

## RESUMEN

El mercado de bebidas vegetales está experimentando un crecimiento constante debido a la creciente demanda de productos de origen vegetal. Dentro de este mercado, la bebida de almendra, perteneciente al grupo de las oleaginosas, destaca por su alto contenido en nutrientes, compuestos fenólicos y sus propiedades antioxidantes. Por otra parte, la generación masiva de residuos y subproductos por parte de la industria alimentaria representa uno de los mayores desafíos a nivel global. De acuerdo con la Comisión Europea, aproximadamente se desperdicia un 13% de la producción alimentaria mundial, equivalente a 366 millones de toneladas dentro de la Unión Europea. La industria alimentaria ha estado trabajando en la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados por las Naciones Unidas en 2015, con especial atención en el ODS 12, que promueve la producción responsable y sostenible. Este objetivo busca prevenir el desperdicio de alimentos, revalorizar residuos y promover la economía circular como parte de la Agenda 2030.

En este contexto, el objetivo general de la presente tesis fue estudiar las posibilidades de revalorización del subproducto resultante del proceso de obtención de la bebida vegetal de almendra. Determinar las propiedades fisicoquímicas, tecnológicas y funcionales de la materia prima. Evaluar el efecto de la deshidratación (secado con aire caliente y liofilización) sobre las propiedades fisicoquímicas, el contenido de componentes bioactivos, su bioaccesibilidad y su influencia sobre la microbiota. Finalmente, se consideró la posibilidad de obtener un producto deshidratado con probióticos.

La consecución de este objetivo se abordó desde tres enfoques que se presentan en tres capítulos en los que se ha estructurado el apartado de resultados. En el primer capítulo se evaluó el impacto del secado por aire caliente a 60 °C y 70 °C, junto con la liofilización, sobre las propiedades tecnológicas del bagazo de almendra. Se analizaron las curvas de secado y las isotermas de sorción. Luego, se evaluó el efecto del almacenamiento a temperatura ambiente y en condiciones aceleradas de los polvos obtenidos por ambos métodos de secado. Durante 6 meses, se monitoreó el crecimiento microbiológico, la acidez, el índice de peróxidos, la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles. Finalmente, se evaluó la idoneidad del polvo de bagazo de almendra como sustituto en la elaboración de productos de panadería, concretamente galletas.

Tanto el secado por aire caliente como la liofilización resultaron ser operaciones adecuadas para estabilizar el bagazo de almendra. Ambos métodos de secado, combinados con un triturado adecuado, proporcionaron polvos con propiedades favorables para su uso en la industria alimentaria. En relación con la actividad antirradical, no se presentaron diferencias significativas entre las muestras

deshidratadas, si bien el contenido en fenoles totales fue mayor en las muestras liofilizadas. En cuanto al almacenamiento durante 6 meses, al finalizar dicho periodo se observó un aumento en la capacidad antirradical, así como en el contenido de fenoles totales, especialmente notable en las muestras secadas por aire caliente y sometidas a almacenamiento acelerado. Los valores de acidez e índice de peróxido aumentaron considerablemente durante el almacenamiento acelerado, posiblemente debido a la descomposición de los ácidos grasos. Finalmente, se evaluó la idoneidad del polvo de bagazo de almendra como ingrediente sustitutivo en la elaboración de productos de panadería. Los resultados mostraron la idoneidad del para ser utilizado como sustituto de la harina de trigo en la elaboración de galletas ya que proporcionó un producto de textura adecuada con mayor contenido en fibra y componentes con capacidad antirradical.

El segundo capítulo comprende los estudios relacionados con la influencia del proceso de deshidratación en la digestión gastrointestinal *in vitro* (fase oral, gástrica e intestinal) y en la fermentación colónica, con especial atención sobre los compuestos bioactivos específicos, microbiota fermentativa del colon y los ácidos grasos de cadena corta. La digestión gastrointestinal *in vitro* redujo la cantidad de compuestos polifenólicos específicos posiblemente a la interacción entre compuestos bioactivos y macromoléculas. En cuanto a los fenoles totales y la capacidad antioxidante, aumentaron progresivamente durante las etapas gástrica, intestinal y colónica. Los sustratos afectaron la estructura de la comunidad microbiana fermentativa del colon, siendo significativamente diferente en las muestras control. La fermentación colónica favoreció el crecimiento de bacterias productoras de ácidos grasos de cadena corta, predominando los ácidos grasos de cadena ramificada debido al alto contenido de proteína del bagazo de almendra.

Finalmente, en el tercer capítulo, se aborda una revisión general sobre cómo las operaciones de procesado de alimentos y la digestión gastrointestinal *in vitro* afectan la viabilidad de células probióticas en alimentos no lácteos. Se analizan diversos factores de estrés que afectan la viabilidad de los microorganismos probióticos, se detallan estrategias para incrementar las células viables en alimentos probióticos no lácteos y se describen los mecanismos que fomentan los cambios en estos microorganismos para mejorar su supervivencia. Además, se presenta un estudio de caso enfocado en determinar el efecto de la incorporación de *Lactobacillus salivarius* spp al bagazo de almendra fresco. Este sustrato fue utilizado para el crecimiento del probiótico y se evaluó el impacto de la matriz de incubación y las altas presiones de homogeneización (HPH) en su crecimiento, hidrofobicidad y resistencia al secado por aire caliente y la digestión *in vitro*. Los resultados muestran que el bagazo de almendra conserva nutrientes y es adecuado para el crecimiento de células de *Lactobacillus*. El probiótico demostró crecimiento en todas las condiciones estudiadas y sobrevivió a la digestión *in*

*vitro*, con mejores resultados cuando fue encapsulado por HPH, mejorando su resistencia a condiciones adversas como el secado por aire caliente y la digestión gastrointestinal *in vitro*.