



COMPARACIÓN DE TÉCNICAS DE DESHIDRATACIÓN DE CARNE DE RES, NATURAL Y POR FLUJO DE AIRE CALIENTE

[COMPARISON OF BEEF DEHYDRATION TECHNIQUES, NATURAL AND BY HOT AIR FLUX]

E. Aldaba-Mendoza¹, M. A. Araiza-Esquivel¹, C. A. Almaraz de Horta², B. Rodríguez-Manrique³, L. Delgadillo-Ruiz⁴, C. A. Olvera-Olvera¹, A. López-Martínez¹, A. A. Ortiz-Hernández^{3§}

¹Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, UAZ. ²Ingeniería en Sistemas Computacionales, UPIIZ-IPN. ³Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Zacatecas & DryLab-AORTech, Research Department. ⁴Laboratorio de Biotecnología, Universidad Autónoma de Zacatecas. [§]Autor para correspondencia: (aaortizhernandez@upz.edu.mx).

RESUMEN

Debido a la creciente demanda de alimentos nutritivos que garanticen una alimentación balanceada, se ha incrementado el consumo de alimentos deshidratados en nuestra sociedad. En este trabajo de investigación se hace una comparación de la eficiencia de dos técnicas de deshidratación utilizando carne de res como objeto de estudio. Se compararon, el secado natural contra la técnica de secado por flujo de aire caliente, que es de los métodos artificiales, la más utilizada. Para su estudio se cortaron muestras de tamaño homogéneo y sistemáticamente se variaron los tiempos de deshidratado en cada una de las técnicas empleadas, obteniendo como resultado, tablas y gráficas comparativas de pérdida de masa y humedad, además se determinaron las características físicas del producto final, se obtuvieron algunos parámetros de calidad. El contenido nutricional del producto final se podrá complementar con la caracterización química de los productos finales. Se realizaron pruebas de deshidratación de carne por medio de un deshidratador comercial de flujo de aire caliente $T \approx 70^{\circ}\text{C}$ y se simuló la técnica de secado natural a cielo abierto con ayuda de un reflector de halógeno, simulando las condiciones de temperatura $25^{\circ}\text{C} \leq T \leq 35^{\circ}\text{C}$ y flujo de aire natural, simulado en condiciones controladas en laboratorio. Los resultados de la caracterización física de la deshidratación por flujo de aire caliente se asemejan más a las deseadas para un producto comercial. En conclusión, la técnica de secado natural tarda más del doble de tiempo en retirar el mismo porcentaje de humedad contenida en la carne que la técnica de secado por flujo de aire caliente.

Palabras clave: Alimentos deshidratados, carne seca.

ABSTRACT

Due to the growing demand for nutritious food that guarantees a balanced diet, the consumption of dehydrated foods in our society has increased. In this research work a comparison is made of the efficiency of two dehydration techniques using beef as the object of study. The natural drying against the hot air flow drying technique, which is the most commonly used artificial methods, was compared. For their study, samples of homogeneous size were cut and the dehydration times in



each of the techniques used were systematically varied, obtaining as a result, comparative tables and graphs of mass and moisture loss, in addition the physical characteristics of the final product are determined, some quality parameters were obtained. The nutritional content of the final product can be complemented with the chemical characterization of the final products. Meat dehydration tests were carried out by means of a commercial hot air flow dehydrator $T \approx 70^{\circ}\text{C}$ and the natural drying technique was simulated in the open sky with the help of a halogen reflector, simulating the temperature conditions $25^{\circ}\text{C} \leq T \leq 35^{\circ}\text{C}$ and natural air flow, simulated in controlled laboratory conditions. The results of the physical characterization of dehydration by hot air flow are more similar to those desired for a commercial product. In conclusion, the natural drying technique takes more than twice the time to remove the same percentage of moisture contained in the meat as the hot air flow drying technique.

Index words: Dehydrated food, dried meat.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha tenido un crecimiento significativo relacionado con el consumo de alimentos deshidratados, principalmente por la demanda de alimentos naturales, nutritivos y saludables (Luna-Guevara y Guerrero-Beltrán, 2010). La carne es la parte comestible de los músculos de los animales, se considera como un alimento altamente proteico y al ser incluida en nuestra dieta diaria aporta entre el 15% y 20% de proteínas, ya que proporciona todos los aminoácidos necesarios para su síntesis en el cuerpo humano. También es la mejor fuente de hierro y vitamina B12. El contenido de agua de la carne oscila entre un 50% y 80% (Neira-Izquierdo y Ponce-Choéz, 2019).

La calidad depende del tipo de carne que se desee consumir y del animal del cual es proveniente, varía con la raza, el sexo, el tipo de alimentación, edad, etc. Puede ser obtenida de animales exclusivamente criados para consumo o de animales provenientes de otras actividades (Neira-Izquierdo y Ponce-Choéz, 2019; García Díaz *et al.*, 1989).

La producción de carne de bobino a nivel mundial se ha incrementado 1.4% anualmente en la última década, mientras que en México se mostró un crecimiento del 1.8% (FIRA, 2017). Además, la producción de ganado se ha convertido en una gran oportunidad de comercio nacional e internacional, con una gran participación en la exportación hacia otros países (Génesis Consultoría, 2009).

El consumo de carne es altamente recomendado para tener una dieta equilibrada y saludable ya que aporta las cantidades necesarias de aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales y ácidos grasos que requiere el organismo. La carne es uno de los alimentos más perecederos por ello requiere mayor cuidado en su manipulación y transporte, para evitar la generación de bacterias y evitar su descomposición (Rubio-Lozano *et al.*, 2012.), por ello se han implementado técnicas de deshidratación para su conservación.



En varios estados del país se tiene como costumbre secar la carne de manera natural o artificial para conservarla por más tiempo y posteriormente consumirse, ejemplo de ello es la gastronomía regiomontana. La carne seca conserva sus propiedades nutricionales y puede consumirse directamente o cocinarse previamente (García *et al.*, 1989).

Es bien sabido que desde el inicio de la civilización se intentaba preservar el alimento durante un periodo de tiempo más prolongado para satisfacer sus necesidades alimentarias en tiempos de escasez y una de las técnicas más utilizadas fue la deshidratación (García-Díaz *et al.*, 1989). Al día de hoy, se ha encontrado que incluir alimentos deshidratados dentro de nuestra dieta diaria conlleva a mejorar nuestra salud (Salas-Salvadó *et al.*, 2005). Por otro lado en el área de la industria se puede comercializar mejor un alimento deshidratado, ya que tanto el almacenamiento como el transporte se vuelven más rentables (Marín-B *et al.*, 2006). De ahí nace la importancia de la optimización de las técnicas de deshidratación, ya que, gracias a este proceso, es posible comercializar dentro y fuera de nuestro país carne en buenas condiciones y libre de patógenos, llegando hasta el consumidor final sin la necesidad de mantener una cadena de distribución en ambiente controlado ($T > 4^{\circ}\text{C}$ para producto fresco y $T > -12^{\circ}\text{C}$ para carne congelada).

La deshidratación es una de las técnicas más antiguas empleadas para la preservación de alimentos, que de acuerdo a la literatura este proceso consiste en la transferencia de calor y de masa simultáneamente. Las características físicas del producto, tales como el peso, tamaño, color y textura, cambian durante el proceso de deshidratación, de igual manera parámetros como el contenido de humedad y el coeficiente de transferencia de masa entre el producto y los alrededores varían de acuerdo al tiempo de deshidratación (Méndez-Robles *et al.*, 2018).

Es importante saber que existen múltiples técnicas de deshidratación que permiten obtener productos de calidad, que no afectan el contenido nutricional de los alimentos deshidratados. Entre las técnicas más relevantes para este trabajo se encuentran las siguientes:

La deshidratación a cielo abierto o natural, es un método usado tradicionalmente para la conservación de alimentos, consiste en exponer directamente los productos a los rayos del sol, normalmente sobre azoteas sin protección alguna. En este método los alimentos pueden ser contaminados por agentes presentes en el medio que los rodea, como lo son: el polvo, los microorganismos y la fauna, además de las condiciones climatológicas de cada zona geográfica, lo que conlleva a una mala calidad en el producto final y pérdidas por contaminación o putrefacción.

Existen alternativas que ayudan a preservar los alimentos de las condiciones ambientales, dichas alternativas son los secadores solares que son diseñados especialmente para el tipo de alimento que se desea deshidratar. Aunque es un método económico y permiten reducir el tiempo de secado, depende totalmente de las condiciones climáticas a las que es sometido el producto durante el periodo de deshidratación y tiende a contaminarse con agentes extraños (Castillo-Téllez *et al.*, 2018; Fonseca *et al.*, 2000).



La técnica más aplicada dentro de métodos artificiales es la deshidratación por flujo de aire caliente, la cual consiste en hacer, como su nombre lo dice, fluir aire caliente a través del recipiente que contiene al alimento a deshidratar, por medio de dicho flujo se logra evapora el agua contenida en el alimento evitando así el desarrollo de microorganismos que puedan dañar sus propiedades organolépticas. Durante el proceso existen cambios en los atributos originales de los alimentos. Según la literatura consultada para la deshidratación de frutos, se recomienda que la temperatura del aire se encuentre dentro de cierto rango (de 40°C a 80°C) ya que fuera de éste se obtiene un producto final de mala calidad (García-Pereira *et al.*, 2013; González *et al.*, 2008; Condorí *et al.*, 2006).

La deshidratación por microondas es considerada como uno de los procesos que permite un menor tiempo de secado (Karam *et al.*, 2016). Este proceso se da en tres etapas, en la primera, la energía de microondas es convertida en energía térmica. En la segunda, la energía térmica es utilizada para retirar la humedad del alimento. Por último, en la tercera etapa el bajo contenido de humedad en las muestras es retirada rápidamente, ya que es menor que la energía que inducen las microondas. Según la literatura analizada, se ha encontrado que las microondas mejoran el aroma, color y contenido nutricional de los productos (Karam *et al.*, 2016), aunque por otra parte, también se encontró que las proteínas pueden ser desnaturalizadas (García-Paternina *et al.*, 2015).

La deshidratación por inducción electromagnética y bajas presiones es una nueva técnica en proceso de validación que permitirá reducir recursos en su aplicación además de la obtención de productos de mayor calidad (Ortiz-Hernández *et al.*, 2017). El sistema de deshidratación se fundamenta en la eficiencia lograda en la transferencia energética para los sistemas de inducción electromagnética (Picon *et al.*, 2007) aunado al conocimiento de las propiedades fisicoquímicas del agua documentadas en el diagrama de fases del agua, donde se puede observar que en condiciones de presión relativa menor a la atmosférica se logra alcanzar el punto de ebullición del agua a menor temperatura.

El objetivo de esta investigación es comparar la deshidratación natural (Deshidratación Natural Simulado, SNS) y la Deshidratación por Flujo de Aire Caliente (SFAC), se eligió la carne de res por su disponibilidad a nivel mundial y por sus altos contenidos proteicos, además de ser parte de la dieta recomendada. Se midió la pérdida de masa a medida que el tiempo de deshidratación transcurre de manera simultánea en cada uno de los sistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La carne empleada es proveniente de cadenas comerciales con altos estándares de calidad de sus productos y proveedores. Se utilizó carne magra de res, cortada en láminas de 5±2mm de espesor, fue lavada y cortada en rectángulos regulares de (100 X 60) mm en promedio (±1.9 mm), cada muestra fue debidamente etiquetada y se determinaron sus dimensiones (largo, ancho y espesor)



con ayuda de un Vernier digital ($\pm 0.01\text{mm}$), seguido de la medición de masa de cada muestra utilizando una báscula digital ($\pm 0.01\text{g}$).

Se realizó el pretratamiento de la materia prima en el cual cada trozo de carne fue sumergido durante 1 minuto en una solución de benzoato de sodio ($\text{C}_7\text{H}_5\text{NaO}_2$) al 1% en volumen, para evitar la proliferación de hongos en la carne durante su almacenamiento posterior al proceso.

Para la deshidratación por flujo de aire caliente, se utilizó un deshidratador comercial modelo *Nesco-Garden master-pro-deshidratador*, en el cual se colocaron las muestras de manera ordenada en cada una de las cuatro charolas que componen al deshidratador, y se procedió a deshidratar a una temperatura de 71°C durante 8.5h. Durante dicho tiempo se tomaron muestras después de 5h y 8.5h de deshidratación y se fueron registrando las medidas para determinar la pérdida de humedad durante el proceso.

La deshidratación natural a cielo abierto se simuló colocando las muestras en posición horizontal y a 25cm en línea perpendicular se colocó un reflector halógeno de 500 Watts, marca ROTTER®, modelo RO2750, alcanzando temperaturas desde 25°C hasta 35°C en promedio, medidos en la superficie de las muestras con un termómetro Infrarrojo (0.01°C). Fueron expuestas 6 muestras en una charola debajo del reflector durante 19.08h, se tomaron medidas de masa y dimensiones geométricas después de 10.36 y 19.08 h para determinar la pérdida de humedad.

Se realizaron registros de masa (g) de cada muestra durante el proceso de deshidratación y se determinó el porcentaje de pérdida de humedad mediante la ecuación (1):

$$\%H_m = \frac{m_f}{m_i} \times 100 \quad (1)$$

Dónde: $\%H_m$: es el porcentaje de humedad presente en la muestra; m_i : es la masa inicial de la muestra; m_f : es la masa final de la muestra.

El análisis estadístico empleado en este estudio es de tipo multivariable, ya que además de variar el tiempo de secado y la temperatura a la que están expuestas las muestras, para comparar los métodos de deshidratación aplicados. Así mismo, se promedió la pérdida de humedad de las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de este trabajo se realizó mediante el software de Origin 8 Pro, con el cual se promedió la pérdida de humedad y de masa respecto al tiempo. En el Cuadro 1 se pueden observar los datos obtenidos de cada uno de los 2 métodos. En el Cuadro 1 se muestra, principalmente la pérdida de masa y de humedad del Deshidratado Natural Simulado (DNS) durante dos periodos de tiempo diferentes: transcurridas 10.36 y 19.08 horas de deshidratación, así como sus condiciones iniciales en el tiempo 0. Durante el primer lapso, se puede notar que se perdió



poco más del 50% de humedad viéndose reflejado en la masa que poseen en promedio las muestras. De igual manera, se puede observar que después de 19.08 horas se perdió casi el 70% de masa, logrando llegar a una masa final de 10 g.

Cuadro 1: Relación de pérdida de masa en función del tiempo por: Técnica de Deshidratación Natural Simulada y Deshidratación por Flujo de Aire Caliente.

Método	Tiempo (h)	Masa (g)	Masa total (%)
Deshidratación Natural	0.00	33.84	100.00
Simulada (DNS)	10.36	15.66	46.18
	19.08	10.00	29.56
Deshidratación por Flujo de Aire Caliente	0.00	31.54	100.00
(DFAC)	5.00	9.21	29.19
	8.50	8.67	27.47

Para el segundo método de deshidratación, que es el Deshidratación por Flujo de Aire Caliente (DFAC), se observan igualmente dos periodos de tiempo, correspondientes a 5 y 8.5 horas de deshidratación y sus condiciones iniciales en el tiempo 0. En este método, después de 5 horas de deshidratación se logró retirar casi el 70% de masa de la muestra, y después de 8.5 horas se retiró el 72.8% de masa. En la Figura 1 se muestran las gráficas del porcentaje de masa que se fue perdiendo durante el tiempo de deshidratado.

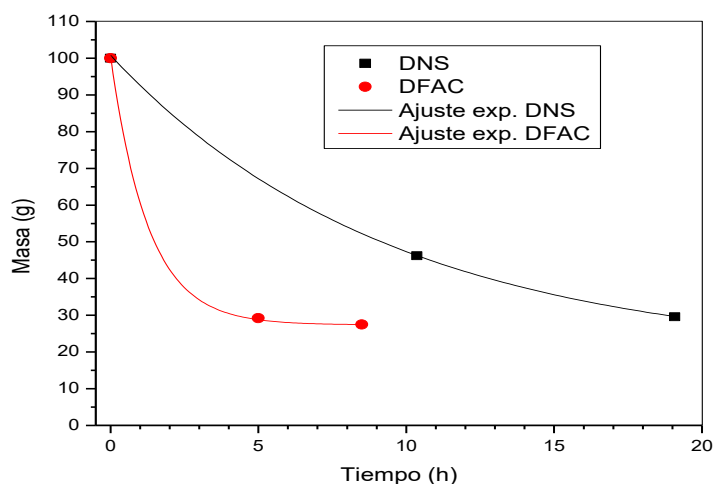


Figura 1. Comparativo del porcentaje de masa perdida (Humedad) por unidad de tiempo, entre las dos técnicas utilizadas, (DFAC y DNS).

En ambos casos los puntos obtenidos de las mediciones de masa a lo largo de los diferentes tiempos de deshidratación, se logran ajustar a una funciones exponenciales decrecientes, para el caso de la DFAC, la función es $f(x) = 82.21032 * e^{-(k/9.51426)} + 18.60364$ mientras que para el DNS $f(x) = 73.33632 * e^{-(k/1.26396)} + 27.38978$.



CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que la técnica de deshidratación por flujo de aire caliente retira la humedad en promedio 5 veces más rápido que la técnica de DNS para una humedad relativa del 40%, es decir, las muestras pierden mayor porcentaje de humedad en menor tiempo. El porcentaje de base seca de la carne empleada para este experimento fue de 27.47%, ya que con la técnica de SFAC la carne se continuó deshidratando hasta que no existió variación en la masa de las muestras, el tiempo necesario fue de 8.5 h, mientras que en la simulación de el secado natural después de 19.08h continuas no se llegó al porcentaje de base seca de las muestras.

En el presente trabajo se muestran los primeros resultados de la línea de investigación en vías de desarrollo referente al empleo de diferentes técnicas de deshidratación y los efectos físico-químicos en los productos, además de que en un futuro cercano se pretende validar una innovadora técnica de Deshidratación mediante la aplicación de Inducción Electromagnética para incrementar la temperatura y la utilización de Bajas Presiones para reducir el punto de ebullición del agua, dicha combinación de técnicas se ha nombrado (DEMI-LP) Pat. Pend. MX/a/2017/009811, además, en paralelo a esta investigación se desarrollan otras tecnologías híbridas combinando algunas de las técnicas en este trabajo descritas.

Cuadro 2. Determinación de porcentaje de humedad considerando 27.47% de base seca de la carne.

Método	Tiempo (h)	Masa (g)	Base seca (g)	Humedad (g)	Humedad (%)
Deshidratación Natural	0.00	33.84	9.30	24.54	72.53
Simulada	10.36	15.66	9.30	6.36	18.81
(SNS)	19.08	10.00	9.30	0.70	2.08
Deshidratación por	0.00	31.54	8.66	22.88	72.53
Flujo de Aire Caliente	5.00	9.21	8.66	0.54	1.72
(SFAC)	8.50	8.67	8.66	0.00	0.01

AGRADECIMIENTOS

Los autores (E. Aldaba-Mendoza, y A. A. Ortiz-Hernández) agradecen a CONACYT el apoyo parcial que permitió la realización de este proyecto.

LITERATURA CITADA

- Castillo-Téllez, M., B. C. Téllez, O. S. Martínez, G. H. Gálvez y J. C. Ovando-Sierra. 2018. Estudio experimental y matemático de la deshidratación de maíz con tecnologías directas y horno a temperaturas controladas. *Journal of Energy, Engineering Optimization and Sustainability* 2: 17-40.
- Condorí, M., R. Echazú y L. Saravia. 2006. Secador solar indirecto con flujo de aire forzado para huacalera, Quebrada de Humahuaca. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 10: 02-47-02-54.
- FIRA. 2017. Carne de bovino 2017. *Panorama agroalimentario*. S/V: 1-26



- Fonseca, S. F., J. L. A. Rodríguez, A. T. Ten y J. P. Enríquez. 2000. Análisis térmico del secador solar de tambor rotatorio para granos. *Tecnología Química* 20: 70-75.
- García-Díaz, G., C. Guajardo de los Santos y L. Loera Castillo. 1989. Tema de tesis: Eficiencia en el proceso del producto carne seca: Consumo en Monterrey y su área metropolitana. 3-23.
- García, P. A., B. S. Muñiz, G. A. Hernández, L. M. González y V. D. Fernández. 2013. Análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña (*Ananas Comosus*, variedad Cayena lisa). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 22: 62-69.
- García-Paternina, M., A. Alvis-Bermudez y C. A. García-Mogollon. 2015. Evaluación de los pretratamientos de deshidratación osmótica y microondas en la obtención de hojuelas de mango (Tommy Atkins). *Información tecnológica* 26: 63-70.
- Génesis Consultoría. 2009. Estudio de mercado y sistema de comercialización para la exportación de carne a EUA, Europa y Asia de la planta TIF de la UGR-BC. 2009. Genesis Consultoría. S/V: 1-250.
- González, A., A. E. Estaba y A. E. C. Chacín. 2008. Obtención de un polvo de ají dulce (*Capsicum chinense*) producido mediante deshidratación por aire forzado. *Revista Científica UDO Agrícola* 8: 118-126.
- Karam, M. C., J. Petit, D. Zimmer, E. Baudelaire-Djantou and J. Scher. 2016. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. *Journal of Food Engineering* 188: 32-49.
- Luna-Guevara, J. J. y J. A. Guerrero-Beltrán. 2010. Algunas características de compuestos presentes en los frutos secos y su relación con la salud. *Temas Selectos de Ingeniería el Alimentos* 4: 37-48.
- Marín-B, E., M. R. Lemus, M. V. Flores y G. A. Vega. 2006. La rehidratación de alimentos deshidratados. *Revista Chilena de Nutrición* 33: 527-538.
- Méndez-Robles, L. I., E. U. Carrera-Arellano, J. M. García-González y V. M. García-Saldivar. 2018. Análisis de propiedades físicas en el deshidratado. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 3:264-269.
- Neira-Izquierdo, J. L. y I. R. Ponce-Choéz. 2019. Tema de tesis: Elaboración de carnes Deshidratadas. 11-16
- Ortiz-Hernández, A. A., A. Ortiz Rivera, J. L. Carrera Escobedo, M. A. Garcia Ruiz, J. M. Robles Solis, C. A. Almaraz de Horta y H. R. Vega Carrillo. 2017. MX/a/2017/009811. México.
- Picon, A. A., J. B. Pérez y J. A. G. Figueredo, J. 2007. Calentamiento por inducción electromagnética: Diseño y construcción de un prototipo. *Revista UIS Ingenierías*, 6: 69–76.
- Rubio-Lozano, M. S., D. Braña-Varela y R. B. Méndez-Medina. 2012. Carne de res mexicana. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. INIFAP.
- Salas-Salvadó, J., E. Ros-Rahola y J. Sabaté-Casellas. 2005. Frutos secos, salud y culturas mediterráneas. París: Editorial Glosa, S.L. 51-58.