

Potencial de negocio y agregación de valor utilizando tecnologías de industria 4.0 en la deshidratación solar de alimentos

Isiordia-Lachica, P.C.1*, Mireles-Arriaga, A.I. 1, Hernández-Ruiz, J. 1

1Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato Salamanca, Departamento de Agronomía. Ex Hacienda El Copal k.m. 9; carretera Irapuato-Silao; A.P. 311; C.P. 36500; Irapuato, Gto. *e-mail: pc.isiordia@ugto.mx

Resumen

La industria alimentaria representa aproximadamente el 30% del consumo mundial de energía. Además, las actividades de procesamiento de alimentos contribuyen con casi el 26% del total de emisiones de gases de efecto invernadero. La pérdida total de alimentos en México es de más de 20.4 millones de toneladas al año. El costo económico anual de las pérdidas de alimentos en México (precios de mercado) es de 36 mil millones de dólares. La aplicación de energía solar con tecnologías de industria 4.0 es altamente factible para procesos de deshidratación de alimentos, con efectos económicos, ambientales y sociales positivos.

Introducción

La población mundial superará los 9 mil millones en 2050, lo que implicaría un aumento de la producción de alimentos de alrededor del 70% (FAO, 2009), con el consiguiente aumento de la demanda energética. La energía es un insumo fundamental para el avance, modernización y evolución económica del sector industrial de cualquier nación (Ashish K. Sharma et al, 2017; Ravi Kumar, K. et al, 2021).

De acuerdo con Ortiz-Rodríguez et al (2022), el sector industrial es responsable de aproximadamente el 35% del uso mundial de energía. El 74% del consumo energético industrial corresponde a la demanda de calor de proceso. La mayoría de los sistemas de calefacción industriales dependen, total o parcialmente, de combustibles fósiles para generar energía térmica. Así, el sector industrial es responsable del 35% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

El consumo masivo de energía ha ejercido una enorme presión sobre los recursos energéticos y ha causado graves problemas medioambientales (Schoeneberger, C. et al, 2020). Debido al impacto negativo sobre el medio ambiente y la naturaleza finita de los combustibles fósiles, es fundamental reducir el consumo de energía. Esto podría lograrse mediante la optimización de procesos y cambios tecnológicos (FAO, 2011), es decir, bajo un enfoque de eficiencia energética.



Un enfoque complementario para abastecer el creciente consumo energético es la transición hacia energías renovables como la solar, geotérmica, eólica y biomasa. Este enfoque permite desvincular los precios de los alimentos (costos de producción) de los precios inestables y crecientes de los combustibles fósiles (Ortiz-Rodríguez, N.M. et al, 2022). Las fuentes de energía no renovables se agotarán en el futuro y es inminente una mayor demanda de fuentes de energía renovables.

La tecnología solar está ganando popularidad debido a su disponibilidad, menor costo de mantenimiento, confiabilidad y ser amigable con el medio ambiente. Además, el recurso solar es abundante y gratuito.

Consumo de energía en la industria alimentaria y mercado mundial de deshidratadores de alimentos

La industria alimentaria representa aproximadamente el 30% del consumo mundial de energía. Además, las actividades de procesamiento de alimentos contribuyen con casi el 26% del total de emisiones de gases de efecto invernadero. La deshidratación es una operación unitaria que consume mucha energía y la mayoría de los alimentos requieren secado, al menos parcialmente, en alguna etapa del procesamiento (aproximadamente el 34% de los productos del mundo) (Ortiz-Rodríguez, N.M. et al, 2022).



El proceso de secado es el método más antiguo en la conservación de alimentos, con evidencias existentes desde el periodo paleolítico, hace 400.000 años. El secado de alimentos tiene como objeto aprovechar los productos perecederos y consumirlos cuando no estén disponibles. La práctica del secado contribuye a evitar que en el mundo se continúen desperdiciando una tercera parte de la producción de alimentos, alrededor de mil 300 millones de toneladas. En el caso de los frutos, éstos conservan sus propiedades como color, aroma y vitaminas cuando son secados mediante calentamiento indirecto, por circulación forzada, lo cual se puede lograr utilizando procesos de deshidratación solar.

Según Ortiz-Rodríguez et al (2022), las técnicas de secado industrial existentes consumen entre el 10% y el 25% de la energía utilizada en la industria procesadora de alimentos, obteniéndose esta energía principalmente de fuentes fósiles. El secado solar de alimentos puede ayudar al suministro de energía sostenible y contribuye a la solución de los problemas de degradación ambiental.

La tecnología solar con sistemas de convección térmica está madura para el secado industrial de alimentos a escala industrial y semiindustrial. Existe un nicho de oportunidad para producir sistemas de tamaño industrial para pequeños y medianos productores, que puedan incorporar valor agregado a su producción.



En muchos países, los sistemas solares térmicos para el secado de alimentos han demostrado ser un enfoque práctico, rentable y ambientalmente responsable (Ortiz-Rodríguez et al 2022). Además, el secado es un método antiguo para conservar alimentos y cultivos. El secado de alimentos con sistemas solares térmicos no sólo puede ayudar a resolver los problemas del suministro de energía sostenible y la degradación ambiental, sino que también puede ayudar a aliviar el problema del desperdicio de alimentos.

El tamaño del mercado mundial de deshidratadores de alimentos se valoró en aproximadamente 2.100 millones de dólares en 2022 y se prevé que alcance aproximadamente 3.510 millones de dólares en 2030, expandiéndose a una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) de aproximadamente el 6,12% entre los años 2023 y 2030 (Howard, M., 2023).

Los deshidratadores de alimentos son equipos que se utilizan para reducir la cantidad de agua contenida en diversos alimentos. Esto se hace por diversas razones, incluida la extensión de la vida útil de los artículos y el mantenimiento de su valor nutricional a pesar de una reducción en el volumen total del alimento.

Mercado de alimentos y sus pérdidas en México.

El mercado de servicios de alimentos de México se valoró en USD 36,232.25 millones en 2020, y se proyecta que registre una CAGR de 5.30% durante el período de pronóstico, 2021-2026 (Mordor Intelligence, 2023).



La pérdida total de alimentos en México (para un grupo de 79 productos representativos de la dieta mexicana) es de más de 20.4 millones de toneladas al año. El costo económico anual de las pérdidas de alimentos en México (precios de mercado) es de 36 mil millones de dólares. El costo económico anual de las emisiones de dióxido de carbono por pérdidas y desperdicio de alimentos en México es de US\$368,864,591 (The World Bank, 2014).

Se ha cuantificado que un 75 por ciento de pérdidas de alimentos ocurre desde la producción hasta el punto de comercialización, y el otro 25 por ciento se desaprovecha cuando el alimento pasa de la cadena comercial al consumidor final.

Búsqueda de valor agregado en productos alimenticios.

Accenture encuestó en 2019 a 6,000 consumidores, de 18 a 70 años, en 11 países: Estados Unidos, Canadá, Francia, Alemania, Italia, México, Reino Unido, China, India, Indonesia y Japón. Entre los principales hallazgos resalta que más de la mitad de los consumidores están dispuestos a pagar más por productos sostenibles.

Según la encuesta de Accenture, en el caso de México, el 83 por ciento de los encuestados reconocidos que actualmente compran productos más ecológicos que hace cinco años, y el 95 por ciento de los encuestados dijeron que esperan comprar más en los próximos cinco años. Los hábitos de consumo están evolucionando a un ritmo desafiante, lo que refuerza la necesidad de que las empresas aumenten sus compromisos con prácticas comerciales responsables. Aunque la oferta de productos crece, a nivel mundial, el 89 por ciento de los encuestados indicó que su principal preocupación es la calidad de los productos que compran, para el 84% es el precio, el 49% citó consideraciones de salud y seguridad y el 37% mencionó el impacto ambiental.

IAI incorporar técnicas de deshidratación el mercado puede percibir doble contribución al cuidado de los recursos, por un lado, disminuyendo el desperdicio de alimentos y, por otro lado, ahorrando el consumo de combustibles fósiles sustituyendo la fuente de energía por una opción renovable como es el caso de la energía solar. Lo anterior muestra que existe una oportunidad de mercado para ofrecer productos alimenticios con valor agregado mediante técnicas ecológicas, una de ellas es el secado de alimentos.

Tecnologías de secado solar y potencial de incorporación de industria 4.0

Los tipos de secadores solares se pueden clasificar según el tamaño, el diseño y la utilización del sistema en la Figura 1. El sistema de trabajo del secador solar se divide en varios métodos que se clasifican según el movimiento de aire durante el proceso de secado (Hananda, N. et al, 2022). A través del flujo de aire que actúa sobre el sistema afectará la forma en que la convección en el proceso de secado funciona y también afectará la capacidad de secado.

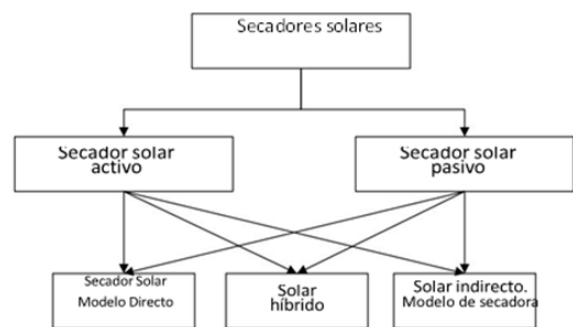


Figura 1. Clasificación del secador solar.
Fuente: Hananda, N. et al, 2022.



Para mejorar el rendimiento en el sistema de secado tradicional al sol, se necesita un sistema inteligente que sea capaz de ajustar las condiciones necesarias y que pueda funcionar de forma continua. La configuración automática de condiciones con la ayuda del aprendizaje automático y la inteligencia artificial puede aumentar la sostenibilidad de la cosecha deseada (Ben Ayed, R. y Hanana M., 2021). Esto se debe a condiciones que se pueden ajustar según el propósito de la cosecha y el tipo de planta que se someterá a un proceso de secado.

No sólo es necesario aplicar un sistema inteligente desde el punto de vista funcional, sino también en términos de potencia y energía utilizadas en un sistema de secado. El uso de tecnologías de industria 4.0 puede optimizar aún más el secado solar en términos de eficiencia, utilización de energía y productividad. Por ejemplo, hay investigaciones que desarrollan un secador solar basado en internet de las cosas (IoT) para facilitar el proceso de secado del plátano. IoT permite la recopilación e intercambio de datos entre dispositivos o fuera. La implementación de IoT en el secado solar puede permitir a los usuarios rastrear y controlar de forma remota el rendimiento del secador. Con IoT, es más accesible para los usuarios conocer las condiciones en el ambiente de secado, como temperatura, humedad, etc., y ajustar aún más el ambiente para adaptarlo a las condiciones de secado más óptimas (Patil P.S. et al, 2022).

Junto con IoT, el aprendizaje automático (ML) y la inteligencia artificial (AI) son tecnologías conocidas de la industria 4.0 que pueden aumentar el rendimiento de los secadores solares. El sistema AI/ML habilitado por la conexión IoT es capaz de encender/apagar automáticamente el extractor de aire, el calentador y el deshumidificador.

Conclusiones

La aplicación de energía solar con tecnologías de industria 4.0 es altamente factible para procesos de deshidratación de alimentos, con efectos económicos, ambientales y sociales positivos. Es posible diseñar y construir secadores versátiles en el uso de energía solar, por ejemplo, totalmente renovables o híbridos con energía convencional, con o sin almacenamiento térmico, etc. No obstante, es necesario realizar más estudios sobre la viabilidad económica, social y ambiental en el contexto operativo.



Agradecimientos

Al Instituto de Innovación, Ciencia y Emprendimiento del estado de Guanajuato (IDEA GTO) que apoyó este proyecto con recursos económicos proporcionados mediante la Convocatoria Mentefactúralo 2022, en la modalidad "Ciencia Productiva", categoría "I+D Sociales y Humanidades en Sectores Estratégicos".

Bibliografía

- Ashish K. Sharma, Chandan Sharma, Subhash C. Mullick, Tara C. Kandpal. 2017. Solar industrial process heating: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 78, Pages 124–137. ISSN 1364–0321. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.079>.
- Ben Ayed, R. y Hanana, M. (2021). *J. Food Qual.* 2021, 5584754.
- FAO, 2009. *Global agriculture towards 2050*. Rome. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf
- FAO, 2011. "Energy-smart" food for people and climate. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/014/i2454e/i2454e00.pdf>. Consultado el 05 de agosto de 2023.
- Hananda, N., Kamul, A. Harito, C., Djuana, E., Elwirehardja, G. N., Pardamean, B., Gunawan, F. E., Budiman, A. S., Asrol, M., Pasang, T. (2023). The 6th International Conference on Eco Engineering Development 2022. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1169. IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/1169/1/012084

Howard, María. (2023). Tamaño del mercado global de deshidratadores de alimentos, participación, análisis de la industria, crecimiento, tendencias, 2030. Especialista en marketing digital en Zion Market Research. 2 de junio de 2023. Disponible en <https://www.linkedin.com/pulse/global-food-dehydrators-market-size-share-industry-analysis-howard/>

Mordor Intelligence. (2023). Mercado de servicios de alimentos de México: crecimiento, tendencias y pronóstico (2023 - 2028). Disponible en <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/mexico-foodservice-market>. Consultado el 05 de agosto de 2023.

Ortiz-Rodríguez, N.M., Condorí, M., Durán, G., García-Valladares, O. (2022). Solar drying Technologies: A review and future research directions with a focus on agroindustrial applications in medium and large scale. *Applied Thermal Engineering*. Volume 215, 118993. ISSN 1359-4311. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118993>.

Patil, P.S., Pangavhane, D.R., Shekhawat, S.P., Deshmukh, D.S. y Deshmukh, S. (2022). *Int. J. Mech. Ing.* 7. 474552.

Ravi Kumar, K., Krishna Chaitanya, N.V., & Sendhil Kumar, N. (2021). Solar thermal energy technologies and its applications for process heating and power generation – A review. *Journal of Cleaner Production*, 282, 125296.

The World Bank. (2014). MexicoFood Losses and Food Waste in Mexico: quantification and some proposals for public policy. Disponible en https://collaboration.worldbank.org/content/usergenerated/asi/cloud/attachments/sites/collaboration-for-development/en/groups/solid-waste-management/documents/_jcr_content/content/primary/blog/6_genaro_aguilarpd-vlh/6.%20Genaro%20Aguilar.pdf. Consultado el 02 de agosto de 2023.

Schoeneberger, C., McMillan, C.A., Kurup, P., Akar, S., Margolis, R.M., & Masanet, E. (2020). Solar for industrial process heat: A review of technologies, analysis approaches, and potential applications in the United States. *Energy*, 206, 118083.