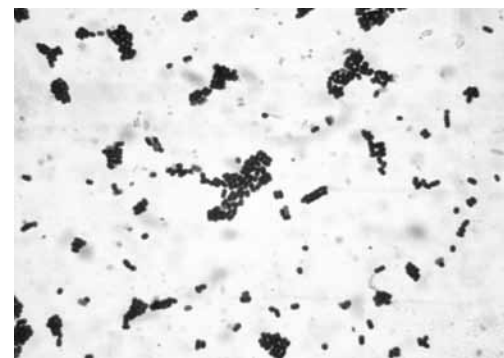


Figura 5. Tinción de Gram realizada a colonias crecidas en medio Rogosa.

de lactobacilos, mediante el uso de dos pruebas: la tinción de Gram y la catalasa. A continuación se muestran las ilustraciones de los resultados obtenidos:

Se puede observar que al teñir las colonias bacterianas con la técnica modificada por Kopeloff-Beerman, estas se clasifican como bacilos Gram positivos largos.

En el caso de la prueba de la catalasa, al agregar la colonia en un portaobjetos con una gota de peróxido de hidrógeno al 15%, no se observó el burbujeo característico de una reacción positiva; por lo tanto, eran colonias catalasa negativa.

Los conteos de lactobacilos encontrados en las tres pruebas realizadas durante la etapa de fermentación se observan en la figura 6.

Se puede notar que los conteos de lactobacilos decrecieron durante todo el proceso fermentativo, pasando de $3,28 \times 10^7$ UFC/ml en un inicio a $1,23 \times 10^7$ UFC/ml., notándose que después de la primera semana hubo un decrecimiento de la UFC de lactobacillus; sin embargo esto fue suficiente para que las bacterias produjeran ácido para producir el almidón agrio.

En la prueba de panificación realizada con almidón agrio se utilizó una fórmula base (Cuadro 2) en donde la masa obtenida

se horneó hasta que la corteza tuviese un color dorado. Como se observa en la figura 7, el producto obtenido tuvo una expansión adecuada y se formó una miga, semejante a la que se desarrolla en un pan con harina de trigo con gluten.

Cuadro 2. Formulación utilizada en la elaboración de pan de bono a partir de yuca fermentada.

Ingrediente	Cantidad utilizada
Almidón agrio	125 g
Queso rallado	250 g
Harina de maíz	50 g
Leche	63 ml
Mantequilla	25 g
Azúcar	15 g

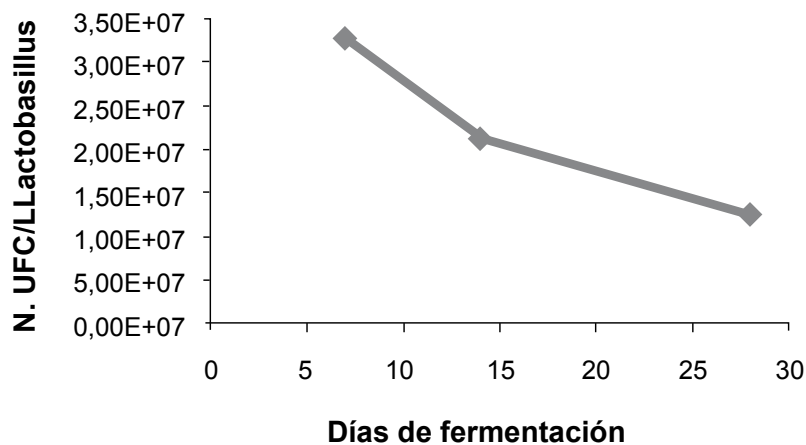


Figura 6. Recuentos totales de lactobacilos en almidón de yuca durante la fermentación.



Figura 7. Pan elaborado a partir de almidón agrio.

Discusión

La producción de almidón de yuca fermentado es toda una industria establecida en países latinoamericanos y en Costa Rica podría convertirse en una excelente alternativa como materia prima en productos de panificación.

El proceso fermentativo, que es la base de la producción de un almidón agrio de calidad, según lo comenta González y Arévalo (2001), supone una fase principal caracterizada por la formación de burbujas de gas en la masa del almidón, espumas en la superficie del agua sobrenadante, descenso rápido del valor del pH del líquido sobrenadante y aumento de la acidez titulable. Después de las 24 horas, la fermentación se caracteriza por el enturbiamiento del líquido sobrenadante y presencia de bolas en la masa decantada, que posteriormente suben a la superficie formando espuma, lo que coincide con una disminución brusca del pH.

Tales condiciones macroscópicas descritas por estos autores coinciden con lo observado en la prueba realizada; sin embargo, en cuanto al descenso en el pH, este no fue brusco, sino que más bien tuvo descenso gradual durante el tiempo de fermentación.

En la fermentación, la primera fase está asociada a la rápida caída de la concentración de oxígeno en el medio. Probablemente en esta fase comienza el ataque de enzimas amilolíticas sobre el almidón granular, propiciando una fuente carbonada para el metabolismo de los agentes de la fermentación. En la segunda fase, se presentan muchos microorganismos más exigentes, productores de ácido y gases. Esta etapa es la más importante en lo que se refiere a la producción del almidón agrio de buena calidad. Finalmente, en la tercera fase desaparecen los microorganismos saprófitos y contaminantes que, además de consumir los ácidos orgánicos de la superficie de los tanques, son responsables de las

características del almidón fermentado comercial (Ascheri, 2003).

Marcon, *et ál.*, (2006) afirman que el almidón de yuca fermentado sufre de modificaciones ácidas y enzimáticas. El ataque del ácido es demostrado por una gran producción de ácidos orgánicos, incluyendo el láctico, acético, butírico, propiónico, entre otros. La modificación enzimática se evidencia como pequeñas perforaciones y fisuras en algunos gránulos de almidón mediante el uso de microscopía electrónica.

La mayoría de los investigadores en el tema concluyen que el pH ideal para iniciar el proceso de secado del almidón es entre 3,5 y 4,0 (Ascheri, 2003; Dufour, *et ál.*, 1996.; Angeloni, *et ál.*, 2007); que en nuestro ensayo se logró en la semana 35.

Al finalizar el proceso de fermentación, se realizó el secado del almidón agrio obtenido, y se notó que este presentaba un olor fuerte, como rancio, característico del producto. El secado se hizo por exposición directa al sol, tal y como se recomienda en la literatura mencionada anteriormente.

Con respecto a esto, Dufour, *et ál.*, (1996) explican que el secado al horno afecta escasamente las propiedades fisicoquímicas de este producto. El almidón secado al sol, por el contrario, muestra una fuerte tendencia a la retrogradación y una notable disminución en la viscosidad máxima. Por lo tanto, estos autores concluyen que el potencial de panificación de este producto es adquirido durante la exposición a la radiación solar y no después de un secado en el horno.

Como el almidón es la única macromolécula significativa del almidón agrio (porque no hay proteínas o celulosa presentes), se cree que podría formarse una red tridimensional debido a una reacción fotoquímica que involucra al ácido láctico y al almidón fermentado. Tal estructura podría ser la responsable del gran potencial para panificación que tiene el almidón de yuca fermentado (Dufour, *et ál.*, 1996)

Como el almidón es la única macromolécula significativa del almidón agrio (porque no hay proteínas o celulosa presentes), se cree que podría formarse una red tridimensional debido a una reacción fotoquímica que involucra al ácido láctico y al almidón fermentado.

De una materia prima tan disponible en Costa Rica, como lo es la yuca, se pueden obtener productos de mayor valor agregado como es el caso del almidón fermentado.

Cadena, *et ál.*, (2006), agregan que la fermentación y el secado solar modifican las propiedades reológicas del almidón y producen una retrogradación más marcada y una menor viscosidad máxima, junto con un mayor poder de “crecimiento” de la masa. El contenido de ácido láctico disminuye durante el secado solar, lo cual sugiere que se da una reacción fotoquímica que involucra al almidón, esto resulta en la formación de una red tridimensional que retiene las burbujas de aire durante el horneado y, por lo tanto, explican el potencial para panificación de este producto.

En cuanto a los análisis microbiológicos realizados en esta investigación, se pudo notar que mientras los recuentos aerobios mesófilos se incrementaron con el paso del tiempo, la cantidad de lactobacilos en el medio fermentativo prácticamente se mantuvo constante.

Todas las observaciones realizadas en esta investigación: lento descenso del pH, los altos recuentos totales junto a una cantidad estable de lactobacilos, así como la aparición de un olor fuerte como a rancio al final de la prueba, indican que el proceso de fermentación se realizó de manera natural, tal y como lo indica la literatura.

Marcon, *et ál.*, (2006) exponen que varios estudios han confirmado la presencia de diversas bacterias, hongos y levaduras, principalmente las bacterias acidolácticas amilolíticas, como dominantes en la microbiota natural y responsables por la fermentación del almidón de yuca.

Cadena, *et ál.* (2006) explican que en muchas rallanderías (industrias productoras de almidón agrio en Colombia) se exige que la yuca utilizada como materia prima sea lo más fresca posible, incluso algunos exigen que sea arrancada el mismo día, ya que es uno de los factores que determina la calidad del almidón agrio o fermentado.

Mestres, *et ál.* (1996), indican que en una fermentación adecuada, los derivados volátiles del ácido láctico contribuyen a la

producción de gas, y al sabor y al aroma del almidón de yuca fermentado, tal y como se observó en este trabajo.

En cuanto a las propiedades de panificación vinculadas con este material, Angeloni, *et ál.* (2007) afirman que el almidón de yuca fermentado, adicionado a formulaciones de *biscuits* y panes, aun sin harina o fermentos, produce masas con una estructura alveolar suave, con una gran capacidad de expansión y de crujencia. Además, estos investigadores comentan que en productos donde se utiliza el almidón agrio como por ejemplo el pandebon en Colombia, si se quiere que este se expanda como ocurre con el pan de trigo, debe formarse gas y este debe ser retenido. A su vez, esta retención supone que la masa tenga propiedades viscoelásticas especiales.

En las pruebas realizadas al pan de yuca, se observó claramente la capacidad de expansión del almidón agrio bajo las condiciones definidas en esa formulación, lo que lleva a concluir que el almidón agrio desarrollado en el laboratorio cumple con los requerimientos de calidad de expansión deseados en este producto.

Conclusiones

- 1) De una materia prima tan disponible en Costa Rica, como lo es la yuca, se pueden obtener productos de mayor valor agregado como es el caso del almidón fermentado.
- 2) El proceso de obtención del almidón agrio de yuca es relativamente sencillo y las pruebas que se pueden utilizar para determinar su calidad son bastante accesibles y de fácil aplicación.
- 3) El almidón fermentado obtenido, al ser mezclado con otros ingredientes, produce una masa que al hornearse da como resultado, sin tener un agente leudante, un pan con buena miga.

Agradecimiento

Se le agradece a la estudiante Adriana Blanco de la Maestría en Ciencia de Alimentos, de la Universidad de Costa Rica por sus aportes en los análisis microbiológicos.

Bibliografía

- ANGELONI, M.; NETTO, G.; NUNES, K.; SANTOS, K.; ALANO, M.; DIAS DE MELLO, R. AND AMANTE, E. 2007. Effect of the improved fermentation on physicochemical properties and sensorial acceptability of tour cassava starch. *Brazilian Archives of Biology and technology*.50 (6):1073-1081.
- ASCHERI, D. 2003. *Determinación del tiempo óptimo de la fermentación del almidón de yuca (Manihot esculenta crantz), en la fabricación del almidón agrio ("polvinho azedo")*. Tesis. Universidad estatal de Goias. Departamento de Química.
- CADENA, M.; VILLALARGA, E.; LUJAN, D.; SALCEDO, J. 2006. Evaluación de la agroindustria del almidón agrio de yuca (Manihot esculenta Crantz) en Córdoba y Sucre. *Temas agrarios*. 11 (1): 43-53.
- DUFOUR, D., LARSONNEUR, F.; ALARCON, F.; BARAVER, C. AND CHUZEL, G. 1996. Improving the bread-making potential of cassava sour starch. En *Cassava Flour and Starch: progress in Research and Development*. Centro Internacional para la agricultura Tropical: Cali, Colombia; Centre de Coopèration Internationale en recherche agronomique pour le Developement: Montpellier. p. 133-142.
- FONSECA, M.; SABORÍO, D. 2001. *Tecnología post cosecha de yuca fresca parafinada (Manihot esculenta Crantz) para exportación en Costa Rica*. Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), Universidad de Costa Rica. Consultado el 10 de mayo del 2008. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-yuca-post.pdf
- GONZÁLEZ, L.; ARÉVALO, S. 2001. Fabricación del polvillo ácido a partir del almidón de yuca. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*.1 (1): 49-53.
- HENAO, S. 2004. *Estudio tecnológico de la utilización de harina de yuca en panificación*. Tesis Ingeniero agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Administración, Ingeniería Agroindustrial. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. 128 p.
- MARCON, M.; VIEIRA, M.; SANTOS, K.; DE SIMAS, K.M.; DIAS DE MELLO, R. AND AMANTE, E. 2006. The effect of fermentation on cassava starch microstructure. *Journal of Food Process Engineering*. 29: 362-372.
- MESTRES, C.; ROUAU, X.; ZAKHIA, N. AND BRAVET, C. 1996. Physicochemical properties of cassava sour starch. En *Cassava Flour and Starch: progress in Research and Development*. Centro Internacional para la agricultura Tropical: Cali, Colombia; Centre de Coopèration Internationale en recherche agronomique pour le Developement: Montpellier. p. 143-149.
- MURILLO, O. 1995. *Ficha Técnica: Industrialización de la Yuca*. Consejo Nacional de Producción (CNP). Costa Rica. 10p.