

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍA**

INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

**ARTICULO CIENTIFICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE
TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

TEMA:

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA, Y FUNCIONAL DE
UN AISLADO PROTEICO DE SUBPRODUCTOS DE LA
CERVEZA.**

AUTORES:

Alvarado Cedeño Alex Augusto
Macías García Ricardo Ariel

TUTOR:

Ing. Stalin Santacruz Terán, PhD.

MANTA- MANABÍ- ECUADOR

2024(2)

DECLARACIÓN EXPRESA DE AUTORÍA.


Nosotros, Alvarado Cedeño Alex Augusto con C.I 1312468190 y Macías García Ricardo Ariel con C.I. 1316067261 declaramos que el presente trabajo de titulación denominado **“Caracterización física, química, y funcional de un aislado proteico de subproductos de la cerveza”**, es de nuestra autoría.

Asimismo, autorizamos a la Universidad Laica Eloy Alfara de Manabí para que realice la digitalización y publicación de este proyecto en el repositorio digital de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la ley Orgánica de Educación Superior.

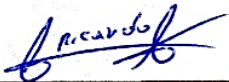
La responsabilidad del contenido presente en este estudio corresponde exclusivamente a nuestra autoría y el patrimonio intelectual de la investigación pertenecerá a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Manta, 17 de febrero de 2025


Lo certificamos:



Alvarado Cedeño Alex Augusto.



Macías García Ricardo Ariel

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la vida y Tecnologías de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Alex Augusto Alvarado Cedeño, legalmente matriculado en la carrera de Agroindustrias, período académico 2024-2, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es "Caracterización física, química, y funcional de un aislado proteico de subproductos de la cerveza".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 08 de enero de 2025.

Lo certifico,



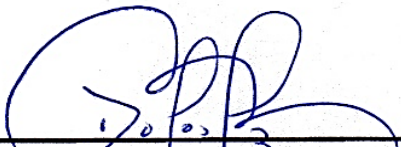
Ing. Stalin Santacruz Ph.D.
Docente Tutor
Área: Agroindustrias

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS


APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los honorables Miembros del Tribunal Examinador aprueban el proyecto de investigación con el tema: **“Caracterización física, química, y funcional de un aislado proteico de subproductos de la cerveza”**, del estudiante de la carrera de ingeniería agroindustrial: **Alvarado Cedeño Alex Augusto**, luego de haber sido analizado por los señores miembros del Tribunal Examinador, en cumplimiento de lo que establece la Ley se aprueba el trabajo de titulación:

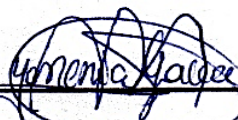
Para constancia firman:



Lic. Dolores Muñoz Verduga. Ph.D.
Presidente de Tribunal de Titulación



Ing. Mirabella Lucas Ormaza, Mg.
Miembro de Tribunal de Titulación



Ing. Yessenia García Montes, Mg.
Miembro de Tribunal de Titulación

CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA, Y FUNCIONAL DE UN AISLADO PROTEICO DE SUBPRODUCTOS DE LA CERVEZA

PHYSICAL, CHEMICAL, AND FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF A PROTEIN ISOLATE FROM BEER BY-PRODUCTS

Alex Augusto Alvarado Cedeño*, Ricardo Ariel Macías García,

Stalin Gustavo Santacruz Terán.

Facultad de Ciencias de la vida y Tecnología, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí -

Manta, Ecuador.

Información del RESUMEN

artículo

Tipo de artículo:

Artículo original

Recibido:

29/12/2024

Aceptado:

08/01/2025

Licencia:

CC BY-NC-SA 4.0

Revista

ESPAMCIENCIA

11(1):1-11

El aprovechamiento de subproductos en la industria alimentaria es esencial para reducir desperdicios y fomentar la sostenibilidad. Uno de los subproductos con mayor potencial es el bagazo de cerveza, que puede transformarse en recursos valiosos. El bagazo de cerveza rubia, en particular, es una opción prometedora para la obtención de aislados proteicos debido a su perfil de aminoácidos balanceado y su menor contenido en componentes amargos en comparación con otras variedades. En el presente estudio se analizaron las características físico, químicas y funcionales de un aislado proteico obtenido a partir bagazo de cerveza rubia, mostrando las siguientes características: contenido proteico promedio de 11,14 %, lípidos 5,37 %, carbohidratos 40,23%, humedad 4,62 % y cenizas de 38,61 %. En cuanto a parámetros físicos presento una capacidad de hidratación 1,03 g, capacidad de hinchamiento 0,73 mL, volumen 64,67 mL/g, densidad 0,773 g/mL. Sus propiedades funcionales de capacidad de absorción de agua 0,93 mL/g de aislado, capacidad de retención de agua 1,70 mL/g de aislado, capacidad de absorción de aceite 0,3 mL/g de aislado, capacidad de retención de aceite 2,00 mL/g de aislado, actividad emulsionante 40,86 %, estabilidad emulsionante 43,12 %, capacidad espumante 28,67 % y estabilidad espumante de 0%. Los resultados evidencian el potencial de este subproducto como una fuente sostenible de proteínas y para aplicaciones alimentarias en sistemas emulsionantes y de retención.

Palabras clave: subproductos, alimentación, formulaciones alimentarias.

ABSTRACT

The use of by-products in the food industry is essential to reduce waste and promote sustainability. One of the by-products with the greatest potential is beer bagasse, which can be transformed into valuable resources. Lager bagasse, in particular, is a promising option for obtaining protein isolates due to its balanced amino acid profile and lower content of bitter components compared to other varieties. In the present study, the physical, chemical and functional characteristics of a protein isolate obtained from lager bagasse were analyzed, showing the following characteristics: average protein content of 11.14 %, lipids 5.37 %, carbohydrates 40.23 %, moisture 4.62 % and ash 38.61 %. In terms of physical parameters, it presented a hydration capacity of 1.03 g, swelling capacity of 0.73 mL, volume 64.67 mL/g, density 0.773 g/mL. Its functional properties of water absorption capacity 0.93 mL/g isolate, water retention capacity 1.70 mL/g isolate, oil absorption capacity 0.3 mL/g isolate, oil retention capacity 2.00 mL/g isolate, emulsifying activity 40.86 %, emulsifying stability 43.12 %, foaming capacity 28.67 % and foaming stability of 0%. The results show the potential of this by-product as a sustainable source of protein and for food applications in emulsifying and retention systems.

Key words: by-products, feed, feed formulations.

INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria genera una cantidad considerable de residuos que, si no se gestionan adecuadamente, contribuyen a la contaminación ambiental (Preciado et al., 2022). Sin embargo, el aprovechamiento de estos subproductos presenta una alternativa viable para la obtención de compuestos de valor agregado y nuevos productos, lo que no solo beneficia al ecosistema, sino que también tiene un impacto positivo en la economía.

Uno de los problemas más urgentes derivados de la producción alimentaria es la emisión de gases de efecto invernadero, los cuales contribuyen al aumento de la temperatura global con actividades humanas como la ganadería. Acorde a la FAO (2023), la ganadería es responsable del 12% de las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por actividades humanas, y este impacto se verá incrementado si la demanda global de carne continúa creciendo. Tan solo en 2015 se generaron 6,2 gigatoneladas de CO₂ equivalente relacionados con la actividad ganadera.

Otro inconveniente respecto a la ganadería como forma de obtención de recursos alimenticios y que denota su clara ineficiencia en ciertos aspectos, es que su sobreexplotación también afecta directamente a los recursos suelo y agua, esto como consecuencia del pisoteo del terreno, ramoneo de especies vegetales y deposición de orina y heces (Gómez, 2023).

Una alternativa prometedora para mitigar estos efectos es la producción de alimentos a partir de subproductos vegetales, los cuales no solo pueden reducir la huella ambiental, sino también la producción de gases de efecto invernadero. Además, el consumo de proteínas de origen vegetal presenta beneficios adicionales para la salud. Por ejemplo, el mayor consumo de proteínas vegetales puede reducir el riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares acorde el estudio de Aparicio et al. (2024), donde establece que por cada 100 g al día adicional de carne aumenta un 12 % la mortalidad por ECV, mientras que el consumo de cereales y legumbres reduce este porcentaje de afección en un 37% y 9% respectivamente.

En este sentido, el vegetarianismo también puede resultar beneficioso para personas con enfermedades renales crónicas (ERC). Un estudio de Banerjee et al. (2021) demuestra que las dietas basadas en plantas pueden prevenir o mitigar las complicaciones asociadas con esta enfermedad (França & Paula Chiarello, 2023).

Las proteínas son biomoléculas de gran importancia para nuestro organismo, cuyo ingreso se da a partir del alimento y su hidrólisis (ruptura de enlaces peptídicos) por peptidasas o proteasas (Ahern, 2019). En este contexto, las proteínas vegetales han adquirido relevancia en la ciencia de los alimentos, especialmente como sustitutos de las proteínas de origen animal, debido al crecimiento exponencial de la población mundial y la creciente demanda de alternativas alimentarias sostenibles. Entre estas alternativas destacan los cereales y las leguminosas, que pueden satisfacer la necesidad de proteínas de manera más sostenible.

El mercado de los aislados de proteínas vegetales está en expansión, principalmente por su tendencia a ser biocompatibles en una amplia variedad de consumidores, es decir, por la ausencia de efectos adversos de estos alimentos en el organismo (Sanz et al., 2023). Entre los subproductos vegetales que muestran gran potencial podemos destacar al bagazo de cerveza. Se trata de un residuo sólido procedente de la filtración del mosto dulce, que se obtiene a partir de los procesos de cocción y maceración de cereales malteados, y puede llegar a suponer un 85% de los residuos de la industria cervecera (Concepción, 2023).

Este subproducto ha sido investigado por sus propiedades físicas, químicas y funcionales. Respecto a sus propiedades nutricionales, el bagazo es un producto con elevado contenido de fibra y proteínas. La fibra constituye casi la mitad de la composición del producto en seco, mientras que las proteínas pueden constituir hasta un 30% (Demilta & Tagliaferro, 2023).

La presente investigación tiene como objetivo ofrecer una alternativa viable para sustituir la proteína de origen animal, contribuyendo a la sostenibilidad y reduciendo el desperdicio, a través del aprovechamiento de los subproductos de la cerveza.

En este trabajo se llevó a cabo una caracterización física, química y funcional de un aislado proteico obtenido a partir de los subproductos de la cerveza rubia artesanal de la “Cervecería Costanera”, ubicada en el cantón Chone, provincia de Manabí.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó subproducto (bagazo) de cerveza rubia artesanal obtenido en la “Cervecería Costanera” ubicada en el cantón Chone, provincia de Manabí, Ecuador. Las muestras obtenidas fueron movilizadas a los laboratorios de la Facultad de Ciencias De La Vida y Tecnologías de la Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí.

Las muestras fueron sometidas a secado en un horno de convección a una temperatura de 50 °C, por un tiempo de 3 días. Posteriormente el material seco fue desintegrado con un molino eléctrico (Biobase bioindustry shandong co. ltd, China) y la harina obtenida sometida a un proceso de tamizado (tamices de aberturas 80 y 100 µm). El material retenido en el tamiz 100 fue almacenado para posteriores análisis.

AISLADO PROTEICO

El proceso de aislado proteico se obtuvo mediante el método de extracción alcalina sólido-líquido usando la metodología de Fritz (2011) y Oyola (2018) con leves modificaciones, donde se disolvió 50 g de harina (bagazo de cerveza rubia) en una solución de NaOH 1N con una relación de 50 g de harina por cada 1000 mL de álcali. La solución fue agitada por medio de un agitador magnético, a una temperatura de 45°C a 200 rpm por un periodo de tiempo de 10 min.

La muestra agitada se centrifugó a 4000 rpm (SIGMA 2-6E, Alemania) durante 30 minutos.

Seguido de un proceso de filtrado donde se usó filtro comercial de café para la separación de sedimento, la muestra fue agitada en un agitador magnético a 350 rpm mientras que con ayuda de una bureta se agregó H₂SO₄ con una concentración del 98,08 % hasta alcanzar pH 6, una vez regulado el pH la muestra fue llevada a la centrifugación a 4000 rpm, durante 20 minutos, seguido de un lavado con ayuda de una piseta que contenía agua destilada y posteriormente secado en un horno de convección a una temperatura de 45 °C, por un tiempo de 3 horas, posteriormente con ayuda de un mortero se trituro la resultante (Fritz et al., 2011; Oyola, 2018).

ANÁLISIS FÍSICOS

Capacidad de hidratación y de hinchamiento

La capacidad de hidratación (HC) y la capacidad de hinchamiento (SC) se evaluaron mediante la metodología de Nwabueze (2006), con leves cambios.

Se colocó 1g de aislado proteico en un tubo de centrifuga graduado de 15 mL y previamente pesado, se añadió 10 mL de agua destilada y se colocó la muestra en un mezclador eléctrico (Vortex MIXER VM-300, China) por un tiempo de 3 minutos. La muestra se dejó reposar a temperatura ambiente (25 °C) por 24 horas. Pasadas las 24 horas se eliminó el exceso de agua y se volvieron a pesar los tratamientos. Para el análisis de la capacidad de hidratación (HC) se tomó la ganancia de peso después del remojo de 24 horas. La capacidad de hinchamiento (SC) se determinó mediante la ganancia de volumen (ml) después del remojo (Nwabueze & Nwokenna, C, 2006).

Densidad

El volumen del aislado proteico se evaluó de acuerdo a la metodología de Chavan (2001), con leves modificaciones, donde se colocaron 50 g de aislado proteico en una probeta graduada de 250 mL y se midió el espacio ocupado por el mismo. La densidad se determinó mediante la división de 50 g de aislado, para el volumen de la misma (Chavan et al., 2001).

ANÁLISIS QUÍMICOS

El contenido de humedad se evaluó mediante los parámetros de la norma NTE INEN 1 235, usando la técnica de gravimetría. Las muestras se llevaron a estufa, a una temperatura de 105°C durante un tiempo de 1 hora con 30 minutos, posteriormente se colocaron en desecador y se pesó la muestra. El análisis de ceniza se evaluó mediante los parámetros de la norma NTE INEN 467: 1980, usando la técnica de gravimetría. La determinación del contenido de proteico se realizó mediante los parámetros de las normas NTE INEN 465: 1980 y AOAC Ed. 22, 2023; 2001. 11, usando el método de extracción Kjeldahl. La determinación del contenido de materia grasa se realizó, mediante los parámetros de la norma NTE INEN 466: 1980, usando el método de extracción Soxhlet y la técnica de gravimetría, usando hexano como solvente orgánico. La determinación de carbohidratos totales se obtuvo por diferencia con la siguiente ecuación:

$$\%CT = 100 - (\%H + \%G + \%C + Pc)$$

$\%CT$ = Porcentaje de carbohidratos totales.

$\%C$ = Porcentaje de ceniza.

$\%H$ = Porcentaje de humedad de la muestra.

$\%PC$ = Porcentaje de proteína.

$\%G$ = Porcentaje de grasa.

ANÁLISIS FUNCIONALES

Capacidad de absorción y retención de agua

La capacidad de absorción de agua (WAC) y retención de agua (WHC) se determinaron mediante la metodología de Chau (2003) y Jitngarmkusol et al. (2008) aplicando ciertas modificaciones.

Para la Capacidad de Absorción (WAC) se colocó 1 g de aislado proteico en un tubo de centrifuga graduado de 15 mL y previamente pesado, se añadió 10 mL de agua destilada y se colocó en un mezclador eléctrico (Vortex mixer VM-300, China) durante 2 minutos. Posteriormente las muestras se centrifugaron a 3900 rpm (Sigma 2-6E, Alemania) por un tiempo de 40 minutos. Para la retención de agua (WHC) se dejó reposar la muestra por un tiempo de 24 horas, seguido de esto se centrifugaron las muestras a 3900 rpm durante 40 minutos, se eliminó por decantación del exceso de agua y se tomó el peso de la muestra, WAC y WHC se expresan g de agua ligada o retenida en relación a un 1 g de muestra (Chau & Huang, 2003; Jitngarmkusol et al., 2008)

Capacidad de absorción y retención de aceite

La capacidad de absorción de aceite (OAC) y retención de aceite (OHC) se determinaron replicando en procedimiento de la capacidad de absorción de agua (WAC) y retención de agua (WHC), con diferencia que se cambió el agua destilada por Aceite de Soja marca “SOJA” (aceite comestible de soya, 0% colesterol, con OMEGA 3,6 y 9, TIA, Ecuador).

Actividad emulsionante y estabilidad

La actividad emulsionante (EA) y la estabilidad emulsionante (ES) se determinaron mediante la metodología de Jitngarmkusol et al. (2008), aplicando ciertas modificaciones. Para la actividad emulsionante (EA) se usó 1g de aislado proteico, se añadió 7 mL de agua destilada y se dejó a temperatura ambiente por un periodo de tiempo de 20 min. Seguidamente se añadió 7 ml de aceite de soja marca “soja” (aceite comestible de soya, 0% colesterol, con OMEGA 3,6 y 9, TIA, Ecuador.) y con ayuda de un agitador magnético a 600 rpm se mezcló para obtener una emulsión. La emulsión obtenida se colocó en un tubo de centrifuga graduado de 15 mL y se centrifugó a 3900 rpm (Sigma 2-6E, Alemania) por un de 5 minutos y se midió el volumen de la emulsión.

Dicho volumen se expresó como porcentaje en relación al volumen total colocado en el tubo de centrifuga. Para la Estabilidad Emulsionante (ES) la mezcla del tubo se sometió a baño María a una temperatura de 85°C durante un tiempo de 15 minutos. Posteriormente, se dejó enfriar a temperatura ambiente y finalmente se centrifugó a 3900 rpm (Sigma 2-6E, Alemania) por un tiempo de 5 minutos. La estabilidad se expresó como porcentaje de la capa de emulsión en relación al volumen de mezcla colocado en el tubo de centrifuga (Jitngarmkusol et al., 2008)

Capacidad y estabilidad espumante

La capacidad espumante (FC) y estabilidad espumante (FS) se determinaron mediante la metodología de Jitngarmkusol et al. (2008), aplicando ciertas modificaciones. Se pesó 2 g de aislado proteico en un vaso de precipitación de 500 ml graduado, al cual se le añadió 100 ml de agua destilada. Posteriormente la muestra fue dispersada con ayuda de un agitador de hélice (Fisher Scientific, Canadá) a 2000 rpm por un tiempo de 10 minutos.

Para la Capacidad Espumante (FC) se midió el volumen de la espuma adquirida, con ayuda del vaso de precipitación graduado donde se realizó el tratamiento. Los resultados se expresaron como porcentaje de volumen ganado después de la agitación. La Estabilidad Espumante (FS) se determinó almacenando la muestra a temperatura ambiente (25°C) antes de la medición del volumen. Este se expresa como el porcentaje de cambio de volumen final en relación al volumen inicial (tiempo 0 horas) (Jitngarmkusol et al., 2008)

Diseño Experimental

Para este trabajo experimental se usó diseño experimental unifactorial. Todas las medidas se realizaron por triplicado y se reportaron los valores promedio con la desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización física

El resultado obtenido para la capacidad de hidratación es $6,33 \% \pm 0,01$, valor superior al estudio realizado por Liu & Xin (2019) donde se caracterizó un aislado proteico de cebada, mostró una capacidad de hidratación de 2,37 %. La diferencia en resultados podría deberse a que el estudio de Liu & Xin se realizó en un aislado proteico de cebada, mientras que el presente trabajo es en un aislado obtenido de un subproducto de elaboración de cerveza.

En los resultados de la tabla 1 se puede apreciar que la capacidad de hinchamiento mostró un valor de $56,67\% \pm 0,02$. Este valor está muy por encima del indicado en el estudio de Li (2020) que reporto un valor de 3,5 % en el caso de un aislado proteico a base de cebada. (Li & Ming, 2020). Esta característica se puede atribuir a su grado de procesamiento, ya que los procesos de extracción pueden afectar a la estructura molecular de la proteína, atribuyéndole nuevas y diferentes características (Zhang & Yu, 2020).

En el caso de la densidad se obtuvo una resultante $0,773 \text{ g/mL} \pm 0,00$ valor superior al expresado en el estudio realizado por Tipan (2016) en un aislado proteico a base de harina de quinoa negra con una densidad de 0,21 mg/mL. Esta diferencia podría deberse a que la densidad aparente disminuye a medida que aumenta la concentración salina (Martinez et al., 2011). Se presume que el proceso obtención del aislado proteico pudo someter a la muestra a diferente concentración de sales.

Tabla 1: Parámetros físicos del aislado proteico de bagazo de cerveza rubia

Parámetros medidos	Promedio \pm desviación estándar
Capacidad de hidratación (%)	6,33 \pm 0,01
Capacidad de hinchamiento (%)	56,67 \pm 0,02
Densidad (g/mL)	0,773 \pm 0,00

Fuente: Elaboración propia

Caracterización química

El porcentaje de proteína indicado en la tabla 2, es menor al del estudio realizado por Hernández et al. (2015) donde evaluaron diferentes tipos de cereales y leguminosas (cinco muestras de harina de soja, una de harina de guisante y catorce mezclas de germen de soja y maíz) en el que expuso un rango desde 20,78% a 94,24% de contenido de proteína en base seca. La razón de tal diferencia puede deberse a la diferente composición de las materias primas analizadas empleadas, es así que el bagazo de cerveza rubia, cuyo alto contenido en carbohidratos diluye la proporción proteica del mismo a comparación de las harinas empleadas en el estudio de Hernández.

En relación al contenido de cenizas, el presente trabajo mostró un valor de 38,61%, valor superior a los del estudio realizado por Callisaya, et al. (2009) en el que se indicó valores de cenizas para la Cañihua Beige con 4,43% y para la quinoa Surumi con 3,17%. El alto contenido de cenizas puede indicar un exceso de material inorgánico proveniente de contaminantes externos durante la manipulación del bagazo o de sales formadas durante el proceso de extracción y neutralización.

En cuanto al contenido de lípidos se obtuvo 5,37 % \pm 0,02, resultado similar al del estudio realizado por Callisaya, et al. (2009) en Cañihua Beige que mostró un valor de 5,55% y la quinoa Surumi un valor de 4,98%.

El valor de humedad que se expuso en la tabla 2 de 4,62% está por debajo al reportado en el estudio de Arrese (1991) realizado a un aislado proteico de soja comercial (representan en promedio el 99% del aislado total) de 6,5% \pm 1,23. Esta diferencia puede deberse a la naturaleza del bagazo como producto residual a comparación de la soja comercial usada en el otro estudio.

El porcentaje de carbohidratos analizado en este estudio fue de 40,23%, mismo que fue menor que el obtenido en el estudio realizado por Paredes (2016) para un aislado proteico a base de quinoa en el que arrojó un valor de carbohidratos totales de un 69,9%.

Tabla 2: Parámetros químicos del aislado proteico de bagazo de cerveza rubia

Parámetros medidos	Promedio \pm desviación estándar (%)
Humedad	4,62 \pm 0,19
Ceniza	38,61 \pm 0,05
Proteína	11,14 \pm 0,00
Lípidos	5,37 \pm 0,02
Carbohidratos (%)	40,23 \pm 0,35

Fuente: Elaboración propia

Caracterización funcional

Los resultados obtenidos para la capacidad de absorción de agua mostraron 0,93 mL/g, valor que está en el rango de los obtenidos por Sosulski (1987) para leguminosas como la soya, chicharos y habas con valores de 1.03, 0.98 y 1.78 g aceite*g⁻¹, respectivamente.

En cuanto a los resultados de la capacidad de retención de agua (CRA) con un promedio de 1,7 mL/g, este fue levemente menor al descrito por Maza & Lozano (2023) en su estudio donde se evaluó la influencia del pH en la obtención de aislado proteico de alpiste, con una capacidad de retención de agua de 2,1 mL/g. Peyrano (2018) afirma que si se dañan los enlaces hidrógeno se traduce en una reducción en la CRA por parte de la proteína, por lo que pudo haber alguna afectación de la CRA por pH diferente en ambos estudios.

Los resultados obtenidos para la capacidad de absorción de aceite mostrados en la tabla 3 muestran un valor de 0,3 mL/g. La capacidad de absorción de aceite del presente trabajo fue inferior a la reportada por Elizalde et al. (1988) con valor de 5,45 mL/g. En relación a la retención de aceite se obtuvo un valor de 2,00 mL/g, mismo que fue superior al reportado por Wilson (2010) para un aislado proteico de lupino, con una retención de aceite de 1,30 mL/g. Las diferentes características estructurales de las proteínas de la cebada y del lupino podrían influir sobre sus propiedades funcionales. Además, factores adicionales como tratamientos térmicos o mecánicos, también pueden afectar a su funcionalidad.

Tabla 3: Parámetros de capacidad de absorción de agua, aceite y retención de agua, aceite

Parámetros medidos	Promedio \pm desviación estándar (mL/g)
Capacidad de absorción de agua	0,93 \pm 0,03
Capacidad de retención de agua	1,70 \pm 0,00
Capacidad de absorción de aceite	0,3 \pm 0,01
Capacidad de retención de aceite	2,00 \pm 0,00

Fuente: Elaboración propia

El resultado que se obtuvo para la actividad emulsificante fue de 40,86 % \pm 0,56, superior al obtenido por Granda et al. (2022) con una actividad emulsionante del 21,33% a pH 6 en proteínas extraídas de la arveja. Esta diferencia puede deberse a las características diferentes de las proteínas presentes en el bagazo de cebada y la arveja, y al diferente valor de pH utilizado en los análisis.

En cuanto a los resultados que se obtuvieron en la estabilidad emulsionante mostrados en la tabla 4 con 43,12 % \pm 21,83, estos fueron menores a los valores obtenidos por Shekarchizadeh & Porta (2021) en prolamina de centeno que fueron de 77,93 % \pm 1,82. Esto puede deberse a diferentes factores tales como el pH, método de obtención del aislado, diferencias entre la prolamina de centeno y el aislado proteico de bagazo.

En los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo (Tabla 4) se observa que el valor de capacidad espumante de 28,67 %, fue inferior al valor obtenido por Richy (2019) donde se evaluó un aislado de quinua con remoción de compuestos fenólicos, el cual muestra un resultado de 73.10 % en su capacidad espumante. Esto puede deberse a la desnaturalización de las proteínas de bagazo de cerveza ya que al pasar por varios procesos térmicos en su obtención pudo haber cambios en la estructura de la proteína (Leonor et al., 2021)

Los resultados que se obtuvieron en cuanto a la formación de espuma mostraron un 0% de estabilidad espumante. Se conoce que la formación de espuma está influido por factores como el pH y la concentración de las proteínas, que afectan su comportamiento interfacial (Aluko & Yada, 1995). Elizalde et al. (1988) establece que la formación de espuma está directamente asociada al incremento en la carga neta de las proteínas, lo que reduce las interacciones hidrofóbicas y mejora su flexibilidad estructural. Este cambio facilita una difusión más rápida de las proteínas hacia la interfase agua-aire, donde actúan encapsulando el aire, lo que resulta en un aumento de la capacidad espumante.

Tabla 4: Parámetros de actividad y estabilidad emulsionante, capacidad y estabilidad espumante.

Parámetros Medidos.	Promedio \pm desviación estándar (%)
Actividad emulsionante	40,86 \pm 0,56
Estabilidad emulsionante	43,12 \pm 21,83
Capacidad espumante	28,67 \pm 4,67
Estabilidad espumante	0

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

La investigación sobre el aislado proteico del bagazo de cerveza rubia aporta datos relevantes tanto en parámetros físicos, químicos y funcionales. En cuanto a la caracterización física, destaca una alta capacidad de hinchamiento (56,67%), superando valores reportados para otros aislados como el de Cebada. Esto sugiere un excelente potencial para aplicaciones que requieran hidratación y retención de agua.

En términos químicos, el porcentaje de proteínas (11,14%) es bajo en comparación con otras fuentes proteicas como cereales y leguminosas, pero el contenido de cenizas (38,61%) es significativamente superior, lo que indica una mayor presencia de minerales.

Además, los lípidos y carbohidratos están dentro de rangos aceptables para formulaciones alimentarias, aunque la baja humedad (4,62%) resalta su estabilidad y durabilidad durante el almacenamiento.

Respecto a las propiedades funcionales, el aislado muestra buena capacidad de retención de agua (1,70 mL/g) y retención de aceite (2,00 mL/g), características útiles en la estabilización de productos alimenticios. Sin embargo, la capacidad de absorción de aceite (0,3 mL/g) es limitada.

Finalmente, en actividad y estabilidad emulsionante, el aislado muestra valores superiores (40,86% y 43,12%, respectivamente) a otros estudios comparativos, destacándose como un material prometedor para estabilización de sistemas alimentarios líquidos.

Sin embargo, la limitada capacidad espumante (28,67%) y nula estabilidad espumante restringiría su aplicación en emulsiones y espumas y sugieren áreas de mejora en procesos de modificación proteica o ajuste de condiciones de extracción. En conjunto, este trabajo resalta el potencial del bagazo cervecero como fuente sostenible de proteínas con características emulsificantes y de retención.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahern, K. (2019). Enzyme regulation in cells. In: Ahern K, Biochemistry and Molecular Biology: How Life Works. *The Teachin Company*, 89-92.
- Aluko R, & Yada RY. (1995). Structure-function relationships of cowpea (*Vigna unguiculata*) globulin isolate: influence of pH and NaCl on physicochemical and functional properties. *Food Chem*, 53: 259-265.
- Aparicio, A., Perea, S., Salas, M., Bermejo, L., & González, L. (2024). Dietary strategies for cardiovascular disease prevention. *Nutrición Hospitalaria*, 3-7. doi:<https://dx.doi.org/10.20960/nh.05447>
- Arrese, E. L. (1991). *SEDICI, REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNLP*. Obtenido de <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/2749>
- Banerjee, T., Carrero, J. J., McCulloch, C., & Madrigueras, N. R. (2021). Factores dietéticos y prevención: riesgo de enfermedad renal terminal por el consumo de frutas y verduras. *American Journal of Nephrology*, 6-10.
- Callisaya A., J. C., & Alvarado K., J. A. (2009). Aislados Proteínicos de granos altoandinos Chenopodiaceas; quinua “*Chenopodium Quinoa*” – Cañahua “*Chenopodium Pallidicaule*” por Precipitación Isoeléctrica. *Revista Boliviana de Química*, 12-20.
- Chau, C., & Huang, Y.-L. (2003). Comparación de la composición química y propiedades fisicoquímicas de diferentes fibras preparadas a partir de la cáscara de *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 2618-2618.
- Chavan UD, McKenzie DB, & Shahidi F. (2001). Functional properties from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.). *Food Chem.*, 74: 177-187.
- Concepción, R. (2023). *Valorización del bagazo de cerveza en el territorio canario*. La Laguna: Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica. Universidad de La Laguna.

- Demilta, M., & Tagliaferro, J. (2023). *Desarrollo de una barra de cereal a partir de bagazo de cerveza*. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/168685>
- Elizalde, B., Kanterewicz, R.J, Pilosof, A.M.R, & Bartholomai, G.B. (1988). Physicochemical properties of food proteins related to their ability to stabilize oil-in-water emulsions. *J. Food Sci*, 53 (3), 845-848.
- FAO. (2023). <https://www.fao.org/>. Recuperado el 27 de Diciembre de 2024, de <https://www.fao.org/republica-dominicana/noticias/detail-events/es/c/1675383/#:~:text=La%20ganader%C3%ADa%20representa%2012%25%20de%20las%20emisiones%20de%20gases%20con%20efecto%20invernadero,-08%2F12%2F2023&text=08%2F12%2F2023-,La%20ganader%C3%ADa%20repr>
- França, I., & Paula Chiarello. (2023). Dietas a base de plantas y sus efectos sobre el metabolismo y la supervivencia de pacientes con enfermedad renal crónica en tratamiento conservador. *Revista chilena de nutrición - versión On-line ISSN 0717-7518*.
- Fritz, M., Vecchi, B, Rinaldi, G, & Añón, M. (2011). Amaranth Seed Protein Hydrolysates Have in Vivo and in Vitro Antihypertensive Activity. . *Journal of Food Chemistry*, 126(3):878-84.
- Gómez, F. (2023). *SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL BOSQUE ANDINO PATAGÓNICO DE LA PROVINCIA DEL CHUBUT: EFECTOS DE LA GANADERÍA BOVINA SOBRE LOS RECURSOS SUELO Y AGUA*. Universidad Nacional del Cohue Centro Regional Universitario Bariloche. Obtenido de <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/17362>
- Granda, D. R., & Rodriguez Sanchez, A. (2022). Determinacion de la capacidad emulsificante de la proteina extraida de la arveja para su aprovechamiento y valorización en la industria alimentaria . *Universidad Politecnica Salesiana* , 33 (40).
- Hernández, C., Saldívar, S., & Hernández, C. (2015). Physicochemical and Functional Properties of Vegetable and Cereal Proteins as Potential Sources of Novel Food Ingredients. *Hrčko*, 5.
- Jitngarmkusol, S., Hongsuwankul, J, & Tananuwong, K. (2008). Composiciones químicas, propiedades funcionales y microestructura de harinas de macadamia desgrasadas. Departamento de Tecnología de Alimentos. *Departamento de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias.*, 110, 23-30.
- Leonor., Z. A., & Alvarado Toledo Diana. (2021). Capacidad espumante y estabilidad deespumas

- de albúmina, gelatina y distintas sustancias. *INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZACATEPEC*, 2 -4.
- Li, & Ming. (2020). Physicochemical and functional properties of barley protein isolate. *Food Chemistry* 310, 125-132.
- Liu, & Xin. (2019). Isolation and characterization of barley protein isolate. *Journal of Cereal Science*, 102 - 108.
- Martínez, J. J., Oscar J. Medina, & Rocío Zambrano. (2011). Estudio fisicoquímico funcional de los aislados proteicos en semillas de maracuya (*Passiflora edulis* f). *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 70 - 76.
- Maza, J. C., & Lozano Toro, R. (2023). Evaluación de la Influencia del pH en la obtención de aislado proteico de alpiste (*Phalaris canariensis*). En *Evaluación de la Influencia del pH en la obtención de aislado proteico de alpiste (Phalaris canariensis)*. (págs. 59- 60). LAMBAYEQUE-PERU.
- Nwabueze, T., & Nwokenna, C. (2006). Interrelación de los parámetros físicos y fisicoquímicos con el tiempo de cocción de las semillas del fruto del pan africano (*Treculia africana*). *Revista de Alimentos, Agricultura y Medio Ambiente*, 4, 56 - 60.
- OYOLA, L. M. (2018). Optimización de la extracción de proteína de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Facultad de industrias alimentarias*, 31(3.5.1).
- Paredes, M. A. (2016). Caracterización de aislados proteicos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y su digestibilidad gástrica y duodenal (in vitro). 22.
- Peyrano, F. (2018). *Gelificación de proteínas de caupí del Nordeste Argentino*. Obtenido de Repositorio Institucional CONICET Digital: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/96346>
- Preciado, A., Ruiz, J., Villegas, M., Dominguez, J., & González, G. (2022). Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria. Un acercamiento a la economía circular. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 23(2), 92.
- Richy Lozano1, I. L. (2019). Evaluación de las propiedades funcionales del aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad INIAP-TUNKAHUAN con potencial uso en la nutrición humana. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas*, 52 .

- Sanz, M., Fuentes, C., Uribe, J., Haugen, H., Pandit, A., Ginebra, M., . . . Samara, A. (2023). Redefining biomaterial biocompatibility: challenges for artificial intelligence and text mining. . *Trends in Biotechnology*, 42.
- Shekarchizadeh, H., & Porta, R. (2021). Propiedades funcionales de la prolamina de centeno (secalina) y sus Mejoramiento por Lipofilización de Proteínas a través de Ácido Cáprico Enlace covalente. *Alimentos*, 7-8.
- Sosulski, F., & McCurdy, A.R. (1987). Fucntionality of flours , protein fractions and isolares from field peas and faba bean. *J.Food Sci.*, 52(4), 1010-1014.
- Tipan, N. P. (15 de Noviembre de 2016). *Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16837>
- Wilson, u. (2010). Determinación de parámetros óptimos de extracción alcalina para la-obtención de aislado proteico a partir de tarwi (*Lupinus mutabilis*). *Tesis para optar el título de ingeniero agroindustrial*, 102 - 103.
- Zhang, & Yu. (2020). Functional properties of oat protein isolate. *Journal of Food Science* 85.2, S388-S395.