

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Aislamiento Proteico de Arveja China (*Pisum sativum L.*) de descarte para su aplicación en un producto alimenticio

Trabajo de graduación presentado por Sara Sofia Vielman Lanza para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos

*Guatemala,*

2023



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Aislamiento Proteico de Arveja China (*Pisum sativum L.*) de descarte para su aplicación en un producto alimenticio

Trabajo de graduación presentado por Sara Sofia Vielman Lanza para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos

*Guatemala,*

2023

Vo.Bo.

(f) 

Msc. Ana Silvia Colmenares

Tribunal examinador:

(f) 

Msc. Ana Silvia Colmenares

(f) 

Msc. María Patricia Palacios Recinos de Palomo

(f) 

Msc. Ana Alicia Paz Pierri de Galindo

Fecha de aprobación del examen de graduación:

(Guatemala, 6 de diciembre de 2023)

## **Prefacio**

Dedico este trabajo a Dios y a la Virgen por haberme dado la oportunidad de llegar a esta etapa de mi vida, por bendecirme con buenas amistades y por darme una familia excepcional. Gracias por darme las fuerzas, sabiduría y herramientas, por enseñarme lo que es el amor y fortalecer mi fe cada día de mi vida. Agradezco a:

### A mi madre

Por amarme incondicionalmente, ser una mujer fuerte y ejemplar, por guiarme y apoyarme, gracias por nunca negarme el perseguir mis sueños. Este logro es tanto tuyo como mío.

### A mis hermanos: Claudia, Pablo y Pedro

Gracias por darme un buen ejemplo desde pequeña, por darme la mano cuando lo he necesitado y cuidarme desde que tengo memoria. Han sido grandes ejemplos a seguir y me enorgullezco de ser su hermana.

### A mis abuelitos y tía: Zoila, Julio, David, Gladys y Elisa

Las palabras nunca me van a alcanzar para agradecerles, su buen ejemplo y guía me han permitido llegar a esta etapa. Especialmente a mi abuelito David, a pesar de que te adelantaste, sé que nunca me has abandonado, gracias por ser el mejor abuelito que la vida me pudo dar. A mi abuelita Gladys, por enseñarme lo que es el trabajo duro y enseñarme el significado de la familia. Espero se enorgullezcan de mí y pueda poner en alto los apellidos que compartimos.

### A mi tío Gonzalo

Gracias por ser una persona que me ha brindado un apoyo incondicional, por ser una persona que ha marcado mi vida. Te estoy eternamente agradecida por ser tan bueno con mi familia, tu apoyo ha marcado una gran diferencia en mi vida.

### A Rodrigo

Gracias de corazón por estar a mi lado durante toda esta etapa, tu apoyo constante, comprensión y ánimos siempre me motivan y mejoran mis días. Saber que tenemos fe uno en el otro y podemos compartir nuestras victorias y derrotas es algo invaluable.

### Al proyecto Aspire

Por permitirme ser parte de este proyecto, facilitarme el conocimiento tanto teórico, como experimental y por apoyarme en cada etapa del proyecto.

### A Msc. Ana Silvia Colmenares

Por ser una gran asesora y siempre estar dispuesta a colaborar y guiarme en esta profesión tan maravillosa. Sus conocimientos y dedicación fueron esenciales para lograr culminar esta etapa.

## Índice

Prefacio .....	V
Listado de cuadros.....	VIII
Listado de figuras .....	X
Listado de ecuaciones .....	XI
Resumen .....	XII
I. Introducción.....	1
II. Antecedentes y Marco teórico .....	3
A. Arveja China ( <i>Pisum Sativum L.</i> ) .....	3
B. Generalidades del cultivo .....	3
C. Valor nutricional.....	4
D. Producción nacional de arveja china .....	5
E. Exportación .....	5
F. Cantidad y motivos de descarte .....	6
G. Aumento de demanda de productos con proteína vegetal.....	8
H. Economía circular para sostenibilidad .....	9
I. Harina de arveja .....	9
J. Aislados proteicos .....	12
K. Obtención de aislados proteicos.....	12
L. Propiedades funcionales de aislados proteicos .....	13
M. Actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos .....	16
III. Justificación .....	18
IV. Objetivos.....	19
V. Metodología.....	20
A. Fase 1.....	21
1. Recepción y limpieza de muestra.....	21
2. Escaldado.....	21
3. Deshidratación .....	21
4. Reducción de partícula.....	21
5. Análisis proximal de harina de arveja china.....	21
B. Fase 2.....	22
1. Aislamiento proteico .....	22
2. Análisis granulométrico del aislado proteico .....	23
3. Cuantificación de proteínas .....	24
4. Determinación de actividad antioxidante .....	24
5. Determinación de contenido de polifenoles .....	24

6.	Análisis proximal aislado proteico .....	24
C.	Fase 3.....	25
1.	Color.....	25
2.	Densidad aparente (D.A).....	25
3.	Índice de solubilidad en agua (ISA) .....	25
5.	Capacidad de gelificación.....	26
6.	Actividad y estabilidad emulsificante.....	27
7.	Capacidad y estabilidad espumante .....	27
8.	Análisis estadístico de resultados.....	28
D.	Fase 4.....	28
1.	Propuesta de producto.....	28
VI.	Discusión y resultados .....	30
VII.	Conclusiones.....	49
VIII.	Recomendaciones.....	50
IX.	Bibliografía.....	51
X.	Anexos.....	57

## Listado de cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Composición química de Arveja China ( <i>Pisum Sativum L.</i> ).....	4
<b>Cuadro 2.</b> Principales exportadores de Arveja China a nivel global en 2021.....	6
<b>Cuadro 3.</b> Composición proximal de harina de arveja china escaldada en base seca (en g %). .....	10
<b>Cuadro 4.</b> Rangos de actividad antioxidante.....	17
<b>Cuadro 5.</b> Métodos para análisis proximal de harina de arveja china.....	21
<b>Cuadro 6.</b> Métodos para análisis proximal del aislado proteico. ....	24
<b>Cuadro 7.</b> Formulación para la alternativa de mayonesa. ....	28
<b>Cuadro 8.</b> Formulación de bebida suplementada con proteína. ....	29
<b>Cuadro 9.</b> Humedades de las vainas sometidas a deshidratación para la elaboración de harina de arveja.....	30
<b>Cuadro 10.</b> Resumen de rendimiento del proceso de elaboración de harina de arveja. ....	30
<b>Cuadro 11.</b> Resultados del análisis proximal de la harina de arveja china (en %) .....	31
<b>Cuadro 12.</b> Resultados de la prueba 1 a la 5 de aislamiento proteico. ....	32
<b>Cuadro 13.</b> Resultados de la cuantificación proteica de las muestras recolectadas durante la prueba 1 a la 5.....	32
<b>Cuadro 14.</b> Resultados de la prueba 6 a la 10 de aislamiento proteico. ....	33
<b>Cuadro 15.</b> Resultados de la cuantificación proteica de las muestras recolectadas durante la prueba 6 a la 10.....	33
<b>Cuadro 16.</b> Resultados de la prueba t de las dos muestras de aislado extraídas. ....	34
<b>Cuadro 17.</b> Resultados de la prueba 11 a la 18 de aislamiento proteico. ....	34
<b>Cuadro 18.</b> Resultados del análisis granulométrico del aislado proteico.....	35
<b>Cuadro 19.</b> Resultados de actividad antioxidante de los sobrenadantes. ....	37
<b>Cuadro 20.</b> Resultados de polifenoles de los sobrenadantes.....	39
<b>Cuadro 21.</b> Resultados de la evaluación de color .....	40
<b>Cuadro 22.</b> Resultados de densidad aparente.....	40
<b>Cuadro 23.</b> Resultados de índice de solubilidad en agua. ....	41
<b>Cuadro 24.</b> Resultados de absorción de agua y aceite.....	42
<b>Cuadro 25.</b> Resultados de capacidad de gelificación.....	42
<b>Cuadro 26.</b> Resultados de actividad y estabilidad emulsificante. ....	43
<b>Cuadro 27.</b> Resultados de capacidad y estabilidad espumante. ....	44
<b>Cuadro 28.</b> Resultados fisicoquímicos de la alternativa de mayonesa.....	46
<b>Cuadro 29.</b> Resultados fisicoquímicos de la bebida suplementada con proteína.....	46
<b>Cuadro 30.</b> Evaluación de bebida suplementada con proteína, según los participantes del grupo focal.....	48
<b>Cuadro 31.</b> Resultados experimentales de la prueba de humedad del análisis proximal de la harina de arveja china. ....	57
<b>Cuadro 32.</b> Resultados experimentales de la prueba de cenizas del análisis proximal de la harina de arveja china. ....	57
<b>Cuadro 33.</b> Resultados experimentales de la prueba de grasa del análisis proximal de la harina de arveja china. ....	57
<b>Cuadro 34.</b> Resultados experimentales de la prueba de proteína del análisis proximal de la harina de arveja china. ....	58

<b>Cuadro 35.</b> Resultados experimentales de la prueba de fibra cruda del análisis proximal de la harina de arveja china. ....	58
<b>Cuadro 36.</b> Resultados experimentales de la prueba de carbohidratos totales del análisis proximal de la harina de arveja china. ....	58
<b>Cuadro 37.</b> Resultados de la prueba 1 a la 5 de aislamiento proteico. ....	59
<b>Cuadro 38.</b> Resultados de la cuantificación proteica del concentrado proteico a pH 4 recolectado en la prueba 1 a la 5. ....	59
<b>Cuadro 39.</b> Resultados de la cuantificación proteica del concentrado proteico a pH 6 recolectado en la prueba 1 a la 5. ....	60
<b>Cuadro 40.</b> Resultados de la prueba 5 a la 10 de aislamiento proteico. ....	60
<b>Cuadro 41.</b> Resultados de la cuantificación proteica del aislado proteico a pH 4 recolectado en la prueba 5 a la 10. ....	61
<b>Cuadro 42.</b> Resultados de la cuantificación proteica del aislado proteico a pH 6 recolectado en la prueba 5 a la 10. ....	61
<b>Cuadro 43.</b> Resultados de la Prueba t de la cuantificación de ambos aislados proteicos elaborado a partir de la herramienta estadística Excel. ....	61
<b>Cuadro 44.</b> Resultados de la prueba 11 a la 18 de aislamiento proteico. ....	62
<b>Cuadro 45.</b> Resultados de las corridas del análisis granulométrico. ....	63
<b>Cuadro 46.</b> Procedimiento llevado a cabo para estimación de actividad antioxidante. ....	64
<b>Cuadro 47.</b> Resultados de antioxidantes en el sobrenadante a pH 4. ....	64
<b>Cuadro 48.</b> Resultados del duplicado de antioxidantes en el sobrenadante a pH 4. ....	65
<b>Cuadro 49.</b> Resultados del análisis de antioxidantes en el sobrenadante a pH 6. ....	66
<b>Cuadro 50.</b> Resultados del duplicado de antioxidantes en el sobrenadante a pH 6. ....	67
<b>Cuadro 51.</b> Procedimiento llevado a cabo para determinación de polifenoles. ....	68
<b>Cuadro 52.</b> Resultados de la curva de calibración para la determinación de polifenoles, con un blanco de 375nm. ....	69
<b>Cuadro 53.</b> Resultados de polifenoles en la muestra de sobrenadante a pH 4. ....	69
<b>Cuadro 54.</b> Resultados del duplicado de polifenoles en la muestra de sobrenadante a pH 4. ....	70
<b>Cuadro 55.</b> Resultados de polifenoles en la muestra de sobrenadante a pH 6. ....	70
<b>Cuadro 56.</b> Resultados del duplicado de polifenoles en la muestra de sobrenadante a pH 6. ....	70
<b>Cuadro 57.</b> Resultados de las pruebas de medición de color al aislado proteico. ....	70
<b>Cuadro 58.</b> Resultados de la evaluación de densidad aparente del aislado proteico. ....	71
<b>Cuadro 59.</b> Resultados de la evaluación de solubilidad en agua. ....	71
<b>Cuadro 60.</b> Resultados de la evaluación de capacidad de absorción de agua. ....	71
<b>Cuadro 61.</b> Resultados de la evaluación de capacidad de absorción de aceite. ....	71
<b>Cuadro 62.</b> Resultados de la evaluación de concentración mínima de gelificación. ....	72
<b>Cuadro 63.</b> Resultados de la evaluación de capacidad emulsificante y estabilidad de emulsionante. ....	72
<b>Cuadro 64.</b> Resultados de la evaluación de capacidad y estabilidad espumante. ....	72
<b>Cuadro 65.</b> Resultados interpretados de las preguntas introductorias del grupo focal. ....	73
<b>Cuadro 66.</b> Resultados interpretados de las preguntas diferenciadoras del grupo focal. ....	74

## Listado de figuras

<b>Figura 1.</b> Representación de daños mecánicos y daños por mal despunte en vainas de arveja china. ....	7
<b>Figura 2.</b> Metodología para aislar y evaluar la proteína de arveja china ( <i>Pisum sativum</i> L.) de descarte y su propuesta de aplicación en un producto. ....	20
<b>Figura 3.</b> Gráfica granulométrica del aislado proteico. ....	36
<b>Figura 4.</b> IC50 en los distintos pH evaluados. ....	38
<b>Figura 5.</b> Polifenoles en los distintos pH evaluados. ....	39
<b>Figura 6.</b> Curva de calibración de ácido ascórbico del sobrenadante a pH 4. ....	65
<b>Figura 7.</b> Curva de calibración del duplicado de ácido ascórbico del sobrenadante a pH 4. ....	66
<b>Figura 8.</b> Curva de calibración de ácido ascórbico del sobrenadante a pH 6. ....	67
<b>Figura 9.</b> Curva de calibración del duplicado de ácido ascórbico del sobrenadante a pH 6. ....	68
<b>Figura 10.</b> Curva de calibración de ácido gálico para la determinación cuantitativa de polifenoles. ....	69
<b>Figura 11.</b> Materia prima empleada para la elaboración de harina. ....	75
<b>Figura 12.</b> Proceso de escaldado de la arveja china. ....	75
<b>Figura 13.</b> Proceso de deshidratación de las vainas de arveja china. ....	76
<b>Figura 14.</b> Vainas de arveja china deshidratadas. ....	76
<b>Figura 15.</b> Harina de arveja china obtenida. ....	77
<b>Figura 16.</b> Fase de solubilización para aislamiento proteico. ....	77
<b>Figura 17.</b> Sobrenadantes obtenidos. ....	78
<b>Figura 18.</b> Preparación de los aislados para liofilización. ....	78
<b>Figura 19.</b> Aislado liofilizado. ....	79
<b>Figura 20.</b> Evaluación de polifenoles y antioxidantes. ....	79
<b>Figura 21.</b> Análisis granulométrico del aislado. ....	79
<b>Figura 22.</b> Evaluación de propiedades funcionales. ....	80
<b>Figura 23.</b> Proceso de elaboración de alternativa de mayonesa. ....	81
<b>Figura 24.</b> Medición de pH en la alternativa de mayonesa. ....	81
<b>Figura 25.</b> Alternativa de mayonesa obtenida. ....	82
<b>Figura 26.</b> Frutas empleadas para la elaboración de la bebida suplementada con proteína. ....	82
<b>Figura 27.</b> Elaboración de la bebida suplementada con proteína. ....	83
<b>Figura 28.</b> Bebidas resultantes. ....	83
<b>Figura 29.</b> Preparación de muestras para el grupo focal. ....	83

## Listado de ecuaciones

<b>Ecuación 1.</b> Fórmula para índice de rechazo. ....	23
<b>Ecuación 2.</b> Fórmula para índice de cernido. ....	23
<b>Ecuación 3.</b> Fórmula para porcentaje acumulado. ....	23
<b>Ecuación 4.</b> Fórmula para D80. ....	24
<b>Ecuación 5.</b> Cálculo para densidad aparente. ....	25
<b>Ecuación 6.</b> Cálculo para índice de solubilidad en agua. ....	26
<b>Ecuación 7.</b> Cálculo para capacidad de absorción de agua y aceite. ....	26
<b>Ecuación 8.</b> Cálculo para actividad emulsificante. ....	27
<b>Ecuación 9.</b> Cálculo de la estabilidad de la emulsión. ....	27
<b>Ecuación 10.</b> Cálculo para capacidad espumante. ....	27
<b>Ecuación 11.</b> Cálculo para estabilidad espumante. ....	28

## Resumen

La arveja china (*Pisum sativum L.*) es un cultivo económicamente importante por su alta productividad y rentabilidad, que genera grandes divisas a los países productores, como Guatemala. En Guatemala se ha estimado que más del 70% de la producción nacional es destinada a exportaciones, constituyéndose como el principal abastecedor el mercado norteamericano y europeo. Un aspecto que ha tomado relevancia los últimos años para este cultivo es que las pérdidas y desechos estimados en la línea de producción han tenido un aumento exponencial.

Por lo que esta investigación busca el aprovechamiento de los descartes de arveja china mediante la extracción y aislamiento de su proteína. Para ello se empleó la precipitación isoeléctrica para aislar la proteína, lo que permitió la obtención de un aislado proteico con 92.4% de proteína. El aislado se evaluó fisicoquímica y funcionalmente, en el que se encontró un potencial de uso en una variedad de productos alimenticios, con base en las propiedades físicas de color y tamaño de partícula. Así como funcionales de capacidad de absorción de agua, actividad emulsificante, estabilidad de emulsión, estabilidad espumante. Adicional a su uso potencial en productos alimenticios, los sobrenadantes de los aislados proteicos demostraron tener aptitud para fines alimentarios debido a su alta actividad antioxidante y contenido de polifenoles.

Por lo tanto, se realizó una revisión de productos existentes en el mercado y recopilación de propiedades funcionales potenciales. A partir de estas, se propuso la elaboración de una alternativa de mayonesa, empleando el aislado de arveja china como emulsionante, en la que se obtuvieron parámetros fisicoquímicos adecuados en base a las normas técnicas nacionales, productos de referencia y estudios previos. Así mismo, se propuso una bebida suplementada con proteína la cual, evaluada fisicoquímica y sensorialmente, se determinó que cumple con los parámetros fisicoquímicos a bebidas evaluadas en estudios previos. Sensorialmente se determinó que los factores de textura, color y sabor agradaron a los participantes.

## I. Introducción

Los países de América Latina y el Caribe han asumido el objetivo No. 12 de desarrollo sostenible, correspondiente a la producción y consumo responsable, la cual propone al año 2030 reducir a la mitad el desperdicio de alimentos. Uno de los mayores productores de arveja china a nivel global es Guatemala, esta leguminosa es cultivada principalmente por pequeños agricultores en el altiplano guatemalteco, con más de 25 mil agricultores.

La arveja china es un alimento altamente nutritivo, rico en proteínas, carbohidratos, fibras, minerales y vitaminas, también se destaca por su contenido de aminoácidos esenciales y vitaminas B y C. El manejo postcosecha y almacenamiento de la arveja china es un punto crítico en la cadena de suministro, pues en esta etapa se registran una gran cantidad de pérdidas, lo que representa un obstáculo significativo para el cumplimiento del objetivo No. 12 de desarrollo sostenible.

Su aprovechamiento puede tener implicaciones en la industria alimentaria para la elaboración de otros productos, lo que reduce aún más el desperdicio de recursos. Además, garantizaría que este alimento nutricionalmente rico esté disponible para su consumo, contribuyendo a la nutrición y seguridad alimentaria de la población. Una estrategia efectiva para aprovechar al máximo la arveja china es la extracción y aislamiento de su proteína mediante precipitación isoeléctrica y evaluar tanto fisicoquímica y funcionalmente el aislado. Esta evaluación abarca la caracterización de propiedades como la composición química, solubilidad, gelificación, emulsificación, absorción de agua, capacidad espumante, entre otras, además de la evaluación de propiedades físicas, como el tamaño de partícula y color.

A partir de estos datos, se pueden desarrollar propuestas de productos que aprovechen la proteína de arveja china de manera óptima, estos productos pueden incluir alimentos fortificados, sustitutos de proteína animal en productos cárnicos, productos de panadería y repostería, en bebidas enriquecidas y mucho más. Para garantizar el éxito de estos productos en el mercado y su aceptación por parte de los consumidores, es esencial llevar a cabo evaluaciones exhaustivas tanto fisicoquímicas como sensoriales, como los son los grupos focales.

El aprovechamiento de la proteína de arveja china no solo diversifica la oferta de alimentos, sino que también contribuye a la sostenibilidad alimentaria y a la reducción del desperdicio de recursos ofreciendo una alternativa nutricionalmente valiosa y respetuosa con el medio ambiente. En un mundo donde la sostenibilidad y la seguridad alimentaria son preocupaciones crecientes, la proteína de arveja china se presenta como una solución prometedora para abordar estos desafíos.

Por lo que en la siguiente investigación se desarrolló una optimización de las condiciones de operación del proceso de aislamiento proteico mediante precipitación isoeléctrica, la medición de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina y aislado proteico de arveja china, que proponen su uso en una alternativa de mayonesa y en una bebida

suplementada con proteína. Propuestas que deben cumplir con parámetros fisicoquímicos y ser evaluadas sensorialmente previo a ser lanzadas al mercado.

## II. Antecedentes y Marco teórico

### A. Arveja China (*Pisum Sativum L.*)

La arveja china (*Pisum sativum L.*) es una planta de la familia Leguminosae, se le conoce también con los nombres de guisante o chícharo. La Palabra proviene del griego Pison, que en inglés medio se convirtió en Pease y posteriormente se acortó a Pea (Guisante en español). Es una leguminosa originaria del Mediterráneo y África Oriental, que crece en altitudes entre los mil y dos mil metros sobre el nivel del mar, prefiriendo climas húmedos y frescos.

Fue uno de los primeros cultivos por los romanos y griegos, expandiéndose por toda Asia y Europa. Los botánicos identificaron las primeras especies que datan de 1,500 diferentes colores y texturas de granos. El fruto es una vaina de color verde y de consistencia carnosa, que debe cosecharse antes que haya formado fibra, es catalogada de comprimida y plana con una longitud de 6-12 cm de largo. Las semillas pueden ser redondas, lisas o rugosas cuando ya están deshidratadas o secas.

### B. Generalidades del cultivo

Es una planta de hábitos trepadores. Según la variedad, presenta alturas comprendidas entre 0.50 m y 1.75 m o más. Los tallos son monódicos, herbáceos y huecos. Las flores son axilares, de color blanco en la mayoría de las variedades (Reynosa, 2018). Respecto al suelo, la arveja china es capaz de adaptarse a distintos tipos de suelo, con una preferencia a los suelos franco y franco arcillosos, fértiles y profundos, drenados y ricos en materia orgánica con un pH de seis a siete. Por ello previo al cultivo de la arveja china, se recomienda la desinfección del suelo contra plagas y enfermedades, también debe desinfectarse la semilla a emplear contra hongos de sol, con el uso de fungicidas apropiados y recomendados con cero residualidad en la etapa de desarrollo y un análisis de suelos.

En Guatemala se cultiva en climas que van de templado a frío, siendo la temperatura donde se obtiene un desarrollo óptimo entre los 15° y 19°C. En un clima con temperaturas muy elevadas el cultivo es susceptible a caída de flores, deshidratación o a un crecimiento o desarrollo irregular. Por el contrario, en climas con temperaturas bajas, se perjudica el crecimiento y disminuye el rendimiento provocando quemaduras e irregularidades en la vaina. Su plantación usualmente es a una distancia de 20 centímetros y se espera su germinación a los 10 días después y la etapa de floración a los 45 días, para un desarrollo vegetativo de entre 45 y 60 días, dependiendo el clima.

En cuanto a las plagas, según agricultores las principales plagas que afectan el cultivo son: Áfidos o Pulgones y el Trips. El pulgón causa cierto daño al alimentarse de las hojas de arveja, pero su principal efecto es la transmisión de virus de plantas infectadas a plantas sanas. En cuanto el trips, los daños que ocasiona en la vaina es una roncha, mancha negra o manchas blancas, se ha registrado que el trips afecta principalmente en la etapa de floración

y con climas cálidos. Para el monitoreo de plagas se deben cumplir las normas de inocuidad y pesticidas.

Existen diferentes variedades que se utilizan en la producción de vainas tiernas, dentro de las más populares se encuentran: Oregon Sugar pod II (enana), esta tiene una gran demanda para consumo fresco o congelado y se caracteriza por su resistencia y tolerancia a diferentes enfermedades. La variedad sp 6 se caracteriza por ser una variedad precoz y de un periodo de cosecha corto. La variedad Mammoth Melting Sugar (gigante) se caracteriza por ser altamente productiva, produciendo vainas grandes aún sin fibra (MAGA, 2014)

### C. Valor nutricional

Esta especie tiene gran importancia en el consumo diario, debido a que posee fuentes importantes de proteínas, carbohidratos, fibras, minerales y vitaminas. Además de presentar un bajo contenido de colesterol, sodio y ser libres de gluten, razón por la cual es consumido por personas que padecen enfermedades como: diabetes, enfermedades celíacas y cardiovasculares (Reyes, 2022).

La arveja es uno de los alimentos que mayor cantidad de carbohidratos y proteínas posee por unidad de peso, destacándose como una importante fuente de sacarosa y aminoácidos, incluyendo lisina (Bernardi, 2015). En su estado natural, es uno de los vegetales más ricos en tiamina (vitamina B1), además de ser una destacada fuente de fibra y vitaminas A, B y C, tal como se observa en el cuadro No. 2 que ejemplifica la composición química de la arveja china cruda según el INCAP.

**Cuadro 1.** Composición química de Arveja China (*Pisum Sativum L.*)

Componente químico presente	Cantidad por cada 100g de muestra
Humedad	88%
Energía	42 kcal
Proteína	2.8 g
Grasa total	0.2 g
Carbohidratos	7.6 g
Fibra dietética	2.6 g
Ceniza	0.56 g
Calcio	43 mg
Fósforo	53 mg
Hierro	2.1 mg
Tiamina (B1)	0.15 mg
Riboflavina (B2)	0.08 mg
Niacina (B3)	0.6 mg
Vitamina C	60 mg
Potasio	200 mg
Zinc	0.27 mg
Magnesio	24 mg
Vit. B6	0.16 mg

(Menchú & Méndez, 2012)

También aporta considerables hidratos de carbono, en su mayor parte complejos como el almidón y pequeña porción de sacarosa. Su contenido de aminoácidos depende de la composición del suelo y aditivos usados en abonos o fertilizantes, no solo dependen de la especie y variedad del grano.

#### **D. Producción nacional de arveja china**

La producción de esta leguminosa en Guatemala puede ubicarse en los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Huehuetenango, Sololá, Jalapa y Quiché, su producción nacional se encuentra distribuida de la siguiente forma: Chimaltenango 69%, Sacatepéquez 21%, Quiché 3%, Baja Verapaz 2% y los demás departamentos de la república suman el 5% restante. Esta producción se centra en los pequeños agricultores de la zona del altiplano, donde se estima que más de 25 mil agricultores de 200 comunidades plantan alrededor de 4,500 manzanas de tierra (MAGA, 2014).

Los actores involucrados en el segmento agrícola son productores de pequeña y gran escala que producen el cultivo y vende su producción a las empresas exportadoras. Las empresas exportadoras controlan el segmento de procesamiento y exportan a través de brokers o directamente a los mercados internacionales. En el país el 90% de la arveja china es cultivada por productores pequeños, relativamente pobres, en fincas a pequeña escala, típicamente menos de 0.7 Has. Se estima que se cultivan alrededor de 11 mil hectáreas de arveja en la actualidad, en su producción también se benefician proveedores de insumos, trabajadores de plantas empacadoras o procesadoras, transportistas, exportadores, telecomunicaciones y agencias de carga.

El cultivo de arveja en Guatemala se divide en dos épocas, siendo la primera en verano, que corresponde a los meses entre enero y marzo, e invierno correspondiente a los meses entre mayo y septiembre. La siembra de arveja china se da en diferentes épocas del año, esto porque las empresas y agricultores programan su siembra durante la época de menos riego de plagas, que ocurre generalmente entre los meses de septiembre y octubre (Reynosa, 2018). Sin embargo, el comité guatemalteco de arvejas y hortalizas declara que en cuanto a la producción y capacidad de exportación Guatemala puede brindar producto de alta calidad durante todo el año debido a la privilegiada ubicación, diferentes microclimas y la variedad de altitudes. Lo que permite a la industria de arveja en Guatemala ofrecer un producto con los mejores estándares de calidad al mercado norteamericano y europeo.

#### **E. Exportación**

El cultivo de arveja china en Guatemala ha adquirido importancia en las exportaciones como cultivo no tradicional, ya que para Estados Unidos se exporta el 85% de la producción, el 12% para Holanda y Reino Unido, y el 3% al resto del mundo. Los mayores productores a grandes masas de arveja china a nivel global son Guatemala, Kenia, Perú (específicamente en valles de Chancay, Casma y Guara), Zimbabue, Zambia y China.

El monto de las exportaciones en la actualidad está arriba de los 40 millones de libras, abasteciendo el 70% del mercado europeo y Norte Americano. Durante el 2012, en la Unión Europea se importaron más de 22.350 toneladas de arveja china, siendo los principales proveedores por su orden en toneladas: Guatemala con 7.323, Kenia con 5.328, Zimbabue con 2.686 y Perú con 2.488. Ningún otro país de la región tiene registradas exportaciones a la UE para este producto (MAGA, 2014).

**Cuadro 2.** Principales exportadores de Arveja China a nivel global en 2021.

<b>País</b>	<b>Participación en valor de exportación</b>	<b>Participación en importación</b>	<b>Valor de exportación (en millones)</b>
1.Guatemala	18.72%	0.01%	\$87.99
2.Holanda	16.41%	15.68%	\$77.15
3.Estados Unidos	13.11%	21.35%	\$61.62
4.Perú	10.14%	0.4%	\$47.65
5.Francia	6.26%	4.28%	\$29.41
6.Mexico	5.73%	1.34%	\$26.96
7.China	4.86%	0.11%	\$22.84
8.Zimbabue	3.09%	-	\$14.54
9.Kenya	2.72%	0.07%	\$12.79
10.Alemania	2.06%	6.02%	\$9.66

(Castro, 2022)

El mayor competidor de Guatemala es Perú, no solo por el hecho de que produce a grades masas, sino también porque comparten destinos similares de exportación. Cabe destacar que países como Estados Unidos, Holanda, Francia, México y Alemania, importan el producto de países productos como Guatemala y producen en menor cantidad producto propio, distribuyen ambas cantidades para mercado local y para exportaciones propias, acto denominado como reexportación (Castro, 2022)

## **F. Cantidad y motivos de descarte**

Los alimentos se desperdician a lo largo de la cadena de suministro de alimentos, desde la producción agrícola inicial hasta el consumo final en el hogar. Aproximadamente un tercio de las partes comestibles de los alimentos producidos para el consumo humano se pierde o desperdicia, lo que representa alrededor de 300 millones de toneladas al año (FAO, Pérdidas y Desperdicio de Alimentos en el Mundo, 2011). En los países en vías de desarrollo, los alimentos se pierden principalmente durante las primeras etapas y etapas intermedias de la cadena de suministro de alimentos y se desperdician muchos menos alimentos en el consumo. En la frontera del sistema en la cadena de suministro de la arveja china se han estimado las pérdidas y el desperdicio de esta principalmente por el manejo postcosecha y almacenamiento.

Estas pérdidas son debidas a derrames y al deterioro de los productos durante el manejo, almacenamiento y transporte entre la finca de explotación y distribución. Los daños por pérdidas postcosecha son:

- i. *Daños por despunte:* causados al realizar una mala manipulación al momento de retirar la vaina de la planta, quebrando de esta manera la punta de la vaina, aspecto no atractivo para los consumidores.
- ii. *Daños mecánicos:* este daño es ocasionado por dejar las vainas caer bruscamente en las cajas o bolsas cosechadoras, lo que ocasiona rose en las vainas, provocando daños en la superficie de estas.
- iii. *Daños por transporte y almacenamiento:* se dan al momento de trasladar la arveja china desde la finca de explotación hasta el punto de distribución, usualmente se emplean camiones expuestos al ambiente sin temperatura controlada, por lo que al demorarse en la ruta por motivos externos o al incrementar la temperatura del ambiente, puede ocasionar la deshidratación y daños a las vainas.

**Figura 1.** Representación de daños mecánicos y daños por mal despunte en vainas de arveja china.



Fuente: (Propia, 2023)

También en menor escala, se han registrado daños en las primeras etapas de la cadena de suministro, debido a niveles mayores a los permitidos en cuanto a pesticidas, al realizar los análisis de laboratorio de las cosechas, estos indican si en ellas existe algún residuo químico, este aspecto no es aceptable por empresas exportadoras. Cabe recordar que las pérdidas de cosechas representan también pérdidas de mano de obra, tiempo empleado para el mantenimiento o del cultivo, así como insumos entre los que se encuentran los agroquímicos, agua, semillas, uso del suelo y desgaste de los nutrientes de este (Crespo, 2012).

Estas pérdidas por manejo postcosecha y almacenamiento registradas, se sustentan según la FAO. Pues ha registrado que se han dado pérdidas y desperdicio de alimentos per cápita de 200 kg/año en el área de producción para el comercio minorista, esta área incluye

el manejo postcosecha y almacenamiento previamente mencionados. También da demostrado que las pérdidas per cápita de alimentos en países industrializados son tan altas como en los países en desarrollo, pero se diferencian en que los países en vías de desarrollo más del 40% de las pérdidas de alimentos se produce en las etapas de postcosecha y procesamiento. Mientras que en los países industrializados más del 40% de las pérdidas de alimentos se produce en la venta minorista y el consumo (FAO, Pérdidas y Desperdicio de Alimentos en el Mundo, 2011).

Se reconoce que, para las regiones productoras de productos agrícolas, como lo es la arveja china, la producción, el manejo postcosecha y almacenamiento son las etapas de la cadena de suministro de alimentos con relativamente mayores pérdidas de alimentos. Esto se debe, entre otros, a que las raíces frescas y los tubérculos son perecederos, lo que los convierte en productos que se estropean con facilidad durante las actividades de la cosecha y postcosecha, especialmente en climas cálidos y húmedos, como lo son los países productores de arveja china (FAO, Pérdidas y Desperdicio de Alimentos en el Mundo, 2011). Otro aspecto que tomar en cuenta es que, en las áreas de cultivo se realiza una clasificación postcosecha, basada en el tamaño del fruto, color y forma. Cuando los cultivos de arveja china no cumplen con la primera y segunda calidad, es empleado para alimentación de animales o desechado, incrementando las cifras de desechos.

### **G. Aumento de demanda de productos con proteína vegetal**

La ingesta adecuada de proteínas resulta crucial para el óptimo funcionamiento del organismo. Según su fuente, las proteínas pueden ser de origen animal o vegetal. Las proteínas de origen animal son una fuente significativa de zinc, hierro, vitaminas del complejo B y aminoácidos esenciales. Sin embargo, actualmente la principal fuente de proteínas y la más explotada en el mundo es la de origen animal, pero el consumo de esta tiene implicaciones sobre la salud, como lo son los problemas cardiovasculares y la obesidad. Además, se ha registrado que los subproductos de ganado son los responsables del 51% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Murillo R. , 2020).

La relación existente entre la pobreza y la inseguridad alimentaria es estrecha y significativa. Siendo la pobreza la principal causa de la inseguridad alimentaria, específicamente en países en vías de desarrollo como Guatemala. La clave fundamental se localiza, en si las personas pueden comprar los alimentos disponibles en cantidades suficientes para poder disfrutar de una alimentación adecuada. La carencia de acceso puede ser económica (altos precios de alimentos saludables y la pobreza) y física (deficientes vías de acceso o infraestructuras).

En Guatemala el 77% de las familias tienen una dieta pobre o inadecuada, debido al acceso limitado, la disponibilidad estacional de algunos alimentos, creencias culturales o sesgos de género. Estos se caracterizan comúnmente por un alto consumo de cereales (maíz) y un bajo consumo de alimentos de origen animal. Una gran proporción no tiene acceso a alimentos con alto contenido de hierro, zinc y vitamina B12, especialmente proteínas de origen animal, debido a sus costos (ANI, 2017).

Guatemala ostenta en la actualidad uno de los cuadros más elevados de inseguridad alimentaria mundialmente debido a la incapacidad de acceso. La mayor parte de la malnutrición en países en desarrollo se debe al consumo insuficiente de proteína y energía, que a menudo se asocia con enfermedades infecciosas (FAO, Producción y seguridad alimentaria, 2016). Por lo que el requerimiento de fuentes proteicas vegetales ha ganado demanda en el mercado. El consumidor actual busca alimentos saludables, naturales y exige que éstos sean medioambientalmente sostenibles, la industria debe satisfacer estas demandas, pero sin olvidar que los nuevos alimentos deben cubrir las expectativas en cuanto a cualidades organolépticas y sabor (Murillo R. , 2020).

## **H. Economía circular para sostenibilidad**

El modelo de economía lineal, bajo el cual se rige actualmente la mayoría de la producción y consumo, ha sobrepasado la explotación de los recursos naturales, comprometiendo su capacidad de renovación. Este ha estado vigente a lo largo del tiempo y tiene como características adquirir, utilizar y desechar los materiales que forman parte de esta cadena, incluidos los alimentos (Preciado, Ruiz, Villegas, Domínguez, & González, 2022). A partir de esta necesidad es que se requiere un cambio de este modelo lineal, hacia nuevos modelos productivos que reduzcan la contaminación medioambiental y generar desarrollo económico y bienestar social.

Un modelo de economía circular (EC) debe ser constituyente y regenerativo, de manera que los productos, componentes y materiales en todos sus niveles se mantengan altos, y se pueda convertir a los materiales que antes eran descartados, en un recurso para la creación de nuevos productos. Durante la última década, el consumo de materias primas ha alcanzado un ritmo que comprometerá la capacidad del planeta si no se consigue frenar o cambiar el actual modelo lineal de producción y consumo y la EC se presenta como alternativa a esta problemática, pues genera prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible (Preciado, Ruiz, Villegas, Domínguez, & González, 2022).

La economía circular se ha convertido en una opción viable para lograr un cambio integral en función de un problema global y conocido, como lo es lograr un desarrollo sostenible. Implica que los bienes y servicios desarrollados por empresas se diseñen de una manera eco-innovadora que permita una producción y usos sostenible (Prieto, Jaca, & Ormazabal, 2017). Para la actualidad abre nuevas oportunidades de negocios, más eslabones dentro de cadenas de valor mucho, más largas, desafía la innovación de todo tiempo y estimula el surgimiento de nuevos modelos de negocio.

## **I. Harina de arveja**

La harina de arveja (*Pisum sativum L.*) es una fuente proteica de relativos bajo costo y escasamente empleada el desarrollo de productos de consumo masivo. Se ha demostrado que su incorporación a harina de trigo, para la producción de productos panificados es una buena alternativa para complementar un perfil de aminoácidos. En los últimos años,

mundialmente ha aumentado el interés en el uso de arveja china en productos con valor agregado. La harina de arveja ha presentado un contenido de proteína promedio del 14.94% en estudios anteriores, este valor se aproxima a lo declarado por la Fao, la cual establece que la harina de arveja contiene aproximadamente 19% de proteínas, también ha declarado que en promedio contiene 79.10% en base al libro de Badui (Vallejos, 2018).

La arveja china resulta de interés desde su punto de vista nutricional, por su contenido de proteínas, hidratos de carbono complejos, fibra dietaria, minerales, vitaminas y compuestos antioxidantes. Esto puede sustentarse mediante su composición proximal, la cual se detalla a continuación, en la cual su contenido proteico, de carbohidratos, fibra cruda y cenizas (minerales inorgánicos) destacan al estar en mayor proporción porcentual. Estos resultados inducen que es un alimento completo y con grandes beneficios nutricionales.

**Cuadro 3.** Composición proximal de harina de arveja china escaldada en base seca (en g %).

Humedad	10.8 ± 0.12
Proteína	24.2 ± 1.9
Carbohidratos totales	59.6 ± 2.21
Fibra Cruda	9.3 ± 0.8
Grasa	1.57 ± 0.15
Cenizas	3.71 ± 0.01

(Bressani, Rodas, Colmenares, & Cifuentes, 2019)

La harina de arveja es una fuente relativamente barata de proteínas y es fácil de producir, siendo además un producto que aún no se ha explotado en el mercado (Alasino, y otros, 2008). Para su elaboración se requiere:

- i. **Escaldado:** si bien el consumo de alimentos mínimamente procesados es recomendable, su estabilidad, sin embargo, es limitado. El escaldado es un proceso térmico aplicado a frutas y hortalizas, antes de ser congelados, deshidratados o enlatados. Busca principalmente la destrucción de enzimas que afectan color, sabor y contenido vitamínico de frutas y hortalizas (Ram171). Para optimizar este proceso se utilizan enzimas indicadoras, las cuales, sirven para comprobar la eficiencia del proceso, ya que al ser inactivadas durante el tratamiento térmico demuestran que éste se ha realizado de manera eficiente. La enzima peroxidasa (POD) es la más utilizada como indicadora del proceso de escaldado principalmente a su alta resistencia térmica y a su facilidad para ser cuantificada (Mendoza & Herrera, 2012). Industrialmente, la técnica de escaldado más ampliamente usada es la de inmersión del alimento en agua a temperaturas entre 70-100°C.

Dentro de los parámetros a tener en cuenta durante el proceso de escaldado, es la textura, la cual es un atributo de calidad que influye en la preferencia del consumidor y puede tomarse como índice de deterioro durante el procesamiento y manipulación de alimentos, ya que sufren cambios durante la aplicación de tratamientos térmicos debido

principalmente a gelatinización de almidones y solubilización de sustancias pépticas, provocando la pérdida de firmeza del tejido vegetal (Pinchao, Andrade, & Oswaldo, 2016). Otro factor vital en el proceso de escaldado es que cuando los alimentos se someten a tratamientos térmicos, estos desarrollan distintas tonalidades de color, debido a cambios químicos inducidos por las distintas condiciones de procesamiento, en las cuales destacan las altas temperaturas. Tomando en cuenta estos aspectos, se debe optimizar el proceso de escaldado.

- ii. **Deshidratación:** los vegetales pueden ser conservados por disminución del contenido del agua de composición, a procesos tales como la concentración, criodeshidratación, deshidratación o desecación. El término de deshidratación se reserva para cuando el proceso de evaporación de agua es forzado y asistido (Gascón, Muravnick, & Adreuccetti, 2013). La deshidratación o desecado de cualquier sólido consiste en separar un líquido de un sólido por evaporación, en la industria alimentaria se suele hablar de deshidratación para la eliminación casi completa del agua de estos en forma de vapor bajo condiciones de temperaturas controladas.

Los mecanismos de secado se basan en cuando el aire caliente entra en contacto con un alimento húmedo, su superficie se calienta y el calor transmitido se utiliza como calor latente de evaporación, con lo que el agua que contiene pasa a estado de vapor. El vapor de agua, que atraviesa por difusión la capa de aire en contacto con el alimento, es arrastrado por el aire en movimiento, generándose sobre él una zona de baja presión y creándose entre el aire y el alimento un gradiente de presión de vapor. Este gradiente proporciona la fuerza impulsora que permite eliminar el agua (Murillo C. , 2007).

En la deshidratación de convección la capacidad del aire para eliminar el agua de un alimento depende de su temperatura y del agua que contiene este. El proceso implica en hacer pasar alrededor del alimento una corriente de aire caliente la cual elimina el agua que se encuentra dentro y en la superficie del alimento, durante este proceso se debe tomar en cuenta que cada alimento tiene sus características especiales de trabajo y que los índices de difusión del agua varían, esto explica porque otros alimentos tardan más en secarse que otros (Murillo C. , 2007). La deshidratación por convección es el proceso menos complejo y de los más baratos, por ello es ampliamente aplicable en la industria.

- iii. **Molienda y tamizado:** la molienda es una operación unitaria que reduce el volumen promedio de las partículas de una muestra sólida. Generalmente se habla de molienda cuando se tratan partículas de tamaños inferiores a 1 pulgada o su equivalente en centímetros 2.54 centímetros. El proceso de molienda seca consiste en la reducción del tamaño del grano a humedad aproximada de 16% y su posterior cernido

y clasificación a fin de separar las diferentes fracciones (Ponce, 2015). Posterior a la molienda se realiza el análisis granulométrico, este es un procedimiento que consiste en separar las partículas finas de las partículas más grandes mediante mallas de diferente tamaño. Este método es uno de los más antiguos empleados en las industrias para la caracterización del tamaño de las partículas (Carcelén & Cedeño, 2022).

## **J. Aislados proteicos**

Las proteínas vegetales constituyen una fuente de nutrientes e ingredientes funcionales de interés y presentan amplia versatilidad en cuanto a sus características fisicoquímicas. Las proteínas son biopolímeros formados por unidades sencillas llamadas  $\alpha$ -aminoácidos a través de enlaces peptídicos. Los aislados proteicos son las preparaciones de proteínas de mayor pureza y se obtienen por extracción alcalina seguida de una precipitación isoelectrónica, o por micelización, solubilizando las proteínas en medios de alta fuerza iónica y diluyendo lo que permite la precipitación de las proteínas (Bonino, y otros, 2016).

El Codex alimentario define como productos proteicos vegetales a los aislados concentrados proteicos que pueden ser utilizados en la industria alimentaria. Para lo cual, se considera la clasificación de aislado proteico cuando el porcentaje de proteína es mayor al 90%, se considera un concentrado proteico cuando el porcentaje de proteínas esta entre el 65 a 90% y se considera harina proteica cuando el porcentaje de proteína está entre 50 a 65% (Vallejos, 2018).

Un aislado proteico es un material caracterizado por contener al menos el 90% de proteínas, si se considera que las materias primas, a partir de las cuales se obtiene un aislado proteico, contiene una proporción mucho menor al 90% de proteínas, entonces el proceso de producción de un aislado proteico debe consistir en una concentración y/o purificación de la proteína de la fuente hasta lograr un valor del 90% (Ulloa, Rosas, Ramírez, & Ulloa, 2012).

## **K. Obtención de aislados proteicos**

Para la obtención de productos proteicos, existen diferentes metodologías, el método de extracción, así como las condiciones en las que se realiza (pH, temperatura, contenido de sales) puede afectar la funcionalidad de las proteínas ya que se altera no solo su estructura (conformación y carga superficial), sino también su composición, lo cual en conjunto lleva a obtener productos con diferentes funcionalidades (Avanza, Quiroga, & Chavez, 2022).

Para lograr un aislado proteico, existen tres etapas que conforman el proceso de producción de un aislado proteico:

- i. Etapa de extracción:** esta define la eficiencia del proceso de recuperación de proteína, consiste en generar las condiciones para maximizar la solubilidad de los polímeros. Los factores influyentes en esta etapa son: Proporción entre solvente, la cual es generalmente agua, y la fuente proteína. La temperatura de extracción y el pH del medio

(Ulloa, Rosas, Ramírez, & Ulloa, 2012). En cuanto a la proteína de arveja, se ha determinado su pH de solubilidad en 8 en estudios posteriores.

- ii. **Etapa de concentración y/o purificación:** el extracto proteico se somete a la segunda etapa, en esta, pueden aplicarse tres métodos, de los cuales dos son del tipo fisicoquímico y otro de tipo físico. Todos son derivados de la manipulación de propiedades de las proteínas. Para la precipitación isoeléctrica, el extracto proteico se ajusta a un valor de pH definido, punto isoeléctrico, para favorecer la precipitación de proteínas. Con esto se generan dos fases: un suero, el cual contiene otras sustancias indeseables solubles a ese valor de pH, con una pequeña fracción de proteína. Mientras el coágulo se compone fundamentalmente de proteínas.

En cuanto a la precipitación por salado, el extracto se expone a una sal neutra, lo que provoca que se formen dos fases, un suero y un coágulo, al igual que en la precipitación isoeléctrica. En cuanto a la purificación física, esta se realiza exponiendo los extractos proteicos a una membrana a través de un sistema de ultrafiltración, generándose el retenido, que es el extracto, y el permeado que es agua y otros solutos (Ulloa, Rosas, Ramírez, & Ulloa, 2012).

- iii. **Etapa de secado:** Para obtener un aislado proteico en polvo o extractos purificados o concentrados obtenidos, se les debe eliminar la mayor cantidad de agua posible. El método mayormente empleado para la eliminación de agua de los extractos proteicos generalmente es la deshidratación, la cual puede ser por liofilización o secado por aspersión.

La liofilización, es un proceso en el que se congela el producto y posterior a esto se introduce a una cámara de vacío para realizar la separación de agua por sublimación. Esta es una técnica costosa y más lenta, pero genera productos de mayor calidad, pues al no emplear calor evita las pérdidas nutricionales, sensoriales y funcionales. En cuanto al secado por aspersión, los extractos proteicos son expuestos en forma de una nube, a una corriente de aire seco y caliente en una cámara de secado lo que permite la rápida evaporación del agua, lo que provoca la formación inmediata de partículas de polvo del aislado proteico (Ulloa, Rosas, Ramírez, & Ulloa, 2012).

## **L. Propiedades funcionales de aislados proteicos**

Los aislados proteicos desde extraídos de fuentes no convencionales podrían tener un alto valor como ingrediente funcional o en nutrición para fortificación de alimentos o en aplicaciones para cosméticos y farmacéuticos. Las proteínas vegetales aisladas pueden tener

un alto valor como ingredientes funcionales, sin embargo, en la actualidad solo las de soja son ampliamente usadas. Mundialmente los aditivos proteicos se adicionan a los alimentos para aumentar sus características funcionales, nutricionales y económicas (Martínez, Medina, & Zambrano, 2011).

Las propiedades funcionales afectan las características sensoriales de los alimentos o ingredientes durante su preparación, procesamiento y almacenamiento. Los beneficios funcionales incluyen la emulsificación, formación de espuma, gelación, incremento de viscosidad, sabor, textura, absorción de grasa y agua.

- i. **Solubilidad proteica:** el perfil de solubilidad de las proteínas es un indicador que ayuda a la comprensión del grado de desnaturalización y precipitación que pudieran haberse producido durante el proceso de refinamiento. También es un índice de la clase de alimentos y bebidas en los que la proteína podría ser incorporada. La alta solubilidad en aislados de leguminosas con pH ácido, indica que pueden ser utilizados para la formulación de alimentos ácidos. Por ejemplo: bebidas carbonatadas ricas en proteínas, esto porque la solubilidad de las proteínas afecta en gran medida a otras funciones, como la emulsificación, formación de espuma y la congelación (Morales, Restrepo, & Acevedo, 2012).

Mientras que, para un pH de 5, la solubilidad de los aislados proteicos presentan una fuerte disminución. Este efecto es indicador que al pH mencionado las proteínas de las fuentes donde se extrajeron manifiestan el punto de precipitación, lo que se debe a que estas proteínas forman agregados a pH cercanos a su punto isoelectrico, que normalmente está entre 4 y 5. Sin embargo esta propiedad, se puede mejorar mediante la adición de conjugados de caseinato de sodio con maltodextrina.

En general la solubilidad de distintos aislados se reduce a medida que llega a valores cercanos de pH de su punto isoelectrico, seguido por un aumento progresivo de la solubilidad a medida que aumenta el pH (Morales, Restrepo, & Acevedo, 2012). Se han observado comportamientos similares por distintos autores para frijol y garbanzo.

- ii. **Absorción de agua y aceite:** la absorción de agua y aceite son importantes características funcionales que afectan la calidad del alimento. La absorción de agua mejora la textura del alimento, aunque altos niveles de absorción de agua no siempre son positivos, ya que un material con una alta capacidad de absorción de agua deshidrata otros componentes del sistema. La absorción de aceite es también un parámetro positivo, ya que la grasa absorbida protege frente a la desnaturalización térmica (Goncalvez, Vioque, Sánchez, Juan, & Millán, 1997).

- iii. **Capacidad de formación e índice de estabilidad de espuma:** las espumas son formadas por una fase continua acuosa y una fase dispersa gaseosas (aire). Muchos alimentos procesados son espumas, entre ellos la crema batida, helados, merengues, etc. En la mayor parte de estos productos, los principales agentes con actividad de superficie que permiten la formación de la espuma y la estabilizan son las proteínas. Las espumas estabilizadas por proteínas suelen formarse por burbujeo, batido o agitación de una disolución proteica. Las propiedades espumantes de las proteínas derivan de su capacidad de formar una película delgada y tenaz en la interfase gas-líquido, lo que permite la incorporación y estabilidad de múltiples burbujas de gas (Morales, Restrepo, & Acevedo, 2012).

El poder espumante suele aumentar con la concentración de proteínas, hasta alcanzar un valor máximo. También se ve afectado por el método de formación de espuma, el poder espumante de una determinada concentración de proteína se suele utilizar como base para la comparación de propiedades espumantes de diversas proteínas. Se ha demostrado en estudios, las espumas estabilizadas por proteínas son más estables al punto isoeléctrico de estas que algún otro tipo de espuma (Morales, Restrepo, & Acevedo, 2012).

- iv. **Propiedades de emulsificación:** algunos alimentos de consumo diario, como la mayonesa y las salsas para ensaladas son emulsiones aceite en agua. Si se consideran los ingredientes de estas formulaciones, el emulsionante seleccionado tiene un rol importante es estos productos, pues confiere a las emulsiones la estabilidad requerida, mediante la formación de una barrera protectora alrededor de las gotas de aceite determinado las propiedades de la película interfacial de la que forman parte (Morales, Restrepo, & Acevedo, 2012). En la formulación de emulsiones alimentarias de tipo mayonesa o salsas, se ha empleado tradicionalmente yema de huevo como emulsionante.

Sin embargo, debido a la tendencia actual del consumidor a eliminar de su dieta productos que contengan colesterol, en los últimos años se están estudiando emulsionantes alternativos. Entre los sustitutos del huevo, destacan las proteínas de origen tanto vegetal como animal. Se ha usado proteínas de soja, seroalbúmina bovina (BSA), proteínas de guiso, proteínas de altramuz y caseinato sódico (Morales, Restrepo, & Acevedo, 2012).

- v. **Concentración mínima de gelificación:** un gel es una fase intermedia entre un sólido y un líquido, la gelificación se logra al entrecruzar un polímero mediante uniones covalentes o no covalentes, para formar una red capaz de atrapar moléculas del solvente y sustancias de bajo peso molecular. La gelificación proteica consiste en la formación de una red tridimensional inmersa en un solvente, agua, que exhibe cierto grado de

orden a causa de las interacciones moleculares proteína – proteína y proteína – agua.

El conjunto de estas interacciones proteína - proteína y proteína – agua mantiene separadas a las cadenas polipeptídicas favoreciendo la formación de una matriz distribuida ordenadamente en el espacio capaz de retener el agua. El estudio de las propiedades gelificantes es de importancia en la industria, debido a que la formación de un gel proteico está vinculada con características típicas de los alimentos como textura, rendimiento calidad de productos como el yogurt, tofu, salsas, embutidos, etc.

La capacidad de gelificación es uno de los factores más importantes tanto en la elaboración de nuevos productos como en el desarrollo de productos análogos como los sustitutos de carne o lácteos. La gelificación no solo se emplea para formar geles sólidos viscoelásticos, sino también para mejorar la absorción de agua, efectos espesantes, adhesión y estabilizar emulsiones y espumas (Peyrano, 2018).

### **M. Actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos**

Una de las áreas más prometedoras para el desarrollo de alimentos funcionales se fundamenta en la posibilidad de modular los sistemas redox y antioxidante del organismo. Por ello, en la actualidad muchos alimentos funcionales tienen como finalidad incrementar el aporte antioxidante naturales de la dieta. La adición de extractos vegetales ricos en compuestos fenólicos ha sido propuesta como una propuesta factible para el desarrollo de alimentos funcionales con una actividad antioxidante incrementada (Soler, 2009).

A nivel industrial se ha observado la tendencia del uso excesivo de antioxidantes sintéticos incorporados en los alimentos, sin embargo, muchos de estos han sido restringidos por su potencial de riesgo que representan para la salud humana. Por lo que se ha incrementado el interés de encontrar sustancias de origen natural con características antioxidantes. Existen compuestos con dicha actividad, tales como los compuestos fenólicos, además de algunas proteínas, péptidos y aminoácidos.

Las proteínas poseen una capacidad para inhibir la oxidación mediante la acción de distintos residuos de aminoácidos y secuencias de péptidos que participan en las reacciones de oxidación en las que están involucradas distintas especies oxidantes y ambientes moleculares, lo que los convierte un componente de los sistemas alimentarios al representar un medio de defensa antioxidante en tejidos biológicos (Teniente, y otros, 2019).

El IC50 estima para determinar la concentración de la muestra requerida para inhibir el 50% de los radicales, cuanto menos sea el valor de IC50, mayor será la actividad antioxidante. De acuerdo con estudios, los extracto que contengan un IC50 en el rango de 10-50 mg/ml son considerados de contener una actividad antioxidante alta, los que se encuentren en el rango de 50-100 mg/ml contienen una actividad intermedia y, por último, aquellos extractos que presenten un IC50 mayor a 100 mg/ml poseen una actividad baja.

**Cuadro 4.** Rangos de actividad antioxidante.

<b><i>IC</i><sub>50</sub>(mg/ml)</b>	<b>Indicador</b>
10-50	Actividad antioxidante fuerte
50-100	Actividad antioxidante intermedia
>100	Actividad antioxidante débil

(Jadid, y otros, 2017)

El estudio de los compuestos fenólicos en alimentación se ha centrado, por una parte, en la contribución a las propiedades organolépticas como el color y el amargor. Por ejemplo, una concentración alta de derivados de oleuropeína en el aceite de oliva virgen potencia los atributos amargo y picante. Por otro lado, en la participación en los procesos de oxidación durante la producción y conservación. Por ello aceites, como el aceite de oliva con alto contenido de compuestos fenólicos están especialmente protegidos de la oxidación.

Sin embargo, la principal razón de su incremento de estudio es su contribución a la mejora de la salud. Se ha comprobado que algunos compuestos fenólicos ingeridos con la dieta habitual pueden tener implicaciones en la salud humana, específicamente en la reducción de la incidencia de enfermedades cardiovasculares y de algunos tipos de cáncer (Soler, 2009).

### III. Justificación

La arveja china (*Pisum Sativum L.*) es un cultivo de mucha importancia para Guatemala, y aunque su consumo dentro de la población guatemalteca es escaso, su demanda a escala internacional la ha convertido en un cultivo de exportación, capaz de generar gran cantidad de divisas a los países productores. Actualmente, Guatemala ocupa el primer lugar como exportador de arveja china en el mundo, seguido de manera descendente: México, República Dominicana, Zimbawe, Zambia y Honduras (Calderón, Dardón, Márquez, & Del Cid, 2000).

A pesar de la alta producción de Arveja China en Guatemala se han registrado pérdidas económicas para los productores debido al mal transporte o a los valores más altos de pesticidas permitidos (Castro, 2022). Esto ha llevado a un desperdicio masivo, lo que se traduce como un incumplimiento o retraso en varios de los objetivos de desarrollo sostenible asumidos por países en América Latina y el Caribe, como lo es el objetivo de desarrollo sostenible No. 12 correspondiente a la producción y consumo responsable.

Simultáneamente se ha observado un creciente interés en la búsqueda de alternativas alimentarias más sostenibles y en línea con las tendencias de consumo consciente. La demanda de proteína vegetal y alimentos sustentables ha experimentado un notorio aumento en respuesta a las preocupaciones medioambientales y de salud, así como a la creciente conciencia sobre la importancia de una dieta equilibrada y respetuosa con el planeta (Ozbek & Bilek, 2018).

Esta tendencia de consumo de proteínas vegetales y alimentos sostenibles plantea un desafío importante en términos de desarrollo de productos y procesos que cumplan con los estándares de calidad, sabor y nutrición esperados por los consumidores.

En este contexto, esta investigación se enfoca en abordar la creciente demanda de alimentos basados en proteína vegetal y sostenibles, explorando métodos de desarrollo y optimización que contribuyan a la satisfacción de las expectativas del mercado y a la promoción de prácticas alimentarias sostenibles. Es crucial reconocer que la demanda de productos con proteínas vegetales y alimentos sostenibles se ha convertido en una necesidad imperante para abordar los desafíos alimentarios y nutricionales del mundo actual, y esta investigación busca desempeñar un papel clave en esta evolución.

## IV. Objetivos

### A. General

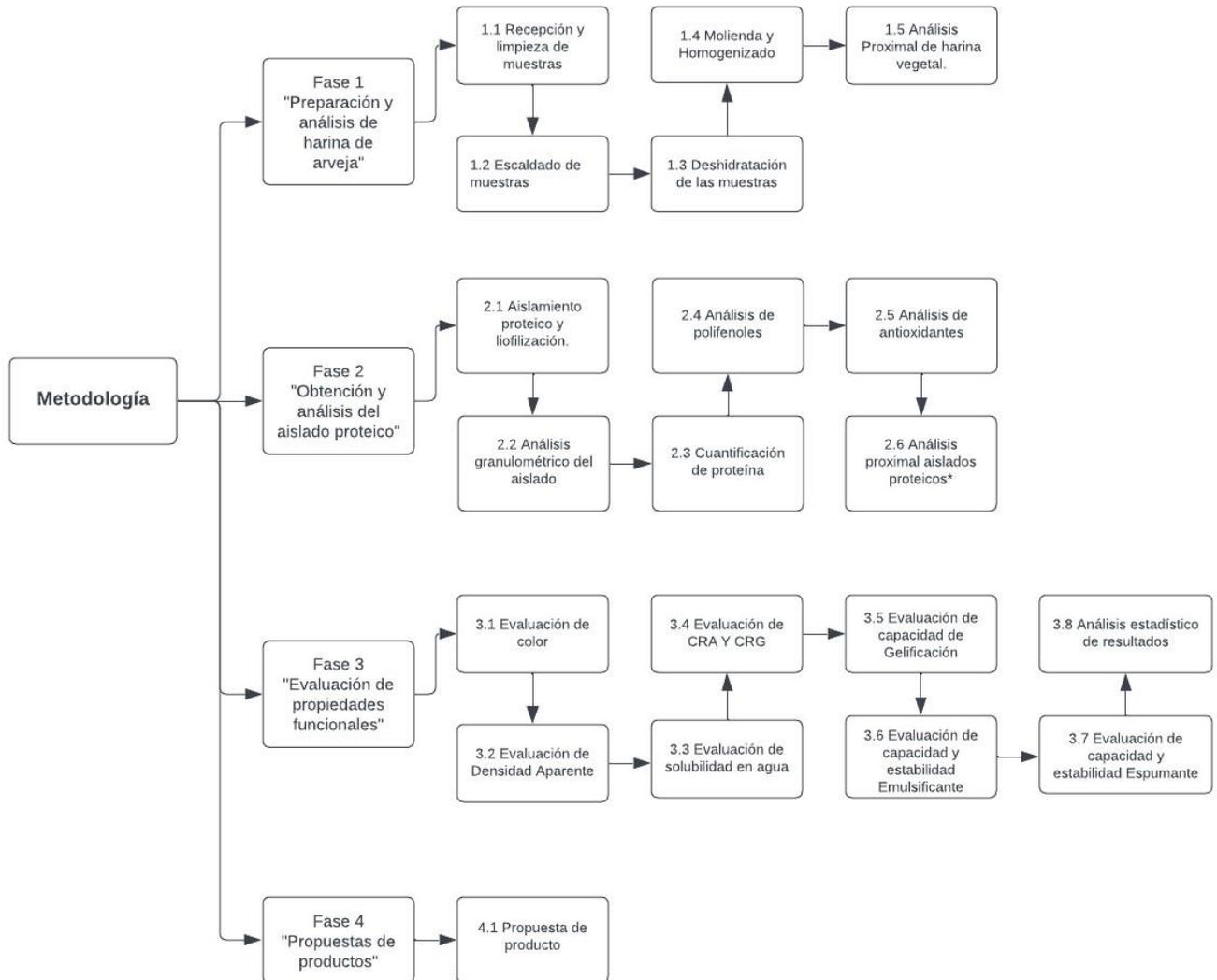
1. Extraer y aislar la proteína de arveja china (*Pisum sativum L.*).

### B. Específicos

1. Aislar la proteína proveniente de arveja china de descarte.
2. Evaluar las características fisicoquímicas y funcionales de la harina y aislado de arveja china.
3. Evaluar la actividad antioxidante y contenido de polifenoles de los sobrenadantes obtenidos del proceso de aislamiento a cada pH precipitado.
4. Proponer posibles usos del aislado proteico obtenido en productos alimenticios, en base a las propiedades funcionales evaluadas.

## V. Metodología

**Figura 2.** Metodología para aislar y evaluar la proteína de arveja cina (*Pisum sativum L.*) de descarte y su propuesta de aplicación en un producto.



Fuente: Elaboración propia

La Fase experimental de este estudio se llevó a cabo en el laboratorio de ingeniería en alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala. Este laboratorio proporcionó las instalaciones y el equipo necesario para llevar a cabo las pruebas y análisis requeridos.

Las muestras utilizadas fueron suministradas por la empresa FRUTESA – Frutas Tropicales de Guatemala, S.A. Estas muestras fueron recolectadas de acuerdo con los procedimientos establecidos por la empresa en Magdalena Milpas Altas dentro del municipio de San Lucas, Guatemala, y se emplearon como material de estudio en la investigación.

## **A. Fase 1**

La primera fase consiste en la preparación de las muestras para la elaboración de harina de arveja china y su análisis proximal. Se realizó con las siguientes especificaciones:

### **1. Recepción y limpieza de muestra**

Se pesó la materia prima entrante (arveja china) con la balanza industrial. Después del pesaje se realizó la limpieza, la cual consiste en sumergir la materia prima en agua, con el fin de eliminar cualquier tipo de contaminación (tierra, materia extraña, pelos, etc.) y se descartaron las muestras dañadas, se pesó el descarte.

### **2. Escaldado**

La materia prima se sumergió en agua a 100°C durante 10 minutos. Posteriormente se realizó un choque térmico inmediato, por lo que se sumergió la arveja china en otro recipiente conteniendo agua a una temperatura de 25°C, todo esto con el fin de inactivar las enzimas y reducir la carga microbiana de la arveja empleada, se apartó una vaina para medir la humedad inicial en la balanza de humedad.

### **3. Deshidratación**

Se colocaron las arvejas en deshidratadores electrónicos de aire caliente, las vainas se cortaron a la mitad para aumentar el área de superficie y así reducir el tiempo de deshidratado. Se ajustó la temperatura a 55°C por 6 horas, hasta obtener un peso constante o diferencia de peso mínima, después del deshidratado se midió la humedad final.

### **4. Reducción de partícula**

Las muestras secas se colocaron en una licuadora, de manera cuidadosa para evitar pérdidas, se homogenizó hasta observar la formación de un polvo fino. Se guardó la harina en bolsas doy pack laminadas con cierre hermético hasta su previo análisis.

### **5. Análisis proximal de harina de arveja china**

Se determinaron los siguientes parámetros: Proteína, grasa, carbohidratos totales, fibra cruda, humedad, cenizas, empleando los siguientes métodos:

**Cuadro 5.** Métodos para análisis proximal de harina de arveja china.

<b>Análisis</b>	<b>Método</b>
Determinación cenizas	Método oficial AOAC 923.03 “Ash of Flour”
Determinación de humedad	Método oficial AOAC 925.10 “Solids (Total) and Moisture in flour: Air Oven Method”.
Determinación de proteína	Método oficial AOAC 920.87 “Protein (Total) in flour”.
Determinación de grasa	Método Oficial AOAC 945.39 D-E) “Petroleum Ether Extract or Oil”.
Determinación de fibra cruda	Método oficial AOAC 962.09 “Fiber (crude) in animal feed and pet food”.
Carbohidratos totales	Por diferencia

## **B. Fase 2**

### **1. Aislamiento proteico**

Se empleó el método descrito en “Obtención de concentrados proteicos de la harina de arveja (*Pisum sativum* L.) y determinación de su actividad antioxidante por el método del ácido tiobarbitúrico (TBA).” (Vallejos, 2018). Se realizó el procedimiento:

- a. Se disolvieron 10g de la muestra de harina en un beaker y se añadieron 100 ml de agua.
- b. Se anotó el peso de muestra de harina empleado para la estimación de rendimientos.
- c. Se midió el pH inicial.
- d. Con la una solución de 0.1 N de NaOH se ajustó el pH de la disolución a pH 8.
- e. Se mezcló a este pH durante 2 horas, en una estufa eléctrica y agitador magnético.
- f. Se colocó la mezcla en tubos centrifuga y se centrifugaron durante 15 minutos.
- g. Se descartaron los residuos sedimentados y se recolectó el líquido en la superficie.
- h. Al líquido recolectado se le ajustó su pH a 4 o 6, dependiendo la muestra, con una solución de 1 M de  $H_2SO_4$ .
- i. El líquido con pH ajustado se introdujo a tubos centrifugas rotulados y se dejaron reposar durante aproximadamente 5 días mínimo.
- j. Los tubos de centrifuga reposados, se sometieron a una etapa de centrifugación final, durante 15 minutos.
- k. Se recolectó el líquido y se añadió a la muestra de sobrenadantes.
- l. Los líquidos sobrenadantes se dejaron almacenados en un ambiente refrigerado, hasta su previo análisis.
- m. Lo sedimentado se dejó dentro del tubo centrifuga y se congeló durante toda la noche.

- n. Una vez congelado, se recolectaron los aislados congelados y se tararon para establecer rendimientos.
- o. Se realizó este procedimiento hasta que se obtuvo una cantidad significativa de muestra y se liofilizó el aislado.
- p. El aislado liofilizado se homogenizó mediante un molino de café marca “Black + Decker”.
- q. El aislado homogenizado se almacenó en bolsas Doy pack laminadas con cierre hermético hasta su previo análisis.

## 2. Análisis granulométrico del aislado proteico

Para el análisis granulométrico se empleó una torre de tamiz “Cole Parner”. Las especificaciones del procedimiento son:

- a. Se pesaron 15.5g de aislado proteico.
- b. Se pesaron las mallas vacías a emplear.
- c. Se colocaron los tamices de acuerdo con el tamaño de malla y el tamaño de partículas.
- d. Se organizaron los tamices de manera ascendente (en base a el número de mesh), colocando el colector debajo de la torre de tamices.
- e. Se colocó la muestra en el tamiz superior y se tapa, todo el sistema debe estar sujeto al equipo vibratorio.
- f. Se operó durante 12 minutos.
- g. Terminada la operación, se pesó cada una de las mallas.
- h. Se determinó el índice rechazo/peso retenido con:

**Ecuación 1.** *Fórmula para índice de rechazo.*

$$I_R = \frac{\text{Peso retenido en la malla después de vibración}}{\text{Peso de muestra empleado}} * 100$$

- i. Se determinó el índice de cernido/porcentaje que pasa con:

**Ecuación 2.** *Fórmula para índice de cernido.*

$$I_C = \frac{\text{Peso retenido en la malla} - \text{Peso de la muestra empleada}}{\text{Peso de muestra empleada}} * 100$$

- j. Se determinó porcentaje acumulado con:

**Ecuación 3.** *Fórmula para porcentaje acumulado.*

$$R_A = \text{índice retenido malla } n + \text{índice retenido malla }_{n+1}$$

- k. Se estimó el tamaño de partícula promedio de la muestra en general, utilizando el concepto de D80 o diámetro medio acumulado al 80% con:

#### **Ecuación 4. Fórmula para D80.**

$$D80 = D_n + \left( \frac{(D_{n+1} - D_n) * (80\% - \%RA_n)}{\%RA_{n+1} - \%RA_n} \right)$$

Donde:

$D_n$  = Tamaño de malla del primer tamiz donde la acumulación acumulada cruza el 80%.

$D_{n+1}$  = Tamaño de malla del segundo tamiz donde la acumulación acumulada cruza el 80%.

$\%RA_n$  = Porcentaje acumulado del tamiz 1.

$\%RA_{n+1}$  = Porcentaje acumulado del tamiz 2.

1. Se realizó un gráfico de columna apilada que represente la abertura de la malla e índice retenido.

#### **3. Cuantificación de proteínas**

Se realizó el método micro Kjeldahl, con Método oficial AOAC 920.87 “Protein (Total) in flour”, empleando el analizador de nitrógeno total marca Büchi.

#### **4. Determinación de actividad antioxidante**

Se empleó el método descrito en “Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity.” (Brand - Williams, Cuvelier, & Berset, 1995), detallado en anexos.

#### **5. Determinación de contenido de polifenoles**

Se empleó el método descrito en “Comparative Study of the Structural Properties, Color, Bioactive Compounds Content and Antioxidant Capacity of Aerated Gelatin Gels Enriched with Cryconcentrated Blueberry Juice during Storage.” (Casas, Orellana, & Petzold, 2020), detallado en anexos.

#### **6. Análisis proximal aislado proteico**

Los análisis proximales de arveja china se realizaron solo si se estimó una concentración de proteínas menor al 70%. Si ese fue el caso, se evaluaron los concentrados proteicos de la arveja mediante:

**Cuadro 6.** Métodos para análisis proximal del aislado proteico.

<b>Análisis</b>	<b>Método</b>
Determinación cenizas	Método oficial AOAC 923.03 “Ash of Flour”
Determinación de humedad	Método oficial AOAC 925.10 “Solids (Total) and Moisture in flour: Air Oven Method”.
Determinación de grasa	Método Oficial AOAC 945.39 D-E) “Petroleum Ether Extract or Oil”.
Determinación de fibra cruda	Método oficial AOAC 962.09 “Fiber (crude) in animal feed and pet food”.
Carbohidratos totales	Por diferencia

### C. Fase 3

#### 1. Color

El color de la proteína se determinó por Colorflex Hunterlab, empleando los valores CIELAB de L\*, a\*, y b\*.

Con las especificaciones:

- Se tomó una caja Petri y se llenó con la muestra del aislado.
- Debajo de la caja Petri se colocó un papel blanco.
- Se hizo la medición con el colorímetro.
- Se realizó en triplicado y se anotan coordenadas obtenidas.
- Se expresó las coordenadas en el color calculator.

En donde:

\*L = Luminosidad, para la cual se empleará la denominación de 0 para la tonalidad negro y 100 para la tonalidad blanca.

\*a = -800 a cero (verde), 0 a 100 (rojo)

b\* = -100 a 0 (azul), 0 a 100 (amarillo)

#### 2. Densidad aparente (D.A)

Se empleó el método descrito en “Efecto del pH de solubilización en las propiedades funcionales de la proteína aislada se semilla de nabo silvestre (*Brassica rapa L.*)” (Ortega, 2019).

Con las especificaciones:

- Se transfirió 1 gramo en la probeta. (puede variar).
- Se midió el volumen ocupado por la muestra.
- Se calculó la densidad aparente con:

**Ecuación 5.** Cálculo para densidad aparente.

$$\rho_a = \frac{\text{masa de la proteína aislada de arveja china (g)}}{\text{volumen ocupa en la probeta la proteína aislada (ml)}}$$

#### 3. Índice de solubilidad en agua (ISA)

Se empleó el método descrito en “Optimización de la etapa de hidrólisis ácido en el proceso de fosfatación de almidón por extrusión para la encapsulación de aceite esencial de naranja.” (Torres, 2007).

Con las especificaciones:

- Se colocaron 0.25g de muestra y 3 ml de agua destilada a temperatura ambiente.
- Se tapó y se agitó vigorosamente durante 1 minuto.
- Se sometió a baño de maría a una temperatura de 30°C, agitando individualmente cada tubo 1 minuto en periodos de cada 5 minutos, durante 30 minutos.
- Inmediatamente después los tubos se sometieron a centrifugación durante 10 minutos.
- El gel sedimentado se separó por decantación, vaciando el sobrenadante en un vaso de precipitados.
- Se registró el peso del tubo con el gel.

- g. El sobrenadante se evaporó en una estufa eléctrica.
- h. Se dejó enfriar el vaso en un desecador y se taró para obtener el peso de sólidos solubles.
- i. Se obtuvo el índice de solubilidad en agua con:

**Ecuación 6.** Cálculo para índice de solubilidad en agua.

$$ISA = \frac{\text{Peso del residuo de evaporación (g)}}{\text{Peso seco de la muestra (g)}} * 100$$

#### 4. Capacidad de absorción de agua (WAC) y de aceite (OAC)

Se empleó el método descrito en “Obtención de un aislado proteico de torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y evaluación de sus propiedades tecno-funcionales.” (Mercado, Elías, & Pascual, 2014).

Con las especificaciones:

- a. Se colocaron 10ml de agua destilada y 1g de la muestra en un beaker.
- b. Se mezcló la suspensión con un agitador magnético durante 5 minutos.
- c. Se transfirió la mezcla a un tubo de centrifuga.
- d. Se centrifugó la muestra por 30 minutos.
- e. Se transfirió el sobrenadante en una probeta de 10 ml y medir volumen.
- f. Se realizó el mismo procedimiento, solo que, en vez de agua, se empleó aceite.
- g. Se calculó el agua y aceite absorbido con:

**Ecuación 7.** Cálculo para capacidad de absorción de agua y aceite.

$$WAC/OAC = \frac{\text{Volumen agua/aceite absorbida (ml)}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

#### 5. Capacidad de gelificación

Se empleó el método descrito en “Obtención de un aislado proteico de torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y evaluación de sus propiedades tecno-funcionales.” (Mercado, Elías, & Pascual, 2014).

Con las especificaciones:

- a. Se realizaron soluciones proteicas de 5 y 15% (p/v).
- b. Se colocaron las soluciones en tubos de ensayo y se calentaron a 90-95°C en baño de maría durante 1 hora.
- c. Se enfriaron a 4°C (con hielo) durante 1 hora.
- d. Se agitaron los tubos para determinar la estabilidad del gel.
- e. Aquellos con geles estables se invirtieron y se dejaron a temperatura ambiente durante 30 min.
- f. Se reportaron resultados en términos de la menor concentración de muestra requerida para que el gel permaneciera estable por 30 min a temperatura ambiente.

## 6. Actividad y estabilidad emulsificante

Se empleó el método descrito en “Propiedades Funcionales de la Harina y de los Aislados Proteicos de la Semilla de Guanábana (*Annona muricata*).” (Chaparro, Tavera, Martínez, & Gil, 2014).

Con las especificaciones:

- Se tomaron 5ml de la dispersión de la muestra en agua destilada (10mg/ml).
- Se homogenizó con 5ml de aceite de maíz durante 1 min.
- Se centrifugó la emulsión a 1100 rpm durante 5 min.
- Se midió la altura de la capa emulsionada.
- Se midió el contenido total del tubo.
- Se estimó la actividad emulsificante con:

**Ecuación 8.** Cálculo para actividad emulsificante.

$$AE (\%) = \frac{\text{Altura de la capa emulsificada en el tubo}}{\text{Altura del contenido total del tubo}} * 100$$

- Se calentó la emulsión a 80°C durante 30 min.
- Se centrifugó durante 5 min.
- Se estimó la estabilidad de emulsión con:

**Ecuación 9.** Cálculo de la estabilidad de la emulsión.

$$EE (\%) = \frac{\text{Altura de la capa emulsificada antes de calentar}}{\text{Altura del contenido total del tubo después de calentar}} * 100$$

## 7. Capacidad y estabilidad espumante

Se empleó el método descrito en “Propiedades Funcionales de la Harina y de los Aislados Proteicos de la Semilla de Guanábana (*Annona muricata*).” (Chaparro, Tavera, Martínez, & Gil, 2014).

Con las especificaciones:

- Se dispersó un peso conocido de la muestra (3g) en 100 ml de agua destilada.
- Se midió el volumen en una probeta.
- Se batió vigorosamente durante 2 min usando una licuadora.
- Se midió el volumen de la espuma formada en una probeta.
- Se estimó la capacidad espumante con:

**Ecuación 10.** Cálculo para capacidad espumante.

$$CE (\%) = \frac{(V2 - V1)}{V1} * 100$$

Donde:

**V2:** Volumen de la solución de la proteína después de licuar (ml).

**V1:** Volumen original de la solución (ml).

- Se dejó la espuma reposando hasta 5 horas.

- g. Se midió el volumen después de las 5 horas en la probeta
- h. Se estimó estabilidad espumante con:

**Ecuación 11.** Cálculo para estabilidad espumante.

$$EES (\%) = \frac{(V3)}{V2} * 100$$

Donde:

**V3:** Volumen de la espuma que permanece después del tiempo determinado (ml).

**V2:** Volumen de la solución de la proteína después de licuar (ml).

### 8. Análisis estadístico de resultados

Se empleó una prueba t para los resultados de la cuantificación del aislado proteico precipitado a pH 4 y 6. Para los resultados en triplicado de la evaluación de propiedades funcionales de la muestra se estimó su desviación estándar y medias.

## D. Fase 4

### 1. Propuesta de producto

Se realizaron propuestas de posibles productos a aplicar el aislado proteico, en base a las propiedades funcionales, previamente evaluadas.

Alternativa de mayonesa: Para esta se estableció una formulación en base a la alternativa de la mayonesa comercial marca “EGGLESS”. A continuación, se presenta la formulación final.

**Cuadro 7.** Formulación para la alternativa de mayonesa.

<b>Ingredientes</b>	<b>Proporción</b>
Agua	40%
Aceite de girasol	16%
Vinagre blanco	8%
Almidón de papa	2.4%
Almidón de maíz	1.6%
Sal	0.8%
Goma guar	0.32%
Goma xantana	0.16%
Proteína de arvejas	4%
Benzoato de sodio	0.08%
Sorbato de potasio	0.08%
Ácido cítrico	0.16%
Cebolla en polvo	0.4%
Pimienta negra	0.16%
Ajo en polvo	0.16%

El procedimiento de elaboración consiste en:

- a. Se mezcló el almidón de papa, de maíz y agua y se revolvió.
- b. Se calentó la mezcla hasta contener una consistencia más espesa.
- c. Se dejó enfriar la mezcla.
- d. Aparte se mezcló el aceite y el vinagre, se batieron.
- e. Una vez enfriada la mezcla de almidón se mezcló con el aceite y el vinagre, se batieron nuevamente.
- f. Se añadió la sal, goma guar y xantana, se batieron hasta estar bien incorporados y la mezcla fuera espesa y cremosa.
- g. Se añadió el benzoato de sodio, sorbato de potasio y ácido cítrico, se mezclaron.
- h. Se agregó la cebolla, pimienta negra y el ajo, se mezclaron.
- i. Se midió pH y viscosidad.

Bebida suplementada con proteína: Para esta, se basó en el estudio “Desarrollo de un batido de frutas suplementado con proteína utilizando aislado de proteína de guisante como alternativa de proteína vegetal” (Bäuerle & Kühn, 2022). Se optó por la formulación con 12% de proteína, pues fue la que obtuvo una mejor aceptación sensorial.

**Cuadro 8.** Formulación de bebida suplementada con proteína.

<b>Ingrediente</b>	<b>Proporción</b>
Jugo de naranja	35%
Jugo de manzana	29%
Frambuesas	17%
Banano	10%
Moras	9%
Proteína	12%

El procedimiento de elaboración consiste en:

- a. La bebida sin proteína se elaboró mezclando todos los ingredientes en una licuadora durante 3 minutos.
- b. Para la bebida con proteína, se calentó a el jugo de manzana a 65°C.
- c. Se añadió pectina al jugo de manzana (0.2g por 100 g de bebida), y se mezclaron durante 10 minutos.
- d. Se añadió la proteína y se mezcló durante 20 minutos.
- e. Se añadieron los demás ingredientes y se mezclaron por 3 minutos más.

## VI. Discusión y resultados

La experimentación tuvo como principal objetivo obtener el aislado proteico, caracterizarlo y explorar sus aplicaciones. Para así poder dar a los países productores soluciones viables para el manejo de este tipo de desecho y reducir las pérdidas post cosecha.

Los resultados se presentan en el orden descrito en la metodología, iniciando en la primera fase, que corresponde a la elaboración y análisis de harina de arveja china, seguido de la segunda fase, que corresponde al proceso de extracción del aislado proteico y su correspondiente análisis fisicoquímico. Seguido de esto, la tercera fase, que corresponde a la evaluación de las propiedades funcionales del aislado y concluyendo finalmente en la cuarta fase, correspondiente a la propuesta de producto en base a las propiedades funcionales evaluadas.

### *Fase 1. Preparación y análisis de harina de arveja*

A continuación, en el Cuadro 9 se muestran los resultados de humedad de las vainas empleadas para la elaboración de la harina, previo a la deshidratación se midió la humedad inicial, siendo de 90%, la cual es un indicador para estimar el tiempo de deshidratación. Después de seis horas a 55°C en deshidratadores electrónicos y estimando un peso constante o diferencia de pesos mínima, se pudo reducir a una humedad final de 6%. Se procedió a homogenizar las vainas deshidratadas, después se almacenó la harina en bolsas Ziploc hasta su próximo análisis.

En el Cuadro 10 se puede observar el rendimiento promedio del proceso de elaboración de harina de arveja china (*Pisum sativum L.*), siendo de 10.0%. Este es un promedio considerado bajo en la industria alimentaria debido que la arveja se constituye mayormente de agua, por lo que al ser sometida a un proceso de secado se pierde su mayor cantidad de peso, provocando así rendimientos bajos. En resumen, el proceso de obtención de harina de arveja tiene un rendimiento 1:1.

**Cuadro 9.** *Humedades de las vainas sometidas a deshidratación para la elaboración de harina de arveja.*

<b>Humedad inicial</b>	<b>Humedad final</b>
90%	6%

Fuente: Propia a partir de la elaboración de harina de arveja china.

**Cuadro 10.** *Resumen de rendimiento del proceso de elaboración de harina de arveja.*

<b>Prueba</b>	<b>Materia prima (g)</b>	<b>Descarte (g)</b>	<b>Harina obtenida (g)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
<b>1</b>	2,614.6	110.1	267.8	10.7
<b>2</b>	2,951.0	246.1	245.0	9.1
<b>3</b>	3,276.8	153.2	323.01	10.3
<b>Rendimiento promedio (%)</b>				10.0 ± 0.86

Fuente: Propia a partir de la elaboración de harina de arveja china.

En cuanto al análisis proximal de la harina de arveja cuyos resultados se encuentran en el Cuadro 11. Se puede observar la humedad con un valor promedio de 14.1%, la cual puede considerarse alta para este tipo de producto seco. Sin embargo, en la norma Coguanor NGO 34 214 para “harinas vegetales, de alto valor nutritivo” el valor máximo permitido de humedad en harinas de origen vegetal es de 14%. A pesar de ello, se desea reducir este valor, puesto que pone en riesgo la vida útil del producto.

Este valor se le atribuye a que la harina fue almacenada y sellada, pero almacenada en un ambiente húmedo durante 5 días antes de su análisis. Por lo que en las otras pruebas en las que se realizó nuevamente harina, la medición de humedad fue de 5.3%, por lo que se recomienda almacenarla en empaques especiales como los son las bolsas doy pack laminadas con cierres herméticos y en ambientes no húmedos. Esto porque las bolsas laminadas, contienen una capa de laminado en su exterior, lo que le proporciona un acabado brillante en su exterior y le da resistencia al agua, grasa o elementos externos, lo que la convierte en un material ideal para conservar y preservar productos sensibles a la humedad.

El parámetro de relevancia es el de proteína, pues el proceso de deshidratación debía asegurarse de realizarse a temperaturas bajas para evitar la desnaturalización de las proteínas, para la experimentación se tomó como base la temperatura de desnaturalización de las proteínas de soja que son entre 76°C y 91°C (Arrese, 1991). Por lo que el proceso de secado a 55°C se consideró ideal para conservar el contenido proteico que fue de 31.2%, esto puede sustentarse también puede con la comparación del contenido proteico establecido por (Bressani, Rodas, Colmenares, & Cifuentes, 2019), que declaran un valor de 24.2%.

De manera descendente se encontró en mayor proporción 52.6 % de carbohidratos totales, 1.91% de grasa, 0.728% de cenizas y 0.133% de fibra cruda. Algunos valores, como lo son el de fibra cruda y cenizas resultaron ser menores en comparación con los valores encontrados en “Caracterización química y nutricional de la arveja china” (Bressani, Rodas, Colmenares, & Cifuentes, 2019), esto puede atribuirse a que a pesar de ser de la misma especie de arveja, factores como el lugar de cultivo, composición del suelo, plaguicidas y fertilizantes empleados, época de cultivo y tiempo de cosecha, pueden influir directamente en la composición de las legumbres resultantes.

**Cuadro 11.** *Resultados del análisis proximal de la harina de arveja china (en %)*

<b>Humedad</b>	14.1 ± 0.07
<b>Cenizas</b>	0.728 ± 0.20
<b>Grasa</b>	1.91 ± 0.16
<b>Proteína</b>	31.2 ± 0.35
<b>Fibra cruda</b>	0.133 ± 0.098
<b>Carbohidratos totales</b>	52.6 ± 0.38

Fuente: Propia a partir de la elaboración de harina de arveja china.

## *Fase 2. Obtención y análisis del aislado proteico*

A continuación, en el Cuadro 12, se presentan los resultados resumidos de las primeras 5 pruebas, en el que se detalla la cantidad total de aislado proteico obtenido a los pH especificados, 4 y 6, después de 5 pruebas, el rendimiento promedio de aislamiento de cada pH, así como su peso total en base húmeda y base seca obtenidos después del proceso de liofilización.

En resumen, el rendimiento promedio de aislamiento fue mayor para pH 4, siendo este de 24.3% y menor para pH 6 siendo de 12.5%, de igual manera estos rendimientos son considerados bajos, como es visto en la literatura, específicamente en “Obtención de concentrados proteicos de la harina de arveja (*Pisum sativum*) y determinación de su actividad antioxidante por el método del ácido tiobarbitúrico (TBA).” (Vallejos, 2018).

En la experimentación los rendimientos fueron variados, pues se experimentó con distintas cantidades de harina, y se variaron las variables de tiempo de reposo en cada prueba para tratar de obtener mayores rendimientos. Para las primeras muestras, se trató de emplear mayor cantidad de harina y un tiempo de reposo de 1 a 2 días, como no se observaron rendimientos satisfactorios, por lo que en las últimas muestras se trató de aumentar el tiempo de reposo a 5 días, esto permitió obtener rendimientos de aislamiento mayores.

**Cuadro 12.** *Resultados de la prueba 1 a la 5 de aislamiento proteico.*

<b>pH</b>	<b>Rendimiento promedio aislamiento (%)</b>	<b>Recolectado base húmeda (g)</b>	<b>Recolectado base seca (g)</b>
4	24.3	40.9	6.13
6	12.5	24.5	3.49

Fuente: Propia a partir del aislamiento proteico de arveja achina.

En cuanto a la cuantificación de proteínas de las cantidades de aislados obtenidos en la prueba 1 a la 5, cuyos resultados pueden observarse en el Cuadro 13, se observa como resultado en promedio 76.9% de contenido proteico del aislado correspondiente al pH 4 y 88.3% de contenido proteico correspondiente al pH 6. Estos resultados corresponden a la denominación de concentrado proteico, puesto que un aislado proteico es un material caracterizado por contener al menos el 90% de proteínas, materiales con proporción menor al 90% corresponde a un concentrado (Ulloa, Rosas, Ramírez, & Ulloa, 2012).

Debido a la obtención de concentrados proteicos se requirió realizar otras 5 pruebas, realizando modificaciones en cuanto al tiempo de reposo para tratar de obtener mayor cantidad de proteína y poder denominarlos aislados proteicos.

**Cuadro 13.** *Resultados de la cuantificación proteica de las muestras recolectadas durante la prueba 1 a la 5.*

<b>pH</b>	<b>Proteína (%)</b>
4	76.9 ± 0.18
6	88.3 ± 0.11

Fuente: Propia a partir del aislamiento proteico de arveja achina.

Para las siguientes 5 pruebas, las cuales incluyen las pruebas 6 a la 10, cuyos resultados se encuentran en el cuadro 14, se obtuvo mayor rendimiento en ambos pH experimentados, para pH 4 siendo de 35.8% y menor para pH 6, siendo de 34.3%. Para estas pruebas el cambio principal fue estandarizar la cantidad de harina a emplear, siendo de 10 g, así como tratar de aumentar el tiempo de reposo, aumentándolo de 5 a 7 días, también adicional a ello, se añadió una etapa de centrifugación final, para separar el aislado y el sobrenadante. Por último, cada tres días de reposo se verificaba que los sobrenadantes se encontraran en el valor de pH idóneo, y de no ser así, se ajustaba nuevamente.

**Cuadro 14.** Resultados de la prueba 6 a la 10 de aislamiento proteico.

<b>pH</b>	<b>Rendimiento promedio aislamiento (%)</b>	<b>Recolectado base húmeda (g)</b>	<b>Recolectado base seca (g)</b>
4	35.8	42.6	6.31
6	34.3	35.4	6.67

Fuente: Propia a partir del aislamiento proteico de arveja achina.

En cuanto a la cuantificación de proteínas de lo recolectado, cuyos resultados pueden observarse en el cuadro 15. Se obtuvo como resultado promedio 90.3% de contenido proteico del aislado correspondiente al pH 4 y 92.4% de contenido proteico correspondiente al pH 6. Estos resultados permiten catalogar lo recolectado como aislados proteicos, lo que hace la metodología modificada en un proceso adecuado para aislar proteína de arveja china, sin embargo, los resultados de rendimiento promedio aún pueden ser aumentados, al aumentar el tiempo de reposo. Esto porque al almacenar los sobrenadantes de los pH correspondientes, se encontró una gran cantidad de sedimentación, indicando de esa manera que no toda la proteína fue sedimentada a los 5-7 días de reposo. Por último, cabe recalcar, que la realización de análisis proximal a los aislados proteicos obtenidos, no fue necesario, pues al contener un porcentaje de proteína mayor al 70% de proteínas, tal como establecido en la metodología.

**Cuadro 15.** Resultados de la cuantificación proteica de las muestras recolectadas durante la prueba 6 a la 10.

<b>pH</b>	<b>Proteína (%)</b>
4	90.3 ± 0.06
6	92.4 ± 0.23

Fuente: Propia a partir de la cuantificación proteica.

En cuanto a la evaluación de la diferencia en el contenido proteico entre ambas muestras, se abordó un análisis estadístico denominado “Prueba t” de dos muestras, en la que se comparan las medias de dos grupos y se determinan si existen diferencias significativas. Los resultados de la prueba t de dos muestras se encuentran en el Cuadro 16, en el cual se observan las siguientes hipótesis: la hipótesis nula, que establecía que no había diferencia significativa en los niveles de proteína entre las muestras y la hipótesis alternativa sugiere lo contrario, por lo tanto, que sí existe diferencia significativa en los niveles de proteína entre ambas muestras.

Tras el análisis de todos los resultados obtenidos por la herramienta estadística Excel, se observó que el valor de la estadística t fue de 4.302, con un correspondiente valor p de

0.00621. Este valor p indica la probabilidad de obtener resultados tan extremos como los observados, bajo la suposición de que no existe diferencia real entre las muestras. Al considerar un nivel de significancia del 0.05, se determinó que el valor p es menor que este umbral de significancia. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe una diferencia significativa en los contenidos proteicos extraídos a pH 4 y pH 6. Esto indica que la muestra 1, correspondiente al aislado a pH 4, presenta niveles significativamente menores de proteína en comparación con la muestra 2, correspondiente al aislado a pH6.

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes de las muestras bajo estudio. Sin embargo, es de suma importancia considerar que esta investigación puede ser ampliada en el futuro, pues sería beneficioso llevar a cabo un análisis más profundo que involucre mayor cantidad de réplicas para validar y fortalecer los resultados obtenidos en la prueba t. Pues se estarían reduciendo la variabilidad y el error experimental, lo que aumentaría la confiabilidad de los resultados.

**Cuadro 16.** Resultados de la prueba t de las dos muestras de aislado extraídas.

Hipótesis		Significancia	Valor p	Criterio	Conclusión
<b>Nula</b>	Ho: $\mu_1 = \mu_2$	0.05	0.00621	0.00624 < 0.05	Se rechaza Ho
<b>Alternativa</b>	H1: $\mu_1 \neq \mu_2$				

Fuente: Propia a partir del aislamiento proteico de arveja achina.

Como en la prueba 6 a la 10, solamente se obtuvieron un total de muestra de 12.9 g la cual, no es suficiente cantidad de muestra para analizar el contenido proteico y las propiedades funcionales, se debieron realizar otras 8 pruebas, correspondientes a la prueba 11 a la 18.

En estas pruebas se siguió un procedimiento estandarizado detallado previamente, en el cuál a diferencia de las pruebas previas, se extendió al máximo el tiempo de reposo, en el cuál las primeras pruebas realizadas reposaron inclusive 4 semana y en todas las pruebas la etapa de centrifugación final fue realizada. El resumen de resultados de la prueba 11 a la 18, se despliegan en el cuadro 17, en el cual se obtuvo un mayor rendimiento en ambos pH experimentados, para pH 4 siendo de 50.0% y menor para pH 6, siendo de 49.2%.

Los resultados obtenidos en cuanto a rendimiento de aislamiento y contenido proteico pueden sustentarse en previas experimentaciones, como “Producción y evaluación de aislado proteicos de arveja” (Sumner, Nielsen, & Youngs, 1981) que denotaron que el rendimiento de proteína en aislamientos osciló entre 59 y 65% y el contenido proteico de aislados varía del 91-98%, dependiendo del tipo de harina de arveja de campo.

**Cuadro 17.** Resultados de la prueba 11 a la 18 de aislamiento proteico.

pH	Rendimiento promedio aislamiento (%)	Recolectado base húmeda (g)	Recolectado base seca (g)
4	50.0	92.1	13.9
6	49.2	121.5	18.8

Fuente: Propia a partir del aislamiento proteico de arveja achina.

Se procedió a realizar un análisis granulométrico del aislado previamente homogenizado, en el cual los resultados pueden observarse gráficamente en la Figura 3, en esta se observa un mayor índice de retención de masa en la abertura de 250  $\mu\text{m}$  o mesh 60. Esto se sustenta con los resultados del cuadro 18, en el que el índice de retención fue mayor en el mesh No. 60 con un índice de retención de 60.8% y un porcentaje de cernido de 37.3%. A partir de ello, se puede determinar el diámetro en el cual el 80% acumulado de la muestra ha pasado a través del tamiz, por ello se determinó un D80 de 205  $\mu\text{m}$ .

Por lo que puede concluirse que el aislado homogenizado tiene un diámetro en el que el 80% del producto es pasante de 205  $\mu\text{m}$ . y en general se ha demostrado que partículas mayores de 250 $\mu\text{m}$  pueden ser demasiado grandes para permanecer dispersas y sedimentarían rápidamente, por lo que dejarían ser solubles en el tiempo. Por lo que partículas menores de 250 $\mu\text{m}$  puede dispersarse fácilmente y obtener una mejor solubilidad (Insausti, 2018).

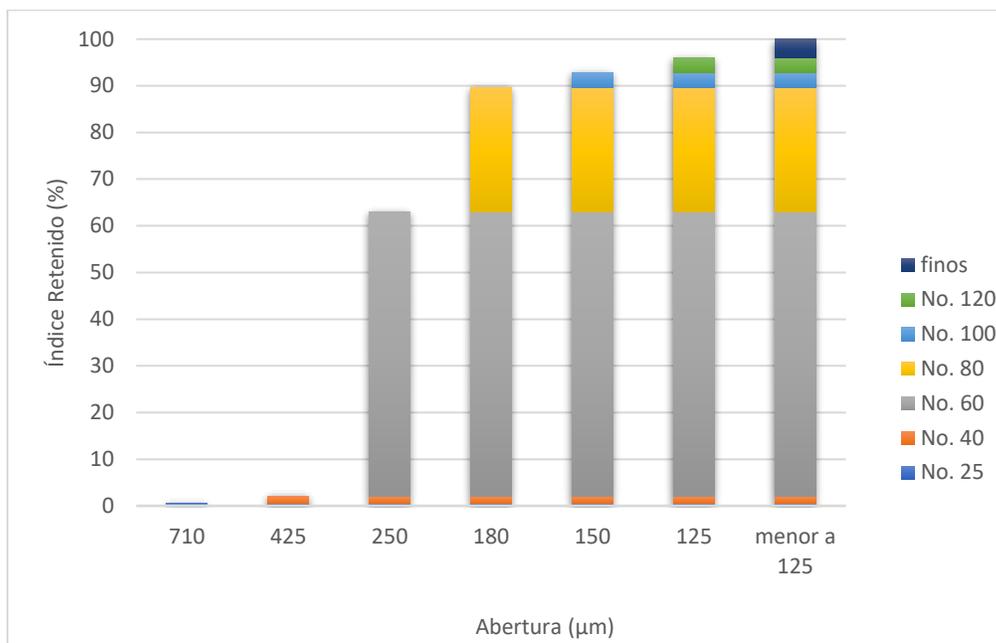
Por lo que se concluye que el aislado obtenido tiene un tamaño de partícula adecuado para garantizar una solubilización relativamente adecuada en soluciones, lo que facilita aplicaciones alimentarias y de procesamiento donde se requiera una distribución uniforme de los ingredientes en una mezcla. Por lo tanto, es menos probable que las partículas del aislado de arveja china se asienten en el fondo de un líquido. También es beneficioso para productos sólidos, pues el tamaño de partícula puede mejorar la textura y la sensación en este tipo de productos.

**Cuadro 18.** Resultados del análisis granulométrico del aislado proteico.

No. Mesh	Abertura ( $\mu\text{m}$ )	IC/Pasa (%)	IR (%)	Retenido acumulado (%)	D80 ( $\mu\text{m}$ )
25	710	99.7 $\pm$ 0.064	0.472 $\pm$ 0.13	0.472	205.16
40	425	98.1 $\pm$ 0.55	1.67 $\pm$ 0.48	2.15	
60	250	37.3 $\pm$ 1.56	60.8 $\pm$ 1.36	62.9	
80	180	10.6 $\pm$ 0.31	26.7 $\pm$ 1.29	89.6	
100	150	7.41 $\pm$ 0.54	3.20 $\pm$ 0.64	92.8	
120	125	4.21 $\pm$ 0.68	3.20 $\pm$ 0.97	96.0	
Base	N. A	N. A	3.99 $\pm$ 0.80	100	

Fuente: Propia a partir del análisis granulométrico del aislado proteico.

**Figura 3.** Gráfica granulométrica del aislado proteico.



Fuente: Propia a partir del análisis granulométrico del aislado proteico.

Con respecto al análisis de antioxidantes realizados a los sobrenadantes de cada pH, los resultados se representan en el Cuadro 19 y gráficamente en la Figura 4. La actividad antioxidante fue evaluada para los diferentes pH de los aislados, las muestras fueron evaluadas por medio de espectrofotometría. Sabiendo que el  $IC_{50}$  es un indicador de la concentración necesaria para inhibir la actividad antioxidante en un 50%, se concluye que la mayor actividad antioxidante se encontró en el pH 6, pues el  $IC_{50}$  a pH 4, mediante la técnica de DPPH tuvo un valor de  $40.11 \mu\text{g/ml}$ , mientras que para el pH 6 el  $IC_{50}$  fue de  $19.15 \mu\text{g/ml}$ .

Esto sugiere que, a un pH más bajo, el sobrenadante tiene una menor capacidad para neutralizar los radicales libre generados por el DPPH en comparación con el pH más alto, en este caso siendo pH 6. Por lo que para este trabajo se puede deducir que, a mayor pH mayor capacidad antioxidante, esto puede explicarse en diversos estudios, como lo fue en el estudio de “The influence of two different pH levels on the antioxidant properties of flavonols, flavan-3-ols, phenolic acids and aldehyde compounds analysed in synthetic wine and in a phosphate buffer” (Di Major, La Neve, La guardia, Casuccio, & Giammanco, 2011), en el cual se estudiaron flavonoles, flavan-3-oles, ácidos fenólicos y aldehídos en vino modelo a pH 3.5 en buffer fosfato a pH 7.4, aquí se reportó que la capacidad antioxidante de flavan-3-oles y flavonoles a pH 3.5 era menor que la capacidad antioxidante a pH 7.4 (Paz, 2017).

Esto puede deberse a que las propiedades antioxidantes dependen del pH del medio en el que se encuentran, puesto que los cambios en los valores de  $K_{pa}$  corresponden al cambio en la ionización de grupos hidroxilo u otros grupos funcionales de los compuestos fenólicos. Esto porque varios compuestos antioxidantes, especialmente compuestos fenólicos, tienen grupos funcionales, como grupos hidroxilo que pueden donar o aceptar protones (iones  $H^+$ ) según su pH. Cuando el pH se cambia, estos grupos pueden ionizarse o no ionizarse, lo que

afecta las propiedades generales de la molécula (Ghosh, Chakraborty, & Raychaudhuri, 2014).

Por lo que, en el contexto de lo mencionado anteriormente, se sugiere que los cambios en el pH pueden alterar los estados de ionización de grupos funcionales en compuestos fenólicos, este estado de ionización puede influir en la capacidad de la molécula para interactuar con radicales libres y así ejercer efectos antioxidantes.

En conclusión, la eficiencia de antioxidantes puede cambiar según el pH del medio en el que se encuentren, por lo que algunos antioxidantes pueden ser más eficaces en un entorno más ácido, mientras que otros en un medio básico. Los antioxidantes encontrados en los sobrenadantes de la extracción de proteína de arveja china son más eficaces en un entorno levemente básico, específicamente 6. Pero para futuras experimentaciones se sugiere experimentar con más rangos más amplios de pH, además de pH 6, para documentar si existe algún valor en los cuales la actividad antioxidante podría alcanzar un punto óptimo, mayor al encontrado a pH 6.

Según los indicadores de rangos establecidos previamente en la teoría, se puede clasificar ambos extractos de arveja china con una “actividad antioxidante fuerte”, pues el  $IC_{50}$  de ambos extractos se encuentra en el rango de 10 - 50 mg/ml. Sin embargo, el extracto de pH 6 presenta una actividad antioxidante más fuerte que el extracto de pH 4. Estos resultados demuestran que el consumo de este sobrenadante puede llegar a representar una alternativa para el consumo de sustancias antioxidantes en el consumo humano, presentando así una ventaja al disminuir los residuos implicados en el proceso de aislamiento proteico, y además que la producción nacional y amplio rango de época de cosecha permite tener esta legumbre disponible durante gran parte del año, mientras que otras legumbre o frutas sólo se encuentran disponible en específicas épocas del año.

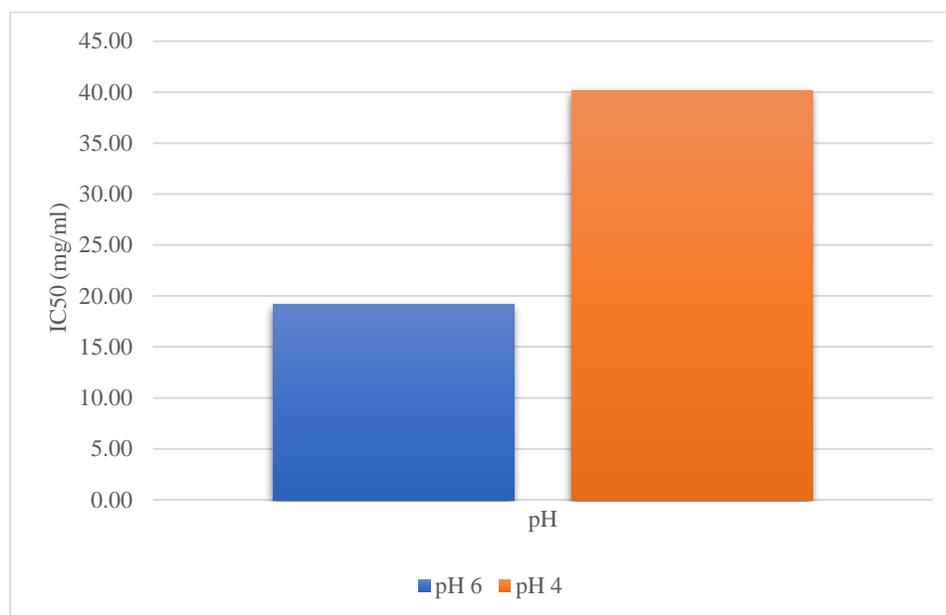
La alta capacidad antioxidante de ambos sobrenadantes puede atribuirse a la clorofila característica de la arveja, pues la clorofila es conocida por actuar como antioxidante al tener la capacidad de capturar radicales libres y otras especies reactivas de oxígenos (ROS). Además, porque la clorofila al contener magnesio unido al centro de los anillos aromáticos, que también ha demostrado tener propiedades antioxidantes (Ezquerro & Chan, 2021). También puede atribuirse al contenido de polifenoles, pues el contenido de polifenoles se correlaciona con la actividad antioxidante por su capacidad para neutralizar radicales libres. Por otra parte, la arveja china al ser una destacada fuente de vitamina A, B y C, y la vitamina C y A pueden neutralizar radicales libres y reducir el estrés oxidativo en el cuerpo (Quiñones, Miguel, & Aleixandre, 2012).

**Cuadro 19.** Resultados de actividad antioxidante de los sobrenadantes.

pH	$IC_{50}$ (mg/ml)
4	40.11 ± 0.65
6	19.15 ± 0.33

Fuente: Propia a partir del análisis de actividad antioxidante de los sobrenadantes.

**Figura 4.** IC50 en los distintos pH evaluados.



Fuente: Propia a partir del análisis de actividad antioxidante de los sobrenadantes.

En cuanto al análisis de polifenoles, cuyos resultados se observan en el Cuadro 20 se analizó el sobrenadante resultante en la extracción de proteína de arveja china a pH 4 y 6. En estos se obtuvo que el sobrenadante de pH 6 contiene una mayor concentración de polifenoles, siendo esta de 14.94 mg AG/ml de muestra, y el sobrenadante a pH 4 contiene una menor concentración, siendo de 12.03 mg AG/ml de muestra.

Esto concuerda con estudios previos, en los que se comprobó que el contenido de polifenoles es mayor cuando la coloración del sobrenadante es más oscura, es decir cuando el sobrenadante tiene un pH más básico, en este caso pH 6, pues la solubilidad de los polifenoles puede variar según el pH en el que se encuentre el medio. En cuanto a la tonalidad de los sobrenadantes de arveja china, se observó una tonalidad más clara en el sobrenadante a pH 4, ocasionado por la acidez. Pero es importante mencionar, que se ha comprobado que algunos polifenoles pueden ser más solubles en condiciones básico y menos solubles en condiciones ácidas (Cobo, 2016).

Al ser comparados estos resultados con valores obtenidos de los sobrenadantes de espinaca en un estudio anterior, en el cual se determinó 1.195 mg AG/ml de muestra (Pérez, Morón, Cervantes, & Barón, 2017). Sin embargo, en comparación con frutas como arándanos y moras, los sobrenadantes de arveja china tienen un menor contenido de polifenoles, pues los arándanos demostraron tener una concentración de 72.5 mg AG/ml de muestra y las moras de 63.5 mg AG/ml de muestra.

Por lo que se puede decir que los sobrenadantes de arveja china tienen un mayor contenido de polifenoles que la espinaca, esto permite potenciar su uso como aditivo alimentario, pues los polifenoles vegetales presentes como ácido gálico en la naturaleza puede tener distintas aplicaciones como antioxidantes naturales, además de ser empleados como colorantes. También, pueden ser empleados en la industria cárnica y láctea para evitar

la peroxidación lipídica (Cobo, 2016). Esto porque se ha demostrado que los extractos de alimentos ricos en polifenoles pueden ser empleados, esto podría llamar la atención de la industria debido a que los extractos analizados tienen un color verde oscuro e intenso.

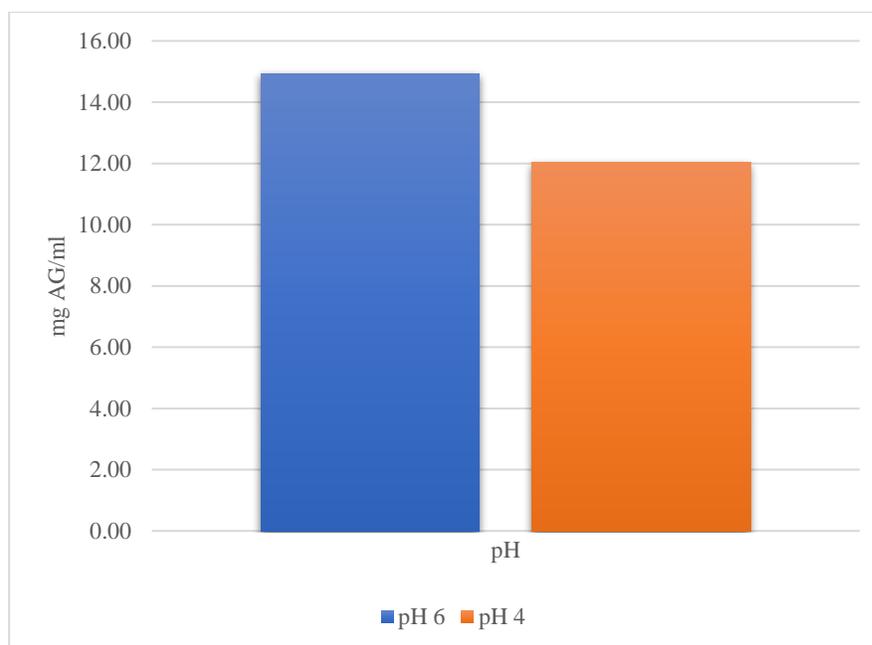
También, puede ser de interés en el aspecto nutricional, pues desde un punto de vista de su actividad biológica los polifenoles tienen propiedades captadoras de radicales libres, esto les confiere actividad antioxidante que se ha demostrado estar relacionada con la prevención de enfermedades cardiovasculares y de algunos tipos de cáncer. En conclusión, tomando en cuenta la alta actividad antioxidante y contenido alto de polifenoles en comparación con verduras, tal como la espinaca, demuestran la factibilidad de empleo de sobrenadantes de arveja china para ser usados como ingredientes para la elaboración de alimentos funcionales.

**Cuadro 20.** Resultados de polifenoles de los sobrenadantes.

pH	mg AG/ml
4	12.03 ± 1.72
6	14.94 ± 1.73

Fuente: Propia a partir del análisis de polifenoles de los sobrenadantes.

**Figura 5.** Polifenoles en los distintos pH evaluados.



Fuente: Propia a partir del análisis de polifenoles de los sobrenadantes.

### *Fase 3. Evaluación de propiedades funcionales.*

Las propiedades funcionales del aislado proteico obtenido, solamente serán evaluadas en el aislado proteico obtenido a pH 6, debido a que a este valor se obtuvo mayor concentración proteica. La primera propiedad funcional evaluada fue el color, cuyos resultados se encuentran en el Cuadro 21, para obtener una estimación de color se empleó un

convertidor de color con las coordenadas promediadas. Se obtuvo en cuanto a la coordenada L, que representa la luminosidad y va de negro (siendo 0) a blanco (siendo 100), que el aislado presenta mayor tendencia al blanco al tener un valor de 79.78. En cuanto a la coordenada a, la cual representa la intensidad del color rojo (a positiva) y verde (a negativo), la muestra presentó mayor tendencia a verde con un valor de -12.19. En cuanto a la coordenada b, la cual representa la intensidad de color azul (b negativo) y amarillo (b positivo), la muestra presentó tendencia a amarillo con un valor de 36.89.

Estos valores dan como resultado un verde cremoso, que puede llegar a ser atrayente a la industria, pues no presenta una intensidad verde oscuro, que puede llegar a afectar su aceptación visual. Por lo que el color obtenido se considera aceptable, al considerarse en tonalidades claras, a los cuales el mercado ha aumentado su aceptación, como es el caso de la coloración de otros productos de alto consumo como el té verde. También es importante mencionar que la determinación de color se considera importante dentro de la industria debido a que el color, puede ser una decisión de compra para los consumidores, al representar frescura. También para determinar cómo afectará el color en el producto involucrado y se fusionará con los demás colores presentados en un alimento.

**Cuadro 21.** Resultados de la evaluación de color

Coordenada	Valor	Estimación de color
L	79.18 ± 1.76	
a	-12.19 ± 0.55	
b	36.89 ± 0.74	

Fuente: Propia a partir del análisis de la evaluación de propiedades funcionales.

Los resultados de evaluación de densidad aparente se encuentran en el Cuadro 22, en el que se obtuvo una densidad aparente de 0.128 g/ml. Estos resultados son parecidos a los registrados en aislados proteicos de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis f.*), el cual es de 0.25 g/ml (Martínez, Medina, & Zambrano, 2011). La densidad aparente es una propiedad física importante que puede tener implicaciones significativas en la producción y manipulación. Por ejemplo, la densidad aparente influirá directamente en su procesamiento industrial, pues sólidos con densidad aparente baja tienden a ser fácilmente desplazados y a volar en el aire, lo que requiere un sistema de manejo adecuado y equipos de procesamiento especiales o ajustados para evitar dispersar los sólidos o pérdidas.

Por lo que para el procesamiento industrial de aislados proteicos de arveja china, se requiero un diseño de proceso no expuesto, sino cubierto que evite la dispersión de este. Sin embargo, una densidad aparente baja, refleja un alto grado de compactación, lo que facilita su incorporación a productos que requieran complementar su formulación, pues al añadir el aislado puede disimularse su incorporación.

**Cuadro 22.** Resultados de densidad aparente.

Densidad (g/ml)
0.28 ± 0.012

Fuente: Propia a partir del análisis de la evaluación de propiedades funcionales.

En cuanto a la evaluación de solubilidad, cuyos resultados pueden observarse en el Cuadro 23, en el que se obtuvo un índice de solubilidad de 68.04%. Estos datos son de gran

interés en la industria alimentaria, pues es una de las propiedades tecno funcionales más comúnmente medidas, y puede llegar a afectar otras propiedades funcionales, como la gelificación, formación de espuma y emulsificación.

Estos valores de solubilidad son menores a los establecidos por la proteína de soya aislada, que se determinaron una solubilidad mayor del 80% en pH que va de 6 a 10, pues la solubilidad aumenta en un pH sobre el punto isoelectrico, y la solubilidad disminuye a un pH por debajo del punto isoelectrico. Por lo que se concluye que la solubilidad del aislado proteico de arveja china es parcialmente soluble, en comparación con los aislados proteicos de soya. Si se desea aumentar esta solubilidad en aislados proteicos de arveja china se recomienda extraer aislados a un pH mayor a 6, pues en estudios previos como “Caracterización físico, química, sensorial y funcional de la proteína aislada de la arveja (*pisum sativum*)” (Cabezas, 2016), en el que se registraron valores de solubilidad que va desde 79-81% a un pH alcalino de 7.

La solubilidad de una proteína permite destinar su aplicación en la industria alimentaria en base a esta propiedad, pues puede ser empleada en bebidas proteicas, sustitutos de carne y productos horneados. En función de la solubilidad estimada podría aplicarse el aislado de proteína de arveja china en alimentos a condiciones alcalinas, ya que a pH ácido se podría obtener un producto separado en fases. Estos resultados podrían dar indicio a su potencial uso en alimentos con textura viscosa, como sopas, salsas, productos horneados al momento de elaborar una masa, pues en estos productos se requiere una buena interacción proteína-agua.

**Cuadro 23.** *Resultados de índice de solubilidad en agua.*

ISA (%)
68.04 ± 0.54

Fuente: Propia a partir del análisis de la evaluación de propiedades funcionales.

En cuanto a la capacidad de absorción de agua y aceite, cuyos resultados se encuentran en el Cuadro 24, en los que se obtuvo una capacidad de absorción de agua de 4.99 ml/g, a partir de ello puede decirse que la proteína de arveja china absorbe hasta cinco veces su peso en agua. Estos restos resultados superan los encontrados en un estudio previo en los que se registró un rango de absorción de agua de 3.71- 3.88 ml/g, la diferencia de resultados se puede atribuir a la concentración de proteínas, así como sus características conformacionales. Pues la capacidad de absorción de agua depende principalmente de la proteína, y de algunos parámetros de esta, como el tamaño, forma, factores estéricos, balance hidrofílico-hidrofóbico de los aminoácidos en las moléculas, así como de los lípidos y carbohidratos (Cabezas, 2016).

Con respecto a la capacidad de absorción de aceite, la cual fue de 2.25 ml/g, estos valores son parecidos a la capacidad de absorción de aceite de aislados de proteína de soya, los cuales presentaron valores de 2.48 ml/g en granos de soya germinados y 2.20 ml/g en granos de soya no germinados (Astawan, Wresdiyati, Subarna, Rokaesih, & Yoshari, 2019). Estos datos sugieren que ambos tipos de aislado (soya y arveja china) tienen una capacidad de absorción de aceite similar.

Por último, a partir de estos datos, se puede concluir que el aislado de arveja china tiene una capacidad de absorción de agua considerablemente mayor que su capacidad de absorción de aceite. El hecho de que el aislado de arveja tenga una capacidad de absorción de agua significativamente mayor que su capacidad de absorción de aceite, puede ser útil para considerar su aplicación en productos alimenticios que requieran retener agua, como productos horneados, masas, productos cárnicos, donde se requiere mantener una textura húmeda.

**Cuadro 24.** *Resultados de absorción de agua y aceite.*

<b>9. Absorción Agua (ml/g)</b>	<b>OAC (ml/g)</b>
4.99 ± 0.097	2.25 ± 0.21

Fuente: Propia a partir del análisis de la evaluación de propiedades funcionales.

Con respecto a la capacidad de gelificación, cuyos resultados se encuentran en el Cuadro 25, se obtuvo que a una concentración de 5% y 15% no fue lo suficiente para gelificar. Esto se atribuye a que se ha registrado que la concentración mínima para gelificar proteínas de distintas leguminosas oscila entre 12 a 20% (Mercado, Elías, & Pascual, 2014). Por ejemplo, para proteínas de caupí y frijol mungo se ha reportado un valor de 16%. Por lo que se determinó que se requiere una concentración mayor al 15%, pero cabe destacar que, en la experimentación, la solución de 15%, obtuvo mayor consistencia, pues perdió su consistencia después de la solución de 5%, pero aun así no fue capaz de permanecer estable durante los 30 minutos.

Esto podría indicar que, aunque se logra cierta cohesión a concentraciones más altas, la estructura de gel aún no es lo suficiente estable para mantenerse durante un período prolongado. Esto puede ser relevante, dependiendo de su aplicación en la industria, ya que algunos alimentos pueden requerir tanto consistencia, como estabilidad a largo plazo, como lo son sustitutos de embutidos, que requieren que las proteínas vegetales para proporcionar una textura y consistencia similar a la carne. Los resultados obtenidos indican la necesidad de adaptar las concentraciones de proteínas para lograr la gelificación deseada, por lo que se recomienda explorar con concentraciones, tanto intermedias, entre 5 y 15%, así como concentraciones mayores a 15%.

**Cuadro 25.** *Resultados de capacidad de gelificación.*

<b>Solución</b>	<b>Gelificación</b>
5%	Ausente
15%	Ausente

Fuente: Propia a partir del análisis de la evaluación de propiedades funcionales.

En cuanto a la actividad y estabilidad emulsificante, cuyos resultados se encuentran en el Cuadro 26, en el que se determinó una actividad emulsificante de 52.9%. Esta actividad emulsificante se considera alta, pues concuerda con los resultados obtenidos en un estudio, en el que demostraron que la proteína aislada de arveja tenía una mejor capacidad emulsificante que el aislado de soya. Pues se ha declarado que la tienen una actividad emulsificante aproximadamente de 96%, sin embargo, en los estudios mencionados se obtuvo una actividad para aislados de arveja de 99.87% (Cabezas, 2016).

Cabe destacar que la variación de los resultados obtenidos y los declarados por estudios previos, 99.87%, pudieron variar debido a que el aislado analizado fue un aislado comercial, por lo que pudo tener una mayor pureza y contenido proteico. También se ha registrado que la temperatura tiene una relación inversa con las propiedades emulsificantes, pues al aumentar la temperatura, las propiedades emulsificantes disminuyen. En la experimentación, al evaluar las propiedades emulsificantes, la temperatura pudo haber aumentado, al estar la estufa agitadora encendida durante mucho tiempo, lo que calienta el motor, calentando la plancha a pesar de que la temperatura no haya sido aumentada manualmente.

En cuanto a la estabilidad emulsificante que fue de 53.6%, esta también es considerada alta, esta propiedad está relacionada con su habilidad para reducir la tensión interfacial entre el aceite y el agua en la emulsión. Además, se ha establecido que la actividad emulsionante tiene un rol importante en la estabilidad de la emulsión, pues si el aislado tiene una actividad emulsionante eficaz ayudará a reducir la tensión interfacial entre las fases inmiscibles, lo que facilita su dispersión y previene la coalescencia de las gotas, lo que a su vez atribuye a la estabilidad de la emulsión. Ambos parámetros tienen un rol importante en su aplicación como ingredientes alimentarios, pues las proteínas con propiedades emulsionantes altas pueden emplearse para preparar productos alimenticios estables, como leche, crema, mayonesa y helado.

**Cuadro 26.** *Resultados de actividad y estabilidad emulsificante.*

<b>AE (%)</b>	<b>EE (%)</b>
52.9 ± 0.23	53.6 ± 0.82

Fuente: Propia a partir del análisis de la evaluación de propiedades funcionales.

Los resultados de capacidad y estabilidad espumante se encuentran en el Cuadro 27, se obtuvo una capacidad espumante del 4.42% y una estabilidad espumante de 83.6%, esta es considerada baja, al ser comparada con la capacidad espumante de aislados de soya, que se ha registrado ser de 45.2%, con una estabilidad espumante de 13.5% (Serrano, 2015). La variación entre ambos valores se le atribuye a que los factores que afectan a la formación de espuma es la solubilidad, y debido a que como mencionado anteriormente, la solubilidad del aislado de arveja resultó ser menor a comparación de otros aislados, se espera una menor capacidad espumante. Sin embargo, la estabilidad de espuma resultó ser mucho mayor, estos resultados también son los esperados, debido a que uno de los factores que afectan la estabilidad de espuma es la capacidad de absorción de agua (Carp, 2001). Como se mencionó anteriormente la capacidad de absorción de agua es alta, al poder absorber hasta cinco veces su peso en agua, por lo que su estabilidad de espuma es mayor que su capacidad espumante.

Por lo que se establece que la espuma que es capaz de formarse tiende a mantenerse estable durante un periodo prolongado de tiempo, por lo que puede retener su estructura durante un tiempo significativo. A partir de estos resultados, el aislado proteico de arveja puede ser empleado en la industria alimentaria cuando se requiera una espuma de larga duración y estable, incluso si la cantidad inicial de espuma formada es limitada o no es un parámetro crucial.

**Cuadro 27.** *Resultados de capacidad y estabilidad espumante.*

<b>CE (%)</b>	<b>EES (%)</b>
4.42 ± 0.022	83.6 ± 0.02

Fuente: Propia a partir del análisis de la evaluación de propiedades funcionales.

#### *Fase 4. Propuestas de productos*

Realizando una recopilación de los resultados obtenidos de las propiedades funcionales, se obtuvo un aislado: con diámetro aproximado de 205µm, el cual es adecuado para su distribución uniforme en el producto seleccionado para su aplicación. Un color verde cremoso, el cual no altera drásticamente la coloración de los productos en los que se aplica, y un color que el mercado ha aceptado en productos existentes. Una densidad de 0.28 g/ml, lo que refleja un alto grado de compactación al almacenarse y permite el diseño de una línea de proceso que evite su dispersión.

Una solubilidad de 68.04%, lo cual refleja una solubilidad parcial y permite establecer que se debe añadir una gente que permita su homogenización completa, como la pectina, y en el caso de no emplear uno, seleccionar un producto que la separación de fases o apariencia de partículas restantes no sea un factor de rechazo crítico para el consumidor. También se determinó una capacidad de absorción de agua de 4.99 ml/g y una capacidad de absorción de aceite de 2.25 ml/g, lo cual permite establecer la elección de productos que requiera una mayor absorción de agua que de aceite, como lo son sopas y salsas, en los que el aislado puedan emplearse para espesar y mejorar la textura. También puede destinarse a la fabricación de productos horneados, en los que se desee retener la humedad y mejorar la textura de la miga.

Se determinó una capacidad de gelificación insuficiente a concentraciones del 5% y 15%, por lo que su posible aplicación en productos que requieren gelificación completa pueda ser limitada. Sin embargo, en productos en los que la gelificación no es un factor crítico, podría aplicarse a bebidas enriquecidas, para aumentar su contenido proteico y mejora la textura sin necesidad de gelificar. También se obtuvo una actividad emulsificante de 52.9% y una estabilidad de emulsión de 53.6%, lo que permite su aplicación en productos que requieren propiedades emulsionantes y estabilizadoras, como salsas y aderezos, para mantener una textura suave y estable. Por último, se obtuvo una capacidad espumante de 4.42% y una estabilidad espumante de 83.6%, por lo que no se recomienda una incorporación en productos que requieran una espuma voluminosa, a partir de ellos podría aplicarse a productos lácteos alternativos, pues el aislado podría contribuir a la textura y estabilidad sin la necesidad de una formación de una espuma voluminosa.

Realizando una revisión de productos existentes en el mercado, se ha encontrado: Pasta con proteína de arveja de la marca “Kibo”, en este producto la proteína de arveja con su alta capacidad de absorción de agua permite que la pasta retenga su forma durante la cocción y evita que esta sea quebradiza o pegajosa, también permite retener la humedad en la pasta, lo que evita que se seque demasiado durante su almacenamiento, mejorando su frescura y calidad a largo plazo. Este producto también demuestra su compatibilidad con otras harinas, lo que demuestra que puede mezclarse bien con otras harinas y almidones, para lograr la textura y propiedades deseadas en pastas. con base en este producto, puede decirse

que la proteína de arveja puede emplearse en pastas, por sus propiedades funcionales relacionadas con la absorción de agua y la formación de una masa adecuada para pastas.

Otro producto que puede ser mencionado es una alternativa a la mayonesa, en base a arvejas orgánicas de la marca “EGGLESS”. Es una mayonesa que no lleva huevo como ingrediente, convirtiéndose en un aderezo 100% vegetal. En este producto se puede determinar que la proteína de arveja actúa como emulsionante, ayudando a estabilizar la emulsión entre el agua y el aceite en la mayonesa. Sin embargo, en base al listado de ingredientes, puede ser acompañado de estabilizantes y espesante para contribuir a la estabilidad de la emulsión, se detallan estabilizantes como goma guar y xantana y espesantes como almidón de papa y maíz.

También se encontró tortas o medallones a base de proteína de arveja de la marca “Not Burger”. En este producto, en base al listado de ingredientes se combinan otro tipo de proteínas, como la proteína de arroz y de chíá, pero en menor proporción. Algunas propiedades de las proteínas como su capacidad de unión y aglutinación permiten mantener la torta de hamburguesa unida y evitar que se desmorone, también sus propiedades emulsionantes y la estabilidad de esta ayudan a estabilizar y mantener la mezcla homogénea con los aceites involucrados. Este tipo de torta también debe ser acompañada como ingredientes como metilcelulosa, fibra de bambú, extracto de levadura para contribuir a su firmeza, masticabilidad, mejorar el perfil de sabor.

Con base en lo establecido, la primera propuesta de producto es una alternativa de mayonesa, empleando el aislado de arveja china como emulsionante. En esta se obtuvieron los resultados que se despliegan en el Cuadro 28, en los que se define un pH de 4.1, el cual para salsas emulsionadas en base a la norma COGUANOR NGO 34 142 el requerimiento de pH máximo es 4, a pesar de no sobrepasar este valor significativamente, se recomienda aumentar el ácido cítrico en la formulación, para contribuir con su estabilidad microbiológica y cumplir con la norma. En cuanto a la acidez, la cual fue de 0.34, en comparación con especificación estimada por la norma, que indica una acidez máxima de 0.6, puede decirse que este parámetro también cumple con esta especificación.

En cuanto a la viscosidad, la cual fue cercana a 100,000 cp, específicamente de 999,763 cp. Se considera estar en el rango apropiado de textura, esto porque al comparar con mayonesas comerciales, como la mayonesa de la marca “Mi Dia” que especifica en su ficha técnica una viscosidad mínima de 70,000 cp y una máxima de 160,000. La alternativa de mayonesas elaborada se considera estar dentro del rango apropiado de textura que las mayonesas comerciales. También se comparó con la viscosidad registrada en estudios anteriores como lo es el estudio de (Echeverri, Florez, Del pilar, & Hernandez, 2022), en los cuales las formulaciones elaboradas demostraron tener una viscosidad en el rango de 10,000 cp hasta 130,000 cp, estas formulaciones fueron evaluadas sensorialmente y demostraron ser aceptadas en cuanto a textura. Por lo que la alternativa de mayonesa llevada a cabo se considera estar dentro de los parámetros adecuados para ser aceptada en cuanto a textura.

Para la evaluación sensorial del producto se recomienda realizar un panel sensorial de aceptación para ver la aceptación en cuanto a los atributos de sabor, olor, textura y color de la alternativa de mayonesa y validar los resultados de los parámetros fisicoquímicos. También si se desea determinar si los consumidores son capaces de determinar si existen diferencias significativas entre una mayonesa de referencia y la alternativa de mayonesa. Sin

embargo, para la experimentación, debido a los bajos rendimientos, no se recolectó una cantidad suficiente para poder evaluar una cantidad significativa de panelistas.

A pesar de esto, se evaluó visualmente la textura y consistencia del prototipo, el cual se vio bastante similar a las mayonesas comerciales, estas cualidades se le atribuyen a las gomas y almidones añadidos, que actúan como espesantes y estabilizantes, otorgando una mejor textura para disimular el cambio de emulsionante. También visualmente se pudo apreciar un cambio en la coloración en la emulsión, cambiando el blanco tradicionalmente observado en mayonesas, a una tonalidad verde clara, bastante similar al color del aislado obtenido.

**Cuadro 28.** Resultados fisicoquímicos de la alternativa de mayonesa.

<b>pH</b>	<b>Acidez como ácido acético (%)</b>	<b>Viscosidad (cp)</b>	<b>Apariencia</b>
4.1	0.34	999,763	

Fuente: Propia a partir de la elaboración de propuestas de productos.

Como segunda propuesta de producto, se planteó la elaboración de una bebida suplementada con proteína. Los resultados fisicoquímicos se encuentran en el Cuadro 29, en estos se obtuvo un pH de 3.35 para la bebida sin proteína y un pH de 3.52 para la bebida con proteína, en base al estudio “Development of protein fortified mango based ready-to-serve beverage” (Yadav, y otros, 2016), el pH en el que se realizaron las bebidas fue de 3-4, lo que les permitió mantener en óptimas condiciones sus propiedades durante su almacenamiento. En cuanto a los grados brix, los cuales fueron de 17.7° para la muestra sin proteína y de 19.3° para la muestra con proteína. Para la mayoría de las bebidas de frutas se recomienda una concentración de sólidos solubles alrededor de 20°. En el estudio mencionado, tuvieron una concentración de sólidos solubles de 18.1°. Por lo que los parámetros fisicoquímicos se consideran adecuados y aptos, pues el hecho de que ambas muestras cumplan con esta especificación contribuye a la conservación del producto y a su vida útil.

**Cuadro 29.** Resultados fisicoquímicos de la bebida suplementada con proteína.

<b>Muestra</b>	<b>pH</b>	<b>Grados Brix</b>	<b>Apariencia</b>
Sin proteína	3.35	17.7	
Con proteína	3.52	19.3	

Fuente: Propia a partir de la elaboración de propuestas de productos.

Para este prototipo de igual manera se recomienda realizar una evaluación sensorial, pero debido a que no es posible preparar muestras suficientes debido a los rendimientos, se optó por realizar un “grupo focal”. Para este, se definió el requerimiento de ocho participantes que consuman de manera constante u ocasional bebidas o batidos con proteína, la muestra se seleccionó de manera estratégica para representar la diversidad de preferencias y opiniones con respecto a este tipo de bebidas, los participantes tuvieron un rango de edad entre 20- 24 años. En cuanto al procedimiento de la prueba, se definió presentar dos muestras a los participantes, una muestra con y sin proteína, para que los participantes sean capaces de comparar y comentar sobre las diferencias percibidas.

La guía de preguntas se dividió en introductorias y diferenciadoras, para las introductorias se realizaron preguntas antes de probar la bebida y se enfocaron a experiencias previas, preferencias personales, formas de consumo y expectativas. Para las preguntas diferenciadoras que se realizaron después de probar la bebida, se realizaron preguntas para especificar impresiones de las muestras, preferencias y comentarios adicionales.

Las preguntas introductorias realizadas y los hallazgos encontrados fueron los siguientes: A partir de la variedad de experiencias previas con bebidas de proteína, ya sean empleadas para desarrollo muscular, por dietas específicas o necesidades de proteínas, se demuestra la diversidad de motivaciones que el mercado de bebidas con proteína puede satisfacer distintas necesidades y expectativas de los consumidores. Por preferencias de sabor, se denotó una preferencia por sabores dulces, como vainilla fresa, chocolate, banano, etc. Esto es información vital para los fabricantes, pues resalta la importancia del sabor en la decisión de compra.

También se encontró preferencia por ingredientes orgánicos e interés en cero azúcar o edulcorantes. Así como una preferencia por bases de agua y alternativas lácteas, esta preferencia por ingredientes naturales y opciones de base para las bebidas es esencial para definir la formulación de productos. En cuanto a la expectativa de beneficios, la mayoría asocian las bebidas con proteína principalmente por desarrollo muscular, esto es un indicio y oportunidad para los fabricantes para comunicar los beneficios de sus productos para motivar la decisión de compra, para no solo limitarla al “desarrollo muscular”. Por lo que la adición de vitaminas o minerales en este tipo de bebidas podría considerarse como una estrategia para atraer ciertos segmentos de consumidores que buscan un valor nutricional adicional.

En última instancia, se demostró que las preferencias de los consumidores son un factor determinante en la aceptación y adopción de este producto, lo que resalta la importancia de equilibrar la calidad nutricional con la experiencia gustativa para desarrollar bebidas de proteína exitosas y atractivas para un público más amplio. En cuanto a las preguntas diferenciadoras realizadas y los hallazgos encontrados fueron los siguientes:

A partir de esto se puede inferir que, si se puede percibir un cambio de consistencia en la bebida con proteína, sin embargo, esta diferencia es mucho menor a comparación de bebidas que se encuentran actualmente en el mercado. Esta observación es vital para los fabricantes que desean equilibrar la textura y sabor en sus productos. En cuanto a preferencia, los factores que incluyeron en la decisión fueron por textura, pues daba una sensación de saciedad, color y sabor. Esto indica la importancia de ofrecer opciones variadas para satisfacer distintas preferencias de los consumidores.

También se puede denotar la mención de la bebida con proteína se percibió más natural y menos procesada en comparación con otras bebidas similares en el mercado, esto puede ser un factor motivador para los consumidores que buscan opciones más saludables y menos artificiales. Por último, las sugerencias de los participantes, como aumentar su acidez, agregar dulzura, ofrecer la bebida en polvo, y ofrecer sabores adicionales, indican que existe un espacio significativo para la personalización y la diversificación de productos en el mercado de bebidas suplementadas con proteína.

**Cuadro 30.** *Evaluación de bebida suplementada con proteína, según los participantes del grupo focal.*

<b>Aspecto evaluado</b>	<b>Participantes</b>
<b>Reacciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- “se mira más denso”</li> <li>- “se ve bien”</li> <li>- “no huelen mal”</li> <li>- “Le falta sabor”</li> <li>- “está rica”</li> </ul>
<b>Sí gustó</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Textura</li> <li>- Color</li> <li>- sabor</li> </ul>
<b>No gustó</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de dulzor</li> <li>- Falta de acidez</li> <li>- Regusto</li> </ul>
<b>A mejorar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ampliar gama de sabores</li> <li>- Intensidad del sabor</li> <li>- Evaluar el regusto</li> </ul>
<b>Intención de compra</b>	- 100% (8 de 8 personas evaluadas)

Fuente: Propia a partir de los resultados recopilados del grupo focal.

Basándose en los resultados proporcionados, se pueden realizar conclusiones tentativas relacionadas con la posible amplitud de la variedad de productos en los que puede aplicarse la proteína de arveja. Sin embargo, es importante detallar que los hallazgos provienen de un grupo focal limitado y una evaluación fisicoquímica y visual superficial, por lo que representan preferencias y opiniones de un grupo específico de participantes. Además, la aceptación de productos puede variar según la región geográfica y otros factores demográficos y culturales.

Dicho esto, se pueden considerar que la proteína de arveja puede tener aplicaciones en bebidas, para ser suplementadas con proteína. Siempre y cuando se empleen otros aditivos que faciliten y enmascaren su adición, debido a las propiedades funcionales previamente mencionadas. En este caso se empleó y se recomienda la pectina, que en este caso permitió estabilizar las proteínas y mejorar la sensación en la boca de la bebida. Así como también presenta alto potencial para ser empleado como emulsionante, siempre y cuando se empleen estabilizantes y espesantes para contribuir a su estabilidad y efectos en la palatabilidad.

## VII. Conclusiones

1. Se obtuvo un aislado proteico mediante precipitación isoeléctrica con un contenido proteico de 92.1% a pH 6, con las condiciones de tiempo de mezclado en la fase de solubilidad de 2 horas, tiempo de reposo mínimo de 2 semanas y una etapa de centrifugación final para separar lo sedimentado y el sobrenadante.
2. Las propiedades físicas del aislado proteico, que incluyen diámetro medio de 205  $\mu\text{m}$ , densidad aparente de 0.28 g/ml, tonalidad verde cremosa. Además, sus propiedades funcionales, como su capacidad de absorción de agua, actividad emulsificante, estabilidad de emulsión y estabilidad espumante, indican que este aislado es versátil y puede emplearse en una amplia gama de productos y hacen que sea fácil incorporarlo sin que sea perceptible.
3. Los sobrenadantes obtenidos en cada pH demuestran potencial para ser utilizados por su fuerte actividad antioxidante y contenido de polifenoles.
4. Se propuso una alternativa de mayonesa utilizando el aislado proteico como emulsionante en lugar de huevo, aunque debido a su actividad y estabilidad emulsificante media, es necesario incorporar estabilizantes. Asimismo, se propuso una bebida suplementada con proteína, aprovechando su solubilidad parcial, y para lograr una homogenización completa y enmascarar los efectos de palatabilidad, se adicionaron aditivos.

## VIII. Recomendaciones

1. Se recomienda experimentar la extracción con valores de pH mayores a 6, para documentar si existe algún valor en los cuales la actividad antioxidante podría alcanzar un punto óptimo o un declive.
2. Se recomienda llevar a cabo un análisis que involucre mayor cantidad de réplicas para validar y fortalecer los resultados obtenidos en la prueba t, pues se reduciría la variabilidad.
3. Si se desea aumentar la solubilidad en el aislados proteico de arveja china se recomienda extraer aislados a un pH mayor a 6, pues en estudios previos se han registraron valores de solubilidad que van desde 79-81% a valores de pH más alcalinos.
4. Para encontrar una concentración de gelificación específica se recomienda explorar con concentraciones mayores de 15%, debido a que en estudios previos se han determinado concentraciones mínimas de gelificación a concentraciones entre 12% y 20%.
5. Si se desea llevar algunas de estas propuestas al mercado, se recomienda validar su aceptación utilizando pruebas sensoriales.



[https://res.cloudinary.com/webuvg/image/upload/v1570140916/WEB/Servicios/Editorial%20universitaria/PDF/37/REV\\_37\\_ART\\_10\\_pags\\_116-122\\_op.pdf](https://res.cloudinary.com/webuvg/image/upload/v1570140916/WEB/Servicios/Editorial%20universitaria/PDF/37/REV_37_ART_10_pags_116-122_op.pdf): Revista de la Universidad del Valle de Guatemala.

- Cabezas, E. (2016). *Caracterización físico, química, sensorial y funcional de la proteína aislada de la arveja (Pisum sativum)*. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0ae4f322-5bff-4ca9-840a-010edeb6de6c/content>: ZAMORANO.
- Calderón, L., Dardón, D., Márquez, J., & Del Cid, M. (2000). *Manejo Integrado del Cultivo de Arveja China*. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS\\_192s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192s.pdf): ICTA.
- Carcelén, J., & Cedeño, L. (2022). *ANÁLISIS DEL ÁREA DE TAMIZADO – PROCESO DE PRENSADO DE UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA Y PROPUESTA DE MEJORA*. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/64433/4/CEDE%20ELIZALDE%20LUIS%20MIGUEL%20Y%20CARCEL%20PINCAY%20JORGE%20LUIS.pdf>: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.
- Carp, D. (2001). *Formación y estabilidad de espumas de proteínas de soja: efecto de la desnaturalización térmica y de la interacción con polisacáridos*. [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n3333\\_Carp.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3333_Carp.pdf): Universidad de Buenos Aires.
- Casas, N., Orellana, P., & Petzold, G. (2020). *Comparative Study of the Structural Properties, Color, Bioactive Compounds Content and Antioxidant Capacity of Aerated Gelatin Gels Enriched with Cryoconcentrated Blueberry Juice during Storage*. <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/12/2769>: MDPI.
- Castro, C. (2022). *Estudio de la cadena de valor Global de la Arveja China*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Chaparro, S., Tavera, M., Martínez, J., & Gil, J. (2014). PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA HARINA Y DE LOS AISLADOS PROTEICOS DE LA SEMILLA DE GUANÁBANA (*Annona muricata*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 151-159.
- Cobo, C. P. (2016). *Determinación de la actividad antioxidante, polifenoles, actividad antiinflamatoria y digestión gastrointestinal in vitro en proteínas de hoja de Ilex guayusa*. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24099/1/AL615.pdf>: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Crespo, M. (2012). *ESTUDIO PRELIMINAR PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN PARA LA EXPORTACIÓN DE ARVEJA DE GRANO (Pisum sativum L.)*. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6144/1/Marco%20Antonio%20Crespo%20Rodr%C3%ADguez.pdf>: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.
- Di Major, D., La Neve, L., La guardia, M., Casuccio, A., & Giammanco, M. (2011). The influence of two different pH levels on the antioxidant properties of flavonols, flavan-

3-ols, phenolic acids and aldehyde compounds analysed in synthetic wine and in a phosphate buffer. *Journal of Food Composition and Analysis*, 265-269.

- Echeverri, A., Florez, V., Del pilar, A., & Hernandez, M. (2022). *Elaboración y caracterización de una salsa vegana tipo mayonesa a base de aceite de aguacate Hass y aceite de semilla de Sacha Inchi*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/c8425eac-91c3-46ac-81e4-11647e7be0f5/content>: Universidad de los Andes.
- Ezquerro, J., & Chan, J. (2021). *Capacidad antioxidante y mecanismo de acción de pigmentos en organismos marinos*. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-78582021000100186](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582021000100186): Universidad de Sonora.
- FAO. (2011). *Pérdidas y Desperdicio de Alimentos en el Mundo*. <https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf>: SAVE FOOD.
- FAO. (2016). *Producción y seguridad alimentaria*. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s06.htm>
- FAO, IFAD, UNICEF, & WFP. (2021). *the State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all*. Rome: <https://www.fao.org/3/cb4474en/cb4474en.pdf>. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4474en>
- Friedman, M. (1996). *Nutritional Value of Proteins from Different Food Sources. A Review*. <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf9400167>: ACS Publications.
- Gascón, A., Muravnick, N., & Adreuccetti, C. (2013). *Frutas y Hortalizas Deshidratadas*. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56419859/Deshidratado\\_de\\_Vegetales\\_2013-libre.pdf?1524694385=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDESECCACION\\_Y\\_DESHIDRATACION\\_D\\_E\\_VEGETALES.pdf&Expires=1678056858&Signature=V6ym7u5iI75tsdssBddhGl dPNOBaLS9:](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56419859/Deshidratado_de_Vegetales_2013-libre.pdf?1524694385=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDESECCACION_Y_DESHIDRATACION_D_E_VEGETALES.pdf&Expires=1678056858&Signature=V6ym7u5iI75tsdssBddhGl dPNOBaLS9:) - Universidad Nacional de Cuyo .
- Ghosh, S., Chakraborty, R., & Raychaudhuri, U. (2014). *Determination of pH-dependent antioxidant activity of palm (Borassus flabellifer) polyphenol compounds by photoluminol and DPPH methods: a comparison of redox reaction sensitivity*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4569623/>: PubMed Central.
- Goncalvez, N., Vioque, C., Sánchez, R., Juan, B., & Millán, F. (1997). *Obtención y caracterización de aislados proteicos de colza* . <https://digital.csic.es/bitstream/10261/21867/1/813.pdf>: ENITIAA.
- Insausti, A. (2018). *CONSERVACIÓN DE CONCENTRADOS PROTEICOS LÁCTEOS MEDIANTE ATOMIZACIÓN Y LIOFILIZACIÓN*. <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/29752/TFG%20Andrea.pdf?sequence=1&isAllowed=n>: Universidad Pública de Navarra.

- Jadid, N., Hidayati, D., Hartanti, S., Arraniry, B., Rachman, R., & Wikanta, W. (2017). *Antioxidant activities of different solvent extracts of Piper retrofractum Vahl. using DPPH assay*. Indonesia : Muhammadiyah University Surabaya.
- MAGA. (2014). *Perfil Comercial Arveja China*. <https://www.maga.gob.gt/download/Perfil%20arveja%20china.pdf>: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Martínez, j., Medina, O., & Zambrano, R. (2011). *Estudio fisicoquímico funcional de los aislados proteicos en semillas de maracuya (Passiflora edulis f)*. <https://www.redalyc.org/pdf/903/90322640010.pdf>: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Menchú, T. M., & Méndez, H. (2012). *TABLA DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS DE CENTROAMÉRICA*. <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCAAlimentos.pdf>: INCAP.
- Mendoza, R., & Herrera, A. (2012). *Cinética de Inactivación de la Enzima Peroxidasa, Color y Textura en Papa Criolla (Solanum tuberosum Grupo phureja) sometida a tres Condiciones de Escaldado*. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642012000400009](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000400009): Universidad Nacional de Colombia.
- Mercado, J., Elías, C., & Pascual, G. (2014). *OBTENCIÓN DE UN AISLADO PROTEICO DE TORTA DE SACHA INCHI (Plukenetia volubilis L.) Y EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES*. <file:///C:/Users/sarav/Downloads/Dialnet-ObtencionDeUnAisladoProteicoDeTortaDeSachaInchiPlu-6171097.pdf>: © Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Morales, J., Restrepo, D., & Acevedo, D. (2012). *PROPIEDADES FUNCIONALES DE AISLADOS PROTEICOS DE LEGUMINOSAS*. Colombia: UNIVERSIDAD DE CARTEGENA.
- Murillo, C. (2007). *DISEÑO DE UN DESHIDRATADOR DE CONVECCION PARA FRUTAS Y VEGETALES*. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6409/T04422.pd?sequence=1>: UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE.
- Murillo, R. (2020). *APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE EXTRUSIÓN EN PRODUCTOS CON ALTO CONTENIDO EN PROTEÍNA*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/150018/Murillo%20-%20Aplicaci%20de%20la%20tecnologi%20de%20extrusi%20en%20productos%20con%20alto%20contenido%20en%20prote%20adna.pdf?sequence=1&isAllowed=y>: Universidad Politécnica de Valencia.
- Ortega, R. (2019). *EFFECTO DEL PH DE SOLUBILIZACIÓN EN LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA PROTEÍNA AISLADA DE SEMILLA DE NABO SILVESTRE (Brassica rapa L.)*.

- <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a2efd393-9238-4d04-947c-fef057caa9c7/content>: UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA.
- Ozbek, A., & Bilek, S. (2018). *Plant Based Protein Sources and Extraction*. [https://www.researchgate.net/publication/329284365\\_Plant\\_Based\\_Protein\\_Sources\\_and\\_Extraction](https://www.researchgate.net/publication/329284365_Plant_Based_Protein_Sources_and_Extraction): Ege University.
- Paz, E. (2017). *EFEECTO DEL pH SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN VINO MODELO: INTERACCIÓN ENTRE HIERRO Y COMPUESTOS FENÓLICOS*. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/169810/Efecto-del-pH-sobre-la-capacidad-antioxidante-en-vino-modelo.pdf?sequence=1>: Universidad de Chile.
- Pérez, S., Morón, N., Cervantes, M., & Barón, M. (2017). *Evaluación del potencial antioxidante en extracto de espinaca por voltamperometría cíclica*. <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v30n2/0120-100X-rion-30-02-00099.pdf>: Universidad Santo Tomás.
- Peyrano, F. (2018). *GELIFICACIÓN DE PROTEÍNAS DE CAUPÍ DEL NORDESTE ARGENTINO*. [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/96346/CONICET\\_Digital\\_Nro.ff55bb95-c7d6-4227-b01c-bd1114ff239c\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/96346/CONICET_Digital_Nro.ff55bb95-c7d6-4227-b01c-bd1114ff239c_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y): Universidad Nacional del Nordeste.
- Pinchao, Y., Andrade, J., & Oswaldo, O. (2016). *Procesamiento de Arvejas (Pisum sativum L.). Parte 4: Optimización del Proceso de Escaldado de Arvejas (Pisum sativum L.) Variedades Sureña y Andina en base a la Inactivación de Peroxidasa*. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v27n4/art05.pdf>: Universidad de Nariño.
- Ponce, N. (2015). *Estructura y principios de molienda en cereales*. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/32459/secme-8641.pdf?sequence=1&isAllowed=y>: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Preciado, A., Ruiz, J., Villegas, M., Domínguez, J., & González, G. (2022). *Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria. Un acercamiento a la economía circular*. <https://www.redalyc.org/journal/813/81373798002/81373798002.pdf>: Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha.
- Prieto, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). *Economía circular: Relación con la evolución del concepto de*. [https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/53653/1/Economia\\_Circular.pdf](https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/53653/1/Economia_Circular.pdf): Universidad de Navarra.
- Quiñones, M., Miguel, M., & Alexandre. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables. *Nutrición Hospitalaria*, 76-89.
- Reyes, D. (2022). *DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD EMULSIONANTE DE PROTEÍNA EXTRAÍDA DE LA ARVEJA (PISUM SATIVUM L.) PARA SU APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23674/1/UPS-CT010154.pdf>: Universidad Politécnica Salesiana.

- Reynosa, C. (2018). *Efecto del distanciamiento de siembra en la producción de arveja china (Pisum sativum L.), variedad kaqchikel, en la Exportadora Tierra De Árboles S.A. en la Aldea Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango, Guatemala, C.A.* <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5986/>: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Samayoa, J. (2021). *Desarrollo de una botaba a base de arveja china*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Serrano, M. (2015). *Solubilidad de la proteína de soya aislada tratada con alcalasa a pH ácido y sus propiedades funcionales*. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/175c551e-9f01-4941-958d-ab41405e7700/content>: Zamorano.
- Soler, A. (2009). *Estudio de la capacidad antioxidante y la biodisponibilidad de los compuestos fenólicos del aceite de oliva. Primeras etapas en el desarrollo de un aceite de oliva funcional*. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8394/Tasc1de1.pdf>: Universidad de Lleida.
- Sumner, A., Nielsen, M., & Youngs, C. (1981). *Production and Evaluation of Pea Protein Isolate*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb04862.x>: Institute of Food Technologist.
- Teniente, G., Valadez, M., González, L., Cariño, R., Juárez, J., & Bernardino, A. (2019). *Actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos de péptidos de dos variedades de frijol ayocote (Phaseolus coccineus)*. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/4/68.pdf>: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Torres, K. (2007). *Optimización de la etapa de hidrólisis ácido en el proceso de fosfatación de almidón por extrusión para la encapsulación de aceite esencial de naranja*. <https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Optimizacion%20de%20la%20etapa%20de%20hidrolisis%20acida.pdf>: Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.
- Ulloa, J., Rosas, P., Ramírez, J., & Ulloa, B. (2012). *Producción de aislados proteicos a partir de subproductos industriales*. <http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/899/1/Produccion%20de%20aislados%20proteicos%20a%20partir%20de%20subproductos%20industriales.pdf>: UAN.
- Vallejos, Y. E. (2018). *Obtención de concentrados proteicos de la harina de arveja (Pisum sativum) y determinación de su actividad antioxidante por el método del ácido tiobarbitúrico (TBA)*. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27136/1/AL%20657.pdf>: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Yadav, Depp, Vishwakarma, R., Borad, S., Bnasal, S., Jaiswal, A., & Sharma, M. (2016). Development of protein fortified mango based. *Journal of Food Science and Technology*, 3844-3852.

## X. Anexos

**Cuadro 31.** *Resultados experimentales de la prueba de humedad del análisis proximal de la harina de arveja china.*

No. Muestra	Envase vacío (g)	Muestra inicial (g)	Envase + muestra seca (g)	Muestra seca (g)	Humedad (%)
1	16.11	14.99	29.00	12.88	14.1
2	16.28	15.01	29.17	12.88	14.1
3	15.75	15.05	28.66	12.91	14.2
<b>Promedio</b>					14.1
<b>Desviación Estándar</b>					0.0745

**Cuadro 32.** *Resultados experimentales de la prueba de cenizas del análisis proximal de la harina de arveja china.*

No. Muestra	Crisol vacío (g)	muestra (g)	Crisol con muestra (g)	Crisol con cenizas (g)	Cenizas (%)
1	21.22	1.499	22.72	21.20	0.954
2	28.17	1.503	29.68	28.18	0.572
3	28.24	1.501	29.74	28.23	0.660
<b>Promedio</b>					0.728
<b>Desviación Estándar</b>					0.200

**Cuadro 33.** *Resultados experimentales de la prueba de grasa del análisis proximal de la harina de arveja china.*

No. Muestra	Vaso vacío (g)	Muestra (g)	peso vaso + muestra final (g)	Grasa (%)
1	74.97	10.01	75.17	1.95
2	76.43	10.01	76.60	1.73
3	75.39	10.03	75.60	2.05
<b>Promedio</b>				1.91
<b>Desviación Estándar</b>				0.162

**Cuadro 34.** Resultados experimentales de la prueba de proteína del análisis proximal de la harina de arveja china.

No. Muestra (pH 4)	Muestra (g)	volumen titulado (ml)	Normalidad Ácido estándar	Nitrógeno en la muestra (%)	Proteína (%)
1	0.2549	9.2	0.1	5.0529	31.6
2	0.2547	9.0		4.9469	30.9
3	0.2509	8.9		4.9661	31.0
				<b>Promedio</b>	31.2
				<b>Desviación Estándar</b>	0.353

**Cuadro 35.** Resultados experimentales de la prueba de fibra cruda del análisis proximal de la harina de arveja china.

No. Muestra	Muestra (g)	Peso crisol (g)	Crisol después de digestión (g)	Fibra cruda (%)	
1	1.0013	29.7014	29.7032	0.180	
2	1.0025	29.7323	29.7343	0.200	
3	1.0024	29.5017	29.5015	0.020	
				<b>Promedio</b>	0.133
				<b>Desviación Estándar</b>	0.098

**Cuadro 36.** Resultados experimentales de la prueba de carbohidratos totales del análisis proximal de la harina de arveja china.

No. Muestra	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra cruda (%)	Carbohidratos Totales (%)
1	14.05	31.58	1.95	0.1798	52.2
2	14.14	30.91	1.73	0.1995	53.0
3	14.21	31.04	2.05	0.0199	52.7
				<b>Promedio</b>	52.6
				<b>Desviación Estándar</b>	0.389

**Cuadro 37.** Resultados de la prueba 1 a la 5 de aislamiento proteico.

No. prueba	Réplicas realizadas	Valores de pH	Peso inicial muestra (g)	pH inicial	pH solubilización	pH final	Aislado acuoso (g)	Rendimiento (%)
1	R1	4	20.0	5.95	8.02	4.05	1.34	6.72
	R2	6	20.1	5.96	8.01	6.01	2.38	11.9
	R3	4	20.0	6.03	8.03	4.03	2.34	11.7
	R4	6	20.0	6.05	8.06	6.05	2.88	14.4
2	R5	4	20.0	5.95	8.02	4.05	5.59	27.9
	R6	6	20.1	5.96	8.01	6.01	2.23	11.1
	R7	4	20.1	6.03	8.03	4.03	6.75	33.6
	R8	6	20.1	6.05	8.06	6.05	2.94	14.6
	R9	4	20.1	6.2	8.04	4.02	5.65	28.2
	R10	6	20.0	6.1	8.03	6.03	3.00	15.0
3	R11	4	60.1	5.67	7.99	4.02	6.88	11.5
	R12	6	60.0	5.63	7.98	6.00	4.81	8.01
4	R13	6	9.99	5.71	8.05	6.02	1.06	10.6
	R14	4	10.0	5.61	8.03	4.02	4.41	44.1
	R15	6	10.0	5.59	8.02	5.99	0.60	6.0
	R16	4	10.0	5.60	8.11	4.01	0.78	7.8
	R17	6	10.0	5.59	8.01	5.99	0.86	8.6
5	R18	6	10.0	5.57	8.07	5.99	0.39	3.9
	R19	4	10.0	5.58	8.06	3.95	3.33	33.1
	R20	6	10.0	5.57	8.02	5.96	3.32	33.2
	R21	4	10.0	5.58	8.02	3.98	3.86	38.5

**Cuadro 38.** Resultados de la cuantificación proteica del concentrado proteico a pH 4 recolectado en la prueba 1 a la 5.

No. Muestra	Muestra (g)	volumen titulado (ml)	Normalidad ácido estándar	Nitrógeno en la muestra (%)	Proteína (%)
1	0.2545	22.4	0.1	12.3222	77.0
2	0.2531	22.2		12.2797	76.7
				<b>Promedio</b>	76.9
				<b>Desviación Estándar</b>	0.188

**Cuadro 39.** Resultados de la cuantificación proteica del concentrado proteico a pH 6 recolectado en la prueba 1 a la 5.

No. Muestra	Muestra (g)	volumen titulado (ml)	Normalidad ácido estándar	Nitrógeno en la muestra (%)	Proteína (%)
1	0.2509	25.3	0.1	14.1171	88.2
2	0.2524	25.5		14.1442	88.4
				<b>Promedio</b>	88.3
				<b>Desviación Estándar</b>	0.119

**Cuadro 40.** Resultados de la prueba 5 a la 10 de aislamiento proteico.

No. prueba	Réplicas realizadas	Valores de pH	Peso inicial muestra (g)	pH inicial	pH solubilización	pH final	Aislado acuoso (g)	Rendimiento (%)
6	R22	6	10.1	5.84	8.12	6.05	4.17	41.3
	R23	4	10.0	5.82	8.17	4	3.53	35.3
	R24	6	10.1	5.81	8.09	5.95	9.42	93.7
	R25	4	10.0	5.85	8.09	4.04	8.40	84.1
7	R26	6	10.0	5.54	8.03	5.94	0.66	6.56
	R27	4	10.0	5.53	8.05	4.02	0.63	6.31
	R28	6	10.1	5.53	8.07	6.04	2.95	29.3
	R29	4	10.0	5.56	8.20	4.00	3.08	30.7
8	R30	6	10.1	5.78	8.02	6.09	0.25	2.45
	R31	4	10.0	5.78	8.07	3.97	0.98	9.83
	R32	6	10.1	5.80	8.07	6.01	0.43	4.28
	R33	4	10.0	5.79	8.05	4.13	1.49	14.8
	R34	6	10.1	5.79	8.03	5.86	3.67	36.4
9	R35	6	10.1	5.56	8.02	5.98	3.53	34.9
	R36	4	10.0	5.64	8.00	4.05	4.15	41.4
	R37	6	10.1	5.77	8.13	5.91	4.26	42.4
	R38	4	10.0	5.78	8.09	4.05	5.87	58.7
	R39	6	5.06	5.76	8.24	5.96	2.56	50.6
10	R40	6	10.1	5.66	8.3	4.02	3.53	35.0
	R41	4	10.1	5.79	8.19	6.08	4.15	41.2

**Cuadro 41.** Resultados de la cuantificación proteica del aislado proteico a pH 4 recolectado en la prueba 5 a la 10.

No. Muestra	Muestra (g)	volumen titulado (ml)	Normalidad Ácido estándar	Nitrógeno en la muestra (%)	Proteína (%)
1	0.2510	25.9	0.1	14.4462	90.3
2	0.2527	26.1		14.4598	90.4
				<b>Promedio</b>	90.3
				<b>Desviación Estándar</b>	0.060

**Cuadro 42.** Resultados de la cuantificación proteica del aislado proteico a pH 6 recolectado en la prueba 5 a la 10.

No. Muestra (pH 6)	Muestra (g)	volumen titulado (ml)	Normalidad ácido estándar	Nitrógeno en la muestra (%)	Proteína (%)
1	0.2541	26.8	0.1	14.7658	92.3
2	0.2551	27.0		14.8177	92.6
				<b>Promedio</b>	92.4
				<b>Desviación Estándar</b>	0.229

**Cuadro 43.** Resultados de la Prueba t de la cuantificación de ambos aislados proteicos elaborado a partir de la herramienta estadística Excel.

Parámetro	Variable 1	Variable 2
Media	90.33140292	92.4486211
Varianza	0.003622418	0.05256563
Observaciones	2	2
Varianza agrupada	0.028094024	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	-12.6316083	
P(T<=t) una cola	0.003104511	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.006209022	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

**Cuadro 44.** Resultados de la prueba 11 a la 18 de aislamiento proteico.

No. prueba	Réplicas realizadas	Valores de pH	Peso inicial muestra (g)	pH inicial	pH solubilización	pH final	Aislado acuoso (g)	Rendimiento (%)
11	R42	6	10.2	5.78	8.21	6.01	5.16	50.5
	R43	4	10.1	5.62	8.16	3.96	5.83	57.8
	R44	6	10.1	5.68	8.05	5.87	5.07	50.2
	R45	4	10.0	5.81	8.02	4.07	5.52	55.1
	R46	6	10.0	5.60	8.11	6.11	4.95	49.4
12	R47	6	10.1	5.88	8.21	6.10	4.76	47.1
	R48	4	10.1	5.72	8.14	4.05	5.18	51.5
	R49	6	10.3	5.80	8.05	5.98	4.95	47.9
	R50	4	10.2	5.75	8.22	4.11	5.34	52.1
	R51	6	10.3	5.77	8.09	6.03	5.03	48.9
13	R52	6	10.0	5.74	8.12	6.13	4.64	46.3
	R53	4	10.1	5.65	8.14	4.05	5.22	51.7
	R54	6	10.1	5.58	8.11	6.08	4.58	45.5
	R55	4	10.2	5.68	8.25	4.17	5.30	52.2
	R56	6	10.2	5.72	8.18	6.03	4.67	45.7
14	R57	6	10.5	5.65	8.23	6.14	4.81	45.7
	R58	4	10.2	5.53	8.17	4.12	5.16	50.4
	R59	6	10.2	5.62	8.1	6.11	4.71	46.4
	R60	4	10.1	5.56	8.20	4.08	5.15	50.9
	R61	6	10.2	5.61	8.18	6.16	4.59	45.1
15	R62	6	10.2	5.42	8.17	6.12	4.37	43.0
	R63	4	10.2	5.56	8.09	4.12	5.06	49.6
	R64	6	10.1	5.48	8.12	6.09	4.51	44.7
	R65	4	10.2	5.38	8.21	4.15	5.13	50.1
	R66	6	10.1	5.5	8.04	6.17	4.41	43.8
16	R67	6	10.1	5.42	8.17	6.18	3.96	39.3
	R68	4	10.3	5.31	8.20	4.15	5.14	50.1
	R69	6	10.2	5.48	7.99	6.21	4.17	41.0
	R70	4	10.1	5.56	8.07	4.08	5.47	54.1
	R71	6	10.1	5.24	8.13	6.1	4.20	41.8
17	R72	6	10.1	5.59	8.11	6.08	4.16	41.1
	R73	4	10.8	5.56	8.20	4.03	5.21	48.2
	R74	6	10.0	5.52	8.18	6.15	4.30	42.8
	R75	4	10.0	5.53	8.12	4.13	5.18	51.7
	R76	6	10.1	5.53	8.17	6.03	4.20	41.8
18	R77	6	10.0	5.58	8.11	6.05	3.96	39.5
	R78	4	10.0	5.53	8.23	4.16	4.47	44.5
	R79	6	10.1	5.56	8.09	5.98	4.08	40.5
	R80	4	10.1	5.58	8.06	4.07	3.83	37.9
	R81	6	10.1	5.51	8.03	6.01	4.57	45.5

**Cuadro 45.** Resultados de las corridas del análisis granulométrico.

<b>Primera corrida</b>					
<b>Denominación mesh</b>	<b>Tamaño abertura tamiz (µm)</b>	<b>Tamiz + aislado (g)</b>	<b>Peso tamiz (g)</b>	<b>Material retenido (g)</b>	<b>Material cernido (g)</b>
25	0.71	89.92	89.87	0.05	15.51
40	0.425	84.34	84	0.34	15.17
60	0.25	89.7	80.3	9.4	5.77
80	0.18	85.3	81.2	4.1	1.67
100	0.15	80.81	80.2	0.61	1.06
120	0.125	79.54	79.2	0.34	0.72
Base	N.A	101.82	101.1	0.72	N.A
<b>Segunda corrida</b>					
<b>Denominación mesh</b>	<b>Tamaño abertura tamiz (µm)</b>	<b>Tamiz + aislado (g)</b>	<b>Peso tamiz (g)</b>	<b>Material retenido (g)</b>	<b>Material cernido (g)</b>
25	0.71	89.96	89.87	0.09	15.47
40	0.425	84.25	84	0.25	15.22
60	0.25	89.96	80.3	9.66	5.56
80	0.18	85.17	81.2	3.97	1.59
100	0.15	80.62	80.2	0.42	1.17
120	0.125	79.84	79.2	0.64	0.53
Base	N.A	101.58	101.1	0.48	N.A
<b>Tercera corrida</b>					
<b>Denominación mesh</b>	<b>Tamaño abertura tamiz (µm)</b>	<b>Tamiz + aislado (g)</b>	<b>Peso tamiz (g)</b>	<b>Material retenido (g)</b>	<b>Material cernido (g)</b>
25	0.71	89.95	89.87	0.08	15.48
40	0.425	84.19	84	0.19	15.29
60	0.25	89.55	80.3	9.25	6.04
80	0.18	85.56	81.2	4.36	1.68
100	0.15	80.66	80.2	0.46	1.22
120	0.125	79.71	79.2	0.51	0.71
Base	N.A	101.76	101.1	0.66	N.A

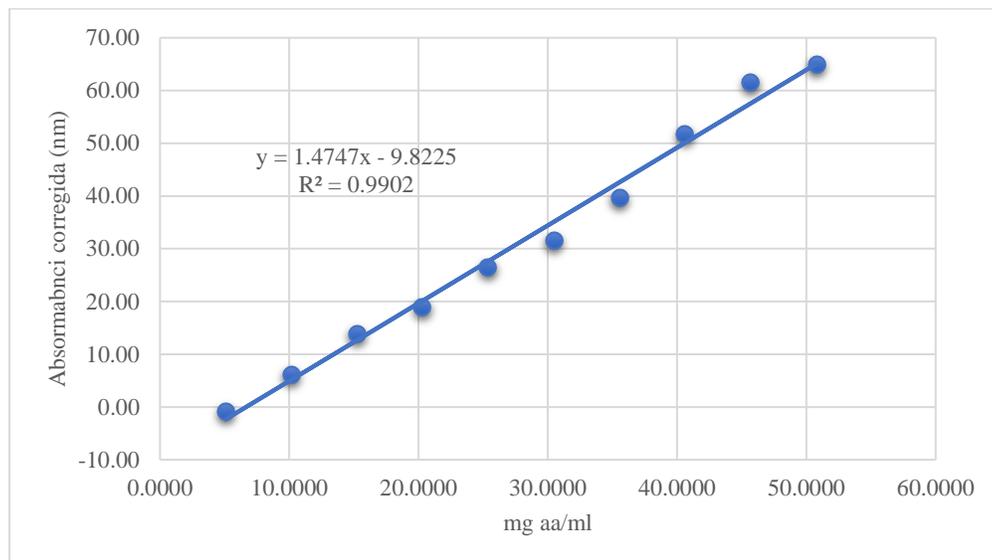
**Cuadro 46.** Procedimiento llevado a cabo para estimación de actividad antioxidante.

No. Paso	Procedimiento
1	Diluir el DPPH preparado agregando 1 ml de este y 5ml de agua.
2	Tomar 400 $\mu$ L de la muestra en refrigeración y colocar en un tubo de ensayo.
3	Agregar 600 $\mu$ L de DPPH diluido.
4	Dejar en reposo durante 15 min en un lugar oscuro.
5	Agregar 1000 $\mu$ L de agua destilada.
6	Leer en espectrofotómetro a 515 nm.
7	Leer blanco (agua).
8	Estimar índices de inhibición
9	Para la curva de calibración se prepara una solución madre de ácido gálico 10 ppm.
10	Se toman 400 $\mu$ L de esta para el primer punto, para el segundo se toman 400 $\mu$ L de la solución madre y se agregan 400 $\mu$ L de agua destilada, del segundo punto se toman 400 $\mu$ L para el tercer punto y se agregan 400 $\mu$ L, así se realiza sucesivamente hasta tener 8 puntos en total.
11	Se calculan los índices de inhibición para realizar la curva de calibración, se relaciona la concentración de ácido gálico y los índices de inhibición con regresión lineal.

**Cuadro 47.** Resultados de antioxidantes en el sobrenadante a pH 4.

<b>Duplicado A</b>			
<b>Lectura 30'</b>	<b>Absorbancia-Blanco</b>	<b>mg aa/ml</b>	<b>% pérdida a 30'</b>
1.257	1.212	5.0799	-0.83
1.174	1.129	10.1598	6.07
1.081	1.036	15.2397	13.81
1.020	0.975	20.3196	18.89
0.928	0.883	25.3995	26.54
0.867	0.822	30.4794	31.61
0.77	0.725	35.5593	39.68
0.626	0.581	40.6392	51.66
0.508	0.463	45.7191	61.48
0.467	0.422	50.7990	64.89
<b>IC 50</b>	<i>40.57 mg muestra/ml</i>		

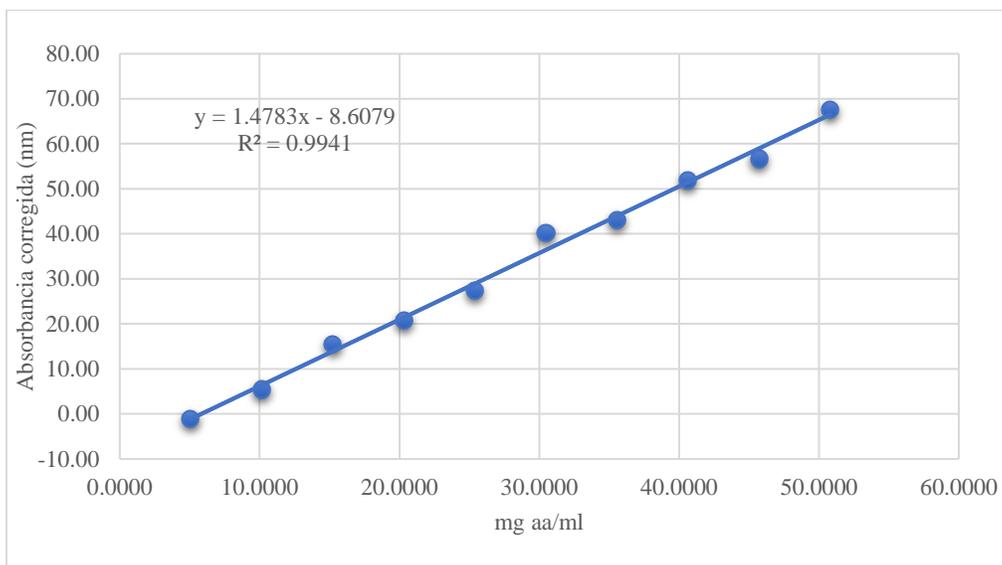
**Figura 6.** Curva de calibración de ácido ascórbico del sobrenadante a pH 4.



**Cuadro 48.** Resultados del duplicado de antioxidantes en el sobrenadante a pH 4.

<b>Duplicado B</b>			
<b>Lectura 30'</b>	<b>Absorbancia-Blanco</b>	<b>mg aa/ml</b>	<b>% pérdida a 30'</b>
1.261	1.216	5.0799	-1.16
1.182	1.137	10.1598	5.41
1.061	1.016	15.2397	15.47
0.998	0.953	20.3196	20.72
0.919	0.874	25.3995	27.29
0.765	0.72	30.4794	40.10
0.73	0.685	35.5593	43.01
0.623	0.578	40.6392	51.91
0.566	0.521	45.7191	56.66
0.435	0.39	50.7990	67.55
<b>IC 50</b>	<b>39.65 mg muestra/ml</b>		

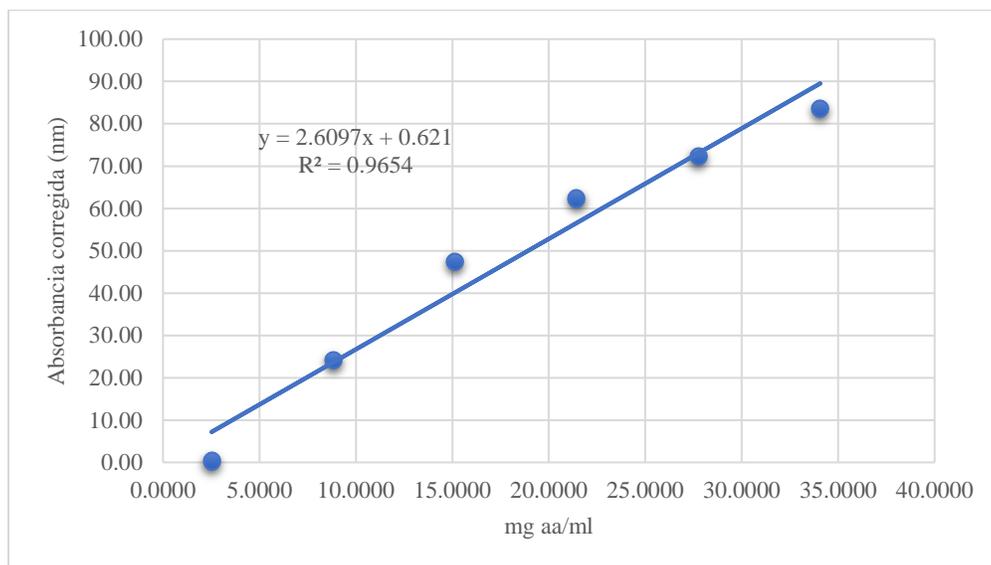
**Figura 7.** Curva de calibración del duplicado de ácido ascórbico del sobrenadante a pH 4.



**Cuadro 49.** Resultados del análisis de antioxidantes en el sobrenadante a pH 6.

<b>Duplicado A</b>			
<b>Lectura 30'</b>	<b>Absorbancia-Blanco</b>	<b>mg aa/ml</b>	<b>% pérdida a 30'</b>
1.244	1.199	2.5234	0.25
0.956	0.911	8.8318	24.21
0.677	0.632	15.1403	47.42
0.498	0.453	21.4487	62.31
0.377	0.332	27.7571	72.38
0.242	0.197	34.0656	83.61
<b>IC 50</b>	<i>18.92 mg muestra/ml</i>		

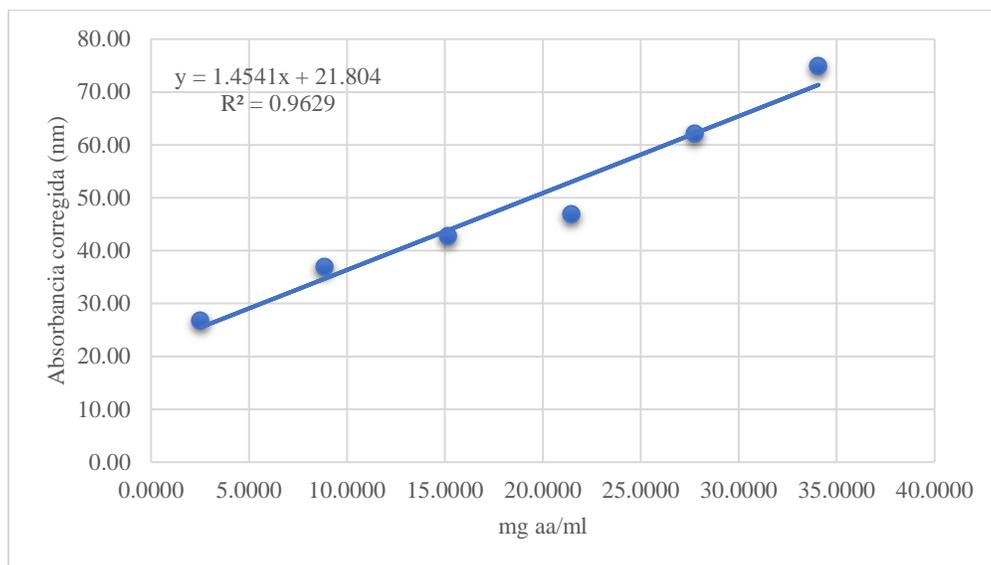
**Figura 8.** Curva de calibración de ácido ascórbico del sobrenadante a pH 6.



**Cuadro 50.** Resultados del duplicado de antioxidantes en el sobrenadante a pH 6.

<b>Duplicado B</b>			
<b>Lectura 30'</b>	<b>Absorbancia-Blanco</b>	<b>mg aa/ml</b>	<b>% pérdida a 30'</b>
0.926	0.881	2.5234	26.71
0.804	0.759	8.8318	36.86
0.732	0.687	15.1403	42.85
0.683	0.638	21.4487	46.92
0.499	0.454	27.7571	62.23
0.347	0.302	34.0656	74.88
<b>IC 50</b>	<i>19.39 mg muestra/ml</i>		

**Figura 9.** Curva de calibración del duplicado de ácido ascórbico del sobrenadante a pH 6.



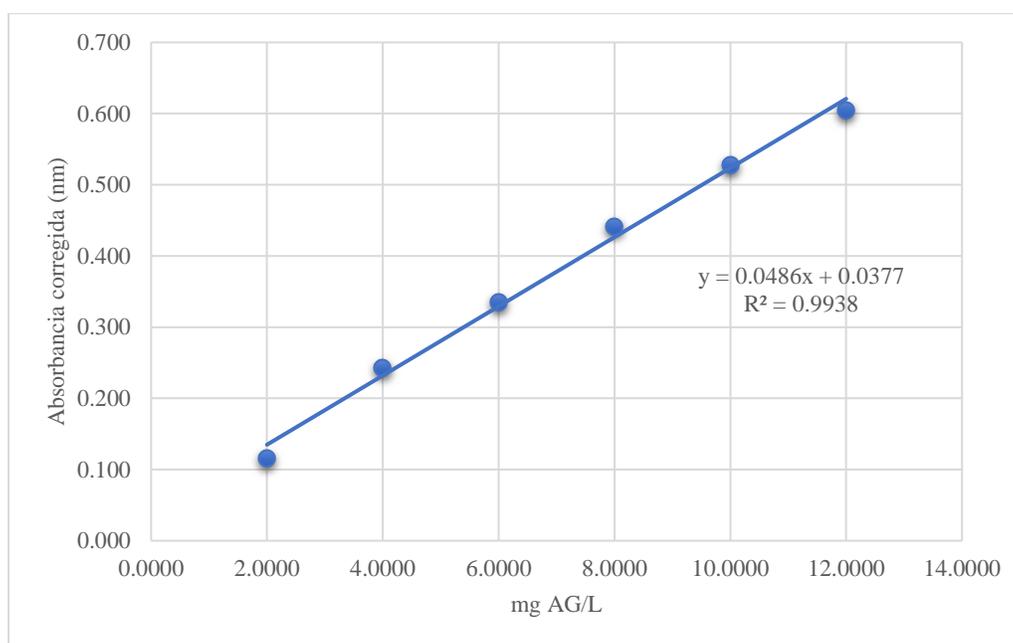
**Cuadro 51.** Procedimiento llevado a cabo para determinación de polifenoles.

No. Paso	Procedimiento
1	Tomar 500 $\mu$ L de cada muestra en refrigeración y colocar en un tubo de ensayo.
2	Agregar 500 $\mu$ L de agua, 2000 $\mu$ L de carbonato de sodio y 2500 $\mu$ L del reactivo de folin-C.
3	Reposar por 30 min en un lugar oscuro.
4	Si poseen mucha turbidez, filtrar las muestras.
5	Leer en el espectrofotómetro a 765 nm.
6	Leer un blanco (agua).
7	Para la curva de calibración realizar el mismo procedimiento. Con la excepción de colocar 0, 150, 300, 450, 600, 750, 900 y 1000 $\mu$ L de ácido gálico 100 ppm con 1000, 850, 700, 550, 400, 250, 100 y 0 $\mu$ L de agua destilada.
8	Estimar concentración de polifenoles con regresión lineal.

**Cuadro 52.** Resultados de la curva de calibración para la determinación de polifenoles, con un blanco de 375nm.

No. De Tubo	Concentración (mg/ml)	Absorbancia a los 30 minutos	Absorbancia - Blanco
1	0.0000	0.000	0.000
2	2.0000	0.491	0.116
3	4.0000	0.618	0.243
4	6.0000	0.710	0.335
5	8.0000	0.816	0.441
6	10.0000	0.903	0.528
7	12.0000	0.979	0.604
8	14.0000	1.043	0.668

**Figura 10.** Curva de calibración de ácido gálico para la determinación cuantitativa de polifenoles.



**Cuadro 53.** Resultados de polifenoles en la muestra de sobrenadante a pH 4.

No. Tubo	Absorbancia	Concentración (mg AG/L)	Polifenoles (mg AG)
1	0.792	17.07201646	17.07201646
2	0.711	15.40534979	15.40534979
3	0.684	14.84979424	14.84979424
<b>Promedio</b>			15.77572016
<b>Desviación estándar</b>			1.156481111

**Cuadro 54.** Resultados del duplicado de polifenoles en la muestra de sobrenadante a pH 4.

No. Tubo	Absorbancia	Concentración (mg AG/L)	Polifenoles (mg AG)
1	0.728	15.75514403	15.75514403
2	0.675	14.66460905	14.66460905
3	0.539	11.86625514	11.86625514
<b>Promedio</b>			14.09533608
<b>Desviación estándar</b>			2.005970585

**Cuadro 55.** Resultados de polifenoles en la muestra de sobrenadante a pH 6.

No. Tubo	Absorbancia	Concentración (mg AG/L)	Polifenoles (mg AG)
1	0.626	13.6563786	13.6563786
2	0.508	11.22839506	11.22839506
3	0.467	10.38477366	10.38477366
<b>Promedio</b>			11.75651578
<b>Desviación estándar</b>			1.698538588

**Cuadro 56.** Resultados del duplicado de polifenoles en la muestra de sobrenadante a pH 6.

No. Tubo	Absorbancia	Concentración (mg AG/L)	Polifenoles (mg AG)
1	0.652	14.19135802	14.19135802
2	0.576	12.62757202	12.62757202
3	0.452	10.07613169	10.07613169
<b>Promedio</b>			12.29835391
<b>Desviación estándar</b>			2.07727234

**Cuadro 57.** Resultados de las pruebas de medición de color al aislado proteico.

Prueba	Coordenada	Valor
<b>1</b>	<b>L</b>	80.58
	<b>a</b>	-12.58
	<b>b</b>	37.52
<b>2</b>	<b>L</b>	79.76
	<b>a</b>	-11.57
	<b>b</b>	37.09
<b>3</b>	<b>L</b>	77.2
	<b>a</b>	-12.43
	<b>b</b>	36.07

**Cuadro 58.** Resultados de la evaluación de densidad aparente del aislado proteico.

Muestra	Peso (g)	Volumen ocupado (ml)	Densidad aparente (g/ml)
1	1.0142	3.7	0.274
2	1.0134	3.8	0.267
3	1.0155	3.5	0.290
<b>Promedio</b>			0.277
<b>Desviación estándar</b>			0.012

**Cuadro 59.** Resultados de la evaluación de solubilidad en agua.

Prueba	Muestra (g)	agua añadida (ml)	Crisol (g)	sobrenadante (g)	Tubo centrifuga (g)	Peso tubo + Gel (g)	gel (g)	Residuo+ Crisol (g)	Residuo (g)	ISA (%)
1	0.252	3	24.6	0.474	5.47	7.0042	1.53	24.7	0.172	68.4
2	0.251	3	26.8	0.399	5.45	7.0036	1.55	26.9	0.169	67.4
3	0.255	3	25.9	0.366	5.	7.0044	1.54	26.0	0.174	68.3
<b>Promedio</b>										68.0
<b>Desviación estándar</b>										0.536

**Cuadro 60.** Resultados de la evaluación de capacidad de absorción de agua.

Prueba	Muestra (g)	Vo (ml)	Vf (ml)	WAC (ml/g)
1	1.0029	10	4.9	5.09
2	1.0017	10	5.1	4.89
3	1.0033	10	5	4.98
<b>Promedio</b>				4.99
<b>Desviación estándar</b>				0.097

**Cuadro 61.** Resultados de la evaluación de capacidad de absorción de aceite.

Prueba	Muestra (g)	Vo (ml)	Vf (ml)	OAC (ml/g)
1	1.0052	10	7.8	2.19
2	1.005	10	7.5	2.49
3	1.0058	10	7.9	2.09
<b>Promedio</b>				2.25
<b>Desviación estándar</b>				0.21

**Cuadro 62.** Resultados de la evaluación de concentración mínima de gelificación.

Muestra (g)	Solución	Gelificación a 30 min
5.0074	5%	Ausente
	5%	Ausente
	5%	Ausente
15.0027	15%	Ausente
	15%	Ausente
	15%	Ausente

**Cuadro 63.** Resultados de la evaluación de capacidad emulsificante y estabilidad de emulsionante.

Prueba	Muestra (g)	Agua (ml)	Aceite (ml)	Altura capa emulsionada (ml)	Altura contenido total (ml)	AE (%)	Altura después calentar (ml)	altura total después calentar (ml)	EE (%)
1	0.0510	5	5	5.3	10	53.0	5.2	9.8	53.1
2	0.0499	5	5	5.2	9.8	53.1	5	9.4	53.2
3	0.0487	5	5	5.0	9.5	52.6	4.8	8.8	54.5
					<b>Promedio</b>	52.9		<b>Promedio</b>	53.6
					<b>Desviación estándar</b>	0.23		<b>Desviación estándar</b>	0.82

**Cuadro 64.** Resultados de la evaluación de capacidad y estabilidad espumante.

Prueba	Peso (g)	Agua (ml)	Vo (ml)	Vf (ml)	CE (%)	Vol. 5h (ml)	EES (%)	
1	1.220	40.6	40	42.5	6.25%	35.0	82.4	
2	1.184	40.5	39.8	41.8	5.03%	34.5	82.5	
3	1.203	40.5	40.2	41.0	1.99%	35.2	85.9	
					<b>Promedio</b>	4.42%	<b>Promedio</b>	83.6
					<b>Desviación estándar</b>	0.022	<b>Desviación estándar</b>	0.02

**Cuadro 65.** Resultados interpretados de las preguntas introductorias del grupo focal.

<p><b>¿Has probado bebidas con proteínas antes? Si es así, ¿qué les ha llamado la atención de ellas?</b></p>	<p><b>¿Tienen preferencia por algún sabor específico en las bebidas con proteína? O ¿Hay alguna combinación de ingredientes que les resulte particularmente atractiva?</b></p>
<p>Todos los participantes han probado bebidas de proteína en el pasado. Algunos las consumen específicamente para desarrollar músculo, otros por razones de dieta, gestión de peso o conveniencia, y algunos ocasionalmente por curiosidad. La mayoría de los participantes no encontró que el sabor de estas bebidas fuera particularmente impresionante, y uno de ellos las consume principalmente por necesidad debido a requerimientos físicos, no por gusto.</p>	<p>Los participantes preferían sabores dulces como "Cookies &amp; Cream," "Vainilla y fresa," "Banano" y "Berries." No les gustaba la idea de combinar las bebidas de proteína con verduras o "jugos verdes," optando en su lugar por la combinación con frutas. Su decisión de compra se basaba principalmente en el sabor, con una preferencia general por sabores dulces como frutas y chocolate.</p>
<p><b>¿Qué tipo de ingredientes y base prefieren para su bebida con proteína?</b></p>	<p><b>¿Qué beneficios esperan obtener de una bebida con proteína?</b></p>
<p>Los participantes prefieren las opciones convencionales en el mercado, como bebidas de proteína a base de agua o alternativas lácteas, y algunos optan por leche. Valoraron ingredientes "orgánicos y naturales" por la sensación de confianza que les transmiten y prefieren que las bebidas no contengan azúcares añadidos, obteniendo el sabor de los propios ingredientes, aunque aceptarían edulcorantes si es necesario.</p>	<p>Los participantes tenían diferentes motivos para usar suplementos de proteína: algunos buscaban desarrollar músculo, otros querían complementar su ingesta diaria de proteína debido a la insuficiencia de proteína animal en sus comidas, y algunos esperaban obtener una mayor sensación de saciedad para sustituir comidas. La mayoría tenía conocimientos limitados sobre los beneficios de la proteína más allá del desarrollo muscular.</p>
<p><b>¿Les gustaría ver algún beneficio adicional en las bebidas de proteína, como vitaminas, minerales o ingredientes funcionales?</b></p>	<p><b>¿Tienen alguna preferencia particular por un tipo de proteína en específico y por qué?</b></p>
<p>Algunos participantes consideraron que la inclusión de vitaminas u otros beneficios adicionales podría influir positivamente en su decisión de compra de una bebida de proteína. Sin embargo, otro participante destacó que su principal enfoque estaría en la cantidad de proteína. Además, algunos participantes mencionaron que, si una bebida de proteína tuviera vitaminas u otros beneficios, la verían más como un producto adecuado para el desayuno en lugar de algo específicamente diseñado para el desarrollo muscular.</p>	<p>En resumen, ninguno de los participantes expresó una preferencia por un tipo específico de proteína en las bebidas de proteína, indicando que optarían por cualquier tipo siempre y cuando no afecte el sabor del producto. Un participante consideró que esto no era un factor crítico. En cuanto a si el tipo de proteína influye en el sabor y la textura de la bebida, un participante mencionó que las bebidas a veces parecen espesas, pero todos los participantes coincidieron en que no perciben diferencias en el olor ni en el sabor, solo en la textura.</p>

**Cuadro 66.** *Resultados interpretados de las preguntas diferenciadoras del grupo focal.*

<p><b>Antes de probar ambas muestras, ¿observan alguna diferencia entre ellas?</b></p>	<p><b>¿Notaron alguna diferencia con respecto al sabor, textura o regusto?</b></p>
<p>los participantes evaluaron dos muestras, inicialmente destacando el color y, después de un tiempo, algunos mencionaron la consistencia. Sus comentarios sobre el aspecto de ambas muestras fueron positivos, con observaciones como "se ve bien" y "no huele mal". Además, expresaron que, si les apeteciera, no rechazarían ni se abstendrían de probarlas basándose únicamente en la apariencia.</p>	<p>Algunos participantes declararon que la muestra con proteína estaba más espesa y la acidez la percibieron igual ambas muestras. Otro participante al comparar colores comentó que prefería el color de la muestra sin proteína porque era más llamativo. Otro participante declaró que, comparando ambas muestras, percibe más la muestra sin proteína como un néctar, pues siente la presencia de jugo de frutas, y la muestra con proteína la percibe más neutra y especificó que si siente la presencia de otro factor, pero no le molesta y si la consumiría. Otro participante declaró en cuanto a la muestra con proteína que "le falta sabor" y preferiría un sabor más dulce, por preferencias personales.</p>
<p><b>¿Cuál sería su intención de compra con respecto a la muestra con proteína?</b></p>	<p><b>¿Cómo valoran la presencia de la proteína en la muestra con proteína?</b></p>
<p>Todos los participantes demostraron intención de comprar la muestra con proteína. Mencionaron que es porque consideraban que la muestra sin proteína tenía un color artificial y preferían que fuera menos dulce. También, un participante mencionó que la proteína debido a su ligera densidad, lo que le proporcionaba una sensación de saciedad superior.</p>	<p>Los participantes tuvieron una respuesta positiva hacia la muestra con proteína. Comentaron que no tenía un sabor desagradable y apreciaron que conservaba un fuerte sabor frutal en comparación con otras bebidas de proteína que habían probado. También valoraron su sabor más natural y menos procesado en comparación con otras bebidas similares. Además, elogiaron su textura, que no se volvía demasiado espesa, y notaron que seguía pareciendo fresca a pesar del tiempo transcurrido.</p>
<p><b>Comentarios adicionales:</b></p>	
<p>Los comentarios fueron variados, pues algunos participantes comentaron el aumentar la acidez, añadirle más dulzor, también comentaron la posibilidad de ofrecer en el mercado la bebida en polvo solo para disolver y proponer otros sabores como vainilla y chocolate.</p>	

**Figura 11.** *Materia prima empleada para la elaboración de harina.*



**Figura 12.** *Proceso de escaldado de la arveja china.*



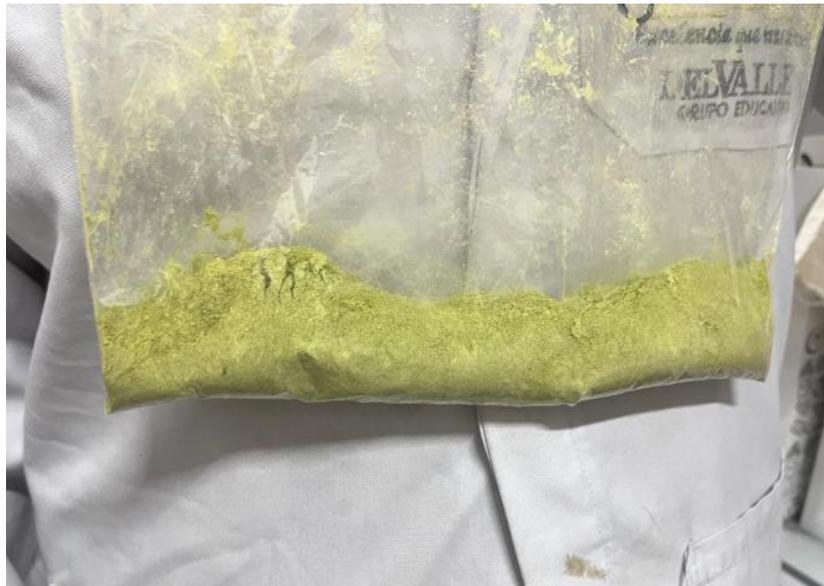
**Figura 13.** *Proceso de deshidratación de las vainas de arveja china.*



**Figura 14.** *Vainas de arveja china deshidratadas.*



**Figura 15.** *Harina de arveja china obtenida.*



**Figura 16.** *Fase de solubilización para aislamiento proteico.*



**Figura 17.** *Sobrenadantes obtenidos.*



**Figura 18.** *Preparación de los aislados para liofilización.*



**Figura 19.** *Aislado liofilizado.*



**Figura 20.** *Evaluación de polifenoles y antioxidantes.*



**Figura 21.** *Análisis granulométrico del aislado.*



**Figura 22.** *Evaluación de propiedades funcionales.*



**Figura 23.** *Proceso de elaboración de alternativa de mayonesa.*



**Figura 24.** *Medición de pH en la alternativa de mayonesa.*



**Figura 25.** *Alternativa de mayonesa obtenida.*



**Figura 26.** *Frutas empleadas para la elaboración de la bebida suplementada con proteína.*



**Figura 27.** *Elaboración de la bebida suplementada con proteína.*



**Figura 28.** *Bebidas resultantes.*



**Figura 29.** *Preparación de muestras para el grupo focal.*

