UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

Análisis de tecnologías para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas

AUTOR:

Núñez López Cristian Jey

Villarroel Villalba Klever Alfonso

DOCENTE - TUTOR:

Ing. Miguel Ángel Enríquez Estrella Mg

Puyo-Pastaza-Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO Análisis de tecnologías para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por: **HERNAN PATRICIO RUIZ MARMOL**

Dr. Patricio Ruiz , PhD.

PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 09 días del mes de agosto de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se investigación y su relevancia. Incorpora hallazgos y conclusiones.	3/5 No los	está acorde a los objetivos, resultados y conclusiones, ortografía trata la objetivos, metodología, principales
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	16/20	Se amplía la importancia del trabajo, pero no se puntualiza de forma clara el problema a tratar
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		

Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	15/25	No hay secuencia de análisis y presentación de tablas, no se especifica de que especie se puede extraer mayor concentrado proteico o aislado proteico; según el Codex Alimentarius como organiza los resultados de las especies estudiadas
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	6/10	En el objetivo no se plantea comparar leguminosas y cereales con relación al contenido proteico. No se especifica parámetros óptimos a aplicar en las tecnologías para un mayor rendimiento. No se especifica de entre las tecnologías cual me garantiza mayor extracción mediante la precipitación isoeléctrica o la filtración
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	et al debe ser igual en todo el documento,
VALORACIÓN TOTAL	80	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	80

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:

CARDENAS BONIFAMIRYAM JANETH

Cárdenas Bonifa Miryam Janeth

Dado en la ciudad de Puyo, a los 11 días del mes de agosto del 2022.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Puyo, 03 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante Núñez López Cristian Jey, con C.I. 1600853160 con el Tema: "Análisis de tecnologías para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas.", de la carrera de Agroindustria. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Enríquez Estrella Miguel Ángel, M.Sc, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0%, Informe generado con fecha 3 de agosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:

MIGUEL ANGEL

ENRIQUEZ ESTRELLA

Ing. Miguel Ángel Enríquez Estrella Mg

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Análisis de tecnologías para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas_V2.docx (D142643082)
Submitted	2022-08-04 01:49:00
Submitted by	
Submitter email	agi2017065@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	menriquez.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

Entire Document

Análisis de tecnologías para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Agroindustria (1)

Resumen El consumo de proteínas de leguminosas se ha incrementado hace varios años debido al elevado costo de la proteína animal, lo que ha motivado la búsqueda de métodos para la obtención aislados proteicos, por ende, el objetivo de la investigación fue analizar las diferentes tecnologías propuestas en la literatura para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas. Para el desarrollo de la investigación se utilizó la metodología SALSA modificada por Gunnarsdottir et al. (2020), misma que consta de 5 pasos que son: búsqueda, evaluación, técnica de la bola de nieve, síntesis y análisis. La tecnología más utilizada según la literatura para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas es la extracción alcalina donde, las proteínas son solubilizadas a pH alcalino que oscila entre 8 y 11 para separarlas del resto de compuestos no solubles, seguida de la precipitación isoeléctrica mediante el cambio de pH a rangos que oscilan entre 3 y 5, siendo el pH 4,5 más utilizado para la precipitación de las proteínas, sin embargo, para la aplicación de esta tecnología es importante considerar la composición de la materia prima, ya que si es rica en lípidos se debe desengrasar la muestra con la finalidad de incrementar el rendimiento de la extracción de proteínas. Otra tecnología utilizada para la obtención de aislados proteicos consiste en extraer las proteínas mediante la solubilización a pH alcalino seguida de la ultrafiltración que utiliza membranas de diferentes límites de exclusión de peso molecular (10, 50 kDa). La obtención de aislados proteicos de leguminosas mediante las tecnologías mencionadas depende de las condiciones de proceso (relación de la solución materia prima-agua, pH de precipitación o solubilización de las proteínas, temperatura de extracción, límites de exclusión de la membrana) y composición de la materia prima.

Palabras Clave: Punto isoeléctrico, precipitación, solubilización, proteínas, ultrafiltración

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Puyo, 03 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante Villarroel Villalba Klever Alfonso, con C.I. 1600732471 con el Tema: "Análisis de tecnologías para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas.", de la carrera de Agroindustria. Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Enríquez Estrella Miguel Ángel, M.Sc, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0%, Informe generado con fecha 3 de agosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:

MIGUEL ANGEL

ENRIQUEZ ESTRELLA

Ing. Miguel Ángel Enríquez Estrella Mg.

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Análisis de tecnologías para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas_V2.docx (D142643082)
Submitted	2022-08-04 01:49:00
Submitted by	
Submitter email	agi2017065@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	menriquez.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

Entire Document

Análisis de tecnologías para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Agroindustria (1)

Resumen El consumo de proteínas de leguminosas se ha incrementado hace varios años debido al elevado costo de la proteína animal, lo que ha motivado la búsqueda de métodos para la obtención aislados proteicos, por ende, el objetivo de la investigación fue analizar las diferentes tecnologías propuestas en la literatura para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas. Para el desarrollo de la investigación se utilizó la metodología SALSA modificada por Gunnarsdottir et al. (2020), misma que consta de 5 pasos que son: búsqueda, evaluación, técnica de la bola de nieve, síntesis y análisis. La tecnología más utilizada según la literatura para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas es la extracción alcalina donde, las proteínas son solubilizadas a pH alcalino que oscila entre 8 y 11 para separarlas del resto de compuestos no solubles, seguida de la precipitación isoeléctrica mediante el cambio de pH a rangos que oscilan entre 3 y 5, siendo el pH 4,5 más utilizado para la precipitación de las proteínas, sin embargo, para la aplicación de esta tecnología es importante considerar la composición de la materia prima, ya que si es rica en lípidos se debe desengrasar la muestra con la finalidad de incrementar el rendimiento de la extracción de proteínas. Otra tecnología utilizada para la obtención de aislados proteicos consiste en extraer las proteínas mediante la solubilización a pH alcalino seguida de la ultrafiltración que utiliza membranas de diferentes límites de exclusión de peso molecular (10, 50 kDa). La obtención de aislados proteicos de leguminosas mediante las tecnologías mencionadas depende de las condiciones de proceso (relación de la solución materia prima-agua, pH de precipitación o solubilización de las proteínas, temperatura de extracción, límites de exclusión de la membrana) y composición de la materia prima.

Palabras Clave: Punto isoeléctrico, precipitación, solubilización, proteínas, ultrafiltración

Análisis de tecnologías para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas

Villarroel Villalba Klever Alfonso 1[1]
agi2016078@uea.edu.ec

Núñez López Cristian Jey 2[1]
agi2017065@uea.edu.ec

Enríquez Estrella Miguel Ángel 3, M.Sc[1]
menriquez@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de [nombre de la Facultad], Carrera de [nombre de la carrera] (1)

Resumen

El consumo de proteínas de leguminosas se ha incrementado hace varios años debido al elevado costo de la proteína animal, lo que ha motivado la búsqueda de métodos para la obtención aislados proteicos, por ende, el objetivo de la investigación fue analizar las diferentes tecnologías propuestas en la literatura para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas. Para el desarrollo de la investigación se utilizó la metodología SALSA modificada por Gunnarsdottir *et al.* (2020), misma que consta de 5 pasos que son: búsqueda, evaluación, técnica de la bola de nieve, síntesis y análisis. La tecnología más utilizada según la literatura para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas es la extracción alcalina donde, las proteínas son solubilizadas a pH alcalino que oscila entre 8 y 11 para separarlas del resto de compuestos no solubles, seguida de la precipitación isoeléctrica mediante el cambio de pH a rangos que oscilan entre 3 y 5, siendo el pH 4,5 más utilizado para la precipitación de las proteínas, sin embargo, para la aplicación de esta tecnología es importante considerar la composición de la materia prima, ya que si es rica en lípidos se debe desengrasar la muestra con la finalidad de incrementar el rendimiento de la extracción de proteínas. Otra tecnología utilizada para la obtención de aislados proteicos consiste en extraer las proteínas mediante la solubilización a pH alcalino seguida de la ultrafiltración que utiliza membranas de diferentes límites de exclusión de peso molecular (10, 50 kDa). La obtención de aislados proteicos de leguminosas mediante las tecnologías mencionadas depende de las condiciones de proceso (relación de la solución materia prima-agua, pH de precipitación o solubilización de las proteínas, temperatura de extracción, límites de exclusión de la membrana) y composición de la materia prima.

Palabras Clave*:* Punto isoeléctrico, precipitación, solubilización, proteínas, ultrafiltración

Abstract

The consumption of legume proteins has increased several years ago due to the high cost of animal protein, which has motivated the search for methods to obtain protein isolates, therefore, the objective of the research was to analyze the different technologies proposed in the literature for obtaining protein isolates from legumes. For the development of the research, the SALSA methodology modified by Gunnarsdottir et al. (2020), which consists of 5 steps that are: search, evaluation, snowball technique, synthesis and analysis. According to the literature, the most widely used technology for obtaining protein isolates from legumes is alkaline extraction, where proteins are solubilized at an alkaline pH that ranges between 8 and 11 to separate them from the rest of non-soluble compounds, followed by isoelectric precipitation. by changing the pH to ranges between 3 and 5, pH 4.5 being the most used for protein precipitation, however, for the application of this technology it is important to consider the composition of the raw material, since if it is rich in lipids, the sample must be defatted in order to increase the yield of protein extraction. Another technology used to obtain protein isolates consists of extracting proteins by solubilization at alkaline pH followed by ultrafiltration using membranes with different molecular weight exclusion limits (5, 10, 50, 100 kDa). Obtaining protein isolates from legumes using the aforementioned technologies depends on the process conditions (ratio of the raw material-water solution, pH of protein precipitation or solubilization, extraction temperature, membrane exclusion limits) and composition of the raw material.

***Keywords**:* Isoelectric point, precipitation, solubilization, proteins, ultrafiltration

1. INTRODUCCIÓN

Las leguminosas son consideradas como una de las fuentes principales de nutrientes especialmente para la población de bajos ingresos de países en desarrollo. Entre las leguminosas más consumidas por el hombre están la soya (*Glycinemax*), frejol (*Phaseolus vulgaris*), lenteja (*Lens culinaris*), habas (*Vicia faba*), garbanzo (*Cicerarietinum*), arveja (*Pisumsativum*) y chocho (*Lupinus mutabilis*), mismas que destacan por su alto contenido de proteínas que oscila entre el 17 al 40 % según la especia (Caro, 2015; Jaimes *et al*., 2012; Tello, 2018)

Olmedilla Alonso *et al.* (2010), Caro (2015) y Tello (2018) mencionan que las leguminosas poseen un mayor contenido de proteínas que los cereales, carbohidratos de fácil asimilación y en comparación con las carnes un bajo contenido de lípidos. Además, también se caracterizan por tener otros nutrientes como fibra dietética, minerales (hierro, zinc, calcio), vitaminas del complejo B y en menor cantidad algunos compuestos bioactivos como polifenoles, alfagalactósidos, isoflavonas.

Sin embargo, las leguminosas tienen características negativas ya que el valor biológico y biodisponibilidad de los nutrientes no es tan elevado como en la de origen animal, debido a

la presencia de sustancias tóxicas y antinutricionales como los fitatos, ¡nhibidores de la tripsina, hemaglutininas o lectinas, saponinas, ·alcaloides y glucósidos cianogénicos (Caro, 2015; Gallegos & Polo, 2013; González-Pérez & Arellano, 2009; Olmedilla Alonso *et al.*, 2010)

Las formas más comunes de incrementar el valor nutricional de los componentes de las leguminosas, especialmente de las proteínas son el cocido, fermentación y germinación ya que estos tratamientos reducen o eliminan las sustancias antinutrcionales, tóxicos termolábiles y oligosacáridos manteniendo el contenido de proteína y fibra. Otra forma de aprovechar los nutrientes y en especial el potencial nutricional de las proteínas de las leguminosas, es aislarlas del resto de los componentes antinutricionales que se encuentran en éstas, eliminando los inhibidores de proteasas permitiendo incrementar la digestibilidad proteica. (Cantonal *et al*., 1995; Olmedilla Alonso *et al.*, 2010)

El consumo de proteínas de leguminosas se ha incrementado hace varios años debido al elevado costo de la proteína animal, lo que ha motivado la búsqueda de métodos para la obtención de concentrados y aislados proteicos mediante la separación del resto de los componentes de las leguminosas (Cantonal *et al*., 1995). Además, considerando que la proteína aporta con energía y tomando en cuenta el origen del término proteína (del griego "proteios" que significa "primordial" o "primer lugar")(González-Torres *et al*., 2007), significa que es el nutriente que aporta al organismo los aminoácidos necesarios para la creación, reparación, desarrollo y mantenimiento de células y tejidos durante todas las etapas de la vida y muchas proteínas desempeñan funciones metabólicas (actúan como enzimas, hormonas, anticuerpos) (González-Torres *et al.*, 2007), es necesario la obtención de aislados proteicos como una fuente de este nutriente.

La obtención de aislados proteico a partir de leguminosas radica en las ventajas que se tiene en comparación con la obtención de proteína animal, ya que para la producción de proteína animal se utiliza una gran cantidad de agua, alimento, lo que incrementa la deforestación y las emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que, durante la obtención de proteínas de leguminosas, están enriquecen el suelo a través de la fijación de nitrógeno, son económicas, tienen una huella hídrica, bajo nivel de gases de efecto invernadero y constituyen una fuente sostenible de proteínas (González-Pérez & Arellano, 2009; Semba *et al*., 2021)

La importancia del consumo de aislados proteicos radica en el aporte nutricional que brindan por lo que son utilizados como alimentos para deportistas, como ingredientes en la suplementación de materias primas bajas en proteína, en la preparación de diferentes tipos de alimentos como fórmulas infantiles, productos cárnicos confitería, postres, emulsiones y bebidas ya que las proteínas proporcionan mejoras en las características de los productos debido a las propiedades funcionales que éstas poseen (Cantonal *et al*., 1995; Fonseca, 2019; González-Pérez & Arellano, 2009; Jaimes *et al.*, 2012; Mercado *et a*l., 2015; Ulloa *et al*., 2012).

Al decir que las proteínas proporcionan mejoras en las características de los productos debido a las propiedades funcionales que éstas poseen, hacer referencia que al usar aislados proteicos en la producción de alimentos es factible determinar el comportamiento de estos durante su procesamiento, almacenamiento o consumo, es decir, esas propiedades y la forma en las cuales las proteínas actúan con otros componentes de forma directa o indirecta afectan sus aplicaciones, calidad y aceptación de los alimentos(Ulloa *et al.*, 2012). Entre las propiedades funcionales de las proteínas están la solubilidad, capacidad de retención de agua, de absorción de aceite, emulsificante, de formación de espuma y de gelificación (Cantonal *et al*., 1995; Fonseca, 2019; González-Pérez & Arellano, 2009; Jaimes *et al.*, 2012; Mercado *et al.*, 2015; Ulloa *et al*., 2012).

La importancia de las propiedades mencionadas anteriormente varían con el tipo de producto en el cual se pretende utilizar la proteína, por ejemplo, los aislados proteicos con proteínas con altas capacidades de retención de agua o aceite se usan en productos cárnicos y de panificación o pastelería, mientras que las proteínas con altas capacidades de emulsificación son adecuadas en la preparación de aderezos para ensalada, salchichas, mortadelas, confitería y pasteles (Ulloa *et al.*, 2012). Adicionalmente, la obtención de aislados proteicos es el primer para en la obtención de péptidos bioactivos que ayuden al ser humano en la reducción de enfermedades (Díaz, 2016).

Un producto puede ser considerado como aislado proteico si cumple lo establecido en el Codex Alimentarius (2007), esto es que debe tener como mínimo 90% de proteína, lo que se logra mediante la reducción o eliminación de los principales constituyentes no proteínicos (agua, lípidos, carbohidratos, vitaminas, minerales, sustancias antinutricionales y tóxicas).

Para la eliminación de los compuestos no proteicos y con la finalidad de obtener aislados proteicos existen diferentes tecnologías como son la extracción acuosa, extracción salina ultrafiltración, siendo las más utilizadas la extracción alcalina/precipitación isoeléctrica. Aunque, también se han desarrollado métodos emergentes con el objetivo de aumentar el rendimiento de extracción, aumentar sus propiedades nutricionales y aumentar sus aplicaciones tecnológicas. Entre los métodos emergentes se menciona la extracción de proteínas asistida por enzimas, separación electrostática de proteínas, extracción de proteínas asistida por técnicas de disrupción celular (Fonseca, 2019)

En la obtención de aislados proteicos de leguminosas el método más utilizado es la extracción alcalina y precipitación isoeléctrica de las proteínas, donde, las proteínas son solubilizadas a pH alcalino para separarlas del resto de compuestos no solubles, para una posterior precipitación mediante el cambio de pH (Fonseca, 2019; Mercado *et al.*, 2015; Vioque *et al.*, 2001). Ejemplos de esto son: a) el aislado proteico con un contenido de 92 % de proteína en base seca obtenido por Thompson (1977) al solubilizar las proteínas de frejol (*Phaseolus aureus*) a pH 9 y 25 °C durante 20 minutos seguido de la precipitación a pH 4; b) el aislado proteico de arveja (*Pisum sativum*) con 90% de proteína obtenido por (Sumner *et al*., 1981) al solubilizar las proteínas a pH 9 durante 20 minutos seguido de la precipitación de las mismas a pH 4,5.

Otra tecnología utilizada en la obtención de aislados proteicos de leguminosas consiste en la extracción alcalina de las proteínas y posterior filtración de la solución proteica a través de membranas con diferentes límites de exclusión de peso molecular, por ejemplo, Des Marchais *et al* .(2011) utilizaron una membrana de 50kDa obteniendo un aislado proteico con 96,1 % de proteína a partir de guisantes.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, las variaciones en la de los parámetros en la obtención, la importancia y utilidad de los aislados proteicos, el objetivo de la presente investigación fue analizar las diferentes tecnologías propuestas en la literatura para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

La investigación realizada fue específicamente de revisión bibliográfica y para EL desarrollo se utilizó la metodología SALSA (por las siglas en inglés: Search, Appraisal, Synthesis, Analysis) modificada por Gunnarsdottir *et al.* (2020). El método SALSA tradicional para revisiones sistemáticas involucra cuatro pasos que son: búsqueda, evaluación, síntesis y análisis, sin embargo, Gunnarsdottir *et al*. añadieron un paso adicional conocida como la técnica de la bola de nieve como se observa en la figura 1 y 2.

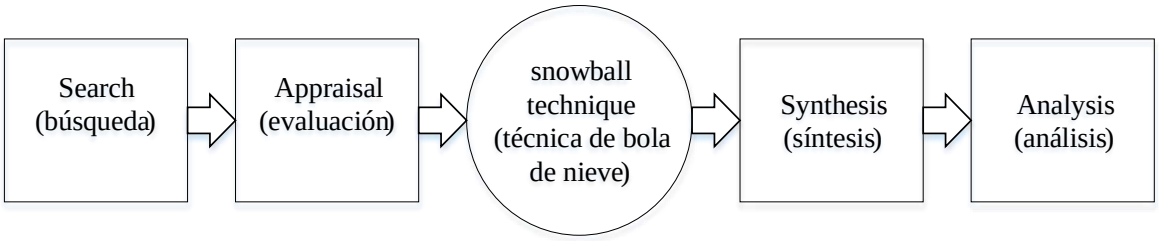

Figura 1.

Diagrama general del método SALSA modificado por Gunnarsdottir et al. (2020)

El método SALSA consiste en un proceso de búsqueda integral y una revisión crítica que permite elaborar documentos utilizando lo mejor de la información disponible mientras minimizan el potencial de sesgo (Gunnarsdottir *et al*., 2020; Luengo *et al.*, 2016). A continuación, se describe el método SALSA modificado utilizado para la elaboración de esta investigación, además se puede visualizar de forma esquematizada en la figura 2.

El primer paso del método SALSA consistió en buscar (search) información relevante sobre proteinas y aíslados proteicos de leguminosas en tesis de pregrado y posgrado, artículos científicos y libros encontrados en buscadores y bases de datos como son google académico, web of Science, Science, Direct, Scopus, Pubmed, Scielo. La información buscada se encontró en el idioma inglés, español y portugués, además que corresponden a los años del 2000 en adelante, exceptuando cinco documentos de fechas anteriores.

El segundo paso permite evaluar más a fondo si los resultados de la búsqueda cumplían con los criterios de inclusión (investigaciones cuantitativas y/o cualitativas, acceso completo a la información de proteínas, métodos de obtención de aislados proteicos de leguminosas) y

exclusión (investigaciones fuera del período de recogida de datos, métodos de obtención de proteínas otras fuentes que no sean leguminosas, artículos de opinión o blocs). Este punto permitió la valoración y clasificación de la literatura utilizada, además, sirvió de base para el continuar con el paso tres.

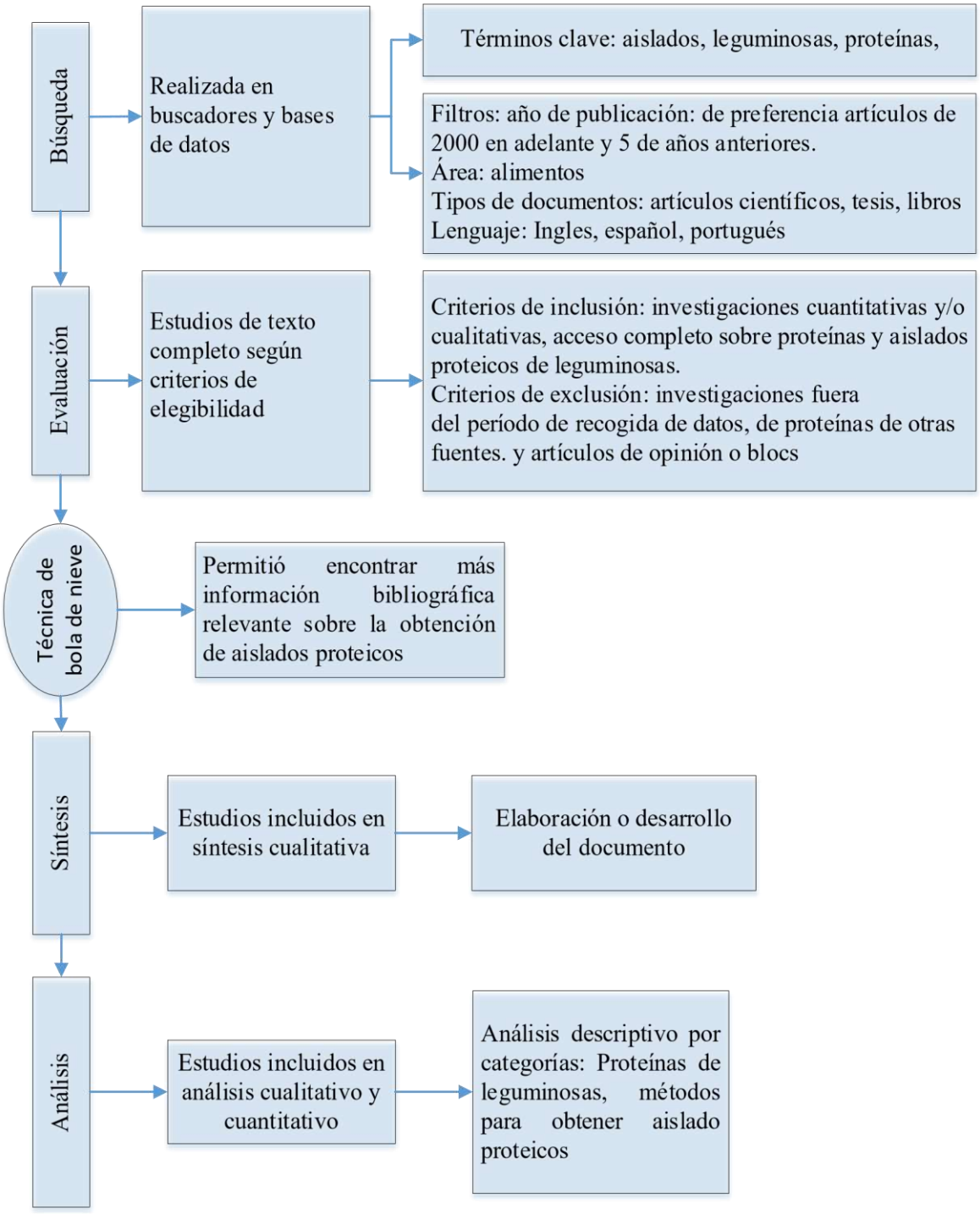

Figura 2.

Diagrama de flujo del método SALSA modificado utilizado para la elaboración del articulo

Fuente: Gunnarsdottir *et al.* (2020) con modificaciones para la elaboración del trabajo

El tercer paso, la técnica de bola de nieve consiste en el uso de referencias y citas de artículos para identificar literatura más relevante, es decir, las literaturas de revisión encontradas a través de la búsqueda inicial sirvieron de base para la bola de nieve con la finalidad de encontrar 15 investigaciones bibliográficas adicionales.

El cuarto consistió en la síntesis o elaboración del documento basándose en las informaciones relevantes de la literatura seleccionada bajo criterios mencionados anteriormente. Para esto las publicaciones identificadas y evaluadas en las etapas anteriores fueron leídas detenidamente con la finalidad relacionar la información relevante en el documento escrito.

Finalmente se procedió a analizar la información sintetizada para que cumpla con el objetivo de la investigación. Para esto se analizaron operaciones unitarias, procesos y materias primas involucradas en la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas para el desarrollo de los resultados y discusión del trabajo actual.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las leguminosas poseen mayor cantidad de proteínas que los cereales (Olmedilla Alonso *et al.*, 2010), lo que hace que sean la materia prima ideal para la obtención de aislados proteicos. Entre las tecnologías para la obtención de aislados proteicos resaltan dos tipos de tecnología que son: a) obtención de aislados proteicos por extracción alcalina y posterior precipitación isoeléctrica y b) obtención de aislados proteicos por extracción alcalina y posterior filtración de la solución proteica.

3.1 Obtención de aislados proteicos por extracción alcalina y precipitación isoeléctrica

Esta tecnología consiste en solubilizar las proteínas a pH alcalino o básico seguida de la precipitación isoeléctrica en condiciones de pH ácido. En las tablas 1, 2 3 4 y 5 se observa la tecnología mencionada para obtención de aislados proteicos.

El primer paso, antes de las solubilización de las proteínas es reducir el tamaño de la partícula del grano (González-Pérez & Arellano, 2009), con la finalidad de incrementar el área de contacto o superficie de las partículas con el medio o solución extractora (solución a pH alcalino), lo que permitiría mejorar el rendimiento del proceso de extracción de la proteína presente en la matriz alimentaria. De acuerdo a la investigación, en las tablas 1, 2 3 4 y 5 se observa que para la obtención de aislados proteicos los investigadores parten de harina, o a su vez, los granos los reducen a harina.

Otro punto a considerar antes de la extracción de proteínas es el contenido de lípidos de las leguminosas, ya que contenidos elevados de lípidos interfieren durante el proceso, además, este componente puede ocasionar cambios en el producto final debido a que puede

asociarse a las proteínas de los aislados dando lugar a problemas de enranciamiento durante el procesado y almacenamiento de los mismos (Vioque *et al.,* 2001), por lo tanto, es recomendable realizar el desengrasado de las materias primas o empezar la extracción proteica a partir de harina desengrasada. Esto se ratifica especialmente en la tabla 2, debido al elevado contenido de lípidos de la soya que es de 19,94% (Delgado-Andrade *et al*., 2016), adicionalmente en la tabla 3, dos autores realizan el desengrasado del frejol mientras que uno no lo hace, debido a que el contenido de grasa del fréjol esta entre 1,2 a 1,5 %. Sin embargo, en la tabla 4, tres de cuatro autores realizan el desengrasado de la harina de chocho debido a que posee un contenido de lípidos de 9,74%, contenido que de acuerdo a los resultados de la investigación afecta la cantidad de proteína en el producto final (55,58%) ya que es menor a los otros tratamientos.

En las tecnologías revisadas en las tablas de la 1 a la 5 utilizan un pH de extracción o solubilización de las proteínas oscila entre 8 y 11, mientras que para precipitar dichas proteínas el pH más utilizado es de 4,5. Esto se justifica con la investigaciones realizadas por Adebowale & Lawal (2003) y Sánchez-Vioque *et al*., (1999), mismos que mencionan que el perfil de solubilidad de la proteína presente en el concentrado o aislado de proteína dependiente del pH (Figura 3), es decir, la menor solubilidad de las proteínas se encuentra en el rango de pH de 4 a 5, sin embargo, mientras la solubilidad de las proteínas aumenta conforme el pH lo hace, razón por la cual, para la extracción de las proteínas de la matriz alimentaria se utiliza un pH cercano a 9. Además, según (Vioque *et al*., 2001) algunas proteínas, como las glutelinas, requieren pH iguales o superiores a 11 para ser extraídas.

.

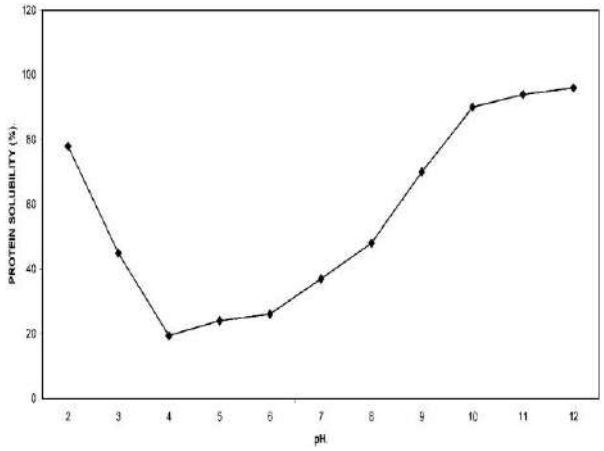

Figura 3. *Efecto del pH sobre la solubilidad de la proteína*

Fuente: (Adebowale & Lawal, 2003)

La tabla 1 presenta los pasos para la obtención de obtención de aislados proteicos a partir de haba pallar (*Phaseolus lunatus L*), para esto, Tello (2018) y Tamayo (2018) trabajan a pH 8, Chel-Guerrero *et al.* (2002) a pH 11 para solubilizar o extraer las proteínas de la matiz alimentaria, mientras que para precipitar las proteínas Tello (2018) y Tamayo (2018) trabajan a pH 3, 4, 5 y Chel-Guerrero *et al.* (2002) a pH 4,5. De estas investigaciones Tamayo y Tello

obtienen la mayor cantidad de proteína en el producto final al trabajar a un pH de precipitación isoeléctrica de 5, concordando que el pH óptimo de precipitación de proteínas esta entre 4 y 5

Tabla 1 Tecnologías para la obtención de aislados proteicos a partir de haba pallar (*Phaseolus lunatus L*) por extracción alcalina y precipitación isoeléctrica

Operaciones	Autor		
	Tello (2018)	Tamayo (2018)	Chel-Guerrero *et al*. (2002)
Suspensión	5g de harina de haba pallar en 50 ml de agua destilada	La harina fue suspendida en agua en relación 1:10 (p/v)	Se mezcló harina/agua en proporción 1:6 p/v
Solubilización de las proteínas	Ajuste de pH a 8 con NaOH 1 M con agitación por manteniendo el pH	Ajustando el pH 8 con NaOH 2 M por una hora y agitación constante entre 800-900 rpm	Ajustado a pH 11 con NaOH 1 N y remojo por 1 h
Separación de las proteínas solubles (fase líquida o sobrenadante)	Por centrifugación durante 30 minutos a 4400 rpm y temperatura ambiente Se descarta el precipitado y se continua con el sobrenadante	Por centrifugación a el 4400 rpm por 30 min se el Se descarta precipitado y continua con sobrenadante	La suspensión es molida y filtrada para separar la fracción sólida de la líquida que contiene la proteína y el almidón. Los sólidos residuales se lavan 5 veces con agua destilada y se pasa por un tamiz de malla 150; luego se mezcló el agua de lavado con los sobrenadantes iniciales. Se deja sedimentar por 30 min para recuperar el almidón y separar la proteína solubilizada.
Precipitación de las proteínas del sobrenadante	Ajuste de pH a 3, 4, 5 y 6 con HCl 1M	Ajuste de pH a 3, 4, 5 y 6 con HCl 2M. Se agita por 5 minutos	Se ajustó el pH con HCl 1 N al punto isoeléctrico 4,5
Reposo	Durante 24 h	A 4° C por 24 h	
Separación de la proteína	Elimina sobrenadante y utiliza el precipitado	Elimina sobrenadante y utiliza el precipitado	Mediante centrifugación a 1317 g por 12 min. Elimina sobrenadante y utiliza el precipitado
Secado/ Liofilización	A presión de 0,2 Pa y temperatura de -57°C	A -50 °C y 0,2 Pa de presión	A -47 °C y 13 × 10^{-3} mbar.
Almacenamiento	En frascos estériles a -80 °C	En frascos estériles a 80 °C	
Rendimiento de extracción	pH 3 8.64a ± 0.10% pH 4 18.56 ± 1.14 % pH 5 12.86b ± 0.16% pH 6 32.58d ± 0.30%	pH 3 19,55a ± 1,55 % pH 4 10,56b ± 0,83% pH 5 19,56a ± 1,55% pH 6 27,59c ± 0,24%	

Cuantificación del contenido proteico	método de Biuret pH 3 69.96 c ± 0.78% pH 4 62.39 b ± 0.35% pH 5 71.33 c ± 0.92% pH 6 56.80 a ± 1.77% método de Kjeldahl. pH 3 41,19 c ± 1,10% pH 4 38,92 b ± 0.14% pH 5 42.31 c ± 0.58% pH 6 34,36 a ± 0,44%	método de Biuret pH 3 52,96a ± 0,031% pH 4 57,85b ± 0,013% pH 5 62,53c ± 0,018% pH 6 56,74b ± 0,026%	71.13 ± 0.92%

a, b, c, d. Indica que existe diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 2 Tecnologías para la obtención de aislados proteicos a partir de soya (*Glycine max*)

Operaciones	**Autor**		
	Avila (2011)	L'HOCINE et al. (2006)	Puppo et al. (1995)
Obtención de harina	La harina de soya desengrasada es molida (tamaño de partícula 45 µm)	Desengrasado de la harina con hexano	Si. Parte de harina de soya desengrasada
Suspensión	Mezcla de harina/agua en proporción 1:6 p/v con agitación de 10 min	Mezcla de harina/agua en proporción 1:15 p/v a 55°C	Mezcla de harina/agua en proporción 1:10 p/v con agitación de 10 min
Solubilización de las proteínas	A pH 9.5 ajustado con NaOH 6N y agitación por 30 min	El pH se ajusta y mantuvo a 9,0 con NaOH 2 N con agitación durante 45 min a 55ºC. ºC	A pH 8 ajustado con NaOH 2N y agitación por 2 h a temperatura ambiente
Separación de las proteínas solubles (fase líquida o sobrenadante)	Por centrifugación a 12000 rpm. Se descarta el precipitado y se continua con el sobrenadante	La suspensión reposa por 15 min a temperatura ambiente, luego se centrifuga a 4 °C durante 30 min a 14300 g. Se continua con el sobrenadante	Por centrifugación a 13300g por 20 min a 15°C. Se trabaja con el sobrenadante
Precipitación de las proteínas del sobrenadante	Ajuste de pH a 4.5 con HCl 6N	Ajuste el pH a 4,5 con HCl 2 N y agitación por 45 min a 25 °C	A pH 4.5 ajustado con HCl 2 N
Reposo			
Separación de la proteína	Por centrifugación a 12000 rpm. Elimina sobrenadante y utiliza el precipitado	Por centrifugación a 2830 × g (4 °C) durante 15 min.	Por centrifugación a 3300 por 20 min.
Lavado		El precipitado se lava dos veces con agua y se centrifuga cada vez a 2830 × g durante 10 min.	
Neutralización		Con NaOH 2N hasta pH 7	

Almacenamiento	Congelación		
Secado/ Liofilización	A presión de 0,2 Pa y temperatura de -57°C	Liofilizadas	Liofilizado
Almacenamiento		A 4°C	
Rendimiento de extracción	24.55%	Proteína recuperada: 51%	
Cuantificación del contenido proteico	85.45%	92.8 ± 0.08% en peso seco	82.4 ± 0.4

Tabla 3 Tecnologías para la obtención de aislados proteicos de *Phaseolus vulgaris* (frejol)

Operaciones	**Autor**		
	Rui *et al.*(2011)	Ahmed *et al*.(2015)	Morales-de León *et al.* (2007)
Remojo		1 kg de muestra en 4 L de agua y se mantiene a 4 °C durante 12 h. Posterior se elimina las cascaras	
Reducción De tamaño de partícula	Mediante molienda	Con licuadora	3 kg de grano fresco se mezcla con 30 L de agua y se muele
Desengrasado	Con hexano (1:3, p/v)		
Suspensión	Relación harina-agua destilada (1:15)	La suspensión obtenida se diluy1 diez veces (v/v)	
Solubilización de las proteínas	A pH: 9. Con agitación de 1 h a 55°C	Con pH a 10 utilizando NaOH 0,5 M. Mezcla por 1 h.	Ajuste de pH a 8,0 con NaOH 0,2 M. La extracción se realiza a 35 ◦C por agitación.
Separación de la fase soluble o sobrenadante (proteínas solubles)	Por centrifugación a 11 000 × g a 20 °C durante 30 min. Se descarta el precipitado y se continua con el sobrenadante	Se filtra a través de un tamiz de malla de 75 µm y se centrifugó a 3000 ×g durante 30 min a 10 °C	Por centrifugación a 5000 × g durante 15 min a 25 ◦C. Se continua con el sobrenadante una vez filtrado
Reposo	A 4 °C alrededor de 15 h para sedimentar el almidón y luego se centrifuga como se indicó anteriormente		

Precipitación de las proteínas del sobrenadante	Ajustando el pH 4,5 con HCl 1M	Se ajusta a pH 4,5 con HCl 0,1 N	El pH se ajusta a 4,3 con HCl diluido
Separación de la proteína	Por centrifugación a 11 000 × g a 20 °C durante 30 min	Por centrifugación a 8000 ×g durante 10 min a 5 °C	Por centrifugación a 10000 × g durante 20 min. (repite des solubilización de proteínas)
Lavado	Dos veces más con agua Millipore a 1:5 (p/p).	Se lava con agua destilada	
Neutralización	Con una solución de NaOH 10 % (pH 6,5-7). Luego se centrifuga a 4000 rpm durante 5 min	Ajustando a pH 7	
Secado	Liofilizado	Liofilización	Liofilización
Rendimiento de extracción			36,15% frejol duro 45,37% frejol fresco
Cuantificación del contenido proteico	89,25 % 83,96 %	Rango de 76.96–83.96%.	71,9% frejol duro 75,6% frejol fresco

Tabla 4 Tecnologías para la obtención de aislados proteicos a partir de chocho (*Lupinus mutabilis*)

Operaciones	**Autor**			
	(Guerra & Pozo, 2018)	(Aguinda, 2019)	(Acuña & Caiza Jimena, 2010)	(Urrutia Gutiérrez, 2010)
Preparación de la harina	El grano hidratado es pelado, secado y molido	Moliendo del grano	Los granos de remojados (1 día)	Los granos son chocho son molidos cocinados (1h), lavados (5 días), secados y molidos
Desengrasado	Mediante un sistema de extracción continua (Soxhlet) con hexano	Con hexano con aistación por 18 h a TA	Con etanol al 95% en una relación de harina: solución de 1:3. Tres extracciones durante 5 horas cada una	
Suspensión		Se disuelve en agua en una relación 1:10 (p/v)	Relación harina- agua destilada relación harina: (1:7, 1:9,1:11)	A 43°C con una solvente (1:20).
Solubilización de las proteínas	A pH 6,8-10. Ajustado con de NaOH 10 %	A pH 8 ajustado con NaOH 2 M. Se deja en agitación por 1 h	pH (8.5, 9.5, 10.5) ajustado con NaOH 1N, se agita por 30 min	A pH 9.3, a 43°C

Separación de las proteínas solubles (fase líquida o sobrenadante)	Por centrifugación a 12000 rpm. Se descarta el precipitado y se continua con el sobrenadante	Por centrifugación durante 45 min y 4400 rpm. Se descarta el precipitado y se continua con el sobrenadante	Por centrifugación a 8000 rpm. Se descarta el precipitado y se continua con el sobrenadante	Por centrifugación a 4000 rpm por 20 min
Precipitación de las proteínas del sobrenadante	Ajustando el pH 4,5 con una solución de HCl 10 %	Se ajusta el pH 3, 4, 5, 6 con HCl 2M, se agita a durante 5min	pH a 4.5 con H Cl 2N, se agita a durante 15min	A pH 4,5 y agitación por 15 min
Separación de la proteína	Por centrifugación a 4000 rpm durante 5 min	En refrigeración (4 °C) por 24 horas. Luego eliminar el sobrenadante y obtener el precipitado de proteína	Por centrifugación a 12000rpm	Centrifugación 4000 rpm por 20 min.
Lavado				2 veces a razón de 1:5 (Proteina/agua). Eliminación del agua de lavado por centrifugación a 4000 rpm por 15 min

Tabla 4 (continuación). Tecnologías para la obtención de aislados proteicos a partir de chocho (*Lupinus mutabilis*)

Neutralización	Con una solución de NaOH 10 % (pH 6,5-7). Luego se centrifuga a 4000 rpm durante 5 min			
Secado/ Liofilización	Secado por 24h en una estufa a 85 ºC	Liofolizada a presión: < 0,2 atm; temperatura < -55 °C) y guardadas a 4 °C	Liofilizadas	Secado
Rendimiento de extracción		pH3 18,5± 0,62% pH4 28,6± 0,69% pH5 31,4± 0,32% pH6 24,7± 0,66%	A pH 10.5 registra el 72.2% de recuperación en proteína y rendimiento en peso del 42,6 %.	

Cuantificación del contenido proteico	67,25 ± 5,75%	pH3 76,8± 1,44% pH4 95,0± 3,17% pH5 96,9± 0,51% pH6 95,6± 2,82%	55,58%	92,83±0,18%

Además de considerar el pH de solubilizarían de las proteínas es importante tener en cuenta que la utilización de pH extremos (mayor a 9 y menor a 4) afecta negativamente a las características de la proteína e incluso puede causar su hidrólisis o desnaturalización, racemización de los aminoácidos y por ende pérdida de aminoácidos esenciales como la cisteína y la lisina, lo que provocaría la reducción de la digestibilidad proteica, además de producir la precipitación de componentes no proteicos que pueden afectar a la pureza del aislado (Callisaya & Alvarado, 2009; González-Pérez & Arellano, 2009). Por lo tanto, para la mayoría de las fuentes vegetales, los valores de pH para aislar las proteínas deberían estar entre 4 y 9 ya que esto no debería ser dañino para las proteínas (González-Pérez & Arellano, 2009).

Adicionalmente, de acuerdo a lo que se observa en las tablas 1, 2,3 4, y 5 el proceso para aislar las proteínas de las leguminosas se basa en el mismo principio que es la extracción alcalina y precipitación isoeléctrica, sin embargo, existen pequeñas variaciones propuestas en los autores, entre las cuales está la utilización de la centrifugación para separar la parte soluble de la sólida, mientras que otros hacen este proceso por precipitación natural, es decir esperan un tiempo de 12 a 14 horas. Por tanto, la centrifugación es utilizada para que proceso sea rápido y más eficiente.

Tabla 5 Tecnologías para la obtención de aislados proteicos de otras leguminosas

Operaciones	**Autor/leguminosa**		
	(Villafuerte et al., 2019)/ chachafruto (Erythrina edulis Triana)	(Sánchez-Vioque et al., 1999)/ garbanzo (*Cicer arietinum)*	(Atiencia Pazmiño, 2021)/ Arveja **(**Pisum Sativum)
Obtención de harina	Se cortaron los granos y deshidrataron a 45 °C por 24 h, para luego molerlos		Parte de harina
Suspensión	La harina fue dispersada en agua destilada (1:10 p/v)	Se suspendió 20 g de harina de en 200 ml de a) solución de NaOH al 0,2% pH 12 b) solución de Na2SO3 al 0,25 % a pH 10,5	10 g de harina en 100 mL de agua destilada (relación 1:10)

Solubilización de las proteínas	A pH ajustado a 11,0 con NaOH 0,1 M. y se mantiene bajo agitación durante 1 hora	A pH 12 o 10,5 con agitación por 1h	A 8.0 con Na(OH) 1N, e agita por 60 minutos por medio de un agitador magnéticos
Separación de la fase soluble o sobrenadante (proteínas solubles)	Por centrifugación a 2.500 rpm durante 20 minutos. Se utiliza el sobrenadante	Por centrifugación a 8000 g. Se hacen 2 extracciones adicionales	Por centrifugación durante 20 minutos a 8000 rpm. Los residuos insolubles se suspenden con agua destilada a una relación 1:5, luego se ajusta el pH con hidróxido de Sodio 1N hasta 10,0 agitando mecánicamente durante 10 minutos y se centrifuga
Precipitación de las proteínas del sobrenadante	Ajustando a pH 4 y con e agitación por 1 hora	A pH 4,3	A pH 4 con agitación por 20 minutos
Separación de la proteína	Por centrifugación a 2.500 rpm durante 30 minutos	Por centrifugación a 8000 g	Por centrifugación a 12000 rpm
Lavado		a) Con agua destilada ajustada a pH 4,3 b) con 100 ml de agua destilada ajustada a pH 4,3, etanol y acetona.	
Secado	Liofilización	a) Liofilización b) Temperatura ambiente	
Rendimiento de extracción		Proteína final recuperada de la harina de garbanzo fue 65.9 y 62.1%	11%
Cuantificación del contenido proteico	96,01 % en base seca	80.9% a pH 12 87.1% a pH 10,5	79,14%

La mayoría de investigadores utilizan la liofilización en lugar del secado convencional como la operación para eliminar el agua de las proteínas. Esto se debe a que en la liofilización se trabaja a bajas temperaturas, lo que ocasiona que las alteraciones sensoriales (color, forma, tamaño, sabor, textura) y las pérdidas nutricionales de los productos deshidratados se reducen significativamente (García-Mora et al., 2019; Peña & Parra, 2015)

El rendimiento en los procesos de obtención de proteínas a partir de la materia prima es menor del 50% debido a que las leguminosas tienen una serie de componentes como lípidos, carbohidratos, entre otros, sin embargo, cuando se habla del porcentaje de recuperación de las proteínas, este no supera el 80%. Esto se debe ya que en una matriz existen diferentes tipos de proteínas mismas que tienen diferente pH solubilización (próximos a la neutralidad por ejemplo) o precipitación, pero se prefiere extraer las proteínas a pH alcalinos para favorecer la solubilización de las proteínas desnaturalizadas durante la preparación de los concentrados, además, algunas proteínas, como las glutelinas, requieren pH iguales o superiores a 11 para poder ser extraidas (Vioque et al., 2001).

Las tecnologías mencionadas en las tablas 1, 2 ,3 ,4 y 5 son aplicadas para la obtención de aislados proteicos de varios tipos de leguminosas, por ejemplo, Li *et al.* (2010) aplicaron la tecnología de extracción alcalina y precipitación isoeléctrica para la obtención de aislados proteicos de 16 variedades de frejol mungo (*Vigna radiata*). Para esto prepararon soluciones al cinco por ciento (p/v) de la suspensión de harina de frijol mungo, ajustaron a pH 9 a temperatura ambiente. Las soluciones fueron mezclados por 1 h y posteriormente se centrifugadas durante 15 min a 2000 · g. Para obtener mayores rendimientos, los procedimientos de extracción y centrifugación se repitieron una vez sobre el residuo. Los extractos fueron combinaron y el pH ajustado a 4,5 para precipitar la proteína. Las proteínas se recuperaron por centrifugación a 2000 · g durante 15 min seguido de la eliminación del sobrenadante. Este procedimiento permitió que obtuvieran productos con contenidos de proteínas que oscilan entre 69,22 y 74,84%.

Kaur & Singh, (2007) obtuvieron aislados proteicos a partir de cultivos de garbanzo (*Cicer arietinum L.*) al trabajar en las mismas condiciones de pH que Li *et al.* (2010). El contenido de proteínas del producto obtenido oscila entre 89,9% y 94,4%.

Muchas investigaciones mencionan obtener aislados proteicos, sin embargo, debemos aclarar que según el Codex Alimentarius (2007) , los productos se pueden clasificar de acuerdo al contenido de proteína de la siguiente manera:

a) Contenido proteínico mayor a 50 y menor del 65 por ciento: harina proteica
b) Contenido proteínico mayor a 65 y menor del 90 por ciento: concentrado proteico
c) Contenido proteínico mayor a 90 por ciento: aislado proteico

Es decir, en función a lo establecido por el Codex Alimentarius, la utilización del método de extracción alcalina y precipitación isoeléctrica de las proteínas permite obtener no solamente aislados proteicos sino también concentrados, de acuerdo al contenido de proteína reportado en las tablas 1, 2, 3, 4 y 5

3.2 Obtención de aislados proteicos por extracción alcalina y posterior filtración

Esta tecnología consiste extraer las proteínas mediante la solubilización a pH alcalino seguida la filtración de la solución que contiene las proteínas con la utilización de filtros o membranas que permiten el paso de las sustancias no proteicas. A continuación, presentamos ejemplos de la tecnología para la obtención de aislados:

Des Marchais *et al*., (2011) para obtener un aislado proteico procedieron de la siguiente forma: primero mezclaron la harina de guisantes con agua a temperatura ambiente en una proporción 1:15 p/p, luego ajustaron a pH 7,5 lo que permitió extraer las proteínas de la matriz de la leguminosa. Seguido de esto, descartan el precipitado y continúan con la disolución a la operación de ultrafiltración/diafiltración (UF/DF) utilizando membranas de fibras huecas de 50 kDa. El producto es liofilizado y luego del análisis determinaron un contenido de proteínas del 96.1±0.2% en base seca.

Boye *et al.,* (2010) realizaron una investigación comparativa de dos métodos para la obtención de aislados proteicos, estos métodos son ultrafiltración (UF) y precipitación isoeléctrica (IEP). La primera etapa para las dos tecnologías es igual, es decir, la solubilización de las proteínas fue realizada en las siguientes condiciones de extracción: pH 9,5 con relación sólido/líquido 1/15 a 35 °C para guisante amarillo, garbanzo desi y kabuli y pH 9,0 con relación sólido/líquido 1/10 a 25 °C para las lentejas rojas y verdes. Posteriormente para la obtención de aislados proteicos por IEP el pH fue ajustado a 4,5, mientras que para obtener los aislados por UF/DF utilizaron una membrana de 50 kDa con diafiltración (4X) a pH 6,0. Los resultados que obtuvieron demostraron que la tecnología que usa la UF/DF permite obtener productos con mayor contenido de proteínas según se observa en la tabla 6.

Tabla 6. Contenido de proteínas de extractos de proteínas de leguminosas precipitadas isoeléctricamente (IEP) y ultrafiltradas (UF)

Muestra	Proteína	
	IEP	UF
guisante amarillo	81.7 ± 0.3	83.9 ± 0.15
garbanzo desi	73.6 ± 0.1	76.5 ± 0.05
garbanzo kabuli	63.9 ± 1.3	68.5 ± 0.15
lentejas rojas	78.2 ± 0.2	82.7 ± 0.20
lentejas verdes	79.1 ± 0.3	88.6 ± 0.05

Fuente: Boye *et al.,* (2010)

Los resultados por Boye *et al.,* (2010) confirman los estudios realizados por Fuhrmeister & Meuser (2003) ya que encontraron que los concentrados de guisantes rugosos preparados por ultrafiltración tenían un mayor contenido de proteínas (70–80 %) que los concentrados obtenidos por precipitación isoeléctrica (68%). Chew *et al*.,(2003) también obtuvieron resultados similares al comparar las dos tecnologías ya que por IEP (al trabajar a pH de solubilización 8-9 y pH precipitación de 4,5) obtuvieron un concentrado proteico de lupino con una concentración de proteína de 671 g/kg, mientras que por UF utilizando una membrana de 10kD el contenido de proteína del producto final fue mayor (751 g/kg)

La investigación bibliográfica realizada demuestra que la tecnología para obtener mayor contenido de proteína en el producto final es la que utiliza la UF/DF, sin embargo, también demuestra que el método más utilizado para la obtención de aislado proteicos es la precipitación isoeléctrica, información que es confirmada por González-Pérez & Arellano, (2009)

4. CONCLUSIONES

Según la investigación realizada bibliográficamente, las leguminosas poseen mayor cantidad de proteínas que los cereales, por ende, representan una fuente importante para la

obtención de aislados proteicos. Sin embargo, para la obtención de aislados proteicos a partir de las leguminosas es importante tener en cuenta la composición de la materia prima con la que se parte, especialmente si tiene un elevado contenido de lípidos como la soya o el chocho. Esto considerando que se debe desengrasar para obtener mejores resultados en el contenido de proteína del producto final,

La tecnología más utilizada para la obtención de aislados proteicos a partir de leguminosas es mediante la extracción alcalina y precipitación isoeléctrica de las proteínas, sin embargo, para lograr el mejor rendimiento de extracción proteica, antes debe reducirse el tamaño de la partícula y lípidos, además que se debe tener en cuenta las condiciones de proceso como relación de la solución materia prima-agua, pH de precipitación o solubilización de las proteínas y temperatura de extracción, sin embargo, la tecnología que usa UF/DF permite obtener productos con mayor contenido de proteína.

La solubilización de las proteínas no deben realizarse a pH muy elevado, mientras que el pH de la precipitación no debe ser muy ácido debido a que puede producirse la desnaturalización de las proteínas, por el para la solubilización es recomendable utilizar pH de máximo 10 mientras que para la precipitación el pH recomendable es 4,5.

REFERENCIAS

Acuña, O., & Caiza Jimena. (2010). Obtención de hidrolizado enzimático de proteína de chocho (Lupinus mutabilis) a partir de harina integral. *Revista Polit ́ecnica*, *29*(1), 7077. https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/274/pdf

Adebowale, K. O., & Lawal, O. S. (2003). Foaming, gelation and electrophoretic characteristics of mucuna bean (Mucuna pruriens) protein concentrates. *Food Chemistry*, *83*(2), 237-246. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00086-4

Aguinda, A. (2019). *Determinación de la actividad antioxidante y antiinflamatoria de aislados proteicos de harina de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) y su digestibilidad gastrointestinal in vitro* [[Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29418/1/BQ 180.pdf

Ahmed, I., Singh, D., Shanker, U., & Singh, B. (2015). Physico-chemical and functional properties of native and hydrolyzed kidney bean (Phaseolus vulgaris L .) protein isolates. *Food Research International journal*, *76*(1), 11-18. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.08.027

Atiencia Pazmiño, A. M. (2021). *Obtención de concentrado proteico a partir de Pisum sativum como sustancia enriquecedora de productos panificados* [[Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]]. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/57537/1/BINGQ-MAPA-21M01.pdf

Avila, C. (2011). *Determinación de las propiedades físico-químicas y funcionales del aislado e hidrolizado de las proteínas de soya a escala piloto, para aplicación en alimentos* [[Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]]. https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4300

Bonino, J., Cagnassi, L., Giudicci, A., Ibarra, J., March, P. O., Vidal, A., Molina, M., Flores, A., López, D., Duran, N. M., Galante, M., Spelzini, D., & Boeris, V. (2016). Caracterización fisicoquímica de aislados de proteínas vegetales. *Energeia*, *14*(14). https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/5739/1/caracterizacion-aisladosproteinas-vegetales.pdf

Boye, J. I., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Farnworth, E., & Rajamohamed, S. H. (2010). Comparison of the functional properties of pea , chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*, *43*(2), 537-546. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.021

Callisaya Aroa, J. C. (2011). *Aislados proteinicos de granos andinos «quenopodiaceas» quinua «Chenopodium quinoa» y Canihua «Chenopodium Pallidicaule» por precipitación isoelétrica* [[Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]]. https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/1391

Callisaya, C., & Alvarado, A. (2009). Aislados proteínicos de granos altoandinos chenopodiaceas; quinua "Chenopodium quinoa" – cañahua "Chenopodium pallidicaule" por precipitación isoeléctrica. *Revista Boliviana de química*, *26*(1). http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v26n1/v26n1a02.pdf

Cantonal, R., Fernández-Quintela, A., Martínez, J. A., & Macarulla, M. T. (1995). Estudio comparativo de la composición y el valor nutritivo de semillas y concentrados de proteína de leguminosas. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, *45*(3), 242-248. https://www.alanrevista.org/ediciones/1995/3/art-15/

Caro, G. A. (2015). *Obtención y evaluación de un aislado proteínico a partir de una leguminosa silvestre del estado de Jalisco (Lupinus exaltatus Zucc.)* [Universidad de Guadalajara]. http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3270/Caro_Ojeda_Gabriel_Alejandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chel-Guerrero, L., Pérez-Flores, V., Betancur-Ancona, D., & Dávila-Ortiz, G. (2002). Functional properties of flours and protein isolates from Phaseolus lunatus and Canavalia ensiformis seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*(3), 584-591. https://doi.org/10.1021/JF010778J

Chew, P. G., Casey, A. J., & Johnson, S. K. (2003). Protein quality and physico-functionality of Australian sweet lupin (Lupinus angustifolius cv. Gungurru) protein concentrates prepared by isoelectric precipitation or ultrafiltration. *Food Chemistry*, *83*(4), 575-583. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00156-0

Codex Alimentarius. (2007). *Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales* (Primera edición).

Delgado-Andrade, C., Olías, R., Jiménez-López, J. C., & Clemente, A. (2016). Aspectos de las legumbres nutricionales y beneficiosos para la salud humana. *Arbor*, *192*(779). http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2016.779n3003

Des Marchais, L.-P., Foisy, M., Mercier, S., Villeneuve, S., & Mondor, M. (2011). Breadmaking potential of pea protein isolate produced by a novel ultrafiltration/diafiltration process. *Procedia Food Science*, *1*(Icef 11), 1425-1430. https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.211

Díaz, N. (2016). *Desarrollo de un proceso para la obtención de un aislado proteico a partir de la harina de quinua (Chenopodium quinoa) para su evaluación potencial en la industria* [[Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]]. https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16837/1/CD-7416.pdf

Duranti, M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, *77*(2), 67-82. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2005.11.008

Fonseca, E. P. (2019). *Métodos de extração de proteínas em leguminosas* [Universidade Federal de Uberlândia]. https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?

Fuhrmeister, H., & Meuser, F. (2003). Impact of processing on functional properties of protein products from wrinkled peas. *Journal of Food Engineering*, *56*(2-3), 119-129. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00241-8

Gallegos, R., & Polo, I. (2013). Determinación proximal de los principales componentes de seis leguminosas. *infoANALÍTICA*, *1*(1), 103-114. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8382681

García-Mora, P., Plaza-Ibarra, L. A., Loor, H., Alarcón-Olarte, J. X., & Tapia-Bastidas, C. V. (2019). Diseño, construcción y validación de un liofilizador para el secado de muestras de origen alimentario. *17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Industry, Innovation, And Infrastructure for Sustainable Cities and Communities"*.

González-Pérez, S., & Arellano, J. B. (2009). Vegetable protein isolates. En *Handbook of Hydrocolloids* (pp. 383-419). https://doi.org/10.1533/9781845695873.383

González-Torres, L., Téllez-Valencia, A., Sampedro, J. G., & Nájera, H. (2007). LAS PROTEÍNAS EN LA NUTRICIÓN. *Revista salud publica y nutrición*, *8*(2). https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2007/spn072g.pdf

Guerra, D., & Pozo, P. (2018). Análisis proximal y perfil de aminoácidos del aislado proteico del chocho andino ecuatoriano (fabaceae: Lupinus mutabilis). *infoANALÍTICA 6*, *6*(1), 55-66. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7113389

Gunnarsdottir, I., Davidsdottir, B., Worrell, E., & Sigurgeirsdottir, S. (2020). Review of indicators for sustainable energy development. En *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 133, pp. 1-22). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110294 Jaimes, J., Retrepo, D., & Acevedo, D. (2012). Propiedades funcionales de aislados proteicos de leguminosas. *ReCiTeIA*, *11*(2), 21-32. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-Z1IElz4U6sC&oi=fnd&pg=PA23&dq=aislados+proteicos+de+leguminosas+como+el+frejol&ots=BudtG-ClM5&sig=EdXdSy-4wNay4ofviiHc_C9y3IA#v=onepage&q=aislados proteicos de leguminosas como el frejol&f=false

Kaur, M., & Singh, N. (2007). Food Chemistry Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (Cicer arietinum L .) cultivars. *Food Chemistry*, *102*, 366-374. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.05.029

L'Hocine, L., Boye, J. I., & Arcand, Y. (2006). Food Chemistry and Toxicology Composition and Functional Properties of Soy Protein Isolates Prepared Using Alternative Defatting and Extraction Procedures. *Food Chemistry and Toxicology*, *71*(3), C137-C145. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb15609.x

Li, W., Shu, C., Yan, S., & Shen, Q. (2010). *Characteristics of sixteen mung bean cultivars and their protein isolates*. *45*(6), 1205-1211. https://doi.org/10.1111/j.13652621.2010.02259.x

Luengo, C., Paravic, T., & Valenzuela, S. (2016). Causas de subnotificación de accidentes de trabajo y eventos adversos en Chile. *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, *39*(2), 86-92. https://www.scielosp.org/pdf/rpsp/2016.v39n2/86-92

Mercado, J. L., Elías, C. C., & Pascual, G. J. (2015). Obtención de un aislado proteico de torta de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) y evaluación de sus propiedades tecnofuncionales. *Anales Científicos*, *76*(1), 160-167. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6171097

Morales-de León, J. C., Vázquez-Mata, N., Torres, N., Gil-Zenteno, L., & Bressani, R. (2007). Preparation and Characterization of Protein Isolate from Fresh and Hardened Beans (Phaseolus vulgaris L .). *Food Chemistry and Toxicology*, *72*(2), 96-102. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00244.x

Olmedilla Alonso, B., Farré Rovir, R., Asensio Vegas, C., & Martín Pedrosa, M. (2010). Papel de las leguminosas en la alimentación actual. *Actividad Dietetica*, *14*(2), 72-76. https://doi.org/10.1016/S1138-0322(10)70014-6

Peña, S., & Parra, H. (2015). *Diseño y construcción de un liofilizador para el secado de plantas aromáticas* [[Tesis de pregrado, Universidad de Santo Tomás]]. https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2796/Peñasabastian2015.pdf

Puppo, M. C., Lupano, C. E., & Cristina, M. (1995). *Gelation of Soybean Protein Isolates in Acidic Conditions. Effect of pH and Protein Concentration*. *43*(9), 2356-2361. https://doi.org/https://doi.org/10.1021/jf00057a008

Rui, X., Boye, J. I., Ribereau, S., Simpson, B. K., & Prasher, S. O. (2011). Comparative study of the composition and thermal properties of protein isolates prepared from nine Phaseolus vulgaris legume varieties. *Food Research International*, *44*(8), 2497-2504. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.008

Sánchez-Vioque, R., Clemente, A., Vioque, J., Bautista, J., & Millán, F. (1999). Protein isolates from chickpea (Cicer arietinum L.): Chemical composition, functional properties and protein characterization. *Food Chemistry*, *64*(2), 237-243. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00133-2

Semba, R. D., Ramsing, R., Rahman, N., Kraemer, K., & Bloem, M. W. (2021). Legumes as a sustainable source of protein in human diets. *Global Food Security*, *28*, 1-19. https://doi.org/10.1016/J.GFS.2021.100520

Sumner, A. K., Nielsen, M. A., & Youngs, C. G. (1981). Production and Evaluation of Pea Protein Isolate. *Journal of Food Science*, *46*(2), 364-366. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb04862.x

Tamayo, J. (2018). *Evaluación de las actividades antiinflamatoria, antioxidante y antimicrobiana de aislados e hidrolizado proteico de Habichuela baby lima bean (Phaseolus lunatus L.) y su digestibilidad in vitro.* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28384/3/BQ 163.pdf

Tello, A. G. (2018). *Estudio de la actividad antioxidante de aislados proteicos de harina de haba pallar (Phaseolus lunatus L.) y su digestibilidad gástrica y duodenal (in vitro)* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28380/3/BQ 160.pdf

Thompson, L. U. (1977). Preparation and evaluation of mung bean protein isolates. *Journal of food science*, *42*, 202-206. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.13652621.1977.tb01252.x

Ulloa, J. A., Rosas-Ulloa, P., Carmen Ramírez-Ramírez, J., & Ulloa-Rangel, B. E. (2012). Producción de aislados proteicos a partir de subproductos industriales. *Revista Fuente nueva época Año*, *4*(11), 9-15. http://dspace.uan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/899/Producción de aislados proteicos a partir de subproductos industriales.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Urrutia Gutiérrez, W. (2010). *Determinación de parámetros óptimos de extracción alcalina para la-obtención de aislado proteico a partir de tarwi (Lupinus mutabilis)* [[tesis de pregardo, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]]. http://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/311/T_0140.pdf?sequence=1

Vaz Patto, M. C., Amarowicz, R., Aryee, A. N. A., Boye, J. I., Chung, H. J., Martín-Cabrejas, M. A., & Domoney, C. (2015). Achievements and Challenges in Improving the Nutritional Quality of Food Legumes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *34*(November 2014), 105-143. https://doi.org/10.1080/07352689.2014.897907

Villafuerte, F., Pérez, E., Mahfoud, A., Valero, Y., & Pérez Martínez, A. (2019). Obtención de hidrolizados proteicos bajos en fenilalanina a partir de suero dulce de leche y chachafruto (Erythrina edulis Triana). *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*, *69*(1), 25-33. https://doi.org/10.37527/2019.69.1.004

Vioque, J., Sánchez-Vioque, R., Pedroche, J., Del Mar Yust, M., & Millán, F. (2001). Obtención y aplicaciones de concentrados y aislados protéicos. *Grasas y Aceites*, *52*(2), 127-131. https://doi.org/10.3989/GYA.2001.V52.I2.384

ANEXO

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Leguminosas

Las leguminosas se caracterizan por su fruto en forma de legumbre, donde se alojan las semillas, además que han jugado un papel vital en la alimentación desde la antigüedad debido a que se consumen en verde (leguminosas de verdeo) aprovechándose el grano tierno y la vaina (habas y judías), mientras que otras se secan, se desprenden de la vaina y los granos se consumen una vez rehidratados (Olmedilla Alonso et al., 2010). También las leguminosas son importantes ya que sido utilizadas para fijar el nitrógeno en el suelo proteicos gracias a la asociación simbiótica, esto con la finalidad de mejorar la calidad del suelo para otros cultivos (González-Pérez & Arellano, 2009).

Existen al alrededor de 18.000 especies de leguminosas (González-Pérez & Arellano, 2009), entre las más conocidas y consumidas en Ecuador, Estados Unidos, Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay son: habas (*Vicia faba*), las lentejas (*Lens culinaris*), soya (*Glycinemax*), frejol (*Phaseolus vulgaris*), lenteja (*Lens culinaris*), habas (*Vicia faba*), garbanzo (*Cicerarietinum*), arveja (*Pisumsativum*) y chocho (*Lupinus mutabilis*), mismas que destacan por su alto contenido de proteínas que oscila entre el 17 al 40 % según la especia (Caro, 2015; González-Pérez & Arellano, 2009; Jaimes et al., 2012; Tello, 2018)

5.2. Composición química de las leguminosas

Las leguminosas son fuente importante de proteínas, hidratos de carbono de asimilación lenta, minerales (calcio, hierro, cinc), vitaminas, fibra y algunos componentes bioactivos minoritarios (Delgado-Andrade *et al.*, 2016; Olmedilla Alonso *et al.*, 2010) como observa en la tabla 6 **5.2.1. Proteínas**

Las leguminosas se caracterizan por su elevado contenido de proteínas que es superior al de los cereales. Las proteínas que forman parte de las leguminosas son las globulinas y albúminas, donde, las globulinas son consideradas como estructuras de reserva siendo las principales constituyentes proteicas de las leguminosas ya que representan entre el 65 y 80% del total proteico, mientras que las albúminas, se encuentran en menor proporción (15-25 % del total de proteínas) siendo principalmente enzimas y proteínas citoplasmáticas funcionales tales como inhibidores de amilasa y de proteasas, lectinas, entre otras (Delgado-Andrade *et al.*, 2016; Duranti, 2006; González-Pérez & Arellano, 2009).

Las proteínas de las leguminosas se caracterizan por tener niveles bajos de metionina y cisteína mientras el contenido de lisina es elevado, por tanto se estas se complementan con las proteínas de los cereales (Delgado-Andrade *et al.*, 2016).

Tabla 7. Composición nutricional media de las leguminosas de mayor interés de consumo humano

Componentes	Unidades	Judías			Lenteja	Garbanzo	Guisantes verdes	Soja	Haba	Altramuz
		Blancas	Negras	Pintas						
Agua	G	11,02	12,1	11,33	8,26	7,68	78,86	8,54	10,98	10,44
Energía	kcal	341	337	347	352	378	81	445	341	371
Proteína	G	21,6	22,33	21,42	24,63	20,47	5,42	36,49	26,12	36,17
Lípidos totales	G	1,42	1,5	1,23	1,06	6,04	0,4	19,94	1,53	9,74
Carbohidratos	G	62,36	60,75	62,55	63,35	62,95	14,45	30,16	58,29	40,37
Fibra total	G	15,5	15,3	15,5	10,7	12,2	5,7	9,3	25	18,9
Azúcares totales	G	2,12	3,88	2,11	2,03	10 ,7	5,67	7,33	5, 7	-
Minerales										
Ca	mg	123	147	113	35	57	25	277	103	176
Fe	mg	5,02	5,49	5,07	6,51	4,31	1,47	15,7	6,7	4,36
Mg	mg	171	175	176	47	79	33	280	192	198
P	mg	352	407	411	281	252	108	704	421	440
K	mg	1483	1185	1393	677	718	244	1797	1062	1013
Na	mg	5	5	12	6	24	5	2	13	15
Zn	mg	3,65	3,65	2,28	3,27	2,76	1,24	4,89	3,14	4,75
Vitaminas										
Tiamina (B1)	mg	0,900	0,775	0,713	0,873	0,477	0,266	0,874	0,555	0,640
Riboflavina (B2)	mg	0,193	0,164	0,212	0,211	0,212	0,132	0,870	0,333	0,220
Niacina (B3)	mg	1,955	2,188	1,174	2,605	1,541	2,090	1,623	2,832	2,190

Piridoxina (B6)	mg	0,286	0,428	0,474	0,54	0,535	0,169	0,377	0,366	0,357
Ac. Ascórbico (C)	mg	-	-	6,3	4,5	4,0	40,0	6,0	1,4	4,8
Folatos	mg	444	364	525	479	557	65	375	423	355
Filoquinona (K)	mg	5, 6	2, 5	5, 6	5, 0	9, 0	24 ,8	47 ,0	9, 0	-
Lípidos										
Saturados	G	0,366	0,170	0,235	0,154	0,603	0,071	2,884	0,254	1,156
Monoinsaturados	G	0,123	0,128	0,229	0,193	1,377	0,035	4,404	0,303	3,940
Poliinsaturados	G	0,610	0,873	0,407	0,526	2,731	0,187	11,255	0,627	2,439

Fuente: (Delgado-Andrade et al., 2016)

5.2.2. Carbohidratos

Constituyen los componentes principales de las leguminosas, siendo el almidón el carbohidrato mayoritario ya que representa ente el 35 y 45 % del peso seco de la mayoría de las semillas, excepto en soja donde su contenido es bajo y el contenido de lípidos es elevado. Las legumbres presentan adicionalmente un alto contenido en fibra dietética (14-33%) y oligosacáridos como la rafinosa que, junto con otros componentes indigestibles, son responsables de producir flatulencia (Delgado-Andrade *et al.*, 2016; Vaz Patto *et al.*, 2015)

5.2.3. Lípidos

Generalmente las leguminosas tienen bajo contenido de lípidos como las judías y lentejas que poseen valores que oscilan entre 1 y 2%, el garbanzo con niveles del 7-8 % y la soya se caracteriza por el mayor contenido lipídico que es superior al 20%. Los lípidos de las leguminosas se caracteriza por presentar un elevado contenido en ácidos grasos monoinsaturados, en particular ácido oleico, y poliinsaturados, como el linoleico y el αlinolénico (Delgado-Andrade *et al.*, 2016).

5.2.4. Vitaminas y minerales

Entre las vitaminas presentes en la leguminosas están las vitaminas hidrosolubles como son las tiamina, niacina, ácido fólico, sin embargo, también son excelente fuente de minerales como hierro, zinc y calcio (Delgado-Andrade *et al.*, 2016).

5.2.5. Compuestos fitoquímicos

También conocidos como compuestos bioactivos o fitoquímicos que tradicionalmente se han considerado como factores anti-nutricionales, pero de los que en la actualidad se conoce que pueden tener efectos metabólicos y fisiológicos de interés (Olmedilla *et al.*, 2010). Los compuestos fitoquímicos presentes en las leguminosas son las lectinas o fitohemaglutininas, inhibidores de proteasas y proteínas, ácido fítico, taninos, saponinas (Delgado-Andrade *et al.*, 2016)

5.3. Aislados proteicos.

"Los aislados proteicos son la forma comercial más purificada, que se logran eliminando los polisacáridos, oligosacáridos y algunos otros componentes ya sea por: hidrólisis y posterior precipitación, por adición de ácidos minerales, controlando los diferentes parámetros como: el pH, temperatura, solubilidad y otros, que permiten el enriquecimiento de la proteína requerida" (Callisaya Aroa, 2011)

5.3.1. Obtención de aislados proteicos

Para la obtención de aislados proteicos se deben tener en cuenta algunas consideraciones importantes como el material de origen, es decir, la especie, la variación estacional y la etapa de desarrollo del cultivo, la estructura de la materia prima (semillas, hojas, cáscaras, etc.) y el procesamiento previo (González-Pérez & Arellano, 2009).

El primer paso en el aislamiento de proteínas requiere la ruptura de los tejidos o matriz en los que se encuentran contenidas las proteínas, permitiendo ampliar el área de contacto de la solución extractora con las proteínas (González-Pérez & Arellano, 2009). Otro punto importante es partir de harinas desgrasadas mediante distintos métodos, que varían tanto en complejidad como en el producto que se obtiene, es así que lo recomendable es el tratamiento de harinas con solventes orgánicos y/o alcoholes ya que permite eliminar lípidos e hidratos de carbono, dando lugar a concentrados proteicos (Bonino et al., 2016)

El siguiente paso es la preparación de un extracto que contenga la proteína en forma soluble, paso que depende en gran medida de la solubilidad de los distintos componentes de las leguminosas (proteínas, hidratos de carbono, pigmentos, fibras, etc.) en función de las condiciones de trabajo que implica los rangos de temperatura, el pH y la fuerza iónica utilizadas en el proceso. Sin embargo, el pH utilizado no debe ser extremo ya que pueden causar la desnaturalización de proteínas, funcional y reacciones adversas nutricionales. Es así que pH básicos extremos puede provocar la racemización de los aminoácidos, la reducción de la digestibilidad de las proteínas y pérdida de aminoácidos esenciales como la cisteína y lisina, por lo tanto para la extracción de las proteínas de fuentes vegetales, los valores de pH entre 4 y 9 no deberían ser dañinos para las proteínas. Una vez obtenido el extracto proteico, el siguiente paso es la precipitación de la proteínas al cambiar las condiciones del medio para llevar al punto isoeléctrica, lo cual se logra con disolventes orgánicos, adición de sales (método salting-out), reducción de la fuerza iónica (método salting-in), polímeros de exclusión o calentamiento o disminuyendo el pH (GonzálezPérez & Arellano, 2009; Vioque *et al.,* 2001).

La precipitación isoeléctrica es el método más utilizado de precipitación de proteínas, sin embargo, tiene la desventaja que puede conducir a una gran agregación de proteínas y modificación de la solubilidad principalmente causada por interacciones no covalentes. Lo último representa un problema en operaciones a gran escala ya que el uso de ácidos o álcalis concentrados, para reducir los volúmenes de manipulación, puede resultar en la desnaturalización por valores de pH extremos transitorios y locales. Los solventes orgánicos pueden causar la precipitación de proteínas, es así que el uso de mezclas de agua y alcohol es un paso común de concentración, ya que elimina los carbohidratos solubles, los pigmentos, los sabores y las saponinas, sin embargo tiene la desventaja a menudo conduce a la desnaturalización de la proteína, por lo que estos disolventes generalmente se evitan para la recuperación de la proteína intacta (González-Pérez & Arellano, 2009).

Finalmente, los métodos de salado para la recuperación de proteínas apenas se emplean comercialmente porque los costos de recuperación de subproductos son elevados. Sin embargo, los aislados obtenidos por este método tienen un rendimiento comparable a los

producidos por precipitación isoeléctrica, con la ventaja de que se evita la desnaturalización de la proteína (González-Pérez & Arellano, 2009).