

Deshidratador Convectivo para Alimentos Vegetales usando Células Termoeléctricas como Generador de Calor

Raquel del Valle Brito¹, Cecilia Navarro², Marcelo Cortes², Sergio Daniel Lera²

1. Centro de Investigación e Innovación Tecnológica Universidad Nacional de La Rioja.

2. Universidad Nacional de La Rioja

Contacto: rbrito@unlar.edu.ar



RESUMEN

El desarrollo y la innovación tecnológica se encuentran a la vanguardia a la hora de resolver problemas energéticos fruto de la necesidad de buscar soluciones que disminuyan el impacto que aparece su consumo. Actualmente el mercado está ofreciendo pequeños módulos domésticos o electrodomésticos con un alto consumo energético para su funcionamiento, habida cuenta que estos aparatos deben trabajar durante varias horas antes de obtener un alimento correctamente deshidratado. Es por ello, que surge la necesidad de valorar el desarrollo y diseño de un deshidratador prototipo de tipo convectivo para frutas y vegetales como módulo electrodoméstico, a través de células termoeléctricas como generador de calor, para poder proveer calor mediante un dispositivo calefactor no resistivo y de bajo consumo.

ABSTRACT

There is a need to look for solutions in order to diminish the impact of energy consumption. Technological development and innovation are key when dealing with such energy issues. Nowadays, the market offers small household appliances that consume a considerable amount of energy, given that they must work for several hours before yielding correctly dehydrated food. This is why there emerges the need to design and develop a prototypical convective dehydrator for fruit and vegetables as a household appliance. This dehydrator works with thermoelectric cells which generate heat, thus being a non-resistive, energy-efficient heater.

Palabras clave: Peltier, Prototipo, deshidratador, alimentos, energético.

Keywords: Peltier, prototipo, dehydrator, food, energetic.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y la innovación tecnológica se encuentran a la vanguardia a la hora de resolver problemas energéticos fruto de la necesidad de buscar soluciones que disminuyan el impacto que aparea su consumo. En este caso particular se analizan los deshidratadores de alimentos domésticos los cuales pueden encontrarse de muy diferentes materiales y mecanismos destinados a distribuir el calor a través de las bandejas y eliminar el contenido de agua de los alimentos tratados, como así también, aquellos fabricantes que ofrecen dispositivos con control de temperatura y tiempo de deshidratación entre otras características.

En este sentido, actualmente el mercado ofrece pequeños módulos domésticos o electrodomésticos a muy altos costos, pero más importante, con un alto consumo energético para su funcionamiento, habida cuenta que estos aparatos deben trabajar durante varias horas antes de obtener un producto deshidratado. Es por ello, que surge la necesidad de valorar el desarrollo de un equipo que aproveche el uso y aplicación de nuevas ideas y tecnologías que permitan superar los clásicos deshidratadores, en este caso, a través del empleo de celdas termoeléctricas (peltier).

Se puede decir que este proyecto debe enfocarse sobre dos componentes relevantes y que serán tratados a continuación. En el primero de ellos se establece a partir de entender la importancia de la deshidratación de alimentos, las características más significativas, los métodos y los equipos que se usan a pequeña escala. Como segundo término, poder reconocer el principio de funcionamiento de las celdas peltier y de cómo se adaptaría en el nuevo diseño planteado.

Para comenzar se puede mencionar que alimentos como las frutas y hortalizas en general, son una fuente esencial de vitaminas y minerales necesarios para el ser humano. Además, cabe aclarar que el cultivo de vegetales es cada día más importante, ya que representa un sector destacado en la economía de muchos países y que su consumo está en pleno aumento, lo que hace necesaria la aplicación de procesos de conservación para lograr incrementar la vida útil del alimento en almacenamiento.

Del mismo modo, cabe mencionar que la economía familiar puede verse beneficiada al administrar los recursos en su hogar al tener la capacidad de almacenar eficientemente los alimentos de estación. Recordando además, que “en ciertas épocas del año este tipo de alimentos disminuye, por lo que es conveniente darles un tratamiento que permita consumirlos en épocas de escasez” [1].

Merece la pena subrayar que la deshidratación o el desecado es una de las técnicas más usadas

para conservación de alimentos. La historia ha mostrado la destreza del ser humano que desde el principio aprovechó los beneficios de secar al sol alimentos como frutas, granos, vegetales, carnes y pescados, mediante prueba y error, para tener alimentos en épocas de escasez. La importancia comercial de esta técnica, que convierte alimentos frescos en deshidratados, añadiendo valor agregado a la materia prima utilizada, del mismo modo que favorece al pequeño productor agropecuario bajando los costos de transporte, distribución y almacenaje por la reducción de peso y volumen del producto que produce [2].

Los mismos autores también mencionan que los alimentos deshidratados mantienen gran proporción de su valor nutritivo original si el proceso se realiza en forma adecuada. Entre otras ventajas o beneficios que pueden describirse de este tipo de conservación, es la facilidad para llevarla a cabo inclusive por la población de más bajos recursos y en otros casos requiriendo hasta inversiones razonables a escala familiar, especialmente si no se tiene la posibilidad de acceder a otro método de conservación como por ejemplo un frízer. No obstante, del mismo modo se establece que para avanzar sobre este tipo de tratamiento también será preciso no desconocer aquellos parámetros fundamentales como por ejemplo, los niveles de humedad adecuados a los efectos de asegurar la calidad en cuanto al contenido residual de nutrientes, textura, aroma, entre otras características que se irán desarrollando en los lineamientos teóricos.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo general de este trabajo fue desarrollar el diseño de un deshidratador prototipo de tipo convectivo para frutas y vegetales como módulo electrodoméstico, a través de células termoeléctricas como generador de calor. Para ello, fue necesario proveer calor mediante un dispositivo calefactor no resistivo de bajo consumo. Proponer un equipo de bajo o nulo riesgo de shock eléctrico para el ser humano garantizando seguridad para su uso o manipulación. Desarrollar un equipo portátil que pueda ser empleado fuera de la red eléctrica alterna mediante una batería de continua (de auto o las usadas en paneles solares). Proyectar un equipo prototipo que tenga funcionalidad, es decir, fácil mantenimiento, montaje y desmontaje y reposición rápida de sus partes y piezas.

DESARROLLO

Lineamientos teóricos

Para diferenciar conceptualmente, se puede decir que el secado consiste en eliminar de forma

natural, un porcentaje del agua contenida en el interior de la fruta, incrementando el periodo de vida útil del producto; por ejemplo el uso directo o indirecto de la radiación solar, siendo este, un método barato y accesible. En cambio los deshidratadores son aparatos sencillos que facilitan el secado de los alimentos como frutas, verduras, carnes, setas, hierbas y especias, estos pueden llevarse a cabo por diferentes métodos, mecanismos y procesos fisicoquímicos, por ejemplo, el prensado, centrifugación, osmosis, liofilización, absorción, adsorción, etc., pero de todas estas técnicas, la más utilizada en la deshidratación de productos agroalimentarios es la evaporación superficial, es decir, secado por aire caliente, secado de vacío, secado solar y secado por microondas. En otros casos estas técnicas suelen también combinarse para facilitar o mejorar el proceso.

Cuando se habla de evaporación superficial, se refiere a aquel producto que se somete a la acción de una corriente de aire caliente que provoca que el líquido que contiene se evapore aumentando su contenido en el aire, es llamado también deshidratación por aire caliente [3]. También, es importante saber de qué manera se va transmitir el calor, ya sea por convección, conducción o radiación. Esto influirá en la cinética del proceso y los costos; en cuanto al último, estará relacionado con las fuentes de energía usadas para el funcionamiento del equipo. En este caso particular se ha elegido trabajar sobre el diseño de un secado convectivo, donde el calor se transfiere al sólido mediante una corriente de aire caliente que además de transmitir el calor necesario para la evaporación del agua, esta corriente actúa como agente transportador del vapor de agua que se elimina del sólido (alimento).

No obstante, existen diferentes métodos, mecanismos y un mayor número de modificaciones y adaptaciones de los mismos. El método escogido depende del tipo de alimento que se va a deshidratar, el nivel de calidad que se puede alcanzar y, como ya se señaló, el costo que se pueda justificar. En este mismo sentido si bien existen distintos métodos de deshidratación [4], el sistema basado en aire caliente sigue siendo el método más usado en la industria alimentaria [5].

Factores que intervienen en el proceso

Se han realizado muchos estudios donde interviene el uso de aire caliente en un alimento a deshidratar y se ha logrado predecir la humedad de equilibrio que éste alcanzará en función de las condiciones del aire de secado, como así también, se han desarrollado isotermas de desorción de distintos productos [6], que pueden ser descritas por varios modelos matemáticos. Si se entiende la

complejidad que puede proponer un estudio de estas características; es decir, abordar el mismo a través de una modelación matemática en cuyo diseño de proceso debe considerarse el efecto de los fenómenos de transferencia de calor y materia, sobre la estructura del tejido alimentario según especie y variedad a procesar o someter a deshidratación; es que no se profundizará en el análisis del mismo en ese sentido, sino solo en el componente teórico sobre sus resultados, ya que en tal caso, no respondería a los alcances planteados en este trabajo[2].

Sin embargo, conviene especificar que existen parámetros que establecen los rangos máximos y mínimos de trabajo adecuados para una buena y correcta deshidratación, la cual se irá ajustando, clasificando y estudiando sobre los ensayos específicos que se realicen con el equipo prototipo producto de este proyecto. En ese mismo orden, cabe señalar que por las características descritas, todavía el diseño de equipos destinados al proceso de estudio es semiempírico, es decir, basado en la experiencia y ensayos que deben realizarse en el equipo piloto [4]. Esto llevará a desarrollar los esquemas experimentales donde se analicen las variables de temperatura, potencia y tiempo adecuado para cada alimento tratado, a los efectos de ajustar los tratamientos más apropiados y elegir el modelo más significativo y con mejor ajuste, en función de la respuesta obtenida de la experiencia [7].

Entre los factores con rangos de trabajos establecidos que intervienen y que conviene recordar es la temperatura de proceso, ya que el secado de vegetales con altas temperaturas afecta a las propiedades organolépticas del producto y su valor nutricional [8]. Durante esta operación se afecta la textura, color, densidad, porosidad y características de adsorción de materiales [9], además se pueden presentar los fenómenos de endurecimiento y encogimiento [10], por lo que la temperatura de secado es una variable a tener en cuenta en el diseño de equipos, pues aunque temperaturas elevadas pudieran acelerar el proceso, la pérdida de calidad del producto no compensaría la reducción de tiempo.

Se ha estudiado el efecto de algunas variables tecnológicas, tales como, temperatura de aire, 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 [6]. Esto lleva asegurar en primera instancia que la temperatura para el secado nunca debe exceder los 60°C, ya que con temperaturas más altas comienzan los procesos de cocción debido al deterioro evidenciado en

la oxidación de los tejidos, con consecuencias en el cambio de color [2], [4]. Es preciso tener presente que además de que a temperaturas mayores se cocina la fruta en su exterior, mantiene el agua en el interior [11] favoreciendo el desarrollo microbiano, es por ello, que se recomiendan para hierbas temperaturas no mayores que 35°C, algunos vegetales 42°C y frutas 50°C como máximo.

Para secar un alimento se utiliza una corriente de aire a temperatura, humedad y dirección de flujo constante que cruza a través de la misma. A partir de ello, el peso de la muestra comienza a reducir continuamente en función del tiempo. Generalmente se subdivide el alimento a deshidratar en piezas pequeñas o capas delgadas a fin de acelerar la velocidad de secado o se trata de exponer una mayor superficie de contacto, lo que se facilitará la transferencia de masa y calor [12].

Existen varios tipos y tamaños de secadores disponibles para satisfacer las necesidades de los productores. Las ventajas son que la velocidad de secado puede ser cuidadosamente controlada independientemente de las condiciones climáticas externas para lograr un producto seco de alta calidad. No obstante, la velocidad de deshidratación depende de factores determinantes en la cinética de secado como la fisicoquímica y la forma del producto [5], así como de la temperatura, velocidad y humedad del aire de secado y por supuesto el tiempo destinado al proceso [13].

Es aceptado que, para que un producto deshidratado sea estable, las reacciones de degradación deben ocurrir a muy baja velocidad a fin de que el desarrollo de microorganismos se vea impedido en función de su actividad de agua [aw]1 a través del deshidratado, para lo cual la $aw \leq 0,6$. [3].

Celdas Peltier

Esta célula o celda como ya se mencionó, mueve energía calorífica desde la placa fría a la placa caliente a través del control de la energía eléctrica proporcionada por una fuente de alimentación. Por lo general, una celda Peltier está conformada por dos materiales semiconductores, uno tipo P y otro tipo N, como lo muestra la figura 1, que por lo general están compuestas por dos tipos de elementos semiconductores: telurio de bismuto y seleniuro de antimonio [14].

Las placas cerámicas que están dispuestas en ambas caras llevan pistas de cobre que permiten unir los semiconductores eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo. El desarrollo de las celdas Peltier ha permitido fabricar dispositivos capa-

ces de disipar más de 100 W de calor y obtener una diferencia de temperatura entre sus caras de hasta 70 °C [15].



Figura 1: Componentes Principales de la Célula Peltier.2

Se caracterizaron las Peltier estudiando el comportamiento de la corriente a través de la celda y la diferencia de temperatura (ΔT) para distintos niveles de voltaje de polarización. Los resultados obtenidos establecieron un cauteloso análisis en la velocidad de respuesta, encontrando un factor favorable de estos dispositivos al compararlo con los sistemas térmicos tradicionales como resistencias, calefactores o focos incandescentes entre otros [16]. En la actualidad, diversos aparatos se destacan por presentar este tipo de sistemas especialmente en refrigeración, basados en el efecto Peltier. No obstante, es preciso aclarar que la celda Peltier es un elemento poco explotado por las empresas que fabrican tecnología electrónica debido a la dificultad de obtener un comportamiento estructurado o, posiblemente, de detallar un patrón de funcionamiento lineal o predecible de este [15], haciendo referencia a la cara fría de la celda. No obstante, el sistema planteado funciona con mayor estabilidad en la producción de calor y que puede ser usado en este prototipo, ya que sería empleada la propiedad de la cara caliente de la celda termoeléctrica sin influir la inestabilidad de la cara opuesta.

Distintos sistemas a pequeña escala

Dentro de los sistemas más utilizados se encuentran como primer término el *Secado Solar*: Estos pueden llegar hasta 14 días para frutas con alto contenido de agua aunque, como ya se ha mencionado, también depende de factores como grosor de la fruta, humedad relativa y temperatura ambiente [17]. Como segundo término la Deshidratación *In-*

1. Es la humedad en equilibrio de un producto, determinada por la presión parcial del vapor de agua en su superficie

2. Figura tomada y adaptada. <https://acortar.link/g4tjEx>

frarroja que se distingue de otros, porque no necesita un medio para la transmisión de la energía desde la fuente emisora al producto a secar; ya que es el propio producto el que absorbe la radiación IR reduciendo el tiempo de secado, aumenta la eficiencia energética, la temperatura es homogénea en el producto mientras se seca [18].

Por último se menciona el sistema por *Microondas*, técnica que emplea como forma de calentamiento la generación de energía térmica directamente en el interior del alimento, lo que permite superar excesivos tiempos de deshidratación con respecto a otros métodos y por consiguiente puede tener consecuencias directas en términos de eficiencia energética y calidad de los alimentos. El objetivo principal del uso de microondas en las aplicaciones de deshidratación es acortar el tiempo de proceso. No obstante, si bien en el primer caso el tiempo es prolongado, el consumo de energía es mínimo, en cambio en los otros dos sistemas el tiempo es menor, pero, los costos energéticos son altos.

Equipos ofrecidos en el mercado

El mercado ofrece pequeños deshidratadores domésticos o familiares, como electrodomésticos manejables y ligeros. Sus características técnicas son de las más variadas particularidades como las que se describen a continuación: Son deshidratadores que pueden tener entre 2 a 9 bandejas perforadas, rejillas o microrejillas, en algunos casos fijas y en otros desmontables pudiendo agregarse hasta un límite máximo, el material con la que son fabricadas oscilan entre Polycarbonatos, acero inoxidable o plásticos resistentes; con tamaños (cm) entre 27 a 45 de lado y con capacidades entre 550 y 5.000 g de pulpa fresca, dependiendo de la cantidad de bandejas y las medidas adoptadas. El equipo o la unidad completa pueden llegar a pesar hasta 10 kg. Algunos tienen control de tiempo y temperatura ajustable y alcanzan una potencia entre 250 y 800 Wattios, de 220 voltios o 110 voltios si este es fabricado en USA.

Algunos declaran un consumo de energía máximo de 0,6 kWh. El equipo forzador o ventilador tiene dimensiones que pueden alcanzar hasta los 18 cm de diámetro de paletas como máximo y contar con un volumen total de 29 a 66 cm³ pudiendo formar un prisma rectangular o cuadrangular como así también, equipos cilíndricos de 26 cm de altura y 32 cm de diámetro aproximadamente. Existen diseños donde cada bandeja cuenta con un regulador de temperatura independiente para cada una, como así también aquellos que cuentan con la fuente de calor en la parte inferior del equipo que permite un flujo de aire vertical ascendente, como aquellos que proponen un flujo axial a las bandejas.

METODOLOGÍA

El estudio consideró necesario tener en cuenta en el diseño de este prototipo la funcionalidad; es decir, fácil mantenimiento, montaje y desmontaje y reposición rápida de sus partes y piezas en concordancia con los objetivos planteados.

Por su parte, la ingeniería de diseño y construcción de un deshidratador por aire caliente totalmente automatizado, debe caracterizarse primero por el material usado o empleado en la construcción del mismo, sabiendo que no debe desprender contaminantes al alimento; en este caso particular sus partes y piezas están conformadas con plásticos que no constituyen un riesgo para la salud, no modifican la composición de los productos y no producen modificaciones sensoriales en el alimento. En cuanto al forzador de aire, ha sido regulado para transmitir el caudal apropiado y requerido por los alimentos. En tanto que la fuente calefactora no resistiva de bajo consumo fue acoplada a una Placa Peltier de 30 W (Tabla 1) y ensamblada a disipadores de calor de aluminio, siendo este, el material más conveniente para extraer el calor de la placa y transmitirlo al medio.

Estas células termoeléctricas permiten generar temperaturas que alcanzan al menos entre 60°C y 65°C, niveles de temperaturas medidas con un termómetro por infrarrojo laser.

Tabla 1: Características de la placa Peltier³

Característica	Información
Modelo	TEC1-12706
Voltaje de Operación	0-15V DC (12V nominal)
Corriente de trabajo	0-4 A
Potencia nominal	30 W
Temperatura de trabajo	-30°C hasta 70°C
Color	Blanco
Material	de plástico + cerámica
Longitud del cable	30 cm
Dimensiones	4,0cm x 4,0 cm x 0,3cm
Peso	23 g

En el módulo de deshidratado o gabinete principal (Figura 2) la cámara de secado está pensada con deslizadores que permitan mover las bandejas perforadas o rejillas enmalladas colocadas en un formato apilable para favorecer la circulación del aire caliente que envuelva la mayor superficie posible del alimento para que el secado sea más rápido.

Además, el diseño del equipo deshidratador contempla un controlador de temperatura altamen-

3. Datos suministrados por el fabricante.

te funcional, con la capacidad para mantener la misma en el rango requerido para cada alimento. Del mismo modo, el controlador mencionado gobierna los forzadores de aire de acuerdo a los requerimientos señalados en la tabla 2.

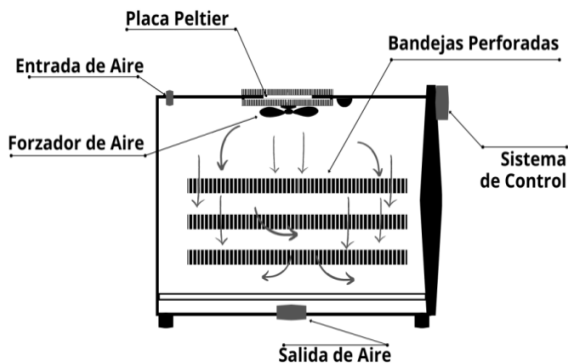


Figura 2: Corte longitudinal del gabinete con la distribución general de los dispositivos.

En resumen, el prototipo está planteado con elementos tecnológicos básicos y fundamentales para el proceso de deshidratado; y cuyas partes son fáciles de adquirir en el mercado.

RESULTADOS

La figura 3 presenta un esquema funcional del equipo deshidratador proyectado, y como puede observarse consta de las siguientes partes: Una celda peltier, cuya cara caliente debe estar en contacto a un disipador de aluminio a través de la pasta de transferencia térmica.

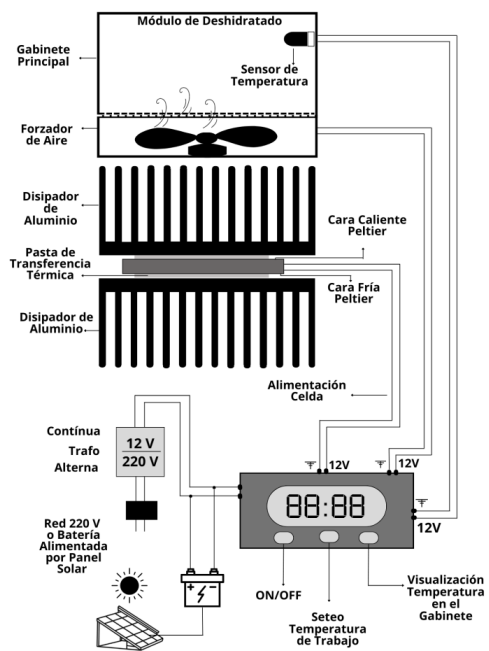


Figura 3: Esquema funcional del equipo deshidratador.

Asimismo, el disipador cuenta con un cooler que será el encargado de extraer el calor del disipador y dirigirlo al conjunto de bandejas perforadas apilables (Figura 2); a la vez que la cara fría de la peltier estará en contacto con otro disipador de aluminio con el objeto de mejorar el diferencial de temperatura existente entre ambas caras de la celda y favorecer la trasmisión de baja temperatura al medio exterior del gabinete. Se ha considerado necesario incorporar al diseño un microcontrolador de temperatura (Figura 4) en la parte frontal del módulo de deshidratado, el cual dispone de la programación adecuada para la activación o desactivación de la celda termoelectrica y del cooler que extrae el calor del disipador.

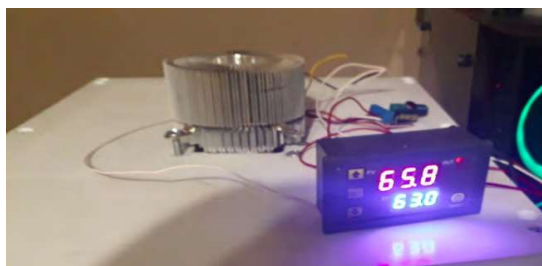


Figura 4: Panel de control principal-Disipador de cara fría.

Al mismo tiempo, dicho control incluye una entrada analógica que se vincula al sensor de temperatura principal y que está alojado dentro del gabinete principal, el mismo a través de la programación en el panel de control guía la desactivación o activación del sistema de secado.

Este diseño tiene incorporado un regulador de velocidad para cooler, ya que se ha encontrado que, cuanto menor velocidad tiene el mismo, el disipador de aluminio adquiere una mayor temperatura para ser disipado en el medio circundante y viceversa, admitiendo así, una mejor estabilidad en la temperatura definida para el gabinete. Además este regulador de velocidad permite definir la temperatura máxima que adquirirá el disipador de aluminio, pudiendo ser fijado a una velocidad constante y manejar la temperatura de trabajo del gabinete mediante el panel de control principal.

Todos los dispositivos que integran este equipo, funcionan con tensión nominal de 12V de corriente continua (Figura 5). En el caso de ser conectado a una red eléctrica tradicional se puede usar un transformador de 220V/12V (Trafo) o ser conectado directamente a la batería de un auto o una batería de almacenamiento de paneles solares.

El equipo deshidratador a base de células termoelectricas presenta características y parámetros que se pueden observar en la tabla 2, como sigue:



Figura 5: Tensión y Corriente de Trabajo del Gabinete

Tabla 2: Tabla descriptiva del equipo deshidratador diseñado con placas peltier.

Partes	Características	Parámetros
Uso	Electrodoméstico	Familiar
Alimentación	Tipo	Mixto (Energía de red o paneles solares)
Características físicas	Área módulo principal	0,18 m ²
	Capacidad de secado	300 g de fruta fresca
	Número de bandejas	2 a 3 bandejas

Comportamiento térmico	Tiempo de secado	Variable de acuerdo a la Fruta u hortaliza
	Velocidad de secado	Variable de acuerdo a la Fruta u hortaliza
	Temperatura del aire	25-70°C promedio
	Flujo del aire	50 – 100 CFM
Características del secado del producto	Contenido inicial de humedad	Variable de acuerdo a la fruta
	Contenido final de humedad	Variable de acuerdo a la fruta
	Temperatura máxima de secado	70°C
Controlador de temperatura Micro-controlador programable	Rango de control: -55 a 120°C Resolución: 0,1°C Precisión de la medición: 0,1°C. Frecuencia de actualización: 0.5 s Voltaje de entrada: DC 12 V Capacidad del Relé: Hasta 20 A y 220 V.	

Se considera importante establecer las diferencias más significativas o relevantes que permiten comparar las cualidades y ventajas de usar los equipos deshidratadores a base de células o celdas termoeléctricas frente a los diseños comerciales que son ofrecidos actualmente cuyo principio de funcionamiento se basan en el uso de resistencias eléctricas de potencia (Tabla 3).

Tabla 3: Características comparativas entre Deshidratadores resistivos y termoeléctricos

Característica	Deshidratadores Resistivos -Comerciales	Deshidratadores Prototipo Termoeléctrico
Potencia nominal	250 y 800 W	30 W
Voltaje de Operación	220/110 V	220/12V

Corriente	1,14 - 3,6 A (Alterna)	0,14 A-Alterna
Temperatura	hasta 70°C	hasta 70°C
Programación de temperatura	Termostato mecánico	Termostato digital-electrónico
Material	Adecuado alimentos	Adecuado alimentos
Tecnología de generación de calor	Resistencia eléctrica de potencia (tensión alterna de funcionamiento)	Celda peltier tensión continua.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El desarrollo de las celdas peltier han sido diseñadas inicialmente con el propósito de poder aprovechar el uso de esta propiedad física de los semiconductores para generar bajas temperaturas, las cuales han tenido muchas aplicaciones en algunos electrodomésticos como por ejemplo en las cavas de vino, frigobares o pequeñas conservadoras portátiles entre otros.

No obstante, estos dispositivos además son capaces de disipar más de 100 W de calor y obtener una diferencia de temperatura entre sus caras de hasta 70°C. Estas características admiten la posibilidad de trabajar con estas mismas celdas pero, con una aplicación muy diferente. Corresponde aclarar que en la mayoría de los casos el uso de estas celdas requiere una disipación del calor convirtiéndose en una pérdida de energía, por lo tanto dicho calor no estaría siendo usado para ninguna función. Es esa generación de calor la que permitió el diseño de este prototipo, es decir, poder usar las celdas pero como generadores de calor.

La célula usada en el prototipo es una celda peltier, la cual está conformada por dos materiales semiconductores, uno tipo P y otro tipo N, coincidiendo con las recomendadas en [14]. Es importante mencionar que estos tipos de semiconductores, siempre que se mantengan en las condiciones de corriente, temperatura y tensión adecuadas, son dispositivos estables y de larga duración.

Se concluye que el diseño proyectado ha dejado resultados satisfactorios, permitiendo alcanzar los objetivos propuestos para este proyecto de innovación. Primero, ha sido posible construir un des-

hidratador prototipo de tipo convectivo para frutas y vegetales como módulo electrodoméstico, a través de células termoelectricas como generador de calor; lo que implica que su uso reemplaza las resistencias eléctricas adaptándose a las exigencias mundiales de ahorro energético de calidad.

En segundo lugar, este prototipo ha logrado utilizar este elemento calefactor con un mejor rendimiento en comparación con las resistencias eléctricas, debido a la gran diferencia del consumo eléctrico y además, presenta una mejor respuesta a los requerimientos del sistema de control.

En tercer lugar, con respecto al riesgo de shock eléctrico, resulta totalmente seguro ya que las celdas peltier son de bajo voltaje de trabajo por tratarse de dos semiconductores que en caso de entrar en cortocircuito no representa un riesgo para el ser humano a diferencia de los equipos resistivos.

En cuarto lugar, se ha logrado desarrollar un equipo liviano y de uso práctico que puede ser empleado fuera de la red eléctrica alterna mediante una batería de continua. El hecho de poder prescindir de un elemento calefactor que emplee corriente alterna, permite diseñar un dispositivo que además de ser seguro en su manipulación, es realmente portátil puesto que no requiere de un inverter que permita su funcionamiento fuera de la red eléctrica alterna, como sucedería con un horno portátil eléctrico resistivo. Por último, en cuanto a la funcionalidad, ha demostrado ser de fácil mantenimiento, montaje y desmontaje y reposición rápida de sus partes y piezas, las cuales podrían obtenerse fácilmente en el mercado.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNLaR, CENIIT y al Departamentos Académico de Ciencias y Tecnologías Aplicadas a la Producción al Ambiente y al Urbanismo de la UNLaR. Al Ing. Electrónico Conrado Alejandro de Caminos como consultor externo.

REFERENCIAS

- [1] Ceballos, E. y Jiménez, M. (2012). Cambios en las propiedades de frutas y verduras durante la deshidratación con aire caliente y su susceptibilidad al deterioro microbiano. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 1(6),98-110. <https://acortar.link/c3T4b1>
- [2] De Micheli A. y Ohaco E. (2015). Deshidratación y desecado de frutas, hortalizas y hongos: Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala. *INTA Ediciones*. <https://acortar.link/WjbBVK>
- [3] Maupoey P.F., Grau A. A.; Albors Sorolla A.M.; Barat Baviera J. M. (2020). Introducción al secado de ali-

- mentos por aire caliente. Universidad politécnica de Valencia. <https://acortar.link/NN7ZH>
- [4] Castillo, W.; Manayay, D.; Dominguez, J.; Palacios, A.; Quezada, S.; Gonzales, J. (2014). Evaluación del proceso de secado por aire caliente de manzana (*Pyrus malus*) variedad San Antonio. *Revista Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*. Vol 1/N° 2 pp.17-28. <https://acortar.link/fv9rSQ>.
- [5] Krokida, M. K., Karathanos V.T., Maroulis Z.B. y Marinou-Kouris D. (2003). Drying kinetics of some vegetables. *Journal of Food Engineering*, 59(4), 391-403.
- [6] Vega Gálvez A.A. (2003). *Estudio de la deshidratación y rehidratación del pimiento rojo (Capsicum Annuum L.) var. Lamuyo*. [Tesis Doctoral]. Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, España. <https://acortar.link/qKlZq2>.
- [7] Arteaga, S.; Flores, C.; Jara J. y Guevara C. (2013). Harina de lúcuma (*Pouteria obovata*) obtenida por método combinado aire caliente y microondas. *Agroindustrial Science* (2) pp.107-117. <https://acortar.link/GLS8Aw>.
- [8] Jarayaman, K.S. y Das Gupta D.K. (1995). Drying of fruits and vegetables, In: *Handbook of Industrial Drying*. (pp. 643-690). New York. Mujumdar, A.S. Edit. Marcel Dekker Inc.
- [9] Krokida, M. y Maroulis Z.B. (2001). Structural properties of dehydrated products during rehydration. *International Journal of Food Science and Technology*, 36(5), 529-538.
- [10] Marí, M.J., (2002). Cinética de transferencia de materia durante el proceso de rehidratación de cubos de pimiento seco (*Capsicum Annuum L.*). [Trabajo Final de Carrera], Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- [11] Valdés P.(2008). Manual de deshidratación I. <http://manualdeshidratacion.blogspot.com/>
- [12] Brennan j. (1987). Manual del procesado de alimentos- <https://acortar.link/cIL5Fn>.
- [13] Sharma, S.K.; Mulvaney, S.J.; Rizvi, S.S.H. (2003). Ingeniería de alimentos: operaciones unitarias y prácticas de laboratorio. *Limusa Wiley*. P.348.
- [14] Sandoval, A., Espinosa, E., y Barahona, J. (2010). *Construcción de sistemas de enfriamiento con base en semiconductores*. Huajuapán de León, México: Universidad Tecnológica de la Mixteca / Instituto de Electrónica.
- [15] Cristian Rubio Ramírez, Guillermo Martheyn Lizarazo, Emilio Vera Duarte (2017). Termoelectricidad: uso de las celdas peltier en el campo de la refrigeración y sus principales aplicaciones. *Inventum* (1) pp.9-16. <https://acortar.link/R2QbIW>
- [16] Sandoval A.P., Espinosa E. J., Barahona J L. y Ramírez H. L. (2008). *Celdas Peltier: Una alternativa para sistemas de enfriamiento con base en semiconductor*. 11º Foro Estatal de Investigación Científica y Tecnológica. Universidad Tecnológica de la Mixteca. <https://www.researchgate.net/publication/268343902>.
- [17] Gascón, A.; Muravnick N. y Andreuccetti C. (2013). *Tecnología de elaboración Industria de Frutas y Hortalizas Deshidratadas*. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo.
- [18] Nindo, C.; y Mwithiga, G., (2011). Infrared Drying. En: PAN, Z., y Atungulu, G.G. (2011). *Infrared heating for food and agricultural processing*. Boca Ratón. CRC Press. 89-99 p.