

DOI: <https://doi.org/10.56124/allpa.v8i16.0121>

Efecto del remojo y tratamiento térmico en las características físicas, químicas y funcionales de *Vigna unguiculata* y *Lupinus mutabilis sweet*

Effect of soaking and heat treatments on the physical, chemical and functional characteristics of *Vigna unguiculata* and *Lupinus mutabilis sweet*

Mesías-Otero Erika Paola ¹; Benavides-Mera Melany Selena ²;
Santacruz-Terán Stalin Gustavo ³

¹ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad Ciencias de la Vida y Tecnologías. Manta, Ecuador. Correo: e1718968827@live.ulearn.edu.ec.

² Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad Ciencias de la Vida y Tecnologías. Manta, Ecuador. Correo: e1311510836@live.ulearn.edu.ec.

³ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad Ciencias de la Vida y Tecnologías. Manta, Ecuador. Correo: stalin.santacruz@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0801-9876>.

Resumen

El incremento de la población requiere de una mayor producción de alimentos. La producción de proteínas animales demanda más recursos en relación con las proteínas vegetales. Los cereales y leguminosas son fuentes de proteína para la alimentación del ser humano, que podrían sustituir parcialmente a las proteínas animales. Los cultivos nativos de cereales y leguminosas podrían fortalecer la seguridad alimentaria de las regiones de donde provienen, tal es el caso del lupino (*Lupinus mutabilis sweet*) y el frijol canario (*Vigna unguiculata*). En el presente estudio se evaluó el efecto de remojo y tratamiento térmico (cocción y cocción a alta presión) en las características físicas, químicas y funcionales de semillas y harinas de frijol y lupino. Los resultados mostraron que los granos sometidos a remojo tuvieron mayor masa y capacidad de hidratación que los que no fueron sometidos a remojo previo al tratamiento térmico. Las harinas de frijol y lupino sometidas a los tratamientos de remojo y tratamiento térmico mostraron baja capacidad espumante pero una elevada estabilidad espumante. La composición química, mostró que el contenido de lípidos mostró dependencia de la combinación remojo-tratamiento térmico, siendo mayor el contenido de lípidos para las muestras que fueron sometidas a remojo.

Palabras clave: cocción, cocción a alta presión, absorción, emulsión, estabilidad espumante.

Abstract

The increase in population requires greater food production. However, the production of proteins of animal origin requires the use of more resources in relation to vegetable proteins. Cereals and legumes are sources of protein for human nutrition, which could partially replace proteins of animal origin. Native crops of cereals and legumes also allow us to strengthen the food security of the regions from which they come, such as lupine (*Lupinus mutabilis sweet*) and canario beans (*Vigna unguiculata*). In the present study, the effect of soaking and thermal treatment (cooking and high-pressure cooking) on the physical, chemical and functional characteristics of bean and lupine seeds and flours was evaluated. The results showed that the soaked grains had a greater mass and greater hydration capacity than those that were not soaked prior to heat treatment. Bean and lupine flours subjected to soaking and heat treatment showed low foaming capacity but high foaming stability. Regarding the chemical composition, only the lipid content showed dependence on the soaking-thermal treatment combination, with the lipid content being higher for the samples that were subjected to soaking.

Keywords: cooking, high pressure cooking, absorption, emulsion, foaming stability.

1. Introducción

Dentro de los diecisiete objetivos de desarrollo sustentable (ODS), a ser cumplidos hasta el año 2030, las Naciones Unidas plantean con poner fin a la pobreza y al hambre en todo el mundo, garantizar una protección duradera del planeta y sus recursos naturales creando las condiciones necesarias para un crecimiento económico sostenible, inclusivo y sostenido (OIT, 2017)

El incremento de la población requiere de una mayor producción de alimentos tanto de origen vegetal como animal. Dentro de los requerimientos diarios de macronutrientes del ser humano se cuentan los carbohidratos, proteínas y lípidos. La producción de proteínas de origen animal demanda del uso de más recursos en relación con las proteínas vegetales. Costa (2020) menciona que según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), un 80% de la pérdida de bosques se relaciona directa o indirectamente con la ganadería, siendo otras causas la industria maderera, la minería y la extracción de petróleo. Ecuador no es la excepción y tiene un índice de deforestación anual del 4%

(Halberstadt, 2018). Otro de los conceptos importantes para la medida del uso de los recursos naturales es la huella hídrica (Castro et al., 2019). La FAO estima que para producir 1 kilogramo de carne se necesitan entre 5.000 y 20.000 litros de agua. Contrastando estas cifras con las necesarias para producir 1 kilogramo de cereal o leguminosas, con un requerimiento entre 500 y 4.000 litros de agua (FAO, 2020). Adicionalmente a lo expuesto anteriormente, el medio ambiente se ve afectado por la emisión de gases tipo invernadero producido por el ganado vacuno, porcino, aviar y acuicultura (Quesada & Gómez, 2019).

A pesar de su mayor digestibilidad y calidad que caracterizan a las proteínas de origen animal, los lípidos, mayormente saturados, presentes junto a la proteína contribuyen al alto desarrollo de enfermedades cardiovasculares (Pino et al., 2009), lo que provoca la muerte de 17,9 millones de personas al año.

Los cereales y leguminosas son fuentes de proteína para la alimentación del ser humano, y se presentan como una alternativa de fuente proteica frente a los desafíos medioambientales

requeridos y como parte del consumo y producción responsable (Flores-Fernández, et al., 2022). Las leguminosas juegan un papel importante en la alimentación humana, tanto en la elaboración de platos tradicionales o como ingredientes funcionales en la industria alimentaria.

El frijol (*Vigna unguiculata*) es uno de los alimentos esenciales en muchos países junto con la harina de maíz y el arroz. Se considera que posee más del doble de proteínas y similar cantidad de carbohidratos que los cereales. Por su alto valor nutricional con aportes de proteína, fibra dietética, almidón resistente y micronutrientes, el frijol forma parte importante de la dieta del ser humano.

El lupino andino (*Lupinus mutabilis sweet*) es una leguminosa rica en nutrientes caracterizada por tener un alto contenido de proteínas y ácidos grasos que constituye una alternativa importante en la nutrición humana y animal (Ortega et al., 2010).

El aprovechamiento de las proteínas presentes en las leguminosas requiere de métodos tradicionales de procesamiento para la reducción de

factores antinutricionales como la cocción, que produce cambios ultraestructurales que influyen en sus propiedades nutricionales, físicas y funcionales (Xu et al., 2014; Porras, 2010).

Estos tratamientos térmicos afectan en mayor o menor medida las propiedades funcionales de los alimentos (Sharif et al, 2018). Asimismo, las proteínas son afectadas por la cocción al ocasionar la desnaturalización la cual provoca un desenrollamiento y rompimiento de las estructuras secundarias, terciarias y cuaternarias, causando alteración en las propiedades funcionales como la capacidad de retención de agua y aceite, capacidad espumante y emulsificante (García et al. 2019).

Tomando en cuenta la importancia del uso de cultivos nativos en la seguridad alimentaria, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de remojo y tratamiento térmico (cocción y cocción a alta presión) en las características físicas, químicas y funcionales del frijol y lupino. Los resultados podrían permitir una mejor orientación al uso de estas leguminosas

en el desarrollo de alimentos a nivel industrial.

2. Metodología (materiales y métodos)

Se empleó frijol canario y lupino andino (*Lupinus mutabilis* sweet), ambos obtenidos en un mercado de la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

Los análisis de laboratorio se realizaron en las instalaciones de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Las semillas fueron sometidas a remojo y cocción. El remojo se realizó sumergiendo las semillas en agua potable en una proporción de 1:10 (m/m) durante 24 h a temperatura ambiente (25 °C), luego se escurrió y se enjuagó con agua potable. Luego del remojo, se procedió a mezclar las semillas con agua potable y cocinarlas utilizando dos métodos: en olla abierta a ebullición durante 90 minutos; y cocción a alta presión durante 20 minutos

utilizando una olla a presión doméstica (temperatura de trabajo 121 °C) Las semillas cocidas se dejaron enfriar y luego se secaron durante 48 h en un horno de convección a una temperatura de 30 °C.

Una porción de las semillas de cada uno de los tratamientos se utilizó para evaluar los parámetros físicos. El restante de semillas se procedió a secar en una estufa a 70°C durante 48 h para su posterior desintegración con un molino eléctrico (Biobase Biodustry Shandong Co. Ltd, China). La harina molida se utilizó para determinar la composición química y propiedades funcionales.

Se formuló un diseño completamente al azar con dos variables independientes, cada una de ellas con dos niveles: remojo (con remojo y sin remojo), método de cocción (cocción abierta y cocción a alta presión). Todos los ensayos se realizaron por triplicado (tabla 1).

Tabla 1: Diseño experimental con dos tratamientos de dos niveles cada uno. A. Remojo: con remojo y sin remojo. B. Tratamiento térmico: cocción abierta y cocción a alta presión

N°	Tratamientos	Variables
1	A1B1	Con remojo-cocción
2	A1B2	Con remojo- cocción alta presión
3	A2B1	Sin remojo-cocción
4	A2B2	Sin remojo- cocción alta presión

Análisis físicos de semillas

Las propiedades físicas de las semillas fueron medidas según los métodos descritos por Xu et al. (2014) con ciertas modificaciones. La masa de cien semillas (SW) se determinó usando una balanza (Radwag, EE.UU). El volumen se determinó midiendo el desplazamiento de cien semillas en una probeta graduada de 250 mL utilizando arena fina como medio de desplazamiento. La densidad se la calculó dividiendo la masa de las semillas para el volumen de las mismas.

Capacidad de hidratación y capacidad de hinchamiento de semillas

La capacidad de hidratación y capacidad de hinchamiento se determinaron en base a Xu et al. (2014). Una muestra de 100 semillas se sumergió en un recipiente graduado de 250 mL con 100 mL de agua destilada durante 24 h a temperatura ambiente (25°C). La capacidad de hidratación (HC) se calculó como el aumento de la masa de cien semillas (g/100 semillas). La capacidad de hinchamiento se determinó como el aumento de volumen de cien semillas (mL/100 semillas).

Análisis químicos de semillas

El contenido de humedad, proteínas, lípidos y cenizas de las muestras crudas y cocidas se evaluaron bajo las normas INEN (INEN, 2013). El contenido de carbohidratos totales se determinó por diferencia.

Análisis funcionales de harinas

Capacidad de absorción y retención de agua

La capacidad de absorción y retención de agua de las harinas de frijol y lupino crudas y cocidas se determinaron utilizando los métodos de Xu et al. (2014). Se añadió muestras de harina (1 g) en tubos de centrífuga, seguidos de la adición de agua destilada (10 mL). Las suspensiones se agitaron durante 1 hora por medio de un agitador magnético y luego se centrifugaron a 5000 rpm (SIGMA, Alemania) durante 40 minutos. La capacidad de absorción de agua y la de retención de agua se expresaron como gramos de agua ligada por 100 gramos de muestra.

Solubilidad en agua

40 mL de una suspensión de harina al 1% (m/v) se preparó en un tubo de centrífuga de 50 mL previamente tarado.

La suspensión se agitó constantemente y se mantuvo a una temperatura constante (70 °C) en un baño de agua durante 30 minutos. Posteriormente, la muestra fue centrifugada a 2500 rpm (SIGMA, Alemania) durante 15 minutos. De la fracción del sobrenadante se tomó 10 mL y se secó a 120°C durante 4 horas en un crisol a peso constante (Miranda-Villa et al., 2013). Los sólidos luego del secado se expresaron en porcentaje en relación a la masa inicial de la muestra de harina.

Capacidad de absorción y retención de aceites

Las harinas de frijol y lupino crudas y cocidas se analizaron siguiendo el mismo procedimiento que la capacidad de absorción de agua, sustituyendo el agua por aceite de soja (aceite comestible de soja, 0% colesterol, con OMEGA 3,6 y 9, Mi Comisariato, Ecuador). La capacidad de absorción de agua y la de retención de aceite se expresaron como mL de aceite ligado por 100 gramos de muestra.

Actividad emulsionante y estabilidad

La actividad emulsionante (EA) y la estabilidad emulsionante (ES) de las harinas de frijol y lupino se determinaron

mediante el método de Xu et al. (2014), con algunas modificaciones. Para determinar la actividad emulsionante se mezcló muestras de harina de 1 g con agua destilada (25 mL) y se mantuvo a 20°C durante 30 min. Se añadieron 25 mL de aceite de soja y la mezcla se emulsionó por homogenización con ayuda de una plancha de agitación (Fisher Scientific, EE.UU) durante 3 min. La emulsión se centrifugó a 2000 rpm durante 5 min y se midió el volumen de la emulsión. EA se expresó como porcentaje de la capa emulsificada en relación a la cantidad de líquido total. La estabilidad emulsionante se determinó calentando muestras emulsionadas en un baño de agua a 85°C durante 15 min, con enfriamiento posterior a temperatura ambiente y centrifugación a las mismas condiciones que EA. La ES se expresó como porcentaje de la capa emulsificada remanente en relación al líquido total.

Capacidad espumante y estabilidad espumante

La capacidad espumante (FC) y estabilidad espumante (FS) de las harinas del frijol y lupino se determinó mediante el método de Xu et al. (2014), con algunas modificaciones. Se dispersó

1 g de muestra en 50 mL de agua destilada, se agitó mediante el uso de un homogeneizador (agitador de hélice, Fisher Scientific, Canadá) a 2500 rpm durante 5 min. Los volúmenes de muestra se midieron usando un cilindro graduado a 50 mL antes y después del batido, los datos se expresaron como porcentaje de volumen ganado después del agitado.

3. Resultados y discusión

Análisis físicos de semillas de frijol y lupino

La tabla 2 muestra diferencia en masa dentro de los tratamientos de frijol y lupino ($p < 0,05$), siendo el tratamiento A2B2 el de menor masa, con 0,99 g/semilla para frijol y 0,42 g/semilla para lupino. Los tratamientos A1B1 y A2B1 presentaron la mayor masa para frijol con valores entre 1,39 y 1,44 g, mientras que para lupino el de mayor masa fue el tratamiento A1B1 con 67,13 g. El volumen también presentó diferencias significativas dentro de las muestras de frijol y de las de lupino ($p < 0,05$). Todos los tratamientos de frijol tuvieron mayor masa y volumen que los correspondientes a lupino. La densidad mostró valores similares entre frijol y

lupino. En lo que respecta a frijol, el tratamiento A2B1 tuvo la mayor densidad (1,13 g/mL) mientras el tratamiento A2B2 tuvo la menor densidad (1,05g/mL), con los otros dos tratamientos con valor intermedio de 1,11 g/mL ($p < 0,05$). Para el caso del lupino, la densidad presentó diferencia entre A2B2 (0,96 g/mL) y el resto de los tratamientos ($p < 0,05$).

La capacidad de hidratación mostró mayores valores para el frijol en relación al lupino. Para el caso del frijol, el mayor valor fue para A2B1 (1,46 g/semilla), seguida de A1B1 con 1,39 A1B2 con 1,37 y finalmente A2B2 con 1,28 g/semilla ($p < 0,05$). Las muestras de lupino mostraron que la capacidad de hidratación fue diferente para todos los tratamientos ($p < 0,05$), siendo A1B1 el que presentó el mayor valor de hidratación, 0,65 g/semilla. La capacidad de hinchamiento del frijol tuvo al tratamiento A1B2 como el de mayor valor con 1,30 mL/semilla y a A1B1 con el menor valor (0,75 mL/semilla) ($p < 0,05$). La capacidad de hinchamiento del lupino tuvo al tratamiento A1B2 con la menor capacidad (0,90 mL/semilla) y a A2B2 con la mayor capacidad de

hinchamiento, con un valor de 1,10 g/semilla.

Tabla 2. Análisis físicos de semillas de frijol y lupino. Letras en mayúscula indican diferencia significativa entre los tratamientos (horizontal).

Análisis		A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
Frijol	Masa semilla (g)	1,39 ^C	1,36 ^B	1,44 ^C	0,99 ^A
	Volumen semilla (mL)	1,26 ^C	1,24 ^B	1,28 ^D	0,94 ^A
	Densidad a granel (g/mL)	1,11 ^{BC}	1,10 ^B	1,13 ^C	1,05 ^A
	Capacidad de hidratación (g/semilla)	1,39 ^C	1,37 ^B	1,46 ^D	1,28 ^A
	Capacidad de hinchamiento (mL/semilla)	0,75 ^A	1,30 ^D	1,00 ^C	0,80 ^B
Lupino	Masa semilla (g)	0,67 ^D	0,64 ^C	0,50 ^B	0,42 ^A
	Volumen semilla (mL)	0,66 ^D	0,62 ^C	0,50 ^B	0,44 ^A
	Densidad a granel (g/mL)	1,01 ^B	1,03 ^B	1,00 ^B	0,96 ^A
	Capacidad de hidratación (g/semilla)	0,65 ^D	0,64 ^C	0,58 ^A	0,59 ^B
	Capacidad de hinchamiento (mL/semilla)	1,00 ^B	0,90 ^A	1,00 ^B	1,10 ^C

Los resultados de la densidad de los granos frijol son similares a los reportados por Sanga et al. (2018) para tres variedades de frijol con valores que oscilaron entre 1,14 y 1,33 g/mL. En el caso de los resultados de lupino los resultados del presente trabajo fueron inferiores a los reportados por Vegas et al. (2017) para lupino de la variedad criolla, con una densidad de $1,128 \pm 0,078$ g/mL. La capacidad de hidratación para semillas de garbanzo sometidas a procesos de cocción y cocción a alta presión osciló entre 0,35 y 0,68 g/semilla, mientras que la capacidad de hinchamiento varió entre 0,16 y 0,35

mL/semilla (Xu et al., 2014). Las diferencias en la capacidad de hidratación e hinchamiento podrían deberse a la diferente fuente botánica, composición de los granos, diferente hidrofobicidad de las proteínas (Kai et al., 2022). En relación a la capacidad de hidratación de las semillas de frijol, el presente trabajo mostró valores superiores a los reportados por Wani et al. (2017) para muestras de frijol sometidas a cocción, siendo los valores entre 0,34 y 0,42 g/semilla. Diferentes resultados pueden deberse a la variedad de semillas estudiada, composición y condiciones del tratamiento térmico.

Tizazu & Emire (2010) reportaron la capacidad de hinchamiento de dos variedades de lupino crudas, cuyos valores (0,36 y 0,47 mL/semilla) fueron inferiores a los del presente estudio. Diferencias con los valores encontrados en el presente trabajo podrían deberse a la etapa de cocción que este último posee. En relación al efecto del remojo, los resultados de la tabla 2 muestran que los granos sometidos a remojo mostraron mayor masa y mayor capacidad de hidratación que los que no tuvieron esta etapa. Abdallah et al. (2021) indican que la absorción de agua es dependiente del tiempo, llegando a ser asintótica cerca de las 24 h de remojo. El prolongado tiempo de remojo del presente trabajo (24 h) pudo influir entonces a las mayores masas y capacidades de hidratación registradas. La capacidad de hinchamiento no mostró ninguna relación con el remojo o el tratamiento de cocción, lo cual hace suponer que es difícil predecir el comportamiento tomando en cuenta las contribuciones de los componentes presentes en el grano.

Análisis químicos de harinas de frijol y lupino

Se pudo observar que el contenido de humedad de las harinas de frijol sometida a los cuatro tratamientos varió entre 3,4 y 4,3%. La humedad del frijol mostró una diferencia estadística ($p < 0,05$) siendo A1B2 (3,2%) y A1B1 (3,4%) iguales entre sí, y diferentes a A2B1 (4,3%) y A2B2 (4,3%), que también fueron iguales entre sí. Aguilera et al. (2011) mostraron que la harina elaborada a partir de judía pinta presentó una humedad de 7,8% cuando fue colocada en remojo y disminuyó hasta 7,5% cuando fue sometida a procesamiento de remojo-cocción. Los procesamientos térmicos generan cambios en la estructura, textura y capacidad de retención de agua (Padilla, 2015), causada por desnaturalización de las proteínas y gelatinización de los almidones. Estos tratamientos también pueden generar pérdida de humedad por sinéresis de los almidones luego de su gelatinización (Santacruz et al., 2003).

En cuanto al contenido de proteína se observó que todos los tratamientos fueron diferentes ($p < 0,05$), siendo A1B2 (22,33%) el que menor contenido de proteína presentó y A1B1 (22,80%) el de

mayor valor. Granito et al. (2007) reportaron valores entre 22 y 26,7% para harinas de granos crudos, cocidos y fermentados de diferentes variedades de frijol, siendo estos valores superiores a los obtenidos en el presente estudio. Esta diferencia puede deberse a factores tales como la variedad y condiciones de cultivo, o a la desnaturalización parcial o total de las proteínas al someterse los granos a procesamiento, lo cual afecta las propiedades funcionales del grano (Miquilena et al., 2016).

El contenido de lípidos no mostró diferencias entre A2B1 (1,36%) y A2B2 (1,37%), mientras que A1B2 (1,57%) y A1B1 (1,79%) fueron diferentes entre sí y mayores a los demás tratamientos, siendo A1B1 el que mayor contenido de lípidos presentó. Se han reportado valores desde 1,4% hasta 3,2%, para harinas de granos crudos y fermentados-cocidos de diferentes variedades de frijol según lo menciona García et al. (2019). Por otro lado, García et al. (2012) reportan valores entre 1,03% y 1,13% para harina de granos de guandul sometida a previo remojo y cocción. Claramente el contenido de lípidos se ve influenciado por la fuente botánica. Solamente el contenido de lípidos

mostró dependencia de los tratamientos, siendo mayor el contenido para las muestras que fueron sometidas a remojo previo a la cocción.

El contenido de cenizas también reportó diferencia entre los tratamientos ($p < 0,05$), con A1B2 (0,35%) de menor contenido de cenizas y A2B2 (4,16%) de mayor contenido. El menor contenido de ceniza se encontró para la harina sometida a tratamiento remojo-cocción alta presión con un valor de 0,35%. Este comportamiento que experimenta la harina puede deberse a la pérdida de minerales por lixiviación que ocurre en el proceso de cocción (Carović-Stanko, 2018). A excepción del tratamiento A1B2, los valores de cenizas concuerdan con lo reportado por Pacheco et al. (2019) quienes manifiestan que el contenido de cenizas se encuentra entre 2,9 y 4,4% para granos sometidos a diferentes tratamientos como remojo, cocción y escaldado.

Los carbohidratos presentaron variación entre A2B2 con 67,47% y A1B2 con 72,50%. Estos resultados son similares a los obtenidos por Xu et al. (2014) para el garbanzo (variedad Pedro) sometido a

remojo y cocción a alta presión, con valores de 67,9%.

Tabla 3. Composición química porcentual de frijol y lupino. Letras en mayúscula indican diferencia significativa entre los tratamientos.

	Análisis	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
Frijol	Humedad	3,4A ^B	3,2 ^A	4,3 ^B	4,3 ^B
	Proteína	22,80 ^D	22,33 ^A	22,38 ^B	22,72 ^C
	Lípidos	1,79 ^C	1,57 ^B	1,36 ^A	1,37 ^A
	Ceniza	2,85 ^B	0,35 ^A	3,05 ^C	4,16 ^D
	Carbohidratos	69,14 ^B	72,50 ^C	68,95 ^B	67,47 ^A
Lupino	Humedad	4,40 ^A	4,50 ^A	4,00 ^A	4,10 ^A
	Proteína	48,6 ^D	46,3 ^C	43,7 ^B	42,2 ^A
	Lípidos	23,20 ^D	20,90 ^C	18,80 ^B	17,70 ^A
	Ceniza	3,00 ^A	6,60 ^D	4,80 ^C	3,30 ^B
	Carbohidratos	20,70 ^A	21,70 ^B	28,70 ^C	32,60 ^D

La humedad del lupino no mostró diferencias entre los tratamientos. Referente a la proteína, el tratamiento A1B1 presentó un mayor contenido con un valor de 48,63% y el A2B2 el menor valor con 42,2%. Estos valores son similares a los reportados por Vegas et al. (2017) que muestran contenido de proteína de lupino entre 41 y 51%. Los lípidos de los tratamientos fueron estadísticamente diferentes ($p < 0,05$), siendo A1B1 (23,21%) el que mayor contenido de lípidos presentó y A2B2 (17,75%) el de menor valor. Estos valores son similares a los resultados de Curti et

al. (2022) con un valor de 23,4% en la harina de lupino (*L. mutabilis*) y a los resultados de Espejo (2017), el cual asegura que el lupino amargo y desamargado contiene entre 18 y 25% de lípidos. Las cenizas de los tratamientos mostraron diferencia entre ellos ($p < 0,05$). El de menor contenido fue A1B1 (3,04%) siendo este similar al resultado obtenido por Acuña y Simbaña (2010) de 3,35%. En lo que respecta a los carbohidratos el tratamiento A1B1 (20,7%) fue el de menor contenido de carbohidratos y el tratamiento A2B2 (32,6%) el de mayor valor. Cueva (2018)

obtuvo resultados de $32,25 \pm 0,76$ % para harina de lupino.

Análisis funcionales de harinas

Para las muestras de frijol, los resultados de capacidad de absorción en agua indican que A1B1 (15,33 g/100 g) y A1B2 (16,17 g/100 g) fueron iguales entre sí ($p < 0,05$), y a su vez, los valores más bajos, mientras que, A2B1 (16,5 g/100 g) y A2B2 (17,17 g/100 g) ($p < 0,05$), fueron los de mayor absorción y además iguales entre sí (Tabla 4). Referente a capacidad de retención de agua A1B1 (15,33 g/100 g) presentó menor capacidad de retención mientras que el tratamiento A2B2 (17,33 g/100 g) tuvo una capacidad superior en relación con el resto de los tratamientos ($p < 0,05$). La solubilidad no guardó correlación alguna con la absorción y retención de agua. El tratamiento A2B1 (62,67%) presentó el mayor valor en comparación a los otros tratamientos ($p < 0,05$). Para el caso del lupino, la capacidad de absorción y retención de agua mostraron comportamientos similares, siendo el tratamiento A2B2, el que tuvo los mayores resultados con valores de 16,2 g/100 g en ambos casos ($p < 0,05$) (Tabla 4). El tratamiento A2B1 tuvo las menores capacidad de absorción y retención de

agua con 14,7 y 14,2 g/100g, respectivamente. Raikos et al. (2014) obtuvieron valores de capacidad de absorción de agua entre 225 y 250 g/100 g, mientras Khalid & Elharadallou (2013) obtuvieron 134 mL/100 g. En lo referente a la solubilidad se observó diferencia entre todos los tratamientos, siendo el tratamiento A1B2 (70,33%) el de mayor solubilidad en comparación a las demás muestras evaluadas ($p < 0,05$). Acuña y Simbaña (2010) obtuvieron mayores valores de solubilidad (89%), sin embargo, estos correspondieron para un hidrolizado enzimático de proteína de lupino. La capacidad de absorción de agua representa la capacidad de un sistema alimentario para asociarse con agua, mientras que la capacidad de retención de agua representa la capacidad de un sistema alimentario para retener físicamente agua en contra de la gravedad. Estas propiedades funcionales son importantes en alimentos líquidos para mejorar su viscosidad, palatabilidad y para la retención de sabor (Jitngarmkusoleet al., 2008). Lin & Fernández-Fraguas (2020) encontró capacidades de absorción de agua de aproximadamente 170 g/100 g para harinas de frijol pinto, mientras que Wani et al. (2017) mostró valores entre

121 y 153/100 g para harina de dos variedades de frijol. Diferencias en la concentración de proteínas de las muestras de frijol, tiempos de mezcla y condiciones de centrifugación hacen difícil la comparación de los resultados (Kai et al., 2022). Muestra de ello son las velocidades y los tiempos de centrifugación varían de 1600 a 16000 x g y por encima de 10 min, respectivamente.

Respecto a la capacidad de absorción y retención de aceite de muestras de frijol, no se evidenció diferencia estadística entre los tratamientos cuyos valores oscilaron entre 17,67 y 18,83 mL/100 g. Estos valores son inferiores a los 140 g/100 g reportados por Lin & Fernández-Fraguas (2020). Diferencias en los resultados podrían deberse a la composición de los granos estudiados y a las diferentes condiciones de velocidad y tiempos de análisis (Kai et al., 2022). La capacidad de absorción de aceite de harinas de lupino solo mostró diferencia estadística en el tratamiento A2B2 (9 mL/100g) siendo este el más bajo que el resto de los tratamientos ($p < 0,05$). Posiblemente, los procesos de remojo y cocción originaron alteraciones estructurales de la proteína, la cual a su

vez produjo un incremento en la retención física de la grasa. Para García et al. (2019), la capacidad de las proteínas para enlazarse con compuestos lipofílicos depende del comportamiento de las interacciones hidrófobas de las proteínas como resultado del tratamiento térmico así como de la capacidad del almidón y la fibra para adsorber el aceite.

La estabilidad de emulsión de muestras de frijol mostró que el tratamiento A2B2 (83,35%) fue el de mejor estabilidad y el A1B1 el de menor valor (73,93%) ($p < 0,05$). La actividad emulsificante mostró diferencia entre todos y cada uno de los tratamientos ($p < 0,05$). El tratamiento A2B2 presentó un valor más alto (48,07 %) en comparación al resto de las muestras ensayadas. En cuanto a la estabilidad emulsionante los tratamientos A2B1 y A2B2 obtuvieron mayores valores, con 83,35%, mientras que A1B1 obtuvo el menor valor con 73,93%. Estos valores son superiores a los obtenidos por Xu et al. (2014) para actividad y estabilidad emulsificante de garbanzo, con valores entre 2,86 y 5,71% y también superiores a los de Lin & Fernández-Fraguas (2020) que reportaron estabilidades entre 10 y 60%

para frijol sometidos a cocción a alta presión. La actividad emulsificante y la estabilidad de la emulsión de harinas de lupino presentaron diferencias entre todos los tratamientos, siendo el tratamiento A2B1 el que presentó el más alto valor de actividad emulsificante (84,62%) y A2B2 el de menor estabilidad emulsificante con 44,4 %. Diferencias en los tiempos de incubación, pH, fuerza iónica y temperatura podrían explicar los diferentes resultados (Kai et al., 2022). Adicionalmente, las diferencias en los tratamientos térmicos empleados pueden resultar en diferente grado de desnaturalización de las proteínas y gelatinización de almidones, causando alteración en propiedades funcionales como las capacidades espumantes y emulsificantes debido a cambios en la solubilidad y viscosidad de las proteínas y almidones (Kai et al., 2022).

Los resultados de capacidad espumante de las harinas de frijol mostraron que A2B1 (1,00%) obtuvo el menor valor y diferente a los otros tres ($p < 0,05$), que fueron además iguales entre sí. Respecto a la estabilidad espumante el tratamiento A2B1 (99,00%) presentó

una mayor estabilidad en comparación con el resto de los tratamientos ($p < 0,05$).

La capacidad y estabilidad espumantes se relacionan con la dispersión de burbujas de gas en una fase líquida o semisólida continua, siendo propiedades funcionales importantes de las harinas. Los valores de estabilidad y capacidad espumante del presente estudio fueron similares a los reportados por Xu et al. (2014) con valores de 98,1 a 98,7% para la estabilidad espumante. En cuanto a la capacidad espumante de harinas de lupino, el tratamiento con menor valor fue A2B1 con 1,0%, mientras los otros tratamientos fueron superiores e iguales entre sí. En lo relacionado con la estabilidad espumante, el tratamiento con mayor porcentaje de estabilidad fue A2B1 con 99%. Si bien los otros tratamientos tuvieron menor estabilidad, todos presentan estabilidades altas de 98,1% ($p < 0,05$). Posiblemente la estabilidad fue alta debido a que la capa de espuma formada es pequeña (Acuña y Simbaña, 2010).

Tabla 4. Análisis funcionales de frijol y lupino. Letras en mayúscula indican diferencia significativa entre los tratamientos.

Análisis	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
Capacidad de absorción de agua (g/100 g)	15,33 ^A	16,17 ^{AB}	16,50 ^B	17,17 ^B
Capacidad de retención de agua (g/100 g)	15,33 ^A	16,33 ^B	16,33 ^B	17,33 ^C
Solubilidad en agua (%)	54,33 ^A	58,67 ^B	62,67 ^C	54,67 ^A
Capacidad de absorción de aceite (mL/100 g)	17,67 ^A	18,83 ^A	18,83 ^A	18,00 ^A
Frijol Capacidad de retención de aceite (mL/100 g)	17,83 ^A	17,67 ^A	18,50 ^A	17,67 ^A
Actividad emulsificante (%)	44,27 ^B	42,73 ^A	46,66 ^C	48,07 ^D
Estabilidad emulsión %	73,93 ^A	82,93 ^B	83,35 ^C	83,35 ^C
Capacidad espumante (%)	1,87 ^B	1,93 ^B	1,00 ^A	1,85 ^B
Estabilidad espumante (%)	98,13 ^A	98,07 ^A	99,00 ^B	98,15 ^A
Capacidad de absorción de agua (g/100g)	15,0 ^{AB}	15,3 ^{AB}	14,7 ^A	16,2 ^B
Capacidad de retención de agua (g/100g)	15,0 ^B	15,3 ^B	14,2 ^A	16,2 ^C
Solubilidad en agua (%)	62,3 ^B	70,3 ^D	64,7 ^C	58,3 ^A
Capacidad de absorción de aceite (mL/100g)	17,7 ^B	17,3 ^B	15,5 ^B	9,0 ^A
Lupino Capacidad de retención de aceite (mL/100g)	17,8 ^A	17,7 ^A	18,5 ^A	17,7 ^A
Actividad emulsificante (%)	77,6 ^A	78,3 ^B	84,6 ^D	84,4 ^C
Estabilidad emulsión %	47,2 ^B	55,4 ^D	50,9 ^C	44,4 ^A
Capacidad espumante (%)	1,9 ^B	1,94 ^B	1,0 ^A	1,95 ^B
Estabilidad espumante (%)	98,1 ^A	98,1 ^A	99,0 ^B	98,1 ^A

4. Conclusiones

El efecto del remojo de frijol y lupino previo al tratamiento térmico, dio como resultado una mayor masa y mayor capacidad de hidratación de los granos en comparación a los granos sin remojo. Los análisis de composición química de

las harinas de frijol y lupino mostraron que el contenido de lípidos tuvo dependencia de la combinación remojo-tratamiento térmico, siendo mayor el contenido para las muestras que fueron sometidas a remojo. Las harinas de ambos granos sometidas a remojo y

tratamiento térmico mostraron baja capacidad espumante pero una elevada estabilidad espumante.

Bibliografía

- Abdallah, N., Ibrahim, H. & Ali, H. (2021). Evaluation of some lupine genotypes based on genotype by trait (GT) biplot analysis and study the effect of soaking and cooking treatments on some physical and chemical properties of seeds. *Scientific Journal of Agricultural Sciences*, 3, 133-144. <https://doi.org/10.21608/sjas.2021.95513.1153>
- Acuña, O., & Simbaña, C. (2010). Estudio de las propiedades físicas y funcionales de un hidrolizado enzimático de proteína de chocho a escala piloto y su aplicación como fertilizante. *Revista Politécnica*, 29, 78-85. https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/273
- Aguilera, Y, Estrella, I, Benitez, V, Esteban, R & Martín-Cabrejasa, M. (2011). Bioactive phenolic compounds and functional properties of dehydrated bean flours. *Revista Food Res. Int.*, 44, 774–780. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.004>
- Carović-Stanko, K, Maloić, M, Pintar, J, Liber, Z, Radosavljević, I, Bedeković, D, Guberac, S, Očić, V & Lazarević, B. (2018). Nutritional quality of phaseolin types and morphotypes of green bean (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Revista Agrociencia*, 52, 523–537.
- Castro, G., Naranjo, C., & Rodríguez, J. (2019). Huella Hídrica de productos regionales: el caso de la cachama blanca (*Piaractus brachyomus*). *Revista Luna azul*, 48, 1-22. <https://doi.org/10.17151/luaz.2019.48.1>
- Costa, C. (2020). Destrucción del Amazonas: las principales amenazas para la mayor selva tropical del mundo en los 9 países que la comparten [Artículo de prensa]. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-51377234>
- Curti, C., Alcócer, J., Rivas, M., Vinderola, G., & Ramón, A. (2022). Harinas de lupino blanco (*Lupinus albus*) y andino (*L. mutabilis*) aptas para consumo: características físico-químicas y funcionales. *DIAETA*, 40, e22040011. <http://www.scielo.org.ar/pdf/dieta/v40n177/1852-7337-dieta-40-177-106.pdf>
- Cueva P. (2018). Evaluación de la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de lupino (*Lupinus mutabilis* sweet) para la elaboración de pan [Tesis, Universidad Central del Ecuador]. <https://www.dspace.uce.edu.ec/>

- entities/publication/86946107-9432-46ce-b8d9-7ef768b3c1ac
- Espejo, L. (2017). Desarrollo del proceso comun de desamargado de *Lupinus mutabilis sweet* (tarwi) en condiciones controladas físicas y químicas [Tesis, Universidad Mayor de San Andrés].
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18188/M-307.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO. (2020). Día Mundial del Agua.
<https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/229495/>
- Flores-Fernández, F., Durán-Lugo, R., Leal-Martínez, M. & Báez-González, J. (2022). Cereales y legumbres: Alternativas a la Carne Roja desde la Perspectiva del Valor Biológico y la Salud. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 7, 13-19.
<http://eprints.uanl.mx/23435/1/01.pdf>
- García, O; Aiello, C; Peña, M; Ruiz, J & Acevedo, Y. (2012). Caracterización físico-química y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos. *Revista UDO Agríc.*, 12, 919–928
- García, Y., Cabrera, D., Ballestas, J., & Campo, M. (2019). Efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre las propiedades funcionales de la harina de frijól blanco (*Phaseolus lunatus* L.) y la determinación de su potencial uso agroalimentario. *Revista Inge Cuc*, 15, 132-132.
<https://doi.org/10.17981/ingecuc.15.2.2019.13>
- Granito, M; Brito, Y & Torres, A. (2007). Chemical composition, antioxidant capacity and functionality of raw and processed *Phaseolus lunatus*. *J. Sci. Revista Food Agr.*, 87, 2801–2809. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2926>
- Halberstadt, J. (2018). Deforestación y perdida de especies en Ecuador.
<https://www.ecuadorexplorer.com/es/html/deforestacion-y-perdida-de-especies.html>
- INEN. (2013). Cereales y leguminosas. Norma NTE INEN 1560.
<https://www.normalizacion.gob.ec/>
- Jitngarmkusol, S., Hongsuwankul, J. & Tananuwong, K. (2008). Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted macadamia flours. *Food Chemistry*, 110, 23-30.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.050>
- Kai, M., Greis, M., Lu, J., Nolden, A., McClements, D. & Kinchla, A.

- (2022). Functional Performance of Plant Proteins. *Foods*, 11, 594. <https://doi.org/10.3390/foods11040594>
- Khalid B. A., and S. B. Elharadallou. (2013). Functional Properties of Cowpea (*Vigna Ungiculata* L.Walp), and Lupin (*Lupinus Termis*) Flour and Protein Isolates. *J. Nutr. Food Sci.*, 3, 1–6. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000234>
- Lin, T. & Fernández-Fraguas, C. (2020). Effect of thermal and high-pressure processing on the thermo-rheological and functional properties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. *LWT-Food Science and Technology*, 127, 109325. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109325>
- Miquilena, E, Higuera, A & Rodríguez, B. (2016). Evaluación de propiedades Funcionales de Cuatro Harinas de Semillas de Leguminosas Comestibles Cultivadas en Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 33, 58–75
- Miranda-Villa, P., Marrugo-Ligardo, Y. & Montero-Castillo, P. (2013). Caracterización Funcional del Almidón de Fríjol Zaragoza (*Phaseolus Lunatus* L.) y Cuantificación de su Almidón Resistente. *Tecno Lógicas*, 30, 17-32. <https://www.redalyc.org/pdf/3442/344234332002.pdf>
- OIT. (2017). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: Manual de referencia Sindical sobre la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.* https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---actrav/documents/publication/wcms_569914.pdf
- Ortega, E., Rodríguez, A., David, A. & Zamora, A. (2010). Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Acta Agronómica*, 59, 111-118. <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169916223012.pdf>
- Padilla, A. (2015). Efecto de diferentes tipos de cocción sobre el contenido en humedad, lípidos, proteínas y sales minerales de la caballa (*Scomber*) [Tesis grado, ULL San Cristóbal de La Laguna]. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/3187>
- Pino, A., Cediél, G. & Hirsch, S. (2009). Ingesta de alimentos de origen animal versus origen vegetal y riesgo cardiovascular. *Revista Chilena de Nutrición*, 36, 210-216. <https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v36n3/art03.pdf>
- Quesada, D. & Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista Nutrición Clínica y Metabolismo*, 2, 79-86.

- <http://dx.doi.org/10.35454/rncm.v2n1.063>
- Raikos, V., Neacsu, M., Russell, W. & Duthie, G. (2014). Comparative study of the functional properties of lupin, green pea, fava bean, hemp, and buckwheat flours as affected by pH. *Food Sci Nutr.*, 2, 802–810.
<https://doi.org/10.1002/fsn3.143>
- Sanga, A., Majaja, B. & Kichonge, B. (2018). Physical and Mechanical Properties of Selected Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivated in Tanzania. *Journal of Engineering*, 2018, 9.
<https://doi.org/10.1155/2018/8134975>
- Santacruz, S., Ruales, J. & Eliasson, A.C. (2003). Three underutilised sources of starch from the Andean region in Ecuador. Part II. Rheological characterization. *Carbohydrate Polymers*, 51, 85-92.
[https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(02\)00140-6](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(02)00140-6)
- Sharif, H., Williams, P., Sharif, M., Abbas, S., Majeed, H., Masamba, K., Safdar, W. & Zhong, F. (2018). Current progress in the utilization of native and modified legume proteins as emulsifiers and encapsulants—A review. *Food Hydrocolloids*, 76, 2–16.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.002>
- Tizazu H. & Emire, S. (2010). Chemical composition, physicochemical and functional properties of lupin (*Lupinus albus*) seeds grown in Ethiopia. *African J. Food Agric. Nutr. Dev.*, 10, 3029.
[10.4314/ajfand.v10i8.60895](https://doi.org/10.4314/ajfand.v10i8.60895)
- Vegas, R., Zavalet, A., & Vegas-Perez, C. (2017). Efecto del pH y cloruro de sodio sobre las propiedades funcionales de harina de semillas de *Lupinus mutabilis sweet* "tarwi" variedad criolla. *Agroindustria Science*, 7, 49-55.
- Wani, I., Sogi, D., Wani, A. & Gill, B. (2017). Physical and cooking characteristics of some Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16, 7-15.
<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.12.002>
- Xu, Y., Thomas, M. & Bhardwaj, H. (2014). Chemical composition, functional properties and microstructural characteristics of three kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by different cooking methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 1215–1223.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.12419>