



inifap



SITS



Zacatecas
GOBIERNO DEL ESTADO
2021-2027

PROTOCOLO DE DESHIDRATACIÓN DE AJO

Néstor Manuel Ortiz-Rodríguez ^{1*}, Melida Matías Martínez ², Karla Álvarez ³

¹ Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México. Privada Xochicalco s/n, Temixco CP. 62580, Morelos, México.

² Unidad Académica de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Zacatecas. Campus UAZ Siglo XXI, Edificio 6, Segundo Piso, Carretera Zacatecas-Guadalajara km 6, Col. La Escondida, Zacatecas, Zacatecas, C.P. 98160, México.

³ Universidad Autónoma de Durango. Av. Universidad Autónoma de Durango #300, Jardines de Durango CP. 34200, Durango, México.

*Autor de correspondencia: nmorr@ier.unam.mx

Introducción

El ajo (*Allium sativum* L.) es una de las especias más antiguas y ampliamente utilizadas en todo el mundo, valorada tanto por su uso culinario como por sus propiedades medicinales. Originario de Asia Central, ha sido parte de la dieta humana por más de 3000 años debido a sus múltiples beneficios para la salud, que incluyen efectos antimicrobianos, antioxidantes y anticancerígenos (Reveles-Hernández et al., 2009). El ajo fresco contiene un elevado 70% de humedad, lo que lo hace particularmente susceptible a la contaminación microbiana, brotación y deterioro durante su almacenamiento (Malakar et al., 2021). Estas pérdidas pueden mitigarse mediante la deshidratación, un proceso que permite prolongar su vida útil y convertirlo en productos altamente demandados como rodajas secas y polvo de ajo, populares en los mercados globales por sus aplicaciones culinarias y terapéuticas (Feng et al., 2019).

A nivel mundial, México se ubica entre los principales exportadores de ajo, ocupando el noveno lugar en exportaciones. En 2020, la producción nacional de ajo experimentó un crecimiento del 4.3%, alcanzando 86,500 toneladas distribuidas en 21 estados productores (SADER, 2021). Dentro de esta geografía, Zacatecas destaca como el principal productor, aportando el 56.42% de la producción nacional con 48,914 toneladas en 2020 (Manuel Medina, 2021). Los municipios de Villa de Cos, Calera, Guadalupe, Fresnillo y Pánuco concentran la mayor parte de esta producción (SADER, 2019).

Numerosos estudios han investigado el secado del ajo utilizando diversos métodos, como el secado por aire caliente (Madamba et al., 1996; Demiray & Tulek, 2014), microondas (Baysal et al., 2003), infrarrojos (EL-Mesery et al., 2022), secado solar (Condorí et al., 2001) y liofilización (Sablani et al., 2007). De estos, el secado por aire caliente sigue siendo el más ampliamente utilizado debido a su operación sencilla y bajo costo (Ortiz-Rodríguez et al., 2022). Sin embargo, este método puede conllevar pérdida de calidad en términos de color y nutrientes, debido al tiempo prolongado de secado y la exposición a altas temperaturas. Alternativamente, el secado por microondas, liofilización e infrarrojos ha sido investigado como técnicas que preservan mejor los compuestos bioactivos, como la allicina, responsable de muchas de las propiedades saludables del ajo. No obstante, estos métodos resultan más costosos y menos viables a gran escala (Fojlaley et al., 2020).

A pesar de estos avances, el secado por aire caliente sigue siendo objeto de estudio debido a su viabilidad económica. A conocimiento de los autores, solo existen dos estudios que analizan las cinéticas de secado



inifap



SITS



Zacatecas
GOBIERNO DEL ESTADO
2021-2027

del ajo con este método: Madamba y colaboradores (1996) investigaron el comportamiento del ajo en rodajas finas (2-4 mm) a temperaturas de 50, 70 y 90°C, humedades relativas (8-24%) y flujos de aire (0.5-1 m/s), concluyendo que la temperatura y el grosor influyen significativamente en la velocidad de secado, mientras los cambios de las otras dos variables fueron insignificantes (Madamba et al., 1996). Por otro lado, Demiray y Tulek (2014) evaluaron las cinéticas de secado con aire caliente a 55, 65 y 75°C usando rebanadas de 2-3 mm y un flujo de aire de 0.2 m/s, determinando que se requiere menos tiempo para reducir el contenido de humedad del ajo al aumentar la temperatura: 180, 120 y 105 minutos, respectivamente, para llegar a un contenido de humedad final del 5% b.h. (base humedad) (Demiray & Tulek, 2014).

El creciente interés en los productos derivados del ajo, tanto en la industria alimentaria como en la farmacéutica, ha impulsado la creación de este protocolo. Su implementación no solo permite a los productores agregar valor a su producto mediante la deshidratación, sino que también contribuye a reducir las pérdidas en el campo, optimizando el aprovechamiento de este recurso esencial y promoviendo su conservación a largo plazo.

Etapas de la producción de ajo deshidratado

1. **Selección:** Se deben utilizar cabezas de ajo frescas, uniformes y libres de daños. Para asegurar la calidad, se recomienda implementar un sistema automatizado de clasificación.
2. **Pelar:** Las máquinas peladoras industriales eliminan entre un 5-8% del peso total del ajo en cáscara. Este factor debe tenerse en cuenta al calcular la producción final.



3. **Corte:** Los dientes de ajo deben cortarse en rodajas finas (2-3 mm), empleando equipos de corte industrial para asegurar uniformidad y un secado homogéneo.
4. **Martajado (opcional):** Otra opción es martajar el ajo con todo y la cáscara, lo que puede simplificar el proceso de preparación. Sin embargo, esta técnica genera una consistencia pastosa que puede afectar negativamente los tiempos de secado.
5. **Blanqueado (opcional):** Este proceso, que consiste en sumergir las rodajas en agua caliente durante 2-3 minutos, es opcional, pero puede mejorar el color y la textura del ajo deshidratado. Se recomienda utilizar sistemas automatizados para el blanqueado y secado rápido.



inifap



SITS



Zacatecas
GOBIERNO DEL ESTADO
2021-2027



Parámetros Operativos

- **Contenido de Humedad en base humedad:**
 - Inicial del producto fresco: 70-60%
 - Final del producto seco: 8-4%
- **Densidad de Carga:**
 - Generalmente se recomienda una densidad de 4.5-8 kg de ajo fresco por m², ajustando según las características del equipo de secado para asegurar un secado homogéneo y eficiente.





inifap



SITS



Zacatecas
GOBIERNO DEL ESTADO
2021-2027

Métodos de Deshidratación (Enfoque Industrial)

1. Deshidratación por Aire Caliente en sistemas convencionales de combustibles fósiles:

- **Temperatura recomendada:** 55-60°C, manteniendo la temperatura constante para garantizar un secado uniforme.
- **Tiempo estimado:** 6-12 horas, dependiendo del grosor de las rodajas y la circulación del aire.
- **Sistema industrial:** Hornos de convección forzada o túneles de secado con flujo de aire controlado.



Figure 1 Cámara de secado tipo túnel semicontinuo híbrido (solar-gas LP)

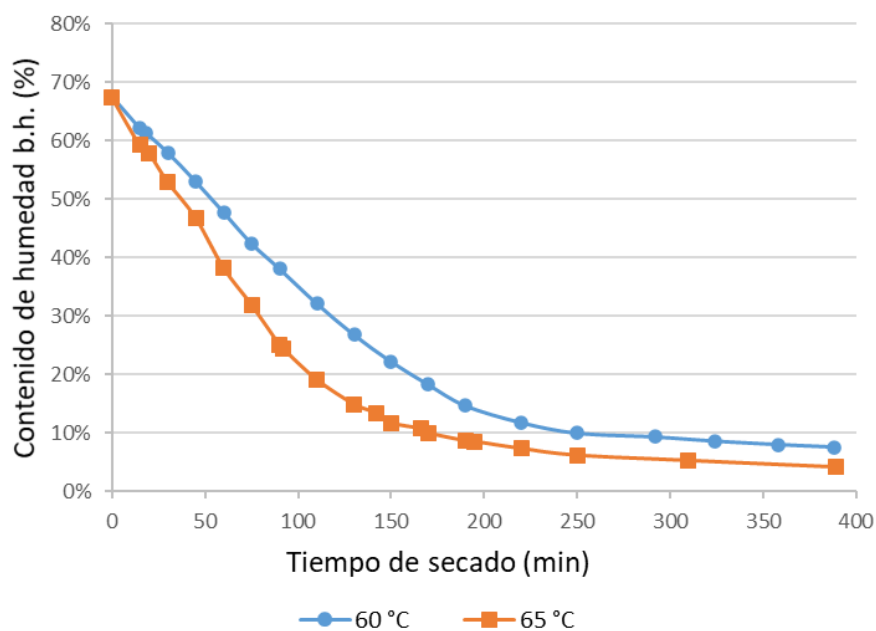


Figure 2 Comparación de la cinética de secado de rodajas de ajo con aire caliente a diferentes temperaturas



inifap



SITS



Zacatecas
GOBIERNO DEL ESTADO
2021-2027

2. Deshidratación por aire caliente mediante Bomba de Calor:

- **Temperatura recomendada:** 40-50°C, con un control preciso para asegurar tiempos de secado consistentes.
- **Tiempo estimado:** 10-16 horas.
- **Aplicación industrial:** Utilización de equipos de deshidratación con bombas de calor, los cuales garantizan un control constante de la temperatura y humedad.



Figure 3 Bomba de calor acoplada a una cámara de secado de alimentos

3. Deshidratación por Energía Solar:

- **Proceso:** Secado mediante radiación solar directa como los secadores tipo invernadero, utilizando deshidratadores solares industriales sin respaldo de energía adicional.
- **Tiempo estimado:** 2-3 días, dependiendo de la intensidad solar y las condiciones climáticas.
- **Consideraciones:** El tiempo de secado puede variar en función del clima, por lo que es importante una planificación adecuada para maximizar la eficiencia.
- **Recomendaciones:** Usar una capa delgada durante el acomodo del ajo en las bandejas para tener un secado homogéneo en el menor tiempo.



inifap



SITS



Zacatecas
GOBIERNO DEL ESTADO
2021-2027



Figure 4 Secador solar directo tipo invernadero con capacidad hasta 1 tonelada

Almacenamiento

1. Empaque:

- Se recomienda almacenar el ajo deshidratado en forma de hojuelas o rebanadas, ya que el polvo tiende a apelmazarse, dificultando su manejo.
- Utilizar bolsas selladas al vacío o frascos herméticos para proteger el ajo de la humedad y el aire.
- En ambientes industriales, se aconseja el uso de maquinaria automática de sellado para un proceso de empaque eficiente y seguro.

2. Condiciones de Almacenamiento:

- **Lugar seco, fresco y oscuro:** La exposición a la luz, calor y humedad puede afectar la calidad del ajo deshidratado, reduciendo su vida útil.
- **Temperatura ideal:** Mantener el producto entre 10-15°C.
- **Humedad relativa:** Mantener la humedad ambiental por debajo del 60% para evitar la reabsorción de agua.

3. Vida útil:

- En condiciones óptimas, el ajo deshidratado almacenado en hojuelas o rebanadas puede conservarse entre 6 meses y 1 año sin perder calidad.

Beneficios de la Deshidratación

- **Conservación prolongada:** El proceso reduce el contenido de humedad, extendiendo la vida útil del ajo sin necesidad de refrigeración.
- **Reducción de volumen:** Facilita el almacenamiento y transporte.

- **Retención de compuestos activos:** Se preservan los compuestos activos como la alicina, responsable de su sabor y propiedades saludables.
- **Menor riesgo de deterioro:** La eliminación de humedad reduce la posibilidad de brotación, moho o contaminación.

Aplicaciones del Ajo Deshidratado

- **Culinario:** Las hojuelas y rebanadas son ampliamente utilizadas en la industria alimentaria para la preparación de salsas, aderezos, sazónadores y otros productos procesados.
- **Industria de alimentos procesados:** Ingrediente clave en sopas instantáneas, snacks y alimentos preparados.
- **Aplicaciones terapéuticas:** Utilizado en la elaboración de suplementos alimenticios y productos naturales gracias a sus propiedades medicinales.

Agradecimientos

Esta propuesta fue apoyada por el Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) a través de los proyectos **PRONAH 315108, 315324 y 319195**.

Referencias

- Baysal, T., Icier, F., Ersus, S., & Yıldız, H. (2003). Effects of microwave and infrared drying on the quality of carrot and garlic. *European Food Research and Technology*, 218(1), 68-73. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0791-3>
- Condorí, M., Echazú, R., & Saravia, L. (2001). Solar drying of sweet pepper and garlic using the tunnel greenhouse drier. *Renewable Energy*, 22(4), 447-460. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(00\)00098-7](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00098-7)
- Demiray, E., & Tulek, Y. (2014). Drying characteristics of garlic (*Allium sativum* L) slices in a convective hot air dryer. *Heat and Mass Transfer*, 50(6), 779-786. <https://doi.org/10.1007/s00231-013-1286-9>
- EL-Mesery, H. S., Sarpong, F., Xu, W., & Elabd, M. A. (2022). Design of low-energy consumption hybrid dryer: A case study of garlic (*Allium sativum*) drying process. *Case Studies in Thermal Engineering*, 33, 101929. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.101929>
- Feng, Y., Zhou, C., ElGasim A. Yagoub, A., Sun, Y., Owusu-Ansah, P., Yu, X., Wang, X., Xu, X., Zhang, J., & Ren, Z. (2019). Improvement of the catalytic infrared drying process and quality characteristics of the dried garlic slices by ultrasound-assisted alcohol pretreatment. *LWT*, 116, 108577. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108577>
- Fojlaley, M., Kalkan, F., & Ranji, A. (2020). Drying Process of Garlic and Allicin Potential-A Review. *World Journal of Environmental Biosciences*, 9(4-2020), Article 4-2020.
- Madamba, P. S., Driscoll, R. H., & Buckle, K. A. (1996). The thin-layer drying characteristics of garlic slices. *Journal of Food Engineering*, 29(1), 75-97. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(95\)00062-3](https://doi.org/10.1016/0260-8774(95)00062-3)
- Malakar, S., Arora, V. K., & Nema, P. K. (2021). Design and performance evaluation of an evacuated tube solar dryer for drying garlic clove. *Renewable Energy*, 168, 568-580. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.12.068>
- Manuel Medina. (2021). *Zacatecas produce uno de cada dos ajos que se consumen en el país*. Imagen Zacatecas. <https://imagenzac.com.mx/capital/zacatecas-produce-uno-de-cada-dos-ajos-que-se-consumen-en-el-pais/>
- Reveles-Hernández, L., Velásquez-Valle, R., & Bravo-Lozano, Á. G. (2009). *Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas*.



inifap



SITS



Zacatecas
GOBIERNO DEL ESTADO
2021-2027

<http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/Tecnologia%20para%20cultivar%20ajo%20en%20Zac.pdf>

Sablani, S. S., Rahman, M. S., Al-Kuseibi, M. K., Al-Habsi, N. A., Al-Belushi, R. H., Al-Marhubi, I., & Al-Amri, I. S. (2007). Influence of shelf temperature on pore formation in garlic during freeze-drying. *Journal of Food Engineering*, 80(1), 68-79. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.05.010>

SADER, S. de A. y D. R. (2019). *El estado de Zacatecas es líder nacional en producción de ajo*. gob.mx. <http://www.gob.mx/agricultura|zacatecas/articulos/el-estado-de-zacatecas-es-lider-nacional-en-produccion-de-ajo?idiom=es>

SADER, S. de A. y D. R. (2021). *Se ubica México como el noveno exportador mundial de ajos*. gob.mx. <http://www.gob.mx/agricultura/prensa/se-ubica-mexico-como-el-noveno-exportador-mundial-de-ajos?idiom=es>