

DESHIDRATACIÓN DE CASCARA DE NARANJA PARA LA ELABORACIÓN DE FIBRA

DEHYDRATION OF ORANGE PEEL FOR PRODUCTION OF FIBER

Cruz Ramales Silvia ^{*1}, Rosado García María Oneida ¹, Ramírez Perucho Adolfo ¹, Tzompantzi Sánchez Alejandro ¹, Maldonado García Elizabeth ¹, Corona Pérez Iván ¹

¹Universidad Tecnológica de Puebla, Carrera de Tecnología Ambiental, Antiguo Camino a la Resurrección 1002-A, Zona Industrial Oriente, Tel 2223098864, Puebla, Mex.

^{*1}Autor para la correspondencia, e-mail: ramales68@yahoo.com.mx.
Tel. 012223098864, Cel. 2223-225183

RESUMEN

Los residuos son un problema no solo ambiental sino económico, donde las mismas empresas tienen que asumir altos costos de disposición de estos. Específicamente, en el aprovechamiento de desechos de la industria citrícola, están trabajando activamente empresas dedicadas a toda la cadena productiva, ya que la generación de residuos sólidos y líquidos crece cada día más en virtud del aumento de la producción mundial de cítricos.

Aunque existen evidencias del uso de residuos de la industria de cítricos para alimentación animal, biocombustible, y diferentes aplicaciones de los compuestos bioactivos extraídos de dichos residuos, se encuentran en el mercado, pocos productos desarrollados para consumo humano a partir de corteza de cítricos. En este trabajo se llevaron a cabo tres procesos de deshidratación de los residuos de la extracción de jugo de la naranja para eliminar humedad, se ha reportado que entre 8 y 10 % de humedad se garantiza la ausencia de hongos y bacterias en la harina que se puede producir a partir de este residuo deshidratado, el producto obtenido será utilizado como fibra, las determinaciones de humedad se llevaron a cabo en la última

semana de junio y primera de julio. La cascara de naranja fue proporcionada por la empresa dKasa, la cual se dedica a la elaboración de jugo de naranja envasado. La muestra fue preparada en el laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Tecnológica de Puebla. Se cortó la cascara de naranja en trozos de aproximadamente 1.5 cm, se pesaron 500 g para realizar el secado para cada uno de los métodos propuestos. De los tres métodos empleados para la deshidratación de los residuos de la extracción de jugo de la naranja, estufa, intemperie y secado solar, se observó que el más eficiente fue cuando se empleó el secador solar obteniendo una humedad de 4.5% ,en comparación con el empleo de la estufa y la intemperie, 10.3% y10.1% de humedad respectivamente. El método de secador solar obvia el uso y costo de energía eléctrica, para el caso del horno se estimó un costo de 350.6 pesos por energía eléctrica solo para realiza una prueba, falta tomar en cuenta el costo del horno. Por otra parte el costo del secador solar es de 200 pesos, tomando en cuenta que se utilizó material reciclado.

Palabras clave: cascara de naranja, secador solar, deshidratación de alimentos

ABSTRACT

The wastes is a problem not only economic but also environmental, where companies have to bear high costs to these. Specifically, in the utilization of citrus industry waste, companies are actively dedicated to the entire production chain, since the generation of solid and liquid waste is growing every day due to the increase of world citrus production. Although there is evidence of the use of waste citrus industry feed, biofuel, and different applications of bioactive compounds extracted from these residues are in the market, few products developed for human consumption from citrus peel. In this work conducted three dehydration processes waste removal orange juice to remove moisture, it has been reported that between 8 and 10% humidity guarantee the absence of fungi and bacteria in the flour may result from this residue dehydrated, the product obtained shall be used as fiber, moisture determinations were carried out in the last week of June and first week of July. The orange peel was provided by the company dKasa, which is dedicated to the production of orange juice packaging. The sample was prepared in the laboratory of Environmental Chemistry at the Technological University of Puebla. He cut orange peel into pieces about

1.5 cm, weighed 500 g for drying for each of the proposed methods. Of the three methods used for the dehydration of waste extracting juice from the orange, stove, weather and solar drying, it was observed that was more efficient when the solar dryer was used to obtain a humidity of 4.5% compared with the use of the stove and the open, 10.3% moisture y 10.1% respectively. The solar dryer method obviates the use and cost of electricity, for the case of the furnace was estimated a cost of \$350.6 for electricity to run a test only, need to take into account the cost of the oven. Moreover, the cost of solar dryer is \$200, taking into account used recycled material.

Keywords: orange peel, solar dryer, food dehydrator



INTRODUCCIÓN

La naranja, es considerada como una de las frutas de mayor importancia en México, tanto por la superficie destinada para su cultivo, como por la producción y el consumo. El consumo per cápita de naranja fresca en nuestro país es de 25.3 kg/año y 3,24 kg/año de naranja procesada.

Morfológicamente, la naranja está compuesta por las siguientes partes: Epicarpio o Flavedo: que consiste de una parte grande de células parenquimatosas, ricas en sustancias pécticas y hemicelulosas.

Endocarpio: Es la porción comestible; en ella se encuentran las vesículas de jugo que están ligadas a la membrana capilar por finos pelos que se acumulan en él durante la maduración de la fruta.

Una separación manual de las partes de la naranja madura mostró la siguiente distribución en peso: flavedo y albedo constituyen 37%; vesículas de jugo 10%; membranas 19%; semillas 8% y jugo 26%.

Las características nutricionales de la naranja ayudan al fortalecimiento de las defensas del organismo, debido a su contenido de vitaminas B1, B2, B3, B5, B6; C y E; sales minerales, ácidos orgánicos, pectina y propiedades anticancerígenas. Las naranjas conocidas por su alto valor en vitamina C se convierten en uno de los mejores alimentos antiescorbúticos.

También poseen una gran cantidad de azúcares, especialmente muy ricas en fructosa, fácilmente asimilable por el organismo, por lo que puede ser consumida por los individuos con diabetes

La naranja (*Citrus sinensis* Washington) contiene 87.64% de humedad, 1.13% de fibra insoluble y 2.07% de porción comestible de fibra total [7]. La variedad de naranja *Citrus aurantium* posee 91% de humedad y 1.8% de fibra total alimentaria (FAT) (Menezes *et al.*, 2000)...

Baker, afirma que las frutas cítricas poseen de 9-11% de fibra total y de esta cantidad la mitad es fibra soluble. La cáscara de naranja es rica en las fracciones de fibra insoluble.

La fibra dietética insoluble es la fracción dominante de la fibra (83.5% total FD). Por otro lado, se ha reportado que el contenido de pectina en la cáscara de la naranja (*C. sinensis*) es de 3.5-5.5% (Thakur *et al.*, 1996). Entre los numerosos subproductos agroindustriales que presentan interés para el aprovechamiento en el mundo entero, se encuentran las cáscaras y otros componentes residuales provenientes de la extracción de jugo; los cuales son destinados en su mayoría a la alimentación animal. Cuando estos productos no son utilizados generalmente son desechados, provocando un problema de contaminación ambiental.

En México se producen grandes cantidades de cáscara de naranja, que son destinadas en una pequeña parte para forraje y otra para extracción de sus aceites esenciales. Esto se logra con un proceso de aireado o quemado, debido a las dificultades que presenta su almacenamiento, ya que es necesario secarla para evitar que se fermente. Los subproductos de la industria de zumos de frutas, bagazos de manzanas y albedos de cítricos (limón, naranja, toronja) constituyen básicamente las fuentes

industriales de pectinas. La naranja posee una alta cantidad de fibra, insoluble y soluble, siendo abundante la pectina en la pulpa y albedo (Haro, 2005).

Braddock y Grandall, separaron el albedo y flavedo de la naranja var. *pineapple* y obtuvieron que el 13% correspondía al flavedo y 30.67% al albedo. Indicaron que el albedo representa el 69.7% del total de la cáscara y al flavedo le corresponde solamente el 30.3%.

En nuestro país actualmente se producen elevadas cantidades de naranja, el cual es consumido principalmente en forma de jugo, lo cual ocasiona que se produzcan grandes cantidades de desechos orgánicos al medio ambiente, produciendo altos niveles de contaminación ambiental por efecto del proceso de fermentación de tales residuos.

La producción de naranja en el estado de Puebla en 2010 fue de 254, 841 toneladas, de las cuales se generaron 101 936.4 toneladas anuales de residuos. Estos residuos se disponen en el relleno sanitario, esta disposición final representa un inconveniente que se debe minimizar. Los residuos agroindustriales han sido considerados un problema ambiental, y su uso ha sido incipiente, en parte porque su valor es aún desconocido. Una de las tareas en esta área es generar alternativas que permitan aprovechar eficientemente dichos residuos en el marco del desarrollo de nuevos productos con valor agregado y de sustentabilidad.

El aprovechamiento de residuos agroalimentarios es un tema de investigación actual, por el valor nutricional que todavía se conserva en muchos de ellos,

y por la disminución del impacto ambiental negativo generado por su disposición final.

La cáscara de naranja, como un residuo después de haberse extraído el jugo, se convierte en materia prima para la fabricación de fibra después de pasar por un proceso de secado, éste se convierte en una etapa necesaria y clave para la conservación de sus propiedades fisicoquímicas y funcionales de algunos elementos o componentes nutricionales de consideración que aportan actividad esencial al material alimentario, como es el caso de la Fibra Dietética (FD)

De acuerdo a reportes previos se sabe que este desecho es rico en fibra dietética. En diferentes trabajos de investigación científica que los efectos benéficos que presenta el nopal se han atribuido principalmente al elevado contenido de FD presente en esta verdura.

El secado o deshidratación es una de las técnicas más ampliamente utilizadas para la conservación de alimentos; son muy conocidas las ventajas de la deshidratación, ya que al reducir el contenido de humedad de los productos alimenticios se previene el crecimiento de microorganismos y se minimizan las demás reacciones bioquímicas de los mismos. Por otra parte, el secado disminuye el volumen y el peso de un material orgánico, lo que influye en una reducción importante de los costos de empaque, almacenamiento y transporte. Los productos secos permiten, además, ser almacenados a temperatura ambiente por largos períodos de tiempo.

El secado o deshidratación a altas temperaturas afecta las propiedades

organolépticas del producto y su valor nutricional; durante esta operación pueden cambiar la textura, el color, la densidad, la porosidad y las características de adsorción de materiales; también se pueden presentar los fenómenos de endurecimiento y encogimiento, por lo que la temperatura de secado es una variable a tener en cuenta en los estudios cinéticos, pues aunque temperaturas elevadas pudieran acelerar el proceso, la pérdida de calidad del producto no compensaría la reducción de tiempo del proceso.

La operación inadecuada de estos procesos, pueden llegar a producir efectos contrarios a los deseados; esto a causa de su elevado contenido de agua y al carácter perecedero del residuo proveniente de la extracción del jugo de naranja. Para procesos de secado y almacenamiento del residuo proveniente de la extracción del jugo de naranja, es necesario un buen conocimiento de la relación entre el contenido de humedad y la humedad relativa del aire de secado, velocidad del aire y el tamaño de partículas, que influyen en el secado de varios vegetales, modelando la cinética del proceso con ecuaciones empíricas.

La deshidratación, consiste en reducir a menos del 13% su contenido de agua. Cabe diferenciar entre secado, método tradicional próximo a la desecación natural (frutos secados al sol, por ejemplo) y deshidratación propiamente dicha, una técnica artificial basada en la exposición a una corriente de aire caliente.

El secado se utilizaba ya en la prehistoria para conservar numerosos alimentos, como los higos u otras frutas. En el caso de la

carne y el pescado se preferían otros métodos de conservación, como el ahumado o la salazón, que mejoran el sabor del producto. La liofilización, ideada a principios del siglo XX, no se difundió hasta después de la II Guerra Mundial. Limitada inicialmente al campo de la sanidad (conservación de medicamentos, por ejemplo), no se aplicó hasta 1958 al sector alimentario. Es una técnica costosa y enfocada a unos pocos alimentos, como la leche, la sopa, los huevos, la levadura, los zumos de frutas o el café

Aunque lo importante para una buena conservación es una baja actividad del agua, puede decirse en general que una humedad por debajo del 10% hace inactivos a microorganismos y enzimas, aunque es necesario bajar la humedad por debajo del 5% para conservar las cualidades nutricionales y organolépticas de los alimentos.

Algunos alimentos son estables con esta humedad (como la harina, con un 8% de humedad, muchos frutos secos, pasta,...etc). Sin embargo otros productos se vuelven fuertemente hidrofílicos (tienden a absorber agua del ambiente), como el café soluble, galletas o aperitivo. En estos productos, el envase desempeña un papel fundamental en la adecuada conservación.

El secado al sol permite retirar agua hasta niveles del 15%, que es suficiente en algunos casos. Por este sistema se requiere un espacio bastante grande y los alimentos expuestos al sol son susceptibles a la contaminación y a pérdidas debidas al polvo, los insectos, los roedores y otros factores.

Por las razones anteriores el secado al sol evolucionó a fin de realizarlo en recintos interiores en donde las condiciones pudieran ser controladas en forma más eficiente. Hoy en día el término deshidratación de alimentos se refiere al secado artificial bajo control. Esta eliminación de agua puede ser casi completa y se busca prevenir al máximo los cambios en el alimento, a fin de lograr luego, durante la reconstitución, obtener productos lo más parecidos a los alimentos originarios. Los niveles de humedad remanente llegan alcanzar valores de 1 al 5%, según el producto. Por lo general la calidad lograda en la de deshidratación es proporcional al costo del proceso aplicado, existiendo sus excepciones.

Hay otras técnicas en las que se emplea calor durante el proceso de retiro de agua. Allí se busca que sea lo más rápido posible, lo cual se logra teniendo en cuenta las siguientes variables: área expuesta, entre más dividido esté el alimento, hasta cierto límite, más posibilidades hay para que el calor penetre y deshidrate, la temperatura, entre más alta sea la diferencia de temperatura entre el medio de transmisión de calor el alimento mayor la velocidad de salida de humedad, velocidad del aire, humedad del aire, presión atmosférica

Por lo general la deshidratación produce cambios físicos, químicos y sensoriales en los alimentos. Entre los cambios físicos están el encogimiento, endurecimiento y la termoplasticidad. Los cambios químicos contribuyen a la calidad final, tanto de los productos deshidratados como de sus equivalentes reconstituidos, por lo

referente al color, sabor, textura, viscosidad, velocidad de reconstitución, valor nutritivo y estabilidad en el almacenamiento. Con frecuencia estos cambios ocurren solo en determinados productos, pero algunos de los principales tienen lugar en casi todos los alimentos sometidos a deshidratación, y el grado en que ocurren depende de la composición del alimento y la severidad del método de secado.

Las reacciones de oscurecimiento pueden deberse a oxidaciones enzimáticas, el oscurecimiento también puede deberse a reacciones no enzimáticas. Estas se aceleran cuando los alimentos se someten a altas temperaturas y el alimento posee elevada concentración de grupos reactivos y el secado alcanza niveles del 15 a 20%. Cuando se superan los niveles de deshidratación como el 2% los cambios en el color son menos intensos.

Otra consecuencia de la deshidratación de alimentos es la dificultad en la rehidratación. Las causas son de origen físico y químico, teniendo en cuenta por una parte el encogimiento y la distorsión de las células y los capilares y por otra, la desnaturalización de las proteínas ocasionada por el calor y la concentración de sales. En estas condiciones estas proteínas de las paredes celulares no podrán absorber tan fácil de nuevo el agua, perdiendo así la turgencia y alterando la textura que caracteriza a un determinado alimento.

La pérdida parcial de componentes volátiles y de sabor es otro efecto de la deshidratación. Por esto algunos métodos

emplean atrapar y condensar los vapores producidos en el secador y devolverlos al producto seco. Otras técnicas usan agregar esencias y saborizantes que derivan de otras fuentes, o bien agregando gomas u otros compuestos que reducen las pérdidas de sabor y aroma.

Los factores analizados se tienen en cuenta cuando se va a diseñar un equipo de deshidratación de alimentos. Todo debe tender a lograr la máxima velocidad del secado, con el mínimo de daño al alimento al costo más bajo. Para esto se debe trabajar en forma interdisciplinaria para conseguir resultados óptimos.

Por todo lo anterior es definitivo combinar unas buenas condiciones de proceso, equipos adecuados y experiencia con los productos a deshidratar.

El secado o deshidratación es la extracción de relativamente pequeñas cantidades de un líquido volátil contenido en un sólido.

Existen varios métodos de secado dependiendo de tipo de alimento que se desea preservar, la calidad que se desea obtener y el costo de operación y precio al público. Algunos métodos de secado más comunes son: secado al vacío en charolas, secado en una banda atmosférica, liofilización, secado por rotación, secado en gabinetes, secado en estufa, secado en túnel.

Una clasificación práctica de los diferentes tipos de secadores los divide en: de tambor o rodillo, secadores con aplicación a vacío y secadores por convección de aire, estando los secadores solares incluidos dentro de este último tipo.

El secador solar pertenece a los llamados por convección de aire. Todos los secadores de este tipo tienen alguna clase de recinto aislado, un medio de hacer circular el aire dentro de la cámara y un dispositivo para calentar el aire. La particularidad que posee el secador solar, y que lo diferencia de los demás, que están dentro de esta misma clasificación es el hecho de que, tanto el medio con el que se hace circular el aire dentro de él, como el de calentamiento, son provistos por las fuentes de la naturaleza. Este método de secado es económico, sin embargo tiene varios inconvenientes entre ellos, que dependen de las fuerzas naturales y estas no se pueden controlar, es lento y no apropiado para muchos productos de alta calidad, requiere espacios demasiado grandes y generalmente no reduce el contenido de humedad a menos de 10%, lo que es insuficiente para permitir la estabilidad en el almacenamiento.

México es uno de los países donde la magnitud de la radiación solar a lo largo de año es de las más altas del mundo.

Además de los cambios en la cantidad de radiación solar que ocurren en las diferentes regiones, existe otro tipo de factores tales como variaciones estacionales y fluctuaciones a lo largo del día que afectan la cantidad de radiación solar. Durante el día, la radiación solar pasa de un máximo al medio día, donde suele tenerse la radiación máxima disponible a un mínimo en la tarde, sucediendo lo mismo cuando pasa de cero en la mañana a un máximo al medio día. Aprovechando la radiación solar en este trabajo se propone emplear un secador solar de contacto directo, es decir el colector

solar y la cámara de secado forman un mismo compartimiento. En este tipo de secador, los rayos solares inciden directamente sobre producto para secarlo. Además, el producto recibe la corriente de aire caliente que proviene del colector, lo que contribuye a evaporar el agua que contiene.

En este trabajo se emplearon tres métodos de secado para la deshidratación del residuo de extracción del jugo de naranja, el cual es un material fibroso, capilar o poroso de estructura polimérica, compuesto por celulosa y lignina, y con un contenido de humedad cercano a 70%, el producto obtenido será utilizado en la elaboración de fibra. Por lo antes mencionado el objetivo del trabajo es: deshidratar la cascara de naranja por medio de un horno convencional, secador solar y a la intemperie para obtener la cinética de secado, y seleccionar la más eficiente en calidad del producto, costo y tiempo para obtener fibra.

METODOLOGIA

Se emplearon tres métodos de secado para la deshidratación de la cascara de naranja. El primer método de secado fue utilizando un horno Felisa, el cual se controló a 50°C; el siguiente método fue secado a la intemperie empleando el sol directo y por último se utilizó un secador solar. De acuerdo a la literatura se ha reportado que a 50°C se conservan mejor las propiedades funcionales de la Fibra Dietaria (FD), y que se requieren aproximadamente 19.75 h para lograr una humedad de 0.12 kg agua/kg de muestra seca, la cual equivale al 10.71% de

humedad, también se ha reportado que para evitar crecimiento microbiológico es necesario mantener la humedad abajo del 10%.

Obtención y preparación de muestra

La muestra fue proporcionada por la empresa dKasa, la cual se dedica a la elaboración de jugo de naranja envasado. La muestra fue preparada en el laboratorio de Química Ambiental de la universidad tecnológica de Puebla.

Se cortó la cascara de naranja en trozos de aproximadamente 1.5 cm, se pesaron 500 g para realizar el secado para cada uno de los métodos propuestos

Construcción del secador solar y deshidratación de la cascara de naranja

El modelo que se eligió es el de gabinete, por su bajo costo, maniobrable y desarmable (figura 1). La altura máxima es de 60 cm y la altura mínima es de 50 cm, con una base de 77 cm x 59 cm.

Figura 1. Vista lateral del Secador Solar.



La energía se transmite al agente secante debido a la radiación solar infrarroja, que atraviesa la cubierta de cristal, la cual es absorbida y a la vez se transmite la energía por radiación y convección al producto a secar.

El secador fue construido con cartón sin cubrir con pintura. Presenta una cubierta transparente de cristal con una inclinación de 18° que garantiza la entrada perpendicular de la radiación solar, específicamente de los rayos del espectro infrarrojo cercano, los cuales quedan atrapados en el interior de la cámara de secado provocando efecto invernadero.

Debajo de la cubierta de vidrio, a una distancia de 20 cm con respecto a la base, presenta una malla de 1 mm^2 de abertura, donde se colocaron 500 g de cáscara de naranja (trozos de aproximadamente 1.5 cm), distribuida uniformemente en la malla a fin de dejar pasar el aire entre ellas (figura 2).

Figura 2. Colocación de la Cáscara de Naranja Dentro de la Cámara de Secado.



La altura de la malla con respecto a la base permite que cuando se lleve a cabo la circulación del aire caliente hacia arriba, pase por la muestra que está en proceso de secado.

El aire frío penetra al interior de la cámara de secado por un espacio abierto al frente, cubierto por un filtro de tela -para eliminar basura o insectos, con dimensiones 10 cm 10 cm, colocado a una altura a partir de la base, dejando a cada lado 33.5 cm. Esto se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Filtro de Entrada de Aire.



El aumento de temperatura y contenido de humedad es evacuado al exterior en forma natural por un tubo de salida situado en la parte superior de la pared trasera (Figura 4).



Figura 4. Salida de aire caliente y humedad.

RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS MÉTODOS DE SECADO PROBADOS

Se probaron tres métodos para el secado de la cáscara de naranja: Secado en estufa, Secado al sol directo (intemperie) y Secado con el Secador Solar, en el caso del secado en estufa y al sol directo se cuidó que la temperatura aplicada cumplan con la preservación de los componentes de la cáscara, en el caso del secador solar no se pudo controlar la temperatura. Los resultados se registran en la Tabla 1, las determinaciones de humedad se llevaron a cabo en la última semana de junio y primera de julio.

Tabla 1. Tabla comparativa para el secado de la cáscara de la naranja.

Parámetro	Secador solar	Secado al sol	Secado en estufa
Temperatura max., °C	70	30	50
Tiempo, días	5.16	5.16	5.75
Horas de exposición a la deshidratación por día	8	8	24
Muestra a probar (MH), kg	0.5	0.5	0.5
Humedad inicial, %	71	71	76.5

Agua Inicial, Kg	0.355	0.355	0.382
Masa seca (MS), Kg	0.145	0.145	0.1175
Humedad final, %	4.5	10.1	10.3
Agua perdida, Kg	0.3481	0.3387	0.3825
Agua retenida, Kg	0.0068	0.0163	0.0135

La determinación de humedad para el proceso de secado del residuo de la extracción de jugo de la naranja, se llevó a cabo utilizando el proyecto de norma **PROY-NMX-Y-098-SCFI-2012 ALIMENTOS PARA ANIMALES.- DETERMINACION DE HUMEDAD EN ALIMENTOS BALANCEADOS E INGREDIENTES MAYORES**, donde se sigue la metodología establecida por métodos oficiales de análisis de la asociación oficial de química agrícola (por sus siglas en ingles AOAC)

- Se pesaron aproximadamente 2 g de muestra en la charola de metal.
- Se colocó la tapa en la parte inferior de la charola, se introdujo en la estufa, y se dejó secar a $135^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 2 h.
- Se sacaron las charolas con las muestras, se colocaron las tapas y se llevaron a un desecador hasta enfriarse.
-

- Se sacaron las charolas del desecador y se pesaron rápidamente
- Se efectuaron los cálculos.

Para los tres casos propuestos, las muestras se tomaron a cierto periodo de tiempo para determinar la curva de secado.

Para el caso de la deshidratación de los residuos de la extracción de jugo de la naranja por medio de la estufa marca Felisa, donde la temperatura se controló a 50°C, se obtuvo una curva de secado, tomando muestras cada dos horas (figura 5). Después de 138 horas de secado continuo, se registró una humedad de 10.3%.

Para la deshidratación de los residuos de la extracción de jugo de la naranja por medio del sol directo (intemperie), donde la

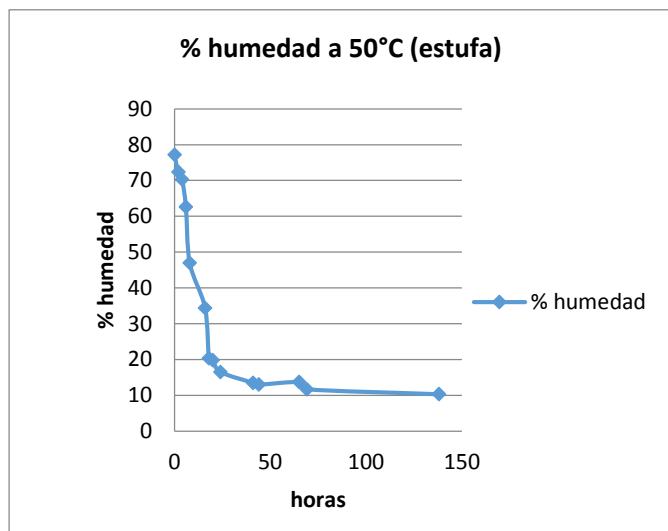


Figura 5. Curva de secado en estufa.

temperatura ambiental máxima fue de 30°C, se obtuvo una curva de secado, tomando 3 muestras en un lapso de 8 horas de exposición al sol (figura 6). Después de 124 horas de secado se registró una humedad de 10.1%.

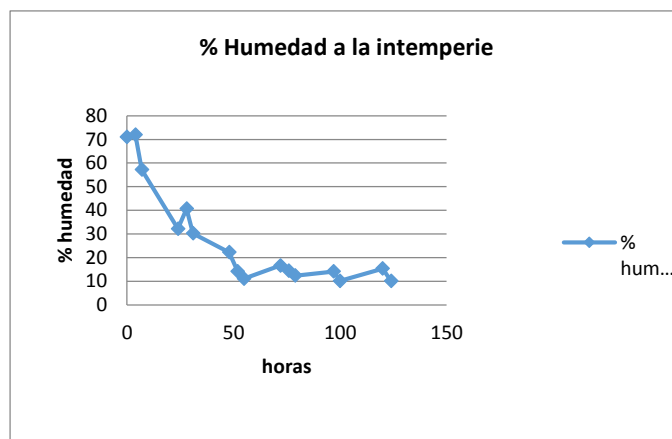


Figura 6. Curva de secado a la intemperie.

Para la última condición de deshidratación de los residuos de la extracción de jugo de la naranja fue por medio de un secador solar, donde la temperatura ambiental máxima fue de 70°C, se obtuvo una curva de secado, tomando 3 muestras en un lapso de 8 horas de exposición (figura 7). Después de 124 horas de secado se registró una humedad de 4.5%.

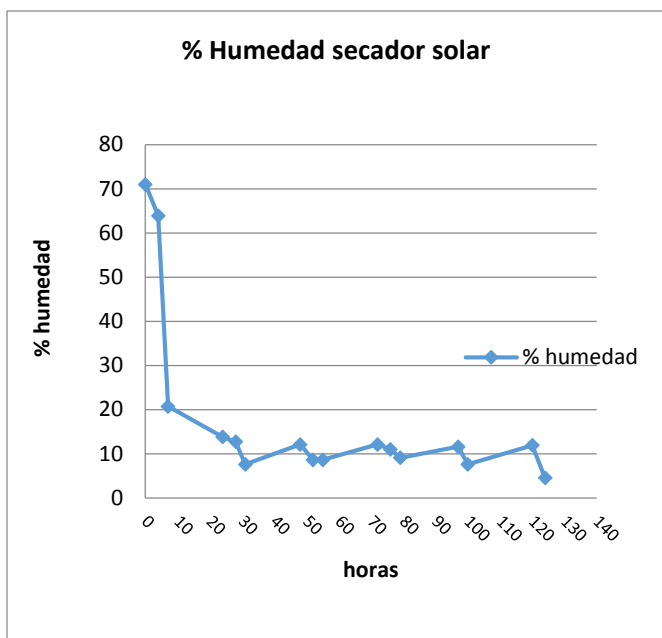


Figura 7. Curva de secado en secador solar.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los tres métodos empleados para la deshidratación de los residuos de la extracción de jugo de la naranja, se observó que el más eficiente fue cuando se empleó el secador solar (4.5% de humedad) en comparación con el empleo de la estufa y la intemperie, 10.3% y 10.1% de humedad respectivamente.

Se observó que en un tiempo transcurrido de 100 horas de secado a la intemperie se alcanzó 10.2 % de humedad manteniéndose relativamente constante hasta un registro de 124 horas, aunque se observan fluctuaciones debido a absorción de humedad durante la noche.

Para el caso del secador solar se alcanzó 7.6% de humedad en un tiempo transcurrido

de 31 horas presentándose fluctuaciones como en el caso del secado a la intemperie, a partir de este tiempo hasta 124 horas se logró una humedad de 4.5%

CONCLUSIÓN

Se llevaron a cabo tres procesos de deshidratación de los residuos de la extracción de jugo de la naranja para eliminar humedad, se ha reportado que entre 8 y 10 % de humedad se garantiza la ausencia de hongos y bacterias en la harina que se puede producir a partir de este residuo deshidratado.

De los tres métodos probados, estufa, intemperie y secado solar, el más eficiente fue empleando el secador solar con el cual se logró una humedad de 4.5% en el transcurso de 124 horas, este también es un tiempo mínimo en comparación con los otros dos métodos a la estufa y a la intemperie respectivamente. El método de secador solar obvia el uso y costo de energía eléctrica, para el caso del horno se estimó un costo de 350.6 pesos por energía eléctrica solo para realiza una prueba, falta tomar en cuenta el costo del horno. Por otra parte el costo del secador solar es de 200 pesos, tomando en cuenta que se utilizó material reciclado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal de los Laboratorios de la carrera de Química área tecnología ambiental, por su valioso apoyo en la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Baker R. 1994.** Potencial dietary benefits of citrus pectin and fiber. *Food Technol.* 48: 133-139.
- BELIBASAKIS, N. G. and TSIRGOGIANNI, D.** Effects of dried citrus pulp on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows. En: *Animal Feed Science and Technology*. 1996. Vol. 60, No. 1-2. p. 87-92.
- Braddock R. y Graumlich T. 1981.** Composition of fiber from citrus peel, membranes, juice vesicles and seeds. *Lebensmitte wissencharnd Und Technology, Zurich*. 14: 229-231.
- Chau C. y Huang L. 2003.** Comparison of the Chemical composition and physicochemical properties of dietary fibers prepared from the peel of *citrus sinensis* L. Cv. Liucheng. *J Agric. Food Chem.* 51: 2615-2618
- Escudero E. y González P. 2006.** La fibra dietética. *Rev Nutricion Hospitalaria*. 21(S2): 61-72.
- Haro G. 2005.** La naranja. *Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos*. Universidad de Granada
- FAO, 1998.** Organization Agriculture and Food. Extractado del Proyecto Inteligencia de Mercados. Convenio Ministerio de Agricultura CCI. FAO Intergovernmental group on citrus.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; et al.** Application of functional citrus by-products to meat products. En: *Trends in Food Science & Technology*. 2004. Vol.15, No. 3-4. p. 176-185.
- Hernández G. 2007.** “Evaluación del efecto antihiper glucémico del bagazo de naranja (*citrus sinensis var. valencia*) en estudios *in vivo* e *in vitro*”, Tesis de Licenciatura. Centro de Investigaciones Químicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- INIA, 1998.** Producción de naranja. Datos obtenidos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. www.inia.cl. Fecha de consulta: 02-09-05.
- Jiménez R., González N., Magaña A., Corona A. 2012.** Fibra de naranja y salud, La ciencia y el hombre. [Versión electrónica]. 25(3)
- Lajolo M., Saura C., Witing P. y Wenzel M. 2001.** *Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos*. Ed. Varela. Brasil. 84-358.
- Menezes E., Caruso L. y Lajolo F. 2000.** Application of criteria to evaluate quality of dietary fiber data in Brazilian foods. *J. Food Comps. Anal.* 13(4): 455-473.
- Mizrach A., Galili N., Gan-Mor S., Flitsanov V. y Prigozin I. 1996.** Models of ultrasonic parameters to asses avocado properties and shelf life. *J Agric Eng Res.* 65(4): 261-267
- Quintero S. 2006.** Dieta o cambio en el estilo de vida. *Gold Program*. Livemed. México, D.F.
- POURBAFRANI, M.; et al.** Production of biofuels, limonene and pectin from citrus wastes. En: *Bioresource Technology*. 2010. Vol. 101, No.11. p. 4246-4250.
- S.E.D.C.A. 2005.** Fibra dietaria. Sociedad Española de dietética y ciencias de la

alimentación. <http://www.nutricion.org>. 2005. Fecha de consulta: 12-09-05.

SREENATH, H. K.; CRANDALL, P. G. and BAKER, R. A. Utilization of citrus by-products and wastes as beverage clouding agents. En: *Journal of Fermentation and Bioengineering*. 1995. Vol. 80, No. 2. p. 190-194.

Thakur B. Sing R. y Handa A. 1996. Effect of an antisense pectin methylesterase gene on the chemistry of pectin in tomato juice (*lycopersicon esculentun*). *J. Agric. Food Chemistry*.44: 628-630.

Ting S. y Rouseff R. 1986. Citrus fruit and their products. *Analysis and Technology. Lake Alfred, Florida*. 293.

UNED, 2007. Índice glucémico. Nutrición y dietética. *Guía de alimentación y salud*. <http://www.uned.es/pea-nutrición-y-dietética-l/guia/diabetes/indgluce.htm>. Fecha de consulta: 30-01-07.

WILKINS, M. R.; WIDMER, W. W. and GROHMANN, K. Simultaneous saccharification and fermentation of citrus peel waste by *Saccharomyces cerevisiae* to produce ethanol. En: *Process Biochemistry*. 2007. Vol. 42, No. 12. p. 1614-1619.

