



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

Influencia del tipo de secado y biopolímeros añadidos en la
calidad de la harina de la vaina del haba (Vicia faba)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

AUTOR/A: Fernández Vargas, Narcisa

Tutor/a: Camacho Vidal, M^a Mar

Cotutor/a: Martínez Navarrete, Nuria

Director/a Experimental: Barrial Luján, Abel Isaías

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

Influencia del tipo de secado y biopolímeros añadidos en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*).

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ciencia y tecnología de los alimentos

AUTOR/A: Fernández Vargas, Narcisa

Tutor/a: Camacho Vidal, María del Mar

Cotutor/a: Martínez Navarrete, Nuria

Director/a experimental: BARRIAL LUJAN, ABEL ISAIAS

Curso Académico: 2023-2024

VALENCIA, JUNIO 2024



UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

Influencia del tipo de secado y biopolímeros añadidos en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Autor/a: Fernández Vargas, Narcisa

Tutor/a: Camacho Vidal, M^a Mar

Cotutor/a: Martínez Navarrete, Nuria

Director/a experimental: Barrial Lujan, Abel Isaias

VALENCIA, JUNIO 2024

RESUMEN: En las industrias alimentarias, durante el procesado de los alimentos, se generan subproductos, muchos de ellos con un buen perfil nutricional. Sin embargo, a veces, no son aprovechados y se convierten en grandes cantidades de desperdicios, con el consiguiente problema medioambiental. Por ello, cabe recalcar el interés del aprovechamiento de los subproductos alimentarios para el desarrollo de ingredientes de alta calidad funcional, sensorial y nutricional. Este aprovechamiento cada vez es más relevante, dado que la sociedad se encuentra en constante crecimiento, es más consciente de la necesidad de una gestión medioambiental adecuada y está enfocada a la búsqueda de nuevos alimentos y de nuevas fuentes que permitan una alimentación saludable y sostenible.

La vaina del haba, es un subproducto generado durante el procesado del haba (*Vicia faba*). Es rica en nutrientes, ya que aporta fibra, minerales, proteínas, aminoácidos esenciales y ácidos grasos poliinsaturados. Además, presenta una alta cantidad de compuestos fenólicos, que pueden darle propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y antioxidantes. Sin embargo, su alto contenido en agua la hace altamente inestable. En el presente trabajo de fin de grado, con el objetivo de revalorizar este subproducto pensando en su uso como ingrediente alimentario en polvo, se ha determinado la influencia del tipo de secado y de la incorporación de biopolímeros, en este caso Goma Arábica (GA) o Almidón Octenil Succinato Sódico (OSA), en la calidad de una harina obtenida a partir de vaina del haba. Para ello, se han ensayado dos técnicas, Secado por Aire Caliente (SAC) y Liofilización (LIO), ambas a la misma temperatura, 50°C. Las harinas obtenidas se han analizado en cuanto a su composición nutricional, compuestos bioactivos y algunas propiedades tecnofuncionales.

Tras el análisis de los resultados, en general, se ha observado que la incorporación de GA y el secado por aire caliente permiten obtener unas harinas con mejores propiedades tecnofuncionales, sobre todo en cuanto a su interacción con el aire y el agua. Sin embargo, la liofilización proporciona harinas con mayor contenido en compuestos bioactivos, especialmente en vitamina C. En este caso, la presencia de GA favorece a los compuestos hidrosolubles, mayoritarios en este producto, y la de OSA a los lioposolubles.

Palabras clave: harina de vaina haba, secado por aire caliente, liofilización, goma Arábica, almidón octenil succinato sódico, macronutrientes, compuestos bioactivos y actividad antioxidante.



UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

Influència del tipus d'assecat i biopolímers afegits en la qualitat de la farina de la baina de la fava (*Vicia faba*)

Autor/a: Fernández Vargas, Narcisa

Tutor/a: Camacho Vidal, M^a Mar

Cotutor/a: Martínez Navarrete, Nuria

Director/a experimental: Barrial Lujan, Abel Isaias

VALÈNCIA, JUNY 2024

RESUM: En les indústries alimentàries, durant el processament dels aliments, es generen subproductes, molts d'ells amb un bon perfil nutricional. No obstant això, a vegades, no són aprofitats i es convertixen en grans quantitats de desaprovaments, amb el consegüent problema mediambiental. Per això, cal recalcar l'interés de l'aprofitament dels subproductes alimentaris per al desenvolupament d'ingredients d'alta qualitat funcional, sensorial i nutricional. Este aprofitament cada vegada és més rellevant, atés que la societat es troba en constant creixement, és més conscient de la necessitat d'una gestió mediambiental adequada i està enfocada a la cerca de nous aliments i de noves fonts que permeten una alimentació saludable i sostenible.

La baina de la fava, és un subproducte generat durant el processament de la fava (*Vicia faba*). És rica en nutrients, ja que aporta fibra, minerals, proteïnes, aminoàcids essencials i àcids grassos poliinsaturats. A més, presenta una alta quantitat de compostos fenòlics, que poden donar-li propietats antiinflamatòries, antimicrobianes i antioxidants. No obstant això, el seu alt contingut en aigua la fa altament inestable. En el present treball de fi de grau, amb l'objectiu de revaloritzar este subproducte pensant en el seu ús com a ingredient alimentari en pols, s'ha determinat la influència del tipus d'assecat i de la incorporació de biopolímers, en este cas Goma Aràbiga (GA) o Midó Octenil Succinato Sòdic (OSA), en la qualitat d'una farina obtinguda a partir de baina de la fava. Per a això, s'han assajat dos tècniques, Assecat per Aire Calent (SAC) i Liofilització (LIO), totes dues a la mateixa temperatura, 50 °C. Les farines obtingudes s'han analitzat quant a la seua composició nutricional, compostos bioactius i algunes propietats tecnofuncionals.

Després de l'anàlisi dels resultats, en general, s'ha observat que la incorporació de GA i l'assecat per aire calent permeten obtindre unes farines amb millors propietats tecnofuncionals, sobretot quant a la seua interacció amb l'aire i l'aigua. No obstant això, la liofilització proporciona farines amb major contingut en compostos bioactius, especialment en vitamina C. En este cas, la presència de GA afavorix als compostos hidrosolubles, majoritaris en este producte, i la d'OSSA als lioposolubles.

Paraules clau: farina de baina fava, assecat per aire calent, liofilització, goma Aràbiga, almidó octenil succinato sòdic, macronutrients, compostos bioactius i activitat antioxidant.



UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

Influence of the type of drying and biopolymers added on the quality of the farina of the fava bean (*Vicia faba*)

Author: Fernández Vargas, Narcisa

Tutor: Camacho Vidal, M^a Mar

Co-tutor: Martínez Navarrete, Nuria

Experimental Director: Barrial Lujan, Abel Isaias

VALENCIA, JUNE 2024

ABSTRACT: In food industries, during food processing, byproducts are generated, many of them with a good nutritional profile. However, sometimes, they are not used and become large amounts of waste, with the consequent environmental problem. Therefore, it is worth highlighting the interest in using food by-products for the development of ingredients of high functional, sensory and nutritional quality. This use is becoming more and more relevant, given that society is constantly growing, is more aware of the need for adequate environmental management and is focused on the search for new foods and new sources that allow for healthy and sustainable eating.

The bean pod is a byproduct generated during the processing of the bean (*Vicia faba*). It is rich in nutrients, as it provides fiber, minerals, proteins, essential amino acids and polyunsaturated fatty acids. In addition, it has a high amount of phenolic compounds, which can give it anti-inflammatory, antimicrobial and antioxidant properties. However, its high water content makes it highly unstable. In this final degree project, with the aim of revaluing this by-product thinking about its use as a powdered food ingredient, the influence of the type of drying and the incorporation of biopolymers, in this case Gum Arabic (GA), has been determined. o Sodium Octenyl Succinate Starch (OSA), in the quality of a flour obtained from bean pods. For this, two techniques have been tested, Hot Air Drying (SAC) and Lyophilization (LIO), both at the same temperature, 50°C. The flours obtained have been analyzed in terms of their nutritional composition, bioactive compounds and some techno-functional properties.

After analyzing the results, in general, it has been observed that the incorporation of GA and hot air drying allow us to obtain flours with better techno-functional properties, especially in terms of their interaction with air and water. However, freeze-drying provides flours with a higher content of bioactive compounds, especially vitamin C. In this case, the presence of GA favors the water-soluble compounds, the majority in this product, and the presence of OSA favors the lyoposoluble ones.

Keywords: bean pod flour, hot air drying, freeze-drying, gum Arabic, sodium octenyl succinate starch, macronutrients, bioactive compounds and antioxidant activity.



UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

Agradecimientos

Hola, en primer lugar me gustaría agradecer a las profesoras Nuria Martínez Navarrete y Mar Camacho Vidal, por confiar en mí y aceptar tutorizarme, por no perder la paciencia ni las ganas, cuando surgían problemas y por su inestimable ayuda durante el desarrollo del presente trabajo final de grado.

En segundo lugar, mostrar mi gratitud a mis compañeros/as de laboratorio que también ha estado realizando su TFG o TFM, ya que entre todos nos hemos ido ayudando. A Abel y a Erika, también quisiera mostrarles mi reconocimiento por su labor, ya que a pesar de nuestras pequeñas diferencias a lo largo del desarrollo del TFG, han ayudado siempre que han podido y han enseñado el uso de los diversos equipos y el procedimiento de los diversos métodos experimentales a realizar para alcanzar el éxito en el desarrollo de la investigación.

También, destacar el papel de la Universitat Politècnica de València y al departamento de tecnología de los alimentos por proporcionar los recursos, instalaciones, equipos y materias primas necesarios para la investigación.

Por último, y no por ello menos importante, reconocer el apoyo incondicional por parte de mi familia y amigos/as.

Finalmente decir, que para mí, el desarrollo de este TFG y poder llegar a aprobarlo y de este modo, poder solicitar mi título universitario y acabar con éxito mis estudios universitarios, como a la gran mayoría, me supone una gran satisfacción, ya que he adquirido conocimientos y competencias que espero que en un futuro me sirvan en el ámbito laboral y personal, pero principalmente, porque sería una de las pocas gitanas en lograr obtener el título universitario y para mí es importante mostrar y reivindicar la presencia y visibilidad del pueblo gitano.

Infinitas gracias a todos los que han formado parte del desarrollo de este proyecto, sin ninguno de ellos hubiera sido posible la realización de este trabajo con el que poder solicitar mi título de grado universitario.

GRACIAS!!!!!!

Índice general

1- INTRODUCCIÓN	1
2- OBJETIVOS	4
3- MATERIALES Y MÉTODOS	5
3.1- Equipos utilizados	5
3.2- Materia prima	5
3.2.1- Haba (<i>Vicia faba</i>) y biopolímeros añadidos (GA y OSA).....	5
3.3- Procesado del haba y obtención de la harina	5
3.4- Determinaciones analíticas	6
3.4.1- Composición proximal	6
3.4.2- Distribución del tamaño de partícula	7
3.4.3- Propiedades tecnofuncionales de las harinas	7
3.4.3.1- RELACIONADAS CON SU FLUJO EN AIRE.....	7
3.4.3.1.1- Ángulo de reposo	7
3.4.3.1.2- Densidad real, aparente, porosidad e índices de Hausner y Carr	7
3.4.3.2- RELACIONADAS CON SU INTERACCIÓN CON EL AGUA.....	8
3.4.3.2.1- Higroscopicidad	8
3.4.3.2.2- Capacidad de retención de agua	8
3.4.3.2.3- Humectabilidad	8
3.4.3.2.4- Solubilidad	9
3.4.3.2.5- Dispersabilidad	9
3.4.3.2.6- Capacidad de hinchamiento.....	9
3.4.3.3- RELACIONADAS CON SU INTERACCIÓN CON EL ACEITE	9
3.4.3.3.1- Capacidad de retención de aceite	9
3.4.3.3.2- Actividad emulsionante y estabilidad emulsionante	10
3.4.3.3.3- Capacidad espumante y estabilidad espumante	10
3.4.4- Compuestos bioactivos	10
3.4.4.1- FENOLES TOTALES	10
3.4.4.2- CAROTENOIDES.....	11
3.4.4.3- CLOROFILA	11
3.4.4.4- VITAMINA C: ÁCIDO ASCÓRBICO Y DEHIDROASCÓRBICO	11
3.4.4.5- ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE	12
3.5- Análisis estadístico	12
4- RESULTADOS	12
4.1- Composición proximal	12
4.2- Distribución del tamaño de partícula	13
4.3- Propiedades tecnofuncionales	14
4.4- Compuestos bioactivos	17
5- CONCLUSIONES	20
6- BIBLIOGRAFÍA	21
7- ANEXOS	28
ANEXO 1. Relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible para la Agenda de 2030 -	28

Índice de Figuras

Figura 1: Evolución del índice de precios de los alimentos a nivel mundial (2005-2024) **Fuente:** Datos de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación (FAOSTAT) 2024.....-1-

Figura 2: Evolución de la inseguridad alimentaria, número y el % de personas subalimentadas (personas con una alimentación insuficiente para cubrir las necesidades energéticas de un individuo por día al año), a nivel mundial (2005-2022) **Fuente:** Informe del estado de Seguridad Alimentaria y Nutrición de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación 2023.....-2-

Figura 3: El método CNTA: pasos a seguir para conocer el potencial de un subproducto alimentario. **Fuente:** Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria (CNTA).....-3-

Figura 4: Histograma representando la cantidad de harina con un tamaño de partícula mayor a la luz de malla de cada tamiz, referido a 100 g de harina tamizada. En la tabla se presenta el tamaño medio de partícula (TMP) expresado como $\bar{x} \pm \sigma$; en μm . Las diferencias significativas (p -valor $<0,05$) entre los tipos de secado (SAC o LIO) y entre los biopolímeros (GA u OSA), indicadas en letras en superíndice en minúscula (a,b) y en mayúscula (A, B), respectivamente. (*): Indica que la interacción entre ambos factores es significativa. Códigos de las muestras según tabla 1.....-14-

Figura 5: Contenido en VC: AA+DHAA (mg/100 g ss de la harina). Las diferencias significativas (p -valor $<0,05$) entre los tipos de secado (SAC o LIO) y entre los biopolímeros (GA u OSA), indicadas en letras en superíndice en minúscula (a,b) y en mayúscula (A, B), respectivamente. Códigos de las muestras según tabla 1.....-19-

Figura 6: Actividad antioxidante: FRAP y DPPH, con sus ambas extracciones hidrofílica (HIDRO) y lipofílica (LIPO) (mmoles/100 g ss de la harina). Las diferencias significativas (p -valor $<0,05$) entre los tipos de secado (SAC o LIO) y entre los biopolímeros (GA u OSA), indicadas en letras en superíndice en minúscula (a,b) y en mayúscula (A, B), respectivamente. Códigos de las muestras según tabla 1.-19-

Índice de tablas

Tabla 1: Códigos asignados a las distintas harinas obtenidas en función del procesado previo..-6-

Tabla 2: Contenido en Agua, Grasas, Proteínas, Cenizas, Hidratos de Carbono (HC), FDT (fibra total), FDS (fibra soluble), FDI (fibra insoluble), Almidón. Resultados expresados como $\bar{x} \pm \sigma$, en g/ 100 g sólidos secos de la harina.-13-

Tabla 3: Ángulo de reposo: α ($^{\circ}$), Densidades (g/cm³): compactada: (ρ_c), vertida: (ρ_v), real: ρ_r , Porosidades (%): vertida: (ϵ_v), compactada: (ϵ_c), Índice de Haussner (IH) y de Carr: IC (%).-14-

Tabla 4: Higroscopicidad (g agua ganada/100 g sólidos secos de la harina), Capacidad de retención de agua: CRA (g agua/100 g sólidos secos de la harina), Humectabilidad (segundos), Solubilidad (g sólidos secos/100 g de sólidos totales de la harina), Dispersabilidad (g sólidos secos que pasan el tamiz/100 g sólidos secos de harina) y Capacidad de Hinchamiento: CH (mL agua/100 g de harina. Resultados expresados como $\bar{x} \pm \sigma$-16-

Tabla 5: Capacidad de retención de aceite (CRO); Actividad y estabilidad antioxidante (AE y EE, respectivamente), y Actividad y Estabilidad espumante (CEs y EEs, respectivamente). Resultados expresados como $\bar{x} \pm \sigma$, en %.....-17-

Tabla 6: Contenido en Fenoles totales: FT, en Licopeno, en β -Caroteno, en Violaxantina, en Zeaxantina, en Clorofila A: Cl A, Clorofila : Cl B y Clorofila Total (Cl T). Resultados expresados como $\bar{x} \pm \sigma$, en mg /100 g ss de la harina.....-17-

Tabla 7: Grado de relación del trabajo con los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible).-28-

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Frecuencia relativa (%).....	-7-
Ecuación 2: TMP (μm)	-7-
Ecuación 3: Ángulo de reposo ($^{\circ}$).....	-7-
Ecuación 4: Densidad vertida (g/cm^3)	-8-
Ecuación 5: Densidad compactada (g/cm^3)	-8-
Ecuación 6: Densidad real (g/cm^3)	-8-
Ecuación 7: Porosidad vertida (%).....	-8-
Ecuación 8: Porosidad compactada (%).....	-8-
Ecuación 9: IH.....	-8-
Ecuación 10: IC (%).....	-8-
Ecuación 11: Solubilidad (%).....	-9-
Ecuación 12: Dispersabilidad	-9-
Ecuación 13: AE y EE (%).....	-10-
Ecuación 14: Ces.....	-10-
Ecuación 15: EEs.....	-10-
Ecuación 16: Clorofila A (Cl A)	-11-
Ecuación 17: Clorofila B (Cl B)	-11-
Ecuación 18: Clorofila Total (Cl T)	-11-
Ecuación 19: Contenido clorofila.	-11-
Ecuación 20: DPPH (%).....	-12-

1- INTRODUCCIÓN

Las industrias alimentarias sabemos que juegan un papel importantísimo en la economía del país y, además, ayudan a la supervivencia de la población, ya que sin comida poco tiempo podríamos sobrevivir (la alimentación es la fuente de energía).

Actualmente, la población se encuentra en constante aumento y esto supondrá un aumento de la demanda de alimentos del 50% para el año 2050, cifra que estima la Corporación de Mandragón (Diario Vasco, 2023). Son muchos los que afirman que la alimentación será un recurso estratégico y la clave residirá en dominar las materias primas.

Tal y como se afirma en el Fondo Monetario Internacional (2022), el reto de la industria alimentaria es satisfacer una demanda en aumento, ser más sostenibles y eficientes, aliviar la situación de quienes están en situación de vulnerabilidad y no disponen de los recursos necesarios y dotar a los países que lo requieran de la financiación necesaria. La inseguridad alimentaria va en aumento desde 2018, lo que se debe principalmente al estallido de la guerra entre Ucrania y Rusia aunque, cabe decir, que ésta ya iba en aumento por el cambio climático, la pandemia del COVID-19, etc. Pero la guerra provocó un aumento de los precios considerable, aumentando la pobreza y el número de familias en vulnerabilidad, afectando a 48 países dependientes de las importaciones. En la **Figura 1**, se observa el aumento de los precios de los alimentos a nivel mundial (2005-2024) y la **Figura 2** refleja el porcentaje y el número de personas subalimentadas, como indicador de la inseguridad alimentaria, a nivel mundial (2005-2022). Se observa que, en los últimos años, conforme los precios aumentan también crece la inseguridad alimentaria. Destaca el 2022, siendo el año con los precios más elevados (**Figura 1**) y una cifra nada desdeñable de personas subalimentadas.

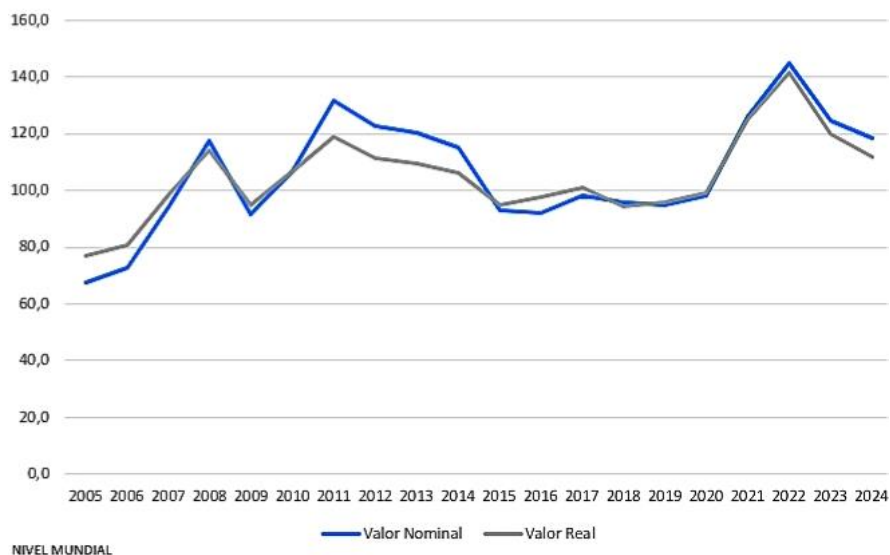


Figura 1: Evolución del índice de precios de los alimentos a nivel mundial (2005-2024).

Fuente: Organización de Naciones Unidas para la Alimentación (FAOSTAT, 2024).



Figura 2: Evolución de la inseguridad alimentaria, número y % de personas subalimentadas (personas con una alimentación insuficiente para cubrir las necesidades energéticas de un individuo por día al año), a nivel mundial (2005-2022) Fuente: FAO, 2023.

Según el informe de la FAO del estado de seguridad alimentaria y nutrición (2023), en 2022 un 9,2 % de la población mundial pasó hambre, cifra que ha aumentado con respecto a años anteriores. En esta línea, me gustaría destacar la Teoría de Malthus. Malthus, un filósofo y teólogo, a sus 32 años, en 1798, publicó anónimamente el libro *An Essay of the Principle of Polupation*, versionado 6 veces, dado que el autor iba incorporando datos y argumentos de justificación de su teoría, teniendo sus postulados gran repercusión. Tal y como se recoge en su libro, Malthus afirmaba que la población crecía geoméricamente mientras que la producción de alimentos seguía una progresión aritmética. Por ello, para 1880 predijo una catástrofe, no cumplida por suerte, según la cual la supervivencia sería bastante difícil por la escasez de alimentos. A pesar de que esto no es del todo verdad, porque se deben tener en cuenta otros factores (guerras, pandemias, envejecimiento, natalidad, etc.) y, aunque el auge de la tecnología ha permitido el avance hacia una producción más eficiente y sostenible con la que satisfacer la demanda cada vez mayor, aún queda mucho por recorrer para terminar con el hambre en el mundo. Una forma de contribuir, en este sentido, es evitar el desperdicio alimentario y plantearnos la utilización de subproductos para producir nuevos alimentos.

Con respecto a reducir el desperdicio alimentario, en enero de este año 2024, el Consejo de ministros de la Moncloa, aprobó el proyecto de ley para evitar el desperdicio alimentario. Luis Plana, ministro de Agricultura, Pesca y Alimentación, resume esta ley, fundamentada en 4 pilares: la eficiencia, la pérdida de recursos naturales, la justicia social y el componente ético, como "aquí no se tira nada", lo que puntualizó con la afirmación "vivimos en un planeta donde casi 800 millones de personas sufren hambre o malnutrición". Según datos de la FAO (2023), se desperdician alrededor de un 30% de los alimentos producidos.

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

El uso de subproductos constituye, desde 2022, la nueva tendencia en la producción de alimentos, con el fin de lograr satisfacer la demanda de la población, ofrecer alimentos con alto valor nutricional y un perfil en compuestos bioactivos envidiable, haciendo uso de procesos más sostenibles. Resulta interesante mencionar que un subproducto, tal y como recoge la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, es cualquier sustancia derivada de un proceso de producción que, a diferencia del residuo, se puede utilizar directamente sin tener que someterse a una transformación ulterior distinta de la práctica industrial habitual. Según datos del Instituto Tecnológico Agrario de la Junta de Castilla y León (ITACyL, 2023), se estima que un 46% de la producción de frutas y hortalizas son subproductos que se pueden valorizar. Estos se pueden reintroducir como ingredientes bioactivos y/o tecnológicos, defendiendo la ecosostenibilidad y la economía circular. En la **Figura 3**, se pueden ver los pasos a seguir, según el Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria (CNTA, 2023) para conocer el potencial de un subproducto.



Figura 3: El método CNTA: pasos a seguir para conocer el potencial de un subproducto alimentario. **Fuente:** Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria (CNTA, 2023)

El presente trabajo fin de grado pretende abordar la valorización de un subproducto, concretamente la vaina del haba. El haba es un cultivo generador de gran cantidad de subproductos (alrededor del 70% del fruto), ya que el consumo de la vaina no es típico, a pesar de que ésta tiene un buen perfil nutricional y tecnológico (Abu-Reidah et al., 2017). Según la FAO (2023), su cultivo en 2022, alcanzó una cifra superior a 46500 toneladas. Por ello, es bastante relevante estudiar el subproducto de la vaina del haba. Como ya hemos mencionado, la vaina del haba resulta de gran interés por su composición nutricional, destacando las proteínas, la fibra y su bajo contenido en grasas (Mateos-Aparicio et al., 2008). Además, destaca su contenido en vitamina C (Espinosa, 2017), que según el *National Institutes of Health* (2019), es importante para la salud del sistema inmunitario y cardiovascular. Se le asocian funciones de reparación de tejidos, ayuda a la absorción de hierro, sana heridas, forma el colágeno, etc. El cuerpo no puede producir de forma natural vitamina C por eso es necesaria su ingesta a través de los alimentos (MedlinePlus, 2023). Es de especial relevancia su capacidad antioxidante. Parece que los antioxidantes pueden tener la función de prevención del cáncer y de enfermedades cardiovasculares. También es destacable la presencia de carotenoides en las habas, principalmente luteína y violaxantina, que optimizan la función visual y previenen enfermedades crónicas asociadas a la edad (Estévez, 2016). A pesar de sus beneficios nutricionales, estos subproductos presentan un alto contenido en agua, lo que los hace altamente inestables. Por

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

ello, se utilizan técnicas de secado para reducir su humedad, contribuyendo a la mejora de su estabilidad. El secado por aire caliente (SAC) o la Liofilización (LIO), ambas estudiadas en el presente trabajo fin de grado, pueden ser utilizadas con este fin. Por otra parte, como este procesado puede afectar a la calidad del producto obtenido, es frecuente el uso de diferentes agentes que puedan contribuir a preservar los compuestos termolábiles y a dar estabilidad física al producto seco obtenido. Algunos ejemplos de éstos, también utilizados en este caso, son los biopolímeros Goma Arábica (GA) y Almidón Octenil Succinato (OSA):

- GA: es una resina natural obtenida del árbol *Acacia senegal* y de otras especies. Se trata de un aditivo alimentario que se presenta en polvo, y sus principales aplicaciones son para bebidas, lácteos, helados, horneados..., actuado como emulsionante o estabilizante de emulsiones, entre otros. También se utiliza como adhesivo y aglutinante en la industria farmacéutica y cosmética. Destaca como aditivo alimentario y, según el Reglamento Europeo 1272/2008, se trata de una sustancia que no está clasificada como peligrosa.
- OSA: es un aditivo muy utilizado en la industria alimentaria, principalmente como agente emulsionante de uso en emulsiones, bebidas, colorantes, quesos, productos de panificación, cárnicos... Como almidón que es, se trata de una mezcla de dos polisacáridos (amilosa + amilopectina), pero su modificación consiste en la esterificación con ácido octenil succínico, capaz de adquirir una conformación tridimensional helicoidal. Según el Reg(UE) 1333/2008, la cantidad permitida es aquella que garantice las buenas prácticas de fabricación.

Por otra parte, en este estudio, para la vaina del haba se ha elegido el formato de producto en polvo (harina), por sus ventajas adicionales de logística y su fácil manipulación.

2- OBJETIVOS

El objetivo general del presente Trabajo Fin de Grado es estudiar el impacto del procesado de la vaina del haba para obtener un producto en polvo, que llamaremos harina, en la calidad de la misma. Las variables del procesado consideradas han sido el tipo de secado y el biopolímero añadido. En concreto, los objetivos específicos, se resumen en los siguientes:

1. Determinar las diferencias, desde el punto de vista tecnofuncional, de capacidad antioxidante, composición nutricional y compuestos bioactivos, entre ambos tipos de secado (SAC o LIO).
2. Determinar, las diferencias, desde el punto de vista tecnofuncional, de capacidad antioxidante, composición nutricional y compuestos bioactivos, dependiendo del biopolímero añadido (GA u OSA).
3. Concluir que proceso, dentro de lo estudiado, da lugar a una harina de vaina de haba de mejor calidad.

Con el presente trabajo se contribuye a una serie de Objetivos de Desarrollo Sostenible: ODS 1 (Fin de la Pobreza), ODS 2 (Hambre Cero), ODS 3 (Salud y Bienestar), ODS 8 (Trabajo decente Crecimiento Económico), ODS 12 (Producción y Consumo Responsable) y ODS 13 (Acción por el Clima). La contribución a ellos está desarrollada en el Anexo 1.

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

3- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1- Equipos utilizados

Los principales equipos utilizados durante el desarrollo de la investigación han sido:

- Frigorífico (Liebherr Profiline, Baden-Wurtemberg, Alemania)
- Emulsionadora (Robot Coupe Blixer 2, Vincennes, Francia)
- Deshidratador de alimentos (GRAEF DA506, Barcelona, España)
- Arcón congelador (Liebher LGT 2325, Baden-Wurtemberg, Alemania)
- Liofilizador (Telstar Lyoquest-55 L, Terrasa (Barcelona), España)
- Molino ultracentrífugo (Retsch GmbH ZM 300, Haan, Alemania)
- Tamiz anular de 500 μm (Retsch GmbH, Haan, Alemania)
- Tamizadora (AMPO.40 CISA, Cedacería Industrial S.L, Lliça de Vall (Barcelona), España).
- Balanza analítica (precisión $\pm 0,0001$ g) (Mettler Toledo MS3035, Barcelona, España)
- Vórtex (Velp Scientifica Mixer Zx3, Usmate Velate, Italia)
- Centrifuga (Gyrozen 1236r, Gimpo, Korea)
- Estufa a vacío (J.P Selecta Vaciotem-T, Barcelona, España)
- Placa de agitación magnética (Jeio Tech MS-51M, Oxford Shire, Reino Unido)
- Ultra-Turrax (IKA T25 digital ultra turrax, Staufen, Alemania)
- Espectrofotómetro (V-1200 VWR, Radnor, USA)
- UHPLC (Jasco, Italia), con bomba ternaria (Jasco-PU1580), generador de gradiente (LG-1580-02 Ternary Gradient Unit), detector UV-Visible (MD-1510), columna Kroma Phase 100 C18 5 μL (250 \times 4,6 mm), (Madrid, España)
- Filtros de membrana de nailon (0,45 μL , diámetro: 25 mm, SFNY-245-100, BRANCHIA)
- Valorador automático Karl Fischer (Mettler Toledo, Compact Coulometric Titrator C10S, Worthington, USA)
- Baño (J.P Selecta Precistern, W: 1500, Hz: 50/60, Pensilvania, USA)
- Bomba de vacío (KNF Laboport neuberger, Friburgo de Bisgovia, Alemania)

3.2- Materia prima

3.2.1- Haba (*Vicia faba*) y biopolímeros añadidos (GA y OSA)

Como materia prima se utilizaron dos lotes de habas suministrados por la cooperativa Sol y Tierra Campo de Cartagena (Murcia, España) en diciembre 2023 y enero 2024. Eran conservadas en el frigorífico (4°C), durante un tiempo limitado (máximo 4 días), para luego estriar aquellas cuya calidad se había mermado por el tiempo de conservación, y tenían manchas/defectos, y quedarnos con las de aspecto considerablemente bueno, para proceder a su posterior procesado y obtener el producto en polvo (objeto de análisis).

Los biopolímeros seleccionados para el estudio fueron GA (Scharlab, Sentmenat, España) y OSA (Nutriose FM10, Roquette, Benifaió, España).

3.3- Procesado del haba y obtención de la harina

A las habas seleccionadas, se les eliminaron las puntas y se desgranaron manualmente. Las vainas obtenidas, se lavaron y secaron sutilmente con papel. Estas vainas fueron sometidas a un proceso de escaldado, por tandas de aproximadamente unos 350 g para asegurar homogeneidad, durante 60 s cuando el agua se encontraba en plena ebullición a $100\pm 2^\circ\text{C}$, con el principal fin de inactivar la actividad enzimática (Tigeros et al., 2021). Tras el escaldado se

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

enfriaron rápidamente en agua con hielo para, de este modo, disminuir la temperatura, frenando su efecto a nivel de pérdida de calidad. Posteriormente, las vainas se trituraron en la emulsionadora durante 2 minutos. A este puré se le adicionó la cantidad necesaria de biopolímero (GA u OSA) para conseguir una concentración de 45 g de biopolímero/100 g sólidos secos de puré de vaina de haba, se mezcló manualmente y se volvió a pasar por la emulsionadora, para garantizar uniformidad. Al puré obtenido se le determinó la humedad por gravimetría según el método oficial 964.22/90 (AOAC, 1990) y se separó en dos fracciones en función de si iba a ser sometido a SAC o a LIO.

Para el procesado por SAC, se utilizó el deshidratador de alimentos. El puré se distribuyó homogéneamente, con un espesor de 0,5 cm, sobre papel de horno previamente perforado para asegurar una mejor transmisión del calor, colocado en las 4 bandejas del deshidratador, y se secó a 50°C por un tiempo que osciló entre las 7-8 h, hasta alcanzar una humedad inferior a 5 g agua/100 g muestra. El puré que iba a ser sometido al proceso de LIO, se distribuyó uniformemente en bandejas de aluminio de diámetro de 25 cm de diámetro, con un espesor de 0,5 cm y se congeló a -45°C en el arcón congelador durante un mínimo de 48 h. Transcurrido dicho tiempo, las muestras se cargaron en el liofilizador, donde se trabajó a una temperatura en el condensador de -50°C, una presión de 0,05 mbar y con las bandejas calentadas a 50°C, durante un tiempo de 6 h y media.

Por último, todas las muestras se molieron en el molino ultracentrífugo a 6000 rpm, con el tamiz anular de 500 µm. De esta forma, las 4 harinas obtenidas tras el procesado son las que aparecen en la **Tabla 1**, junto con los correspondientes códigos asignados.

Tabla 1: Códigos asignados a las distintas harinas obtenidas en función del procesado previo.

LIO-OSA	PVH + 0,45 g de OSA/g ss PVH, LIO 50°C, Tamiz anular de 500 µm
LIO-GA	PVH + 0,45 g de GA/g ss PVH, LIO 50°C, Tamiz anular de 500 µm
SAC-OSA	PVH + 0,45 g de OSA/g ss PVH, SAC 50°C, Tamiz anular de 500 µm
SAC-GA	PVH + 0,45 g de GA/g ss PVH, SAC 50°C, Tamiz anular de 500 µm

PVH: Puré de Vaina de Haba, OSA: Almidón Octenil Succinato, GA: goma Arábiga, SAC: Secado por Aire Caliente, LIO: Liofilización, ss: sólidos secos

3.4- Determinaciones analíticas

Todas las determinaciones analíticas se realizaron por triplicado a cada una de las harinas.

3.4.1- Composición proximal

A todas las harinas se les cuantificó el contenido fibra, grasas, proteínas, cenizas. Además, se les analizó el contenido en agua de las harinas mediante el método de valoración de Karl Fischer. Los carbohidratos se calcularon por diferencia, aunque sí se analizó el contenido en almidón. Todos los resultados se expresaron en g/100 g sólidos secos de la harina. Las proteínas se cuantificaron mediante el método de Kjeldhal 955.04 90 (AOAC, 1990). Para las grasas se utilizó la extracción directa Soxhlet 920.39 c (AOAC, 1990). En cuanto al contenido en almidón, se determinó por polarimetría, mediante el método de Ewers (ISO 10520:1997). Para la determinación de cenizas se utilizó el método gravimétrico 942.05/90 (AOAC, 1990) y, por último, para la fibra, se cuantificó la fracción soluble (FDS) y la insoluble (FDI), y se calculó la fibra dietética total (FDT) como la suma de ambas. Para ello, el método utilizado fue el enzimático gravimétrico utilizando un kit enzimático (Sigma-Aldrich 1.12979.0001, Darmstadt, Alemania).

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

3.4.2- Distribución del tamaño de partícula

Esta distribución se obtuvo por granulometría utilizando tamices de 100 mm de diámetro y 23 mm de altura, de luz de malla 425 μm , 355 μm , 300 μm , 250 μm , 212 μm , 90 μm , 63 μm , 53 μm y 45 μm , con su correspondiente fondo y tapa (CISA Cedacería Industrial, Lliça de Vall, Barcelona, España), previo peso registrado. Se colocaron, formando una pila de mayor a menor apertura de luz de malla, en el tambor vibratorio, a una potencia de 50 Hz y amplitud de 2,5 mm durante 5 minutos. Se tamizaron \approx 20 g de harina y se registró la cantidad de muestra retenida en cada uno de los tamices. Para calcular la frecuencia relativa (%) de muestra retenida en cada tamiz y el tamaño medio de partícula (TMP) se aplicaron las **ecuaciones 1 y 2**, respectivamente.

$$\text{Frecuencia relativa (\%)} = \frac{mt}{m} * 100 \quad (1)$$

$$\text{TMP (\mu m)} = \frac{\sum t(DMt * mt)}{m} \quad (2)$$

Donde mt: cantidad de polvo retenido en cada tamiz (g); m: cantidad total de muestra tamizada (g); DMt: media de la luz de malla del tamiz donde está la muestra retenida y el anterior (μm) y TMP el tamaño medio de partícula (μm).

3.4.3- Propiedades tecnofuncionales de las harinas

3.4.3.1- RELACIONADAS CON SU FLUJO EN AIRE

3.4.3.1.1- Ángulo de reposo

El ángulo de reposo (α) es una propiedad característica de los productos en polvo que depende en gran medida, de la fricción y cohesión entre partículas. Ésta relacionada con la resistencia del polvo a flotar en el aire. Para su determinación, se midió el ángulo formado por la pendiente del cono generado por aproximadamente 15 g de harina, cuando se dejaron caer sobre una superficie horizontal, y la propia superficie, según el procedimiento descrito por Uscanga et al. (2020). Para el cálculo se utilizó la **ecuación 3**, donde h es la altura del cono formado en cm y d el diámetro en cm.

$$\text{Ángulo de reposo (}^\circ\text{)} = \arctan\left(\frac{2 * h}{d}\right) \quad (3)$$

3.4.3.1.2- Densidad real, aparente, porosidad e índices de Haussner y Carr

La densidad es la relación entre la masa y el volumen. Cuando el producto del que se quiere determinar la densidad incluye aire en su estructura o entre las partículas que lo conforman, como es el caso de los productos en polvo, el volumen de una determinada masa incluye también el volumen que ocupa el aire, hablándose entonces de densidad aparente. Por otra parte, el volumen de aire retenido entre las partículas va a depender de la manipulación previa de la muestra. En este caso, se pesó la cantidad de muestra vertida (m_v) en un tubo de plástico de centrífuga graduado, de 15 mm de diámetro, que se llenó hasta los 10 mL (V_v). A continuación, la muestra se compactó con el vórtex (1200 rpm), y se anotó el nuevo volumen (V_c). A partir de estos datos se calcularon las densidades aparentes de la muestra vertida (**Ecuación 4**) y compactada (**Ecuación 5**). Para obtener la densidad real, excluyendo todo el aire presente, se utilizó la **ecuación (6)**, considerando la composición obtenida en el análisis nutricional (apartado 3.4.1) y las densidades de los componentes puros (Choi y Okos 1986).

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

$$\text{Densidad vertida (g/cm}^3\text{)} = \rho_v = \frac{m}{V_v} \quad (4)$$

$$\text{Densidad compactada (g/cm}^3\text{)} = \rho_c = \frac{m}{V_c} \quad (5)$$

Donde m es la masa de la muestra (g), V_v el volumen ocupado por la muestra vertida (mL) y V_c el volumen ocupado por la muestra compactada (mL).

$$\text{Densidad real (g/cm}^3\text{)} = \rho = \frac{1}{\sum(\frac{X_i}{\rho_i})} \quad (6)$$

Dónde X_i es la fracción másica de cada componente y ρ_i su densidad (g/cm³).

A partir de las densidades, se calculó la porosidad vertida (**Ecuación 7**), compactada (**Ecuación 8**), el índice de Hausner (**Ecuación 9**) y el índice de Carr (**Ecuación 10**).

$$\text{Porosidad vertida (\%)} = \varepsilon_v = \frac{\rho - \rho_v}{\rho} * 100 \quad (7)$$

$$\text{Porosidad compactada (\%)} = \frac{\rho - \rho_c}{\rho} * 100 \quad (8)$$

$$\text{Índice de Hausner} = \frac{\rho_c}{\rho_v} \quad (9)$$

$$\text{Índice de Carr (\%)} = \frac{\rho_c - \rho_v}{\rho_c} * 100 \quad (10)$$

3.4.3.2- RELACIONADAS CON SU INTERACCIÓN CON EL AGUA

3.4.3.2.1- Higroscopicidad

La higroscopicidad, es la propiedad que tiene una muestra de ganar agua del ambiente al estar expuesta en un medio con alta humedad relativa. Para su determinación, se colocó 1 g de harina en placas Petri de vidrio durante 1h 30 min en un desecador con una disolución saturada de NaCl (HR 75%) a temperatura ambiente. La higroscopicidad se expresó como los g de agua ganada/100 g sólidos secos de harina.

3.4.3.2.2- Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA) es la habilidad que tiene una muestra de retener agua cuando es sometida a fuerzas externas, como la centrífuga (Martínez et al., 2017). Ésta se determinó, mezclando con un vórtex 0,5 g de harina y 4,5 mL de agua destilada en tubos de centrífuga de 15 mL. Después de 18 h de reposo a 25°C, las harinas se centrifugaron a 4164 rpm, 20°C durante 25 minutos. El precipitado, se secó en estufa a vacío a 60°C hasta peso contante (R). Mediante las diferencias de peso, se conoció la cantidad de agua del precipitado (W) y se calculó la CRA a partir del cociente (W/R), expresada como los g de agua/100 g de residuo seco.

3.4.3.2.3- Humectabilidad

La humectabilidad es la capacidad que tienen las partículas para mojarse y es inversamente proporcional al tiempo requerido para mojar todas las partículas de polvo cuando éste se vierte sobre el agua. Para su determinación, se siguió el procedimiento recogido en la Norma UNE-34-849-86, en el que 10 g de harina se vierten sobre 250 mL de agua y se cronometra el tiempo que tardan en mojarse completamente todas las partículas.

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

3.4.3.2.4- Solubilidad

La capacidad de disolución de las partículas en el agua se determinó siguiendo la metodología de Akhavan-Mahdavi et al., (2016), con modificaciones. Se mezclaron 0,4 g de muestra con 12 mL de agua destilada en un tubo de centrifuga de 15 mL manualmente. A continuación, estos tubos se mantuvieron a 37°C durante 35 minutos y se centrifugaron a 12000 rpm a 4°C durante 20 minutos. Finalmente, se recogió el sobrenadante resultante de la centrifugación y se secó en estufa a vacío a 60°C hasta peso constante, obteniéndose los sólidos solubles (SS). La solubilidad se calculó tal y como se indica en la **Ecuación 11**, obteniendo los sólidos totales (ST) a partir del peso de la harina y de su humedad (apartado 3.4.1).

$$\text{Solubilidad (\%)} = \frac{SS}{ST} * 100 \quad (11)$$

3.4.3.2.5- Dispersabilidad

La dispersabilidad, se define como la capacidad del polvo para distribuir individualmente sus partículas, sin que se formen grumos, en el agua (Shittu y Lawal, 2007). Para su determinación, se siguió la metodología descrita por Haugaard et al. (1978) y Pisecky (1985). De esta manera, se mezclaron 6,5 g de harina con 50 g de agua a 50°C. La muestra reconstituida se vertió en un tamiz de 200 mm diámetro, 50 mm altura y 200 µm de luz de malla (CISA Cedacería Industrial, Lliça de Vall (Barcelona), España), y transcurridos 30 minutos, se recogió la fracción que había pasado el tamiz y se secó en estufa a 60°C y a vacío hasta peso constante. La dispersabilidad (g sólidos secos que pasan el tamiz/100 g sólidos secos de la harina), se calculó mediante la **ecuación (12)**.

$$\text{Dispersabilidad} = \frac{msr}{m * MS} * 100 \quad (12)$$

Dónde: m: cantidad de muestra (g), msr: materia seca del polvo reconstituido y tamizado (g), MS: materia seca de la harina (g), obtenida a partir de la humedad determinada por la metodología recogida en el apartado (3.4.1)

3.4.3.2.6- Capacidad de hinchamiento

La capacidad de hinchamiento (CH) se define como el aumento de volumen de una muestra, hidratada en exceso de agua, en un determinado tiempo (Raghavedra et al., 2004). Se disolvieron, con agitación magnética a 5000 rpm durante 1 minuto, 0,5 g de harina en 10 mL de agua. De esta disolución, se tomaron 4 mL y se dejaron reposar 18 h a temperatura ambiente. El poder de hinchamiento se calculó a partir del cociente entre el aumento de volumen sufrido por la muestra recién hidratada (mL) y la cantidad de harina (g).

3.4.3.3- RELACIONADAS CON SU INTERACCIÓN CON EL ACEITE

3.4.3.3.1- Capacidad de retención de aceite

Se hizo uso de la metodología propuesta por Garau et al. (2007). Se dejó reposar durante la noche a temperatura ambiente una mezcla de 0,2 g de harina y 1,5 g de aceite de girasol. Después, la mezcla se sometió a centrifugación a 3416 rpm, a 20°C, 5 minutos. El sobrenadante se retiró con una pipeta Pasteur y se pesó el precipitado obtenido. La capacidad de retención de aceite (CRO) se calculó a partir de la diferencia entre el peso del precipitado y el de la harina (g aceite absorbido, referido a 100 g de harina).

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

3.4.3.3.2- Actividad emulsionante y estabilidad emulsionante

La actividad emulsionante (AE), o capacidad de formar una emulsión, es otra propiedad relevante en la industria alimentaria. La estabilidad emulsionante (EE) es la capacidad de mantener a lo largo del tiempo la emulsión formada.

La AE se determinó con el método planteado por Yasumatsu et al. (1972) modificado. Se preparó una disolución de harina en agua al 10% (m/v) que se mantuvo en agitación magnética durante 5 minutos, pasados los cuales, se mezclaron 7 mL de ésta con 7 mL de aceite de girasol en una probeta. Dicha mezcla se sometió 1 minuto a 10000 rpm en un Ultra-Turrax, para lograr formar la emulsión. La emulsión se pasó a tubos de centrifuga de 15 mL y se centrifugo a 10000 rpm durante 5 minutos a 20°C. Tras la centrifugación, visualmente, se observan 3 fases, siendo la intermedia la emulsión. Se midió la altura de la emulsión con un pie de rey, en diferentes puntos, y, conocido el diámetro del tubo de centrifuga (15 mm), se calculó su volumen. La AE se calculó con la **ecuación 13**, dónde V_e es el volumen de la emulsión (mL) y V_t es el volumen total de la muestra en el tubo (mL).

$$AE (\%) = \frac{V_e}{V_t} * 100 \quad (13)$$

La EE, se determinó siguiendo el mismo procedimiento que para AE, sólo que, una vez formada la emulsión en el Ultra-Turrax y antes de la centrifugación, ésta se calentó a 80°C durante 30 minutos y posteriormente se enfrió con agua durante 15 minutos. Para el cálculo se hizo uso de la misma ecuación (13).

3.4.3.3.3- Capacidad espumante y estabilidad espumante

La capacidad espumante (CEs) se define como la capacidad de un producto para incorporar aire formando una distribución fina de burbujas. Para su determinación se siguió la metodología de Alu'Datt et al., (2012) con leves modificaciones. En una probeta, se mezclaron 2 g de harina con 40 mL de agua destilada. Esta suspensión se homogeneizó en el Ultra-Turrax a 10000 rpm durante 5 minutos para, de este modo, formar una espuma. Se registró el volumen de la espuma a diferentes tiempos y se utilizaron las **ecuaciones 14 y 15**, para el cálculo de la CEs y de la EEs respectivamente.

$$CEs (\%) = \left(\frac{V_{30s} - V}{V} \right) * 100 \quad (14)$$

$$EEs (\%) = \frac{V_{60m}}{V_0} * 100 \quad (15)$$

Donde V_{30s} es el volumen de espuma registrado tras 30" de la homogeneización en el Ultra-Turrax (mL) y V es el volumen de la mezcla antes de batir (mL). V_{60m} es el volumen de espuma tras 1 h de la homogeneización en el Ultra-Turrax (mL) y V_0 es el volumen de espuma recién formada (mL).

3.4.4- Compuestos bioactivos

3.4.4.1- FENOLES TOTALES

Para la determinación de los fenoles totales (FT), se realizó una extracción mezclando 0,15 g de harina con 9 mL del disolvente de extracción (MeOH:H₂O, 70:30). Dicha mezcla se mantuvo en reposo 30 minutos a temperatura ambiente y en oscuridad y se centrifugo a 4°C durante 10 minutos a 10000 rpm, recogiendo el sobrenadante. La cuantificación se realizó mediante el

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

método de Folin-Ciocalteu (García-Martínez et al., 2023), basado en la reacción redox entre los compuestos fenólicos del extracto y el reactivo Folin-Ciocalteu, produciendo una coloración azul, medible espectrofotométricamente a una longitud de onda de 765 nm. A mayor intensidad de coloración, mayor absorbancia y mayor será el contenido en fenoles. Los resultados se expresaron en mg de ácido gálico (GAE)/ 100 g sólidos secos de la harina.

3.4.4.2- CAROTENOIDES

En este TFG, se determinó el contenido de carotenoides (β -caroteno, licopeno, violaxantina y zeaxantina), siguiendo el método oficial AOAC (1996). La extracción se llevó a cabo manteniendo en agitación magnética durante 30 minutos, a temperatura ambiente y en oscuridad, 0,15 g de harina junto con 9 mL del disolvente de extracción (Hexano:Acetona:Etanol; 50:25:25). Transcurrido dicho tiempo, la mezcla se centrifugó durante 10 minutos a 4°C y a 10000 rpm y se recogió el sobrenadante. La cuantificación se realizó por espectrofotometría midiendo la absorbancia a las cuatro longitudes de onda (541 nm, 446 nm, 443 nm y 450 nm) en las que absorben los diferentes carotenoides analizados, expresando los resultados en mg Licopeno, de β -caroteno, de Zeaxantina y de Violaxantina / 100 g sólidos secos de la harina, respectivamente.

3.4.4.3- CLOROFILA

La cuantificación de la clorofila se realizó mediante espectrofotometría de acuerdo con el método de Hansman (1973) ligeramente modificado. Se trata de una medida directa a dos longitudes de onda (663 nm y 646 nm) del sobrenadante (extracto) obtenido tras la centrifugación de la mezcla formada por 4 mL de acetona y 0,15 g de harina a 10000 rpm, a 4°C durante, 10 minutos. Los resultados se expresaron en mg clorofila/100 g sólidos secos de la harina. Para los cálculos se utilizaron las **ecuaciones (16 a 19)**:

$$Cl A (Clorofila a) = 12,7A663nm - 2,69A646nm \quad (16)$$

$$Cl B (Clorofila b) = 22,9A663nm - 4,68A646nm \quad (17)$$

$$Cl T (Clorofila total) = Ca + Cb \quad (18)$$

$$g Cl T / 100g \text{ harina} = Cl T * \frac{V}{m} * 100 \quad (19)$$

Dónde: A663nm y A646 nm: es la absorbancia obtenida a 663 nm y a 646 nm respectivamente, V es el volumen de acetona (L)=0,004 L, y m el peso de muestra (g).

3.4.4.4- VITAMINA C: ÁCIDO ASCÓRBICO Y DEHIDROASCÓRBICO

Para la determinación de la Vitamina C (VC) se siguió el método descrito por García-Martínez et al. (2023), basado en la reducción del ácido dehidroascórbico (DHAA) a ácido ascórbico (AA) y el análisis de los extractos, a una longitud de onda de 243 nm, por UHPLC utilizando ácido oxálico 0,1% como fase móvil y un flujo de 1 mL/min. Por diferencia, conocido el AA antes de la reducción y después de ésta (VC), podemos saber cuánto DHAA contiene la harina en estudio.

Para la extracción de la VC, se mezcló 0,075 g de harina con 2 mL de DL-ditiotreitol (DTT) y se mantuvo 2 h en oscuridad y a temperatura ambiente para que tuviera lugar la reacción química de reducción. Transcurrido ese tiempo se tomó 1 g de la mezcla, se añadieron 9 mL de ácido oxálico al 0,1% (p/v) y se mantuvo en reposo 3 minutos antes de filtrar (filtro de membrana de nailon de 0,45 μ l) y de inyectar en el HPLC.

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

Para la extracción del AA se mezclaron 9 mL de ácido oxálico 0,1% con 0,5 g de harina y se dejó reposar 3 minutos. Se centrifugó a 12000 rpm a 4°C durante 10 minutos. A continuación, se filtró y se inyectó en el UHPLC como en el caso de la VC.

Los resultados se expresaron como mg VC, AA o DHAA/ 100 g sólidos secos de la harina.

3.4.4.5- ACTIVIDAD ANTOXIDANTE

La actividad antioxidante (AAO) de la fracción lipofílica e hidrofílica de las muestras se evaluó mediante espectrofotometría usando los extractos obtenidos en el análisis de carotenoides (apartado 3.4.4.2) y FT (apartado 3.4.4.1), respectivamente. Los métodos utilizados fueron el FRAP (Thaipong et al., 2006) y DPPH (Sánchez-Moreno et al., 2003).

El método FRAP está basado en la reducción del Fe^{+3} , presente en el reactivo 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ), a Fe^{+2} . La AAO se relaciona con la coloración del TPTZ cuando reacciona con el extracto lipofílico, si procede del extracto de carotenoides, o hidrofílico, si procede del extracto fenólico. Esta coloración presenta su máxima absorbancia a 593 nm. Como referencia en ambos casos, se utilizó un blanco, en el que se sustituyó el extracto por la misma cantidad de disolvente de extracción. El resultado se expresó en milimoles equivalentes de Trolox/100 g sólidos secos de la harina.

El método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) se basa en la reducción del radical DPPH a DPPH-H. La AAO se relaciona con la coloración del DPPH cuando reacciona con el extracto lipofílico, si procede del extracto de carotenoides, o hidrofílico, si procede del extracto fenólico. Esta coloración presenta su máxima absorbancia a 515 nm. Como muestra control, en ambos casos, se utilizó un blanco, en el que se sustituyó el extracto por la misma cantidad de disolvente de extracción. Para calcular el porcentaje de inhibición (% DPPH) se utilizó la **ecuación (20)**. El resultado se expresó en milimoles equivalentes de Trolox/100 g de sólidos secos de la harina.

$$\%DPPH = \frac{A_b - A}{A_b} * 100 \quad (20)$$

Siendo A_b la absorbancia del blanco y A la absorbancia de la muestra.

3.5- Análisis estadístico

Se analizó la influencia del tipo de secado y de biopolímero sobre los parámetros de calidad estudiados, mediante el estudio de diferencias significativas entre las cuatro harinas de vaina de haba. Para ello se realizó un análisis de la varianza (ANOVA MULTIFACTORIAL), cuyos factores fueron tipo de secado (LIO/SAC) y biopolímero (GA/OSA), con un nivel de confianza del 95% (p -valor<0,5) con el soporte de Statgraphics Centurión XVIII, StarPoint Technologies, Inc.

4- RESULTADOS

4.1- Composición proximal

La **tabla 2**, muestra la composición proximal de las 4 harinas obtenidas a partir de un puré de vaina de haba, con una humedad del $90,1 \pm 1,2$ g agua/100 g puré, expresados en base seca para poder comparar entre ellas. La humedad de todas las harinas fue del orden de la que corresponde para productos en polvo y cercana a la que se buscaba. En general, se puede afirmar que las 4 harinas presentan un alto contenido en fibra y proteínas y un bajo contenido en grasa, estas dos últimas sin influencia del tratamiento ni de la formulación. El tratamiento no influyó en el contenido de cenizas ni de hidratos de carbono (HC), pero la incorporación de biopolímeros

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisca Fernández Vargas

si ($p < 0,05$), de manera que la presencia de GA hace aumentar las cenizas y la de OSA los HC, por el aporte de almidón que supone la presencia de este último en la formulación. Respecto al contenido en fibra, todas las muestras presentaron un contenido similar de FDI, aunque sí parece que la liofilización facilita un poco más su extracción ($p < 0,05$). Por otra parte, como era de esperar por la naturaleza de la GA, su incorporación incrementa el contenido en FDT, aportando FDS. La FDS es interesante ya que reduce el colesterol, previniendo enfermedades cardiovasculares (Koç et al., 2020) y la FDI es útil en el buen funcionamiento del sistema digestivo y en la eliminación de sustancias tóxicas (Prasad & Bondy, 2019). En este caso, las 4 harinas en estudio tendrían un aporte considerable de ambos tipos de fibra.

Tabla 2: Agua, Grasas, Proteínas, Cenizas, Hidratos de Carbono (HC), FDT (fibra dietética total), FDS (fibra dietética soluble), FDI (fibra dietética insoluble), Almidón. Resultados expresados como $\bar{x} \pm \sigma$ (g/ 100 g sólidos secos de la harina).

	LIO-OSA	LIO-GA	SAC-OSA	SAC-GA
AGUA	3,03 ± 0,12 (aA)	2,97 ± 0,06 (aB)	2,0 ± 0,2 (aA)	4,4 ± 0,4 (aB)
GRASAS	0,19 ± 0,03 (aA)	0,19 ± 0,07 (aA)	0,29 ± 0,04 (aA)	0,19 ± 0,05 (aA)
PROTEÍNAS	12,147 ± 0,006 (aA)	15,1 ± 1,13 (aA)	13,9 ± 0,2 (aA)	13,6 ± 0,8 (aA)
CENIZAS	6,46 ± 0,07 (aA)	7,72 ± 0,14 (aB)	6,9 ± 0,6 (bA)	9,69 ± 1,06 (bB)
HC	78,2 ± 0,02 (aB)	74,048 ± 1,107 (aA)	76,8 ± 0,7 (aB)	72 ± 2 (aA)
ALMIDÓN	29,54 ± 1,13 (aB)	17,35 ± 1,08 (aA)	35,1 ± 1,7 (aB)	11 ± 2 (aA)
FDT	32 ± 2 (aA)	55,5 ± 1,3 (aB)	29,4 ± 0,9 (aA)	52,4 ± 0,5 (aB)
FDS	12,7 ± 1,3 (aA)	36,8 ± 1,6 (aB)	11,2 ± 0,9 (aA)	35,8 ± 0,5 (aB)
FDI	19,0 ± 1,2 (bA)	18,8 ± 0,3 (bA)	18,27 ± 0,05 (aA)	16,605 ± 0,106 (aA)

Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tipos de secado (SAC o LIO) y entre los biopolímeros (GA u OSA), indicadas con letras en minúscula (a,b) o en mayúscula (A, B), respectivamente. Códigos de las muestras según tabla 1.

4.2- Distribución del tamaño de partícula

Una de las características más importantes de un producto granulado es su distribución de tamaño de partícula y, sólo cuando su mediana es inferior a 1 mm, se considera polvo (Barbosa-Cánovas et al., 2005). De cada una de las harinas se caracterizó su distribución de tamaño de partícula, a partir de la frecuencia relativa (apartado 3.4.2). A partir de ella, se construyó la **Figura 4**, que muestra la frecuencia acumulada obtenida como resultado de la suma de las frecuencias relativas de todos los valores superiores o iguales a un determinado valor. Esto indica, en este caso, el porcentaje en peso de partículas con un tamaño mayor al considerado. La tabla incluida en la Figura 4 muestra el TMP de cada muestra. Los resultados mostrados en esta tabla indican cómo el secado por LIO y la presencia de OSA permiten obtener una harina con menor TMP ($p < 0,05$). En el primer caso, esto puede estar relacionado con la estructura más porosa que caracteriza a las muestras liofilizadas, que repercutiría en una mayor facilidad para su trituración. Además, la interacción entre el biopolímero y el tipo de secado también fue significativa ($p < 0,05$), de manera que la influencia del biopolímero en el TMP es mucho menor al secar la muestra por LIO que por SAC.

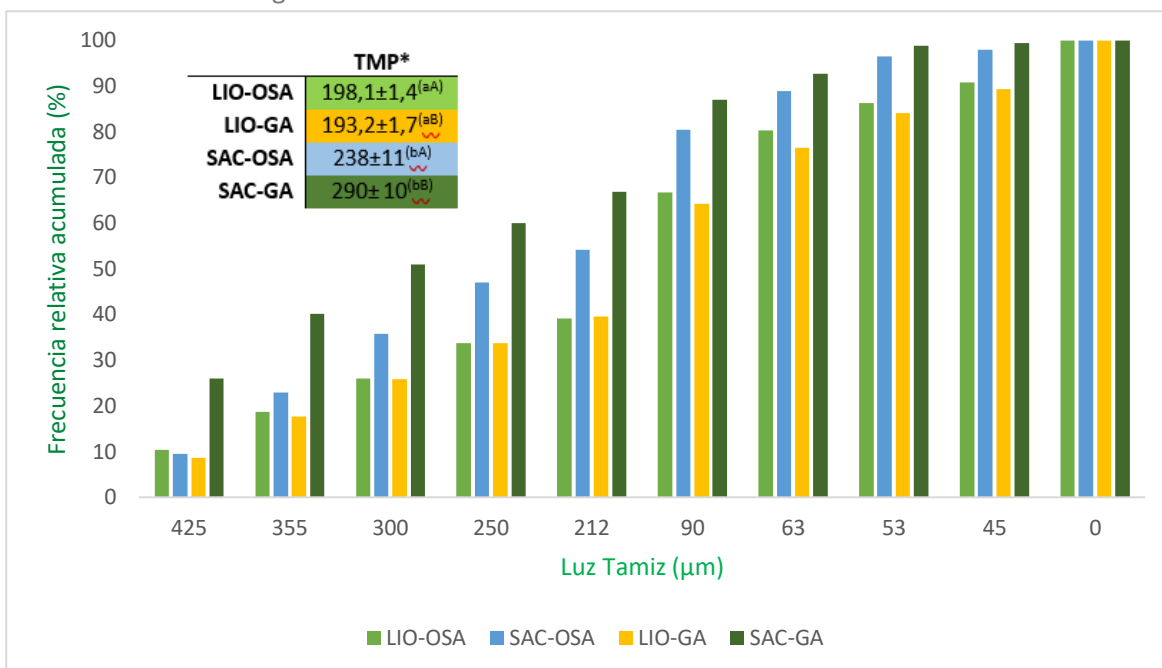


Figura 4: Histograma representando la cantidad de harina con un tamaño de partícula mayor a la luz de malla de cada tamiz, referido a 100 g de harina tamizada. En la tabla se presenta el tamaño medio de partícula (TMP) expresado como $\bar{x} \pm \sigma$; en μm . Las diferencias significativas (p -valor < 0,05) entre los tipos de secado (SAC o LIO) y entre los biopolímeros (GA u OSA), indicadas con letras en minúscula (a,b) y en mayúscula (A, B), respectivamente. (*): Indica que la interacción entre ambos factores es significativa. Códigos de las muestras según tabla 1.

4.3- Propiedades tecnofuncionales

La **Tabla 3**, recoge los resultados de las propiedades físicas que se han determinado relacionadas con la flotabilidad o flujo de las partículas en el aire. Estas propiedades son influyentes en el comportamiento del polvo en fases posteriores del procesado, conservación y manipulación. Cuanto más sueltas estén las partículas de un producto en polvo y mejor fluyan en el aire, menores índices de Hausner y Carr y ángulo de reposo tendrán.

Tabla 3: Propiedades tecnofuncionales relacionadas con la interacción de la harina con el aire: ángulo de reposo (α , °); densidades (g/cm^3): compactada (ρ_c), vertida (ρ_v) y real (ρ); porosidades (%): vertida (ϵ_v) y compactada (ϵ_c); índice de Hausner (IH) y de Carr (IC, %) de las 4 harinas estudiadas.

	LIO-OSA	LIO-GA	SAC-OSA	SAC-GA
α	40,4 ± 1,8 ^(bB)	32 ± 2 ^(bA)	35 ± 2 ^(aB)	26,9 ± 1,4 ^(aA)
ρ_v	0,242 ± 0,007 ^(aA)	0,306 ± 0,015 ^(aB)	0,60 ± 0,02 ^(bA)	0,66 ± 0,03 ^(bB)
ρ_c *	0,268 ± 0,009 ^(aA)	0,37 ± 0,02 ^(aB)	0,71 ± 0,03 ^(bA)	0,72 ± 0,04 ^(bB)
ρ *	1,4038 ± 0,0008 ^(aB)	1,4030 ± 0,02 ^(aA)	1,4075 ± 0,0002 ^(bB)	1,403 ± 0,004 ^(bA)
ϵ_v	83,0 ± 0,2 ^(bB)	78 ± 2 ^(bA)	56,7 ± 0,9 ^(aB)	50,0 ± 0,4 ^(aA)
ϵ_c *	81,2 ± 0,3 ^(bA)	73 ± 2 ^(bA)	49 ± 3 ^(aA)	49 ± 4 ^(aA)
IH *	1,107 ± 0,006 ^(aA)	1,218 ± 0,034 ^(aA)	1,194 ± 0,073 ^(aA)	1,086 ± 0,004 ^(aA)
IC *	9,7 ± 0,005 ^(aA)	18 ± 2 ^(aA)	16 ± 5 ^(aA)	7,9 ± 0,4 ^(aA)

Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tipos de secado (SAC o LIO) y entre los biopolímeros (GA u OSA), indicadas con letras minúscula (a,b) o mayúscula (A, B), respectivamente. (*): interacción entre ambos factores significativa ($p < 0,05$). Códigos de las muestras según tabla 1. Resultados expresados como $\bar{x} \pm \sigma$.

En este trabajo, con respecto al ángulo de reposo, relacionado con el rozamiento de la partícula y muy dependiente de la humedad y del tamaño de partícula (Oliveros et al., 1985, Solaque Guzmán, 2008), se encontraron diferencias significativas entre los tipos de secado y los biopolímeros, siendo mayor el ángulo de reposo, y por tanto peor el flujo en aire, en las harinas

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

sometidas a LIO o con adición de OSA que en las sometidas a SAC o con adición de GA. Según diferentes clasificaciones consultadas, los productos en polvo que muestran $\alpha < 35^\circ\text{-}38^\circ$, se consideran con una flotabilidad en aire entre excelente y media (Barbosa et al., 2005; Alavi, 2005; Gallo et al., 2011; Real Farmacopea Española, 2015). Por tanto, según este parámetro, todas las harinas mostrarían un flujo en aire aceptable, siendo la que muestra mejores propiedades la SAC-GA y la que peor LIO-OSA. La harina con mayor TMP y menor ángulo de reposo fue la SAC-GA (tabla 3 y figura 4), en concordancia con algunos estudios que asocian un mayor tamaño de partícula con un mejor flujo de las partículas de un polvo (Zhou et al., 2001; Acosta, 2020).

La densidad aparente también ofrece información sobre la fluidez del polvo. Como era de esperar, los valores de ρ_v son menores que los de la ρ_c . En este caso, se encontraron diferencias significativas entre las 4 muestras ($p < 0,05$), tanto para ρ_v como para ρ_c . El SAC o la GA dan lugar a mayores densidades vertidas y compactadas. Además, por las pequeñas diferencias de composición que presentaron las cuatro harinas obtenidas (Tabla 2), las harinas obtenidas por SAC o con OSA tuvieron menor densidad real. La forma en la que cambian estas densidades, en relación con la capacidad de fluir de los polvos, es de lo que nos informan los índices de Hausner y de Carr (Tabla 4). No obstante, para estos índices, no se hallaron diferencias significativas con ninguno de los dos factores estudiados, aunque cabe decir que la interacción sí que resultó significativa ($p < 0,05$). La tendencia es que la combinación de LIO-OSA ofrece menores índices que LIO-GA, al contrario de lo que sucede con SAC-OSA y SAC-GA. Con respecto a éstos, algunas de las clasificaciones en las que nos hemos basado han sido la de Fitzpatrick (2013) y Acosta (2020), según las cuales los productos en polvo con un $IH < 1,1$ y con un $IC < 5\text{-}15\%$ presentarían un flujo excelente, lo que sería el caso de nuestra formulación SAC-GA, resultado que coincide con el que ofrece el ángulo de reposo.

Por su parte, la porosidad informa de la cantidad de aire que queda retenida en los poros de las partículas y entre las partículas del polvo. La porosidad es inversamente proporcional a la densidad aparente y, en este caso, tanto el SAC como la adición de GA podemos ver que dan lugar a harinas con una menor porosidad vertida, lo que podría relacionarse con su mejor comportamiento al flujo en aire que permite una mejor acomodación de las partículas. En cuanto a la porosidad compactada, sólo el efecto del secado se mantiene patente ($p < 0,05$). Por lo que respecta a la interacción, mencionar que la menor porosidad que se observa en las harinas obtenidas por SAC frente a las LIO es más acusada cuando las muestras llevan OSA que con GA.

La **tabla 4**, recoge algunas propiedades relacionadas con el comportamiento de las harinas en contacto con el agua. Según Gabas et al. (2007), la adición de biopolímeros puede dar lugar a un polvo de mayor estabilidad, provocando una disminución de la higroscopicidad y de la pegajosidad y grado de apelmazamiento. Un alimento en polvo con baja humedad e higroscopicidad y alta solubilidad, es considerado como un buen polvo (Bhusari et al., 2014).

En cuanto a la higroscopicidad, resultó que las harinas obtenidas por LIO o con OSA, mostraron mayor higroscopicidad ($p < 0,05$) frente a las de SAC o con GA. Esto se puede relacionar con el tamaño de partícula, porque, a menor tamaño (muestras LIO o con adición de OSA, Figura 4), mayor superficie queda expuesta al ambiente, y mayor es la higroscopicidad. En general, los valores de higroscopicidad obtenidos no son altos, según la clasificación de Schuck et al. (2012) (no higroscópico ≤ 4.5 ; ligeramente higroscópico, 4.6–8.0; higroscópico, 8.1–11.0; muy higroscópico, 11.1–14.5; extremadamente higroscópico ≥ 14.5). Esta higroscopicidad fue mucho menor que la encontrada, por ejemplo, para puré de naranja con los mismos biopolímeros y

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisca Fernández Vargas

lío filizado (>20%, Egás et al., 2021), pero también menor que la del subproducto de la naranja (6,5 %, Camacho et al., 2021), en relación con la menor composición en azúcares de los subproductos, especialmente la vaina del haba.

Tabla 4: Propiedades tecnofuncionales relacionadas con la interacción de la harina con el agua: higroscopicidad (g agua ganada/100 g ss de la harina), capacidad de retención de agua (CRA, g de agua/100 g de residuo seco), humectabilidad (s), solubilidad (g sólidos solubles/100 g sólidos totales de la harina), dispersabilidad (g ss que pasan el tamiz/100 g ss de la harina) y capacidad de hinchamiento (CH, mL/g harina).

	LIO-OSA	LIO-GA	SAC-OSA	SAC-GA
Higroscopicidad	4,272 ± 0,007 ^(bB)	3,902 ± 0,002 ^(bA)	3,321 ± 0,003 ^(aB)	2,266 ± 0,003 ^(aA)
CRA	5,1 ± 0,2 ^(aB)	4,5 ± 0,3 ^(aA)	4,6 ± 0,2 ^(aB)	4,3 ± 0,4 ^(aA)
Humectabilidad*	246 ± 8 ^(bB)	166,5 ± 10,6 ^(bA)	61 ± 4 ^(aB)	41 ± 2 ^(aA)
Solubilidad	37 ± 3 ^(aA)	46,0 ± 1,4 ^(aB)	41,1 ± 0,6 ^(bA)	44,6 ± 1,7 ^(bB)
Dispersabilidad	5,6 ± 1,2 ^(bA)	6,0 ± 0,3 ^(bA)	2,7 ± 0,4 ^(aA)	3,8 ± 0,5 ^(aA)
CH	5,1 ± 0,3 ^(aA)	6,3 ± 0,7 ^(aB)	4,9 ± 0,2 ^(aA)	5,4 ± 0,4 ^(aB)

Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tipos de secado (SAC o LIO) y entre los biopolímeros (GA u OSA), indicadas con letras en minúscula (a,b) o mayúscula (A, B), respectivamente. (*): interacción entre ambos factores significativa ($p < 0,05$). Códigos de las muestras según tabla 1. Resultados expresados como $\bar{x} \pm \sigma$.

También el menor tamaño de partícula de las harinas LIO parece favorecer su dispersabilidad en agua (Figura 4 y Tabla 4). Para esta propiedad, no se observó un efecto significativo de los biopolímeros ($p > 0,05$). Respecto a la solubilidad, también fue significativo ($p < 0,05$) tanto el tipo de secado como la adición de biopolímeros, siendo más solubles las harinas obtenidas por SAC y con adición de GA, que cuando el secado se realiza por LIO o con OSA. Otros autores encontraron resultados inferiores de solubilidad para tomate en polvo (17,7-26,7%, Sousa et al., 2008) y superiores para piña en polvo (81,6%, Abadio et al., 2004) o caqui (52-77%, Du et al., 2014). La humectabilidad, que es inversamente proporcional al tiempo de mojado, fue significativamente menor para las harinas obtenidas por LIO y con OSA, lo que coincide con la menor solubilidad mostrada por estas muestras. Esto también se relaciona con el mayor tamaño de partícula de las harinas obtenidas por SAC, pues al ser en este caso menor superficie de partícula en contacto también es menor la tensión superficial y el tiempo necesario para su humectación (Camacho et al., 2022). Por otra parte, el mayor contenido en FDS de las harinas con GA (Tabla 2), hace disminuir el tiempo de mojado (Gu et al., 2020). Comparado con otros productos vegetales con los mismos biopolímeros, este tiempo fue menor para la harina de vaina de haba que para el puré de naranja o su subproducto liofilizados (entre 412 s (Martínez-Navarrete et al., 2023) y 1887 s (Silva-Espinoza et al., 2021), respectivamente). En cuanto a la CRA y CH, sólo se observaron diferencias significativas entre los biopolímeros ($p < 0,05$), siendo mayor la CRA y menor la CH en las muestras con OSA que con GA, sin que el tipo de secado influya ($p > 0,05$). Esto está relacionado con que el OSA es un almidón modificado con propiedades hidrofílicas, lo que facilita la formación de puentes de hidrógeno entre el agua y la amilosa lo que incrementa la absorción de agua (Hevia et al., 2002), mientras que la CH es menor en las muestras con OSA debido a que la amilosa actúa como diluyente e inhibidor del hinchamiento (Cheng et al., 1996). Los valores encontrados para estos dos parámetros fueron un poco menores que los encontrados para los subproductos de la industria del procesamiento de la naranja (CRA=6-10 %, Grigelmo-Miguel & Martín-Belloso, 1998), o para el bagazo de caqui (CRA=5.3 - 6.7 %, Bas-Bellver, 2018) y para las fibras de maracuyá, piña y mango (CH=7,2, 6,6 y 4,60 mL de agua/g muestra, respectivamente, Martínez-Las Heras et al., 2017), pero la CRA fue

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisca Fernández Vargas

mayor que la del subproducto del zumo de naranja con los mismos biopolímeros añadidos (2,3 %, Martínez-Navarrete et al., 2023).

La **tabla 5**, recoge las diferentes propiedades relacionadas con la interacción de las partículas del polvo con el aceite. El tipo de secado influyó de forma significativa en las propiedades estudiadas ($p < 0,05$), mientras que el biopolímero sólo lo hizo en la EE y CEs. Las harinas obtenidas tras el secado por LIO mostraron mayor CRO, EE y CEs, que las SAC, siendo menor su AE y EEs. Esto se puede relacionar con la mayor porosidad que presentan las harinas LIO, pues a mayor porosidad, mayor CRO (Pérez, 2018). Cabe decir, que valores elevados de CRO se relacionan con una menor pérdida de grasa en el cocinado y una disminución en los niveles de colesterol en sangre (De-Morals et al., 2013). En este sentido, la CRO de las harinas estudiadas fue mayor que la del subproducto del zumo de naranja con los mismos biopolímeros (2%, Martínez-Navarrete et al., 2023). Estadísticamente, la adición de OSA da lugar a una mayor EE y CEs frente a la de GA, lo que puede ser consecuencia del carácter anfifílico del OSA que ayuda, además de a la estabilidad de la emulsión, a la formación de la espuma (León-Mendez et al., 2020). Estos mismos efectos del OSA se han observado para el subproducto del zumo de naranja también formulado con los mismos biopolímeros (Martínez-Navarrete et al., 2023).

Tabla 5: Propiedades tecnofuncionales relacionadas con la interacción de la harina con el aceite: capacidad de retención de aceite (CRO), actividad y estabilidad emulsionante (AE y EE, respectivamente); capacidad y estabilidad espumante (CEs y EEs, respectivamente).

	LIO-OSA	LIO-GA	SAC-OSA	SAC-GA
CRO	57 ± 6 ^(bA)	57 ± 2 ^(bA)	26 ± 3 ^(aA)	26 ± 4 ^(aA)
AE	13,1 ± 1,9 ^(aA)	12,9 ± 0,8 ^(aA)	15,9 ± 0,5 ^(bA)	13,6 ± 0,4 ^(bA)
EE*	33,6 ± 1,6 ^(bB)	22 ± 3 ^(bA)	19,5 ± 0,7 ^(aB)	19 ± 3 ^(aA)
CEs	13 ± 3 ^(bB)	6,9 ± 0,6 ^(bA)	5,2 ± 0,4 ^(aB)	2,1 ± 0,4 ^(aA)
EEs	97,42 ± 1,12 ^(aA)	96,5861 ± 1,1108 ^(aA)	99,6 ± 0,7 ^(bA)	99,2 ± 0,7 ^(bA)

Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tipos de secado (SAC o LIO) y entre los biopolímeros (GA u OSA) indicadas con letras en minúscula (a,b) o en mayúscula (A, B), respectivamente. (*): interacción entre ambos factores significativa ($p < 0,05$). Códigos de las muestras según tabla 1. Resultados expresados como $\bar{x} \pm \sigma$, unidades según el apartado 3.4.3.3.

4.4- Compuestos bioactivos

La **Tabla 6**, recoge el contenido en fenoles totales, carotenoides mayoritarios y clorofilas de las 4 harinas estudiadas.

Tabla 6: Contenido en fenoles totales (FT), licopeno, β -Caroteno, violaxantina, zeaxantina, clorofilas A y B (Cl a, Cl b) y clorofila total (Cl T).

	LIO-OSA	LIO-GA	SAC-OSA	SAC-GA
FT*	3205 ± 109 ^(aA)	4020 ± 99 ^(aB)	3817 ± 32 ^(bA)	5276 ± 52 ^(bB)
LICOPENO	22,9 ± 1,4 ^(aA)	20,3 ± 0,8 ^(aA)	21 ± 3 ^(aA)	19 ± 3 ^(aA)
β -CAROTENO*	41 ± 2 ^(bB)	28,4 ± 0,7 ^(bA)	31 ± 3 ^(aB)	26 ± 3 ^(aA)
VIOLAXANTINA	0,029 ± 0,002 ^(bB)	0,0210 ± 0,0007 ^(bA)	0,023 ± 0,002 ^(aB)	0,019 ± 0,002 ^(aA)
ZEAXANTINA	0,046 ± 0,004 ^(bB)	0,0318 ± 0,0008 ^(bA)	0,034 ± 0,002 ^(aB)	0,027 ± 0,006 ^(aA)
Cl a	8,5 ± 0,6 ^(bA)	8,3 ± 1,2 ^(bA)	6,4 ± 0,5 ^(aA)	5,0 ± 0,09 ^(aA)
Cl b	15 ± 2 ^(bA)	15 ± 3 ^(bA)	11,3 ± 1,3 ^(aA)	8,9 ± 0,3 ^(aA)
Cl T	23 ± 2 ^(bA)	23 ± 3 ^(bA)	17,7 ± 1,3 ^(aA)	13,9 ± 0,3 ^(aA)

Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tipos de secado (SAC o LIO) y entre los biopolímeros (GA u OSA), indicadas con letras en minúscula (a,b) o en mayúscula (A, B), respectivamente. (*): Indica que la interacción entre ambos factores es significativa. Códigos de las muestras según tabla 1. Resultados expresados como $\bar{x} \pm \sigma$, en mg /100 g sólidos secos de la harina.

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

Los compuestos fenólicos son uno de los más predominantes metabolitos secundarios de los vegetales y son varias las investigaciones que han avalado su contribución a la salud (poder antiinflamatorio, antioxidante, beneficios frente al estrés oxidativo, etc.). (Cereceres-Aragón, 2019; Martínez-Valverde, 2000). Los resultados obtenidos para el contenido en FT, fueron similares a los encontrados en diversos estudios realizados en vaina de haba (Milanova, 2022; Valente et al., 2018). Tras analizar los resultados, lo que se observa es que el SAC y la adición de GA favorecen una mayor extracción de compuestos fenólicos con respecto a las muestras liofilizadas o con OSA.

Los carotenoides son otro compuesto bioactivo de especial interés. Estos compuestos también se encuentran relacionados con la actividad antioxidante. Estudios como el de Estévez (2016), determinaron la presencia de algunos carotenoides con función antioxidante como la luteína o la zeaxantina. Éstos confieren cierta protección a los tejidos oculares, previniendo las enfermedades relacionadas con estos tejidos resultantes de la edad y de la degeneración macular. Suelen estar junto con la clorofila en los tejidos fotosintéticos de las plantas (Meléndez-Martínez et al., 2004), como por ejemplo la vaina del haba, en la que se basa el presente estudio. Varias investigaciones avalan que los carotenoides ofrecen múltiples beneficios para la salud, acción antioxidante y antiinflamatoria, protección frente a enfermedades cardiovasculares, aterosclerosis, hipertensión y disminución del riesgo de padecer cánceres, como el de mamá y próstata (IATA, 2020). El secado afectó al contenido de los carotenoides estudiados, a excepción del licopeno, obteniéndose mayores valores en las harinas LIO que en la SAC ($p < 0,05$). Esto puede ser debido a la mayor porosidad de los productos liofilizados que favorecen la extracción de los compuestos y/o a que las condiciones del SAC pueden favorecer la degradación de algunos de estos compuestos. Por otra parte, las muestras con OSA presentaron mayores contenidos de carotenoides ($p < 0,05$). Se ha demostrado que los almidones OSA, cuando se utilizan como encapsulantes, tienen efectos protectores frente a la degradación de los carotenoides (Sweedman et al., 2014).

La clorofila total y sus dos tipos de clorofila más comunes, A y B, se diferencian en su estructura química y en la capacidad o no de llevar a cabo la fotosíntesis, pero ambas tienen similares efectos sobre la salud que se asocian a su elevada capacidad antioxidante, principalmente por su protección frente al cáncer de pulmón, boca y estómago (Mejía-Reyes et al. 2021). La clorofila es un pigmento natural que le confiere el color verde a las plantas, altamente inestable por factores naturales (temperatura, pH, acción enzimática, luz y oxígeno). En este estudio, el contenido en clorofila B fue superior que el de clorofila A en todas las harinas, lo que está justificado ya que se ha demostrado que la clorofila B es más estable que la A (Acuña, 2017). Se observó que la liofilización, tal y como sucede con los carotenoides, degrada menos o favorece la extracción de ambos tipos de clorofila (A y B) frente al secado por aire.

La **Figura 5**, refleja el contenido en VC, que es la suma de su forma reducida (AA) y su forma oxidada (DHAA), expresados en mg/100 g sólidos secos de la harina. En todas las muestras, hubo una menor presencia de AA que de DHAA, como se ha observado en otros estudios relacionados con la piel de algunas frutas. Escobedo-Avellaneda et al. (2014) y Galindo et al. (2022) observaron mayor contenido de DHAA en la piel que en la parte comestible de la naranja. Esto podría justificarse si tenemos en cuenta que la piel representa una barrera frente a la oxidación del AA de la pulpa. Además, la temperatura del secado, tanto para LIO como para SAC, a 50°C, podría corresponderse con una temperatura a la que se ve favorecida la degradación del AA a

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisca Fernández Vargas

DHAA (Galindo et al., 2022). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de VC, de AA y DHAA para las harinas estudiadas en función de los tratamientos, siendo superior el contenido de las LIO, debido probablemente a que la liofilización favorece la extracción de los compuestos y las condiciones de vacío de este método de secado retardan la degradación por oxidación de la VC y sus formas. La incorporación de biopolímeros no parece afectar ni a AA ni a DHAA ($p > 0,05$) pero sí parece que GA podría proteger la VC en el caso de SAC ($p < 0,05$).

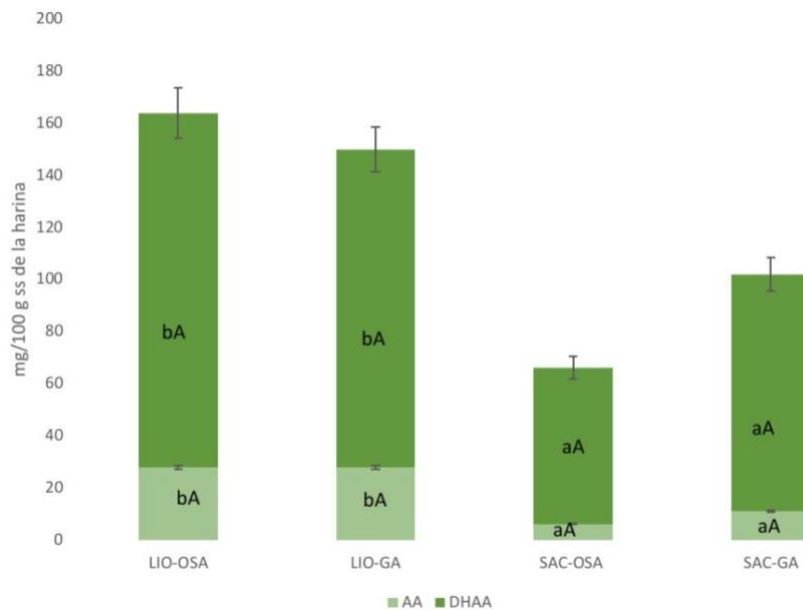


Figura 5: Contenido en VC (ácido ascórbico, AA+ dehidroascórbico, DHAA) (mg/100 g ss de la harina). Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tipos de secado (SAC o LIO) y entre los biopolímeros (GA u OSA), indicadas con letras en minúscula (a,b) o en mayúscula (A, B), respectivamente. Códigos de las muestras según tabla 1.

La **Figura 6** representa, a modo de gráfico, los resultados obtenidos en las extracciones hidrofílicas y lipofílicas de la actividad antioxidante por los métodos FRAP y DPPH.

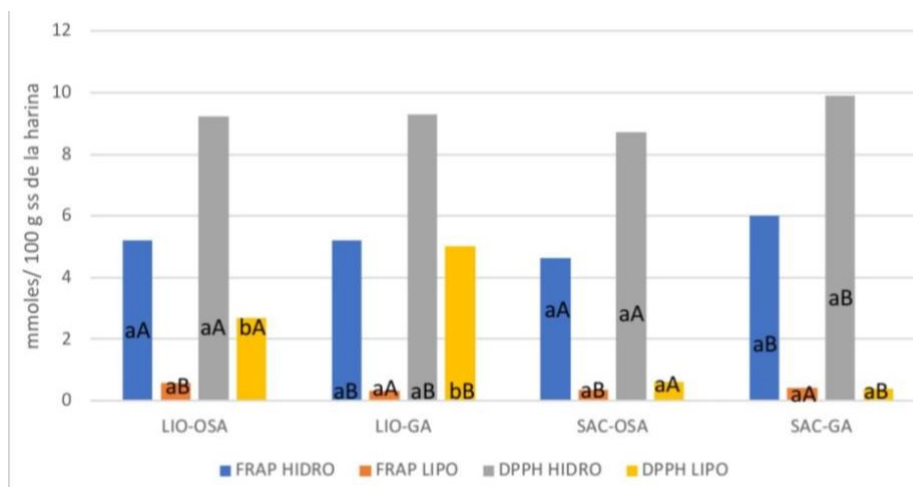


Figura 6: Actividad antioxidante: FRAP y DPPH, de los extractos hidrofílico (HIDRO) y lipofílico (LIPO) (mmoles/100 g ss de la harina). Diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tipos de secado (SAC o LIO) y entre los biopolímeros (GA u OSA), indicadas en letras en minúscula (a,b) o en mayúscula (A, B), respectivamente. Códigos de las muestras según tabla 1.

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

Para ambos métodos, la actividad antioxidante proporcionada por la fracción hidrosoluble fue significativamente mayor que la de la fracción liposoluble, debido probablemente al mayor contenido en compuestos fenólicos y VC (fracción hidrosoluble) que en carotenoides (fracción liposoluble) (tabla 6). Esto también se ha observado en otros estudios de distintos vegetales (Pérez-Jiménez et al., 2008) y en el estudio de la propia vaina de haba (Milenova, 2022). El tipo de secado no afectó a la AAO en ningún caso mientras que la presencia de biopolímeros, en el caso de la extracción hidrofílica (tanto en FRAP como en DPPH), se ve favorecida por la GA y la lipofílica por la OSA (en FRAP). Esto puede deberse a que las muestras con GA son las que más VC y FT presentan mientras que las muestras con OSA son las que tienen mayor contenido en carotenoides, debido al efecto protector del OSA sobre éstos (Sweedman et al., 2014).

5- CONCLUSIONES

En general, se ha comprobado que tanto el tipo de secado (LIO o SAC) como la presencia de biopolímeros (OSA o GA), por separado y combinados, aplicados durante el procesado de la vaina del haba para la obtención de una harina, afectan a su calidad, proporcionando productos con diferente contenido nutricional, tamaño de partícula, propiedades de flujo en aire, agua y aceite y en compuestos bioactivos, además de actividad antioxidante. Todas las harinas mostraron un buen comportamiento al flujo en aire, siendo la mejor la SAC-GA, que fue la de mayor tamaño medio de partícula. Respecto a la interacción con el agua, en todos los casos la higroscopicidad y el tiempo de mojado fueron bajos, especialmente las obtenidas por SAC y con GA. Por su parte, la liofilización permite mejorar la capacidad de interacción con el aceite de las harinas, en relación con su mayor porosidad. La presencia de OSA da lugar a una mayor estabilidad de la emulsión y capacidad espumante que la de GA. Respecto a los compuestos bioactivos, las principales diferencias significativas encontradas permiten concluir que el secado por liofilización favorece una mayor presencia de éstos en las harinas, especialmente de la vitamina C. Por su parte, la incorporación de GA a las muestras favorece a los compuestos hidrosolubles y la de OSA a los liposolubles. Con todo ello, si el objetivo de estas harinas es el de disponer de un ingrediente alimentario con el mayor contenido posible en compuestos bioactivos, se recomienda aplicar la liofilización como método de secado. No obstante, si se pretende priorizar las propiedades tecnofuncionales de las harinas, para conseguir un producto en polvo con una buena flotabilidad en aire y que interaccione bien con el agua, parece más recomendable utilizar el secado por aire caliente y formular con goma arábiga. Pero si el objetivo de la harina es utilizarlo como ingrediente en productos grasos, se recomendaría añadir almidón OSA y liofilizar. Respecto a los biopolímeros, y pensando en la máxima versatilidad del ingrediente, quizás sería recomendable plantearse la posibilidad de un uso combinado de ambos, lo que requeriría un estudio previo en este sentido.

6- BIBLIOGRAFÍA

ABU-REIDAH, I.M., ARRÁEZ-ROMAN, D., WARAD, I., FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A. & SEGURA-CARRETERO, A. (2017). "UHPLC/MS 2-based approach for the comprehensive metabolite profiling of bean (*Vicia faba* L.) by products: A promising source of bioactive constituents". *FOOD RESEARCH INTERNATIONAL*, 93, p. 85-96. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.01.014> [Consulta 15 de enero 2024]

ABADIO, F.D.B, DOMINGUES, A.M., BORGES, S.V. & OLIVEIRA, V.M., (2004) "Physical properties of powdered pineapple (*Ananas Camosus*) juice—effect of maltodextrin concentration and atomization speed", *Journal of Food Engineering*, 64(3), 285-287. <https://doi.org/10.1016/J.JFoodeng.2003.10.010>

ACOSTA, J.C (2020), *Estudio de las propiedades de flujo de sólidos pulverulentos y granulados empleados en la elaboración de formas farmacéuticas sólidas de administración oral*. Trabajo final de grado. Tenerife: Universidad de La Laguna.

ACUÑA, R., JARA, C., AH HEN, K., & MATHIAS, K. (2017). Contenido y estabilidad de clorofilas y carotenoides en el zumo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Agro Sur*, 45(3), 11–20. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2017.v45n3-03> [Consulta 11 junio 2024]

AKHAVAN, S., MADHI, S., ASSADPOOR, E. & DEHNAD, D. (2016). "Microencapsulation, optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin". *International Journal of Biological Macromolecules*, 85, p. 379-385.

ALAVI, S. & CAUSSAT, B. (2005). "Experimental study on fluidization of micronic powders". *POWDER TECHNOLOGY*, 157, (1-3), p. 114-120. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2005.05.017> [Consulta 28 de abril 2024]

ALU'DATT, M.H., RABABAH, T., ALHAMAD, M.N., AL-DUARIS, M.A., ANDRADE, J.F., TRANCHANT, C.C., KUBOW, S. & GHOZLAN, K.A. (2017). "Profiles of free and bound phenolics extracted from Citrus fruits and their roles in biological systems: content, and antioxidant, anti-diabetic and anti-hypertensive properties". *Food & Function*, 8 (9). DOI: <http://dx.doi.org/10.1039/C7FO00212B> [Consulta 20 de marzo de 2024].

AOAC (1990) *Official methods of analysis*, 22nd edition 2023, Washington DC., Association of Official Analytical Chemists Association of Official Analytical Chemist. <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>[Consulta 18 de enero de 2024]

BARBOSA-CÁNOVAS, G. & et al. (2005). *Food powders Physical Properties, processing and functionality*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. ISBN: 978-0-306-47806-2. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/0-387-27613-0> [Consulta 28 de abril 2024]

BAS-BELLVER, C. I., (2018). *Caracterización de polvos de residuo de caqui para su uso como ingrediente funcional en alimentos*. Trabajo Fin de Grado, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia. <http://hdl.handle.net/10251/123909> [Consulta 11 de junio 2024].

BENZIE, I. F., & STRAIN, J. J. (1999). *Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration*. *Methods in enzymology*, 299, p. 15–27. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99005-5](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99005-5) [Consulta: 27 de marzo de 2024]

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

BHUSARI, S., MUZAFFAR, K. & KUMAR, P. (2014). "Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder". *Powder Technology*, 266, p. 354-364. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2014.06.038> [Consulta 10 de marzo 2024]

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., & BERSET, C.L.W.T (1995). "Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity." *Food Science and Technology*, 28, 25-30. [http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5) [Consulta 28 de Marzo de 2024].

MARTÍNEZ-NAVARRETE, N., GARCÍA-MARTÍNEZ, E., CAMACHO M. M. (2023) "Characterization of the Orange Juice Powder Co-Product for its Valorization as a food Ingredient" *Foods*; 12; 97. <https://doi.org/10.3390/foods12010097> [Consulta 12 junio 2024].

CAMACHO, M. M., SILVA-ESPINOZA, M. A., MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. (2022), "Flowability, Rehydration behaviour and bioactive Compounds of an Orange Powder Product as Affected by Particle Size." *Food and Bioprocess Technology* 15:683-692. <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02773-9> [Consulta 12 junio 2024].

CAMACHO, M. M., SILVA-ESPINOZA, M. A., MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. (2021) *Sorption Behavior, Glass Transition and flowability of Powdered Orange Co-product*. *Materials Circular Economy* 3:17. <https://doi.org/10.1007/s42824-021-00036-0> [Consulta 12 junio 2024].

CERECERES-ARAGÓN, A., RODRIGO-GARCÍA, J., ÁLVAREZ-PARRILLA, E., & RODRÍGUEZ-TADEO, A. (2019). Ingestión de compuestos fenólicos en población adulta mayor. *Nutrición Hospitalaria*, 36(2), 470-478. Epub 20 de enero de 2020. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.2171> [Consulta 12 junio 2024]

CHENG, Y., TSAI, M. & TSENG, K. (1996). "Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chemistry*, 73 (4), 415-420.

CHOI, Y., & OKOS, MR. (1986). "Efectos de la temperatura y la composición sobre las propiedades térmicas de los alimentos". Le M. Maguer & P. Selen. *Ingeniería de alimentos y aplicaciones de procesos*, vol. 1: Fenómenos de transporte, 93-101. Elsevier, Nueva York.

CONSEJO DE MINISTROS, (2024), *El gobierno aprueba el Proyecto Ley para evitar el desperdicio de alimentos, La Moncloa, Gobierno de España*. <https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/resumenes/Paginas/2024/090124-rp-cministros.aspx> [Consulta: 14 de enero de 2024].

DU, J., GE., Z.Z, XU, Z., ZOU., B., ZHANG, Y., & LI, C. M. (2014). Comparison of the Efficiency of live Different Drying Carriers on the spray drying of Persimmon Pulp Powders, 32 (10), 1157-1166. <https://doi.org/10.1080/07373937.2014.886259>. [Consulta 11 de junio 2024].

EGAS-ESTUDILLO, L., MARTÍNEZ-NAVARRETE, N., CAMACHO, M.M. (2021) "Quality of a powdered grapefruit product formulated with biopolymers obtained by freeze-drying and spray-drying". *J Food Sci*. 86:2255-2263. DOI: 10.1111/1750-3841.15750 [Consulta 12 junio 2024].

ESCOBEDO-AVELLANEDA, Z., GUTIÉRREZ-URIBE, JM, VALDEZ-FRAGOSO, A., TORRES, J.A. and WELTHY CHANES, J. (2014), "Phytochemicals and antioxidant activity of juice, flavedo, albedo and comminuted orange", *Journal of Functional Food*, Vol. 6, No. 1, pp. 470-481, doi: 10.1016/j.ff.2013.11.013 [Consulta 11 de junio 2024].

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

ESTÉVEZ, R. (2016), *Biomarcadores de Luteína, Zeaxantina y otros carotenoides en la relación dieta y salud ocular humana*, Tesis Doctoral, Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

ESPINOSA, M. (2017). *Caracterización de selecciones de habas tempranas de verdeo (Vicia faba L var major), del campo de Elche*. Trabajo Final de Grado. España, Comunidad Valenciana, Alicante: Universidad Miguel Hernández.

FAO, (2023), *Estado mundial de seguridad alimentaria y Nutrición en el mundo*, Economía Agroalimentaria, FAO. ISBN: 978-92-5-138182-3., 337 páginas URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc3017es> [Consulta: 17 de mayo de 2024].

HEVIA, H., BERTI, D., WILCKENS, E. & YÉVENES, C. (2002), "Contenido de proteínas y algunas características del almidón en semillas de amaranto (*Amaranthus SPP.*) cultivado en Chillan Chile". Revista de la Facultad de ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, Casilla, 537, Chillán, Chile. <https://revistas.uach.cl/html/agrosur/v30n1/body/art03.htm>

FITZPATRICK, J.J. (2013). "Powder properties in food production systems". *Food Powders*, p. 285-308. DOI: <http://dx.doi.org/10.1533/9780857098672.2.285> [Consulta 3 de mayo de 2024]

GABAS, A.L, TELIS, V. R. N., SOBRAL, P. J. A. & TELIS-ROMERO, J. (2007). "Effect of maltodextrin and arabic gum in water sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder." *Journal of Food Engineering*, 82 (2), 246-252. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.02.029> [Consulta: 4 de mayo de 2024].

GALLO, L., LLABOL, J., ALLEMANDI, D., BUCALÁ, V. (2011), "Influence of spray drying operating conditions on Rhamnus purshiana (Cáscara Sagrada) extract Powder physical properties". *Elsevier, Powder Technology* 208 (1): 205-214. ISSN: [0032-5910](https://doi.org/10.1016/j.powtec.2011.05.010) [Consulta: 3 de mayo de 2024].

GARCÍA-MARTÍNEZ, E., DEL MAR CAMACHO, M., & MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. (2023). In vitro Bioaccessibility of Bioactive Compounds of Freeze-dried Orange Juice Co-Product Formulated with Gum Arabic and Modified Starch. *Molecules*, 28 (2), 810. DOI: [10.3390/molecules28020810](https://doi.org/10.3390/molecules28020810)

GARAU, M. C., SIMAL, S., ROSELLO, C., & FEMENIA, A. (2007). *Effect of air-drying temperature on physical-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (Citrus aurantium v. Canoneta) by products*. *Food Chemistry* 104 (3), p. 1014-1024. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.009> [Consulta: 23 de marzo de 2024].

GEORGIEVA, K., SOSA, S. & ROTHER, B. (2022), *La crisis alimentaria mundial exige medidas de apoyo para las personas, el libre comercio y el aumento de las cosechas locales*, IMF-BLOG del Fondo Monetario Internacional. <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2022/09/30/global-food-crisis-demands-support-for-people-open-trade-bigger-local-harvests> [Consulta: 13 de enero de 2024].

GRIGELMO-MIGUEL, N., & MARTÍN-BELLOSO, O. (1998). "Characterization of dietary fiber from orange juice extraction." *Food Research International*, 31 (5), 355-361. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(98\)00087-8](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00087-8)

HANSMANN E. (1973). "Growth measurement", in *Handbook of Phycological Methods-Culture Methods and Growth Measurements* ed Stein J.R. (Cambridge: Cambridge University Press), 359-368.

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

HAUGAARD, I.S., KNAG, J., PISECKY, J., & WESTERGAARD., V. (1978). *Analytical methods for dry milk powders*. Denmark: Niro Atomizer. Academic Press, San Diego CA., p. 1571-1591.

IATA (2020). Los beneficios de los carotenoides en la salud. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, CSIC. <https://www.iata.csic.es/es/noticias/los-beneficios-de-los-carotenoides-en-la-salud> [Consulta 11 de junio 2024].

INGREPEDIA (2024), *Enciclopedia de ingredientes, aditivos: Almidón Octenil Succinato Sódico (Almidón modificado OSA)*, Hablemos claro de alimentos. <https://ingrepedia.hablemosclaro.org/almidon-octenil-succinato-sodico-almidon-modificado-osa/> [Consulta: 16 de febrero de 2024].

INNOFOOD (2018), *Revalorización de subproductos y economía circular en sistema de producción agroalimentarios*, Innofood. <https://www.innofood.es/revalorizacion-subproductos-economia-circular-sistemas-produccion-agroalimentarios/> [Consulta: 14 de enero de 2024].

ITACyL (2024). *Valorización de subproductos*. Portal INSTITUTO TECNOLÓGICO AGRARIO DE LA JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN, <https://www.itacyl.es/investigacion-e-innovacion/bioeconomia-agroalimentaria/valorizacion-de-subproductos> [Consulta: 15 de enero de 2024].

JIMÉNEZ, J. (2023), *Los seis pasos para valorizar un subproducto alimentario*, CNTA, Navarra Capital. <https://navarracapital.es/los-seis-pasos-para-valorizar-un-subproducto-alimentario/> [Consulta: 15 de enero de 2024]

LEY 7/2022, 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, BOE núm. 85, 9/4/2022. Jefatura del estado. BOE-A-2022-5809

LEÓN-MÉNDEZ, G., LEÓN-MÉNDEZ, D., MONROY-ARELLANO, M., DE LA ESPRIELLA-ANGARIZA, S. & HERRERA-BARROR, A. (2020). *Modificación química de almidones mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética*. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica, 39 (5), p. 620-626. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4263365> [Consulta 4 de mayo de 2024].

MARTÍNEZ-LAS HERAS, R., LANDLINES, E. F., HEREDIA, A., CASTELLÓ, M. L., & ANDRÉS, A. (2017). "Influence of drying process and particle size of persimmon fibre on its physicochemical, antioxidant, hydration and emulsifying properties. *Journal of Food Science and Technology*, 54 (9), 2902-2912. <https://doi.org/10.1007/S13197-017-27-28-Z> [Consulta 11 de junio 2024].

MARTÍNEZ- VALVERDE, ISABEL, PERIAGO, MARÍA JESÚS, & ROS, GASPAS. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 50(1), 5-18. Recuperado en 12 de junio de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00040622200000100001&lng=es&tln_g=es

MATEOS-APARICIO, I., (2008). *Aprovechamiento de subproductos de leguminosas para la obtención de productos funcionales. Comparación de metodologías para la caracterización de la fibra alimentaria*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

MEJÍA-REYES, J.D., GARCÍA-CABRERA, K.E., VELÁZQUEZ-OVALLE, G., VÁZQUEZ-OVANDO; A. (2021), "Capacidad Antioxidante: conceptos, métodos de cuantificación y su aplicación en la caracterización de frutas tropicales y productos derivados", *Revista Colombiana en*

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

Investigaciones Agroindustriales, Vol 9 (1), Enero-Junio (p. 9-33). DOI: <https://doi.org/10.23850/24220582.4023> [Consulta: 5 de mayo de 2024]

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J., VICARIO, I. M., & HEREDIA, F. J. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(2), 209-215. Recuperado en 16 de mayo de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011&lng=es&tlng=es. [Consulta: 5 de mayo de 2024].

MILENOVA, Y. (2022), *Estudio de la vaina del haba (Vicia Faba L.) en polvo como fuente prometedora de componentes bioactivos potencialmente funcionales*. Trabajo final de grado. Valencia: Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/195896> [Consulta: 6 de mayo de 2024].

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH (2019), Office of Dietary Supplements-Vitamina C. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-DatosEnEspanol/> [Consulta: 6 de mayo de 2024].

OLIVEROS-TASCÓN, C. E.; ROA-MEJÍA, G. (1985). *Coefficiente de fricción, ángulo de reposo y densidades aparentes en granos de Coffea Arabica variedad Caturra*. Repositorio Digital del Centro Nacional del Café-Canicafé, 36 (1):22-38.

ONU (2024), ODS. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> [Consulta: 13 de febrero de 2024].

PÉREZ, I., (2018), *Caracterización de la harina de grillo común (Acheta domesticus) y el estudio de las propiedades nutricionales, físicoquímicas y sensoriales al introducirla en una crema de cacao saludable*. Trabajo Fin de Grado Ciencia y Tecnología de los alimentos, Orihuela, Universidad Miguel Hernández de Elche.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J., ARRANZ, S., TABERNERO, M.; DÍAZ-RUBIO, M.E., SERRANO, J., GOÑI, I., SAURA-CALIXTO, F. (2008). "Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction measurement and expression of results". *Food Research International*, 41 (3): p. 274-285. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2007.12.004> [Consulta: 8 de mayo de 2024].

RAGHAVEDRA, S.N., RASTOGI, N.K., RAGHAVARAO, K.S.M.S, & THARANATHAN, R.N. (2004), "Dietary fiber from coconut residue effects of different treatments and particle size on the hydration properties." *European Food Research and Technology*, 218 (6), p. 563-567. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-004-0889-2> [Consulta: 21 de marzo de 2024].

REGLAMENTO (CE) 1272/2008, sobre clasificación , etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, nº353, p. 1-1355. DOUE-L-2008-82637.

RFE (2015), Real Farmacopea Española, <https://www.aemps.gob.es> [Consulta: 28 de abril 2024].

RYDEN, P., & SELVENDRAN, R. R. (1990). "Cell-wall polysaccharides and glycoproteins of parenchymatous tissues of runner bean (*Phaseolus coccineus*)". *The Biochemical journal*, 269(2), 393–402. DOI: <https://doi.org/10.1042/bj2690393> [Consulta: 21 de marzo de 2024].

SCHUCK, P., JEANTET, R., & DOLIVET, A. (2012). *Analytical methods for food and daily powders*: 654 Hoboken, NS, USA, John Wiley & Sons.

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

SHITTU, T.A., & LAWAL, M.O. (2007). "Factor affecting instant properties of powdered cocoa beverages". *Food Chemistry*, 100 (1), 91-98. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.013> [Consulta: 13 de marzo de 2024].

SIGMA BIOTECH, (2017), *Aprovechamiento y revalorización de subproductos de la Industria Alimentaria*, Sigma Biotech. <https://www.sigmabiotech.es/aprovechamiento-y-revalorizacion-de-subproductos-de-la-industria-alimentaria/> [Consulta: 16 de enero de 2024].

SILVA-ESPINOZA, M. A., AYED, C., CAMACHO, M. M., FOSTER, T., , MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. (2021), " Impact of Maltodextrin, Gum Arabic, Different Fibres and Starches on the properties of Freeze-dried Orange Puree Powder" *Food Biophysics*, 16:270-279. <https://doi.org/10.1007/s11483-021-09667-x> [Consulta 12 junio 2024].

SOLAQUE, G., PAOLA, D. (2008), *Comparación del ángulo de fricción cíclico con el ángulo de reposo. Análisis de la influencia de algunos factores de la determinación del ángulo de reposo*. Trabajo Fin de Máster en Ingeniería Civil. Grupo de Investigación en Geotecnia Universidad de los Andes. Link: <http://hdl.handle.net/1992/9804> [Consulta: 28 de abril de 2024].

SOUSA, A.S., BORGES S.V., MAGALHÕES, N.F., RICARDO, H.V, & AZEVEDO, A.D. (2008). Spary-dried tomato powder: reconstitution properties and colour. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51 (4), 607-614. <https://doi.org/10.1590/51516-89132008000400019>

SUÁREZ, A. (2016), *Modelos Matemáticos de la Dinámica de poblaciones: Modelo de Malthus*, IMUS, Blog del Instituto de Matemáticas de la Universidad de Sevilla. <https://institucional.us.es/blogimus/2016/12/modelos-matematicos-de-la-dinamica-de-poblaciones-modelo-de-malthus/> [Consulta: 13 enero de 2024].

SWEEDMAN, C., HASJIM, J., SCHAEFER, C., GILBERT, G. (2014), "Structures of Octenylsuccinylated starches: Effects on emulsions containing b-Carotene". 112:85-93. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.05.067> [Consulta: 21 de mayo de 2024].

TIGREROS, J.A., PARRA, S., MARTÍMEZ, J., ORDOÑEZ, L. E. (2021), "Diferentes métodos de escaldado y su aplicación en frutas y verduras", *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales* 8 (1), Enero-Junio 50-63. DOI: <https://doi.org/10.23850/24220582.3710> [Consulta: 16 de febrero de 2024].

USCANGA, M. A., CAMACHO. M., SALGADO, M. A., MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. (2020) "Influence of an orange product composition on the characteristics of the obtained freeze-dried cake and podwer as related to their consumption pattern". *Food Bioprocess Technol* 12, p. 1368-1379.

USTERO, I. (2022), *Impacto fisiológico de la fibra presente en el coproducto del zumo de naranja*, Trabajo final de Máster, Valencia: Universitat Politècnica de València. Riunet: <http://hdl.handle.net/10251/188684> [Consulta: 21 de mayo de 2024].

UTPL (2022), *Uso de subproductos nueva tendencia en la producción de alimentos*, Universidad Técnica Particular de Loja. <https://noticias.utpl.edu.ec/uso-de-subproductos-nueva-tendencia-en-la-produccion-de-alimentos> [Consulta: 16 de enero de 2024].

VALENTE, I. M.; MAIA, M.R.G.; MALUSHI, N.; OLIVEIRA H.M.; PAPA, L.; RODRIGUES, J.A.; FONSECA, M.; CABRITA, A.R.J. (2018). Profiling of phenolic compounds and antioxidant

UPV ETSIAMN Ciencia y tecnología de los alimentos

TFG: Influencia del tipo de secado y biopolímeros en la calidad de la harina de la vaina del haba (*Vicia faba*)

Narcisa Fernández Vargas

properties of European varieties and cultivars of *Vicia faba* L. pods, *Phytochemistry*, 152, 223-229. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2018.05.011>.

YASUMATSU, K., SAWADA, K., MORITAKA, S., MISAKI, M., TODA, J., WADA, T. & ISHII, R. (1972), "Whipping and emulsifying properties of soy bean products *Agricultural and Biological Chemistry*, 36 (5), p. 719-727. DOI: <https://doi.org/10.1271/BBB1961.36.719> [Consulta: 12 de marzo de 2024].

ZACARÍAS, J., RODRIGO, M.J., ZACARIAS, L., (2020), *Los beneficios de los carotenoides para la salud*, CSIC: Centro Superior de Investigaciones Científicas; IATA: Instituto Agroquímica y Tecnología de los Alimentos. <https://www.iata.csic.es/es/noticias/los-beneficios-de-los-carotenoides-en-la-salud> [Consulta: 5 de mayo de 2024]

ZHOU, Y. C., XU, B. H., YU, A.B. & ZULLI, P. (2001), "An experimental and numerical study of the angle of repose of coarse spheres". *Elsevier*, 125, p. 45-34.

7- ANEXOS

ANEXO 1. Relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible para la Agenda de 2030

Tabla 7: Grado de relación del trabajo con los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible).

	Alto	Medio	Bajo	No procede
ODS 1. Fin de la pobreza	X			
ODS 2. Hambre cero	X			
ODS 3. Salud y bienestar	X			
ODS 4. Educación de calidad				X
ODS 5. Igualdad de género				X
ODS 6. Agua limpia y saneamiento				X
ODS 7. Energía asequible y no contaminante				X
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico	X			
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras				X
ODS 10. Reducción de las desigualdades			X	
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles			X	
ODS 12. Producción y consumo responsables	X			
ODS 13. Acción por el clima	X			
ODS 14. Vida submarina				X
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres				X
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas				X
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				X

ODS 1: Fin de la pobreza, con este ODS se contribuye, ya que al revalorizar un subproducto alimentario, podemos ofrecer alimentos saludables nutricionalmente y con buenas propiedades tecnológicas a un precio menor, si bajamos los precios, aumentamos la producción, y optamos por un modelo de producción sostenible y por la economía circular, la gente podrá ahorrar más y por tanto habrá menos pobreza. **ODS 2:** Hambre Cero, es uno de los principales ODS, con el que contribuye, ya que si se consiguiese tras las conclusiones de este estudio, revalorizar un subproducto alimentario como es la vaina del haba, puede convertirse en una fuente prometedora de nutrientes accesible a todos aquellos con pocos recursos económicos. **ODS 3:** Salud y bienestar, muchos de los subproductos alimentarios tienen un excelente capacidad antioxidante, asociada a múltiples beneficios para la salud, por tanto, el estudio de la posible revalorización de estos, se relaciona con el ODS 3 de salud y bienestar. **ODS 8:** Trabajo decente y crecimiento económico, dado que se determina que secado y que biopolímero proporciona un polvo de vaina de haba de mejor calidad, originando un trabajo decente. El aprovechamiento de los subproductos, reducirá el desperdicio alimentario y por tanto se ahorrarían millones de euros, promoviendo el crecimiento económico. **ODS 12 y 13:** Producción y consumo responsables y acción por el clima, respectivamente. Con estos dos también se contribuye, ya que la revalorización de los subproductos supone una reducción en el consumo de recursos naturales, fomentando la sostenibilidad y la protección del medio ambiente.