

# DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DEL YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) EN ALTAS CONCENTRACIONES DE FRUCTO – OLIGOSACARIDOS

## Osmotic dehydration of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in high concentrations of Fructo - oligosaccharides

Angel Noe Quispe Talla<sup>1</sup> Jorge Ramirez Rodriguez<sup>2</sup> Nelly Castro Vicente<sup>3</sup>

### RESUMEN

El yacón (*Smallanthus Sonchifolius*), como materia prima presenta atributos funcionales como un alimento prebiotico por el contenido de oligofructanos que presenta su raices reservantes, el trabajo evalua los factos de solidos semifinitos cilindro y cubos en la deshidratación osmotica, con respecto a la concentración de 40, 50 y 60 % de oligofructanos a la temperatura de 50° C en condiciones de altitud de 3 080 msnm. Se halló que la mejor velocidad de la osmodeshidratación fue el en FOS de 60% en un tiempo de 400 minutos y en un solido cubico en las condicones de trabajos especificadas.

**Palabras clave:** Deshidratación Osmotica – FOS (FRUTOOLIGOSACARIDO) – Oligofructanos.

### ABSTRACT.

The yacón (*Smallanthus sonchifolius*), as raw material presents functional attributes as a food prebiotics for the content of oligofructanos introducing his roots reserving, work assess factos of solid semifinitos cylinder and buckets in the osmotic dehydration, regarding the concentration of 40, 50 and 60% of oligofructanos at a temperature of 50 degrees Celsius in terms of height of 3 080 meters. It was found that the best speed of osmodeshidratación was in the FOS 60% in a time of 400 minutes and a solid cubic condicones jobs in specified

**Key words:** Osmotic dehydration - FOS – oligofructans

### INTRODUCCIÓN

Las diferentes formas de deshidratación tradicionales requieren del empleo de energías a fin de ser transformadas en calor o frio; la deshidratación osmótica directa, es una técnica que permite el empleo de las difusiones de componentes a fin de migrar a concentraciones menores; además los cambios que se dan en las tendencias del consumidor de usar productos funcionales y de que sus principios activos sean dañados lo menos posible pone a la deshidratación osmótica como una alternativa de procesos tecnológico no complicado y de fácil acceso por los productores a fin provocar un valor agregado a sus productos.

El yacón como materia prima presenta atributos funcionales como un alimento prebiótico, por el contenido de oligofructanos que presentan su raíces reservantes y que pueden ser utilizados con su fibra en procesos de conservación permitiendo un mayor periodo de vida útil.

Con la tendencia de los alimentos de cuarta y quinta gama donde el procesamiento a las materias primas es lo mas mínimo posible surge la idea de presentar

la conservación del yacón mediante la deshidratación osmótica directa, ya que se parte de la premisa que: La Osmodeshidratación del yacón en concentraciones altas de fructo – oligosacaridos permiten la conservación del yacón.

El trabajo presenta una alternativa de conservación del yacón a fin de aprovechar sus componentes prebióticos por lo que se plantea los objetivos siguientes:

- Prolongar la vida útil de yacón bajo un proceso de transformación que los productores rurales tengan acceso y puedan emplearlo en su producción rural como es la osmo deshidratación directa.
- Evaluar los parámetros de osmo deshidratación del yacón en soluciones concentradas de fructo – oligosacaridos.
- La obtención de un alimento de larga vida útil que sea prebiótico aprovechando los atributos que el yacón presenta como materia prima para lograr este tipo de producto alimenticio funcional.
- Evaluar las características de calidad del producto obtenido.

<sup>1</sup>. Ingeniero de Industrias Alimentarias

<sup>2</sup>. Ingeniero de Industrias Alimentarias

<sup>3</sup>. Ingeniera de Industrias Alimentarias

## MATERIALES Y MÉTODOS

### □ Materiales

Lugar de Ejecución.

El trabajo se realizó en la Universidad Nacional "Santiago Antunez de Mayolo" en el departamento de Ancash en la provincia de Huaraz a una altitud de 3 080 m.s.n.m. en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias,

Los análisis se realizaron en los laboratorios:

- Centro Experimental Luis Pasteur FIIA –UNASAM.
- Laboratorios de INDA calidad total de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

### Materiales:

- Materia Prima: Yacón.
- Insumos.
- Ácido cítrico comercial: como solución estándar para bajar el pH hasta 3.5.
- Policel comercial : Impermeable al vapor de agua y al oxígeno.
- Kilol Mix : Desinfectante natural.

### Equipos

Extractor de frutas.

Vasos pìrex de 250 cc.

Equipo Baño María con termostato.

Estufa.

Balanza analítica

Campanas desecadoras.

Refractómetro manual, de 1.333 a 1.520

Termómetros rango: - 20 a 110 °C

Potenciómetro.

Cuchillos de acero inoxidable.

Sacabocado de forma cilíndrica de acero inoxidable

Envases de plásticos con tapa hermética.

Refrigeradoras.

Envases sanitarios de frutas.

Densímetro

Empacadora de vacío

Pie de rey.

Placas de A<sub>w</sub>.

Equipos de determinación Microbiológica:

Programa de computo para análisis estadístico : INSTAT.

### □ Métodos.

Procedimientos.

Caracterización de la materia prima.

El yacón fue recepcionado y colocado en un ambiente fresco y seco por un periodo máximo de 5 días por ser el tiempo límite en que se pueden mantener en las condiciones idénticas en la cosecha.

**Selección y limpieza.** Mediante inspección visual se eliminó los productos deteriorados.

**Lavado y desinfección.** El yacón se lavó y desinfectó con kilol mix 0.1 % con agua blanda, con la finalidad de eliminar las impurezas y bajar la carga microbiana.

**Pelado.** Se realizó con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable y se eliminó la cáscara para facilitar el cortado.

**Cortado.** El yacón pelado se cortó para luego mediante el uso del refractómetro se verificó la concentración inicial de sólidos solubles, para tener en cuenta con que porcentaje de sólidos solubles iniciales se empezó; también se realizó el análisis del contenido de insulina.

### Obtención del yacón osmo deshidratado.

- Simulación de un sólido semi-infinito.

Para cilindros:

Con la finalidad de obtener trozos de yacón de la forma que se comercializa deshidratado se cortó en forma cilíndrica, con ayuda de sacabocados de acero inoxidable, se procedió a extraer los trozos cilíndricos de diferentes medidas: 3 radios diferentes con longitudes iguales. Las medidas de los radios fueron : Radio 1 = 6.0 mm; Radio 2 = 8.0 mm; Radio 3 = 10.0 mm; Con una longitud : 2.0 cm.

**Para pared plana:** Con aristas de 2.00 cm

**Escaldado:** En esta operación se expusieron las muestras a 85° C en recipientes por un tiempo de 1 minuto, adquiriendo una textura adecuada e inactivando las enzimas polifenol oxidasas según Goto, K, y K. Fukai,,(1995).

**Inmersión en jarabe de yacón:** Las muestras fueron sumergidas en jarabe de yacón obtenido por un extractor y concentrados en un rotavapor en concentraciones de 20, 30, 40 % de fructo oligosacáridos

**Extracción y escurrido:** Se sacaron las muestras cada 10, 20, 30, 40, 50, 60 minutos, hasta lograr el equilibrio, para dejar escurrir por un minuto, para retirar la solución concentrada sobrante. La medición se realizó con tres repeticiones.

\* Cálculo de la difusividad.

La difusividad del yacón se determinó mediante la ecuación propuesta por Treybal (1993).

**Secado.** Se realizó un secado de acondicionamiento final a una temperatura de 40° C a 3 m/s en un secador de cabina.

**Empacado:** Se empacó las muestras osmodeshidratadas en bolsas de policel de 200 gramos cada una, en forma normal y con vacío.

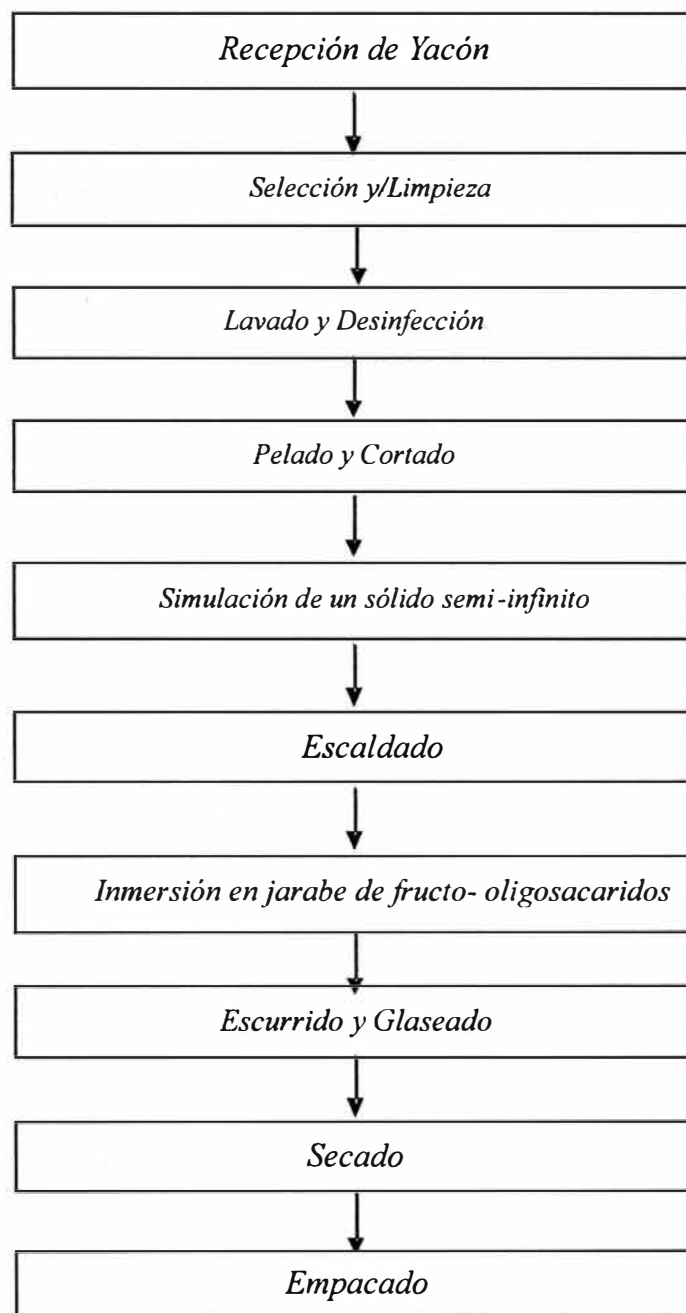


Figura 01: Diagrama de Flujo para la osmosis deshidratación del yacón

### Esquema experimental

El diseño experimental se reporta en la Figura 2, esta nos permite establecer que el diseño estadístico para la determinación de la difusividad durante el proceso de

osmosdeshidratación con diferentes radios igual longitud y diferentes concentraciones de jarabe de inulina, establece un arreglo Factorial de : 3 x 3 x 3 con tres repeticiones. Se realizaron ANVA y DUNCAN para los controles.

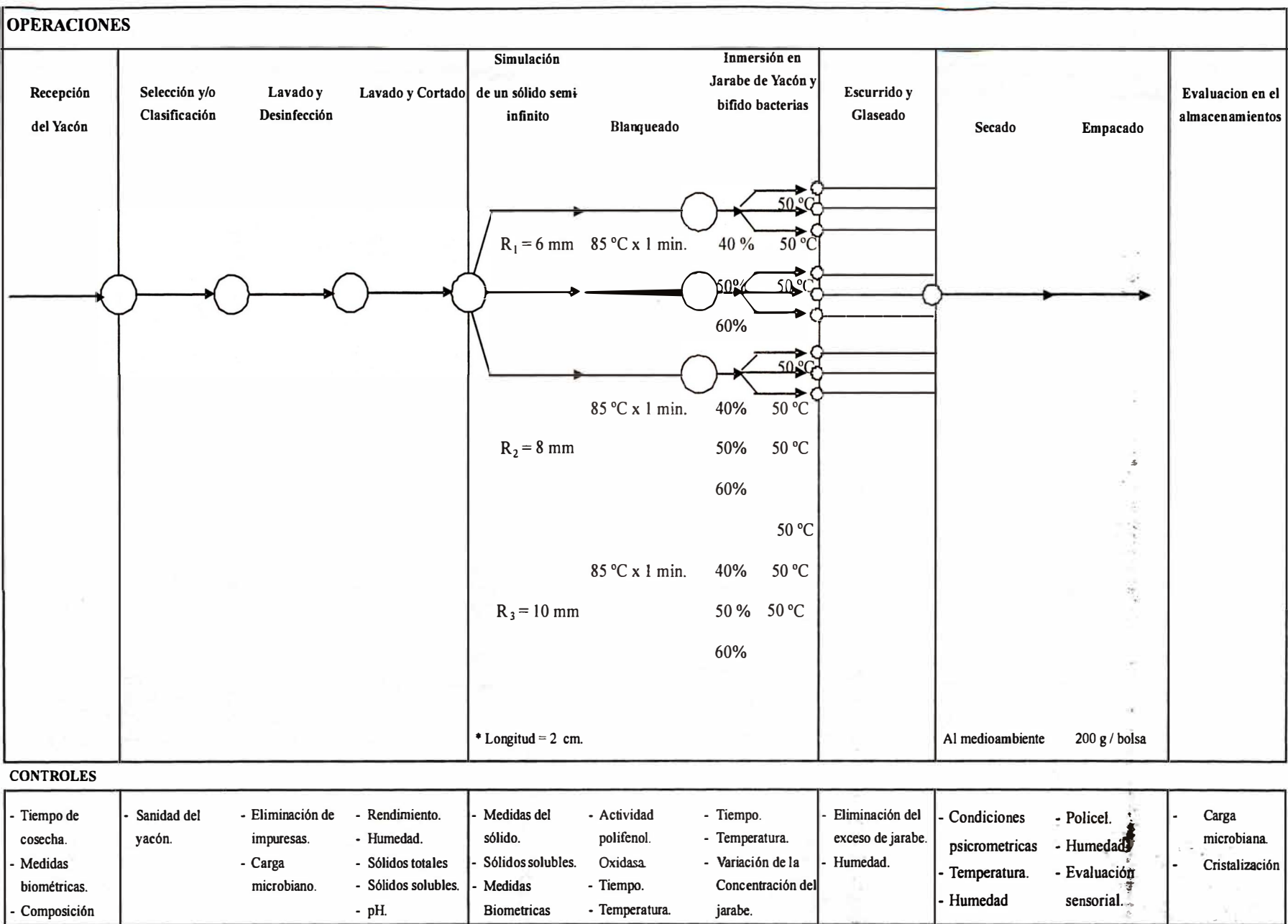


Figura 2: Esquema experimental de Estudio comparativo de tres métodos de Osmo-deshidratación del Yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

□ Medidas Biométricas

Las medidas biométricas con que se recepciono la materia primera se presentan el cuadro siguiente:

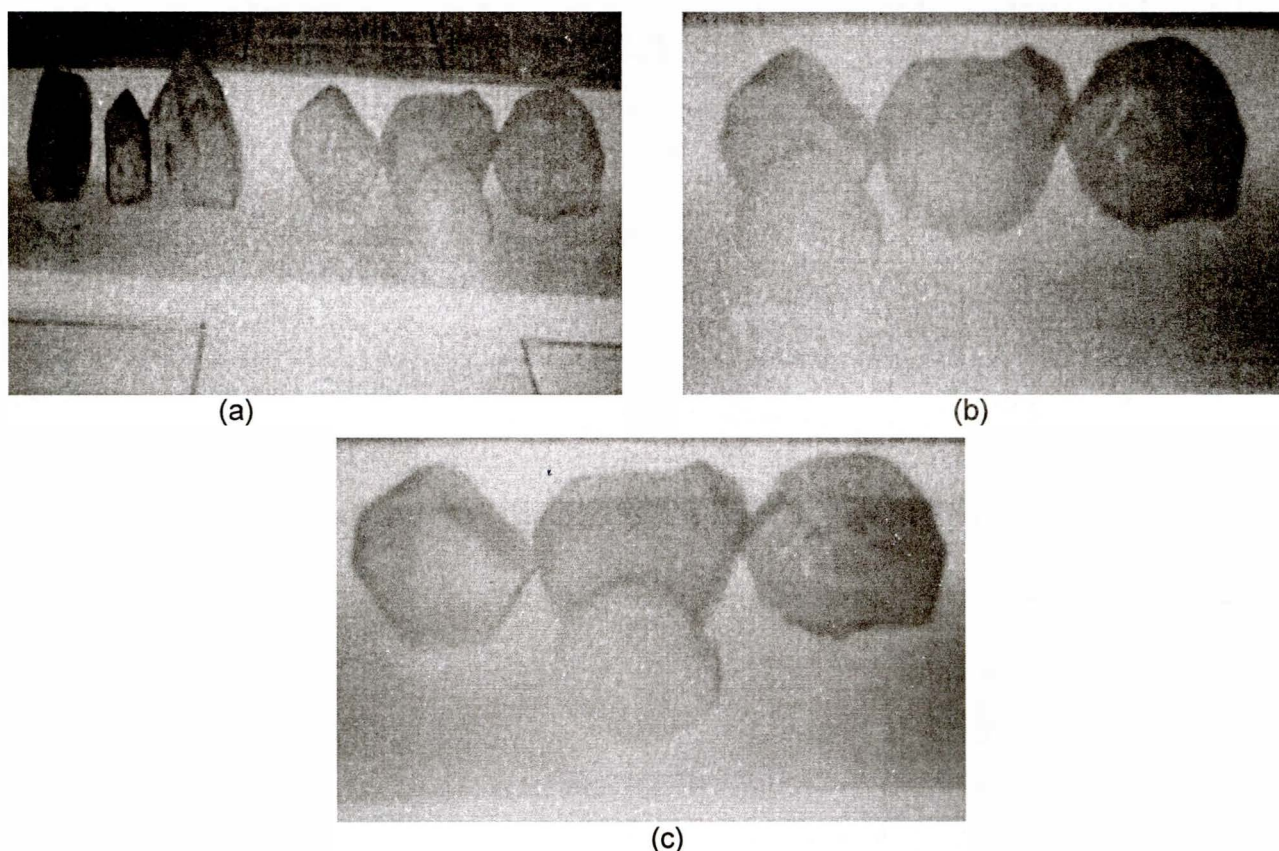
Largo de la raíz reservantes(cm.)	Ancho de la raíz reservantes(cm.)	Peso de la raíz(g)	Forma Biométrica
12	6.0	480	Cilíndrica

Cuadro1: Reporte de la medidas biométricas del yacón para la deshidratación osmótica

Las características concuerdan por lo citado por Quispe (2 005) esta forma facilita la simulación del sólido semi-infinito tanto para los cortes en forma cilíndrica como para las paredes.

La figura 2 presenta la inactivación de las enzimas

polifenoloxidasasa y inulasa para el tratamiento optimo con un pH de 3.5 y un tiempo de contacto de 8 minutos esto coincide con lo reportado por Fikai y Hara (1997)



**Figura 2 :** Reporte grafico de la inactivación de las enzimas polifenol oxidasasa y la inulasa  
 (a) Comparativo de actividad enzimática y enzimas inactivadas  
 (b) Inactivación de enzimas con solución estándar de ácido cítrico a un pH de 3.5  
 (c) Inactivación de enzimas después de 8 minutos

• Simulación de un sólido semi-infinito.

Para iniciare la osmodeshidratación se modelaron los sólidos semi –infinitos con ayuda de una regla y sacabocados se generaron sólidos de forma cilíndrica y cúbica como se reporta en el cuadro 2.

Modelo	Radios (mm)	Largo (cm)	Ancho(cm)	Espesor (cm)
Cilindros	6 – 8 – 10	3.00	--	--
Cubo	--	2.00	2.00	2.00

Cuadro2: Medidas de los sólidos semi – infinitos en modelos cúbicos y cilíndricos

Como lo recomienda Flores (1997) la mejor forma para la osmodeshidratación es la forma cubica ya que permite una mejor difusión por los tres ejes y la dimensión óptima recomendada es de 2.0 cm de arista. La figura 3 muestra la forma como se genero los sólidos semi – infinitos para facilitar la osmodeshidratación.

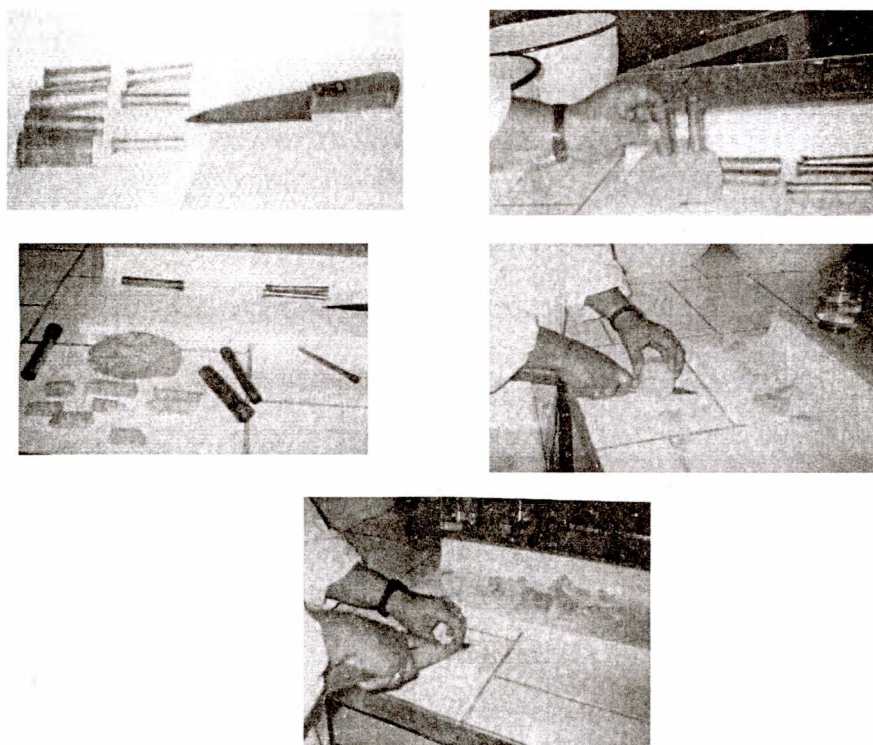


Figura 3 : Generación de los modelos semi – infinitos para la osmodeshidratación del yacón

· Blanqueado de los sólidos semi – infinitos

El resultado del blanqueado de los sólidos semi – infinitos se reporta en el cuadro siguiente donde se volvió a inactivar la polifenoloxidasa y la inulasa de la parte interna del yacón y de los modelos construidos.

Modelo	pH	Temperatura de inactivación	Tiempo de inactivación	Actividad enzimática	ANVA del Tratamiento	Atributo color
Cilindro <i>r</i> = 6 mm	3.50	80°C	8.0 min	No existe	Efectos simples pH – Temperatura Tiempo son Significativos	Mantiene su color
Cilindro <i>r</i> = 8 mm	3.50	80°C	8.0 min	No existe	Efectos simples pH – Temperatura Tiempo son Significativos	Mantiene su color
Cilindro <i>r</i> = 10 mm	3.50	80°C	8.0 min	No existe	Efectos simples pH – Temperatura Tiempo son Significativos	Mantiene su color
Cubo 2cm de Arista	3.50	80°C	8.0 min	No existe	Efectos simples pH – Temperatura Tiempo son Significativos	Mantiene su color

Cuadro 3: Inactivación enzimática de los modelos construidos para la osmodeshidratación.

Las pruebas de análisis de variancia para los tratamientos son significativos y muestran que las enzimas polifenoloxidasas y la inulasa se inactivan dentro del sólido a una acidez iónica de 3.5, una temperatura de 80°C en un tiempo de 8 minutos, manteniendo su color original se debe indicar que la

solución estándar de ácido estuvo compuesta por ácido cítrico y ácido ascórbico.

\* Resultados de la Osmodeshidratación  
Los sólidos semi – infinitos se sumergieron en los FOS concentrados de 40 – 50 y 60 % de sólidos

solubles a fin de determinar la velocidad de deshidratación osmótica directa, la evolución del peso del yacón en la deshidratación osmótica directa, la variación de la concentración del jarabe durante el

proceso osmótico, reducción porcentual de peso en función del tiempo en diferente concentraciones y diferentes tipo de sólidos los que se muestran en los cuadros siguientes con sus respectivas graficas

Velocidad del Cubo con 60% FOS	Velocidad del Cilindro con 60% FOS	Tiempo (min)
0.0	0.0	0.0
15.5	13.2	50.0
30.2	29.8	100.0
41.6	40.0	150.0
43.8	42.8	200.0
44.9	44.1	250.0
45.2	44.8	300.0
45.8	45.8	350.0
46.7	46.7	400.0

Cuadro 4: Comparación de la velocidad de deshidratación osmótica de los dos mejores tratamientos para sólidos cúbicos y cilíndricos

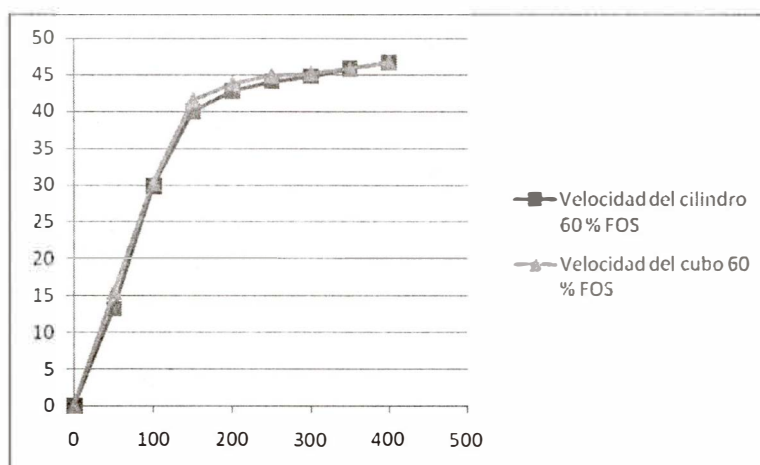


Figura 4: Comparación de la velocidad de osmodeshidratación de los sólidos cilíndrico y cubico con 60 % de FOS

Como se parecía en el grafico ambos presentan una tendencia de muy similar pero existe una diferencia en la textura del producto la forma cilíndrica se contrae en el centro del solido por lo que presenta una apariencia no solida si no quebradiza como se puede apreciar en las figuras siguientes esto se debe a la difusión en forma radial del cilindro como lo manifiesta Flores (1977).

**\* Ecurrido y glaseado**

El escurrido y glaseado se realizo con gelatina sin sabor a fin de darle una apariencia brillante del yacón Osmodeshidratado con 15 gramos de gelatina base sin sabor por 200 gramos de agua.

**\* Secado**

El secado se realizo a condiciones ambientales a fin

de que le yacón encuentre su humedad de equilibrio las condiciones Psicométricas se reportan seguidamente en el cuadro 15 el que se determino a través del programa de computo para una altitud de 3 008 m.s.n.m cuyos valores psicométricos se reportan en el cuadro antes indicado.

**\* Empacado**

El empackado se realizo en bolsas de polietileno de alta densidad en vacio a 450 mm de Hg con sellado impermeable como se indica en la figura siguiente, el tipo de empaque y la forma de sellado han permitido que el yacón Osmodeshidratado se mantenga hasta ahora por 6 meses sin ninguna alteración aun cuando presenta una humedad del 30 por ciento,

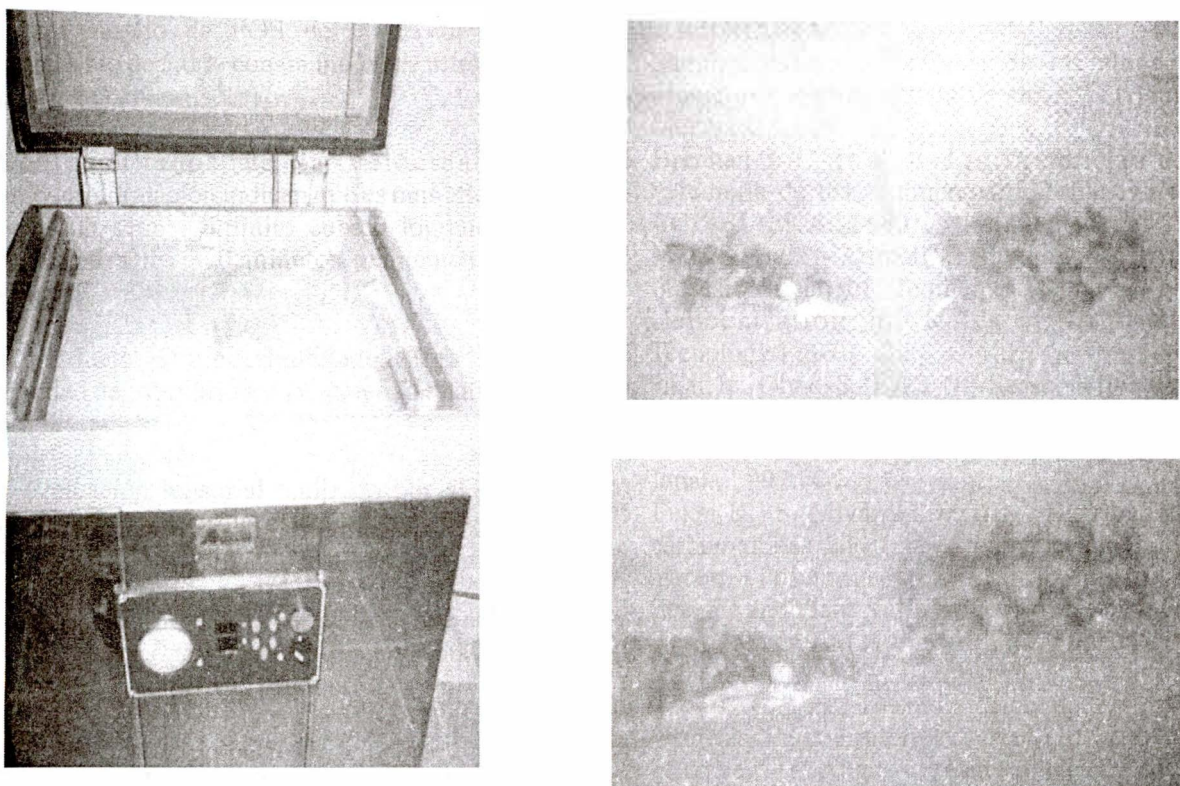


Figura 4: Sistema de empacado al vacío y las bolsas de yacón Osmodeshidratado

Las figuras muestran al yacón Osmodeshidratado glaseado a tres meses de su almacenamiento cuyo composición se reporta en el cuadro 5.

\* Evaluación microbiológica

Muestras de Yacón	Gérmenes Viables	Hongos y Levaduras	Coliformes
Inicio del Almacenamiento	Ausente	Ausente	Ausente
60 días de Almacenamiento	Ausente	Ausente	Ausente

Cuadro 5: Análisis microbiológico del yacón deshidratado al inicio del almacenamiento y a los 60 días de almacenado

En las bolsas de polietileno de alta densidad no hubo presencia de cristales en el yacón Osmodeshidratado.

**CONCLUSIONES**

- Es posible prolongar la vida útil del yacón por más de 6 meses mediante el empleo de la Osmodeshidratación directa obteniéndose un producto con 30 por ciento de humedad.
- Los parámetros óptimos para la Osmodeshidratación del yacón en su propio FOS es usando un FOS de 60 % que en lapso de 400 minutos alcanza su equilibrio.
- La inactivación de las enzimas del yacón la polifenoloxidasas y la inulasa se realiza con una solución estándar de ácido cítrico a un pH de 3.5 y un tiempo de contacto de 8 minutos.
- La inactivación de las enzimas del FOS se realiza con una solución estándar de ácido cítrico y ácido ascórbico a un pH de 3.5 a 80 °C por 8 minutos.



- El concentrado de FOS de 60 % tiene un rendimiento de 5.0 % con un índice de refracción de 1.4605.
- Los resultados de la velocidad de Osmodeshidratación indican que es más eficiente el modelo semi – infinito cubico logrando su estabilidad a los 300 minutos manteniendo su forma.
- El producto Osmodeshidratado llega a su humedad de equilibrio a una humedad relativa de 76.6%
- La evaluación sensorial realizada por el grupo investigador mostró que el producto es aceptable con un nivel de significación de 5 %.
- Hasta los 6 meses sin empacado al vacío el producto Osmodeshidratado no presenta carga microbiana que altere el producto.
- Por el contenido de FOS de 55.20 % se puede afirmar que el yacón Osmodeshidratado es un alimento funcional Prebiótico.

## BIBLIOGRAFÍA

01. Baudi, Salvador - Química de los alimentos. México: Editorial Universidad Alambra Mexicana; 1999.
02. Brennan J. C, et al. - Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. España: Editorial ACRIBIA, S.A.; 1980
03. Fikai y Hara - Osmotic Dehydration of Apple Pieces: Effect of Temperature and Syrup Concentration on Rates. USA : Food Technology. 1997.
04. Fukai, K; Ohno, S; Ityka, N. - Seasonal fluctuatiions in fructan content and related enzyme activities in Yacón ,Soil Ccience and Plant Nutrition , Japan, 1997.
05. Fukai K., S. Miyazaki, et al. - Distribution of carbohydrates and related enzyme activities in Yacon (*Polymnia sonchifolia*). Japan: Soil Science and Plant Nutrition 39(3): 567-571. Food Res. Lab., Mitsui Norin Co. Ltd., Fujieda 426, 1993.
06. Flores, L. E., - Deshidratación de Frutas por Osmosis . Perú. Editorial UNALM, 1977.
07. Quispe, T; Angel - Determinación de los parámetros de post cosecha y almacenamiento del yacón (*smallanthus sonchifolius*)
08. Treybal, Robert – Operaciones de Transferencia de masa. Argentina: Editorial Hispano, 2002.