

**Efecto del secado controlado sobre la calidad nutrimental del pistache (*Pistacia vera* L.) y subproductos producido en el Valle de Juárez, Chihuahua, México**

### **Tipo de financiamiento**

Sin financiamiento

Autores del reporte técnico:

**Dra. Nina del Rocío Martínez Ruiz**

**Dr. Joaquín Rodrigo García**

**M. en C. Baltazar Corral Díaz**

# **Efecto del secado controlado sobre la calidad nutrimental del pistache (*Pistacia vera* L.) y subproductos producido en el Valle de Juárez, Chihuahua, México**

## **Resumen**

El pistache es un fruto seco apreciado por sus propiedades nutrimentales. El fruto se deteriora rápidamente por hongos, lo que afecta al sector productivo y representa un riesgo para la salud. El objetivo fue determinar las condiciones óptimas de secado del pistache, su efecto sobre la calidad nutrimental y la utilización de subproductos. Las muestras se obtuvieron del Rancho Universitario. Los frutos se limpiaron y almacenaron a -80°C. El secado de pistache se realizó en horno, sin y con flujo de aire a 60-75-90°C hasta una humedad de 4 a 6%. En las muestras secas se determinó contenido de humedad, proteína, grasa, cenizas y carbohidratos totales. Los resultados mostraron que los tiempos de secado sin y con flujo de aire a 60-75-90°C fueron de 8, 6 y 3h y 4.5, 3 y 2h, respectivamente. El contenido de humedad final fue 3.26 a 3.83%. El secado al sol duró 14h con un contenido promedio de humedad de 6.02%. Se identificó un decremento en la apariencia del producto a 75 y 90°C. El fruto seco tuvo de 19.87 a 21.71% proteína, 2.99 a 3.41% minerales y 44.69 a 48.61% grasa. La harina de ruezno tuvo 8.78 a 10.22% de proteína y 10.79 a 11.98% minerales. El secado de pistache y subproductos a 60 °C sin y con flujo de aire fue la mejor opción para obtener un fruto seco con buena apariencia, calidad nutrimental y vida de anaquel. La harina de ruezno representa una alternativa para el desarrollo de alimentos.

**Palabras Clave:** Pistacia vera L., pistache, secado, fruto seco

## **Abstract**

Pistache is a dried fruit appreciated for its nutritional properties. The fruit deteriorates rapidly due to fungi, which affects the productive sector and represents a risk to health. The objective was to determine the optimal drying conditions of pistachios, their effect on nutritional quality and the use of by-products. The samples were obtained from the University Ranch. The fruits were cleaned and stored at -80 °C. Pistache drying was carried out in an oven, with and without air flow at 60-75-90 °C until a humidity of 4 to 6%. In the dry samples, moisture, protein, fat, ash and total carbohydrates content were determined. The results showed that drying times without and with air flow at 60-75-90 °C were 8, 6 and 3h and 4.5, 3 and 2h, respectively. The final moisture content was 3.26 to 3.83%. Sun drying of fruit lasted 14h with an average moisture content of 6.02%. A decrease in the appearance of the product at 75 and 90 °C was identified. The dried

fruit had from 19.87 to 21.71% of protein, 2.99 to 3.41% of minerals and 44.69 to 48.61% of fat. Ruezno flour had 8.78 to 10.22% of protein and 10.79 to 11.98% of minerals. The drying of pistachio and by-products at 60 ° C without and with air flow was the best option to obtain a dry fruit with good appearance, nutritional quality and shelf life. Ruezno flour represents an alternative for the development of food.

**Palabras clave:** Pistacia vera L., pistachio, drying, dried fruit

## Usuarios potenciales

- Productores de pistache del Valle de Juárez
- Consumidores

## 1. INTRODUCCIÓN

El pistache por sus propiedades nutrimentales y de beneficio a la salud es uno de los frutos secos más apreciados y comercialmente atractivos en el mundo. El árbol de pistache es resistente a las sequías, a altas temperaturas y no tolera humedades elevadas. Estas características hacen de Chihuahua un lugar propicio para el cultivo del pistachero, sin embargo, la producción actual de pistache no es suficiente para abastecer la demanda nacional del fruto (Infoagro, 2014). En México prácticamente todo el pistache que se consume es importado. Actualmente, el pistache cultivado en el Valle de Juárez es secado mediante exposición al sol obteniendo una alta variabilidad en la humedad del producto final. Además, este fruto por su contenido de humedad, es susceptible a la contaminación por hongos como *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*, los cuales producen aflatoxinas que pueden ser carcinógenas y en ocasiones mortales para el ser humano (Ghazanfari *et al.*, 2003). El control en el contenido de humedad, el adecuado manejo y almacenamiento de este fruto son factores indispensables para garantizar la inocuidad, calidad nutrimental, características sensoriales y vida de anaquel de este fruto de alto valor comercial (Moradi & Javanshah, 2006). El manejo de condiciones controladas de secado post-cosecha podría contribuir a incentivar la producción en el Valle de Juárez y colocar el fruto como producto terminado de manera competitiva frente al pistache de importación. Adicionalmente, la obtención harinas a partir de los subproductos de pistache (cáscara y ruezno) podría generar un nuevo nicho de oportunidad para su utilización en la alimentación humana y/o animal, aprovechando de manera integral la producción del pistache y su diversificación durante la comercialización. Por lo que el objetivo de este estudio fue determinar las condiciones óptimas

del secado controlado del pistache producido en el Valle de Juárez, su efecto sobre la calidad nutrimental del producto y la utilización de subproductos derivados.

## **2. PLANTEAMIENTO**

### **2.1 Antecedentes**

El pistache (*Pistacia vera L.*) es una especie frutal que se explota a nivel comercial debido una creciente demanda a nivel mundial. La producción de pistache en los Estados Unidos de Norteamérica se incrementó de 680-ton en 1976 hasta 250,000-ton en 2013 (APG, 2013). La mayor parte de la producción mundial se obtiene en países con clima árido, de veranos cálidos, secos y largos y con inviernos fríos. En México se realizaron plantaciones en los años 70's, principalmente en el estado de Chihuahua, con baja producción por falta de sincronía en la floración de los frutos (hembra y macho). En el Campo Experimental Valle de Juárez-INIFAP se le dio continuidad al huerto fenológico para conocer la adaptabilidad y el potencial de producción de este frutal, llegando a recomendarse ampliamente para la zona norte del estado ya que cumple con los requerimientos climáticos de 1000 horas frío (debajo de 7°C) en el invierno y veranos largos, cálidos y secos (2500 unidades calor). Los mejores rendimientos se han logrado con las variedades Kerman (hembra) y Peters (macho), debido a que son las de brotación más tardía. El pistache es uno de los pocos cultivos de valor comercial con suficiente nivel de resistencia para su desarrollo en áreas de baja calidad del agua de riego. En algunas zonas del Valle de Juárez, con grandes concentraciones de sales, esta especie ha mostrado un buen desarrollo vegetativo junto con aceptables producciones. La producción de pistache ha aumentado de forma sostenida en los últimos años y se prevé el aumento del consumo, debido a una mayor aceptación por parte de los consumidores de Estados Unidos, la Unión Europea y de los países latinoamericanos (Couceiro *et al.* 2013). De acuerdo a estadísticas de CONAFRUT en 1997 se consumían 85 g/persona de pistache en comparación con 8.6 g/persona en 1976, lo que significa un crecimiento de 10 veces en 20 años (Corral 2010, Perales 1997). En México prácticamente todo el pistache que se consume es importado de Estados Unidos e Irán. Chihuahua contribuye con la producción del Valle de Juárez y Villa Ahumada, donde se cultiva el 70% de las 197 ha sembradas con pistache a nivel nacional (SIAP 2012). El pistache se ubica dentro de los principales cultivos del Valle de Juárez (Garza 2001) y actualmente pequeños productores (incluido el Rancho Universitario) mantienen una producción de pistache considerado de buena calidad (García, 2012).

#### **2.1.1 El pistache y su importancia**

El pistache es una semilla de color verde-amarilla monosperma, que se encuentra en el interior de una cáscara dura, rodeada de una cubierta carnosa (ruezo), por lo general para ser comercializado es necesario secarlo y/o tostarlo (Reyes y Lavín, 2004) La importancia del fruto seco radica su valor nutrimental, por lo tanto es el que ofrece el valor comercial (Augusti, 2004). El fruto mide de 0.2-2.5 cm de longitud, es ovalado y seco con cáscara dura y lisa, la parte comestible que es la semilla está compuesta por dos cotiledones verdes, que puede variar a verde amarillo o a rojizo y su peso es de aproximadamente 1.40 g (Infagro, 2014). El pistache es un alimento con un gran contenido calórico, donde predominan las grasas insaturadas Reyes y Lavín (2004). Las grasas representan el 50-60%, sumando las grasas mono y poliinsaturadas dan alrededor del 90%, mientras que de grasas saturadas se compone de un 7% del total de las grasas (Gimeno, 2002). El pistache se compone en su mayoría de ácidos grasos monoinsaturados, los cuales se ha demostrado tiene un efecto vasodilatador, reducen los niveles de insulina actuando eficazmente contra el hiperinsulinismo, también disminuye la presión arterial y la inflamación, así como colesterol y triglicéridos, y por otro lado aumentan la  $\beta$ -oxidación (Salas-Salvado y Diekman, 2014). En segundo lugar se encuentran las proteínas (del 18 al 23%) y los carbohidratos alrededor del 28%. En su composición destacan aminoácidos esenciales como triptófano e isoleucina (Salas *et al.*, 2005), el primero es precursor de vitaminas, proteínas y neurotransmisores y el segundo el organismo lo usa como sustrato para la producción de energía (Mahan *et al.*, 2013), también contiene otro tipo de aminoácidos como arginina, este funciona como vasodilatador ya que es precursor del óxido nítrico que produce el endotelio (Souci *et al.*, 1994). El fruto contiene vitaminas como ácido fólico y vitamina E, el primero necesario como elemento de hemoglobinización, así como intermediario para la correcta síntesis de ADN y reductor de niveles de homocisteína que son aterogénicos y el segundo como antioxidante y componente de membranas celulares (Souci *et al.*, 1994). En fibra, el pistache se compone en su mayor parte de fibra insoluble, de 10-30 g (Souci *et al.*, 1994). En relación al contenido energético cada 100 g de pistache aportan 577 Kcal, sin embargo no se ha demostrado que este perfil calórico contribuya al aumento de peso corporal, debido a que el fruto contiene fibra que hace que las grasas a nivel intestinal no se absorban totalmente, así mismo la fibra da mayor sensación de saciedad. Por otro parte, los ácidos grasos mono y poliinsaturados aumentan la utilización de ácidos grasos al activar la  $\beta$ -oxidación, lo que se ha demostrado ayuda a la reducción de peso (Pons y Tur, 2014).

El pistache también está compuesto por fitoesteroles, en especial el  $\beta$ -sitoesterol, por cada 100 g de producto se pueden obtener 199 miligramos de este compuesto, mientras que en las nueces en la misma cantidad están presentes 64 mg, otros esteroles que contiene el fruto en menor cantidad son estigmaesterol, campesterol y avenasterol. Los fitoesteroles tiene una estructura química parecida al colesterol, por lo que a nivel intestinal compiten en absorción desplazando al

colesterol, lo que ayuda a reducir los niveles altos de éste, por otro lado tienen efecto antioxidante y protector celular, así mismo inhiben la división celular en células tumorales. Los fitoestrógenos (isoflavonas, cumestanos, lignanos) también se encuentran en el pistache, los cuales tienen función antiestrogénica ya que interactúan directamente con los receptores estrogénicos por tener una estructura química muy parecida, lo cual ayuda a reducir los niveles altos de estrógenos que son causa de aumento de peso y cáncer, en especial, cáncer de mama, así mismo reduce colesterol total, lipoproteínas de baja densidad (LDL) y triglicéridos (Sabaté *et al.*, 2010). El beneficio a la salud cardiovascular que puede aportar un fruto seco, en este caso el pistache, se obtiene con el consumo habitual (Salas *et al.*, 2005), se recomienda una ingesta diaria de 25 g/día (Kriskovich *et al.*, 2002). El pistache además de ser apreciado por su valor nutricional, se utiliza en la elaboración de helados, repostería (Díaz, 2004), en la industria de la confitería, entre otras. Su aceite es empleado en la elaboración de cosméticos, asimismo el tronco del pistachero se transforma en maderas resistentes y se utiliza como combustible (Díaz, 2004).

### **2.1.2 Importancia de la conservación del pistache**

El secado del pistache sigue siendo uno de los principales puntos débiles en cuanto al incremento del cultivo del pistachero en el Valle de Juárez. El pistache debe ser secado y almacenado en condiciones estandarizadas para reducir el riesgo de contaminación del fruto por aflatoxinas, principalmente producidas por *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*. Estas toxinas son comunes en granos y en las nueces de los árboles, que proliferan en lugares y en alimentos cuyas humedades son altas (Moradi Javanshah, 2006). Los rangos de temperaturas que favorecen el crecimiento de hongos son entre los 12 y 42 °C, siendo entre 25 y 35 °C el intervalo óptimo (Gimeno, 2001). Las aflatoxinas representan un riesgo para la salud humana, ya que se ha demostrado que tienen efecto hepatocarcinógeno (Klauning y Kamenduis, 2008), de inmunosupresión y disrupciones endócrinas (Duarte y Villamil, 2006), incluso puede provocar infertilidad y la muerte (Dilkin *et al.*, 2003). La aflatoxicosis se puede presentar de dos formas, la intoxicación aguda grave, que es el daño directo al hígado (necrosis hemorrágica y edema) que conlleva a la muerte, y por otro lado se tiene la intoxicación crónica, que es sintomática (Williams *et al.*, 2004). Se ha estimado que el límite permisible de aflatoxinas en alimentos no sea mayor de 8 ng/g (CODEX, 2005). El proceso de secado mediante exposición al sol dura de tres a cuatro días. En este proceso existe el riesgo de contaminación y una alta variabilidad en la humedad final del producto, ya que esto depende de la cantidad de radiación solar y el déficit en la presión del vapor (Ghazanfari *et al.*, 2003). Para reducir los niveles de rancidez y garantizar la inocuidad del fruto se tiene que manipular la humedad tratando de reducirla a través del secado; se estima que los porcentajes óptimos para lograr dicho resultado se manejan entre el 4-6%, dentro de

este rango el fruto tiene mayor dulzura y frescura y presenta menos rancidez y amargura en comparación con frutos con una humedad final del 11%, lo cual propicia efectos indeseables y oxidativos (Kader *et al.*, 1982). En las avellanas, la temperatura y la cáscara así como el tipo de enzimas lipasas que contiene el fruto influyen directamente sobre la rancidez del mismo, no es recomendable secar las avellanas a temperaturas superiores a 50 °C, debido a que incrementa la oxidación lipídica, los rangos de temperatura óptimos son entre 40 y 50 °C, lo que ayuda a conservar la integridad del producto y aumenta su vida de anaquel (López *et al.*, 1997).

Uno de los métodos de secado de pistache más utilizados en Irán ha sido en secadores que emplean diesel directa o indirectamente como combustible. Este tipo de secadores utiliza tres millones de litros de combustible al año, sin embargo este tipo de proceso carece de estándares controlados en temperatura, humedad final y tiempo de secado, por lo que el producto final generalmente varía en color, textura y sabor, inclusive está expuesto a gases tóxicos de combustión (Adu *et al.*, 1994; Hutt *et al.*, 1978). Otro tipo de secado del pistache es al sol, sin embargo este proceso es aún más complejo, ya que el éxito de la calidad del producto final depende directamente de las condiciones climáticas en ese momento y de la cantidad de sol del día que se realice el secado (Savoie *et al.*, 1986). En este proceso la humedad inicia su descenso a las nueve horas de exposición al sol, para obtener una humedad final de 6% a las 36 horas, sin embargo aunque el proceso es largo y corre el riesgo de contaminación, la calidad del producto final es buena, al igual que sus características organolépticas (Ghazanfari *et al.*, 2003). El secado controlado con flujo de aire se ha postulado como una buena alternativa, en donde se sugiere una temperatura entre 55 °C (Adu *et al.*, 1994; Hutt *et al.*, 1978) y 75 °C (Reza Gazor Hamid y Minaei Saeid, 2005) para reducir la humedad y no alterar las características organolépticas del producto. Es importante destacar que una vez procesado el fruto, éste se debe de almacenar en bolsas plásticas y bajo un entorno de humedad y temperatura controlada que preserven el producto e eviten su enrancimiento (Infoagro, 2014).

El árbol del pistache es uno de los frutales menos explotados, debido al largo período que se requiere para la entrada en producción (5-10 años), el elevado costo del producto por las dificultades de propagación de la especie, la falta de conocimientos y experiencias sobre las variedades cultivadas, así como la falta de tecnología de producción de alto nivel (Infoagro 2002). La siembra del pistache se da en el estado de Chihuahua en los municipios de El Tule, Parral, Santa Bárbara, Zaragoza, López, Meoqui, Ascensión, Valle de Juárez y Delicias. Estos cultivos no son suficientes para abastecer la demanda nacional de aproximadamente 700 toneladas mensuales (Sol de Parral, 2012). Particularmente Chihuahua tuvo en 2013, 153.99 hectáreas sembradas con una producción de 0.69 ton/Ha, lo que se representó la obtención de 106.25-ton con un precio medio rural de \$75,468.71/ton (SAGARPA, 2014). En México

prácticamente todo el pistache que se consume es importado de Estados Unidos e Irán. Aproximadamente se importan más de 9000 ton/año (según datos de Cimarrón®, Cd. Delicias, Chihuahua), lo que implica una fuga de divisas aproximada de 45 millones de dólares, con una tendencia a incrementarse en forma significativa año con año. Algunos productores innovadores han iniciado las plantaciones con la tecnología generada por el INIFAP. El cultivo de pistache en el Valle de Juárez es experimental, es decir se siembran en pocas hectáreas, a pesar de que el clima semiárido es favorable para la planta y de que necesita poca agua de riego (Garza, 2000). Los productores del Valle de Juárez continúan demandando tecnología sobre la cosecha y manejo del producto (ej. tiempo de descascare (pelado), secado controlado, tostado, tipo de empaque y condiciones de almacenamiento) que les permita conocer el efecto de estos factores sobre la calidad del producto. Particularmente el secado del fruto sigue siendo uno de los principales puntos débiles en cuanto al incremento de este cultivo. Actualmente, el proceso de secado es mediante exposición al sol con una duración de tres a cuatro días. En este proceso existe el riesgo de contaminación principalmente por *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* y una alta variabilidad en la humedad del producto final (Ghazanfari *et al.*, 2003). Se tiene limitada información sobre la composición proximal, vida de anaquel, capacidad antioxidante y calidad sensorial del pistache, lo que en conjunto les permitiría dar un valor agregado a este producto chihuahuense y su potencial competitividad frente a los principales productos de importación.

EL clima favorable para el crecimiento y desarrollo del pistache en el Valle de Juárez es óptimo, con largos y secos veranos e inviernos con un mínimo de 200 hasta 1000 h de frío, todo dependiendo de la variedad del árbol (SAGARPA, 2014; Ruiz, 1999). El árbol de pistache es resistente a las sequías, a altas temperaturas y no tolera humedades elevadas. El pistachero requiere hasta el 20% menos agua que el nogal, para cosechar un kilogramo de pistache se necesitan 30 litros de agua al año, en contraste, para obtener una sola nuez se requiere la misma cantidad. En total se estima un requerimiento de 400-600 mm/ciclo, sin riego o riego ocasional (Ruiz, 1999). Estas características son condiciones óptimas para el cultivo de pistache en Chihuahua. De acuerdo a datos del Banco de México, las exportaciones que el país hace de pistache con y sin cáscara, seco o fresco son a Perú, República Dominicana, Belice, Colombia y Estados Unidos. En el primer semestre de 2014, el ingreso de México por exportación de pistache fue de \$ 274 mil dls por casi 27 mil kg del fruto, mientras por las importaciones que se tuvieron en el mismo periodo tuvieron un costo de casi 7 millones de dólares por aproximadamente 695 mil kg. Estos datos indican la importancia de este tipo de fruto para el país y de la necesidad de incrementar la producción interna nacional. En Chihuahua, el Valle de Juárez tiene posibilidades de acrecentar las superficies de cultivo de pistacheros no solo para contribuir a cubrir la demanda interna, sino para incrementar la exportación de pistache de calidad (SIAVI, 2014). El manejo de condiciones controladas de secado post-cosecha podría



contribuir a incentivar la producción y colocar el fruto como producto terminado de manera competitiva frente al pistache de importación.

En relación a la importancia nutrimental y compuestos fitoquímicos del pistache, se ha demostrado que una dieta donde se incluyen de una a dos porciones de pistaches al día se obtienen beneficios a la salud como la reducción de la presión arterial, del riesgo cardiovascular (RCD), colesterol total y las lipoproteínas de baja densidad (LDL) (West *et al.*, 2012). Los pistaches del Valle de Juárez tienen posibilidades de ser sometidos a un buen proceso de secado con temperaturas controladas que garanticen un producto final de calidad, organolépticamente y nutrimentalmente aceptable. Adicionalmente, el estudio de las características químicas y propiedades antioxidantes de los subproductos (cáscara y ruezno) podría generar un nuevo nicho de oportunidad para su utilización en la alimentación humana y/o animal, aprovechando de manera integral la producción del pistache y su diversificación durante la comercialización.

## **2.2 Hipótesis**

El secado controlado del pistache del Valle de Juárez y subproductos, como ruezno y cáscara dura, será una alternativa más eficiente que el secado al sol y su composición nutrimental del producto y subproductos se conservará después del tratamiento.

## **2.3 Objetivos**

### **2.3.1 Objetivo General**

Estandarizar las condiciones óptimas de secado controlado del pistache del Valle de Juárez y subproductos y determinar su efecto sobre la calidad del fruto y subproductos.

### **2.3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar las condiciones óptimas de secado controlado de pistache y subproductos considerando la modalidad de secado con y sin flujo de aire y a 60, 75 y 90 °C.

- Evaluar el efecto del secado controlado sobre la composición proximal del fruto y subproductos.
- Proponer el empleo de al menos un subproducto del pistache, en el desarrollo de un alimento, considerando su aporte nutrimental, sensorial y/o funcional.

### 3. METODOLOGÍA

Las muestras de pistache para este estudio fueron obtenidas del Rancho Universitario ubicado en Praxedis G Guerrero, Chihuahua. Los estudios y análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ciencias de los Alimentos del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

#### 2.1 Secado y composición proximal del pistache y subproductos

##### 2.1.1 Preparación de la muestra

Las muestras obtenidas se sometieron a un proceso de limpieza para la eliminación de ramas, hojas e impurezas. El ruezno se retiró del fruto. Los frutos cerrados se separaron de los frutos abiertos. Posteriormente los frutos con cáscara dura y el ruezno separado se empacaron en bolsas plásticas y se mantuvieron a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su posterior estudio.

##### 2.1.2 Determinación inicial de humedad del pistache.

Se determinó la humedad inicial de fruto y ruezno por el método de estufa, para lo cual se pesaron 10 g de pistache, 10 g de ruezno y 10 g de cascara dura, previamente homogenizados, en una cápsula previamente puesta a peso constante. Las muestras se metieron en la estufa a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 24 h. Posteriormente se sacaron y enfriaron en un desecador por 20 min y finalmente se pesaron y se determinó el porcentaje de humedad total de las muestras. Esta determinación se realizó por triplicado (AOAC 925.20).

$$\text{HUMEDAD (\%)} = \frac{C_{mH} - C_{ms}}{C_{mH} - C} \times 100$$

Ecuación 1

##### 2.1.3 Determinación de las condiciones óptimas de secado del pistache

Las pruebas de secado consistieron en secado al sol (control), secado en horno sin aire y en secado en horno con aire. Antes de someter a cualquier tipo de secado los pistaches, se pesaron

en balanza analítica un promedio de 10 g de pistache. Para el secado en horno se utilizaron las siguientes temperaturas: 60 °C, 75 °C y 90 °C, el tiempo aproximado de secado se verificó en 6, 5 y 3 h respectivamente; en el caso del secado al horno con corriente de aire se utilizaron las mismas temperaturas variando el tiempo de secado inicialmente en 175 min, 150 min y 90 min respectivamente (Reza y Minaei, 2005). Posterior al secado, el producto se enfrió en un desecador y se pesó individualmente el pistache para determinar el contenido de humedad en función del tiempo, temperatura y tipo de secado. Para el secado al sol se realizó en una caja de secado (Kashani *et al.*, 2003), y se le colocó una malla para proteger la muestra de insectos y roedores, el proceso duró alrededor de 4 días (Tarango, 1993) o 36 h para alcanzar una humedad relativa de 6% (Ghazanfari *et al.*, 2003). Los pistaches se secaron hasta alcanzar un contenido de humedad total de 4-6%, ya que estos presentan mejor nitidez y dulzura, baja amargura, rancidez (Kader *et al.*, 1984). La humedad se obtendrá con la diferencia del peso del fruto fresco menos el seco entre el peso del producto fresco y multiplicado por 100 para obtener el porcentaje (AOAC 925.20, 2000).

#### **2.1.4 Análisis proximal del pistache**

Una vez obtenidas las condiciones óptimas de secado, el pistache seco se analizó en su composición química. Para lo cual la porción comestible del pistache se separó de la cáscara dura. El fruto se trituró en un procesador de alimentos a máxima velocidad durante 2 min. La muestra homogenizada se guardó en bolsas plásticas cerradas y se colocaron dentro de un desecador. Para el análisis proximal se determinó el contenido total de humedad por el método de estufa, cenizas por el método de calcinación e incineración en mufla, proteína por el método de Kjeldahl, grasa total por el método Soxhlet y carbohidratos totales por el método de diferencia, todos ellos de acuerdo a lo estipulado por la AOAC con algunas modificaciones. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

#### **2.1.5 Determinación inicial de humedad en subproductos: Ruezno y cáscara dura.**

Se determinó la humedad inicial del ruezno y de la cáscara por el método de estufa, para lo cual se pesaron 10 g de muestra en una cápsula previamente puesta a peso constante. La muestra se metió en la estufa a 105 °C durante 24 h. Posteriormente se sacaron y enfriaron en un desecador por 20 min y finalmente se pesaron y se determinó el porcentaje de humedad total de las muestras (Ec 1). Esta determinación se realizó por triplicado (AOAC 925.20).

#### **2.1.6 Determinación de las condiciones óptimas de secado del ruezno**

Para el secado del ruezno en horno sin corriente de aire se utilizaron las siguientes temperaturas: 60, 75 y 90 °C, el tiempo aproximado de secado se estimó en 12, 10, y 6 h respectivamente, en el caso de el secado en horno con corriente de aire se utilizaron las mismas

temperaturas variando el tiempo de secado en 6, 5 y 3 h respectivamente (Reza y Minaei, 2005). Posterior al secado el producto se enfrió en un desecador y se pesó para determinar el contenido de humedad en función del tipo de secado, tiempo y temperatura. La pérdida de humedad en los productos se obtuvo mediante la Ecuación 1 (AOAC 925.20, 2000). La humedad residual se calculó a partir de la humedad inicial ( $H_1$ ) menos la humedad eliminada ( $H_2$ ), tratando de lograr una humedad final del 10-12%. Por otro lado se utilizó la cáscara dura del pistache que se sometió al secado anteriormente mencionado y para obtener su humedad se comparó con una cáscara del pistache fresco. La humedad residual se obtendrá con la diferencia de humedad inicial menos la humedad final (AOAC 925.20, 2000).

### **2.1.7 Obtención de la harina de subproductos**

La obtención de las harinas (ruezo y cáscara dura) del pistache, se realizó de la siguiente manera: tanto el ruego y la cáscara dura seca se trituraron en un procesador comercial de alimentos a máxima velocidad hasta obtener un polvo fino el cual fue cribado en un tamiz (No. 70) de 212 micras (CODEX STAN, 1995). Las harinas se empacaron a vacío hasta su posterior análisis.

### **2.1.8 Análisis proximal de harinas de ruego y cáscara dura**

Para el análisis proximal se determinó para cada muestra el contenido total de humedad por el método de estufa, cenizas por el método de calcinación e incineración en mufla, proteína por el método de Kjeldahl, grasa total por el método Soxhlet y carbohidratos totales por el método de diferencia, todos ellos de acuerdo a lo estipulado por la AOAC con algunas modificaciones. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

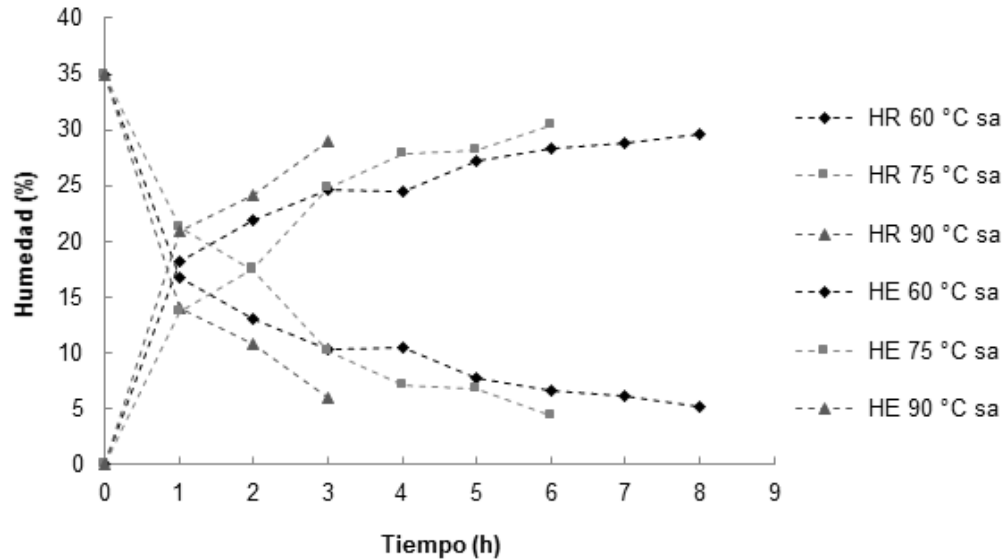
### **2.1.9 Análisis de datos**

Los datos obtenidos de las pruebas de secado (tiempo, temperatura, humedad), análisis proximal, se analizaron mediante pruebas *t-Student* y ANOVA haciendo comparaciones múltiples de Fisher. Todos los análisis se realizaron en el programa estadístico XLSTAT 2014.6 (Addinsoft, París, Francia). La prueba para significancia fue a  $p < 0.05$ .

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 Condiciones de secado controlado y al sol de pistache**

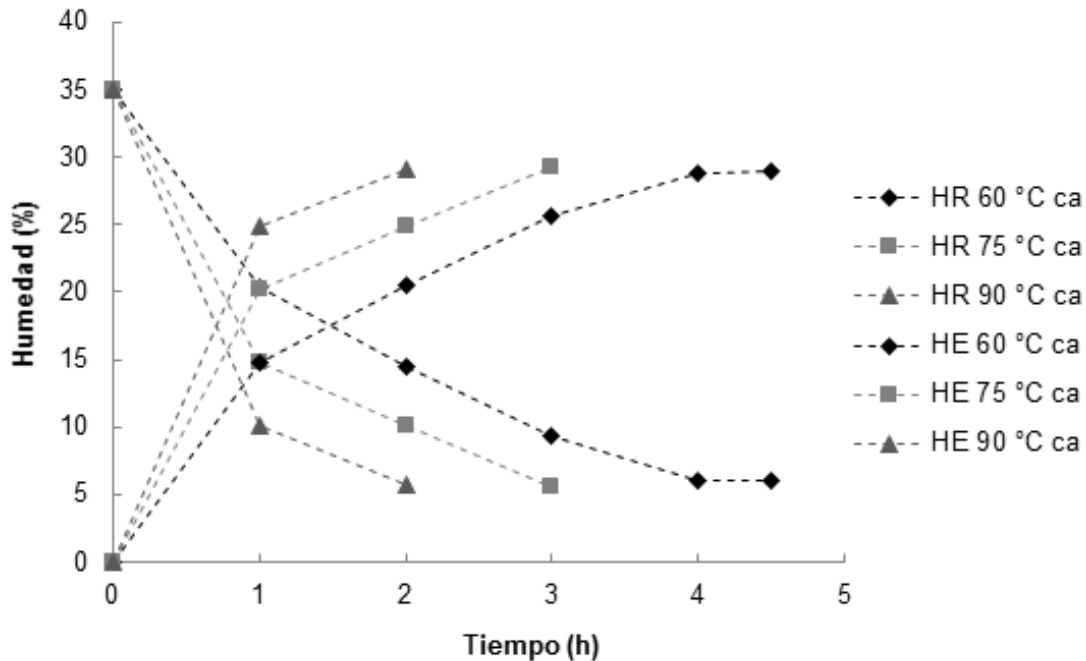
El pistache fresco (semilla con cáscara dura) tuvo un porcentaje de humedad promedio de  $35.10 \pm 1.64$ . En el proceso de secado del fruto se observó una relación directa entre el tiempo y el porcentaje de humedad eliminada (HE) del producto en todos los tratamientos. La Figura 1 muestra las curvas de desorción del pistache en las diferentes temperaturas de secado (60, 75 y 90 °C) y en condición sin flujo de aire (sa).



**Figura 1.** Secado de pistache en horno sin flujo de aire a diferentes temperaturas. HR - humedad residual, HE – humedad eliminada.

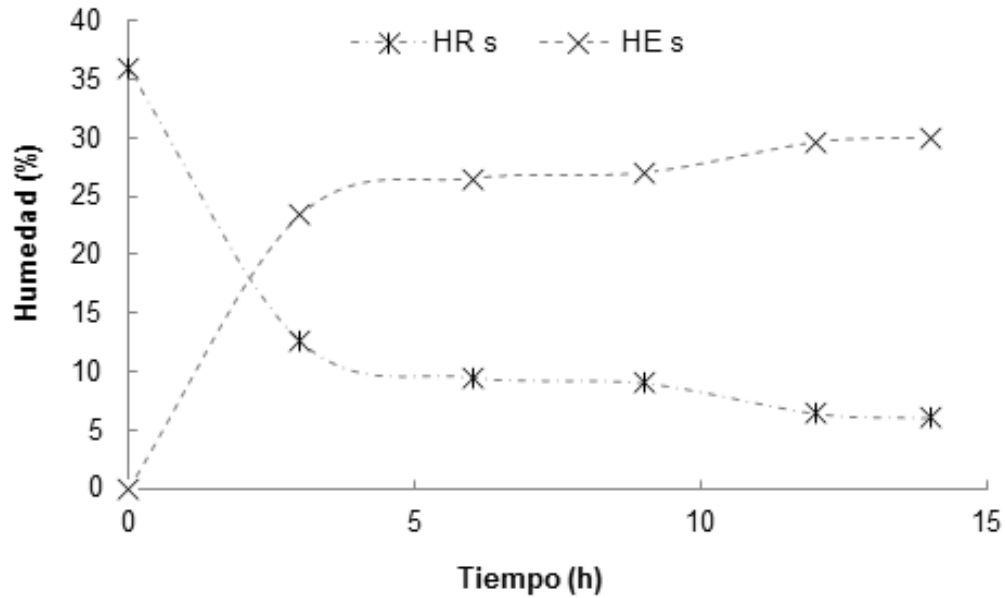
En este primer tratamiento los tiempos de secado hasta la obtención del producto fueron disminuyendo conforme incrementó la temperatura (8.0, 6.0 y 3.0 h respectivamente). Las temperaturas promedio de secado fueron de 60.1, 75.1 y 90.0 °C sa, manteniendo una temperatura del aire de salida ( $T_{as}$ ) de 42.5, 52.6 y 60.0 °C y una humedad relativa ( $H_r$ ) del aire de salida de 16.3, 13.3 y 11.0 % para cada caso.

El producto final mostró un contenido total de humedad de  $3.58 \pm 0.17$ ,  $3.65 \pm 0.09$  y  $3.48 \pm 0.13$  % respectivamente. El tratamiento de secado en horno con flujo de aire (ca) mostró mayor eficiencia en el tiempo de secado de la semilla (4.5, 3.0 y 2.0 h) a temperaturas promedio de 60.0, 75.0 y 90.0 °C respectivamente (Figura 2).



**Figura 2.** Secado de pistache en horno con flujo de aire a diferentes temperaturas. HR – humedad residual, HE – humedad eliminada.

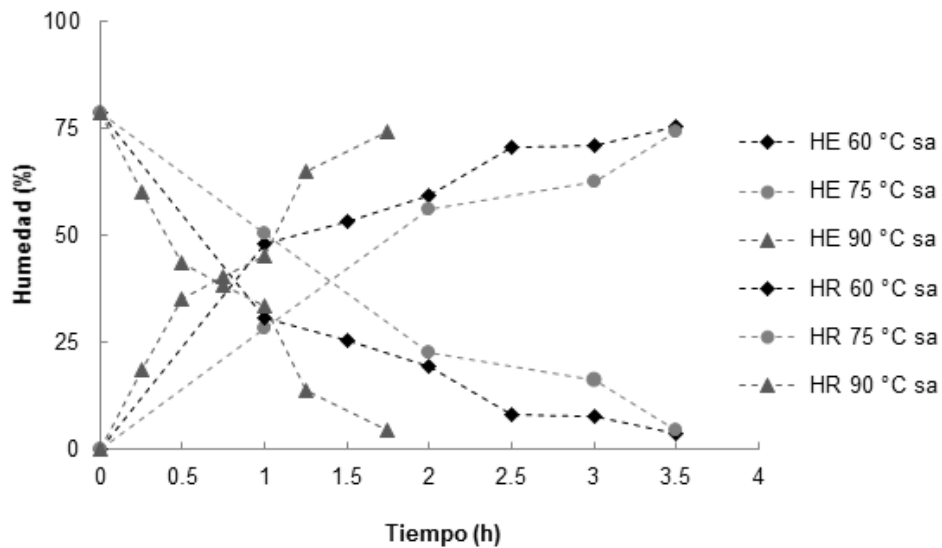
Las Tas se mantuvieron en 46.6, 55.5 y 60.6 °C y las Hr del aire de salida fueron 12.3, 11.7 y 20 % del aire de salida. El producto final mostró una humedad residual de  $3.83 \pm 0.03$ ,  $3.31 \pm 0.16$  y  $3.26 \pm 0.06$  % respectivamente. Se observó un decremento en la apariencia del producto debido al manchado de la cáscara dura (zonas cafés por efecto del calor) en los tratamientos a 75 y 90 °C sin y con flujo de aire, mientras que en el secado a 60 °C, sin y con flujo de aire la cáscara permaneció más clara dando un mejor aspecto al producto final. En el caso del pistache secado al sol (Ps), el tiempo de secado fue mayor, se mostró una relación directa entre el tiempo de exposición al sol y la eliminación de humedad del fruto. La Figura 3 se muestra la curva de desorción del fruto secado al sol, donde se necesitaron 14 h de secado al aire libre para obtener un porcentaje de humedad total de  $6.02 \pm 0.24$  %, con una temperatura ambiente promedio de 31.5 °C y una humedad relativa de 35.5 %.



**Figura 3.** Secado al sol de pistache. HR – humedad residual, HE – humedad eliminada.

#### 4.2 Secado del ruezno y obtención de harina

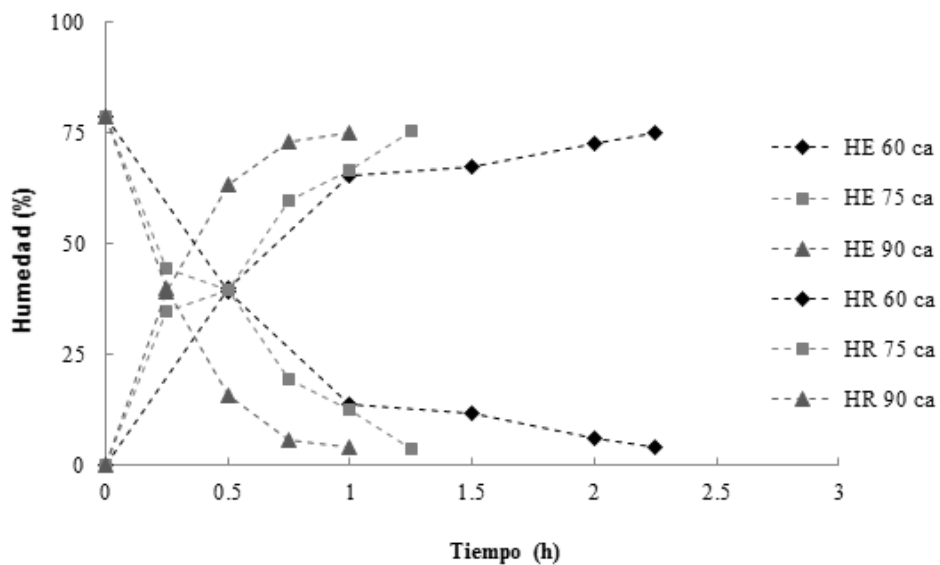
El ruezno (cubierta carnosa que cubre el fruto o semilla) presentó un porcentaje promedio de humedad de  $78.80 \pm 0.12$  %. La Figura 4 muestra las curvas de desorción del ruezno a diferentes temperaturas promedio de 58.8, 74.1 y 89.7 °C sin flujo de aire.



**Figura 4.** Secado de ruezno en horno sin flujo de aire a diferentes temperaturas. HR – humedad residual, HE – humedad eliminada.

El tiempo de secado del subproducto fue menor en la temperatura más alta de tratamiento (3.5, 3.5, 1.45 h, respectivamente). Las Tas se mantuvieron en 42.1, 51.1, 60.6 °C y la Hr del aire de salida fue de 14.1, 12.7 y 9.0 %. El subproducto final mostró un contenido de humedad de  $11.08 \pm 0.52$ ,  $11.85 \pm 0.58$ ,  $10.12 \pm 0.38$  % para cada tratamiento de secado sin aire, respectivamente.

Las curvas de desorción del ruezno con flujo de aire se muestran en la Figura 5, donde las temperaturas promedio se mantuvieron en 60.0, 75.0, 90.0 °C. El tiempo de secado disminuyó conforme aumentó la temperatura de secado (2.15, 1.15, 1.0 h, respectivamente), manteniendo las Tas en 48.5, 56.8, 62.5 °C y un porcentaje de Hr del aire de salida de 13.2, 9.5 y 12.6 %, en cada caso. El ruezno seco mostró una humedad promedio de  $8.96 \pm 0.52$ ,  $7.95 \pm 0.59$ ,  $6.71 \pm 0.38$  °C para cada uno de los tratamientos respectivamente.



**Figura 5.** Secado de ruezno en horno con flujo de aire a diferentes temperaturas. HR – humedad residual, HE – humedad eliminada.

Para el ruezno secado al sol la temperatura y la humedad promedio del medio ambiente fueron 30.8 °C y 30 %, respectivamente. Al contrario del secado controlado del ruezno, la humedad disminuyó más lentamente, requiriendo más tiempo de secado por no tener un control sobre la temperatura del ambiente. El ruezno seco mostró una humedad promedio final de  $18.86 \pm 0.39$ .



### **4.3 Composición proximal del pistache seco**

El análisis proximal del pistache secado sin y con flujo de aire bajo tres temperaturas diferentes y el secado al sol se muestra en la Tabla 1. Los datos indicaron que los productos tratados a 75 y 90 °C sin flujo de aire (sa) tuvieron mayor contenido de proteína en comparación con los otros cuatro tratamientos, en el caso del pistache secado al sol el contenido de proteína fue igual al reportado a 60 °C (sa), 60, 75 y 90 °C (ca). El contenido mayor de cenizas fue para el tratamiento a 90 °C (sa), en este caso el control (Ps), 75 °C (sa) y 90 °C (ca) fueron los que menor cantidad de minerales mostraron. En el contenido de grasa, los tratamientos a 60 y 90 °C (sa) y 75 °C (ca) tuvieron el mayor porcentaje en comparación con las muestras a 75 °C (sa) y 90 °C (ca). Finalmente, el tratamiento a 90 °C (ca) y 75 °C (sa) obtuvieron el mayor contenido de carbohidratos en comparación con los tratamientos 60 °C y 90 °C (sa). Los resultados no indicaron un patrón de variación en la composición del fruto seco por efecto de la temperatura o el tiempo de secado, por lo que las pequeñas diferencias presentadas en la composición del producto seco pueden deberse a la propia naturaleza y estado de madurez de los frutos tratados. Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que el pistache producido en el Valle de Juárez, después de un tratamiento de secado en condiciones controladas o al sol, tienen una composición promedio similar a la reportada para pistaches secos y tostados sin sal (proteína 20.9%, grasas 44.8% y carbohidratos totales 29.3%) (USDA, 2014) y esta composición puede variar entre una muestra y otra (proteína 19.3%, grasa 53.7% y carbohidratos totales 19%) (Vargas y Ledesma, 2008).

### **3.1.5 Composición proximal de subproductos de pistache**

La harina de ruezno obtenida mostró un contenido de proteína de 8.78 a 10.22 %, cenizas de 10.79 a 11.98 %, grasas 3.67 a 4.89% y carbohidratos 63.37 a 67.70% en mayor cantidad a lo reportado en otro estudio donde se analizó el ruezno de seis especies diferentes de pistacheros (Boga *et al.*, 2013). Los resultados indicaron que las muestras con mayor contenido de proteína fueron en 60 y 75 °C (ca), el que obtuvo menor porcentaje de proteína fue el tratamiento a 90 °C (sa), en el caso de Rs el contenido de proteína fue igual a los tratamientos 60, 75 °C (sa) y 90 °C (ca). En la composición de cenizas el secado a 60 °C (ca) tuvo el mayor contenido, mientras que el Rs, 60 y 75 °C (sa) tuvieron el menor porcentaje. En grasa la harina de ruezno secada a 90 °C (ca) y el menor contenido se presentó a 75 °C (ca) (Tabla I).

**Tabla I. Composición proximal del pistache y subproductos derivados**

Producto Tratamiento	Composición (%)			
	Proteína	Cenizas	Grasa	Carbohidratos Totales
<b>Pistache</b>				
PS	20.32 ± 0.47 <sup>b</sup>	2.95 ± 0.05 <sup>d</sup>	44.36 ± 1.66 <sup>b</sup>	26.35 ± 1.45 <sup>bc</sup>
P60sa	20.12 ± 0.31 <sup>b</sup>	3.14 ± 0.11 <sup>b</sup>	48.61 ± 0.59 <sup>a</sup>	24.54 ± 0.85 <sup>de</sup>
P75sa	21.49 ± 0.32 <sup>a</sup>	2.98 ± 0.01 <sup>cd</sup>	44.69 ± 1.16 <sup>b</sup>	27.07 ± 0.68 <sup>b</sup>
P90sa	21.71 ± 0.19 <sup>a</sup>	3.41 ± 0.05 <sup>a</sup>	48.04 ± 0.13 <sup>a</sup>	23.35 ± 0.03 <sup>e</sup>
P60ca	20.25 ± 0.17 <sup>b</sup>	3.15 ± 0.04 <sup>b</sup>	45.84 ± 0.11 <sup>b</sup>	26.93 ± 0.33 <sup>b</sup>
P75ca	19.96 ± 0.57 <sup>b</sup>	3.09 ± 0.10 <sup>bc</sup>	48.65 ± 0.24 <sup>a</sup>	24.99 ± 0.62 <sup>cd</sup>
P90ca	19.87 ± 0.56 <sup>b</sup>	2.99 ± 0.10 <sup>cd</sup>	44.62 ± 0.12 <sup>b</sup>	29.26 ± 0.76 <sup>a</sup>
<b>Harina de Ruezno</b>				
RS	9.08 ± 0.16 <sup>bc</sup>	10.40 ± 0.26 <sup>e</sup>	4.55 ± 0.19 <sup>b</sup>	57.73 ± 0.06 <sup>e</sup>
R60sa	9.34 ± 0.01 <sup>b</sup>	10.79 ± 0.30 <sup>de</sup>	4.47 ± 0.05 <sup>b</sup>	63.97 ± 1.08 <sup>cd</sup>
R75sa	9.52 ± 0.15 <sup>b</sup>	10.87 ± 0.16 <sup>cde</sup>	4.39 ± 0.01 <sup>b</sup>	63.37 ± 0.76 <sup>d</sup>
R90sa	8.78 ± 0.02 <sup>c</sup>	11.41 ± 0.32 <sup>b</sup>	3.68 ± 0.01 <sup>d</sup>	65.15 ± 1.78 <sup>bc</sup>
R60ca	10.09 ± 0.15 <sup>a</sup>	11.98 ± 0.35 <sup>a</sup>	3.67 ± 0.07 <sup>d</sup>	65.29 ± 0.15 <sup>bc</sup>
R75ca	10.22 ± 0.47 <sup>a</sup>	11.36 ± 0.26 <sup>bc</sup>	4.13 ± 0.00 <sup>c</sup>	66.34 ± 0.51 <sup>ab</sup>
R90ca	9.48 ± 0.28 <sup>b</sup>	11.21 ± 0.41 <sup>bcd</sup>	4.89 ± 0.19 <sup>a</sup>	67.70 ± 0.86 <sup>a</sup>
<b>Harina de Cáscara Fina</b>				
CF60sa	0.85 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.39 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.19 ± 0.00 <sup>d</sup>	94.39 ± 0.09 <sup>a</sup>
CF75sa	1.02 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.39 ± 0.00 <sup>ab</sup>	1.74 ± 0.02 <sup>a</sup>	94.56 ± 0.03 <sup>a</sup>
CF90sa	1.13 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.33 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.96 ± 0.00 <sup>c</sup>	93.75 ± 0.25 <sup>c</sup>
CF60ca	0.51 ± 0.00 <sup>e</sup>	0.29 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.19 ± 0.00 <sup>d</sup>	94.09 ± 0.18 <sup>b</sup>
CF75ca	0.55 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.39 ± 0.00 <sup>ab</sup>	0.96 ± 0.00 <sup>c</sup>	94.47 ± 0.04 <sup>a</sup>
CF90ca	0.34 ± 0.00 <sup>f</sup>	0.40 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.15 ± 0.00 <sup>b</sup>	93.92 ± 0.17 <sup>bc</sup>
<b>Cascarilla Gruesa</b>				
CG60sa	0.68 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.19 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.77 ± 0.03 <sup>b</sup>	93.04 ± 0.07 <sup>b</sup>
CG75sa	0.51 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.20 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.82 ± 0.00 <sup>a</sup>	94.05 ± 0.29 <sup>a</sup>
CG90sa	0.67 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.20 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.38 ± 0.00 <sup>c</sup>	94.31 ± 0.28 <sup>a</sup>
CG60ca	0.56 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.10 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.75 ± 0.00 <sup>b</sup>	92.45 ± 0.30 <sup>b</sup>
CG75ca	0.33 ± 0.00 <sup>f</sup>	0.20 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.19 ± 0.00 <sup>d</sup>	94.19 ± 0.25 <sup>a</sup>
CG90ca	0.34 ± 0.00 <sup>e</sup>	0.10 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.13 ± 0.00 <sup>e</sup>	93.79 ± 0.64 <sup>a</sup>

Valores medios ± DE. P – pistache, R – harina de ruezno, CF – haría de cáscara fina, CG – cascarilla gruesa, s – secado al sol, sa – tratamiento sin flujo de aire, ca – tratamiento son flujo de aire. Comparaciones por producto. Letras diferentes indican diferencia significativa  $p < 0.05$

Por último para carbohidratos, los tratamientos 75 y 90 °C (ca) presentaron el mayor contenido de este nutriente, mientras que el menor fue para Rs. No se observó una relación entre la composición de la harina de ruezno con respecto a la temperatura y tiempo de los tratamientos; por lo que las pequeñas diferencias composicionales pueden deberse al propio crecimiento, estado de maduración, cosecha y condición post-cosecha del fruto. El ruezno es la porción del exocarpio y mesocarpio que rodea al fruto y lo protege durante su crecimiento. En la harina de cáscara fina y la cascarilla gruesa mostraron un alto contenido de carbohidratos totales y un bajo contenido de grasa en general.

## 5. CONCLUSIONES

- El secado controlado de pistache a 60 °C sin y con flujo de aire durante 8.0 y 4.5 h respectivamente fueron los mejores tratamientos que permitieron obtener un producto con una la humedad promedio 3.5% y una buena apariencia del producto.
- El secado controlado optimizó el tiempo y contenido de humedad final del producto en comparación con el secado tradicional al sol. El tratamiento a 60 °C sin y con flujo de aire y el secado al sol mostraron la mejor apariencia en el producto final.
- El proceso secado del pistache en horno y al sol no afectó la composición química del fruto. Particularmente el pistache del Rancho Universitario tuvo un adecuado contenido en nutrientes, similar a lo reportado internacionalmente para este fruto.
- La harina de ruezno obtenida tuvo un importante contenido de proteína, minerales y carbohidratos similar a algunos cereales y superior al de frutas y hortalizas.
- La harina de cáscara fina y la cascarilla gruesa contienen principalmente carbohidratos, cuyo uso potencial podría ser considerado en el diseño y desarrollo de nuevos alimentos destinados al consumo humano y/o animal.

En general, la estandarización del proceso de secado en horno del pistache del Valle de Juárez y de sus subproductos, permitió obtener un fruto seco, con buena apariencia, composición nutrimental y estabilidad para el almacenamiento. El tratamiento evitó el deterioro del fruto por acción de microorganismos o por reacciones químicas propias del fruto. Asimismo, el uso de subproductos derivados de la cosecha y comercialización del pistache pueden convertirse en harinas y cascarillas, cuyo aporte nutrimental puede ser aprovechado en el desarrollo e innovación de nuevos alimentos de consumo humano y/o animal.

## REFERENCIAS

- Adu, B., Otten, L., & Brown, R.B. 1994. Modeling thin layer microwave drying of soybeans. *Canadian Agricultural Engineering*. 36(3): 135–141.
- Agustí, M. *Fruticultura: Mundi Prensa Libros*. Barcelona, España. 2004. 493 p.
- APG American Pistachio Growers (2013) History of American Pistachio Growers. Consultado: 1 September 2014. Disponible: [www.Americanpistachiogrowers](http://www.Americanpistachiogrowers)
- Corral DB (2010) Producción de Pistache para el Valle de Juárez. 3<sup>er</sup> Día de Campo, Rancho Universitario, Praxedis G. Gro. 8p.
- Couceiro F, Guerrero J, Gijón MC, Moriana E, Pérez D, Rodríguez M (2013) El Cultivo del Pistacho. Mundi-Prensa, España.
- Díaz, J. 2004. Descubre los frutos exóticos. Copitel. Madrid, España. 455 p.
- Duarte, S. & Villamil, L. 2006. Micotoxinas en la salud pública: *Rev. Salud Pública*. 8 (1): Dilkin, P. Zorzete, P. Mallmann, C. Gomes, J. Utiyama, C. Oetting, L. & Correa, B. 2003. Toxicological effects of chronic low doses of aflatoxina B1 and fumonisin B1 containing *Fusarium moniliforme* culture material in weaned piglets. *F. and Ch. Tox.* 41: 1345-1353.
- García VCC (2012) Análisis proximal de *Pistacia vera* cultivados en el rancho Universitario del Valle de Juárez. Tesis Licenciatura Química. UACJ. 38p.
- Garza Almanza, Victoriano, 2000-2002. Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en américa latina: realidad y potencial. Estudio general del caso Valle de Juárez, México, Ciudad Juárez, Chihuahua.
- Garza V (2001) Estudio general del caso Valle de Juárez, México. Proyecto Regional Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: Realidad y potencial. Convenio IDRC-OPS/HEP/CEPIS. México. 74p.
- Ghazanfari Ahmad i, Tabil Jr Lope & Sokhansanj Shahab. 2003. Evaluating a Solar Dryer for In-Shell Drying of Split Pistachio Nuts. *Drying Technology*. 21, (7); 1357–1368.
- Ghazanfari, A., Tabil, L.G. & Sokhansanj, S. 2003. Evaluating a solar dryer for in-shell drying of split pistachio nuts. *Drying Technology*. 21 (7); 1357–1368.
- Gimeno, Eva. 2002. Frutos secos y salud; *Ámbito Farmacéutico. Nutrición*. 21,( 11); 90.
- Hutt, W., Meiering, A., Oelschlager, W. & Winkler, E. 1978. Grain Contamination in drying with direct heating. *Canadian Agricultural Engineering*. 20, (2): 103–107.
- INFOAGRO 2014. Información para el Sector Agropecuario. Accesado el [02 de diciembre 2014](http://www.infoagro.com/frutas/frutos_secos/pistacho2.htm).  
Obtenido de: [http://www.infoagro.com/frutas/frutos\\_secos/pistacho2.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutos_secos/pistacho2.htm).
- Kader, A.A., Heintz, C.M., Labavitch, J.M., & Rae. H.L. 1982. Studies related to the description and evaluation of pistachio nut quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107, (5); 812–816.
- Kader, A.A., Heintz, C.M., Labavitch, J.M., & Rae. H.L. 1982. Studies related to the description and evaluation of pistachio nut quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107, (5); 812–816.

- Kashani Nejad M., Tabil L. G., Mortazavi A., Safe Kordi A., 2003. Effect of Drying Methods on Quality of Pistachio Nuts. *Drying Technology*. 21, (5): 821–838.
- [Klauning JE, Kamenduis LM. Chemical carcinogens. In: Klaassen CD, ed. Casarett & Doull Toxicology. The Basic Science of Poisons, New York, McGraw-Hill, 2008.](#)
- Krskovich, Jorge; Sánchez, Nicolás R.; Lazcano; Myrian M. Pavicich; Graciela B.; Ruiz Diaz, Ramón A.; García, Enrique O.; “Hipercolesterolemia y factores riesgos asociados: prevalencia en estudiantes de medicina entre 18 y 25 años”; Facultad de Medicina, UNNE; Corrientes, Argentina; 2002. 2- 3 p.
- Lopez, A., Pique, M.T., Boatella, J., Parcerisa, J., Romero, A., Ferran, A. & Garcia, J. 1997. Influence of drying on the hazelnut quality. I. Lipid oxidation. *Drying Technology*. 15; 965–977.
- Mahan Kathleen L., Escott-Stump Sylvia. & Raymond L. Janice. Krause Dietoterapia. 13ª Edición, Editorial Elsevier, Barcelona España. . 2013. 41-44, 48-51, 70-71, 82-83, 85.
- Moradi M, Javanshah A (2006) Distribution of aflatoxin in processed pistachio nut terminals. *Acta Hort (ISHS)*. 726: 431–436.
- Perales de la CMA (1977) Rentabilidad y Perspectivas del pistacho en el estado de Chihuahua. Informe de Investigación SAGAR-INIFAP-CEVAJ. 20p.
- Pons, A.; Tur, J.A.; “Consumo e impacto nutricional de los frutos secos”; Comité Científico Fundación Nucis; Barcelona; [www.nucis.org](http://www.nucis.org)
- Reyes, M. y Lavín, A. 2004. Frutales: Especies con potencial en el secano interior. Boletín del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chillán, Chile.149p.
- Reza Gazor Hamid, Minaei Saeid, 2005. Influence of Temperature and Air Velocity on Drying Time and Quality Parameters of Pistachio (*Pistacia vera L.*). *Drying technology*. 23: 2463–2475
- Ruiz C., J. A., Medina G., G., González A., I. J., Ortiz T., C., Flores L., H. E., Martínez P., R. A. & Bierly M., K. F. 1999. Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Centro de Jalisco. Libro Técnico Núm. 3. Conexión Gráfica, Guadalajara, Jalisco, México. 324 p.
- Sabaté, Joan; Oda, Keiji; Ros, Emilio. 2010 “Nut Consumption and Blood Lipid Levels”; *American Medical Association*; California. 824-825 p.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Accesado el 10 de septiembre de 2014. Obtenido de <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- Salas, J. Ros, E. & Sabaté, J. *Frutos secos, salud y culturas mediterráneas: Glosa*. Barcelona, España. 2005. 337p.

- Salas-Salvado J & Diekman C. 2014. Universitat Rovira I Virgili and Hospital Universitari de Sant Joan de Reus, Spain; University Nutrition, Washington University, St. Louis; *CMAJ*. Accesado el 18 de noviembre de 2014. Obtenido de [http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/news/fullstory\\_148939.html](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/news/fullstory_148939.html)
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2012) Avances de siembras y cosechas por estado. SAGARPA. Consultado: 2 septiembre 2014. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/avance-de-siembras-y-cosechas-por-estado/>
- SIAVI. Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI). Consultado el 28 de septiembre, 2014. Obtenido de <http://www.economiasnci.gob.mx/siavi4/fraccion.php?tigie=08025001#>
- Souci, S. W., Fachmann, W. & Kraut, H. 1994. *Food Composition and Nutrition Tables*. 5th revised and completed edition; Medpharm; Stuttgart; 932-956 p.
- Tarango Rivero, Héctor Socorro, 1993. *El cultivo del pistachero*. Departamento editorial de la Universidad Autónoma de Chihuahua Chihuahua., México. 1993. 127-137 p.
- United States Department of Agriculture (USDA) Agricultural Research Service National Nutrient Database. (2014). Consultado en <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3718?manu=&fgcd=>
- Vargas, Guitiérrez D. & Ledesma, Solano J. Á. (2008). Alimentos comunes, medidas caseras y porciones, Guía visual y contenido nutricional de los alimentos. México: Mc Graw Hill.
- West G. Sheila, Gebaue K Sarah, Kay D. Colin, Savastano M. David, Diefenbach Christopher, Bagshaw M. Deborah & Kris-Etherton M. Penny. 2012. Diets Containing Pistachios Reduce Systolic Blood Pressure and Peripheral Vascular Responses to Stress in Adults With Dyslipidemia. NIH Public Access. 60, (1); 1-15.
- Williams JH, Phillips TD, Jolly PE, Stiles JK, Jolly CM, Aggarwal D. Human aflatoxicosis in developing countries: a review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. *Am J Clin Nutr*. 2004; 80(5):1106–1122.

## Productos generados

- Tesis de Licenciatura en Nutrición. Estandarización de las condiciones de secado controlado y su efecto sobre el valor nutrimental del pistache del Valle de Juárez. Cynthia Liliana Gómez Lara. Diciembre 2015. 61 pp.
- Presentación Oral. 1er Encuentro Estatal de Investigación e Innovación con los Sectores Productivos y de Servicios. Chihuahua 2014.