

INTEGRACIÓN DE UN SECADERO SOLAR EN UNA PLANTA DE COGENERACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE ALMAZARA.

RUIZ CELMA, Antonio ⁽¹⁾; LÓPEZ-RODRÍGUEZ, Fernando⁽²⁾

PULIDO GRANADO, Elena ⁽¹⁾

aruiz@unex.es

⁽¹⁾Universidad Extremadura, Escuela de Ingenierías Industriales, Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales.

⁽²⁾Escuela de Ingenierías Industriales Departamento de Expresión Gráfica.

RESUMEN

En el presente trabajo se exponen los resultados de la implantación de un secadero solar, de aproximadamente 2500 m³ de cámara de secado, como sistema de tratamiento adicional a los subproductos húmedos en una instalación de cogeneración de 4,3 MWe para el tratamiento de lodos de almazara situada en el término municipal de Valdetorres en la provincia de Badajoz (Extremadura). Realizada la evaluación energética de la instalación en cuestión, con la confección del correspondiente diagrama de Sankey, se desprende que durante un número muy importante de horas al año se dispone de una energía térmica residual (procedente de los aerotermos de los motores de combustión) en forma de aire caliente que puede ser empleada como aporte complementario al proceso de secado térmico en la instalación solar. Este aporte permite unas mejores condiciones de trabajo (niveles de temperatura interior y horas de funcionamiento) en las operaciones de secado de los subproductos tratados (alpechín concentrado, orujos húmedos y hueso).

Con la inclusión de esta línea se pretende reducir los costes energéticos en las operaciones de secado de dichos materiales (mediante la combinación de la energía solar con la energía térmica residual disponible) como paso previo a la densificación de los mismos, e incrementar la eficiencia energética de la instalación de cogeneración.

Palabras clave: Secadero, Solar, Aerotermos.

1. Introducción

En Extremadura existen un sector agroindustrial de enorme importancia socio-económica: la industria de elaboración de aceite de oliva, con aproximadamente 200.000 ha de olivar para almazara. Este sector genera en cada campaña, ingentes cantidades de subproductos húmedos con su problemática específica y valorización económica comprometida[1].

En algunos casos, es necesario someter a estos subproductos a una operación de secado térmico, con la finalidad de la valorización comercial, pues presentan propiedades energéticas y nutritivas interesantes, con diversas posibilidades de uso. Esta operación de secado es muy intensiva en energía, en el rango de los 4600 a 9200 kJ/kg H₂O evaporada, dependiendo del dispositivo empleado y de los niveles de temperatura del agente desecante[2]. Teniendo en cuenta los costes actuales de la energía y los previsibles precios de los productos finales, la viabilidad económica de la línea de producción es complicada.[3]

En el actual trabajo se exponen los resultados de la implantación y seguimiento de un prototipo de secadero solar industrial, de aproximadamente 2500 m² de cámara de secado, para la reducción del contenido de humedad de los subproductos, como paso previo a su comercialización, [4] minimizando el gasto energético convencional de las operaciones y, por tanto, también los costes a asumir por las empresas generadoras. El secadero se emplaza en una parcela de Troil Vegas Altas SC (planta de tratamiento de lodos de almazara mediante cogeneración) situada en el término municipal de Valdetorres (Badajoz)[5]. Como aporte complementario al secado térmico se emplea la energía térmica residual procedente de los aerotermos de los motores de combustión interna, en forma de aire caliente.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es el desarrollo de una tecnología solar industrial aplicada al proceso de secado térmico de subproductos agroindustriales húmedos, que pueda servir como demostración para otras empresas a nivel regional, nacional e, incluso, internacional.

3. Método de trabajo

En actividades conjuntas del equipo de investigación y con las orientaciones de los responsables de las empresas participantes, se decidió emplazar el secadero solar en las proximidades de la torre de concentración de alpechín y al lado de la nave principal de los motores de la instalación de cogeneración, Fig.1. Las razones fundamentales para esta elección fueron las facilidades en la logística de la carga-descarga del secadero y el aprovechamiento de la corriente de aire caliente procedente de los aerotermos de los motores de combustión; este aporte térmico, gratuito, se encuentra disponible durante aproximadamente 6000 horas al año.



Figura1. Emplazamiento junto a la torre de concentración.

Para la embocadura del aire caliente de los aerotermos se realizó una estructura auxiliar forrada de una chapa de acero galvanizado lacado de 0,6 mm. La superficie de entrada es de unos 17 m².

En la Fig.2 se muestra el cuadro de control del Sistema de Adquisición de Datos, en él se registran la temperatura, humedad y velocidad del viento recogidas mediante sensores situados en el invernadero, tanto en el interior para las medidas de temperatura y humedad, así como en el exterior en el caso del anemómetro.



Figura2. Sistema de Adquisición de Datos

El seguimiento del funcionamiento del secadero solar presentado en este trabajo se realizó con los subproductos, a lo largo de la primavera del 2014, período en los que las condiciones solares son favorables para este propósito. En cada ensayo, se anotaron los datos iniciales de cantidad de masa introducida (que solía estar comprendida entre los 5000-6000 kg), contenido en humedad (que dependía del tipo de subproducto a ensayar) y espesor de la capa de producto a secar (pues sin incluir todavía equipo de volteo es una variable fundamental en el proceso de secado térmico en capa fina) y que siempre era menor de 10 cm. Durante el funcionamiento se dispuso la información de las variaciones de temperatura, humedad relativa y velocidades del aire. El muestreo del contenido en humedad del producto a secar se realizó en seis posiciones diferentes al finalizar cada día, trabajando con una media aritmética de las mismas.

Condiciones de contorno establecidas:

- *Llenado simultáneo de los dos contenedores del secadero con los subproductos concentrado de alpechín y hueso para mantener las mismas condiciones ambientales.
- *Durante todo el ensayo, las velocidades medias del aire en el interior de las cámaras de secado no superaron los 0,5 m/s.
- *Masa introducida de cada producto de 2500 kg \pm 10%.
- *Muestreo del contenido en humedad en seis posiciones geoméricamente iguales en cada contenedor.
- *Contenido en humedad inicial (en peso y base húmeda): 49,85% para el concentrado de alpechín y 20,62% para el hueso.
- * Contenido en humedad final (en peso y base húmeda): 10,15% para el concentrado de alpechín y 10,98% para el hueso.
- *Durante todos los experimentos los motores térmicos de la planta se encontraban funcionando, y por ello, existía el aporte de aire caliente procedente de los aerotermos al interior del secadero, cuyo caudal máximo es de 181.000 m³/h, estando la temperatura de entrada a las cámara de secado entorno a los 70°C.

En la Fig. 3, se observa el secadero solar híbrido con una carga en ambos depósitos de contención.



Figura 3. Carga del secadero

Posteriormente, y una vez ajustados los sensores del sistema de adquisición de datos, así como establecido el procedimiento para la toma de muestras y control de humedad del producto, se realizó el seguimiento del secado. Fig.4



Figura4. Vista de una carga al finalizar los ensayos.

4. Resultados alcanzados

Los resultados medios obtenidos con los experimentos realizados en el prototipo de secadero solar, (en las mismas condiciones ambientales) para el caso de los subproductos alpechín concentrado y hueso de aceituna, son los siguientes:

Resultados de los experimentos:

Concentrado de alpechín. En la Fig.5 se muestra la evolución del contenido en humedad medio de la carga en el secadero solar de alpechín concentrado; de la misma se desprende que el proceso de secado duró un total de cuatro días para alcanzar el contenido en humedad final (de aproximadamente el 10%). Durante la fase inicial del proceso, (primer y segundo día) la velocidad de secado fue mayor que en el resto, como cabe esperar en el secado de biomasa húmeda, si bien debemos tener presente que las condiciones ambientales son variables y que los niveles medios diarios de temperatura en el interior del secadero fueron distintos.

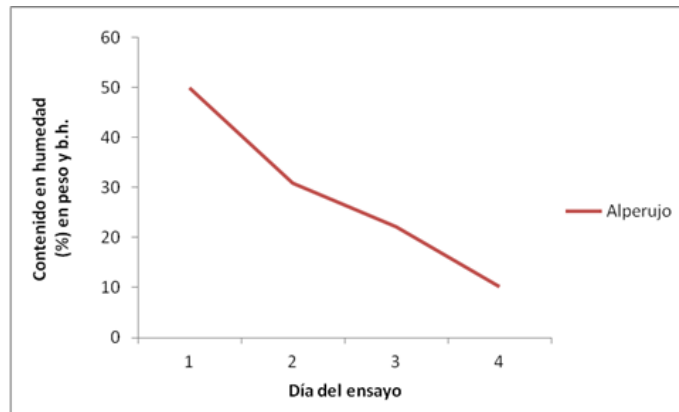


Figura5. Evolución del contenido de humedad para el Alpechín

Los porcentajes de agua evaporada con respecto al total en cada día del ensayo fueron del 37,15%, 24,88%, 18,46% y 19,51%.

Hueso de aceituna. En la Fig.6 se presenta la variación en el contenido en humedad medio de la carga del contenedor de hueso en el secadero; En este caso, el proceso de secado alcanzó los dos días para lograr el contenido en humedad final fijado. Los porcentajes de agua evaporada en relación al total en cada día del experimento fueron del 45% y 55%, respectivamente. Aquí debe considerarse que los niveles medios de temperatura en el interior de la cámara de secado fueron notablemente más altos el último día, favoreciendo la velocidad del proceso de deshidratación.

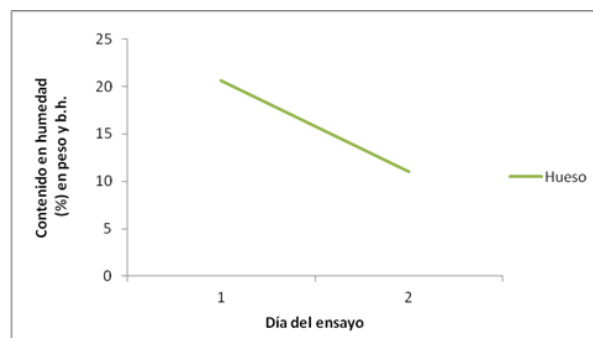


Figura 6. Evolución del contenido de humedad para el Hueso

Registros de niveles de temperatura exterior e interior del secadero:

En las Fig.7 a 10 se muestran los registros de temperaturas alcanzadas durante el período en que se desarrollaron los experimentos.

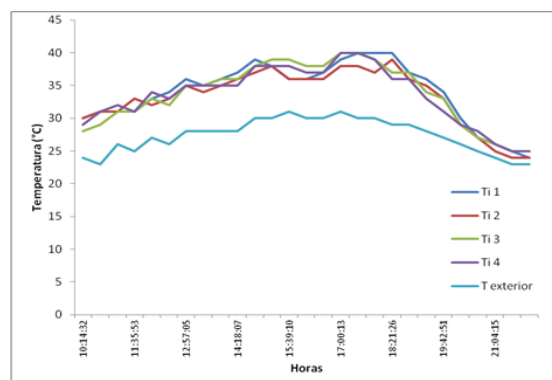


Figura7. Registro de temperaturas primer día

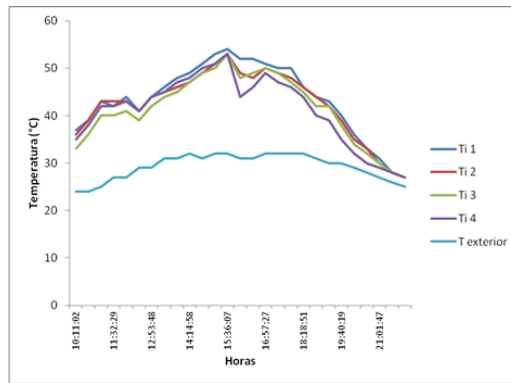


Figura8. Registro de temperaturas segundo día

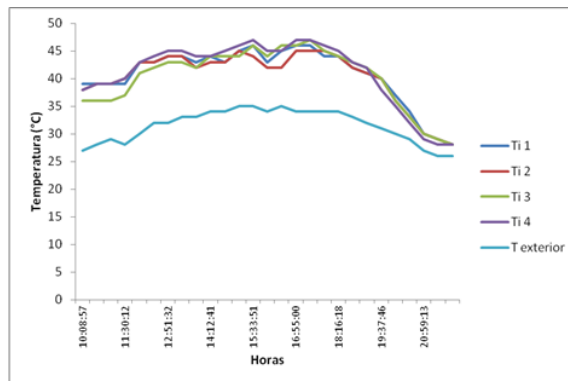


Figura9. Registro de temperaturas tercer día

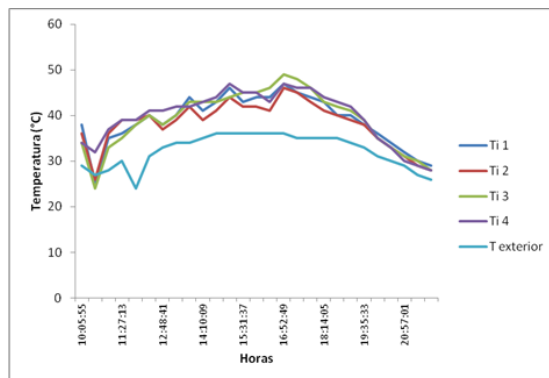


Figura10. Registro de temperaturas cuarto día

Como puede observarse en las gráficas, la magnitud de la temperatura medida en los cuatro sensores situados en el interior del secadero es variable influenciada por las fluctuaciones de las condiciones exteriores. Los picos de temperaturas máximas alcanzadas durante el período de tiempo en el que se realizaron los experimentos fueron de 54°C en el interior del secadero solar (segundo día) y de 36°C de temperatura ambiente. Estos máximos se vienen a corresponden con los períodos de mayor insolación.

Durante las primeras y últimas horas del día, por el contrario, se registraron las magnitudes de temperaturas mínimas, cifrándose en unos 25°C en el interior del secadero y 23 °C de temperatura ambiente.

Con el análisis del registro de los datos se obtiene que las diferencias de temperatura interior-externor están en torno a los 15°C, dependiendo del intervalo horario y contabilizando el aporte de aire de los aerotermos. Estas magnitudes son suficientes para que el proceso de secado solar se realice con cierta eficacia.

5. Conclusiones y consideraciones finales

Se presentan algunos resultados del secado solar de subproductos de almazara en una instalación integrada de una planta de cogeneración.

Se consiguen reducciones de la humedad del 76,69% para el concentrado de alpechín y 46.75% para el hueso, sin gasto adicional de combustible.

Se resalta la incorporación de la utilización de la Energía Solar en los pretratamientos de los residuos con objeto de minimizar los costes energéticos y medioambientales.

De los resultados obtenidos y los seguimientos que aún se llevan a cabo, se desprenden las posibilidades de réplica a mayores escalas y su aplicación a otros materiales húmedos, con la posibilidad de la proyección de un futuro centro logístico de biomasa, para el abastecimiento de combustible a calderas domésticas de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha recibido soporte financiero del Proyecto “Desarrollo, implantación y seguimiento de un prototipo industrial de secadero solar y proceso de peletizado para el tratamiento de subproductos agroindustriales húmedos“, PCJ 1002, enmarcado en los Proyectos de Cooperación en sectores estratégicos entre grupos de investigación y empresas de la Consejería de Empleo, Empresa e Innovación del Gobierno de Extremadura.

Agradecimientos a la Agencia Extremeña de la Energía, a la Fundación Parque Científico y Tecnológico de Extremadura y a la empresa Troil Vegas Altas (S.C.)

7. Referencias

- [1] LÓPEZ-RODRÍGUEZ, F. PÉREZ ATANET, C. CUADROS BLÁZQUEZ, F. RUIZ CELMA, A. “Spatial assessment of the bioenergy potential of forest residues in the western province of Spain, Cáceres”. *Biomass and Bioenergy*, 2009, vol. 33, pp.1358-1366.
- [2] RUIZ CELMA, A. CUADROS BLÁZQUEZ, F. “Energy and exergy analyses of OMW solar drying process”. *Renewable Energy*, 2009, vol. 34, pp. 660-666.
- [3] RUIZ CELMA, A. LÓPEZ RODRÍGUEZ, F. CUADROS BLÁZQUEZ, F. *Feasibility analysis of CHP in a olive processing industry*. *Journal of Cleaner production*, 2013, vol. 42, pp. 52-57.
- [4] RUIZ CELMA, A. CUADROS BLÁZQUEZ, F. LÓPEZ RODRÍGUEZ, F. *Physical Chemical properties of dehydrated olive mill wastewater pellets*. *Research Journal of Biotechnology*, 2011, vol. 6, pp. 62-68.
- [5] RUIZ CELMA, A. & LÓPEZ-RODRÍGUEZ, F. “Cogeneration plant in an olive sludge industry”. *Applied Thermal Engineering*, 2009, vol. 29, pp.3394-3400.