

## Propiedades tecno-funcionales y costos de producción del polvo de chile 'Poblano' deshidratado con energía termosolar

<sup>1</sup>Juan José Figueroa-González, <sup>1\*</sup>Blanca Isabel Sánchez-Toledano, <sup>2</sup>Jorge A. Zegbe

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias <sup>1</sup>Campo Experimental Zacatecas y <sup>2</sup>Campo Experimental Pabellón. [toledano.blancaisabel@gmail.com](mailto:toledano.blancaisabel@gmail.com), [sanchez.blanca@inifap.gob.mx](mailto:sanchez.blanca@inifap.gob.mx)

Biotecnología y Ciencias Agropecuarias

### Abstract

Chili production is a significant horticultural activity in Zacatecas. The global increase of 2.9 % of this product provides market alternatives for growers. One way to increase producers' income is through agro-industrial processing of this primary product. The study's objective was to elaborate on a dehydrated 'Poblano' chili powder using termosolar energy and to estimate its production cost. The results showed that the 'Poblano' chili powder presents excellent techno-functional properties that allow it to be diversified in the food agroindustry and even in the restaurant network. The production cost of a 500-gram package is \$ 484 MXN. Therefore, this option is viable for low-sized chili peppers of low commercial value according to the Mexican standards for fresh chili peppers.

**Keywords:** competitiveness, added value, waste.

### Resumen

La producción de chile es una actividad hortícola de gran importancia para Zacatecas. El aumento de 2.9 % en el consumo mundial de este producto brinda alternativas de mercado para los productores. Una forma de incrementar el ingreso de los productores es mediante la transformación agroindustrial de este producto primario. El objetivo del estudio consistió en elaborar un polvo de chile 'Poblano' deshidratado usando energía termosolar y estimar el costo de su elaboración. Los resultados mostraron que el polvo de chile 'Poblano' presenta excelentes propiedades tecno-funcionales que le permite ser diversificado en la agroindustria alimentaria e incluso en la red restaurantera. El costo de producción de un paquete de 500 gramos es de \$ 484 MXN. Por tanto, es una opción viable para aquellos chiles de menor tamaño y de bajo valor comercial según la norma mexicana para chiles frescos.

**Palabras clave:** competitividad, valor agregado, desperdicio.

### Problemática

La pérdida y desperdicio de chiles de menor tamaño y de bajo valor comercial. Se requiere incrementar el ingreso de los productores, el uso de energías limpias para la transformación y diversificación agroindustrial de este producto primario

### Usuarios

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), organizaciones de productores, productores, comercializadores.

### Introducción

La producción mundial de chile es de poco más de 36 M de t, en donde México se ubica como el segundo productor (2.8 M t) y exportador (1.1 M t) de esta fruta. En México, 158, 237 ha son cultivadas con diferentes variedades de *Capsicum annuum*; de las cuales, más del 90 % de esa superficie son irrigadas. El estado de Zacatecas ocupa el primer lugar en el país en la producción de chile verde. En el ciclo 2022, se produjeron 409,190 t con un rendimiento promedio de 11.2 t ha<sup>-1</sup>. Uno de los principales chiles producidos fue el 'Poblano' para consumo en fresco (131, 269 t) (SIAP, 2023). Esta variedad tiene un bajo nivel de picor, un alto contenido de vitamina C y un sabor característico. El color verde indica que contiene pigmentos clorofílicos con capacidad antioxidante, es fuente de fibra que puede ayudar a controlar los niveles de glucosa y colesterol en la sangre; además de descongestionante del sistema



Figura 1. Vista general de la planta de secado híbrida termosolar-gas LP Zacatecas.

respiratorio (Zegbe et al., 2012). El aumento en el consumo mundial en 2.9 % de esta hortaliza brinda alternativas de mercado para los productores (INDEXBOX, 2023). Según Sánchez-Toledano et al. (2022), el consumo per cápita de chile verde en México se incrementó de 11.5 kg en 2006 a 17.2 kg en 2021. Una alternativa para mantener activa está cadena agroalimentaria es su transformación agroindustrial para diversificar su consumo con agregación de valor. En respuesta, el INIFAP- Campo Experimental Zacatecas, con el uso de energías limpias renovables, realiza investigaciones hacia la transformación de productos frescos en otros con valor agregado, para disminuir la pérdida y desperdicio de estos productos primarios a través del uso de la energía termosolar en el semi-desierto zacatecano. Lo anterior, debido que existen chiles de menor tamaño o que por la estacionalidad de producción, su valor comercial es bajo para ser comercializado en verde; entonces los productores enfrentan dos alternativas, dejarlo que se pierda en el campo o bien, someterlo a un proceso de secado. La energía solar es una alternativa factible para agregarle valor a aquellos chiles de menor tamaño o de bajo valor comercial aprovechando los altos niveles de radiación solar diarios (promedio anual (545 W/m<sup>2</sup>) que son recibidos en Zacatecas. Esta energía es aprovechada ex profeso en la planta termosolar Zacatecas (Km. 20 Carretera libre, Zacatecas - Fresnillo, 98107 Morelos, Zac.), única en su tipo en América Latina (Figura 1). Aunado a la optimización del proceso técnico de producción de chile 'Poblano' deshidratado, es necesario determinar el costo de producción de dicho producto para tener una base de cálculo en la fijación de precios de venta (Torres, 2005).

### Objetivos

Evaluar las propiedades tecno-funcionales y estimar el costo de elaboración de polvo de chile 'Poblano' deshidratado con energía termosolar.

### Materiales y Métodos

Durante los meses de mayo a junio de 2023, se elaboró polvo de chile 'Poblano' deshidratado en la planta de secado híbrida Solar-gas LP construida en Zacatecas, México. El sistema de secado es de tipo convección forzada de aire caliente con cámara de secado. Para el calentamiento del aire requerido en el proceso de secado se cuenta con dos sistemas solares térmicos: un sistema de calentamiento de aire directo (48 calentadores de aire solares con un área de 111.1 m<sup>2</sup>) y un sistema de calentamiento de aire indirecto (40 colectores solares de agua con un área de 92.4m<sup>2</sup> y 6000 L de almacenamiento térmico). Además, se cuenta con un sistema de respaldo de energía convencional (quemador de gas LP) (Ortiz-Rodríguez et al., 2022).

**Elaboración del polvo de chile 'Poblano' deshidratado.** Se utilizaron 50 kg de chile 'Poblano' verde (CHPV), el cual se adquirió en un mercado local. Posteriormente, se lavó con agua potable (1 kg de CHPV/2 L de agua). El pedúnculo y algunas partes dañadas del fruto fueron retiradas, lo cual se consideró como merma o desperdicio (2.3 kg). El CHPV (47.7 kg (Pi) se cortó en rodajas uniformes de 0.5 cm de grosor (Procesadora de vegetales SAMMIC 120v/60Hz/1/4.3 A) para ser escaldadas a 90 °C por 10 min. Las rodajas de CHPV se enfriaron rápidamente con agua a temperatura ambiente (22

°C) y se colocaron en las charolas, para ser deshidratadas en un sistema híbrido de secado termosolar-gas LP indirecto, que distribuye aire caliente por un túnel de convección de aire forzado (Ortiz-Rodríguez et al., 2022). La humedad inicial (Hi) del CHPV fue de 95 % (esto debido al proceso de escaldado y enfriado mediante la inmersión de rodajas agua fría). El proceso de secado terminó a las 24 h cuando la muestra alcanzó una humedad final (Hf) del 6.5 %. Al finalizar el tiempo de secado se procedió a moler las diferentes rodajas de chile 'Poblano' deshidratado (CHPD) con ayuda de una licuadora semiindustrial (Máquinas para Mercados S. A. de C. V. Modelo LM-12, 60 Hz, 746 W). El proceso para obtener el polvo de CHPD consistió en tres eventos de molienda, cada uno por un minuto y cinco minutos de descanso entre eventos para evitar que las muestras se calentaran en exceso. El valor de rendimiento (R) para el proceso de deshidratado del chile 'Poblano', se obtuvo con las siguientes ecuaciones:  $R = (100\% - Hi) / (100 - Hf) + 2$  para estimar el peso seco (Ps) con la ecuación  $Ps = R * Pi$ , donde Hi, Hf y R ya fueron definidas.

### Propiedades tecno-funcionales del polvo de CHPD.

Índice de solubilidad de agua (ISA) e índice de absorción de agua (IAA) de los polvos de CHPD se determinaron de acuerdo al protocolo de (Sifat et al. (2021). La capacidad de absorción de aceite (CAA) se evaluó mediante el protocolo de Hamzeh et al. (2019). La capacidad de hinchamiento (CH) se realizó de acuerdo al método de Jha et al. (2021). La fluidez y compresibilidad del polvo de CHPD se midió utilizando la relación de Hausner e índice de Carr, siguiendo el método de Hasan et al. (2022).

**Costo de producción del polvo de CHPD.** El costo de producción del polvo del CHPD fue estimado utilizando la metodología propuesta por Borja et al. (2021). Se identificaron los parámetros técnicos-productivos (coeficiente de transformación del chile fresco en deshidratado (50 kg a 2.5 kg), y polvo (2.5 kg a 2.1 kg), capacidad productiva del secador solar, cortadora, etc.), y económicos (inversión, precios de los insumos utilizados, administración, etc.). Los costos se clasificaron en costos variables y fijos para un mejor análisis (Rodríguez et al., 2010). También, se consideró el método lineal en la depreciación y 5 a 20 años de vida útil de los activos (Gittinger, 1989).

Tabla 1. Propiedades tecnofuncionales del polvo de chile 'Poblano' deshidratado (CHPD).

Propiedad tecnofuncional	Promedio
Índice de solubilidad de agua (ISA)	72.3 ± 1.2 %
Índice de absorción de agua (IAA)	0.51 ± 0.06
Capacidad de absorción de aceite (CAA)	1.5 ± 0.4
Capacidad de hinchamiento (CH)	9.3 ± 0.7
Relación de Hausner	1.48 ± 0.05
Índice de Carr	32.1 ± 2.5

### Resultados y Discusión

**Propiedades tecno-funcionales del CHPD.** El valor medio ISA presentado en la Tabla 1 representó la capacidad del polvo para mezclarse homogéneamente en agua. Es decir, más del 70 % de CHPD puede ser solubilizado en agua; mientras que el valor medio IAA indicó baja capacidad de hidratación (Sifat et al., 2021). El valor medio de CAA (1.5 ± 0.4) determinado en el polvo de CHPD, indicó que éste puede ser utilizado en la elaboración de alimentos bajos en grasa debido a que la capacidad de retención de aceite es baja. Por otro lado, lo opuesto ocurre con valores de CAA entre 1.61 y 2.17 % determinados en diferentes mezclas de polvos deshidratados de jitomate/cebolla/ajo (Ogori et al., 2020). El polvo de CHPD presentó una excelente fluidez baja y una alta compresibilidad.

Tabla 2. Costo de producción de un paquete de polvo de chile 'Poblano' deshidratado de 500 gramos.

Insumo	Costo (\$)
Chile poblano	400
Agua	4
Jornal	5.85
Cortado	2.6025
Escaldado	5.205
Estufa	0.525
Enfriado	5.205
Colocar charolas	12.5
Planta solar deshidratado 24 h	22.575
Retirar charolas y embolsar	12.5
Moler	12.5
Licuadora	0.425
Costo Total	484

### Costo de producción del polvo de chile 'Poblano' deshidratado.

Se tuvo un coeficiente de transformación de 50 kg de chile fresco a 2.5 kg deshidratado, luego de 2.5 kg deshidratado a 2.1 kg polvo. El costo de producción de un paquete de polvo de chile 'Poblano' deshidratado de 500 gramos es de \$ 484 MXN, los costos variables comprenden el 95.0 % y los costos fijos el 4.9 % (Tabla 2). Dicho costo está por debajo de algunos precios de polvo deshidratado disponibles en el mercado, el cual incluyen entre otros factores el costo de comercialización. En el mercado el precio del polvo deshidratado de chile 'Poblano' se encuentran entre \$400 MXN y \$1,160 MXN.

### Conclusiones

Los productores de chile verde pueden incursionar en nuevos mercados a través de la tecnología de deshidratado, como una alternativa que les permita generar ganancias. El polvo de chile 'Poblano' deshidratado presenta excelentes propiedades tecno-funcionales que le permite ser diversificado en la agroindustria alimentaria e incluso en la red restaurantera, permitiendo su incorporación en la producción de sopas, cremas, salsas, puré, y otros platillos tipo gourmet. El precio del polvo de chile 'Poblano' deshidratado es competitivo, ya que se encuentra por debajo de algunos precios de polvo deshidratado disponibles en el mercado, además se utiliza energía termosolar.

### Impacto Socioeconómico

Después Para aquellos chiles de menor tamaño y de bajo valor comercial, con base en sus excelentes propiedades tecno-funcionales y costos de producción, la elaboración de polvo de chile 'Poblano' deshidratado sería una opción en el proceso y desarrollo de nuevos productos que, a su vez permitiría la generación de empleos permanentes y temporales en la entidad. Así se aprovecharían (conservadoramente) aproximadamente 13 t de chile fresco que se pierden durante el proceso y comercialización. Esto último, beneficiaría a 4, 000 productores de chile del estado de Zacatecas.