

# UNIVERSIDAD DE BURGOS

## ESCUELA DE DOCTORADO

### TESIS DOCTORALES

**TÍTULO:** VALORIZATION OF RESIDUES GENERATED IN THE PRODUCTION OF OLIVE OIL THROUGH CLEAN TECHNOLOGIES.

**AUTOR:** NIKNAM, SEYED MEHDI.

**PROGRAMA DE DOCTORADO:** AVANCES EN CIENCIA Y BIOTECNOLOGÍA ALIMENTARIAS.

**ACTO Y FECHA DE LECTURA:** EL ACTO PÚBLICO DE DEFENSA DE TESIS SE DESARROLLARÁ EL DÍA 22 DE FEBRERO, A LAS 11:00 HORAS, PRESENCIALMENTE EN EL AULA 28 DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE BURGOS Y MEDIANTE VIDEOCONFERENCIA, A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN TEAMS.

**DIRECTORES:** JOSÉ MANUEL BENITO MORENO  
MARÍA ISABEL ESCUDERO BARBERO

**TRIBUNAL:** SAGRARIO BELTRÁN CALVO  
MARÍA TERESA SANZ DIEZ  
JOSÉ RAMÓN ÁLVAREZ SÁIZ  
SILVIA ÁLVAREZ BLANCO  
GEMMA GUTIÉRREZ CERVELLÓ

**RESUMEN:** Durante el proceso de extracción de aceite de oliva se generan grandes cantidades de residuos que pueden tener un gran impacto en el medio terrestre y acuático debido a su alta fitotoxicidad. Los residuos más contaminantes se conocen como residuos de almazara y, además de constituir un problema ambiental grave, son un recurso abundante de compuestos útiles. Durante la producción de aceite de oliva, casi todo el contenido fenólico de la aceituna (98%) permanece en los subproductos de la almazara. Los compuestos fenólicos son peligrosos para las aguas subterráneas y el suelo; en consecuencia, deben eliminarse de los residuos de almazara y recuperarse para su uso posterior. Además, la extracción y uso de compuestos fenólicos son hoy en día actividades económicamente rentables debido a que sus propiedades funcionales son de gran interés en diversas aplicaciones de la industria química, farmacéutica y alimentaria.

La cantidad y el tipo de compuestos fenólicos presentes en los residuos de almazara depende de la variedad y madurez del fruto, las condiciones climáticas, el tiempo de almacenamiento y la técnica de procesado. La recuperación de compuestos fenólicos presentes en estos residuos puede realizarse mediante el uso de tecnologías limpias, ya que, al funcionar en condiciones de operación moderadas, ayudan a preservar las propiedades bioactivas de estos compuestos y su aplicación posterior como conservantes para extender la vida útil de los alimentos, como suplementos nutricionales o para proporcionar determinada funcionalidad, cerrando así el ciclo alimentario y avanzando hacia una economía circular en el sector. No obstante, conviene tener en cuenta que estos compuestos bioactivos son inestables y suelen modificar las características organolépticas de los alimentos a los que se

incorporan. Por este motivo, su encapsulación en nanopartículas o emulsiones es útil para protegerles del entorno, siempre y cuando la formulación empleada mejore sus características en cuanto a estabilidad, dispersabilidad, biodisponibilidad y funcionalidad en los alimentos.

El objetivo general de esta Tesis Doctoral es la valorización de los residuos de almazara en términos de extracción de aceite de orujo de oliva y recuperación de compuestos bioactivos mediante tecnologías limpias y emergentes, con posterior encapsulación de los biocompuestos recuperados en nanoemulsiones simples y dobles para su futuro uso en alimentación, cosmética y aplicaciones farmacéuticas.

En concreto, los residuos sólidos de la almazara procedentes de sistemas de centrifugación de tres y dos fases (orujo y alperujo, respectivamente), se trataron mediante métodos de extracción convencionales y asistidos por ultrasonidos y se optimizaron las condiciones de operación para la recuperación del aceite de orujo de oliva y de los compuestos fenólicos. Además, se realizaron experimentos de adsorción sólido-líquido sobre los extractos obtenidos de residuos sólidos de almazara desgrasados. Se probaron varios adsorbentes y disolventes en las etapas de adsorción y desorción, con el fin de obtener extractos purificados y concentrados y también el aislamiento selectivo de los compuestos bioactivos deseados.

También se caracterizó el agua residual de la almazara (alpechín) para determinar sus principales componentes, y posteriormente se procesó mediante tecnologías de membranas, estableciendo las condiciones óptimas de operación para lograr la separación de los compuestos fenólicos.

Finalmente, los extractos fenólicos se encapsularon en emulsiones simples y dobles aplicando métodos de emulsificación de alta energía, optimizando la formulación y las condiciones de preparación de las nanoemulsiones, con el fin de mejorar la estabilidad y biodisponibilidad de los compuestos fenólicos encapsulados.

**Palabras clave:** Residuos de almazara, recuperación de compuestos fenólicos, extracción asistida por ultrasonidos, procesos con membranas, nanoemulsiones

**Keywords:** Olive mil wastes, phenolic compounds recovery, ultrasound-assisted extraction, membrane processes, nanoemulsions