



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“DESHIDRATACIÓN DE JÍCAMA *Smallanthus sonchifolius* PARA OBTENCIÓN DE HOJUELAS”

AUTOR: Arias Pabón Ricardo Alexander

DIRECTOR: Ing. Ángel Satama Tene, MSc

Comité Lector:

-Dra. Lucía Yépez

-Ing. Jimmy Cuarán

-Ing. Luis Armando Manosalvas

Ibarra, 2016.

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS: Arias Pabón

NOMBRES: Ricardo Alexander

C. CIUDADANIA: 1003759105

EDAD: 26 años.

NACIONALIDAD: Ecuatoriano

ESTADO CIVIL: Soltero

TELÉFONO CONVENCIONAL: 062 616-135

TELEFONO CELULAR: 0997268407

CORREO ELECTRÓNICO: alex_17dr@hotmail.com

DIRECCIÓN: Imbabura – Ibarra –La victoria-Av.
17 de Julio Urb. Los Tulipanes

AÑO: 2016

Registro Bibliográfico

Arias Pabón Ricardo Alexander **DESHIDRATACIÓN DE JÍCAMA *Smallanthus sonchifolius* PARA OBTENCIÓN DE HOJUELAS**. TRABAJO DE GRADO. Ingeniera Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra. 03. Octubre 2016. 206p

DIRECTOR: Ing. Ángel Satama Tene

En la presente investigación se evaluó las características físicas químicas, nutricionales, efecto de exposición al sol, temperatura de secado, velocidad de aire de secado, características sensorial y calidad microbiológica en hojuelas deshidratadas de jícama estableciendo condiciones favorables para obtener producto de calidad manteniendo sus propiedades nutricionales.

El producto cumple con los requerimientos microbiológicos establecidos en la norma NTE INEN 2696-2015 para productos deshidratados, la cual garantiza la calidad de producto.

Octubre 2016



Ing. Ángel Satama Tene
f) DIRECTOR DE TESIS



Arias Pabón Ricardo Alexander
f) AUTOR

DESHIDRATACIÓN DE JÍCAMA *Smallanthus sonchifolius* PARA OBTENCIÓN DE HOJUELAS

Autor: Ricardo Alexander Arias Pabón

Coautor: Ing. Ángel Satama Tene

2 Resumen

La investigación deshidratación de jícama *Smallanthus sonchifolius* para obtención de hojuelas, se realizó en los laboratorios de la FICAYA de la Universidad Técnica del Norte, ubicados en la ciudad de Ibarra-Ecuador.

Para el desarrollo de hojuelas de jícama se determinó tres factores de estudio con dos niveles cada uno, se estableció temperaturas de 50°C Y 55°C, velocidad de aire de secado 2 m/s y 4 m/s, exposición al sol 0 y 6 días, se aplicó el Diseño factorial 2^3 a ocho tratamientos con tres repeticiones. La investigación se trabajó bajo condiciones de presión atmosférica de la ciudad de Ibarra, con 70,135Pa; la caracterización del área de estudio en condiciones ambientales del aire de secado mediante la tabla Psicrométrica se obtuvo los siguientes valores, para bulbo seco (23°C), bulbo húmedo (17°C), humedad relativa (59.50%), humedad absoluta (15,40 g/kg), presión de vapor (2,46 Kpa) , volumen específico (0.8599 m³/Kg) entalpía (61,89 KJ/Kg) y punto de rocío (14.95°C) en condiciones ambientales. Para el secado, las condiciones son temperaturas de 50°C Y 55°C a las que

fue expuesta para su experimentación en secado, la exposición al sol durante los días de secado la temperatura promedio del aire fue 23°C con una radiación solar de (4,997 h8KWh/m²* día), mediante la curva de radiación solar se aprecia que de 10h a 15h la polinómica de radiación llega a su mayor índice por día con 600 a 800 W/m² durante los días de secado al sol.

La temperatura, velocidad de aire de secado y días de exposición al sol, influyen en la deshidratación de jícama *Smallanthus sonchifolius* por lo que se aceptó la hipótesis alternativa.

Finalizada la investigación mediante las curvas de secado se determinó que la jícama tiene un promedio de secado de 4h, y mejores valores cuantitativos y cualitativos de los resultados en la investigación son los T1, T5 y T8.

Con valores de 82,96g en °Brix, actividad de agua 0,43, humedad 10,57 pH 5.87 y cenizas 3.39.obteniendo un producto con características organolépticas de calidad y microbiológicas.

3 Abstract

The dehydration of jicama (*Smallanthus sonchifolius*) to get flakes, this research was carried out in the laboratories of the FICAYA at “Técnica del Norte” University from Ibarra-Ecuador.

For the development of jicama flakes three factors of study have been determined with two levels of temperatures 50°C and 55°C, velocity of air of drying 2 m / s 4 m / s, the exposure at the sun was established from 0 and 6 days, the factorial design 2^3 applied to eight treatments with three replications. This work was done under atmospheric pressure in Ibarra city, with 70,135Pa; the characterization of the study area under environment conditions of the drying air by psychometric, a chart with the following values was obtained: for dry bulb (23°C), wet bulb (17°C), relative humidity (59.50%), absolute humidity, (15.40 g / kg), vapor pressure (2.46 kPa), specific volume (0.8599 m³ / kg) enthalpy (61.89 KJ / kg) and polinómica (14.95°C) under ambient conditions.

For drying, the conditions of temperatures are 50°C and 55°C, which

was exposed for experimentation drying, exposure to the sun during the days of drying, the average air temperature was 23 ° C with a sun radiation of 4,997 h (KW / m² * day), the solar radiation curve shows that from 10h to 15h polynomial radiation reaches its highest rate per day with 600 to 800 W / m² during the days of sun of drying.

Temperature, velocity of air of drying and days of sun exposure, dehydration influence in the jicama, so the alternative hypothesis was accepted.

Following the investigation by the drying curves, it was determined that the jicama has an average drying of 4 h., and better quantitative and qualitative values of the results are T1, T5 and T8. With 82,96g values in ° Brix, 0.43 water activity, moisture and ash 10.57, pH 5.87 3.39., obtaining a product with organoleptic and microbiological quality characteristics.

KEYWORDS

Psicrométrica, Polynomial radiation, characterization, drying curves

PALABRAS CLAVES

Psicrométrica, polinómica de radiación, caracterización, curvas de secado.

4 Introducción.

En los últimos años en América latina, la investigación ha tomado un papel fundamental para el desarrollo, en el Ecuador, al igual que otros países andinos, tienen el gran privilegio de contar con muchas plantas nativas, sin embargo a pesar de esto no se valoran tales recursos, un claro ejemplo es la jícama *Smallanthus sonchifolius*, una raíz andina heredada por antepasados, el consumo y producción han quedado rezagados debido al poco conocimiento de las propiedades alimenticias, y nutricionales que posee esta raíz.

La Jícama es una de las raíces reservante comestibles con mayor contenido de agua. Entre el 80 y 90 % del peso fresco de las raíces es agua. Los carbohidratos constituyen aproximadamente el 90 % del peso seco de las raíces recién cosechadas, de los cuales entre 50 y 70 % son fructooligosacáridos (FOS). El resto de carbohidratos lo conforman la sacarosa, fructosa y glucosa. Las raíces reservantes acumulan, además, cantidades significativas de potasio, compuestos poli fenólicos derivados del

ácido cafeico, sustancias antioxidantes como ácido clorogénico y triptófano y varias fitoalexinas con actividad fungicida (Capcha, 2008).

Las raíces alcanzan su madurez entre 6-10 meses, esto depende de la zona donde se cultiva, generalmente en zonas bajas la cosecha se adelanta. Esta operación se realiza cuando el follaje empieza a secarse. Esto se realiza en los andes en forma manual con lampas o azadón, las raíces se separan dejando en el campo las cepas. (Tapia, y Fries, 2007)

El carácter muy interesante de la Jícama es su alta productividad, algunos reportes disponibles indican variación desde 10 a 100 toneladas por Ha. El rendimiento de producción es de 38 toneladas por hectárea, ya que un tubérculo comúnmente pesa de 200 a 500 gr. Puede alcanzar hasta 2 Kg. los tubérculos se recogen se asolean y almacenan, frescos son insípidos, almacenados pueden durar por varios meses. (council, 1989)

El rendimiento promedio de la colección de jícama es de 1.5 kg/planta, siendo entradas promisorias la ECU-1237 y ECU-1238 con 3.5 kg/planta, correspondientes al morfotipo morado. (morrillo, 1998).

5 Materiales y métodos

5.1 Localización

La jícama utilizada para la realización de la parte experimental de la investigación fue adquirida en el cantón Cayambe en el sector de Tupigachi, comunidad Agualongo, provincia de pichincha del productor Silverio Cuazcota. Las pruebas preliminares se realizaron en las instalaciones del laboratorio de unidades Edu productivas de la carrera de ing. Agroindustrial de la faculta.

Datos climatológicos de la ciudad de Ibarra

Parámetros	Unidad	Rango
Temperatura promedio anual	°C	17,7
Humedad relativa	%	72
Nubosidad	octavos de cielo	6
Presión	HPa	781,6
Altitud	msnm	2256
Precipitación	mm	52,5
Ubicación geográfica		00°20' norte 78° 08' oeste

Fuente. Granja Experimental “Yuyucocha” – Ibarra. Diciembre d FICAYA.

5.2 Materiales y Equipos

- Secador de bandejas por flujo de aire caliente(30 bandejas)
- Anemómetro(0-30m/s)
- Balanza analítica(0-310g)
- Balanza eléctrica(0-3kg)
- Termómetro(0-100°C)
- Cronómetro
- Refractómetro(60-120 °Brix)
- Cámara fotográfica

Equipos de protección personal

- Cofia
- Mascarilla
- Mandil tela
- Guantes
- Botas
- Mandil de plástico

Materiales

- Bandejas plásticas
- Recipientes
- Bandejas de poli estireno
- Cuchillos
- Cedazos
- Libreta
- Rebanador

5.3 Proceso de elaboración de hojuelas deshidratadas de jícama.

Recolección.- se recolectó jícama de 8 meses de madurez en el sector de Tupigachi, comunidad Agualongo, provincia de Pichincha del productor Silverio Cuazcota.

Pesado 1.- se realizó con el fin de registrar la cantidad de materia prima que se utiliza en el proceso, 17kg de jícama para exponer 6 días al sol y 17 kg de jícama fresca almacenada bajo sombra.

Selección y clasificación.- se procedió a seleccionar la jícama *Smallanthus sonchifolius* con malas características, como perforaciones por insectos o apariencia extraña.

Pesado 2- se efectuó para registrar la cantidad de jícama que ingresa en el proceso.

Lavado - se realizó con agua potable para eliminar impurezas que se encontraron adheridas a la raíz.

Mondado.- limpia la raíz tuberosa se procedió a retirar la corteza, dejando preparada para el corte de láminas o rebanadas. (No se realizó un escaldado

previo para mantener sus características naturales).

Escaldado.- Este tratamiento se realizó por 30 segundos a 85°C, permitió ablandar la hojuela fresca, tener un color más firme, eliminar los gases intercelulares responsables de reacciones de oxidación, además se destruyeron las enzimas responsables de coadyuvar las reacciones de oxidación.

Cortado- para cortar se utilizó una rebanadora que permitió mantener: uniforme y limpia la jícama *Smallanthus sonchifolius*, las rebanadas fueron de 2mm de espesor.

Preparación de bandeja- colocamos las rebanadas de jícama *Smallanthus sonchifolius* en bandejas de acero inoxidable previamente desinfectadas.

Secado- se efectuó con aire caliente a 50 y 55°C, velocidades en el interior del secador de 2 y 4 m/s y densidad de carga de 500g/m².

Se realizó el monitoreo para la toma de datos y se procedió a graficar las curvas de secado.

Envasado.- Las hojuelas se envasaron y sellaron en fundas de polietileno de alta densidad.

Almacenamiento.- se realizó a temperatura ambiente 21°C en ambiente fresco, bajo sombra.

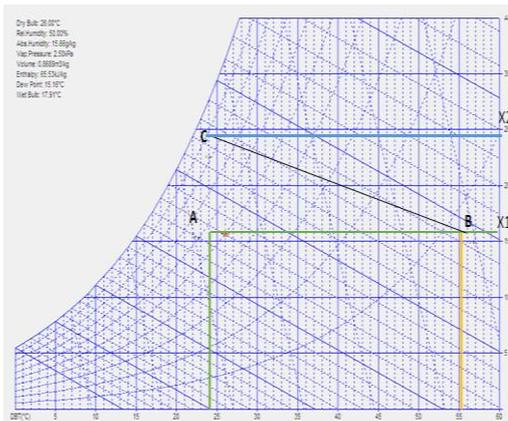
6 Resultados

6.1 Caracterización de la Materia Prima.

Caracterización de las propiedades del aire de secado a 50°C y 55°C.

PROPIEDADES DEL AIRE DE SECADO A 50°C

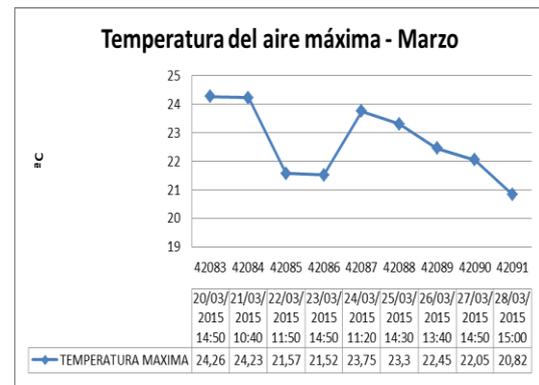
PROPIEDADES	TEMPERATURA ENTRADA SECADO 50°C
BULBO SECO	50°C
BULBO HUMEDO	23°C
HUMEDAD RELATIVA	11,56%
HUMEDAD ABSOLUTA	15,40g/Kg
PRESIÓN DE VAPOR	2,45kpa
VOLUMEN ESPECIFICO	0,9369 m³/Kg
ENTALPÍA	88,64KJ/Kg
PUNTO DE ROCÍO	14,86°C

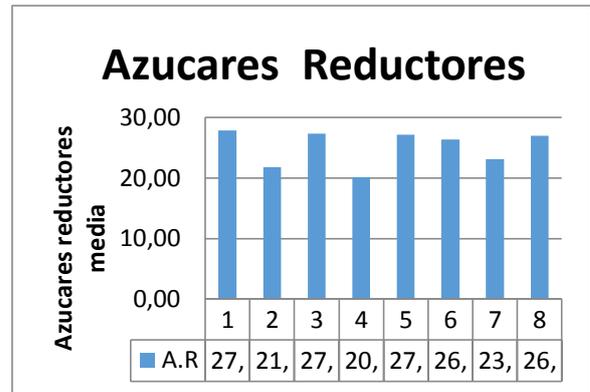
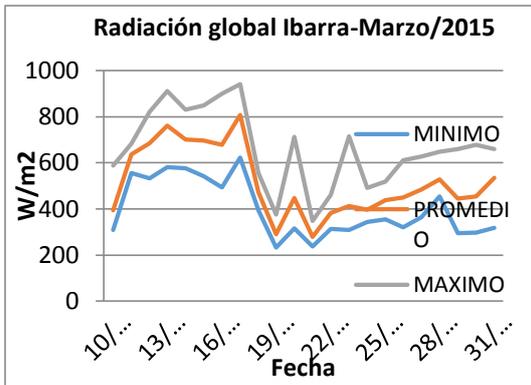


PROPIEDADES DEL AIRE DE SECADO A 55°C

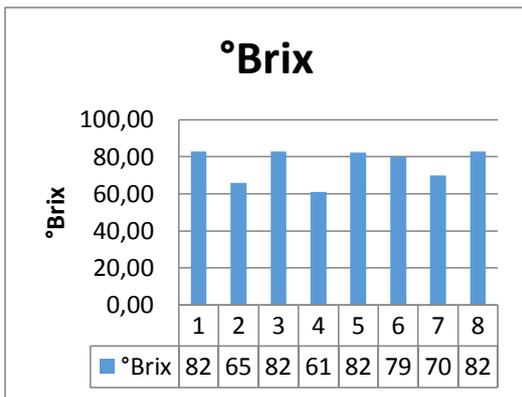
PROPIEDADES	TEMPERATURA ENTRADA SECADO 55°C
BULBO SECO	55°C
BULBO HUMEDO	24°C
HUMEDAD RELATIVA	8,58%
HUMEDAD ABSOLUTA	15,40g/Kg
PRESIÓN DE VAPOR	2,46kpa
VOLUMEN ESPECIFICO	0,9514m³/Kg
ENTALPÍA	93,89KJ/Kg
PUNTO DE ROCÍO	14,95°C

Promedio temperatura ambiente de la exposición solar que se sometió a la jícama en fresco de 22.7°C y radiación solar diaria media 5,532 h (kwh/ m² * día).



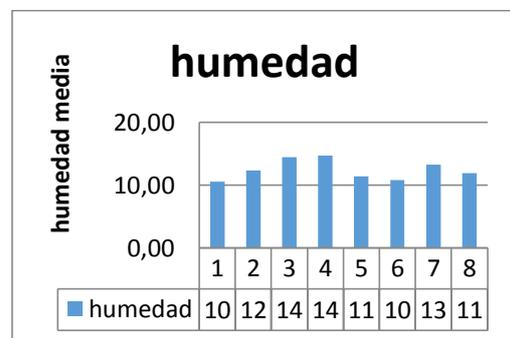


6.2 Características físico químicas



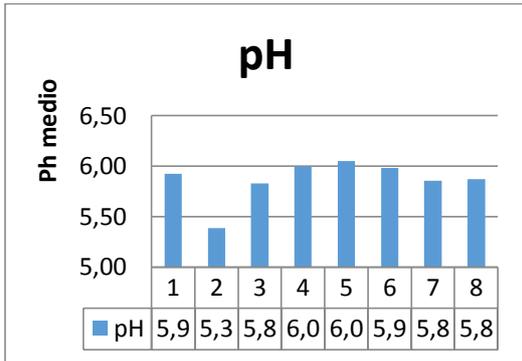
Recabados los datos de la investigación se aprecia en la figura 23 que el tratamiento T8 (55°C /4m/s /6 días) presenta la mayor concentración de sólidos solubles cuyo nivel es de 82,96 g en 100g muestra de jícama *Smallanthus sonchifolius* deshidratada al igual que el T1 (50°C /2m/s /0días) con un nivel de 82,83 g en 100g de muestra de jícama *Smallanthus sonchifolius* y T3 (50°C /4m/s /0 días) presenta al igual que los anteriores tratamientos una mayor concentración de sólidos solubles cuyo nivel es de 82,73g .

Como resultado de los ocho tratamientos en la variable azúcares reductores se obtuvo los siguientes resultados descritos en la figura 26, podemos apreciar que el tratamiento T1 (50°C /2m/s /0 días) presenta la mayor concentración de azúcares reductores cuyo nivel es de 27,86g en muestra de 100g de jícama *Smallanthus sonchifolius* deshidratada al igual que el T3 (50°C /4m/s /0días) con un nivel de 27,33g en 100g de muestra de jícama *Smallanthus sonchifolius* con mayor nivel de concentración.

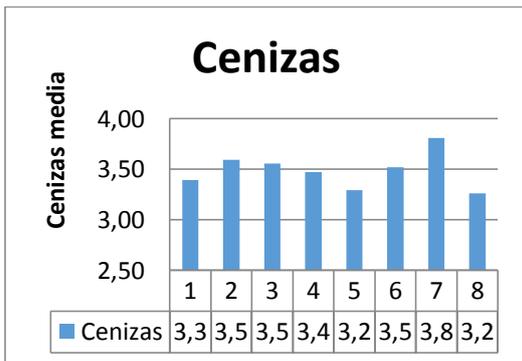


Podemos apreciar que el tratamiento T1 (50°C /2m/s /0días) presenta el menor contenido de humedad, cuyo nivel es de 10,57 en muestra de 100g de jícama *Smallanthus sonchifolius* deshidratada al igual que el T6 (55°C /2m/s /6 días) con

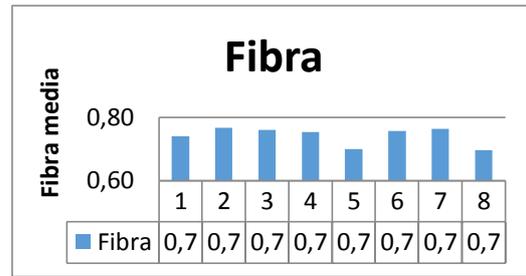
un nivel de 10,85 en 100g de muestra de jícama *Smallanthus sonchifolius*.



Tratamiento T2 (50°C /2m/s /6días) presenta el menor pH cuyo nivel es de 5,39 en la jícama *Smallanthus sonchifolius* deshidratada al igual que el tratamiento T7, T8 y T1.



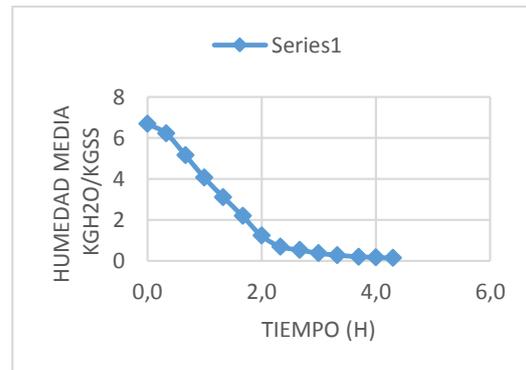
Se aprecia que el tratamiento T7 (55°C /4m/s /0días) presenta la mayor concentración de cenizas cuyo nivel es de 3,81g en muestra de 100g de jícama *Smallanthus sonchifolius* deshidratada.



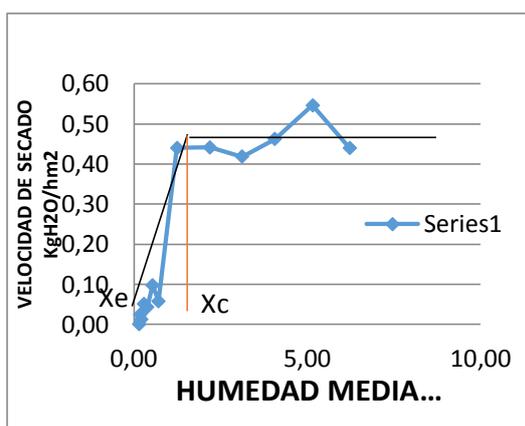
El tratamiento T2 (50°C /2m/s /6días) presenta el mayor contenido de fibra cuyo nivel es de 0,77g en muestra de 100g de jícama deshidratada al igual que el T7 (55°C /4m/s /0días) con un nivel de 0,76g en 100g de muestra de jícama deshidratada.

6.3 Cinética de secado

Curva de secado de jícama para la obtención de hojuelas deshidratadas.



Curva de velocidad de secado para la obtención de hojuelas deshidratadas.



En el proceso de deshidratación de la jícama en forma de hojuelas existe matriz celular, debido a las características de la raíz, ya que posee estructura celular rígida, facilitando la deshidratación por vías de difusión de vapor desde el interior de la raíz.

La disminución del peso por evaporación del agua es rápida, como se puede observar en la pendiente de la figura donde se mira un periodo constante y un periodo decreciente apreciando la humedad crítica (Xc) y la humedad de equilibrio (Xe) donde la pérdida de humedad es menor. Este comportamiento del incremento de velocidad de secado es debido a que la raíz de la jícama *Smallanthus sonchifolius* posee una estructura celular rígida facilitando la deshidratación con un tiempo promedio de 4h.

6.4 Evaluación Microbiológica

Para garantizar la calidad e inocuidad del producto y detectar otros microorganismos que podrían ser causantes de enfermedades, se efectuaron análisis microbiológicos para indicar la presencia de estos

TRATAMIENTOS					
PARÁMETROS ANALIZADOS	UNIDAD	T1	T5	T8	METODO DE ENSAYO
RECuento TOTAL DE AEROBIOS	UFC/g	180	220	480	AOAC.989.10
	UFC/g	1,8x10 ²	2,2x10 ²	4,8x10 ²	AOAC.989.10
RECuento DE MOHOS	UFC/g	1200	700	2400	AOAC.997.02
	UFC/g	1,0x10 ³	1,0x10 ³	2,4x10 ³	AOAC.997.02
RECuentos DE LAEVADURAS	UFC/g	2400	750	200	AOAC.997.02
	UFC/g	2,4x10 ³	1,0x10 ³	1,0x10 ²	AOAC.997.02

Fuente. Laboratorio UTN.

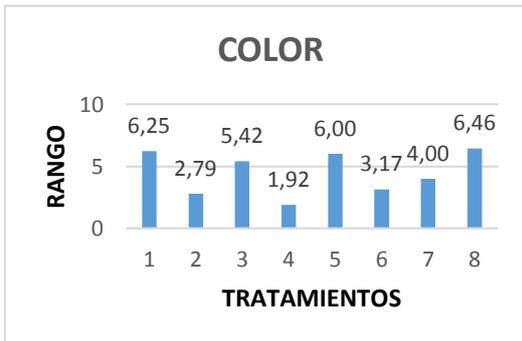
Los resultados del análisis microbiológico determinan que las hojuelas de jícama deshidratada se encuentran en los parámetros indicados en la Norma INEN 2996-2015 para deshidratación de alimentos.

6.5 Evaluación Organoléptica

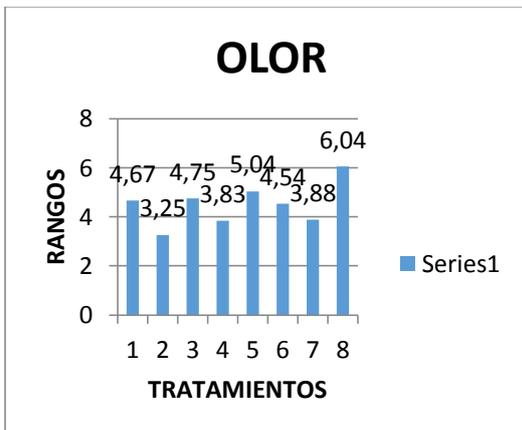
Este tipo de análisis se refiere a las descripciones de las características físicas que tiene la materia en general, percibido por los sentidos. En la investigación las características que se evaluaron fueron: Color, Olor, sabor y textura. Para realizar el análisis organoléptico se utilizó la prueba de rangos de Friedman, que es la

herramienta no paramétrica que más se ajusta a lo requerido.

COLOR

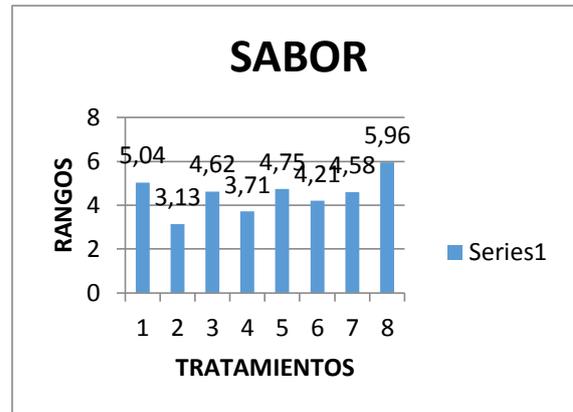


Al analizar los puntajes de color, el tratamiento que tuvo mayor aceptación fue T8 (55 °C/4m/s /6 días) con 6,45, seguido por T1 (50 °C/ 2m/s/ 0 días) con 6,25 T5 (55 °C /2 m/s / 0 días) con 6,00.



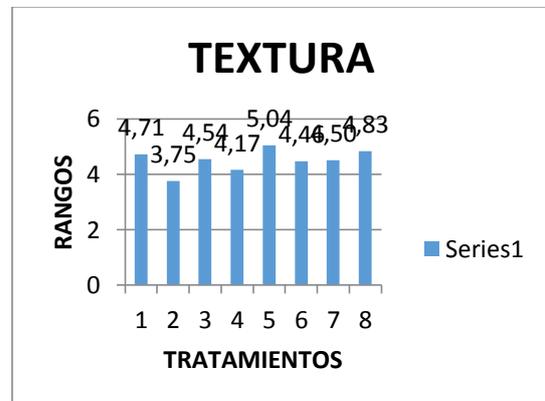
Mejores tratamientos:

Al analizar los puntajes de olor, se observó que el tratamiento con mayor aceptación fue T8 (55 °C/4m/s /6 días) con 6,04, seguido por T5 (55 °C /2 m/s / 0 días) con 5,04.



Mejores tratamientos:

Al analizar los puntajes de sabor, se identifica que el tratamiento de mayor aceptación fue T8 (55 °C/4m/s /6 días) con 5,96, seguido por T1 (50 °C/ 2m/s/ 0 días) con 5,04 T5 (55 °C /2 m/s / 0 días) con 4,75.



Mejores tratamientos:

Al identificar los puntajes de textura, se observó que el tratamiento de mayor aceptación fue T5 (55 °C /2 m/s / 0 días) con 5,04. T8 (55 °C/4m/s /6 días) con 4,83, seguido por T1 (50 °C/ 2m/s/ 0 días) con 4,71.

7 Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

1- Los análisis físico químicos realizados a la jícama en estado fresco permiten determinar que de los componentes orgánicos más sobresaliente están representados por los carbohidratos totales en proporción equivalente a 7,26%, debido a que en este grupo se encuentran los fructooligosacáridos, además en su composición tenemos el 87% de humedad y 13% de sólidos solubles.

2- La disminución del peso por evaporación en el periodo pos crítico se realiza a mayor velocidad en la deshidratación de hojuelas de jícama, debido a las características de la raíz, ya que posee estructura celular rígida, facilitando la deshidratación por vías de difusión de vapor desde el interior de la raíz.

3- Las mejores características físico-químicas y sensoriales de las hojuelas deshidratadas de jícama a 55 °C en el secador de bandejas alcanzan el 82,96% de la concentración de sólidos solubles y actividad de agua de 0,43. Esto se debe a la incidencia de la exposición al sol previa al secado.

4- Los parámetros microbiológicos realizados a las hojuelas de jícama, para los tratamientos t1, t5, t8 que presentan los mejores valores cuantitativos y cualitativos demuestran que la calidad sanitaria e inocuidad se manejaron con estrictas normas de BPM.

5- En el proceso de deshidratación de las hojuelas de jícama; la temperatura, velocidad de aire de secado y días de exposición al sol, influyen en la deshidratación de la jícama por lo que se acepta la hipótesis alternativa.

7.2 Recomendaciones

- Se recomienda usar abundante agua para lavar la jícama *Smallanthus sonchifolius* sin ningún agente químico para que no sufra cambios en las propiedades organolépticas.
- Se recomienda procesar inmediatamente la jícama *Smallanthus sonchifolius* para ser deshidratada, con el fin de inhibir el crecimiento microbiano que puede ocasionar deterioro y oxidación del producto ya que provoca cambios de color.
- Se recomienda realizar investigaciones con otras variedades de jícama *Smallanthus sonchifolius* que se encuentren en el mercado o en las comunidades para realizar la comparación con esta investigación

y determinar la mejor variedad de todas las existentes.

- Se recomienda usar como temperatura máxima 60°C ya que al realizar ensayos preliminares a mayores temperaturas se pierden el aroma, olor y sabor característicos de la jícama *Smallanthus sonchifolius*.

8 Bibliografía

Gil, A. (2010). Tratado de Nutrición - tomo II Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos (2 ed.). Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.

Mañas J, M. (2006). Glucosinolatos (tioglicósidos). Obtenido de Recuperado el 22 de agosto de 2011 de <http://ehu.es/biomoleculas/hc/sugar33c6.htm#top>.

aupoey etal. ((2011). Introduccion al secado de alimentos por aire caliente. (E. U. Politéc., Ed.) Valencia.

Mikuy, A. M. (2010). En Gastronomía tradicional Altoandina (pág. 264). D - FAO.

Mondino, M. C., & Ferratto, J. (2006). Revista agromensajes. Recuperado el lunes de septiembre de 2014, de <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/18/7AM18.htm>

Moreno M, G. (s.f.). Manual de construcción y operación de una secadora solar. Recuperado el lunes de septiembre de 2014, de http://cbi.izt.uam.mx/iph/archivos_profesores/50/archivos/4f197.pdf

Tapia, y Fries. (2007). GUIA DE CAMPO DE LOS CULTIVOS ANDINOS. (F. Y. AMPE, Ed.) LIMA Y ROMA, PERU Y ITALIA .

rkerk, R., & Deker, M. (2008). Glucosinolates. In J. Gilbert & H. Z. Senyuva (Eds.). En Bioactive Compounds in Food (págs. 31-47). Nueva Delhi: India Blackwell publishing.

Tapia , C., & Morillo, E. (2009). En diversidad agrícola andina. Terraecuador, 42/42.

Mikuy, A. M. (2010). En Gastronomía tradicional Altoandina (pág. 264). D - FAO.

Ludeña, A. A. (Marzo de 2014). ESTUDIO DE LA UTILIZACIÓN DE LA HARINA DE MASHUA. Ingeniería en Alimentos, Universidad Tecnológica Equinoccial, Repositorio UTE. Quito, Pichincha, Ecuador.

IANCEM., R. A. (06 de mayo de (2015). Analisis de jicama fresca. Ingenio azucarero del norte- Analisis de jicama fresca.

Capcha, P. (2008). *BUENA SALUD IER CURSO LATINOAMERICANO*. LIMA: SANTA HERMINIA.