

# PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA POR VÍA SECA

*M. Cobana, Antezana R.*

Centro de Alimentos y Productos Naturales, Fac. Ciencias y Tecnología, Universidad Mayor de San Simón

**Key words:** Starch, dry extraction, yucca, *Mannihot esculenta*

## ABSTRACT

The process for under dry conditions extraction of yuca starch has been carried out.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo estudiar un proceso innovativo de extracción de almidón de yuca por vía seca, como una alternativa de solución al problema de contaminación del medio ambiente que se genera cuando la extracción es realizada de la manera tradicional (vía húmeda). El trabajo de investigación plantea un proceso en el cual se evalúan dos técnicas de extracción de una harina de yuca con características similares a las del almidón dulce. El contenido de fibra es la característica principal de calidad evaluada en el producto final. Para el desarrollo del trabajo de investigación, se recurre a experiencias anteriores en la elaboración de harina de yuca con algunas modificaciones en el proceso, como la adición de una etapa de pre-molienda en húmedo. La primera técnica toma en cuenta un estudio del efecto de los factores: tiempo de molienda final y velocidad de rotación del tamizado sobre las variables rendimiento y principalmente de contenido de fibra en el producto obtenido. La segunda técnica considera un estudio del efecto de 3 factores: humedad antes de la pre-molienda, tiempo de la molienda final y velocidad de rotación del tamizado, sobre las variables de respuesta mencionadas anteriormente. La pre-molienda en húmedo de la segunda técnica fue identificada como una etapa determinante en la calidad del producto final, al presentar un menor contenido en fibra. Los productos finales obtenidos con la segunda técnica presentan un aspecto de harinas finas, las cuales muestran características comparables a la de almidones dulces extraídos por métodos tradicionales, lo que lleva a elegir la segunda técnica como la más adecuada para la obtención de almidón por vía seca. El producto obtenido puede ser considerado como un almidón parcialmente modificado por el contenido de azúcares que presenta al final del proceso, el cual

puede aplicarse industrialmente en la fabricación de adhesivos.

## INTRODUCCIÓN

El almidón es un polímero que sirve como almacén de nutrientes en las plantas. Pero, no sólo es una importante reserva para las plantas sino también en los seres humanos, con una alta importancia energética, proporcionando gran parte de la energía diaria necesaria a través del consumo de los alimentos.

El almidón, por sus características nutricionales y sus múltiples aplicaciones en la industria alimentaria es el carbohidrato más importante, además de su importancia relevante en el comercio.

El almidón está formado por una mezcla de dos compuestos, amilosa y amilopectina, que sólo difieren en su estructura. Las propiedades y características del almidón de distintos cereales y tubérculos son función de la proporción relativa de su contenido en amilosa y amilopectina. La influencia de este último constituyente es importante ya que cuanto mayor es el contenido de amilopectina el producto resulta más adhesivo, característica que se aprovecha extensamente como agente espesante, estabilizante y adhesivo tanto en la industria alimentaria como en otras industrias (YUFERA, 1998).

Por otro lado, el almidón es uno de los principales componentes de muchas raíces entre ellas la yuca, el mismo que se obtiene separando los gránulos de almidón del resto de las materias contenidas en la raíz. Los gránulos de almidón se encuentran en el interior de las células conjuntamente con la proteína, las grasas y los

carbohidratos solubles entre otros, los mismos pueden ser aislados por un proceso de extracción y posterior purificación.

El proceso tradicional de extracción del almidón de yuca consiste fundamentalmente en romper las paredes celulares para liberar los gránulos de almidón mediante un rallado, seguido de la adición de agua y filtración, lo que permite la separación de las partículas de almidón suspendidas en el medio líquido de aquellas que son relativamente mas grandes, como los componentes de la fibra, posteriormente se elimina el agua y se lava el material sedimentado para eliminar las últimas fracciones diferentes del almidón para finalmente someter al almidón purificado a un secado (ALARCÓN & DUFOUR.1989).

Las aguas residuales generadas de la extracción de almidón por vía húmeda (forma tradicional) presentan una elevada carga orgánica, presencia de sólidos disueltos y compuestos cianurados de alta toxicidad ya que al estar disueltos en agua se descomponen liberando ácido cianhídrico.

La calidad del almidón está definida con relación al producto final. En general puede decirse que cuanto mas cuidadoso y limpio es el proceso de producción del almidón, mayor es su valor, y su utilización más amplia en cualquier producto. Las características fisicoquímicas que determinan la calidad del almidón son la limpieza, granulometría, color, olor, contenido de humedad, fibra, ceniza, acidez y viscosidad, entre otras.

En la industria de alimentos, el almidón natural (llamado también nativo, dulce o industrial) se usa, sólo o mezclado,

en la elaboración de galletas, caramelos, agentes espesantes, bebidas fermentadas y jarabe de glucosa. (Alarcón, 1998).

El almidón actúa como buen espesante en condiciones normales. Algunos derivados del almidón (polidextrosas, almidón oxidado, fosfato de monoalmidón y otros) tienen mejores propiedades y mayores aplicaciones que el almidón nativo.

El almidón utilizado en la industria papelera se denomina "almidón no modificado" (NM), pues esta área de la industria exige que el almidón presente algunas cualidades como, blancura, bajo contenido de fibra y pocas impurezas. El almidón NM se emplea también como adhesivo en el laminado de ciertos papeles y cajas corrugadas. Por otro lado, este producto se usa también en la

industria de explosivos para obtener alcoholes, glucosa y acetona (Alarcón, 1998).

En este contexto, a fin de impulsar la investigación y el desarrollo agroindustrial, el presente trabajo estudia una tecnología innovadora de extracción de almidón por vía seca, que puede reemplazar a la técnica tradicional de extracción (vía húmeda).

## EXPERIMENTAL

### Caracterización de la materia prima

Se utilizaron raíces de yuca fresca de la variedad "Boboré" cultivadas en el Trópico de Cochabamba y cosechadas entre los meses de enero y febrero.

Se realizó un control de calidad de la materia prima mediante un análisis básico de humedad, fibra, cenizas y almidón, por métodos gravimétricos y colorimétricos de acuerdo a las normas del AOAC (Association of Analytical Communities).

### Diseño experimental

Se ha establecido el contenido de fibra como un parámetro importante de control de calidad del almidón. Se evaluaron dos técnicas de extracción con la finalidad de obtener en lo posible un almidón con un contenido máximo de fibra de 1 %, requisito de calidad a nivel industrial.

Para la técnica N° 1, se realizó un diseño factorial con dos repeticiones y una muestra de almidón de yuca por unidad experimental, involucrando factores y niveles de estudio de acuerdo a lo indicado a continuación.

**Tabla 1. Factores y Niveles de estudio para Técnica N° 1**

Factor de estudio(F)	Niveles
Tiempo de molienda final (F1)	30 minutos 45 minutos 60 minutos
Velocidad de rotación del tamizado (F2)	140 r.p.m 173 r.p.m 201 r.p.m

De esta manera, se estudió el efecto de los factores (tiempo de molienda final y velocidad de rotación

del tamizado) sobre las variables rendimiento y principalmente de contenido de fibra en el producto obtenido.

Para la técnica N° 2, se realizó un diseño factorial con dos repeticiones y una muestra de almidón de yuca por unidad experimental, involucrando los siguientes factores y niveles de estudio:

**Tabla 2. Factores y Niveles de estudio para Técnica N° 2**

Factor de estudio(F)	Niveles
Tiempo de molienda final (F1)	30 minutos 45 minutos 60 minutos
Velocidad de rotación del tamizado (F2)	140 r.p.m 173 r.p.m 201 r.p.m
Humedad antes de la pre-molienda (F3)	20 % 30 % 45 %

De esta manera, se estudió el efecto de 3 factores (humedad antes de la pre-molienda, tiempo de la molienda final y velocidad de rotación del tamizado), sobre las variables de respuesta mencionadas anteriormente.

### Procesamiento

En el proceso de extracción, se ha recurrido a experiencias anteriores de elaboración de harina de yuca, efectuando algunas modificaciones en el proceso como la adición de la etapa de pre-molienda en húmedo.

Las técnicas estudiadas comprenden las siguientes etapas:

Técnica N° 1: Lavado y descascarillado, rallado, deshidratado, molido y tamizado

Técnica N° 2: Lavado y descascarillado, rallado, pre-deshidratado, pre-molido, deshidratado, molido y tamizado

La etapa de rallado tiene por objeto desmenuzar la pulpa y romper las paredes celulares para facilitar la liberación de los gránulos de almidón.

El pre-deshidratado se realiza a una temperatura de 45 °C en los tres niveles de estudio de 20 %, 30 % y 45 % de humedad residual, con la finalidad de continuar la próxima etapa de pre-molienda con

humedad intermedia y obtener una separación inicial de la fibra.

La pre-molienda consiste en someter el producto húmedo a una fuerza de compresión con la finalidad de facilitar la separación inicial de la fibra y los gránulos de almidón, esta etapa se realiza en un molino de bolas durante 10 minutos.

El deshidratado final se realizó a una temperatura de 60 °C hasta una humedad final de 12 %.

El proceso de tamizado es a tres diferentes revoluciones y las cribas utilizadas son de 100, 90, 71 y 45 µm.

### Evaluación y variables de respuesta

Los productos obtenidos tanto de la primera como de la segunda técnica son evaluados por los parámetros de rendimiento y contenido de fibra.

El contenido de fibra es determinado en función del tipo de malla del tamiz en el cual se obtuvo un mayor rendimiento.

En el producto final se determinan también los siguientes parámetros secundarios:

La amilosa y azúcares (reductores y totales) por métodos colorimétricos.

La viscosidad aparente, la solubilidad y el poder de hinchamiento, determinado en base al proceso de gelatinización.

### Análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 11.5. Se evaluó la normalidad y homogeneidad de varianzas para posteriormente realizar un análisis lineal univariado, determinando la influencia de la interacción de los factores de estudio en las variables de respuesta a un nivel de significancia del 5 % (95 % de confiabilidad).

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

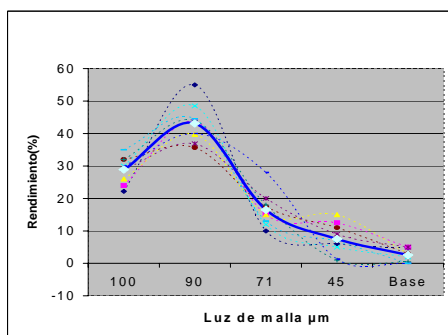
Entre los productos obtenidos en el presente trabajo se tienen harinas finas que se compararon y fueron semejantes al almidón dulce extraído a través de métodos tradicionales. Asimismo, se obtuvo un pegamento de buena calidad en una prueba de aplicabilidad del almidón obtenido

En base a las diferentes técnicas utilizadas se tienen los siguientes resultados

**a). Primera Técnica**

Las raíces frescas de yuca presentan un 66,8 % de humedad, un 30,85 % de contenido de almidón, 0,90 % de fibra y 0,92 % de ceniza.

Una vez realizado el proceso de tamizado de todas las combinaciones establecidas, el rendimiento promedio de los productos finales de 9 combinaciones de ensayo, presenta un comportamiento como se observa en la siguiente figura:



**Figura 1. Curvas de distribución granulométrica**

Tomando en cuenta el máximo rendimiento, el producto del tamiz de 90 µm fue tomado como referencia para el análisis de resultados.

La variable de respuesta considerada para los análisis realizados fue el contenido de fibra, considerado como un parámetro muy importante para determinar la calidad del producto.

Los resultados de las pruebas experimentales, por duplicado, respecto al contenido de fibra se encuentran detallados en la siguiente tabla

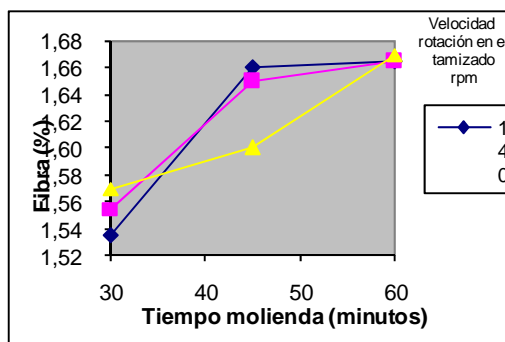
**Tabla 3. Fibra porcentual para el tamiz de 90 µm**

Velocidad de rotación del tamizado (r.p.m.)	Tiempo de molido (minutos)		
	30	45	60
140	1,54	1,67	1,67
	1,53	1,65	1,66
173	1,56	1,66	1,66
	1,55	1,64	1,67
201	1,56	1,61	1,66
	1,58	1,59	1,68

Fuente: Elaboración propia

El análisis de los resultados muestra que el contenido de fibra fue significativamente afectado por el tiempo de molienda, también fue significativa la interacción del tiempo de molienda y la velocidad de rotación del tamizado a un nivel del 5 % de probabilidad.

Para un tiempo de molienda de 30 min. y velocidad de rotación de 140 r.p.m se obtuvo contenidos de fibra significativamente más bajos que utilizando mayores tiempos de molienda y de velocidades de rotación. En la Figura 2 se puede observar gráficamente esta interacción.



**Figura 2. Interacción del tiempo de molienda vs. Velocidad de rotación del tamizado**

Respecto al rendimiento, el análisis estadístico de los resultados, indica que éste fue significativamente afectado por el tiempo de molienda y velocidad de rotación del tamizado a un nivel del 5 % de probabilidad.

Con el empleo de un tiempo de molienda de 30 minutos se obtuvieron porcentajes en rendimiento significativamente más bajos que utilizando un mayor tiempo de molido a una velocidad de rotación del tamizado de 140 r.p.m.

Por tanto, podemos afirmar que los resultados de las pruebas experimentales de la primera técnica permitieron establecer que las mejores condiciones de trabajo son las del tiempo de molienda de 30 minutos y velocidad de rotación del tamizado de 140 r.p.m, con un contenido menor de fibra.

La Tabla 4 presenta los resultados de algunas propiedades fisicoquímicas del mejor ensayo de la técnica 1, comparados con las del almidón obtenido por el método tradicional por vía húmeda.

**Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas del producto final**

PARÁMETROS	PRODUCTO VIA SECA	ALMIDON VIA HUMEDA
Amilosa (%)	21,8	15,45
Amilopectina (%)	71,67	83,57
Solubilidad (%)	37,89	39,66
Poder de Hinchamiento (%)	33,77	44,65
Viscosidad Aparente (CP)	139,5	247,4
Fibra (%)	1,53	0,98
Azucars totales	5	ND
Azucars reductores	1,2	ND
Ácido Cianhídrico(mg)	3,2	ND

Fuente: Elaboración propia (ND=no detectable)

Estos resultados muestran un contenido de amilosa mayor en el producto obtenido por vía seca con respecto al almidón por vía húmeda siendo esta diferencia uno de los factores principales que afecta la funcionalidad del producto.

Se observa también una marcada diferencia respecto a la viscosidad aparente y poder de hinchamiento entre los productos. La viscosidad aparente revela el comportamiento pseudoplástico del material.

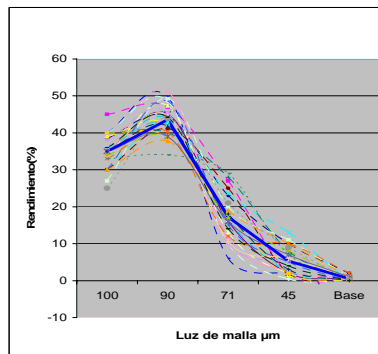
Microscópicamente se observó que la proporción de gránulos quebrados de almidón aumenta progresivamente a medida que aumenta el tiempo de molienda. Para un tiempo de molienda de 60 min. se tuvo un 20 % de gránulos quebrados, para 45 min. un 6 % y finalmente para 30 min. un 2 % de gránulos quebrados.

Finalmente, podemos afirmar en base a los resultados obtenidos por la primera técnica, que las características del producto por vía seca no se asemejan al almidón obtenido por vía húmeda.

**a). Segunda Técnica**

Las muestras utilizadas en esta técnica fueron, raíces frescas de yuca con un 68 % de humedad, un 30,79 % de almidón, 0,88 % de fibra y 0,85 % de ceniza.

Después del proceso de tamizado, el rendimiento promedio de todos los productos finales del total de combinaciones de la segunda técnica, presenta un comportamiento como se muestra en la figura 3.



**Figura N° 3. Curvas de distribución granulométrica**

De igual manera que para la técnica N° 1, en función del comportamiento, se estableció como producto de referencia, la muestra del tamiz de 90 μm.

Los resultados de las pruebas experimentales respecto al contenido de fibra se encuentran descritos en la Tabla N° 5.

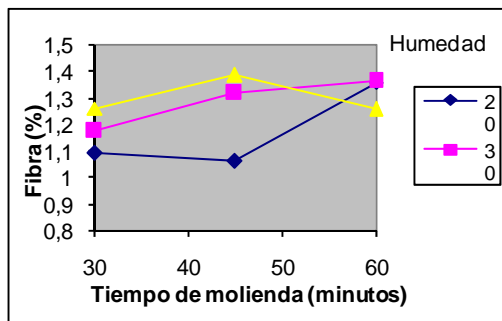
**Tabla 5. Fibra porcentual (Tamiz 90 μm)**

HPM	TM								
	0			1			2		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
0	0,95	1,19	1,35	1,07	1,01	1,07	1,35	1,34	1,37
	0,96	1,10	1,00	1,09	1,04	1,09	1,37	1,35	1,38
1	1,08	1,22	1,21	1,12	1,38	1,44	1,35	1,36	1,36
	1,09	1,20	1,23	1,11	1,40	1,45	1,36	1,37	1,37
2	1,25	1,25	1,27	1,40	1,39	1,36	1,28	1,25	1,22
	1,26	1,26	1,28	1,42	1,38	1,37	1,29	1,27	1,23

HPM: Humedad de pre-molienda

El análisis de resultados con relación al contenido de fibra, indicó que estos fueron significativamente afectados por la interacción tiempo de molienda final y la humedad antes de la pre-molienda.

El empleo del tiempo de molienda de 30 minutos da contenidos de fibra significativamente más bajos a una humedad de pre-molienda de 20 % que cuando se utilizan tiempos y humedades mayores (ver Fig. 4).



**Figura 4. Interacción del tiempo de molienda vs. humedad, antes de la pre-molienda**

El análisis de resultados respecto al rendimiento, indica que estos fueron significativamente afectados por la interacción tiempo de molienda final y la humedad antes de la pre-molienda.

El empleo de un tiempo de molienda de 30 minutos da rendimientos significativamente más bajos que utilizando un mayor tiempo de molienda a una velocidad rotación del tamizado de 140 r.p.m.

Los resultados obtenidos por la segunda técnica, permitieron establecer al primer ensayo como el mejor con las condiciones de humedad de pre-molienda del 20 %, tiempo de molido de 30 minutos y velocidad de rotación del tamizado de 140 r.p.m, al obtenerse en estas condiciones, un contenido de fibra significativamente menor en relación a los otros ensayos.

La Tabla N° 6, presenta los resultados de algunas propiedades fisicoquímicas del mejor ensayo de la segunda técnica.

**Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas del producto final**

PARAMETROS	PRODUCTO VIA SECA	ALMIDON VIA HUMEDA
Amilosa(%)	16,90	15,45
Amilopectina(%)	62,15	83,57
Solubilidad (%)	27,6	39,66
Poder de Hinchamiento (%)	39,75	44,65
Viscosidad Aparente (CP)	354,8	247,7
Fibra (%)	0,95	0,98
Azucres totales (%)	20	ND
Azucres reductores (%)	1,37	ND
Ácido Cianhídrico(mg)	3,0	ND
(ND = no detectable)		

La diferencia del contenido de amilosa es mínima respecto al almidón obtenido por vía húmeda, siendo esta diferencia uno de los factores principales que afecta la funcionalidad del producto.

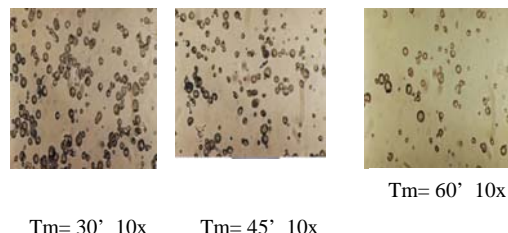
La viscosidad aparente revela que existe un comportamiento pseudoplástico.

Cabe resaltar que el producto obtenido presenta un porcentaje significativo de 20 % de azúcares totales.

De acuerdo a (Mesure & Klinger 1978) las propiedades del almidón pueden ser notablemente cambiadas por medio de la modificación mecánica del gránulo. Si la energía mecánica durante la deformación es suficiente para romper los enlaces covalentes, el almidón pasa por estados intermedios, de ser una sustancia insoluble en agua fría hasta ser un material soluble en agua fría.

De manera global, los resultados obtenidos en el producto de la segunda técnica muestran diferencias mínimas respecto al almidón obtenido por vía húmeda.

El resultado de la observación microscópica muestra una mayor fracturación cuanto mayor es el tiempo de molienda, es así que para un tiempo de 60', 45' y 30' se tuvo 14 %, 1 % y 0.5 % de gránulos quebrados respectivamente (Ver Figura N° 5).



**Figura 5. Fotografías microscópicas de almidones a diferentes tiempos de molienda**

### c). Aplicación industrial de los productos obtenidos

Se realizaron algunas pruebas de aplicabilidad del producto obtenido en COPELME (Compañía Papelera Mendoza) ubicada en la ciudad de Cochabamba-Bolivia, sustituyendo a la dextrina importada de maíz en la elaboración de adhesivo para los conos de papel higiénico, obteniéndose un adhesivo con una fortaleza de adhesividad intensa. Asimismo, una relación de costos ha demostrado una gran ventaja del producto obtenido respecto a la dextrina utilizada por la mencionada Empresa.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A través del trabajo de investigación, se ha desarrollado una técnica innovativa y adecuada de extracción de almidón de yuca por vía seca, que



puede reemplazar a la técnica tradicional de extracción por vía húmeda.

De las dos técnicas evaluadas, la segunda técnica que implica una etapa adicional de pre-molienda en húmedo, es la que presenta un producto de mejor calidad con características similares a aquel almidón tradicional producido por vía húmeda, principalmente en cuanto a contenido de fibra.

La etapa de pre-molienda en húmedo ha sido identificada como una etapa muy influyente en la calidad del producto final, ya que facilita la separación parcial de la fibra a partir del almidón.

Así mismo, se ha determinado que el tiempo de molienda es un factor importante ya que a 30 minutos de molienda la fibra se fracciona y pasa a través del tamiz, sin embargo a tiempos menores a 30 minutos la misma no se libera del almidón afectando tanto en el rendimiento como en la calidad del producto final.

Podemos concluir afirmando que, las condiciones de los diferentes parámetros para la extracción de almidón por vía seca en la obtención de un producto de mejor calidad y menor contenido de fibra, son:

Humedad antes de la pre-molienda 20 %

Tiempo de molienda, 30 minutos

Velocidad de tamizado, 140 r.p.m

El producto obtenido por este método puede ser considerado como un almidón parcialmente modificado, debido al elevado contenido de azúcares (20 %), por lo que se puede concluir que durante el proceso de extracción existe una hidrólisis parcial del almidón, que puede ser por efecto de los tratamientos mecánicos y térmicos al que es sometido el producto en las etapas de pre-deshidratado, pre-molienda y deshidratado final.

En base a los resultados obtenidos, la técnica de extracción de almidón por vía seca puede ser una alternativa de gran impacto, principalmente ambiental, ya que no se generan aguas contaminadas de desecho como es el caso en la técnica tradicional (vía húmeda).

Corroborado por la práctica el producto obtenido es competitivo ante otros adhesivos que son de

importación, tanto a nivel de calidad como de costos.

Por tanto, se recomienda realizar una campaña que promueva la producción de almidón de yuca por vía seca, presentándola como una alternativa innovativa que reemplace a la técnica tradicional, principalmente considerando aspectos medio ambientales.

El producto obtenido también puede ser potencialmente aplicado en la elaboración de pañales, papel y en la industria textil entre otros.

## REFERENCIAS

1. ALARCÓN, F., DUFOUR, D. "Almidón agrio de yuca en Colombia" Cali Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (1998).
2. CONCADE/DAI. "Estudio de la producción, procesamiento y comercialización de Raíces y Tubérculos en el Trópico de Cochabamba, Bolivia (1998).
3. COSIO, C., ASOCIADOS."Planta industrializadora de harina panificable de yuca en el trópico"P.D.A.R (1990).
4. FELLOWS, P."Tecnología del procesado de alimentos" España (1994).
5. FIGUEROA, BETS." Yuca seca y Harinas derivadas" CIAT, Colombia (1985).
6. FARFAN, D., MONICO, M."Caracterización del almidón de yuca con miras a su utilización en las industrias papelera y textil" Trabajo de grado de química farmacéutica Universidad Nacional, Bogota-Colombia (1989).
7. LENIZ, J."Caracterización morfológica y agronómica de 27 cultivares de yuca Trópico Cochabambino, Bolivia".In: Revista Brasileira de mandioca, Cruz dos Almas (AB), V.12, n1/2 (1993).
8. MONTALDO, A. "La yuca o mandioca: Cultivo, Industrialización"1ªEd. San José Costa Rica (1979). Pág.70, 278 y 279.
9. RITVA, P."Introducción a la ciencia tecnológica de cereales y de granos andinos" Lima- Perú (1998).
10. YUFERA, P."Tecnología de los productos alimenticios" Editorial síntesis 2ªEd. España (1998).