

Un paraguas para secar

Anabel López-Ortiz

La Dra. López-Ortiz es investigadora de tiempo completo y responsable del Laboratorio de Procesamiento Solar de Alimentos en el Instituto de Energías Renovables de la UNAM. Sus áreas de investigación son el secado solar, de alimentos, la cocción solar y la conservación de compuestos Bioactivos, entre otros. Es integrante de la Academia de Ciencias de Morelos.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

1. La relación entre la alimentación y el uso de la energía

Aunque todos y todas sabemos lo que significa alimentarnos, conviene definir de manera más técnica este proceso. La alimentación es una actividad mediante la cual ingerimos diferentes compuestos químicos necesarios que transformamos en energía para mantener nuestro cuerpo a una temperatura de 35.5-37 °C (energía calorífica); que funcione el sistema nervioso (energía eléctrica); para caminar, respirar, bombear sangre y reír y nutrirnos (energía mecánica). Estos compuestos químicos están contenidos en los alimentos que componen nuestra dieta.

Sin embargo, la producción de los alimentos que consumimos requieren una gran cantidad de energía. Para la producción primaria de alimentos se requirieron 148 kilo-toneladas equivalentes de petróleo por cada millón de hectáreas sembradas (ktep/Mha) y 1.874 kilowatt-hora por hectárea (kWh/ha) de electricidad, es decir, en México se consumieron en la producción agrícola aproximadamente 4300 ktep en el 2015; en los hogares mexicanos, se utilizaron para la cocción de alimentos 14,000 ktep-año y en refrigeración 545 kWh-año; en el sector industrial se utilizaron 1651 ktep-año para la producción alimentos y bebidas. De acuerdo a la CEPAL [1], en México se consumieron 19,951.05 ktep para la producción de alimentos en el 2015. Entonces, la producción y consumo responsable de alimentos, así como la energía utilizada para ello, están íntimamente relacionados. Esta co-producción de alimentos-energía a su vez, está explícitamente ligada a diferentes factores que deben ser considerados para garantizar la supervivencia de nuestra especie (Figura 1).



FIGURA 1 CO-PRODUCCIÓN alimentos:energía y la relación con los objetivos para el desarrollo sostenible

2. El sistema alimentario en México

Una sana alimentación es un derecho enmarcado en el artículo 4o de la constitución política Mexicana. Toda persona tiene derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad. De acuerdo con la FAO [2], se produce la cantidad suficiente de alimentos para satisfacer las necesidades del planeta. Paradójicamente, en México 25 millones de personas padecieron hambre en 2018. Es decir, estas personas:

- Tuvieron una alimentación basada en muy poca variedad de alimentos consumiendo mayormente alimentos ricos en calorías.
- Saltaron una comida

- Comieron menos de la dieta recomendada por día
- Se quedaron sin comida, sintieron hambre pero no comieron
- Comieron una vez al día o dejaron de comer todo un día (desnutrición y/o anemia)

Las personas que se encuentran en alguna de las situaciones mencionadas se les denomina vulnerables o en vulnerabilidad alimentaria. El CONEVAL [3] menciona que el estado de Tabasco tiene el mayor porcentaje de la población vulnerable (46.8 %), seguido de Guerrero (35.6 %), Oaxaca (27.9 %), Campeche (27.4 %) y Morelos (24.6 %). Es importante recalcar que, las cifras de la FAO [4] mencionan que el 8.4 % de las mujeres se encuentran en situación de inseguridad alimentaria severa, esto es un porcentaje mayor en comparación con el de los hombres (6.9 %). De acuerdo con el DSG-2.1 de la agenda 2030, se busca poner fin al hambre y asegurar el acceso de todas las personas, en particular los pobres y las personas en situaciones vulnerables, incluidos los lactantes, a una alimentación sana, nutritiva y suficiente durante todo el año. El 40 % de alimentos desperdiciados o perdidos en México podrían ser utilizados para disminuir el porcentaje de personas vulnerables por falta de alimentos.

La pérdida y desperdicio de alimentos a lo largo de una cadena alimentaria, en el mundo es de hasta el 40 %. En América Latina se desperdician 220 millones de toneladas de alimentos al año, esto significa 150 mil millones de dólares estadounidenses. En México se desperdician 230 kg/persona/por año [5] Esto equivale al 30% de la producción de alimentos en nuestro país. El INEGI reportó una población 126,014,024 personas en el 2020, por lo que, se tienen desperdicios y pérdidas de alimentos de 28,984 Mton de alimentos.

En promedio, una adulto saludable requiere una ingesta promedio de 2000 kcal [6]. Por lo tanto, si se reduce el desperdicio y pérdidas de alimentos a la mitad, esta cantidad podría aprovecharse para que aproximadamente 7.8 millones de personas adultas o 9.5 millones de niños de nuestro país tengan una sana alimentación y con ello contribuir con el ODS-2.2. Por ello, la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos es parte de el Objetivo de Desarrollo Sostenible, ODS-12.3.1a. Se espera que para el 2030 se obtenga una reducción del 50% de desperdicios y mermas de alimentos.

El procesamiento de los alimentos, antes de su periodo de su descomposición, es una alternativa para poder alargar su vida útil, dar valor agregado a mermas y satisfacer las necesida-

des de alimentación de nuestro país.

3. Cómo preservamos a los alimentos

La conservación de alimentos ha sido de interés desde la antigüedad. En el antiguo Egipto se utilizó aceite, derivados del vinagre y miel para prolongar la vida de los alimentos; en Persia, se añadía azúcar a ciertos alimentos; en Grecia, las frutas y verduras también estaban recubiertas de azúcar; los druidas ponían frutas en cestas cubiertas con hojas para mantenerlos frescos por más tiempo; en Roma, el vino se conservaba añadiendo dióxido de azufre. Actualmente, los métodos de conservación pueden clasificarse en energéticos, químicos y de reducción de actividad de agua. Los métodos de conservación energéticos se clasifican en inyección de calor (ej. escaldado, pasteurizado, esterilización), cadena de frío (congelación, refrigeración), radiaciones (gama, microondas etc). Los métodos químicos se clasifican en ahumado, salado, fermentación, antioxidantes, modificadores de pH, anti-fúngicos, bactericidas, etc. Los métodos de reducción de actividad de agua son secado por convección natural o forzada, secado a vacío, liofilizado, secado por atomización, secado por ósmosis, cristalización, secado solar, etc.

Los métodos energéticos como la pasteurización y esterilización requieren de temperaturas elevadas (85-120°C) y una presión de al menos 20 Psi en el caso de la esterilización, por lo tanto, la demanda energética es elevada. Tiene la ventaja de extender la vida de anaquel hasta 7 años. En el caso de la refrigeración, el tiempo de vida de anaquel puede extenderse hasta 3 meses y en congelación hasta 1 año. No obstante, es necesario que el alimento permanezca a 4-7°C y -17°C, respectivamente, durante su almacenamiento. Este método de conservación tiene una demanda energética elevada y constante durante el tiempo de almacenamiento. Los métodos químicos permiten extender la vida de anaquel. Sin embargo, muchos de estos agentes químicos, aunque han sido aprobados y sugeridos como seguros para el consumo humano, son tóxicos; por ejemplo, se ha demostrado que el benzoato de sodio es un agente prediabético [7].

El secado es un método antiguo utilizado para la conservación de alimentos. Consiste en eliminar el agua contenida en el alimento para lograr una estabilidad microbiana. Por ello, este proceso es altamente demandante de

energía para eliminar el agua contenida dentro del alimento.

Generalmente, los combustibles fósiles se utilizan directamente a través de la red eléctrica para cumplir con el requisito de energía térmica. Las fuentes de energía a partir de combustibles fósiles conllevan a la emisión de gases de tipo invernadero (GEI), tales como, CO₂, metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), ozono (O₃), clorofluorocarbonos (CFC) e hidrofluorocarbonos (HCFC). A partir de estas emisiones de GEI hay efectos adversos que tienen consecuencias globales. La necesidad de reducir la emisión de huella de carbono (CFP) y GEI en la producción agrícola e industrial es de interés para cumplir con el ODS-7 de la agenda 2030. Por ello, se ha incrementado la demanda de los productos alimenticios mínimos procesados con CFP y GEI bajos.

En este contexto, la implementación generalizada del secado solar de productos agrícolas surge como una solución amigable con el medio ambiente, baja en CFP y baja en GEI en todo el mundo. De esta manera podemos contribuir con el ODS-7.a a través de la incorporación de tecnologías sostenibles. Aún más, al incorporar alimentos para evitar la pérdida y desperdicios podemos contribuir en la reducción del 8 % a un 10 % de gases de efecto invernadero (ODS-12.4) que están asociados a los alimentos que no se consumen (ODS-12.3) .

4. El secado solar

El secado en una alternativa que utiliza la energía del sol para llevar a cabo el proceso de remoción del agua contenida en el alimento. Este proceso es complejo debido a que el alimento es un sistema que consta de un arreglo celular que a su vez se divide en compartimentos; además, el alimento contiene diversos componentes, tales como agua, sales, aceites, proteínas, carbohidratos etc. Por lo tanto, el agua es removida desde dentro de los compartimentos celulares hasta la superficie del alimento (Figura 2). La migración del agua desde la superficie hasta los alrededores, a simple vista parecería sencillo. Sin embargo, tanto en la superficie externa como la de los poros, capilares y células, existen fuerzas de atracción que limitan el movimiento del agua. Tal es el caso de las interacciones electrostáticas, donde una molécula de agua es atraída por otra molécula propia del material alimenticio. Otra fuerza de atracción es ejercida por las sales del alimento

y por las reacciones que pueden producirse (Figura 2). Por último, el alimento es un sistema donde los componentes pueden encontrarse en estado sólido, líquido, gaseoso, gomoso, viscoso, etc. Este factor también limita el movimiento del agua.

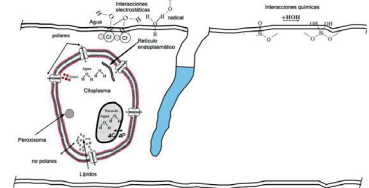


FIGURA 2. DIAGRAMA del proceso de remoción de agua del alimento, durante el secado.

Un secador solar consta de una cámara de secado, un captador solar, charolas de secado, un sistema de circulación de aire y en algunos casos un sistema de calentamiento auxiliar (Figura 3). El calentamiento auxiliar puede ser provisto con una tecnología renovable o no renovable. El primero es conocido como secador mixto y el segundo como secador híbrido.

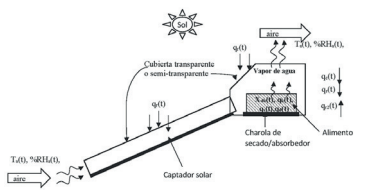


FIGURA 3. DIAGRAMA de un secador solar.

La cubierta transparente de la cámara de secado generalmente permite el paso del 95% de la luz de sol. El porcentaje del paso de luz en materiales semitransparentes depende de sus características. Por ejemplo, el polietileno permite el paso de la luz en un 40%. Esta energía (qr) se encuentra disponible para el proceso de secado (Figura 3).

En México se reciben aproximadamente 650 W/m², por lo tanto, es posible llevar a cabo el proceso de secado en casi todas las zonas geográficas de nuestro país. Si el secador está hecho de policarbonato podría recibir 617 W/m², mientras que para el de polietileno 260 W/m². Esta energía influye en el secado solar en dos aspectos: incremento de la temperatura de la cámara de secado y promover los cambios en la calidad de los productos deshidratados. La irradiancia también puede estar expresada en W/m²/nm. Quiere decir que nuestro país recibe principalmente longitudes de onda entre 250 a 1650

nm. Para materiales transparentes podemos obtener la misma calidad de la luz, es decir longitudes de onda entre 250 a 1650 nm. Los materiales semitransparentes pueden permitir el paso de longitudes de onda específicas con el objetivo de mejorar la calidad de los alimentos deshidratados. Sin embargo, las longitudes de onda que no se dejan pasar pueden quedar atrapadas en el material o reflejadas hacia los alrededores. Los materiales que tienen una mayor capacidad de absorber la energía solar manifiestan un incremento de su temperatura. Por lo tanto, si estos son colocados como material de cobertura del secador, habría una mayor pérdida de calor por efecto de la convección del aire del medio ambiente. Por lo tanto, en el Instituto de Energías Renovables estamos trabajando en combinar materiales para incrementar la eficiencia y la calidad del producto deshidratado.

La cantidad de luz que penetra el material de la cubierta es una fuente de calentamiento del aire que rodea al alimento. Por lo tanto, se generará un movimiento del aire desde las entradas, que frecuentemente se ubican en la parte inferior del secador, hasta las salidas ubicadas en la parte superior o intermedia del secador solar. A esta cantidad de energía disponible la llamaremos qc.

Coloquialmente sabemos que si hace calor podríamos secar más rápido, por ejemplo la ropa. Si está lloviendo, definitivamente no podríamos secar utilizando únicamente la energía del sol. Esto implica que el aire que entra al secador a una temperatura que llamaremos Ta y sale a otra temperatura que dependerá de cuanto tiempo estuvo en el secador, además de las condiciones dentro del secador. Si colocamos una cantidad de alimentos dentro del secador, mayor a la que podemos deshidratar, seguramente observaremos gotas de agua en las paredes internas. Esto quiere decir que el aire ya no puede disolver más agua, es decir, se encuentra saturado. Por lo tanto, el valor de la humedad dentro del secador (HR), será elevado. En este caso es necesario disminuir la cantidad de alimento, o bien, tener una mayor área destinada para la entrada y la salida del aire.

5. Los colores de los alimentos

La calidad de los alimentos es un término amplio y difícil de medir. Sin embargo, está relacionado con los deseos del consumidor. Cuando una persona desea comer un alimento, primero se imagina el sabor, el olor característico de lo que se le antoja, la apariencia adecuada, y a qué temperatura desea consumirlo. Por supuesto, también imagina la textura: qué tan gomoso es, qué tan crujiente, qué tan viscoso, qué tan esponjoso. Todos estas señales son estímulos que el ce-

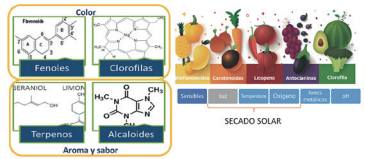


FIGURA 4. ESQUEMA de las moléculas y pigmentos que confieren el color de los alimentos

Cada molécula absorbe una cantidad de energía específica para que podamos ver los colores bien definidos en cada alimento. Esta moléculas son sensibles a la acidez o alcalinidad, iones metálicos, el oxígeno y la temperatura. Estos dos últimos son factores que se modulan en un proceso de secado convencional. En el secado solar además de los cuatro factores anteriores, la luz del sol también induce cambios en la coloración del material. Por ejemplo, cuando la ropa se seca directamente al sol, después de algunas horas podemos observar una decoloración de la tela. Los cambios en la pigmentación de los alimentos se deben al efecto de la luz del sol en la estructura del alimento. La luz genera la activación de las proteínas receptoras e induce cambios en los cromóforos (moléculas que pueden absorber luz) para sintetizar o degradar componentes activos, entre ellos, a los pigmentos naturales (Figura 5).

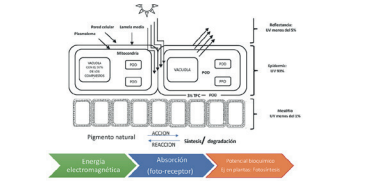


FIGURA 5. ESQUEMA de la interacción de la luz del sol con el alimento.

Por lo tanto, el desarrollo de tecnologías de secado solar que permitan disminuir el deterioro de la calidad de los alimentos deshidratados es un área de oportunidad.

6. Secador solar con películas selectivas

Un proceso de secado eficiente se enfoca en lograr una remoción de agua con el mínimo posible de recursos, mejorando su eficiencia térmica y económica. La mayoría de los secadores solares tiene una eficiencia menor del 50% . Esto se debe a las pérdidas de energía dando lugar a temperaturas bajas dentro de los secadores solares. Además, muchos secadores tienen malas distribuciones de temperaturas y del flujo de aire.

La temperatura promedio de los secadores solares tipo invernadero es de 49.11°C. Generalmente, la temperatura máxima al interior de la cámara de secado no excede los 55°C. Además, el tiempo efectivo a esta temperatura máxima oscila entre 1 a 2 horas. Sin embargo, un alimento se deshidrata en al menos 4 horas o hasta en varias semanas, dependiendo del tipo de material alimenticio y de las características del secador.

Para mejorar la distribución del aire dentro del secador se han evaluado la incorporación de ventiladores o chimeneas como sistemas de extracción de aire. Sin embargo, los extractores no garantizan que el flujo de aire dentro de la cámara de secado sea homogéneo. El trabajo desarrollado en el IER ha tocado estos aspectos [8-12]. Nuestro trabajo incluye un análisis numérico computacional que evalúa el posicionamiento de los ventiladores a la entrada, salida y al interior de la cámara de secado. La incorporación de un sistema de re-circulación del aire permite intensificar el proceso de secado.

Así mismo, la incorporación de nuevos materiales constructivos en los secadores solares ha permitido el incremento en la retención de compuestos bioactivos y el aumento en la temperatura del aire de secado debido a sus propiedades conductivas y de absorción parcial de la luz. Los materiales que han sido probados en el grupo colaborativo interno y externo al IER son: películas semiconductoras de calcogenuro de cobre, polietileno blanco, polietileno verde, acrílico, policarbonato sólido transparente y policarbonato celular [13-14]. El policarbonato celular con películas semiconductoras de calcogenuro de cobre se utilizó en la construcción de un secador tipo invernadero, debido a sus propiedades ópticas y térmicas (Figura 6).

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

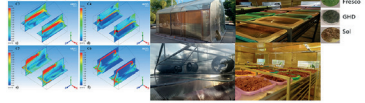


FIGURA 6. SECADOR solar tipo invernadero.

El secador solar con películas selectivas es una alternativa que puede beneficiar a comunidades rurales, personas

REFERENCIAS

[1] CEPAL Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México, 2018. Publicación de las Naciones Unidas : México 2018.
[2] FAO Avances legislativos sobre prevención y reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. FAO: 2021.
[3] Mapa Pobreza - InfoPobreza. <http://sistemas.coneval.org.mx/InfoPobreza/Pages/wfrMapaPobreza?TipoPobreza=1&TipoIndicador=1> (accessed Nov. 13, 2022).
[4] La desigualdad agrava el hambre, la desnutrición y la obesidad en América Latina y el Caribe. <https://www.unicef.org/lac/comunicados-prensa/la-desigualdad-agrava-el-hambre-la-desnutricion-y-la-obesidad-en-AL#> (accessed Feb. 28, 2024).

[5] FAO Global food losses and food waste-Extent, causes and prevention. (2011).
[6] Bonvecchio-Arenas, A.; Fernández-Gaxiola, A. C.; Belausteguigoitia, M. P.; Kauffer-Horwitz, M.; Pérez Lizaur, A. B.; and Rivera Dommarco, J. Á. Guías alimentarias y de actividad física. 2015.
[7] Lennerz, B. S. , Vafai, S. B. , Delaney, N. F. , Clish, C. B. , Deik, A. A. , Pierce, K. A. , Ludwig, D. S. , and Mootha, V. K. Molecular Genetics and Metabolism 2015, 114(1), 73–79.
[8] Román-Roldán, N. I. , Ituna-Yudonago, J. F. , López-Ortiz, A. , Rodríguez-Ramírez, J. , and Sandoval-Torres, S. Renewable Energy 2021, 1791727–1741.
[9] Román-Roldán, N. I. , López-Ortiz, A. , Ituna-Yudonago, J. F. , García-Valladares, O. , and Pilatowsky-Figueroa, I. Energy Science and Engineering 2019, 7(4), 1123–1139.
[10] Peñaloza, S. , Delesma, C. , Muñiz, J. , and López-Ortiz, A. Food Bioscience 2022, 47101700.
[11] López-Ortiz, A. , Méndez-Lagunas, L. L. , Delesma, C. , Longoria, A. , Escobar, J. , and Muñiz, J. Innovative Food Science and Emerging Technologies 2020, 60
[12] López-Ortiz, A. , Pineda, I. P. , Méndez-Lagunas, L. , Ortega, A. B. , Martínez, L. G. , Pérez-Orozco, J. , Río, J. del , and Nair, P. Scientific Reports 2021, In press
[13] Nair, P. K. , Espinosa-Santana, A. L. , Guerrero-Martínez, L. , López-Ortiz, A. , and Nair, M. T. S. Solar Energy 2020, 203123–135.
[14] Rodríguez-Ramírez, J. , Méndez-Lagunas, L. L. , López-Ortiz, A. , Muñiz-Becerá, S. , and Nair, K. Solar Energy 2021, 221120–130.



ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

PARA ACTIVIDADES RECIENTES DE LA ACADEMIA Y ARTÍCULOS ANTERIORES PUEDE CONSULTAR: WWW.ACMOR.ORG.MX
¿COMENTARIOS Y SUGERENCIAS?, ¿PREGUNTAS SOBRE TEMAS CIENTÍFICOS? CONTÁCTANOS: EDITORIAL@ACMOR.ORG.MX