



Mayo 2018 - ISSN: 1696-8352

DISEÑO DE UN DESHIDRATADOR MIXTO INDIRECTO DE FRUTAS DESIGN OF AN INDIRECT MIXED FRUIT DEHYDRATOR

Autores:

María Belén Bravo Avalos

PhD en Ciencia Económicas
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
maria.bravo@esPOCH.edu.ec

Darío Javier Baño Ayala

PhD en Ingeniería Industrial
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
dbano@esPOCH.edu.ec

Diego Iván Cajamarca Carrazco

Master en Sistemas Integrados de Gestión
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
diego.cajamarca@esPOCH.edu.ec

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

María Belén Bravo Avalos, Darío Javier Baño Ayala y Diego Iván Cajamarca Carrazco (2018): "Diseño de un deshidratador mixto indirecto de frutas.", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (mayo 2018). En línea:
<https://www.eumed.net/rev/oel/2018/05/deshidratador-mixto-frutas.html>

Resumen

La producción de las frutas a nivel mundial y de país tomo verdadero interés a partir del año 2012, el Ecuador existen 15 empresas que se dedican a la deshidratación de frutas y de éstas tan solo seis se organizaron como un consorcio para hacer frente a las altas cantidades requeridas para la exportación, que se lleva el 80% de la producción nacional. Se observó la insatisfacción y el malestar de los productores porque gran cantidad de sus producciones se perdieron sin generar las ganancias esperadas. Los factores vinculados son diversos, entre los principales destacamos la cantidad de frutas en procesos de descomposición, productos que no llegan a sus destinos finales, venta marcada por bajos precios y problemas reales de comunicación por el deficiente acceso vial para trasladar la producción a los diferentes mercados. La carencia de equipos deshidratadores no permiten a los productores el procesamiento de los excedentes de futas que no llegan al destino final, esta es una realidad del país. Se realizó un estudio entre los diferentes tipos de deshidratadores solares que fueron: directo, indirecto, y mixto, tomando en cuenta varios parámetros (temperatura del aire, velocidad del flujo de aire, rapidez de extracción de humedad, calidad de producto final, dimensiones físicas y costo; siendo la mejor alternativa el sistema mixto). Esta investigación como ventaja frente a otros deshidratadores fue el aprovechamiento de la energía solar debido a la situación geográfica ecuatorial del país.

Palabras Clave: Deshidratador, Energía solar, Frutas

Abstract

The production of fruits worldwide and country took real interest from the year 2012, Ecuador there are 15 companies that are dedicated to the dehydration of fruits and of these only six were organized as a consortium to deal with the high quantities required for export, which takes 80% of national production. The dissatisfaction and the discomfort of the producers was observed because a great quantity of their productions were lost without generating the expected profits. The factors linked are diverse, among the main ones we highlight the amount of fruit in decomposition processes, products that do not reach their final destinations, sale marked by low prices and real communication problems due to poor access to transport the production to different markets. The lack of dehydrating equipment does not allow producers to process the surplus of futas that do not reach the final destination, this is a reality of the country. A study was made among the different types of solar dehydrators that were: direct, indirect, and mixed, taking into account several parameters (air temperature, air flow speed, moisture extraction speed, final product quality, physical dimensions) and cost, the mixed system being the best alternative). This research as an advantage over other dehydrators was the use of solar energy due to the equatorial geographical situation of the country.

Key words: Dehydrtaror, Solar energy, Fruits.

Introducción

En la actualidad los productores y sociedad en general consideran indispensable evitar pérdidas económicas dadas como consecuencia de conocimientos en las cadenas agroproductivas de las frutas; a nivel mundial se estima que las pérdidas post cosecha debido al manejo incorrecto en el sistema agroindustrial son superiores al 50%. (FAO, 2012) En el Ecuador que es un país que su economía basa en el sector agropecuario existe esta realidad; entonces surge la necesidad de tomar iniciativas pertinentes que permitan reducir este problema existente, actualmente existen varias tecnologías post cosecha para mininizar este problema identificado: atmosferas controladas, recubrimientos comestibles, encerados, deshidratado, etc. El Plan Nacional del Buen Vivir del Ecuador en uno de sus principales objetivos, rescata el desarrollo de la matriz productiva a través de la generación del conocimiento; el desarrollo de nuevas tecnologías específicamente de procesamiento de alimentos se considera un eje fundamental en la actualidad destacando la zona 3 del país. (MAGAP, 2016). El diseño y construcción de un deshidratador mixto en primer lugar demostrará el desarrollo científico que se está produciendo la Educación Superior y cumplirá una de las funciones que tiene la universidad con la sociedad: ayudar a los agricultores a crear valor agregado a sus productos, mejorar su condición económica-social a través de una tecnología innovadora, amigable con el ambiente y ayuda a la soberanía alimentaria del consumidor. Estos antecedentes trae consigo, malestar e insatisfacción entre los productores así como el no aprovechamiento de una considerable cantidad de frutas en la alimentación humana. Un problema real que demanda por su solución; y que está relacionado directamente con los productores y la insatisfacción de los mismos por los resultados del trabajo realizado; este problema incide directamente en los bajos ingresos. Las vías de solución de este problema y su ejecución pueden ser diversas, pero resulta axiomático, que si se trabajara en la solución del mismo, aprovechando las bondades que brindan los procesos de deshidratación de las frutas, ésta podría constituir una solución viable para los medianos y pequeños productores, siempre y cuando las instalaciones sean económicamente rentables, de ahí yace

el problema científico de esta investigación, llegar a demostrar que se puede encontrar una solución en este sentido.

Existen varios y diversos procesos e instalaciones industriales para la deshidratación de frutas alrededor del mundo con una característica común; sus altos costos; en el cual se centra el reto en esta investigación, su problema científico radica en elaborar una propuesta que sea viable y favorable en su relación costo-beneficio para los referidos productores. Concretamente, este proyecto enmarcará sus esfuerzos en el siguiente Objetivo Principal: *“Elaborar una propuesta de diseño y construcción de un deshidratador mixto indirecto de frutas”*. Tal enunciado permite deslindar muy definidamente el objeto y campo de acción de la investigación; es decir, el deshidratador mixto indirecto de frutas, su diseño y construcción. La pertinencia de la presente investigación está dada en la acuciante necesidad de resolver un problema que afecta directamente a los productores de frutas; con la consabida pérdida de apreciables cantidades de este importante rubro de consumo nacional y exportación; que, de aprovecharse, mediante un proceso de deshidratación, constituye una fuente indiscutible de alimentación, trabajo y satisfacción en general. Tapia (2013), afirma: “El problema actual es la sobre producción, el agricultor acostumbra desechar parte de la cosecha, lo que representa pérdidas debido al costo de la producción, fuera de temporada el producto aumenta su precio debido a la escases. El empleo del proceso de deshidratación permite el almacenamiento del producto así como su fácil manejo al disminuir su peso y volumen. Siendo estos factores relevantes en la logística que involucra la producción de frutas y hortalizas”.

La energía solar y los deshidratadores de productos agrícolas

La energía solar es una energía renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del sol. La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando. Hoy en día, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de diversos captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, pudiendo transformarse en energía eléctrica o térmica. Es una de las llamadas energías renovables o energías limpias, que podrían ayudar a resolver algunos de los problemas más urgentes que afronta la humanidad. (OECD/IEA, 2011)

Las diferentes tecnologías solares se pueden clasificar en pasivas o activas según cómo capturan, convierten y distribuyen la energía solar. Las tecnologías activas incluyen el uso de paneles fotovoltaicos que permite realizar instalaciones que alimentan sistemas alejados de la red de distribución, incluso se puede realizar sistemas de generación distribuida, de tal forma que se genere la energía en lugares próximos a los puntos de consumo, mediante la formación de una pequeña red de distribución (Méndez J, 2007)

En 2011, la Agencia Internacional de la Energía afirmó que “El desarrollo de tecnologías solares limpias, baratas e inagotables supondrá un enorme beneficio a largo plazo. Aumentará la seguridad energética de los países mediante el uso de una fuente de energía local, inagotable y, aún más importante, independientemente de importaciones, aumentará la sostenibilidad, reducirá la contaminación, disminuirá los costes de la mitigación del cambio climático, y evitará la subida excesiva de los precios de los combustibles fósiles. Estas ventajas son globales. De esta manera, los costes para su incentivo y desarrollo deben ser considerados inversiones; deben ser realizadas de forma correcta y ampliamente difundidas”. (OECD/IEA, 2011)

La fuente de energía solar más desarrollada en la actualidad es la energía solar fotovoltaica. Según informes de la organización ecologista Greenpeace, la energía solar fotovoltaica podría suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en 2030. (Teske, y otros, 2008). Gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía de escala, el coste de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales (Richard M. Swanson, 2009), aumentando a su vez la eficiencia, y su coste medio de generación eléctrica ya es competitivo con las energías no renovables (Roca, 2014) en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red. Otras tecnologías solares, como la energía solar termoeléctrica está reduciendo sus costes también de forma considerable.

Tecnología y usos de la energía solar

Energía solar activa: para uso de baja temperatura (entre 35 °C y 60 °C), se utiliza en casas; de media temperatura, alcanza los 300 °C; y de alta temperatura, llega a alcanzar los 2000 °C.

Esta última, se consigue al incidir los rayos solares en espejos, que van dirigidos a un reflector que lleva a los rayos a un punto concreto. También puede ser por centrales de torre y por espejos parabólicos. La tecnología solar activa es un término referido a aquellas tecnologías utilizadas para transformar la energía solar en calor utilizable, para producir corrientes de aire para ventilación o refrigeración o para almacenar el calor para uso futuro. (Righini, 2005)

Energía solar pasiva: Aprovecha el calor del sol sin necesidad de mecanismos o sistemas mecánicos. La tecnología solar pasiva es el conjunto de técnicas dirigidas al aprovechamiento de la energía solar de forma directa, sin transformarla en otro tipo de energía, para su utilización inmediata o para su almacenamiento sin la necesidad de sistemas mecánicos ni aporte externo de energía, aunque puede ser complementada por ellos, por ejemplo para su regulación. (Edward, 2002)

Energía solar térmica: Es usada para producir agua caliente de baja temperatura para uso sanitario y calefacción. La energía solar térmica o energía termo solar consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para producir calor que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y, a partir de ella, de energía eléctrica. Adicionalmente puede emplearse para alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que emplea calor en lugar de electricidad para producir frío con el que se puede acondicionar el aire de los locales. (Martínez, 2010)

Los colectores de energía solar térmica están clasificados como colectores de baja, media y alta temperatura. Los colectores de baja temperatura generalmente son placas planas usadas para calentar agua. Los colectores de temperatura media también usualmente son placas planas usadas para calentar agua o aire para usos residenciales o comerciales. Los colectores de alta temperatura concentran la luz solar usando espejos o lentes y generalmente son usados para la producción de energía eléctrica. La energía solar térmica es diferente y mucho más eficiente (Solar Thermal Energy, 2016) que la energía solar fotovoltaica, la que convierte la energía solar directamente en electricidad. Mientras que las instalaciones generadoras proporcionan solo 600 megavatios de energía solar térmica a nivel mundial a octubre de 2009, otras centrales están bajo construcción por otros 400 megavatios y se están desarrollando otros proyectos de energía termo solar de concentración por un total de 14 gigavatios. (Manning, 2009 With green power comes great responsibility)

Energía solar fotovoltaica: Es usada para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar. La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina. (Harris, 2010). Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años. Comenzaron a producirse en masa a partir del año 2000, cuando medioambientalistas alemanes y la organización Eurosolar obtuvo financiación para la creación de diez millones de tejados solares. (Palz, 2013). La energía fotovoltaica no emite ningún tipo de polución durante su funcionamiento, contribuyendo a evitar la emisión de gases de efecto invernadero. Su principal desventaja consiste en que su producción depende de la radiación solar, por lo que si la célula no se encuentra alineada perpendicularmente al Sol se pierde entre un 10-25 % de la energía incidente. Debido a ello, en las plantas de conexión a red se ha popularizado el uso de seguidores solares para maximizar la producción de energía. (Bushong, Steven., 2016)

Deshidratadores de productos agrícolas

En los últimos años, la escasez de recursos, los mayores precios de los combustibles y la creciente preocupación por el medio ambiente ha suscitado un nuevo interés en el secado basado en la energía solar, tratando de desarrollar técnicas y dispositivos que permitan solucionar los diversos problemas mencionados en relación con el SDS (TUNDE, 2005). La deshidratación de frutas es considerada una forma de aprovechar un producto perecedero para que no se desperdicie y se conserve no sólo por una temporada. La consistencia de la fruta deshidratada la hace un alimento atractivo y una alternativa saludable.

La deshidratación es un proceso complejo que involucra la transferencia simultánea de calor y masa. La cantidad de energía requerida para secar un producto en particular depende de

múltiples factores, tales como el contenido de humedad inicial, el contenido de humedad final deseado, la temperatura de secado, la humedad relativa y la velocidad del aire (Karim, y otros, 2005).

El secado natural o secado directo al sol (SDS), donde los productos se exponen directamente a la radiación solar colocándolos sobre el suelo o en dispositivos específicos, es uno de los usos más antiguos de la energía solar, siendo aún el proceso más utilizado en países en vías de desarrollo para el secado de productos agrícolas. (Corvalan, 1995) (TIWARI, 2002). Es un procedimiento con muy bajo coste pero con diversas limitaciones, a saber: deterioro de los productos por las variaciones climatológicas (lluvia, viento, rocío,...), dificultad para el control del proceso, necesidades de terreno elevadas, largos tiempos de secado, degradación importante para el caso de productos alimenticios debido al contacto con polvo, animales, insectos u otros contaminantes (Tires, 1996; Basunia, 2001).

La energía para el secado representa entre el 94 y el 99% del total de energía utilizada en el procesamiento. Las grandes diferencias de los gastos de energía se explican por la cantidad de agua evaporada. Se concluye de estos resultados la posibilidad de economizar gran parte de la energía de procesamiento mediante el uso de la energía solar en el secado. Esta opción es válida cuando se dispone de tiempos suficientes para el secado, hasta 2-3 días. (NANDWANI, 2013).

Figura 1: Colectores Solares



Fuente: Elaboración propia

La energía solar es una fuente alterna, para obtener energía térmica y eléctrica. La captación de esta energía logra altas temperaturas. Particularmente, los denominados colectores solares son los dispositivos que se utilizan para obtener energía térmica y pueden ser planos y concentradores. Esta energía es aprovechada en los denominados deshidratadores que son utilizados en la eliminación gradual del agua contenida en los alimentos. La deshidratación impide el deterioro de estos, lo cual inhibe el crecimiento de los microorganismos, reduce o detiene la actividad enzimática y las reacciones químicas del propio alimento, logrando que se alargue su vida útil (Gutiérrez, 2016).

Reduce el volumen del producto en un 50%, y su peso en un 80%, esto permite un fácil manejo y transporte. Los deshidratadores de frutas y/o vegetales son utilizados, principalmente para facilitar el transporte y mantener las propiedades del producto.

Las frutas que son deshidratadas con la energía solar mantienen en una gran proporción el valor nutritivo original, si el proceso se realiza en forma adecuada, es decir eliminar el agua de las frutas y conservar todas las vitaminas, minerales, proteínas, hidratos de carbono, sales minerales y fibra, indispensables para el organismo. La presentación de la fruta deshidratada es crujiente y dulce, que pueden comerse solas o combinarse con cereal, leche, granola o yogur; agregarse a ensaladas o servirse preparadas en té o compotas, entre otras recomendaciones culinarias.

Tipos de deshidratadores aprovechando fundamentalmente la energía solar

El deshidratador solar utiliza el aire como medio secador y para acarrear el vapor de agua retirado del alimento. Esta circulación de aire se logra de dos formas, a través de la convección natural y forzada (ventilador). Se conocen, fundamentalmente tres sistemas, bien diferenciados: directo, indirecto y mixto; a su vez, cualquier sistema o equipo de deshidratación solar consta de dos elementos básicos que se diseñan de acuerdo al equipo de secado que se pretenda lograr y la naturaleza del producto: el colector, la cámara de secado.

Deshidratador Directo.- Este deshidratador solar, parte de la radiación que se refleja hacia la atmósfera y el resto se transmite al interior de la cámara.

Figura 2: Deshidratador directo, frutos colocados en el deshidratador



Fuente: Elaboración propia

También, parte de la radiación transmitida se refleja de la superficie del producto y, finalmente, el resto la absorbe el producto. A consecuencia de la absorción de la radiación, la temperatura sobre el producto se incrementa, debido a la elevación de la temperatura del aire.

La cubierta del equipo, permite reducir las pérdidas de calor por convección y radiación al ambiente, pero permite elevar la temperatura de la cámara. Sin embargo, existen pérdidas por convección y evaporación de la superficie del producto, porque la humedad es retirada por el flujo de aire, que entra por la parte inferior de la cámara y sale por la parte superior de la misma. El sistema de aislamiento del deshidratador reduce la pérdida de calor por conducción.

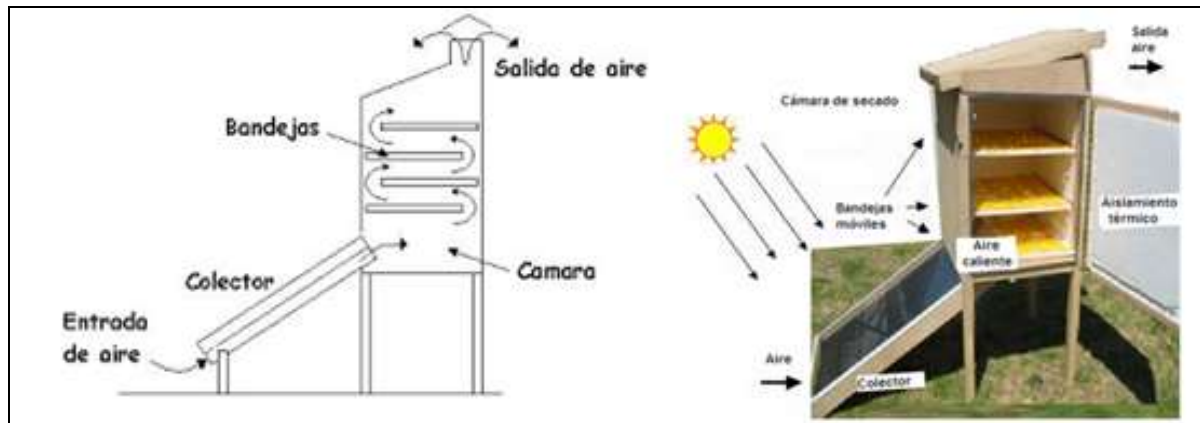
Deshidratador Indirecto.- En este sistema el producto no se expone directamente a la radiación solar, lo que resulta ventajoso, pues se reduce el descoloramiento y el acabado quebradizo. Este deshidratador posee dos partes fundamentales: El colector solar que sirve para calentar el aire; y la cámara de secado donde se coloca el producto en bandejas. En el proceso de secado, para este sistema es fundamental la diferencia de concentración de humedad entre el aire caliente, que pasa por la cámara y el aire en la vecindad inmediata del producto.

El colector y la cámara de secado están separados. El aire es calentado en el colector y la radiación no incide sobre el producto colocado en la cámara de secado. La cámara de secado no permite la entrada de la radiación solar. Este secador es esencialmente un secador convectivo convencional sobre el cual el sol actúa como fuente energética. Los secadores directos difieren de los indirectos en la transmisión de calor y la separación de vapor. A continuación, se dan varias características de operación que definen a este tipo de secadores. (De la Vega, 2017)

El colector solar y la cámara están conectados de tal forma que el aire caliente entra por la parte baja de la cámara, pasa a través de las bandejas y sale por la parte superior. En este caso, el calor necesario para la evaporación de humedad es proveído por convección de calor entre el aire caliente y el producto fresco.

Por sus ventajas en la deshidratación de alimentos, se tomó este sistema como el objeto de la presente investigación.

Figura 3: Deshidratador indirecto, partes constituyentes



Fuente: Elaboración propia

Los secadores indirectos que utilizan fluidos de condensación como medio de calentamiento son, en general, económicos desde el punto de vista del consumo de calor, ya que suministran calor sólo de acuerdo con la demanda hecha por el material que se está secando.

- El calor se transfiere al material húmedo por conducción a través de una pared de retención de sólidos, casi siempre de naturaleza metálica.
- Las temperaturas de superficie pueden variar desde niveles inferiores al de congelación, hasta mayores de 550°C, en el caso de secadores indirectos calentados por medio de productos de combustión.
- Su funcionamiento se caracteriza por algún método de agitación para aumentar el contacto entre el material húmedo y la superficie metálica caliente, así como para efectuar un cambio continuo de material húmedo en la superficie caliente. La naturaleza de dicho contacto determina la velocidad de secado total de los secadores indirectos. Los materiales granulares pesados dan mayor coeficiente de transferencia de calor de contacto que los materiales sólidos voluminosos. (Chan, 2013)

Partes de un deshidratador indirecto solar: Los deshidratadores solares cuentan con diferentes áreas para que el proceso de secado de los productos sea eficaz. Las áreas fundamentales son:

Área de captación: Donde recibe la radiación solar y la transforma en el calor con el cual se van a deshidratar los productos

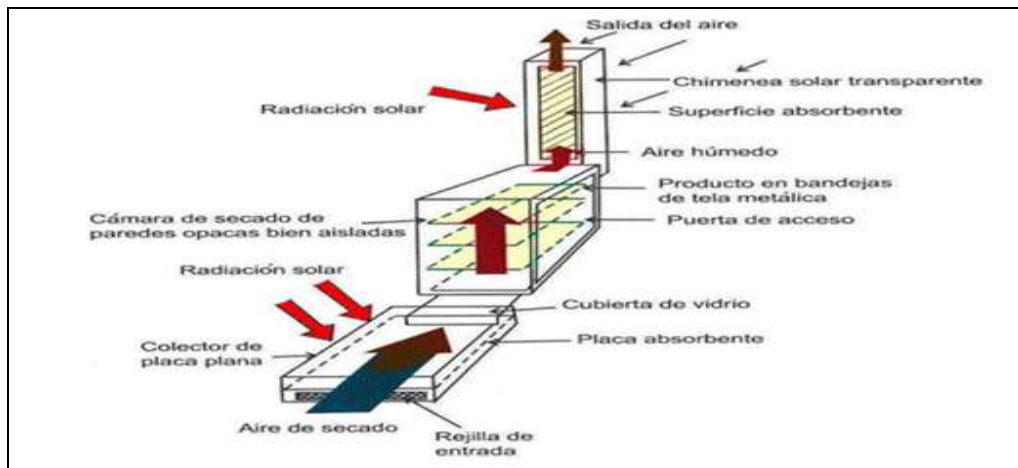
Área de desecado: Lugar donde se encuentra el producto a desecar

Área de evacuación de la humedad: Donde el aire cargado de humedad se pierde en la atmósfera

Área de entrada de aire fresco: Es el Punto por el que entra el aire en sustitución del que se ha evacuado.

En la siguiente figura se detallan las más importantes partes de un Secador Indirecto.

Figura 4. Detalles del deshidratador indirecto



Fuente: Elaboración propia

Sistema de circulación del aire y temperaturas de funcionamiento: La circulación de aire en torno al producto evacua la humedad ya extraída manteniendo un ambiente seco lo que acelera la deshidratación. Este sistema de circulación de aire puede ser de: Circulación natural por convección o Circulación forzada. (Sitiosolar)

La temperatura máxima que debe alcanzar el producto es de 43 °C, y la cámara no debe sobrepasar los 70 °C. Por lo tanto, es necesario diseñar un banco de colectores solares, que obtenga el fluido de trabajo una temperatura entre 130 a 150 °C, para tener los niveles de temperatura necesarios para el proceso, el fluido puede ser aplicado en forma natural o forzado. Dentro de las ventajas que presentan los deshidratadores indirectos se identifican:

- Los productos deshidratados se conservan por más tiempo antes de su venta.
- El proceso es sencillo, seguro y eficiente.
- Los productos deshidratados no pierden esencialmente sus propiedades organolépticas (color, sabor, textura) ni nutritivas.
- La deshidratación permite comercializar los productos a precios mayores en los mercados locales y globales.
- La energía solar es gratuita.

Se puede utilizar energías como la eléctrica, como un medio en acelerar la producción cuando la energía solar no sea suficiente, por esto se debe considerar un sistema eléctrico, para asegurar una producción continua de los alimentos a deshidratar aunque esto puede encarecer el producto.

Deshidratador Mixto

Es un deshidratador que tiene en cuenta algunas características del directo y otras del Indirecto. Puede utilizar energías adicionales como la eléctrica o las generadas por combustibles fósiles. (Deolarte, 2008) desarrolló un secador solar híbrido para deshidratar elementos agropecuarios destinados tanto a productores agrícolas como urbanos.

El equipo está fabricado con lámina y ángulo de hierro, y el exterior recubierto con pintura negro mate para favorecer el calentamiento. Generalmente se coloca directamente, aunque también tiene la capacidad para conservar el calor durante varias horas; así como de trabajar durante la noche o en días nublados en espacios cerrados.

Inicialmente el secador funcionaba sólo a base de radiación solar, pero en las primeras pruebas se observó que el proceso tardaba, de manera que para competir con los comerciales se decidió agregar una fuente alterna de energía, eléctrica, para acelerar sus tiempos de actividad, esta modificación ayudó no sólo para abreviar la deshidratación, detalló, sino para hacer funcionar la máquina en todo tipo de clima, sin importar si hay alta humedad relativa o nubosidad, si es de día o de noche.

El aparato consiste en una estructura metálica con las dimensiones de un refrigerador doméstico y dos colectores solares planos laterales. El aire caliente desciende por los colectores y llega hasta una resistencia eléctrica que aumenta la temperatura, mientras que un ventilador distribuye de manera uniforme el calor por la cámara de secado, donde se ubican las bandejas que contienen el producto, el objetivo es disminuir progresivamente los

requerimientos eléctricos para hacerlo cada vez más económico, eficiente y barato. (Deolarte, 2008). Se propone, la fabricación de un deshidratador indirecto, mixto (solar-eléctrico), con el acoplamiento de un biodigestor, que provea energía eléctrica.

Secadores: El secado se refiere a la eliminación de agua de los materiales de proceso y de otras sustancias. El término secado se usa también con referencia a la eliminación de otros líquidos orgánicos, como benceno o disolventes orgánicos, de los materiales sólidos. Los secadores son equipos utilizados para separar un líquido de un sólido mediante la evaporación, principalmente es utilizado para reducir o eliminar humedad. En estos equipos la fuente de calor es una corriente de gas caliente. El material para el secado puede estar estático, móvil, fluido o diluido.

Los secadores según el proceso de transferencia de calor, las operaciones de secado pueden clasificarse ampliamente según que sean por lotes o continuas. Estos términos pueden aplicarse específicamente desde el punto de vista de la sustancia que está secando. Los secadores según el método de transmisión de calor a los sólidos húmedos pueden ser secadores directos, secadores indirectos, secadores diversos.

Las características de manejo y las propiedades físicas del material mojado son secadores discontinuos o por lote, secadores continuos, secadores para sólidos granulares o rígidos y pastas semisólidas, secadores que pueden aceptar alimentaciones líquidas o suspensiones. El primer método de clasificación revela las diferencias en el diseño y el funcionamiento del secador, mientras que el segundo es más útil para seleccionar entre un grupo de secadores que se someten a una consideración preliminar en relación con un problema de desecación específico.

Secadores Directos.- La transferencia de calor para la desecación se logra por contacto directo entre los sólidos húmedos y los gases calientes. El líquido vaporizado se arrastra con el medio de desecación; es decir, con los gases calientes. Los secadores directos se llaman también secadores por convección.

Características.

Las características generales de operación de los secadores directos son:

- El contacto directo entre los gases calientes y los sólidos se aprovecha para calentar estos últimos y separar el vapor.
- Las temperaturas de desecación varían hasta 1000 °K, que es la temperatura limitante para casi todos los metales estructurales de uso común.
- A temperaturas de gases inferiores al punto de ebullición, el contenido de vapor del gas influye en la velocidad de desecación y el contenido final de humedad del sólido. A temperaturas superiores el efecto es mínimo, por lo tanto los vapores sobrecalentados del líquido que se está separando pueden servir para desecar.
- Para desecaciones a temperaturas bajas y cuando las humedades atmosféricas son excesivamente elevadas, quizás sea necesario deshumidificar el aire de desecación.
- La eficiencia mejora al aumentarse la temperatura del gas de entrada, para una temperatura de salida constante.
- Las cantidades de gas para abastecer todo el calor de desecación, dependen de la temperatura de entrada del gas, la temperatura de desecación y la cantidad de materia a tratar.
- Se requieren equipos grandes cuando las partículas del sólido son pequeñas.

Secadores Directos Continuos: la operación es continua sin interrupciones, en tanto se suministre la alimentación húmeda. Es evidente que cualquier secador continuo puede funcionar en forma intermitente o por lotes, si así se desea.

Tipos de secadores directos continuos:

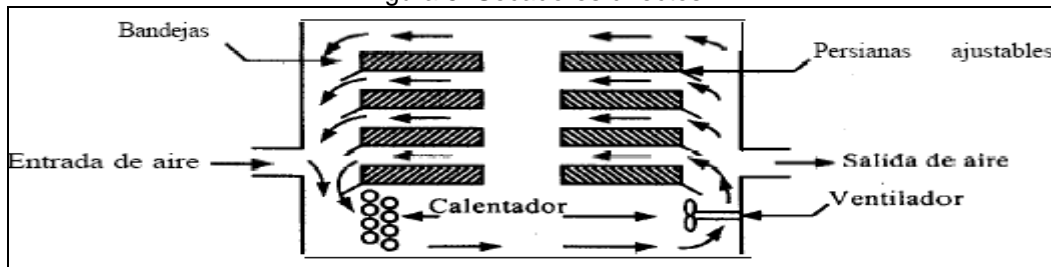
De bandejas: también se llama secador de anaqueles, de gabinete, o de compartimientos, el material, que puede ser un sólido en forma de terrones o una pasta, se esparce uniformemente sobre una bandeja de metal de 10 a 100 mm de profundidad.

Un ventilador recircula aire calentado con vapor paralelamente sobre la superficie de las bandejas. También se usa calor eléctrico, en especial cuando el calentamiento es bajo. Más o menos del 10 al 20% del aire que pasa sobre las bandejas es nuevo, y el resto es aire recirculado. Después del secado, se abre el gabinete y las bandejas se remplazan por otras con más material para secado. Una de las modificaciones de este tipo de secadores es el de las bandejas con carretillas, donde las bandejas se colocan en carretillas rodantes que se

introducen al secador. Esto significa un considerable ahorro de tiempo, puesto que las carretillas pueden cargarse y descargarse fuera del secador.

En el caso de materiales granulares, el material se puede colocar sobre bandejas cuyo fondo es un tamiz. Entonces, con este secador de circulación cruzada, el aire pasa por un lecho permeable y se obtienen tiempos de secado más cortos, debido a la mayor área superficial expuesta al aire.

Figura 5. Secadores directos



Fuente: Elaboración propia

Secadores Directos Por lotes: se diseñan para operar con un tamaño específico de lote de alimentación húmeda, para ciclos de tiempo dado. En los secadores por lote las condiciones de contenido de humedad y temperatura varían continuamente en cualquier punto del equipo.

Tipos de secadores directos por lotes.

Circulación directa: el material se coloca en bandejas con base tamiz a través de las cuales se sopla aire caliente.

Bandeja y compartimento: el material se coloca en bandejas que pueden o no montarse en carretillas removibles. El aire se sopla sobre el material contenido en las bandejas.

Lecho fluido: los sólidos se fluidifican en un carro estacionario sobre el cual va montado un filtro de polvo.

Secadores Indirectos

El calor de desecación se transfiere al sólido húmedo a través de una pared de retención. El líquido vaporizado se separa independientemente del medio de calentamiento. La velocidad de desecación depende del contacto que se establezca entre el material mojado y las superficies calientes. Los secadores indirectos se llaman también secadores por conducción o de contacto., pueden ser continuos o por lotes.

Características de los Secadores Indirectos.

- El calor se transfiere al material húmedo por conducción a través de una pared de retención, casi siempre de índole metálica.
- Las temperaturas de superficie pueden variar desde niveles inferiores al de congelación hasta mayores que 800 °K, en el caso de secadores indirectos calentados por productos de combustión.
- Los secadores indirectos son apropiados para desecar a presiones reducidas y en atmósferas inertes, para poder recuperar los disolventes y evitar la formación de mezclas explosivas o la oxidación de materiales que se descomponen con facilidad.
- Los secadores indirectos que utilizan fluidos de condensación como medio de calentamiento son en general económicos, desde el punto de vista de consumo de calor.
- La recuperación de polvos y material finamente pulverizados se maneja de un modo más satisfactorio en los secadores indirectos que en los directos.

Conclusiones

- Una de las técnicas de preservación de alimentos es la extracción de agua, actualmente los productos secos se obtienen mediante el uso de equipos deshidratadores solares y artificiales, aumentando la eficiencia de la deshidratación y a través de pre tratamientos químicos para conservar el color, aroma y sabor de los productos.
- Los productos tratados en deshidratación tienen niveles de humedad muy bajos en los cuales los microorganismos no pueden desarrollarse ni producen reacciones químicas deteriorantes, como beneficio para la salud.

- El diseño del deshidratador mixto indirecto de frutas ayuda a empresarios, potenciales 'compradores'/'utilizadores' a mejorar en los usos de la producción y como consecuencia obtención de mayor ingresos.

BIBLIOGRAFÍA

- Basunia, M. A. (2001). Thin-layer solar drying characteristics of rough rice. *Journal of Food Engineering*, 295-301.
- Calderon, V. (2010). *Deshidratación de alimentos*. La Libertad, El Salvador: Homefood preservation.
- Chan, G. (2013). Construcción de un secador solar de tipo indirecto para la deshidratación de productos agrícolas. *Universidad de Quintana Roo*.
- Corvalan, R. H. (1995). *Ingeniería del secado solar*. CYTED-D.
- Deolatre, G. G. (2008). *Secador Solar Híbrido*. Cuautitlan, Mexico. : Facultad de Estudios Superiores, UNAM.
- De la vega, F. Paucar, M. (2017), "Diseño y construcción de un deshidratador de plátano mediante el aprovechamiento de energía solar pasiva para los laboratorios de la facultad de ingeniería civil y mecánica", Ecuador.
- Duarte, N. G. (2012). Diseño y construcción de un biodigestor para generación de gas metano y aprovechamiento en la generación de electricidad. *San Francisco*.
- Edward, M. (2002), *El Libro De La Energía Solar Pasiva*, Editorial Gustavo Gili.
- Energía solar térmica en la comunidad de Madrid – Dirección General de Industrias, energía y minas – 2003.
- Energía solar térmica en la comunidad de Madrid – Dirección General de Industrias, energía y minas – 2003.
- FAO, 2012. Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. [Citado el: 21/03/2018]. Disponible en Web: <http://www.fao.org/3/a-i2697s.pdf>
- Guerrero, M.; Añón, M.; Fernández, M.; Castro, E. (2005). Estrategia de divulgación para la transferencia de resultados y capacidades científicas al entorno socioeconómico. *Transferencia y difusión de la Ciencia y Tecnología*. Recuperado el 10 de noviembre de 2016, desde <http://digital.csic.es/bitstream/10261/3121/1/estategia.pdf>
- https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiW-4burafVAhUIyyYKH4PA08QFggIMAA&url=https%3A%2F%2Femiiunefmzp.files.wordpress.com%2F2010%2F10%2Fsecadores-mio32.doc&usq=AFQjCNGUj9nPwGbVp-SRI1kT8_TA2pIWJw
- Gutiérrez C., et. Al (2016). Secadero solar indirecto de circulación natural, para hierbas aromáticas, frutas, y verduras en la ciudad de pico truncado. [Citado el: 29/06/2016]. Disponible en Web: <http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2012/2012-t002-a001.pdf>
- Karim, M., & Hawlader, M. (2005). *Drying characteristic of banana: theoretical, modeling and experimental validation*. (Vol. 70). Journal of Food Engineering.
- MAGAP, 2016. La política Agropecuaria Ecuatoriana. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015 – 2015. [Citado el: 21/03/2018]. Disponible en Web: <http://servicios.agricultura.gob.ec/politicas/La%20Pol%C3%ADtica%20Agropecuaria%20%20al%202025%20II%20parte.pdf>
- Martínez, R. (2010), *Energía Solar Térmica - Técnicas para su aprovechamiento*, Marcombo, Barcelona.
- Méndez, J. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica*, 2da Edición, Fundación Confemetal
- Nandwani, S. (2013). *Secadores Solares En Costa Rica*. Costa Rica: Asociación Costarricense de Energía Solar (ACES).
- Righini, R. Grossi, G. (2005), Análisis de la correlación entre la radicación fotosintéticamente activa y la radiación solar global en san miguel, provincia de Buenos Aires.
- SAECSA. Deshidratador Solar Básico. [Citado el: 29/06/2016]. Disponible en Web: <http://saecsatermo.com/deshidratador-solar-alimento> Recuperado 29/06/2016
- Sitiosolar. Los deshidratadores solares. [Citado el: 29/06/2016]. Disponible en Web: <http://www.sitiosolar.com/los-deshidratadores-solares/>
- Tapia, C. (2013). *Automatización de un prototipo deshidratador de laboratorio para frutas y hortalizas*. Universidad Autonoma de Queretaro, Queretaro.

- Yatsui, M., et.al. (2012). Evaluation of the impact of the different charging algorithms on the lead-acid batteries lifetime. IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), 1-4.