

**Recepción:** 18 de noviembre de 2014

**Aceptación:** 27 de noviembre de 2014

**Publicación:** 02 de diciembre de 2014

# SECADO DE ALIMENTOS MEDIANTE ENERGÍA SOLAR

---

## FOOD DRYING BY SOLAR ENERGY

Juan Ángel Saiz Jiménez<sup>1</sup>

Laura Cornejo Royo<sup>2</sup>

1. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universitat Politècnica de València. E-mail: [jasaiz@die.upv.es](mailto:jasaiz@die.upv.es)
2. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universitat Politècnica de València. E-mail: [laucorr1@alumni.upv.es](mailto:laucorr1@alumni.upv.es)

## RESUMEN

El secado de alimentos es una técnica que se usa para preservarlos. Esta práctica viene utilizándose desde la antigüedad y tiene como fin extraer el agua del alimento para conservarlo, de forma que se evite el crecimiento de bacterias y su proliferación en él. La deshidratación de alimentos se puede realizar mediante el uso de la energía solar. En base a esta idea surge el proyecto del deshidratador de alimentos realizado por el Grupo Solar de la Universidad Politécnica de Valencia.

## ABSTRACT

Food drying it is a technical used to preserved food. The purpose of this practice, which has been used since ancient times, it is to extract the water inside the food, avoiding bacteria growth and their proliferation. Food dehydration can be realized using solar energy. These ideas provide a basis for the project about the food drier done by Grupo Solar of Universidad Politécnica de Valencia.

## PALABRAS CLAVE

Secado, energía solar, alimentos, deshidratación.

## KEY WORDS

Drying, solar energy, food, dehydration.

## INTRODUCCIÓN

Secar alimentos mediante energía solar es una técnica que ya utilizaban nuestros ancestros desde hace miles de años. Actualmente y en nuestro día a día encontramos muchos productos que han sido deshidratados para su conservación y utilización, ya sean alimentos como las especias o madera para un uso industrial. En la Universidad Politécnica de Valencia y dentro del Grupo de Investigación en Energía Solar de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Diseño, hemos desarrollado un equipo para deshidratar alimentos, que utiliza como fuente la energía del sol.

Es habitual que pensemos en la energía solar para producir electricidad o para calentar agua, usos en los que habitualmente se aplica de forma eficaz desde hace años, pero no solemos asociarlo a la conservación de alimentos. El proyecto del deshidratador surge a partir de un primer contacto con el Grupo de Investigación en Tecnología de Alimentos de la Universidad Politécnica de Valencia. El objetivo que perseguían era deshidratar los alimentos a un coste barato. Una vez deshidratados el objetivo era transformarlos en harina mediante la que mejorar las papillas con las que se alimenta a los niños, inicialmente con destino a zonas rurales de África, y en particular para Burkina Faso.

Hay que señalar además que en muchos países la electricidad no es un bien accesible para la mayor parte de sus habitantes. Esto lleva a que los alimentos permanecen en buen estado de conservación durante cortos periodos de tiempo por lo que la deshidratación se plantea como una alternativa importante. En estas zonas habitualmente deshidratan por exposición directa al sol, dejando que el contenido en agua se evapore al incidir la radiación solar sobre el alimento. Este método es lento y perjudica a las propiedades alimenticias del producto.

Para evitar los inconvenientes y mejorar las condiciones, hemos desarrollado un proceso más eficaz, con un equipo sencillo construido con madera y plástico, materiales de bajo coste, que se pueden encontrar prácticamente en cualquier lugar del mundo y pueden proporcionarnos un equipo de gran utilidad, especialmente en países en vías de desarrollo.

## EQUIPO

El deshidratador de alimentos que hemos desarrollado es un equipo formado por dos partes: Un colector solar que se dispone horizontalmente, buscando un ángulo de inclinación óptimo respecto al sol, de manera que la radiación incida de la manera más perpendicular posible, y un elemento vertical en el que se depositan los alimentos en bandejas, para que el aire caliente pase por ellos y realice el proceso de deshidratado. Lo podemos observar en la Figura 1.

Ambos elementos son independientes y desmontables, para facilitar el almacenamiento del equipo y su transporte. Se unen mediante unos pasadores que permiten dar consistencia al conjunto, una vez está montado. Ambos elementos están formados a partir de listones de madera, plástico PVC flexible transparente y plástico polietileno flexible negro. Por su parte las bandejas están formadas por listones de madera y rejilla de plástico rígido, para que los alimentos puedan depositarse sobre dicha rejilla sin que se caigan.



**Figura 1:** Deshidratador de alimentos. **Fuente:** Elaboración propia

El colector solar es la parte del dispositivo en la que se eleva la temperatura del aire que secará el alimento. Está compuesto por un armazón de madera en forma de prisma rectangular, cubierto con plástico transparente por la parte superior y plástico negro en la parte inferior y laterales. La parte frontal deja pasar el aire a través de una rejilla de plástico. La parte posterior está abierta y deja que el aire caliente ascienda hasta el segundo elemento del equipo, donde se colocan las bandejas con los alimentos a deshidratar.

El colector se debe colocar de forma horizontal y nos permite situarlo con un ángulo de inclinación regulable, de forma que se optimice la captación de energía a través de la radiación solar. Esta radiación debe incidir con la mayor perpendicularidad posible sobre el

mismo, de manera que penetre directamente en el colector y que la radiación que se devuelve reflejada sea la menor cantidad posible.

La segunda parte del deshidratador es también un prisma rectangular que se coloca de forma vertical, tal como se ve en la Figura 2. Está compuesto de un armazón de madera cuya parte frontal está cubierta por un plástico negro, de forma que los rayos del sol no incidan directamente sobre los alimentos que están siendo deshidratados. El resto del prisma se cierra con plástico transparente para poder tener acceso visual directo a lo que está sucediendo en el equipo durante el proceso de secado.

Las bandejas donde se colocan los alimentos se sitúan en el prisma vertical. En este primer equipo diseñado se han dispuesto cuatro bandejas. Están formadas por una rejilla rígida que soporta los alimentos y deja pasar el aire caliente procedente del colector. Este aire caliente por su menor peso tiende a ascender, de forma que va extrayendo la humedad de los alimentos a su paso. El aire sale del equipo por la parte superior del equipo, en la que se deja una pequeña área sin cubrir evitando que el aire húmedo condense.



**Figura 2:** Bandejas con alimentos. **Fuente:** Elaboración propia.

## PREPARACIÓN DE ALIMENTOS

Mediante la realización de los ensayos que hemos realizado, hemos podido comprobar que en el proceso de secado un factor muy importante es la preparación de alimentos. Se disponen en las bandejas tal como se puede ver en la Figura 2, de la parte posterior del equipo, y en las Figuras 3, 4 y 5 en las que se pueden ver directamente alimentos como tomate, pepino, kiwi, ciruela o plátano, ya en las bandejas

Están cortados a mano en láminas finas, con un grosor que se sitúa entre los 2 y 3 mm, de forma que el aire pueda deshidratarlas con una cierta rapidez, sin dar posibilidad a una degradación del alimento, deterioro que hemos podido observar en algunos casos, cuando



la climatología ha sido adversa y se han necesitado varios días para completar el proceso de secado.

No es necesario que todas las láminas sean perfectamente regulares, pero es conveniente que mantengan una uniformidad, para que todas tarden aproximadamente el mismo tiempo en secarse. A la hora de colocarlas sobre las bandejas se debe dejar espacio entre unas y otras, para que pueda pasar el aire con facilidad entre ellas.



**Figura 3:** Disposición de tomate en la bandeja. **Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 4:** Disposición de pepino y kiwi en la bandeja. **Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 5:** Disposición de ciruela y plátano en la bandeja. **Fuente:** Elaboración propia.

## MEDIDAS REALIZADAS

A lo largo de dos años se han realizado numerosas medidas, tanto con el equipo cargado de alimentos, como descargado, para comprobar cuales son los parámetros de trabajo en los que se desarrolla el proceso.

Cuando el equipo no contiene alimentos que deshidratar, tal como se ve en la figura 6, hemos podido medir velocidades del aire de hasta 0,35 m/s en la zona de secado. En cuanto a las temperaturas, dependen de la hora del día, de la temperatura ambiente y de la época del año. Así hemos registrado que para una temperatura ambiente de 9 grados, el equipo consigue elevar la temperatura hasta 23 grados en el interior, mientras que para temperaturas exteriores de 20 grados la temperatura llega a alcanzar los 46 grados. Con temperaturas ambiente de 33 grados hemos conseguido valores superiores a 60 grados en el interior del colector y 50 en la zona de las bandejas, valor que se sitúa en el límite de lo necesario, puesto que por encima de los 50 grados tenemos el riesgo de que el proceso de secado pase a convertirse en cocción del alimento.

También hemos comprobado como las variaciones de las condiciones externas afectan de forma importante al funcionamiento del equipo. Las ráfagas de viento intensas hacen que baje de forma importante la temperatura interior del aire, hasta cinco grados en unos instantes, a pesar de la inercia térmica que posee el equipo. Este es precisamente uno de los campos de trabajo en los que estamos incidiendo en la actualidad, para conseguir aislar mejor el deshidratador respecto a dichas condiciones externas.



**Figura 6:** Mediciones sin carga. **Fuente:** Elaboración propia.



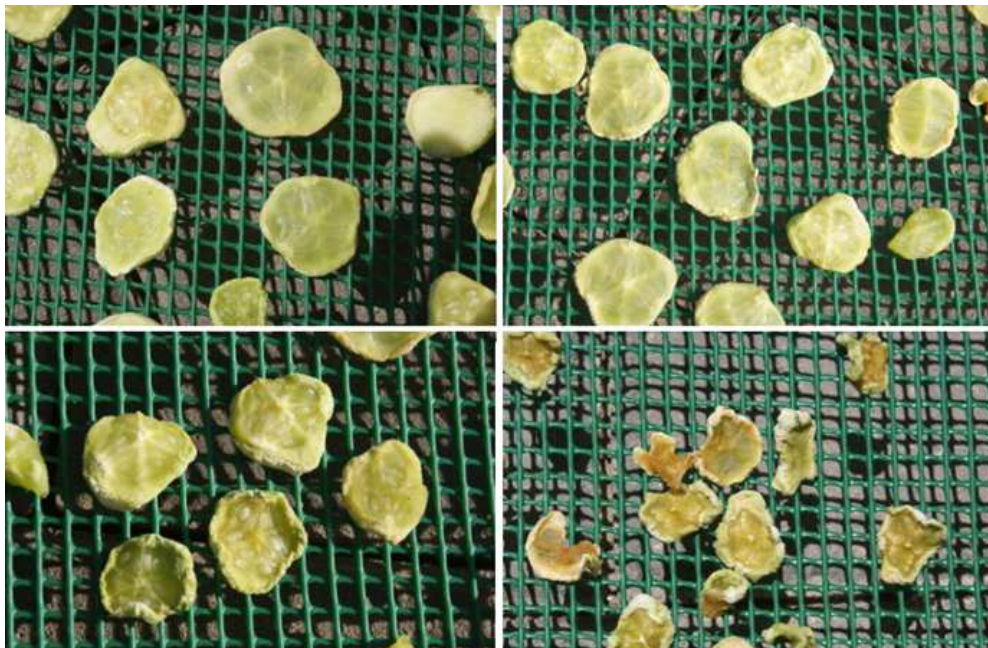
Con el equipo cargado de alimentos las condiciones de funcionamiento cambian. La velocidad de circulación del aire disminuye situándose entre 0,15 – 0,19 m/s. La temperatura interior también baja en la zona en la que tenemos las bandejas donde se depositan los alimentos. Es variable en función de la temperatura del colector, pero puede llegar a estar hasta más de 10 grados por debajo de la temperatura alcanzada en éste.

Finalmente hay que indicar que el equipo debe ir moviéndose durante el día, puesto que el cambio de posición del sol en su evolución diaria hace que debamos buscar la orientación óptima para cada momento del día. Se gira el equipo buscando la perpendicularidad con el sol, aunque no es estrictamente necesario y se puede dejar fijo orientado a mediodía y al sur, pero si se va ajustando se consigue acelerar el proceso de secado.

### **CURVA DE SECADO**

Inicialmente comenzamos secando directamente los alimentos, tomando su peso al comienzo del proceso y al final de un día de secado, y comprobando después su estabilidad con el paso del tiempo. En general pudimos comprobar que en días soleados bastaba con un solo día para completar el proceso y que los alimentos permaneciesen estables a partir de ese momento. Lo hemos podido corroborar en alimentos como los citados y también en mango, piña, cebolla, pimiento, pera, etc.

Con posterioridad y para poder comprobar cómo se produce el proceso de secado, comenzamos a tomar datos de la pérdida de peso que se va produciendo en los mismos a medida que pasa el tiempo. Se observa que en la fase inicial la pérdida de peso es rápida, mientras que a medida que avanza el tiempo la pérdida de peso es menor, algo esperable puesto que el alimento cada vez contiene menos agua.



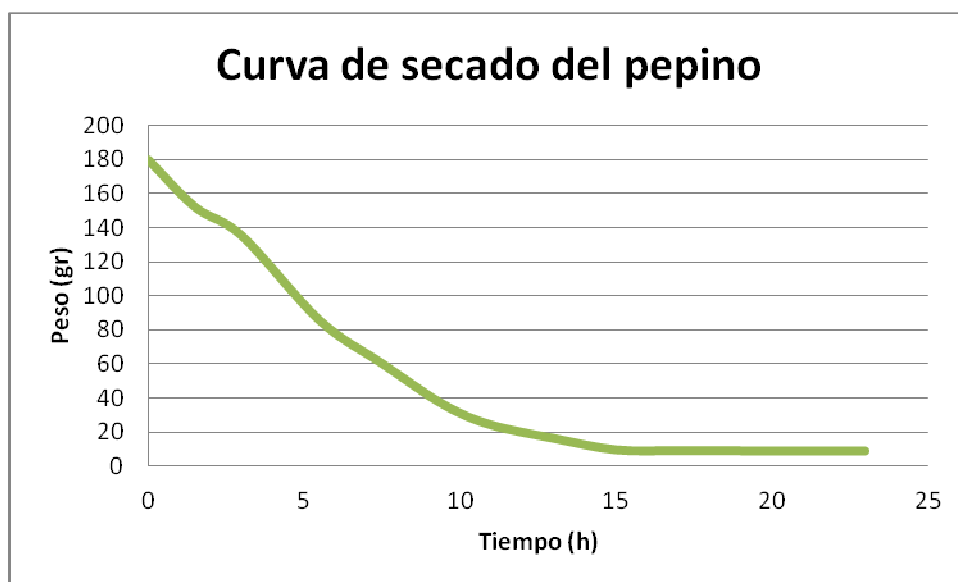
**Figura 7:** Evolución del aspecto del pepino. **Fuente:** Elaboración propia.



De entre todos los alimentos cuyo proceso de secado se ha estudiado hemos seleccionado el pepino para observar un ejemplo representativo. Las láminas de pepino van cambiando su tamaño y su aspecto, como se puede observar en la Figura 7. Durante el proceso de secado la lámina de pepino se va haciendo más pequeña y va tomando un color más oscuro y una textura más áspera y diferente a la inicial.

El aspecto final tiene un tono más amarillo y se convierte en una lámina finísima, en la que se ha perdido la mayor parte del peso, quedando reducido a menos del 8 % del inicial. Por citar dos de los ensayos realizados, con un peso inicial de 330 gramos, el peso final, tras doce horas de secado, quedo reducido a 19 gramos. En la Grafica 1 vemos los resultados de otro de los experimentos con pepino, en el que el peso inicial de 180 gramos quedo reducido tan solo a 9,5.

La propia curva de secado nos indica cuando está completado el proceso, puesto que llega un momento en el que por más horas que mantengamos el alimento en el equipo, su peso no disminuye más, tal como vemos en la propia Gráfica 1.



Gráfica 1: Curva de secado del pepino. Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Durante los dos últimos años hemos obtenido curvas de secado y hemos documentado fotográficamente un elevado número de procesos, con todo tipo de alimentos, en diferentes condiciones externas y épocas del año. También hemos seguido la evolución del producto seco durante meses, para comprobar su estabilidad. Actualmente tenemos alimentos secados hace 14 meses que siguen estando en buen estado de conservación y aptos para su consumo sin necesidad de otras medidas de conservación adicionales. Además el alimento pierde mucho peso y reduce su tamaño por lo que resulta más fácil el almacenamiento y transporte del mismo.

Hemos implantado los primeros equipos en Burkina Faso, en una asociación de ayuda y desarrollo de la mujer, con la ayuda de un becario que permaneció durante tres meses en la zona. Allí están utilizando los deshidratadores, tanto para consumo propio como para la comercialización a pequeña escala del alimento seco, iniciando un proceso de negocio que puede proporcionarles interesantes beneficios a corto plazo.

Además se ha comprobado in situ cuales son los problemas que aparecen en el uso del deshidratador en estas zonas y las carencias del equipo que no hemos percibido en su uso en España. Esto nos ha permitido que podamos mejorarlo, a veces en cuestiones sencillas como dotarlo de unas puertas posteriores que permitan mejor la manipulación de las bandejas y de los productos.

A principios de 2015 se enviará un segundo becario que continúe con la labor realizada, mientras en Valencia seguimos mejorando el equipo y desarrollando un segundo trabajo en la línea de crear un horno solar que permita hervir agua con la que rehidratar los alimentos, aunque estos se pueden consumir, y así lo hemos venido haciendo en los últimos dos años, directamente deshidratados, puesto que poseen un sabor intenso y agradable al paladar.

## REFERENCIAS

- Fundación Celestina Pérez de Almada. Guía de uso de secaderos solares. Unesco Paraguay, 2005.
- Atul Sharma, C.R; Chen, Nguyen Vu Lan, “Solar-energy drying systems”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, número 13, 2009, página 1185.
- B.A. Ezekoye, O.M. Enebe, M.Sc., “Development and Performance Evaluation of Modified Integrated Passive Solar Grain Dryer”, *The Pacific Journal of Science and Technology*, Volumen 7, número 2, noviembre 2006, página 185.
- P. N. R. J. Amunugoda; et. al, “Quality Enhancement of Dehydrated Products through the Modification of Solar Tunnel Dryer for Continuous Operation in Rural Communities, Performance Evaluation of Solar Crop Dryer Integrated with Solar Air Heater”, *The Intenational Conference & Utility Exhibition*, ICUE 2011.
- Varun, “Performance Evaluation of Solar Crop Dryer Integrated with Solar Air Heater”, *The Intenational Conference & Utility Exhibition*, ICUE 2011.