

**Exploración de la capacidad emulgente de la proteína de arveja como sustituto del huevo
para la elaboración de mayonesa, mediante revisión bibliográfica**

Excein Alberto Duarte Rodriguez

Samuel Andrés Orjuela Esteban

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela Ciencias básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Ingeniería de alimentos

2023

**Exploración de la capacidad emulgente de la proteína de arveja como sustituto del huevo
para la elaboración de mayonesa, mediante revisión bibliográfica**

Excein Alberto Duarte Rodriguez

Samuel Andrés Orjuela Esteban

Asesora

Diana Edith Molina Soler

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela Ciencias básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Ingeniería de alimentos

2023

Nota de Aceptación

Jurado

Las opiniones y desarrollo de este trabajo de grado es responsabilidad de los autores; el programa de ciencias básicas, tecnología e ingeniería de Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD verificará el cumplimiento de las condiciones requeridas para su desarrollo.

Dedicatoria

Primeramente, a Dios por permitirnos llegar a este punto de nuestras carreras profesionales, por alcanzar a sobrellevar los obstáculos presentados en este proceso académico. A nuestras familias, por su apoyo incondicional y ánimo que día a día, nos dieron las fuerzas para poder seguir persiguiendo este sueño en el ámbito ingenieril. A la MSc Diana Molina, al cuerpo docente y a cada persona que nos apoyaron en nuestros periodos académicos, sumando conocimiento, experiencia y ética profesional, con el fin de aportar al sector de los alimentos soluciones como ingenieros.

Resumen

El huevo crudo, por su acción emulsificante, es de los principales ingredientes en la fabricación de mayonesa, sin embargo, es alergénico, puede contener bacterias patógenas; además, por razones culturales, económicas, y de estilos de vida, ha aumentado el número de adeptos al veganismo, creando la necesidad de encontrar nuevos emulgentes de origen vegetal. Por consiguiente, el objetivo de esta monografía fue realizar una revisión bibliográfica sistemática publicada entre los años 2011 a 2023, para establecer las condiciones de elaboración y formulación requeridas para fabricar emulsiones tipo mayonesa por medio del uso de proteína de arveja como emulsificante, determinando sus propiedades fisicoquímicas. Los resultados obtenidos mostraron que esta proteína alcanza las mejores características de actividad, estabilidad y capacidad emulgente en valores de pH lejanos a su punto isoeléctrico (4,5), donde se obtiene mayor estabilidad eléctrica del sistema, evitando la coagulación y la floculación. En cuanto al tamaño de gota, se recopiló que la proteína de arveja en combinación con GA (goma arábiga) presenta valores de 1,5 μm a pH 2 y 1,2 μm a pH 3 siendo este uno de los mejores resultados, en otro estudio se evaluó solo proteína de arveja obteniendo un valor de 2,29 μm a pH 3. A pH neutro se obtuvieron valores de 1,29 μm , en combinación con goma arábiga (GA) 0,57 μm , y en combinación con OS (almidón de arveja al 1%) 0,321 μm mostrando que los tres son excelentes resultados dado que están muy cercanos a 3 μm y por lo tanto es indicador de una emulsion estable. En cuanto a los estudios de viscosidad (resistencia de un fluido a fluir) se encontró que a medida que el pH se acerca al punto isoeléctrico de la proteína esta aumenta, mientras que, a mayor contenido de NaCl, menor será la estabilidad del producto ya que la viscosidad mantiene las gotas de la fase dispersa en su lugar. Los resultados recopilados

vislumbran el potencial de la proteína de arveja para ser un sustituto de la proteína animal en la fabricación de mayonesa

Palabras clave: proteínas vegetales, emulsiones, lecitina, aderezos vegetales, surfactante.

Abstract

Raw egg, due to its emulsifying action, is one of the main ingredients in the manufacture of mayonnaise, however, it is allergenic and may contain pathogenic bacteria; in addition, for cultural, economic and lifestyle reasons, the number of veganism followers has increased, creating the need to find new emulsifiers of vegetable origin. Therefore, the objective of this monograph was to perform a systematic literature review published between 2011 and 2023, to establish the processing and formulation conditions required to manufacture mayonnaise-type emulsions by using pea protein as an emulsifier, determining its physicochemical properties. The results obtained showed that this protein achieves the best characteristics of activity, stability and emulsifying capacity at pH values far from its isoelectric point (4.5), where greater electrical stability of the system is obtained, avoiding coagulation and flocculation. Regarding drop size, it was compiled that pea protein in combination with GA (gum arabic) presents values of 1.5 μm at pH 2 and 1.2 μm at pH 3 being this one of the best results, in another study only pea protein was evaluated obtaining a value of 2.29 μm at pH 3. At neutral pH values of 1.29 μm were obtained, in combination with gum arabic (GA) 0.57 μm , and in combination with OS (1% pea starch) 0.321 μm showing that all three are excellent results since they are very close to 3 μm and therefore it is an indicator of a stable emulsion. As for the viscosity studies (resistance of a fluid to flow), it was found that as the pH approaches the isoelectric point of the protein, it increases, while the higher the NaCl content, the lower the stability of the product, since the viscosity keeps the droplets of the dispersed phase in place. The compiled results show the potential of pea protein to be a substitute for animal protein in the manufacture of mayonnaise.

Key words: vegetable proteins, emulsions, lecithin, vegetable dressings, surfactant.

Tabla de Contenido

Introducción	14
Planteamiento del Problema	15
Justificación	17
Objetivos	20
Objetivo General.....	20
Objetivos Específicos	20
Marco Conceptual y Teórico	21
Emulsión.....	21
Mayonesa.....	23
Producción y Comercialización de la Mayonesa.....	26
Emulsionantes.....	27
Proteínas	27
Capacidad Emulgente de las Proteínas.....	29
El Huevo como Emulsificante	31
Alergias Causadas por el Consumo de Huevo.....	34
<i>Salmonella spp.</i> en Huevos Crudos	35
Arveja	37
Análisis Bibliométrico	41
Búsqueda y Clasificación de Referentes Bibliográficos.....	41
Condiciones de la Búsqueda.....	41
Fabricación de Mayonesa a Partir de Proteína de Arveja	44
Formulaciones e Ingredientes Utilizados para la Fabricación de Mayonesa.....	44

Condiciones de Elaboración de Aderezo Tipo Mayonesa a Escala de Laboratorio con Proteína de Arveja.....	45
Indicadores de Calidad de la Mayonesa	46
Propiedades de Estabilidad de la Emulsión Elaborada con Proteína de Arveja para Evaluar la Calidad de la Mayonesa.....	48
Modificaciones Químicas, Físicas y Enzimáticas en Proteína de Arveja para Mejorar Propiedades Emulgentes.....	54
Comparación de Propiedades para Evaluar la Calidad de la Mayonesa con Proteína de Arveja	57
Resultados Reportados de la Capacidad de Retención y Captación de Agua de la Proteína de Arveja	57
Conclusiones	74
Recomendaciones	77
Referencias Bibliográficas	78

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Características Fisicoquímicas de la Mayonesa.</i>	23
Tabla 2 <i>Características Microbiológicas de la Mayonesa.</i>	24
Tabla 3 <i>Valores PDCCAS (Puntuación Corregida de Digestibilidad de Aminoácidos Esenciales) de Algunos Alimentos Seleccionados.</i>	29
Tabla 4 <i>Composición Nutricional del Huevo de Gallina.</i>	32
Tabla 5 <i>Composición Nutricional de la Arveja</i>	38
Tabla 6 <i>Contenido de Aminoácidos Esenciales en la Arveja Frente al Huevo</i>	39
Tabla 7 <i>Contenido Porcentual de Aminoácidos Esenciales en la Proteína de la Arveja y Soya</i>	40
Tabla 8 <i>Resultados del Filtro Bibliográfico Utilizados para la Búsqueda de la Información</i>	42
Tabla 9 <i>Formulaciones de Emulsiones Tipo Mayonesa con Proteína de Arveja</i>	44
Tabla 10 <i>Condiciones de Elaboración de Aderezo Tipo Mayonesa a Escala de Laboratorio a Partir de Proteína Aislada de Arveja</i>	46
Tabla 11 <i>Métodos Utilizados en los Estudios Revisados para Determinar el Potencial Z (ζ)</i>	51
Tabla 12 <i>Métodos Utilizados para la Determinación de Viscosidad en los Estudios Realizados</i>	53
Tabla 13 <i>Modificaciones Químicas, Físicas y Enzimáticas en Proteína de Arveja para Mejorar Propiedades Emulgentes</i>	55
Tabla 14 <i>Resultados de las Propiedades de Captación de Agua, Retención de Agua, , Estabilidad de la Emulsión y Capacidad Emulgente</i>	57
Tabla 15 <i>Resultados de Estudios sobre las Características Emulgentes de la Proteína de Arveja Realizados entre el Año 2014 y 2022</i>	58
Tabla 16 <i>Resultados de Estudios sobre las Características Emulgentes de la Proteína de Arveja Realizados entre el Año 2014 y 2022</i>	60

Tabla 17 <i>Comparativa de los Resultados Obtenidos en Estudios Realizados sobre IAE, IEE y EC</i>	62
Tabla 18 <i>Resultados Obtenidos en los Estudios de Potencial Zeta en Diferentes Condiciones de pH</i>	64
Tabla 19 <i>Resultados de Tamaño de Gota que se Obtienen en Emulsiones con la Proteína de Arveja</i>	67
Tabla 20 <i>Resultados de Tamaño de Gota que se Obtienen en Emulsiones con la Proteína de Arveja</i>	68
Tabla 21 <i>Resultados de Viscosidad que se Obtienen con Proteína de Arveja y su Comportamiento con Hidrocoloides Influenciados por el pH y Contenidos de NaCl</i>	73

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Clasificación de las Emulsiones, O/W (Aceite en Agua) y W/O (Agua en Aceite).</i>	21
Figura 2 <i>Procesos de Desestabilización de Emulsiones.</i>	22
Figura 3 <i>Empresas Líderes en Valor de Importaciones de Mayonesa en Colombia en Dólares.</i> 26	
Figura 4 <i>Diferencias en el Modo de Adsorción de los Emulgentes.</i>	30
Figura 5 <i>Salmonella</i>	35
Figura 6 <i>Tendencia de Publicación de Documentos Científicos Utilizados.</i>	43
Figura 7 <i>Resultados Obtenidos en los Estudios de Potencial Zeta a Diferentes Condiciones de pH Según la Tabla 18</i>	65
Figura 8 <i>Tamaño de Gota en Emulsiones de Mayonesa con Proteína de Arveja</i>	69
Figura 9 <i>Aspecto Visual, Viscosidad y Recuperación Tixotrópica de la Emulsión de Mayonesa Obtenida en Pruebas de Laboratorio por Sisheng Li et al</i>	70

Introducción

La mayonesa es una de las salsas más consumidas y reconocidas en el mundo, ya que es ideal para aderezar los alimentos otorgando ciertas características de sabor y textura. Está compuesta principalmente de aceite, acidulantes, especias y huevo crudo (Ferreira et al, 2022), no apta para personas alérgicas o veganas. Además, puede representar riesgos graves para la salud, ya que existe la posibilidad de contaminación por bacterias patógenas como la *Salmonella* ssp. presente en el huevo crudo.

Por tanto, resulta necesario buscar alternativas para la formulación de mayonesa utilizando proteínas vegetales, como la de arveja que contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales, no presenta alérgenos, gluten, ni lactosa (Cabezas, 2016), y además tiene una excelente capacidad para generar emulsiones (Li *et al.*, 2022). Por consiguiente, se plantea la posibilidad de utilizarla como emulgente en la producción de mayonesa.

En esta monografía, se realizó una revisión bibliográfica de la literatura científica de los últimos 12 años, que abarcó temas relacionados con la capacidad emulgente de la proteína de arveja, sus propiedades y características, así como su idoneidad como emulgente en la producción de mayonesa. Este estudio busca proporcionar un conocimiento claro y actualizado sobre el uso adecuado de la proteína de arveja como emulgente en la producción de mayonesa.

Planteamiento del Problema

La elaboración de mayonesa tradicionalmente requiere el uso de huevo como ingrediente principal, el cual cumple la función de emulsionante. Sin embargo, el consumo de huevo crudo conlleva riesgos para la salud debido a la posible presencia de bacterias patógenas y por ser un alérgeno común. Además, para los consumidores veganos, el huevo no es una opción viable debido a sus principios éticos y respeto a los animales, que conlleva al no consumo de origen animal, como carnes, huevos y gelatinas (Nuñez y Romero, 2019).

Además, según un estudio realizado por Statista en 2020, se estima que el consumo de productos basados en proteína vegetal como alternativa a los alimentos de origen animal aumentará aproximadamente un 14% entre 2020 y 2035. Se proyecta que Latinoamérica y Asia-Pacífico sean las dos regiones con mayor proyección comercial en este segmento de la industria alimentaria (Fernandez, R., 2022), lo que demuestra la transición hacia dietas basadas de origen vegetal.

La investigación de Poore, J., y Nemecek, T. (2018, p. 5), destaca que los impactos derivados de los productos animales superan ampliamente a los de los sustitutos vegetales. Por ejemplo, la carne, la acuicultura, los huevos y los productos lácteos utilizan aproximadamente el 83% de las tierras agrícolas del mundo y contribuyen con el 56% al 58% de las diferentes emisiones relacionadas con los alimentos. Sin embargo, estos productos solo aportan el 37% de nuestras proteínas y el 18% de nuestras calorías. Según la investigación, obtener proteína animal requiere mucha más tierra, agua y emite más contaminantes a la atmósfera, los suelos y las aguas en comparación con la producción de alimentos a base de plantas.

Por otra parte, en el segmento de salsas y aderezos, el huevo crudo es uno de los ingredientes principales de la mayonesa y está incluido en la lista de alérgenos alimentarios más

comunes. Se estima que afecta entre el 1,6% y el 3,2% de la población a nivel mundial (Guardado, 2019, p. 2).

Ante este escenario, surge la necesidad de explorar alternativas para formular la mayonesa utilizando sustitutos del huevo, con el objetivo de proponer productos veganos y no alergénicos, así como promover nuevos usos de las proteínas vegetales. En particular, se ha identificado la proteína de arveja como una opción prometedora debido a su capacidad para generar efectos emulsionantes. No obstante, es necesario realizar una revisión bibliográfica que permita evaluar y analizar de manera adecuada la capacidad emulsionante de la proteína de arveja como sustituto del huevo en la elaboración de la mayonesa.

El propósito de esta monografía es sintetizar y analizar información científica publicada en los últimos 12 años, con el fin de dar respuesta a la siguiente interrogante:

¿Cuál es la capacidad de la proteína de arveja para generar efectos emulgentes en el aderezo mayonesa o tipo mayonesa, que permita ser utilizada como reemplazo total de la funcionalidad del huevo en su formulación?

Justificación

La mayonesa es un aderezo emulsionado ampliamente consumido y reconocido, se utiliza para realzar el sabor de diversas preparaciones, como ensaladas, pastas, sándwiches y hamburguesas, y sirve como base para otras salsas (tártara o rosada). Su estabilidad estructural y consistencia, depende del tamaño de gotas del aceite y del contenido de huevo o de las yemas crudas, usado para su elaboración (Franco, s. f.).

El mercado mundial de la mayonesa alcanzó un valor de US \$12,3 mil millones en el 2022, y se espera alcance US \$15,7 mil millones de pesos para el 2028 (IMARC, 2021). El consumo per cápita en Latinoamérica durante 2021 muestra una alta prevalencia en Argentina con 1,8 kg, seguido por Chile con 1,5 kg y México con 1,2 kg. Por otro lado, se observa un bajo consumo en Brasil con 0,8 kg y Colombia con 0,3 kg. Esta disparidad puede estar relacionada con la percepción de la mayonesa como un alimento poco saludable debido a su alto contenido de grasa, que oscila entre el 70% y el 80% y colesterol (Vega, 2023).

Además, las yemas de huevo contienen fosfatidilcolina, que se transforma en trimetilamina en los intestinos. Esta sustancia es absorbida y oxidada en el hígado, lo que aumenta la prevalencia de aterosclerosis (acumulación de grasas, colesterol y otras sustancias dentro de las arterias). Como resultado, el consumo excesivo de mayonesa tradicional puede aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares. También puede contener niveles elevados de contaminantes orgánicos persistentes, dioxinas, o los fármacos veterinarios administrados a las gallinas, que son potencialmente tóxicos (Miranda et al., 2015).

Por otro lado, en Colombia el veganismo se encuentra en una etapa de introducción, con un creciente número de personas que adoptan este estilo de vida. Cada vez más restaurantes en el país ofrecen platos veganos y se abren tiendas especializadas para satisfacer las necesidades de

este segmento (Nuñez y Romero, 2019), actualmente Colombia cuenta con 909 restaurantes con opción vegana y 120 restaurantes 100% veganos (Revista jengibre, 2022). A pesar de este avance, existe una escasez notable de alternativas a la mayonesa tradicional con huevo que puedan ser consumidas por aquellos que siguen este estilo de vida.

Por tanto, la exploración de la capacidad emulsionante de la proteína de arveja como sustituto del huevo en la elaboración de mayonesa se basa en la necesidad de encontrar alternativas saludables y seguras para aquellos consumidores que tienen restricciones dietéticas, como alergias alimentarias o que siguen una dieta vegana.

La proteína de la arveja tiene notables cualidades tecnológicas, funcionales y nutricionales. Posee propiedades emulsificantes, alta solubilidad y un contenido proteico destacado (Cabezas, 2016). Es una fuente libre de alérgenos, gluten y lactosa, y su obtención genera un menor impacto ambiental en comparación con las proteínas de origen animal. Se ha demostrado su efectividad en la estabilización de grasa y su consumo ofrece numerosas ventajas, tiene factores inmunomoduladores, propiedades antitrombóticas e hipocolesterolémicas (Quesada y Gómez, 2019). Además, su calificación en cuanto a PDCAAS (puntuación corregida de digestibilidad de aminoácidos esenciales) es del 74,3% (Quesada y Gómez, 2019). El PDCAAS más alto que puede obtener una proteína alimentaria es de 1.0 o el 100%, lo que significa que proporciona cantidades adecuadas de todos los aminoácidos esenciales (Cabezas, 2016).

En conclusión, este documento tiene como objetivo proponer e impulsar el uso de la proteína vegetal proveniente de la arveja como un ingrediente funcional, nutricional y tecnológicamente similar a las proteínas de origen animal en la aplicación de salsas emulsionadas como la mayonesa. Además, se busca corroborar que las percepciones sensoriales

no cambien significativamente, lo que permitiría una gran aceptación tanto en el grupo objetivo de personas con alergias alimentarias o que siguen una dieta vegana, como en una población más amplia.

Objetivos

Objetivo General

Identificar la capacidad emulgente, estabilidad y propiedades fisicoquímicas de la proteína de arveja para la elaboración de mayonesa que permita reemplazar el huevo en la formulación, a través de una revisión bibliográfica especializada y sistemática.

Objetivos Específicos

Establecer el estado del arte en cuanto las condiciones de elaboración y formulación que se requieren para fabricar mayonesa utilizando una proteína vegetal, que permita obtener un producto de calidad y con buena aceptación al consumidor.

Presentar la información derivada de bases de datos científicos, principalmente registradas entre los años 2011 y 2023, sobre la capacidad emulgente, estabilidad y propiedades de la proteína de arveja para la fabricación de salsas, mediante una revisión sistemática.

Comparar la información recopilada de la capacidad emulgente, estabilidad y propiedades de la proteína de arveja, mediante un análisis multicriterio, con el fin de evaluar su idoneidad como sustituto del huevo en la elaboración de mayonesa.

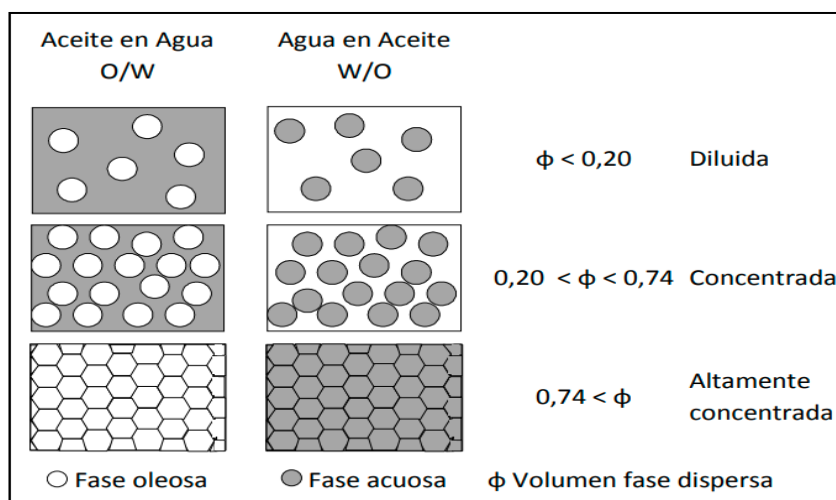
Marco Conceptual y Teórico

Emulsión

Según Pérez (2013, p.6), una emulsión es un “sistema compuesto por dos líquidos inmiscibles, donde uno de ellos se dispersa en forma de pequeñas gotas en el otro”. En la industria alimentaria, las emulsiones de agua y aceite son muy comunes. Estas emulsiones se clasifican según la distribución de la fase oleosa y acuosa. Cuando las gotas de aceite están dispersas en agua, se denomina emulsión de aceite en agua (O/W). Por otro lado, cuando las gotas de agua se encuentran en aceite, se denomina emulsión de agua en aceite (W/O) (Nava & Villarreal, 2019). En este sistema, el líquido que compone las gotas se conoce como fase discontinua o interna, mientras que el líquido que compone el resto de la emulsión se llama fase continua o externa. La concentración de las gotas dentro de una emulsión se denomina fracción volumétrica de la fase dispersa (ver figura 1).

Figura 1

Clasificación de las Emulsiones, O/W (Aceite en Agua) y W/O (Agua en Aceite).

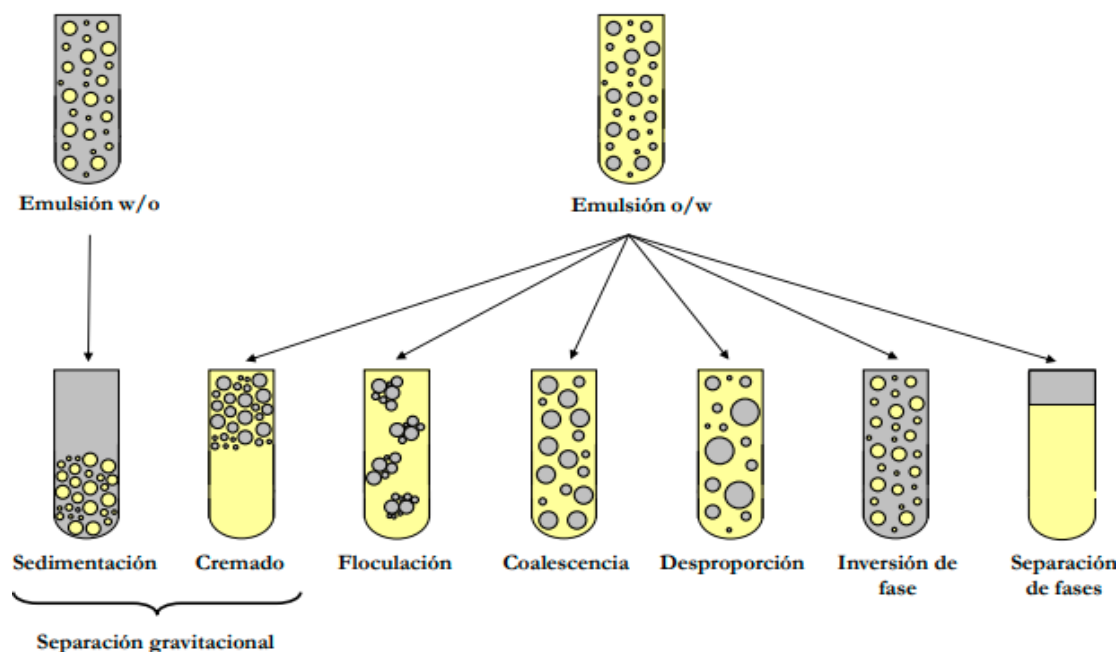


Nota. tomado de Lendínez (2015, p. 9).

Las emulsiones pueden experimentar un proceso de desestabilización con el tiempo debido a las características de los fluidos y los tensoactivos, así como a variables que favorecen dicha desestabilización, como la agregación, coalescencia, sedimentación, flotación y floculación (ver figura 2) (Muñoz, et al., 2007). Para evitar este proceso, se adicionan emulsificantes como “lecitina, mono y diglicéridos de ácidos grasos y 1,2 propilenglicol mono y diésteres” (MIN de Salud., 1985, p. 2). Estos emulsificantes tienen el objetivo de retrasar la separación natural de las fases al formar una película protectora alrededor de las gotas de la fase dispersa, reduciendo la tensión interfacial y proporcionando cargas eléctricas que permiten la orientación de las gotas de la fase dispersa (Pérez, 2013).

Figura 2

Procesos de Desestabilización de Emulsiones.



Nota. tomado de Sceni (2017, p. 20)

Mayonesa

La mayonesa es una emulsión compuesta por fases de grasa y agua (W/O), de consistencia cremosa o semisólida, que presenta un comportamiento semisólido y viscoelástico, también conocido como plástico, donde juega un papel importante las propiedades reológicas de la emulsión, como el tamaño de las gotas y las interacciones entre las gotas, que afectan la percepción sensorial, su ingesta y saciedad, por consiguiente, su aceptación por parte de los consumidores (Romero, 2020).

Tabla 1

Características Fisicoquímicas de la Mayonesa.

Ítem	Mínimo %	Máximo %
Gomas	Negativo	–
Almidón	Negativo	–
Acidez (como ácido acético)	0,28	0,7
pH a 20°C	3,6	4,1
Cloruros (como NaCl)	1,0	1,8
Extracto etéreo % m/m	66,5	–
Ácidos grasas libres en el aceite separado (expresado como ácido oleico en % m/m)	–	0,05
Índice de peróxido en el aceite separado expresado como meq de O ₂ /kg	–	1,5

Nota. Tomado y adaptado de (Resolución 17882 de 1985, artículo 5).

La mayonesa debe estar preparada con mínimo 65% de aceite vegetal comestible refinado, utilizados comúnmente los de soja, colza, girasol y maíz, huevos o yemas de huevos crudos (mínimo 4%), vinagre o jugo de limón, sal (9-11%), condimentos o especias y aditivos permitidos (Ministerio de salud, 1985; Ferreira *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2023). Es importante destacar que no se permite el uso de ciertos ingredientes para su elaboración, como glutamato monosódico, carboximetilcelulosa de sodio, propilenglicol, almidones, alginatos de potasio, amonio y calcio, así como colorantes azafrán, crocetina y crocina.

Para cumplir con los estándares de calidad, la mayonesa debe presentar una masa homogénea, con olor y sabor característicos, pH de 3,6 - 4,0 y su color debe variar de blanco a amarillo pálido. No debe presentar separación de fases, puntos negros, ni rancidez (Ministerio de salud, 1985). La tabla 1 describe las características fisicoquímicas que debe alcanzar la mayonesa para garantizar su calidad y en la tabla 2 se detallan las características microbiológicas que debe cumplir, de acuerdo con la normatividad vigente.

Tabla 2

Características Microbiológicas de la Mayonesa.

Variable	n	M	M	c
Recuento de microorganismos mesofílicos	3	500	1000	1
<N.M.P <i>Coliformes totales/g</i>	3	<3	--	0
N.M.P <i>Coliformes fecales/g</i>	3	<3	--	0
Hongos y levaduras/g	3	20	50	1
Exámenes especiales				
<i>Estafilococos coagulasa</i>	-	-	-	-
Positiva/g	3	<100	-	0

<i>Bacillus cereus/g</i>	3	<100	-	0
<i>Salmonella/25g</i>	3	Negativa	0	

Nota. NMP: número más probable, n: número de muestras, m: Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad, M: Índice máximo permisible para identificar nivel de calidad aceptable, c: Número de muestra entre m y M. (Resolución 17882 de 1985, artículo 6).

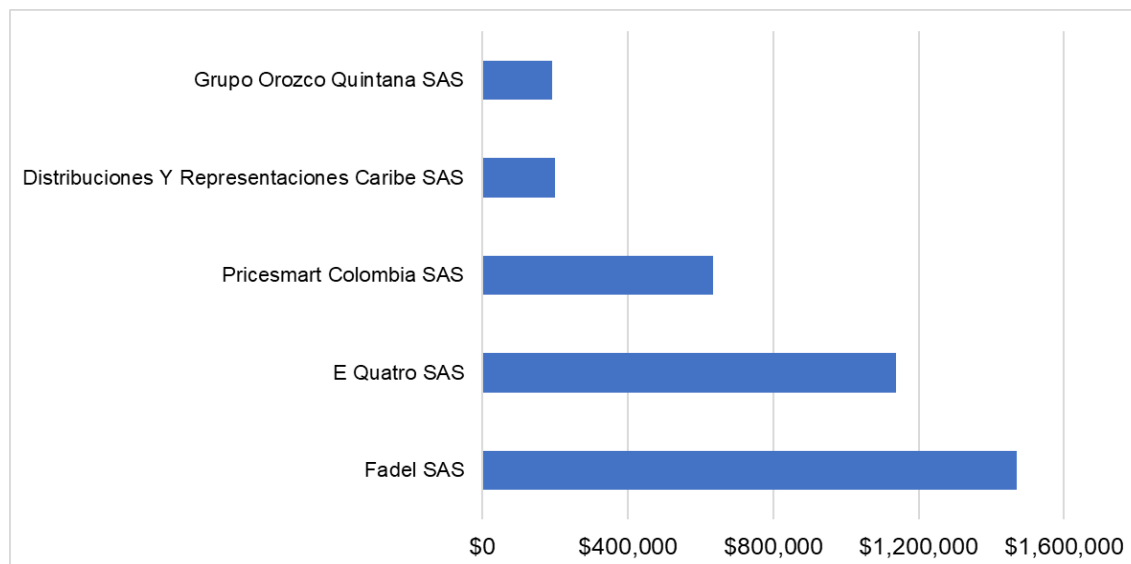
De acuerdo a su diseño estructural, en la elaboración de mayonesa se utilizan las emulsiones de alta fase interna (HIPE, siglas en inglés) y en muchas ocasiones estabilizadas a través del mecanismo de Pickering, las cuales tienen texturas sólidas y altas capacidades de carga, pueden adoptar formas poligonales bajo algunas condiciones, tienden a actuar como sólidos elásticos por debajo de un esfuerzo crítico aplicado y como líquidos viscosos por encima de este esfuerzo, sus viscosidades disminuyen al aumentar el esfuerzo de cizallamiento y tienen la capacidad de resistir la formación de crema o la sedimentación (Gao et al., 2021).

Por otro lado, en la figura 3, se observa el valor de las importaciones de mayonesa de empresas líderes en Colombia.

Producción y Comercialización de la Mayonesa

Figura 3

Empresas Líderes en Valor de Importaciones de Mayonesa en Colombia en Dólares.



Nota. (Treid, 2022)

A pesar de que en Colombia existen empresas de producción de mayonesa, estas no logran satisfacer la demanda nacional, lo que lleva al país a depender en gran medida de las importaciones de este producto. Entre enero y mayo de 2022, Colombia realizó importaciones por un valor de \$4,456,066 dólares, lo que representa un incremento del 28,28% en comparación con el mismo período en el año 2021. En este periodo de enero a mayo de 2022, se destacan algunas empresas que se dedican a estas importaciones, como se observa en la figura 3. Estas importaciones provienen de diversos países, incluyendo Estados Unidos, Japón, Chile, Perú y Corea del Sur. Entre las empresas destacadas en estos países se encuentran Marina Foods Inc, Trujillo Oil Plant Inc, Pricesmart Inc, Sauer Brands Inc y Kraft Foods Group Exp LLC. (Treid, 2022).

Emulsionantes

Los emulsionantes desempeñan un papel crucial en la estabilidad de las emulsiones mencionadas. Estos compuestos tienen la capacidad de reducir la tensión superficial entre sustancias inmiscibles, que no se pueden mezclar fácilmente (Nogueira et al., 2019). Su función principal es evitar la coalescencia de la fase dispersa dentro de la fase continua (Lui, s.f.). Los emulsionantes son moléculas anfifílicas, lo que significa que tienen una parte hidrofílica y una parte lipofílica. Estas moléculas se absorben rápidamente en la interfaz entre el aceite y el agua, favoreciendo la formación de gotas y reduciendo la energía requerida para la emulsión (Muñoz et al., 2007).

Existen diferentes tipos de emulsionantes, que pueden clasificarse en emulsionantes de bajo peso molecular y emulsionantes de alto peso molecular. Los emulsionantes de bajo peso molecular incluyen tensioactivos, lípidos polares y glicolípidos, mientras que los emulsionantes de alto peso molecular incluyen proteínas y lipoproteínas (Cantero, 2018). Estos emulsionantes tienen cierta capacidad emulgente (CE), es decir, la capacidad de formar y estabilizar emulsiones.

Proteínas

Son macromoléculas que cumplen un alto número de tareas dentro de las células que componen a los seres vivos (González et al., 2007). Las cuales están compuestas por carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno, y en algunos casos también se encuentran algunos minerales como el Azufre. Las proteínas están formadas por cadenas monoméricas de aminoácidos (los cuales se describen más adelante) por medio de enlaces peptídicos. Si la cadena es de menos de cincuenta monómeros es un péptido, pero si es de más de cien monómeros es una proteína. La

forma de las proteínas es tridimensional que favorece cumplir un gran número de funciones desempeñando un papel fundamental en los seres vivos, dado su versatilidad (Luque, s. f.).

En total, “veinte son los aminoácidos constitutivos y piezas básicas de las proteínas” (Fiñana, s. f). Estos son los monómeros que componen dichas moléculas y son vitales para el funcionamiento del organismo, ya que al formar proteínas cumplen funciones estructurales, enzimáticas, de transporte y hormonales. De los 20 aminoácidos de interés biológico, 9 son esenciales para el organismo humano, es decir; que el cuerpo no los puede sintetizar y deben ser ingeridos por medio de la alimentación. Los aminoácidos son triptófano, treonina, valina, lisina, leucina, metionina, histidina, fenilalanina e isoleucina. Estos se codifican por tres nucleótidos en los ácidos nucleicos siendo denominado el código genético. (Cardona, s. f.).

Según el reglamento a través del cual se disponen las condiciones y requisitos que debe cumplir el etiquetado o rotulado nutricional y frontal de advertencia de los alimentos y bebidas envasadas o empacadas para consumo humano (Resolución 810 de 2021) el valor diario de referencia (VRN-N) de proteína para niños mayores de 4 años y adultos es de 50 gramos.

Todas las proteínas varían en cuanto a su calidad dependiendo del contenido de aminoácidos esenciales y su biodisponibilidad, y por tal motivo existen métodos como el PDCCAS (método utilizado para determinar la calidad de la proteína, con respecto al requerimiento de aminoácidos del cuerpo humano y la capacidad de este para metabolizrla, o en otras palabras, es el score de aminoácidos corregido por digestibilidad proteica (biodisponibilidad) (como se ve en la tabla 3, el cual está avalado por FAO/WHO desde 1991 para determinar la calidad proteica (Carbajal y Farmacia, 2018)).

Tabla 3

Valores PDCCAS (Puntuación Corregida de Digestibilidad de Aminoácidos Esenciales) de Algunos Alimentos Seleccionados.

Alimento	Valor
Caseína	1
Huevo	1
Soya	0,99
Carne de res	0,92
Arveja	0,69

Nota. 1 es el valor máximo de PDCCAS que un alimento puede obtener. Tomado y modificado de (Carbajal y Farmacia, 2018).

Por otro lado, Reyes (2022) afirma que las proteínas cuentan con diferentes propiedades funcionales según su composición fisicoquímica, lo que influye directamente en las propiedades y comportamientos de los alimentos durante y después de los procesos de fabricación.

En este mismo estudio, se mencionan las cualidades de hibridación de las proteínas, en donde, se evidencia la dependencia de las interacciones entre proteína-agua y su relación directa con las propiedades de solubilidad, absorción, dispersión viscosidad y poder de retención de agua. Por otra parte, se menciona la cualidad de la interacción entre proteína-proteína la cual otorga cualidades de coagulación, dureza, elasticidad y adhesividad.

Reyes (2022, p. 21), también menciona la interacción que se genera “entre la proteína con dos fases inmiscibles (agua/aceite, agua/aire) y son, aquellas conocidas como: emulsificantes y espumantes”.

Capacidad Emulgente de las Proteínas

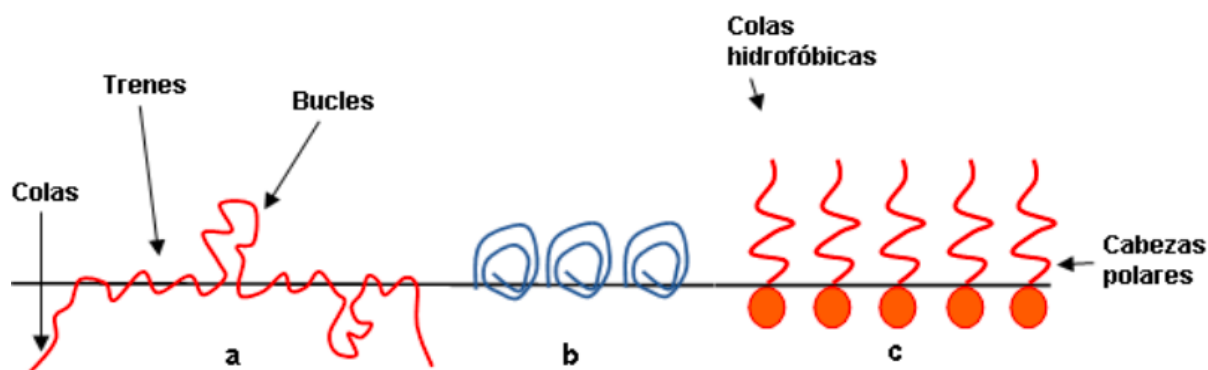
La Capacidad Emulsionante (CE) se refiere a la capacidad de un compuesto para formar y estabilizar una emulsión. En el caso de las proteínas, su capacidad emulgente radica en su

habilidad para interactuar con la grasa y “formar una monocapa interfacial entre las dos fases que componen la emulsión, la fase apolar y la fase polar, cambiando de esta forma su conformación orientando sus grupos de acuerdo con la fase expuesta” (Reyes (2022, p. 21).

En el mismo estudio, se menciona que la actividad emulgente de las proteínas es dada por la capacidad de adsorción de estas en las fases entre agua y aceite, la reducción de la tensión interfacial mediante la formación de una película cohesiva y por la cantidad de proteína adsorbida. Cada sustancia emulgente puede comportarse de manera diferente en el medio, como se ilustra en la figura 4.

Figura 4

Diferencias en el Modo de Adsorción de los Emulgentes.



Nota. a: proteína flexible, b: proteína globular rígida, c: lípidos polares. Tomado de Sceni et al. (2017, p. 4).

“Las proteínas vegetales se componen de diferentes fracciones: glutenina, globulina, albúmina y prolamina y, al igual que para las proteínas animales, los tratamientos térmicos de estas proteínas cambian su comportamiento, modificando las propiedades estructurales y funcionales”. (Mileti et al, 2023, p.1). Por otro lado, el huevo es ampliamente usado para realizar

emulsiones en la industria alimentaria dado su importante contenido de fosfolípidos (Gutiérrez y Luera, 2015).

El Huevo como Emulsificante

El huevo es una buena fuente de proteínas y nutrientes necesarios en la alimentación humana, (Ramírez et al., 2022, p. 2021), está formado por cáscara que representa el 11% de su peso, una yema central (31 % del peso total del huevo), que se compone principalmente de agua (50%), proteínas (15-17%), lípidos (31-35%) y carbohidratos (1%), y está rodeada por el albumen o clara (58 %), compuesta de agua (88%), proteínas (10,5%), carbohidratos (0,5%), cenizas (0,8%) y lípidos (0,2%). Las principales proteínas de la yema de huevo son lipoproteínas de alta y baja densidad, livetinas y fosvitina, de la clara de huevo son la ovoalbúmina 54% masa seca, ovotransferrina 12%, ovomucoide 11%, ovomucina 3,5%, lisozima 3,4%, globulina 8% y avidina 0,05%. (Mirarab et al, 2023, p. 1). Además, el huevo contiene “vitaminas (A, D, E, K, riboflavina, colina, biotina, folatos, B12), minerales (hierro, selenio, yodo, fósforo), y carotenoides (luteína y zeaxantina).” (Núñez y Secchi, 2023, p.2. a).

El huevo contiene todos los aminoácidos esenciales y es por esto por lo que se considera como un alimento completo, ya que el contenido de cada uno de los aminoácidos que componen las proteínas anteriormente mencionadas, están en las proporciones ideales, alcanzando una digestibilidad de hasta el 95% en el ser humano. Adicionalmente este alimento es una fuente concentrada de leucina, aminoácido esencial que se encarga del control de la síntesis muscular y control de la saciedad. (Gil et al, 2016, p.2.a). A continuación, se evidencia en la tabla 4, la composición del huevo promedio (50g).

Tabla 4*Composición Nutricional del Huevo de Gallina*

Composición de un Huevo de Tamaño Medio (50 g Comestibles).			
Energía (Kcal)	71	Vitamina A (Eq. α -tocoferol) (μ g)	114
Proteínas (g)	6,4	Vitamina K (μ g)	4,5
Carbohidratos (g)	0,34	Calcio (mg)	28,1
Lípidos (g)	4,9	Fósforo (mg)	108
Colesterol (mg)	205	Hierro (mg)	1,1
Tiamina (mg)	0,06	Yodo (μ g)	6,4
Riboflavina (mg)	0,19	Zinc (mg)	1,0
Equivalentes de niacina (mg)	1,7	Magnesio (mg)	6,1
Pantoténico (mg)	0,9	Sodio (mg)	72
Vitamina B6 (mg)	0,06	Potasio (mg)	74
Biotina (μ g)	10	Cobre (mg)	0,01
Eq. Folato dietético (μ g)	25,6	Selenio (μ g)	5,0
Vitamina B12 (μ g)	1,1	Colina (mg)	125
Vitamina C (mg)	0	Luteína +zeaxantina (μ g)	166

Nota. Tomado y adaptado de (Gil et al, 2016, p.2. b).

La efectividad de la emulsión elaborada con el huevo, especialmente con la yema de huevo, se debe a la dispersión de lipoproteínas de baja densidad y gránulos insolubles en una solución acuosa de glicoproteínas solubles llamadas livetinas. Estas lipoproteínas se absorben en la interfase de las gotas, ya sea en forma plegada, en forma de micelas o despliegue en el medio continuo (Castrillón, J., 2015., p. 15). Es decir que esté tipo de proteínas están directamente

relacionadas con la emulsificación en las mayonesas. Además, la lecitina es considerada un fosfolípido y está presente en la yema de huevo, donde su naturaleza anfifílica (contiene un extremo polar y otro no polar), permite la unión de las fases tanto hidrosoluble y liposoluble de las emulsiones (Pérez., 2013, p.14-15).

La yema de huevo es el ingrediente más crítico para la estabilidad de la mayonesa, además que contribuye a sus propiedades organolépticas. Esta es la parte del huevo que contiene mayores porcentajes de vitaminas, proteínas, grasa y minerales (Ramírez et al., 2022). “Los fosfolípidos, lipoproteínas y proteínas que se encuentran en la yema de huevo son agentes tensoactivos que permiten la formación de emulsiones de líquidos inmiscibles como el aceite y el agua” (FENAVI, 2015, P. 11). Las lipoproteínas, son compuestos complejos, formados por lípidos hidrófobos (triglicéridos y ésteres de colesterol) en su núcleo, y fosfolípidos polares, colesterol sin esterificar y apolipoproteínas en su corteza. Estas lipoproteínas se clasifican dependiendo de su densidad ya sea alta o baja. En donde, las que contienen más lípidos son más grandes y menos densas y las que contienen menos lípidos son más pequeñas y densas. Las lipoproteínas, “tienen como función el transporte de lípidos en un medio acuoso como es la sangre. Las apolipoproteínas (apo) son proteínas que tienen la capacidad de solubilizar los lípidos en la sangre” (Errico et al., 2013, p. 99)

En la elaboración de mayonesa o aderezos tipo mayonesa, se utiliza como emulsificante, dado que los fosfolípidos son emulsionantes naturales muy útiles en las emulsiones aceite en agua y agua en aceite (Gutiérrez y Luera, 2015). “La yema de huevo contiene un 10 % de fosfolípidos y se utiliza para ayudar a la formación y estabilización de emulsiones como la mayonesa y los aderezos para ensaladas” (Castrillón, 2015, p.25). Estos fosfolípidos son lectinas, las cuales:

Aunque estructuralmente similares a los ácidos grasos, contienen ácido fosfórico, y lo más importante es que poseen un extremo polar y otro no polar. El extremo polar de ésta y otras moléculas similares es hidrófilo y se disuelve fácilmente en agua. El extremo no polar es hidrófobo, por lo que se disuelve fácilmente en grasa o aceite. Las lecitinas poseen, por tanto, naturaleza anfifílica y actúan como tensioactivos (Pérez, 2013, p. 14).

Alergias Causadas por el Consumo de Huevo

Las alergias alimentarias son la respuesta inmunitaria del cuerpo, frente a las proteínas de algunos alimentos como el huevo, que ocasionan hipersensibilidad por su exposición o consumo, provocando la liberación de mediadores inflamatorios como la histamina y la prostaglandina que inducen a diferentes reacciones alérgicas en individuos sensibilizados. La prevalencia de alergia causada por la ovoalbúmina se estima entre 1,6 – 3,2% en niños y el 0,6% en adultos (Ognjenovic et al., 2014). Estudios realizados en Australia demostraron que incluso el 9% de la población padece alguna reacción ante el consumo o contacto con huevo crudo. (Góngora et al, 2015, p.235).

En el huevo de gallina, los principales compuestos alérgicos identificados son: ovomucoide (Gal d1), ovoalbúmina (Gal d 2), conalbúmina (Gal d 3) y lisozima (Gal d 4). Estos se ubican principalmente en la clara del huevo. Mientras que en la yema se ubican en menor proporción los alérgenos, albúmina sérica (Gal d 5) y la proteína YGP42 (Gal d 6). Estos últimos son los que tienen mayor frecuencia de efecto alérgico en adultos y los primeros compuestos en los niños (Gongora, 2015).

La velocidad de aparición y las manifestaciones clínicas causadas por el huevo varían en función de la sensibilización y concentración del contenido proteico que lo genera. Las reacciones anafilácticas pueden generar hinchazón de la boca, lengua y garganta, afectación en la piel (erupción cutánea, urticaria y eccema), en el tracto gastrointestinal (náuseas, cólicos abdominales y dolor, diarrea y vómitos), en el sistema respiratorio (estornudos, sibilancias,

congestión nasal, tos y dificultad para respirar), y en el sistema cardiovascular (disminución de la presión arterial, ritmo cardíaco irregular y paro cardíaco) (Guardado ,2019, p. 2).

Salmonella spp. en Huevos Crudos

La *salmonella* (ver figura 5) hace parte de la familia *Enterobacteriaceae* (Chero et al., 2017), y según Cárdenas (2016, p.13). “son bacilos anaerobios facultativos, gram negativos no formadores de esporas, los cuales miden de 2 a 3 μm de largo y 0.4 a 0.6 μm de diámetro”. Estas bacterias son capaces de fermentar la glucosa, pero no la lactosa, además no generan oxidasa. También cuentan con flagelos lo cual les ayuda a moverse. “El genoma de las especies del género *Salmonella* contiene aproximadamente 4,8-4,9 millones de pares de bases con aproximadamente 4.400-5.600 secuencias de codificación.” (Cárdenas, 2016, p.13)

Figura 5

Salmonella



Nota. tomado de (Robledo, 2015, p. 11)

Pueden residir en personas, animales y el medio ambiente, tolerando la sequía y sobreviviendo prolongadamente en agua. Asimismo, algunos serotipos causan salmonelosis, enfermedad que conlleva síntomas gastrointestinales y surge por el contacto con animales

infectados, por vía fecal - oral y la ingesta de alimentos contaminados. (Núñez y Secchi, 2023, p.2. b).

La *Salmonella spp* es la bacteria causante de la Salmonelosis, y hace parte de las ETA (enfermedades transmitidas por alimentos) y tiene una gran repercusión en la salud humana, produciendo síntomas muy desagradables, esta afección provoca más de 2 millones de decesos en el mundo (Castañeda et al., 2015). “En los Estados Unidos, es la segunda causa de enfermedades transmitidas por los alimentos en humanos, generando 378 muertes anuales” (Zareth y Torres, 2020, p.17). además de los altos costos generados. Los alimentos mayoritariamente asociados a esta enfermedad son el huevo, el pollo, productos de la leche, entre otros. Por otro lado, “el huevo es un alimento importante en la canasta familiar colombiana, con alto valor nutricional y debido a su bajo costo es asequible a gran parte de la población, viéndose esto reflejado en un consumo per cápita de 252 unidades” (Castañeda et al., 2015, p.155).

En 2011, Calderón M.J, informó del aumento a 49 personas intoxicadas por consumo de mayonesa casera en un negocio de comidas rápidas, en la colonia de Peñalolén, Chile. En Colombia el Instituto Nacional de Salud, en el año 2014 en su Informe Final del Evento Enfermedades Transmitidas por Alimentos, manifiesta que dentro del 2010 al 2012, de los 35 brotes de ETA, el 47% están relacionados con una intoxicación de salmonelosis, donde los alimentos mayormente implicados en estos casos fueron preparados con mayonesa, representando el 43% de los casos de enfermedades transmitidas por los alimentos en este periodo de tiempo. (Guerrero, 2014, p. 5).

Arveja

“La arveja (*Pisum sativum* L.), también conocida como chícharo o guisante pertenece a la familia de leguminosas, es una de las especies más importantes en lo que respecta a cultivos comestibles en el mundo. Esta planta ocupa el puesto número cuatro dentro de la producción mundial” (Reyes, 2022), su composición (ver tabla 5) en 100 gramos es de: 22-25 g de proteínas, 24 - 58,9 g de carbohidratos, y con menor cantidad de lípidos con 0.8 g – 2 g a comparación del huevo (Reyes, 2022, p. 16; Shanthakumar, 2022), como se observa en la tabla 5. Es cultivada casi en todo el mundo con la intención de consumir sus semillas como fuente de alimentación dado su alto aporte en proteína, fibra y minerales (Simoes et al., 2023).

Por otra parte, la necesidad de obtener altas fuentes de proteína, etiquetas limpias, y la búsqueda de alimentos más sanos (Simoes et al., 2023), viene en crecimiento gracias al auge de las economías en el mundo y el mayor interés en la salud por parte de las nuevas generaciones. Se calcula que para el año 2050, habrá un aumento del 30% de la población mundial lo que hará necesario obtener métodos de obtención de alimentos que consuman menos energía y agua potenciando así el interés por proteínas alternativas con un buen perfil de aminoácidos como se muestra en la tabla 6 y 7. Entonces, la proteína de arveja se presenta como gran alternativa de fuente proteica vegetal, es libre de alérgenos, gluten y lactosa, tiene un alto valor nutricional, abundante disponibilidad y bajo costo de producción. Su uso se está masificando en formulaciones de batidos y bebidas gracias a su versatilidad, además permite reemplazar la albúmina del huevo como agente emulsificante y gelificante en bizcochos, siendo así una opción en formulaciones de todo tipo. (Hedayati et al, 2022, p.2).

Tabla 5*Composición Nutricional de la Arveja*

Compuesto	Valor en 100 g de parte comestible		
	Reyes	Shanthakumar	De Bernardi
Energía	333 kcal	-	-
Proteínas	22,6 g	22-25	-
Grasas	0,8 g	1.5-2	-
Carbohidratos	58,9 g	24-49	-
Fibra	5,70 g	60-65	-
Calcio	70 mg	80 mg	56 mg
Hierro	5,60 mg	-	1.5 mg
Magnesio	-	-	33 mg
Niacina	-	-	2.1 mg
Potasio	-	-	244 mg
Vitamina A	8,67 mg	-	-
Vitamina E	0,10 mg	-	-
Vitamina C	-	-	40 mg
Folato	-	-	65 µg
Zinc	-	-	1.2 mg

Nota. Tomado y adaptado de (Reyes, 2022, p. 16; Shanthakumar, 2022; De Bernardi, 2017).

La proteína de la arveja se compone principalmente de globulina (50-60%) y albúmina (15-25%) (Wang, 2022). En la tabla 6, se encuentra el contenido de aminoácidos esenciales de la arveja frente al huevo. Las globulinas (leguminas-11S y vicilinas -7S) son solubles en sal y las albúminas solubles en agua. Las globulinas 11S tienen una mayor actividad emulsionante que la 7S, mientras que la emulsión preparada con esta última fracción es más estable (Sha *et al.* 2022). La globulina 11S pertenece a un grupo de proteínas de globulina que se encuentra comúnmente en las leguminosas y por lo general en fracciones de proteínas en los aislados de estas (Espitia et

al., 2016). Estas macromoléculas, “se han definido como proteínas hexaméricas de 275-450 kDa que constan de monómeros de 50-60 kDa, que están compuestos por una subunidad ácida (30-40 kDa) y una subunidad básica (20-25 kDa) unidas por un único enlace disulfuro” (Gonzales et al., 2022, p. 48)

Tabla 6

Contenido de Aminoácidos Esenciales en la Arveja Frente al Huevo

Aminoácidos	% por peso sobre la base de alimento (arveja)	% por peso sobre la base de alimento (huevo)
Metionina + Cisteína	0,68	0.38
Treonina	0,98	0.60
Isoleucina	0,94	0.78
Leucina	1,84	1.06
Lisina	1,57	0.76
Valina	1,41	0.95
Triptófano	0,34	0.20
Tirosina	0,84	0.50
Histidina	0,71	0.28
Fenilalanina	1,0	0.68

Nota. Tomado y editado de (Reyes, 2022, p. 16) y Ministerio de Agroindustria Presidencia de la Nación (Argentina). (2016, p. 3).

Teniendo en cuenta que resultados de las investigaciones realizadas por Reyes., (2022), reportó el porcentaje por peso sobre la base del alimento (arveja), donde se conoce la cantidad de aminoácidos tales como: cisteína, metionina, treonina, isoleucina, leucina, lisina, valina, triptófano, tirosina, histidina y fenilalanina. La arveja contiene un 22,6% de proteína. Entonces se realizó el cálculo porcentual de la participación de estos aminoácidos esenciales en 100 g de proteína, de donde se obtuvieron los valores reportados en la tabla 7.

Tabla 7

Contenido Porcentual de Aminoácidos Esenciales en la Proteína de la Arveja y Soya

Aminoácidos	Arveja		Soya.
	Reyes	Shanthakumar	Torres & Tovar-Palacio
Histidina	3,14	1,6-2,5	2,60
Isoleucina	4,16	2,3-4,5	4,90
Leucina	8,14	5,7-6,4	8,20
Metionina	1,99	0,3-1,1	2,60 (+Cisteína)
Fenilalanina	4,42	3,7-5,5	9,00 (+Tirosina)
Treonina	4,34	2,5-3,9	3,80
Triptófano	1,50	0,7-1,0	1,30
Valina	6,24	2,7-5,0	5,00

Nota. Tomado y adaptado de (Reyes, 2022, p.16), (Shanthakumar, 2022), (Torres & Tovar-Palacio, 2009).

Según la tabla comparativa (Tabla 7), se constata que el contenido de aminoácidos esenciales de la proteína de arveja es similar al contenido de estos en la proteína de soya, lo que indica que es una excelente alternativa nutricional. Por otra parte, la capacidad emulgente es fundamental para determinar la funcionalidad de esta proteína en la mayonesa.

Análisis Bibliométrico

Búsqueda y Clasificación de Referentes Bibliográficos

El fin principal de esta monografía se centra en explorar la capacidad emulgente, estabilidad y propiedades fisicoquímicas de la proteína de arveja para la elaboración de mayonesa sin huevo. Por tal motivo, se realiza una búsqueda bibliográfica sistemática de documentos científicos en las bases de datos como: EBSCO, BASE, Science Direct, Scopus, ICONTEC, Dialnet, Google Academico, OAIster, DOAJ, National Library of Medicine, UMC, OpenAIRE y Elsevier, en las cuales se haya información relevante sobre las propiedades de composición fisicoquímica de la arveja, contenido de aminoácidos esenciales, afinidad por las fases no polares y polares, capacidad emulgente, y el uso de esta proteína como emulgente en mayonesa. Después de la recopilación de la información, por medio de filtros se toman los artículos más relevantes y se obtiene la información requerida.

Condiciones de la Búsqueda

Las ecuaciones empleadas que mejor dieron resultado de acuerdo a los objetivos de la monografía fueron: *alergia AND huevo, pea AND protein, vegan mayonnaise AND pea, "vegan mayonnaise" AND pea AND protein, proteina OR arveja, calidad proteica AND dieta, "globulina 11S", viscosity OR vegetable protein NOT agriculture, "Índice de actividad emulsionante", viscosity OR vegetable protein OR viscosidad NOT agriculture NOT texturized, "Mayonesa a base de plantas", hydrocolloids AND as egg replacers, Análisis comparativo AND mayonesas, "Caracterización reológica de mayonesa", "mayonnaise prepared from soybean oil", estructura AND lipoproteinas, Perfil AND arvejas, "Emulsifying capacity of pea protein", "Emulsiones Pickering", formulation AND mayonnaise AND pea protein, properties AND peas AND emulsion OIL AND GLOBULIN y "Emulgente".*

Dentro de las bases de datos que arrojaron resultados positivos con las anteriores ecuaciones de búsqueda, se encuentran Scielo, Scopus, Elsevier, Science Direct, EBSCO, Springer, Proquest y DOAJ (ver Tabla 8). Cabe resaltar que la búsqueda se limitó a referentes bibliográficos preferiblemente no mayores de 12 años de publicación.

Tabla 8

Resultados del Filtro Bibliográfico Utilizados para la Búsqueda de la Información

Repositorio	Número de artículos
Science direct	60
EBSCO	6
Elsevier	12
DOAJ	1
Springer	1
Proquest	1
Scielo	2
Scopus	2
Total	85

Figura 6

Tendencia de Publicación de Documentos Científicos Utilizados.



Nota. En la figura 6 se puede observar el comportamiento del número de publicaciones realizadas entre los años 2008 – 2023 relacionadas con el uso de la proteína de arveja como agente emulsificante para reemplazar el huevo en la elaboración de mayonesa.

Como se observa en la gráfica a partir de año 2019 se evidencia un crecimiento creciente en los estudios relacionados con la proteína de arveja como emulgente en la industria alimentaria, por consiguiente, se deduce que el interés por alternativas vegetales es tendencia para generar nuevos desarrollos en el segmento de aderezos tipo mayonesa. De esta manera, tiene relación con que el consumidor es más consciente y busca nuevas opciones en los productos presentes en el mercado.

Fabricación de Mayonesa a Partir de Proteína de Arveja

Formulaciones e Ingredientes Utilizados para la Fabricación de Mayonesa

La proteína aislada de arveja se presenta como gran alternativa emulsificante para reemplazar el huevo en las formulaciones de mayonesa como se muestra en la tabla 9, dado que es una fuente libre de alérgenos, posibilita el uso de esta en emulsiones aptas para veganos.

Tabla 9

Formulaciones de Emulsiones Tipo Mayonesa con Proteína de Arveja

Ingrediente	Formulación 1*	Formulación 2**
Aceite Vegetal	60,00 %	20,00%
Agua	17,04 %	60,25%
Leche de soja	10,00 %	-
Vinagre	7,50 %	7,00% (5% ácido acético)
Proteína de arveja	5,00 % (Polvo Vaina de - arveja, (10,80 %) contenido proteico)	3,00% Aislado de Proteína de Arveja (81,7% proteína))
Azúcar	4,00 %	3,50%
Sal	0,70 %	1,00%
Zumo de limón	-	5,00%
Mostaza en Polvo	0,40 %	-
Estabilizante- emulsificante	0,36 % (6,60% de mono- & 6,60% de mono y diglicéridos, 36,70% de goma guar y 56,70% de goma xantana).	0,25% Goma xantana

Nota. tomado y adaptado de (*Ma Zhen et al., 2016, p. 274-289;** Gaur et al., 2020, p. 2403)

Dado que las proteínas son anfifílicas, es decir que tienen afinidad por las fases no polares y polares, cuando se despliegan se genera una reacción espontánea en donde sus partes polares se orientan y generan enlaces con la parte acuosa, y sus partes no polares se orientan y

enlazan con la fase grasa. Esto reduce la tensión entre fases generando la estabilidad de la emulsión. En la mayonesa, la adición de vinagre blanco o en su defecto ácido acético, baja el pH de la mezcla pasando por el punto isoeléctrico de las proteínas, lo cual ayuda a su despliegue y por lo tanto facilita el proceso de generación de enlaces entre las fases agua-grasa y dicha molécula (Cabra et al., 2008). Por otra parte, “cada tipo de emulsión alimenticia requiere proteínas con diferentes propiedades de emulsificación” (Elizalde, 1987). Ya que las propiedades de las proteínas varían según sus estructuras lo cual hace que algunas sean óptimas para ciertos tipos de aplicaciones que otras. Como, por ejemplo; las caseínas funcionan muy bien como emulgentes aun teniendo un alto contenido de grasa mientras que la proteína de suero tiene un poder emulgente medio (Cabra et al., 2008).

Condiciones de Elaboración de Aderezo Tipo Mayonesa a Escala de Laboratorio con Proteína de Arveja

En la elaboración de aderezos tipo mayonesa con proteína de arveja, es fundamental llevar a cabo un procedimiento de fabricación que garantice un resultado final idóneo, de este modo, se deben tener en cuenta factores como: temperatura, tiempo, dosis de todos los componentes, presión de homogenización, pH y revoluciones. Así, en la tabla 10, se pueden observar las condiciones de elaboración de mayonesa a escala de laboratorio, a partir de proteína aislada de arveja propuesta por Sisheng Li et al., (2022).

Tabla 10

Condiciones de Elaboración de Aderezo Tipo Mayonesa a Escala de Laboratorio a Partir de Proteína Aislada de Arveja

Fase	Proceso Y Condiciones
Preparación de Microgeles de Proteína Aislada de Arveja	<u>Paso 1:</u> Mezclar la proteína a 25°C por 2 horas (10% de proteína aislada de arveja en peso) con agua desionizada.
	<u>Paso 2:</u> Almacenar por 12 horas a 4°C, para garantizar la hidratación total de la proteína.
	<u>Paso 3:</u> Calentar a 95°C la mezcla anterior por 30 minutos en baño de agua.
	<u>Paso 4:</u> Enfriar a 25°C la mezcla anterior y adicionar 20 U/g de TGasa (enzima transglutaminasa) y mantener por 4 horas una temperatura de 45°C.
Homogeneización de geles de proteína aislada de arveja	<u>Paso 5:</u> Homogeneizar el gel formado a 500 bar por 3 ciclos para obtener microgeles.
Ajuste de pH de microgeles.	<u>Paso 6:</u> Adicionar vinagre hasta llegar a pH 3,5
Saborización de microgel de proteína aislada de arveja	<u>Paso 7:</u> Añadir 350 mmol de NaCl; 4% en peso de sacarosa y 0,5% en peso de saborizante.
Formación de emulsión (mayonesa) con Microgeles de proteína aislada de arveja.	<u>Paso 8:</u> Homogeneizar microgeles y aceite de girasol (50% en peso), a 2000 rpm por 2 minutos.

Nota. adaptado de Sisheng Li et al., (2022).

Indicadores de Calidad de la Mayonesa

Algunas propiedades de la mayonesa que son medidas como indicador de calidad, son:

Color: Se analiza por medio de Colorimetría, este método permite determinar el estado de frescura, calidad, propiedades fisicoquímicas, además de la aceptación por el consumidor. En los

ensayos realizados por (Rodríguez et al., 2021, se empleó un colorímetro digital DR/890 a una temperatura de 25°C, obteniendo valores de espacio del color CIELAB: Es decir L*: luminosidad; a*: coordenadas rojo/verde y b*: coordenadas azules/amarillo. Es así como para la mayonesa Fruco ® analizada como patrón de los ensayos, encontraron que los parametros de color fueron: L*:85,35; a*:2,95 y b*:15,35. (Rodríguez et al., 2021. a).

Textura: Este parámetro consigue analizar la dureza, elasticidad, cohesividad, resistencia al corte y fracturabilidad de los alimentos, por medio de un Texturómetro. La textura es una de las principales propiedades que son evaluadas por el consumidor. Por medio de los valores obtenidos de este análisis, se establecen estándares de calidad en las áreas de producción desde la composición de determinada formulación de mayonesa, como de la influencia que tienen estas características a la hora del empaque del producto. La prueba consiste en la aplicación de determinada fuerza (3 g) en determinada velocidad (2,0 mm/s) a 25°C. Esta emite valores que, traducidos, son interpretados como firmeza, consistencia y cohesividad en la emulsión. (Rodríguez et al., 2021. b).

Estabilidad: Presenta la habilidad que tienen las emulsiones frente a posibles cambios durante la vida útil de la mayonesa. Entre menos cambios se presenten durante este tiempo, se considera como más estable la emulsión. Esto es importante ya que esto garantiza la calidad del producto bajo ciertas condiciones como la humedad o la temperatura. La estabilidad se mide por medio del Índice de estabilidad de Turbiscan Stability Index (TSI) es el parámetro específico del equipo donde se compara y caracteriza dicha estabilidad física de las composiciones de la mayonesa. (Rodríguez et al., 2021 c).

Perfil sensorial: En los análisis realizados por Rodriguez et al., (2021). Se empleó la lengua electrónica, tecnología cuya función es cuantificar los diferentes sabores o aromas de una

matriz alimentaria. Esto es ejecutado por medio de sustancias químicas que segmentan los sabores básicos mediante semi-selectividad. Los receptores están compuestos por electrodos sensoriales que emplean membranas lipídicas o poliméricas. Rodríguez, realizó este análisis en la lengua electrónica Insent TS 5000 Z por duplicado.

Propiedades de Estabilidad de la Emulsión Elaborada con Proteína de Arveja para Evaluar la Calidad de la Mayonesa

Para Sisheng Li et al., “las emulsiones Pickering son valoradas por su capacidad para conseguir propiedades deseables de apariencia, reológicas o de estabilidad, y han despertado un gran interés en la comunidad científica alimentaria” (2022, p.1), algunos de los análisis fisicoquímicos utilizados para determinar su estabilidad, se describen a continuación:

Capacidad de Retención de Agua (WHC)

Según Gutierrez (2015), la capacidad de retención de agua es la facultad de absorción de agua que tiene una proteína frente a la fuerza gravitacional. Este mecanismo se da por medio de la fijación de agua en las áreas polares del compuesto en donde se incrementa el tamaño de esta (hinchamiento). En este estudio se realizaron pruebas de hidratación con 5 g de proteína adicionados en una probeta graduada de 250 ml en donde se registró el dato del volumen ocupado, seguido se adicionó 100 mL de agua destilada y se dejó en reposo por 24 horas a temperatura ambiente, después de este periodo de tiempo se midió el volumen de la proteína hidratada para luego retirar el sobrenadante y registrar el peso de la proteína hidratada.

Capacidad de Captación de Agua (WBC)

Según Gutiérrez (2015), la capacidad de captación de agua es la facultad de absorción de agua que tiene una proteína frente a la fuerza centrífuga. En este estudio se llevó a cabo un procedimiento experimental en donde se introdujeron 5 g ($\pm 0,01$ g) de cada proteína en tubos

falcon. Se añadieron 25 g de agua destilada, tras homogeneización con varilla de vidrio, se realizó una agitación previa manual de 5 minutos. Tras ello se introdujeron los tubos en centrifugadora durante 10 minutos a 2000 rpm. Finalizado este proceso se extrajo el sobrenadante y se pesó el tubo para comprobar la diferencia de peso inicial con la del tubo tras las agitaciones, obteniéndose el dato de agua captada.” (p. 7).

Capacidad Emulgente (EC)

La capacidad emulgente (CE) hace referencia a la aptitud de un compuesto para generar y mantener la estabilidad de una emulsión. Cuando hablamos de proteínas, su destreza en la emulsión radica en su capacidad para interactuar con la grasa, lo que les permite crear una fina capa en la interfaz entre las dos partes que conforman la emulsión. Por lo tanto, la estructura de la proteína cambia, de acuerdo con la fase en que está en contacto. Por otro lado, según Ayunta et al., (2019), el índice de la actividad emulgente (IAE) “mide la habilidad de las proteínas para dispersar la fase lipídica, y estima el tamaño de partícula dispersa basado en el área interfacial (calculada vía turbidez) por unidad de proteína (Singh, 2003)” (p, 5).

Para evaluar la capacidad de la proteína de arveja para generar la emulsión en una mayonesa, es posible realizar una emulsión pickering, la cual consiste en “utilizar partículas en estado sólido que actúan como agentes surfactantes, es decir sustancias que contribuyen por medio de la tensión superficial, al contacto de dos fases inmiscibles entre sí consiguiendo estabilizar diversas emulsiones” (Beltran, 2022, p. 3).

En el estudio realizado por Reyes (2022), se tomaron 3 gramos de proteína y se disolvieron en 25 mL de agua destilada y 25 mL de aceite de girasol, el pH se ajustó a valores 6, 7 y 8. Estas soluciones se llevaron a agitación a 1500 rpm por 3 minutos en equipo de alto cizallamiento, para luego centrifugar durante 5 minutos a 2000 rpm.

La capacidad emulsionante o emulsificante (EC), se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$EC (g/mL) = \frac{Volumen\ Final (g)}{Volumen\ Inicial (mL)}$$

Esta relación indica la propiedad que tiene en gramos la proteína por cada mL de la fase oleosa emulsionada. (Reyes., 2022, p. 23).

Índice de Actividad Emulgente (IAE)

El Índice de actividad emulsionante, identifica la capacidad de las proteínas para dispersar la fase lipídica, y calcula el tamaño de las partículas dispersas a partir del área interfacial, que se estima mediante la medición de la turbidez, teniendo en cuenta la cantidad de proteína utilizada.

Índice de Estabilidad Emulgente (IEE)

Según Vioque (2001), la estabilidad de la emulsión (ES) está dada por el volumen de agua que se separa de la emulsión a temperatura ambiente. Para proteínas concentradas el tiempo de evaluación de la estabilidad de emulsión es de 0.25 a 36 horas y para proteínas aisladas de 0.25 a 48 horas.

Según Guzmán (2018) “La estabilidad no es solo una propiedad cualitativa de las emulsiones, también puede ser cuantificable a partir de experimentos realizados en el laboratorio. Existen métodos analíticos y numéricos para describir el grado de estabilidad de una emulsión”. como el que se describe a continuación: se adiciona (0,01% en peso) de proteína en 150 mL de agua Milli-Q, seguido de una agitación en un dispositivo de alta velocidad durante 2 minutos a 1000 revoluciones por minuto y luego durante 3 minutos a 3500 revoluciones por minuto. Luego, se toma una pequeña muestra de 30 μ L del sedimento y se diluye en 3 mL de dodecil sulfato de sodio al 0,1% en peso. Después, se le da reposo por 10 minutos y se mide la variación de la absorbancia entre el minuto 0 y el minuto 10 (Reyes, 2022)

Potencial Z

Su medida se aplica para estudiar y predecir la estabilidad física de las emulsiones. Cuando el valor del potencial Z, ya sea positivo o negativo, es más alto, esto sugiere una mayor estabilidad eléctrica en el sistema. En contraste, cuando el potencial Z es bajo, las emulsiones tienen una tendencia a coagularse o a flocular. Valores entre -10 mV y +10 mV se consideran cercanas a la neutralidad, en tanto que aquellas con potenciales Z que superan los +30 mV o caen por debajo de -30 mV se califican como altamente catiónicas o aniónicas, respectivamente (Ramirez-Nieto, 2019). Su valor está directamente influenciado por el pH del medio, agentes tensoactivos que influyen en la atracción o repulsión de carga entre las partículas y temperatura. En la tabla 11, se observan los métodos utilizados en los estudios revisados.

Tabla 11

Métodos Utilizados en los Estudios Revisados para Determinar el Potencial Z (ζ)

Referencia	Parámetros y condiciones
Li et al. 2022	La medición de la repulsión y atracción electrostática se realizó con el equipo Zetasizer Nano (medidor de tamaño de partículas) a 25°C; diluyendo con agua ultrapura (Mili-Q) la emulsión hasta un contenido proteico de 0,5% en peso. Luego cargando la muestra en la cubeta de medición. (p. 2).
Can et al. 2011	Se determinó la movilidad electroforética (UE) de diluciones a 0,05% de proteína p/p, en un pH de 7. Igualmente se realizó la medición con el equipo Zetasizer Nano, modelo ZS90, (Malvern Instruments, Westborough, MA, EE. UU.). (p. 2744).
Oliete et al. 2018	Se cuantificó la carga eléctrica de las muestras con el equipo ZetaPhoremeter Zeta Compact Z8000 (CAD Instruments, Les Essarts, Le Roi, Francia). Cada muestra fue diluida con fosfato 10 mM, hasta un contenido de 0,5% en peso de proteína y un valor de pH de 7,2. La celda

	se mantuvo a temperatura ambiente y se realizaron las mediciones 5 veces mínimo. (p.294).
Chang et al. 2015	"Se utilizó un Zetasizer Nano-ZS90 (Malvern Instruments, Westborough, MA, EE. UU.) para medir la movilidad electroforética (U _{mi}) de las soluciones de aislado de proteína (0.05%, p/p), y se determinó la potencial zeta (ζ , mV) en función del pH"
Cheng et al. 2021	Se midió el potencial Z de las emulsiones frescas, con ayuda del equipo Zetasizer Nano-ZS90 (Malvern Instruments, Westborough, MA, EE.UU.), el mismo modelo de equipo de. Se diluyeron las muestras con agua desionizada, para su posterior montaje en la celda para determinación de movilidad electroforética.

Nota. Tomado y adaptado de: (Li et al, 2022; Can et al, 2011; Oliete et al, 2018; Chang et al, 2015; Cheng et al, 2021)

La metodología de análisis se efectúa a una temperatura de 25°C, con concentraciones de proteína que van desde 0,05 a 0,5% en peso y pH de 7,0 y 7,2, utilizando el dispositivo Zetasizer Nano. Se diluye la emulsión con agua ultrapura (Mili-Q) hasta alcanzar un contenido proteico del 0,5% en peso. Posteriormente, la muestra se carga en la cubeta de medición (ver tabla 11).

Tamaño de Gota

El diámetro de las partículas en una emulsión ejerce un impacto significativo en factores como su estabilidad, propiedades visuales, comportamiento frente al flujo y las percepciones sensoriales (Zhang, et al. 2023). La magnitud de las partículas de aceite constituye un indicador crucial para evaluar la calidad de la emulsión, ya que tiene un efecto directo en el sabor, la textura, la viscosidad, el aspecto y la durabilidad de la emulsión (Mishra et al., 2022). En general, se prefiere que las partículas sean más pequeñas en lugar de más grandes (Chao, 2018). Para realizar el análisis, se generarán soluciones con un contenido específico de proteína y a

diferentes niveles de pH. Las emulsiones aceite-en-agua (O/W) se producen mediante la utilización de equipos de alta velocidad, como un homogeneizador Polytron PT 3100.

Posteriormente, se mide el tamaño de las gotas (con diámetro medio según los valores D4,3 y D3.2 μm , según corresponda a cada estudio) tras la homogeneización, utilizando instrumentos analizadores de tamaño de partícula. La dispersión se realiza con agua destilada.

Viscosidad

Esta característica se refiere a la capacidad de deformación que exhibe un fluido cuando se le somete a fuerzas de corte. La viscosidad de las emulsiones está influenciada por varios factores, como la viscosidad de la fase externa, la cantidad de la fase interna, el tamaño de las gotas y otros efectos relacionados con la formulación (Reyes y Di Scipio., 2012, p. 57). El procedimiento para este análisis se puede llevar a cabo por medio de diluciones de proteína, en determinadas concentraciones y valores de pH que van desde 2,5 a 7,0, con concentraciones de proteína de 2,5 a 78%. La medición de la viscosidad se realiza utilizando un reómetro, en el cual se determina la viscosidad a diferentes velocidades de rotación, con intervalos de tiempo de 30 segundos entre cada cambio de revoluciones (Cabezas, 2016). En la tabla 12 se muestran los métodos realizados en los estudios referenciados.

Tabla 12

Métodos Utilizados para la Determinación de Viscosidad en los Estudios Realizados

Bibliografía	Parámetros y condiciones
Cabezas, E. (2016)	Se realizaron diferentes diluciones de contenido proteico, como 2,5%, 5% y 7%, en valores de pH de 2,5, 4,5 y 7. El ajuste de pH se realizó con soluciones de HCl 0,1N y NaOH 0,1 N. Como tal la medición se llevó a cabo con el reómetro de Brookfield CT3, determinando la viscosidad a diferentes rpm, con intervalos de tiempo

-
- comprendido por 30 segundos entre cada cambio de revoluciones. (p. 3).
- Li et al.
(2022) Se empleó un reómetro Discovery HR-2 (TA Instruments Ltd., New Castle, DE). Con un tiempo de remojo de 60 segundos en todas las mediciones reológicas. Las mediciones se realizaron a pH de 2,5, 3,5, 4,5, 5,5 y 6,5. La geometría fue de 60 mm de diámetro (construido en aluminio). (p. 6)
- Vélez et al.
(2020) El equipo empleado fue un reómetro AR1500ex (TA Instruments, Elstree, Reino Unido), con geometría planar de 40 mm y GAP de 600 μm . La medición se llevó a cabo en 3 ciclos, empezando desde arriba, luego abajo y después arriba. en rango de 1 a 300 segundos. La temperatura de las muestras fue de 25°C para evaluar los cambios que presentan las estructuras con el vector de temperatura. (p. 2).
-

Nota. tomado y editado de: (Cabezas, 2016; Li et al, 2022; Vélez et al, 2020)

Modificaciones Químicas, Físicas y Enzimáticas en Proteína de Arveja para Mejorar Propiedades Emulgentes.

En el estudio de Burger y Zhang (2019), se compilan algunas investigaciones que se realizaron con el objetivo de mejorar las propiedades emulgentes de la proteína de arveja, por medio de modificaciones químicas, físicas y enzimáticas, en donde obtuvieron resultados concluyentes sobre la mejoría de la estabilidad de la emulsión e índice de actividad de la emulsión como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13*Modificaciones Químicas, Físicas y Enzimáticas en Proteína de Arveja para Mejorar**Propiedades Emulgentes*

Modificación	Material de modificación	Material del núcleo	Resultados	Referencia
Glicosilación	Lactosa, galactosa, glucosa y ácido galacturónico.	n-dodecano	EAI y ES mejorados	Pedrosa et al. (1997).
Glicosilación	Galactosa, lactosa, ácido galacturónico.	n-dodecano	EE mejorado	Baniel et al. (1992).
Conjugación	Pectina	Aceite de canola	Tamaño de gota mejorado y ES.	Tamnak et al. (2016).
Hidrólisis enzimática	Tripsina	Aceite de colza	Tamaño de gota mejorado	Tamm et al. (2016)
Hidrólisis enzimática	Alcalasa, tripsina, flavourzyme, papaína, a-quimotripsina	Aceite de canola	El tratamiento con tripsina ocasionó una reducción en el tamaño de la gota de la emulsión.	Humisky y Aluko, (2007).
Ultrasónico	Ultrasonido	Aceite de colza	Tamaño de partícula mejorado	O'Sullivan et al. (2016)
Ultrasónico	Ultrasonido	Aceite de girasol	Aumento del tiempo disminución del tamaño de partícula	McCarthy, Kennedy et al. (2016).

Nota. EE estabilidad de la emulsión; EAI: índice de actividad de la emulsión. Tomado de adaptado de Burger y Zhang (2019).

Como se resume en la tabla 13, parte de las modificaciones realizadas por métodos químicos, físicos y enzimáticos a la proteína de arveja por diferentes autores, refleja una mejoría en las propiedades tecnológicas de emulsificación y en su índice de actividad de emulsión, demostrando una mayor estabilidad en la formación de estas emulsiones. Esto demuestra que esta proteína vegetal es una alternativa, frente a las demandas de consumo de aderezos tipo mayonesa sin adición de huevo. Esto a nivel de sostenibilidad plantea nuevas posibles soluciones para este segmento.

Comparación de Propiedades para Evaluar la Calidad de la Mayonesa con Proteína de Arveja

Resultados Reportados de la Capacidad de Retención y Captación de Agua de la Proteína de Arveja

Un estudio realizado por Gutiérrez (2015), encontró que las proteínas aisladas de arveja presentan menor capacidad de retención de agua que los aislados de proteína de soya. Sin embargo, también se menciona que el fabricante (Nutralys) de estos aislados evaluados asegura que estas proteínas presentan grandes cualidades de solubilidad y emulsión. “Ya se ha visto como cambios estructurales que sufren las moléculas proteicas de arveja durante el procesado pueden incrementar la cantidad de emplazamientos polares capaces de interactuar con el agua” (p.17). Así, los aislados de proteína de arveja muestran mejores cualidades emulgentes que los concentrados, como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14

Resultados de las Propiedades de Captación de Agua, Retención de Agua, Estabilidad de la Emulsión y Capacidad Emulgente

Proteína	WBC (ga/gp)	WHC (%)	EC (nm)	EE (nm)
Aislado de leche	4,803 ^l	157,895 ^{de}	0,311 ^b	0,162 ^{ab}
Aislado de suero	0,000 ^a	0,000 ^a	0,679 ^{de}	0,295 ^b
Clara de huevo	0,000 ^a	89,286 ^{bc}	0,370 ^{bc}	0,267 ^b
Proteína de arveja	3,519 ^h	325,000 ^h	0,452 ^{bcd}	0,085 ^{ab}
Proteína de arroz	2,171 ^f	215,000 ^f	0,036 ^a	0,011 ^a
Gluten hidrolizado W	0,286 ^b	128,636 ^d	0,231 ^{ab}	0,062 ^{ab}
Arveja S85F	3,713 ^{hi}	433,333 ^{ij}	0,806 ^{ef}	0,259 ^b
Arveja F85F	4,032 ^{jk}	453,846 ^j	0,828 ^{ef}	-0,016 ^a
Arveja F85G	3,783 ^{ij}	408,333 ⁱ	0,983 ^f	0,286 ^b

Aislado de soja	4,866 ^l	470,690 ^j	0,842 ^{ef}	0,096 ^{ab}
Caseinato de sodio	0,719 ^c	140,000 ^{de}	0,459 ^{bcd}	0,258 ^b

Nota. WHC: Capacidad de retención de agua, WBC: Capacidad de captación de agua. EC: Capacidad emulgente, EE: Estabilidad de la emulsión. Los valores con diferentes letras en la misma columna son significativamente diferentes entre sí (LSD (diferencia menos significativa), $p < 0.05$). Unidades: ga/gp (gramos de agua por gramo de proteína). Adaptado de Gutiérrez (2015, p. 16, 17).

Resultados Reportados de la Capacidad Emulgente de la Proteína de Arveja

La proteína de la arveja tiene capacidad emulgente (EC) y es funcional en la fabricación de emulsiones alimenticias, como se puede observar en la tabla 15 y la tabla 16, donde se recopila los resultados de estudios que determinan la EC (capacidad emulgente), IAE (índice de actividad emulgente) e IEE (índice de estabilidad emulgente), permitiendo evidenciar la factibilidad de esta proteína para la elaboración de mayonesa.

Tabla 15

Resultados de Estudios sobre las Características Emulgentes de la Proteína de Arveja

Realizados entre el Año 2014 y 2022

Estudio	Resultado	Conclusión	Autor
Propiedades tecnofuncionales del guisante (Pisum sativum). Aislados de proteína. Revisión	*La proteína de arveja tiene propiedades emulgentes inferiores a la proteína de soya, sin embargo, tiene la capacidad de generar emulsiones como la de la mayonesa con diferentes	“Los aislados de proteína de guisante pueden ser un sustituto muy útil para los productos de proteína de soya como aditivos tecno funcionales” (p. 12).	Barac et al., 2015a

<p>Estudio comparativo de las propiedades funcionales de tres aislados de semillas de leguminosas: adzuki, guisante y soja.</p>	<p>viscosidades y a diferentes valores de pH.</p> <p>*Índice de actividad de la emulsión sin tratamiento térmico: a pH 3, 5, 7 y 8: 34,02, 25,25, 32,52 y 43,11 m²/g respectivamente.</p> <p>*Índice de actividad de la emulsión con tratamiento térmico: a pH 3, 5, 7 y 8: 50,33, 14,42, 96 y 39 m²/g respectivamente.</p> <p>*Índice de estabilidad de la emulsión sin tratamiento térmico: a pH 3, 5, 7 y 8: 36,17, 91,29, 57,62 y 29,6 m²/g respectivamente.</p> <p>*Índice de estabilidad de la emulsión con tratamiento térmico: a pH 3, 5, 7 y 8: 20,93, 19,66, 82,81 y 78,67 m²/g respectivamente.</p>	<p>Tratamiento térmico: disminuyó la solubilidad de la proteína en todos los valores de pH.</p> <p>“Las tres especies probadas y sus variedades podrían encontrar aplicación en una amplia gama de productos alimenticios, pero su selección adecuada y las condiciones de preparación podrían ser de gran importancia. Según el pH probado y la variedad seleccionada, los aislados tratados térmicamente de las tres especies podrían ser un buen emulsionante” (p, 9)</p>	<p>Barac et al., 2015b</p>
---	--	--	----------------------------

Tabla 16*Resultados de Estudios sobre las Características Emulgentes de la Proteína de Arveja**Realizados entre el Año 2014 y 2022*

Estudio	Resultado	Conclusión	Autor
Determinación de la capacidad emulsionante de proteína extraída de la arveja (<i>Pisum sativum</i> l.) Para su aprovechamiento y valorización en la industria alimentaria	*Capacidad emulgente: a pH 8, 7 y 6: 28,13, 23,37 y 21,33% respectivamente. *Índice de actividad emulsionante (IAE): A pH 8, 7 y 6: 311,31, 134,98 y 200,03 m ² /g respectivamente. *Índice de estabilidad emulsionante (IEE): A pH 8, 7 y 6: 37,96, 100,172 y 39,136/min respectivamente.	"Las proteínas vegetales pueden ser usadas como ingredientes o aditivos emulsionantes en la industria alimenticia, siempre y cuando posean una alta solubilidad y estabilidad" (p. 48)	Reyes, 2022
Caracterización física, química, sensorial y funcional de la proteína aislada de la arveja (<i>Pisum sativum</i>)	*Actividad emulgente de la proteína de arveja sin centrifugación a pH 4 y 7: 99,87 y 99,80 respectivamente.	"La capacidad emulsificante de la proteína de arveja es fuertemente afectada por la centrifugación mas no por el pH; los menores porcentajes de actividad fueron observados cuando la emulsión se centrifugó" (P. 21).	Cabezas, 2016
Avances recientes en la utilización de proteína de	La proteína de la arveja tiene una propiedad muy valiosa la cual es la capacidad de	La proteína de guisante proporciona propiedades emulsionantes	Burger y Zhang, 2019)

guisante como emulsionante para aplicaciones alimentarias	generar emulsiones. Esta capacidad puede verse afectada por los métodos de obtención, origen y procesamiento en cuanto a valores de temperatura, pH y fuerza iónica.	comparables que le permiten satisfacer las demandas actuales de los consumidores de fuentes alternativas de proteínas de origen vegetal
---	--	---

Nota. adaptado de (Reyes, 2022), (Barac et al., 2015, a), (Barac et al., 2014, b) (Gutiérrez, 2015), (Cabezas, 2016), (Burger y Zhang, 2019), (Shen et al., 2022).

Según Barac et al., (2015, a) “las emulsiones estabilizadas con proteína de guisante son más estables a la formación de crema a pH ácidos, y sus distribuciones de tamaño de partícula son más homogéneas en estas condiciones” (p. 8). En este mismo estudio se encontró que en varios análisis las capacidades para generar emulsiones de la proteína de arveja son menores a las de la proteína de soya, pero de cualquier manera también tiene la capacidad de generar emulsiones de mayonesa a diferentes pH y viscosidad tanto fluidas como espesas.

En la Tabla 17, se identifica la relación de capacidad emulsionante, el índice la actividad emulgente y el índice de la estabilidad emulgente de la proteína de arveja con diferentes valores de pH.

Tabla 17

Comparativa de los Resultados Obtenidos en Estudios Realizados sobre IAE, IEE y EC

Muestra	IAE				IEE			EC
	STT	STT	CTT	SC	STT	STT	CTT	STT
	(m ² /g)*	(m ² /g)**	(m ² /g)**	(%)***	(%)*	(m ² /g)**	(m ² /g)**	(%)*
pH8	311,31	43,11	39,00	-	37,96	29,6	78,67	28,13
pH7	134,98	32,52	96,00	99,80	23,37	57,62	82,81	23,37
pH6	200,03	-	-	-	21,33	-	-	21,33
pH5	-	25,25	14,42	-	-	91,29	19,66	-
pH4	-	-	-	99,87	-	-	-	-
pH3	-	34,02	50,33	-	-	36,17	20,93	-

Nota. STT: sin tratamiento térmico, CTT: con tratamiento térmico, SC: sin centrifugación IAE:

índice de actividad emulgente, IEE: índice de estabilidad emulgente, EC: capacidad emulgente.

Adaptado de *Reyes, 2022, p. 40; **Barac et al., 2015; ***Cabezas, 2019.

Como se observa en la tabla 14, en las muestras sin tratamiento térmico (STT), a mayor pH (7,0 – 8,0), aumenta el IAE y así mismo, a menor pH (3,0) alejándose del punto isoeléctrico (pI) de la proteína (4,5) también aumenta el índice de actividad emulgente muy cercano al valor obtenido a pH 7,0. Con tratamiento térmico (CTT), se evidencian resultados similares en donde el IAE aumenta a medida que se aleja del punto pI, a excepción de la muestra a pH 8 en donde se obtuvo una disminución del IAE. En cuanto al IEE, en el estudio de Barac et al., (2015), se observó mayor IEE a pH cercano al pI de la proteína en las muestras sin tratamiento térmico a diferencia de los resultados obtenidos por Reyes, (2022). Finalmente, en cuanto a la EC, a mayor valor de pH, mayor fue el valor de esta (capacidad emulgente).

Las características emulsificantes de una proteína, está influenciada por la velocidad de difusión de dicho compuesto en la interfase y su deformabilidad o desnaturalización por acción

de la tensión interfacial. Estas proteínas deben tener un bajo peso molecular, buena solubilidad en el agua, una composición de aminoácidos polares y no polares equilibrados, conformación estable e hidrofobicidad superficial desarrollada. (Miroljub et al., 2015). Por lo tanto, según (Sridharan, 2020):

Las proteínas de arveja son agentes emulsionantes de aceite en agua prometedores tanto en condiciones neutras como ácidas. En un ambiente ácido, las proteínas de los guisantes se asocian para formar partículas de tamaño submicrométrico. Estudios previos sugirieron que las emulsiones a pH ácido se estabilizaron debido a un mecanismo de Pickering (p. 1).

La estabilidad frente a la coalescencia es una de las principales ventajas de las emulsiones Pickering utilizando proteína de arveja. La energía de desorción de la eliminación de partículas adsorbidas de una superficie bifásica permite la adsorción irreversible y la barrera estérica en la interfaz aceite-agua. (Sisheng Li et al., 2022, p.1, a).

Resultados Reportados del Potencial Z de la Mayonesa Elaborada con Proteína de Arveja

En la figura 7 y tabla 18, se muestran diferentes análisis de potencial Z de emulsiones con proteína de arveja que nos indican que a pH entre 2 y 3 la emulsión puede ser inestable, 25 mV a pH 2,5(Li et al. 2022), -6,7 pH 2(Cheng et al.,2021), a pH entre 3 y 7 las emulsiones pueden ser más estables -30,6 y -67,7 mV a pH 3 y 7 (Cheng et al., 2021), -33,3 mV a pH 3,5 (Li et al. 2022).

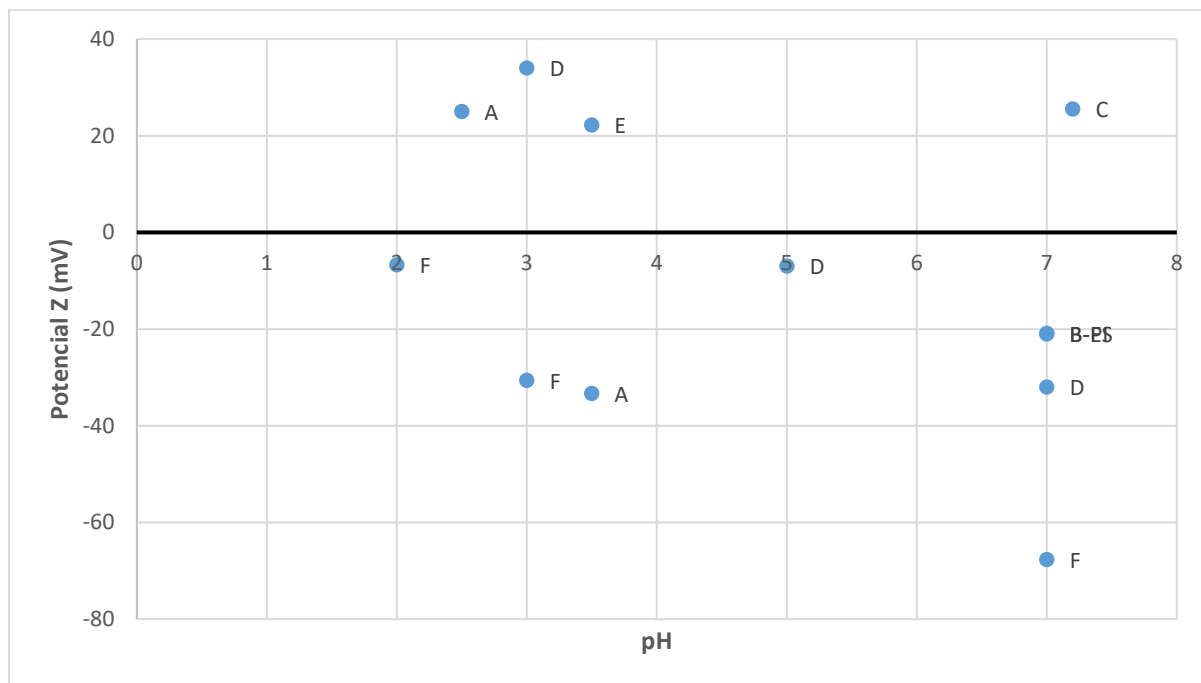
Tabla 18*Resultados Obtenidos en los Estudios de Potencial Zeta en Diferentes Condiciones de pH*

Artículo	Fuente	Potencial Z (mV)	pH
A	Li et al. 2022	25,0	2,5
	Li et al. 2022	-33,3	3,5
B- PI	Can et al. 2011	-21,0	7,0
B-ES	Can et al. 2011	-20,9	7,0
C	Oliete et al. 2018	25,51	7,2
	Chang et al. 2015	34,0	3,0
	Chang et al. 2015	-7,0	5,0
D	Chang et al. 2015	-32,0	7,0
	Chang et al. 2015	-32,0	7,0
E	Li et al. 2023	22,2	3,5
F	Cheng et al. 2021	-67,7	7,0
	Cheng et al. 2021	-30,6	3,0

Nota. B-PI Proteínas aisladas preparadas por precipitación isoelectrica, B-ES Proteínas aisladas preparadas por extracción con sal. Tomado y adaptado de Li et al. 2022; Can et al. 2011; Oliete et al. 2018; Chang et al. 2015; Li et al. 2023; Cheng et al. 2021.

Figura 7

Resultados Obtenidos en los Estudios de Potencial Zeta a Diferentes Condiciones de pH Según la Tabla 18



Nota. B-PI Proteínas aisladas preparadas por precipitación isoeléctrica, B-ES Proteínas aisladas preparadas por extracción con sal. Adaptado de Li et al. 2022 (A); Can et al. 2011 (B); Oliete et al. 2018 (C); Chang et al. 2015 (D); Li et al. 2023 (E); Cheng et al. 2021 (F).

En cuanto a los análisis realizados por Can et al (2011), con una dosis de 0,05 % de proteína (obtenida por medio de precipitación) a pH 7, se obtuvo un resultado de -21 mV; mientras que en el ensayo 2 que se hizo con una proteína (obtenida por medio de neutralización con sales) a pH 7, arrojó un valor de -20,9 mV, evidenciando que los dos valores están arriba de -30 mV, señalando que esta emulsión es inestable en cualquiera de las dos formas de obtención de proteína. Finalmente, en el estudio realizado por Chang et al. (2015), con pH 5, arrojó un

resultado de -7 mV, indicando la inestabilidad de las emulsiones fabricadas con proteína de arveja cuando alcanza su punto isoeléctrico.

Resultados Reportados del Tamaño de Gota de la Mayonesa Elaborada con Proteína de Arveja

En estudios recientes se han realizado evaluaciones del tamaño de gota de emulsiones generadas con proteínas de arveja a diferentes pH y condiciones de elaboración, para determinar su calidad, como se muestra en la figura 8. En la tabla 19 y la tabla 20, se observan los resultados del tamaño de gota graficados.

Según Su et al (2023) para lograr una textura cremosa y el sabor característico de una grasa natural, el tamaño de gota en las emulsiones de fase interna alta debe ser uniforme y el diámetro hidrodinámico no debe superar los 3 μm . Así, en la figura 10. Se observa que en los estudios realizados entre los pH 2 y 3 y con la adición de hidrocoloides se obtuvieron valores de tamaño de gota muy cercanos a 3 μm . En el estudio de Cheng et al (2021) se realizaron ensayos con la proteína de arveja y la adición de GA (goma arábica) arrojando un valor de 1,5 a pH 2 y 1,2 a pH 3; en el estudio de Liang y Tang (2013) se obtuvo un valor de 2,29 μm a pH 3. Estos valores al estar por debajo de 3 μm muestran que a pH inferiores a tres el tamaño de gota es adecuado para alcanzar excelentes características en la emulsión, también se evidencia que la goma arábica en combinación con la proteína de arveja es el hidrocoloide que mejor se comporta en este rango de pH. Por otro lado, según Li et al., (2022) el punto isoeléctrico de la proteína de la arveja es de 4,5. Así, en los ensayos realizados a pH 5 en los estudios de Chao y Aluko (2018), Li et al (2022) y Lian y Tang (2013), obtuvieron valores de 30, 396,6 y 52,1 respectivamente estando muy lejos del valor de diámetro hidrodinámico recomendado por Su et al (2023). Siguiendo con las pruebas realizadas a pH 6 y en combinación de hidrocoloides en el estudio

realizado por Vélez et al (2020), en la combinación de proteína de arveja y carragenina (CG) el valor obtenido fue de 15,72 μm para el diámetro medio de gota ponderado por volumen de (D4,3) y de 5,62 μm en la emulsión con Alginato (AL) para el método de (D3,2). Los demás resultados obtenidos con las mezclas de hidrocoloides goma xantana (XG), goma arábica (GA), goma gellana (GG), goma de tara (TG), goma de algarrobo (LBG) y pectina (PC), evidenciados fueron superiores a las anteriormente mencionadas en las pruebas de Vélez et al, 2020 y por lo tanto se identifica que estas no son la mejor opción en este rango de pH. Finalmente, en los estudios en pH 7 y superiores en el artículo realizado por Peng et al (2016) y en el artículo realizado por Cheng et al (2021) en combinación con goma arábica (GA) y almidón de arveja (OS 1%), los valores obtenidos fueron de 1,29, 0,571 y 0,32 μm respectivamente, de esta forma se evidencia que todos los valores están por debajo de 3 μm siendo la combinación con almidón de arveja el tamaño de gota más pequeño, sin embargo, los tres resultados son excelentes.

Tabla 19

Resultados de Tamaño de Gota que se Obtienen en Emulsiones con la Proteína de Arveja

Artículo	Fuente	eje		
		X	Y	
		pH	Tamaño de gota D 4,3 (μm)	Tamaño de gota D 3,2 (μm)
1		7	24	
1	Chao y Aluko, 2018	5	30	
1		3	58	
3	Li et al, 2022	2,5	47	

Tabla 20

Resultados de Tamaño de Gota que se Obtienen en Emulsiones con la Proteína de Arveja

Artículo	Fuente	eje X	eje Y	
		pH	Tamaño de gota D 4,3 (µm)	Tamaño de gota D 3,2 (µm)
4	Oliete <i>et al</i> , 2018	7,2	30,1	
6	Ladjal <i>et al</i> , 2016	3	6,14	
7		3	2,29	
7	Lian y Tang, 2013	5	52,1	
7		7	10,5	
8	Peng <i>et al</i> , 2016	7	1,29	
11-GA		7	0,571	
11-OS 1%		7	0,321	
11-GA	Cheng <i>et al</i> , 2021	2	1,5	
11-GA		3	1,2	
11-OS 1%		2	3,5	
11 -OS 1%		3	2,9	
12-XG		6	17,71	5,99
12-GC		6	15,72	5,94
12-GA		6	24,52	9,49
12-AL	Vélez <i>et al</i> , 2020	6	16,24	5,62
12-GG		6	19,35	6,23
12-TG		6	25,44	5,49
12-LBG		6	22,73	7,29
12-PC		6	25,79	8,9
5		3		10
5	Chang <i>et al</i> , 2015	5		14
5		7		10
10		3,5		30,4
2-I	Can <i>et al</i> , 2011	7		1,85
2-ES		7		8,9

Nota: proteína de guisante con XG: goma xantana, CG: carragenina, GA: goma arábiga, AL:

alginato, GG: goma gelana, TG: goma de tara, LBG: goma de algarrobo, PC: pectina. I:

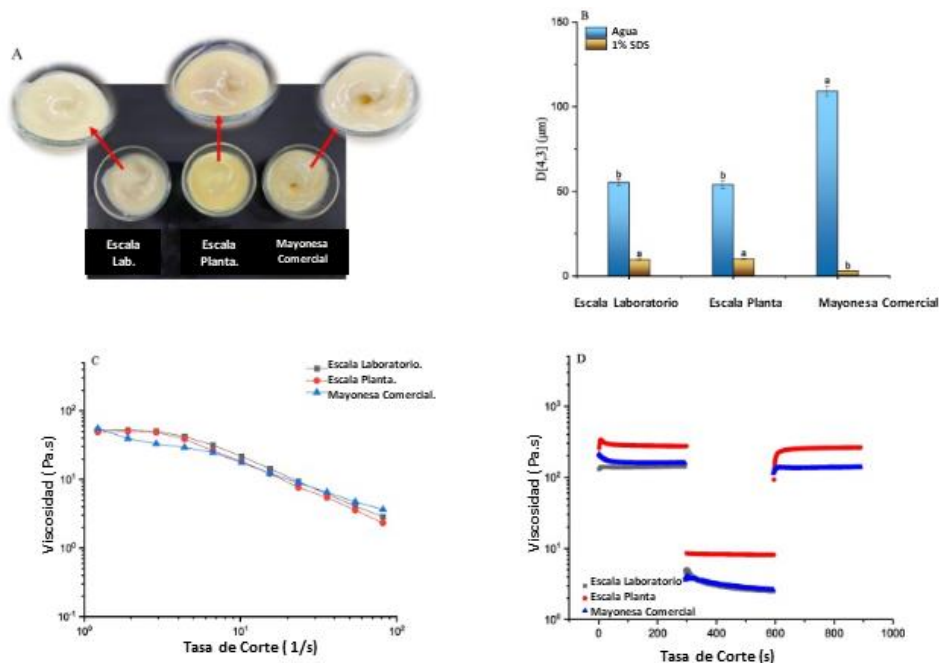
Proteínas aisladas preparadas por precipitación isoeléctrica. ES: Proteínas aisladas preparadas

por extracción de sal, OS: Almidón de arveja, D: diámetro. Elaboración propia.

somete a una fuerza externa, seguido de una recuperación paulatina cuando se retira del esfuerzo mecánico (Sisheng Li et al., 2021).

Figura 9

Aspecto Visual, Viscosidad y Recuperación Tixotrópica de la Emulsión de Mayonesa Obtenida en Pruebas de Laboratorio por Sisheng Li et al



Nota. A: Apariencia visual, B: D4.3 (tamaño de gota), C: Viscosidad, D: recuperación tixotrópica de mayonesa a escala de laboratorio, a escala de planta y comercial. Adaptado de (Sisheng Li et al., 2021, p. 8).

Los ensayos realizados por Sisheng, Li, como se observa en la figura 9 tienen características similares a la mayonesa comercial y la prueba a escala de planta demuestra aún más la viabilidad del proceso de producción y la calidad del producto final. Creemos que los presentes resultados aportarán una visión profunda de la producción de emulsiones Pickering comestibles en la industria alimentaria. Las imágenes de crio-SEM confirmaron que se formó la

emulsión de Pickering y la proteína formó una estructura 3D en la fase continua y la interfaz fue de varias capas cubiertas por partículas, por lo tanto, se evita la coalescencia. (Sisheng, Li et al., 2022).

En otro estudio realizado por Cerro et al, en donde se compararon 3 diferentes tipos de mayonesas (receta casera, cremosa y ligera) con una salsa vegana tipo comercial, centrando su investigación experimental en la actividad acuosa, color, tamaño de gota, propiedades reológicas, análisis estructural y estabilidad oxidativa. Concluyó que todas las mayonesas arrojaron resultados diferentes, especialmente la mayonesa vegana; esto se atribuyó a las diferencias de composición, ya que todas las muestras tenían una cantidad diferente de grasa, proteína, carbohidratos y que además las condiciones de proceso impactan directamente en las propiedades reológicas de las mayonesas. (2021, p. 3, 8).

Por otro lado, según Nesterenko et al (2014), en una emulsión en donde se ha utilizado una combinación de globulina aislada de arveja y goma arábica como agente estabilizante, la formación de un complejo proteína y polisacárido con una mayor hidrofobicidad ha provocado la adsorción de estos polímeros en la interfaz entre el aceite y el agua, la viscosidad de la fase continua afecta directamente la habilidad de los polímeros para estar en la interfaz y prevenir la coalescencia de las gotas de aceite, por tanto, a mayor viscosidad mayor será la estabilidad. Esto difiere en comparación con el uso exclusivo de la globulina aislada de arveja como estabilizante, donde la adsorción es menos efectiva.

Según Reyes y Di Scipio. (2012), la viscosidad de una emulsión depende de factores como el tamaño de gota, la viscosidad de la fase externa, formulación, entre otros factores. La viscosidad promedio de una mayonesa comercial está en un rango de 97300 - 221900 cps (Villalobos et al., 2020). Por otra parte, según Li et al. (2022) la viscosidad representa una de las

variables más importantes en una emulsión siendo ésta un indicador de la estabilidad. Así, en la tabla 17 se evidencia que a pH 2,5, 3,5 y 4,5, donde se obtuvo un esfuerzo cortante de fluencia de 25,3, 28,4 y 45,6 Pa respectivamente, se evidencia que a medida que el pH se acerca al punto isoeléctrico de la proteína, se alcanza el valor más alto de viscosidad. Por lo que se refiere a pH 5,5 y 6,5, se obtuvo un valor de 40,7 y 39,5 Pa respectivamente, mostrando así que cuando el pH se aleja del punto isoeléctrico, la viscosidad también disminuye, sin embargo, este valor es más alto que a pH 2,5 y 3,5. En cuanto a la sinergia con almidones, Vélez et al (2021), realizó estudios de esfuerzo cortante de fluencia a pH 6, donde evaluó las interacciones de la proteína de arveja con hidrocoloides (ver Tabla 18), donde se observa que los mejores resultados obtenidos fueron con la Goma Xantana (XG), Goma Locus Bean Gum (LBG) y Carragenina (GC) con valores de 10,02, 3,18 y 2,01 de forma respectiva.

En cuanto a los estudios con la adición de NaCl, Li et al (2022), encontró que la sal tiene un impacto directo en la viscosidad ya que cambia la repulsión electrostática en la emulsión y por lo tanto al aumentar la dosis de esta se evidencia un comportamiento decreciente de la viscosidad. Así, en la tabla 21 se observa que a medida que se incrementa dosis de NaCl la viscosidad disminuye. Sin embargo, a una dosis de 50 mmol de sal se alcanza la viscosidad más alta (55,7 Pa) en la emulsión, pero al seguir aumentando la concentración de esta la viscosidad va disminuyendo.

Tabla 21

Resultados de Viscosidad que se Obtienen con Proteína de Arveja y su Comportamiento con Hidrocoloides Influenciados por el pH y Contenidos de NaCl

Condición	to (Pa)	k (Pa*s ⁿ)	n adimensional
pH 2.5*°	25,3	1,393	0,913
pH 3.5*°	28,4	3,712	0,714
pH 4.5*°	45,6	4,362	0,689
NaCl 50 mmol – pH 3.5*	55,7	12,862	0,638
NaCl 200 mmol – pH 3.5*	51,1	9,253	0,410
NaCl 350 mmol – pH 3.5*	47,3	2,546	0,911
Sacarosa 2% p/p – pH 3.5*	21,9	1,278	0,866
Sacarosa 4% p/p – pH 3.5*	25,6	8,908	0,473
Sacarosa 6% p/p – pH 3.5*	11,0	4,635	0,580
Goma Xantana 2% - pH 6.0**	10,02	3,78	0,56
Carragenina 2% - pH 6.0**	2,01	3,49	0,56
Goma Arábica 2% - pH 6.0**	0,12	1,03	0,62
Alginato de sodio 2% - pH 6.0**	0,16	2,56	0,62
Goma gellan 2% - pH 6.0**	0	6,47	0,49
Goma de tara 2% - pH 6.0**	0,42	6,91	0,55
Goma de algarrobo 2% - pH 6.0**	3,18	2,31	0,62
Pectina 2% - pH 6.0**	0,94	4,10	0,49

Nota. to (Pa): esfuerzo cortante de fluencia, k (Pa*sⁿ) coeficiente de consistencia, n

adimensional: índice de comportamiento de flujo, °Variación con ácido acético. Tomado y

editado de: (*Li et al, 2022; **Vélez et al, 2020)

Conclusiones

Según el primer objetivo establecido, los hallazgos de esta investigación demuestran que la proteína de arveja se puede utilizar de manera efectiva en la formulación y elaboración de aderezos tipo mayonesa como emulgente, reemplazando la yema de huevo. Sin embargo, es esencial considerar ciertos factores clave, como el pH, el punto isoeléctrico, la dosis de proteína y el método de preparación. En los estudios revisados, se observó que esta proteína ofrece los mejores resultados en términos de IAE (índice de actividad emulgente), IEE (índice de estabilidad emulgente) y EC (capacidad emulgente) cuando se trabaja con valores de pH alejados de su punto isoeléctrico (alrededor de 4,5). En otras palabras, su comportamiento es óptimo tanto en pH ácido como alcalino cuando se aleja de este valor, sabiendo que los aderezos tipo mayonesas presentan pH ácidos como se establece en la resolución 17882 de 1985. En cuanto a la dosis de proteína, se encontraron valores variables que oscilan entre el 0,05% y el 5%. En general, se observa que a dosis más altas se obtienen características mejoradas, como un tamaño de gota más cercano a 3 μm , una viscosidad aproximada de 55,7 Pa y un potencial z que se sitúa en torno a 34 y -32 mV.

Acorde con el segundo objetivo, los hallazgos obtenidos resaltan la importancia de la hidratación previa de la proteína durante el proceso de fabricación. Esta etapa es esencial para asegurar que la proteína desarrolle plenamente sus propiedades tecnológicas. Posteriormente, se debe seguir un procedimiento que implica la incorporación de ingredientes críticos, como el ácido acético, la sal y la goma xantana, seguido de la homogeneización para lograr la emulsión deseada. Estos factores son cruciales para garantizar la calidad y la aceptación del producto por parte de los consumidores, en consonancia con los datos recopilados de bases de datos científicas entre los años 2011 y 2023, se pudo corroborar que la proteína de arveja ofrece resultados

prometedores en términos de capacidad emulgente y estabilidad. Los estudios revisados evaluaron estas propiedades en diversos rangos de pH, y se encontró que tanto la capacidad emulgente (EC) como el índice de actividad emulgente (IAE) arrojaron mejores resultados en valores de pH distantes del punto isoeléctrico de la proteína, lo que sugiere que esta proteína es una opción viable para su inclusión en formulaciones de aderezos tipo mayonesa. Esto es especialmente relevante dado que el pH de estas salsas suele situarse por debajo de 4.

En consonancia con el tercer objetivo, las comparaciones realizadas revelaron coincidencias significativas en los resultados obtenidos a partir de los diversos estudios revisados. En lo que respecta al tamaño de gota, se observó una tendencia común en todos los artículos: a medida que el pH se aleja de su punto isoeléctrico, el diámetro de las gotas disminuye. En particular, se encontraron resultados sobresalientes a pH de 2 a 3 y de 7 en adelante, con tamaños de gota inferiores a 3 μm , lo cual está en línea con el valor máximo mencionado por Su et al., (2023). Por otro lado, la inclusión de goma arábiga (GA) demostró un desempeño excepcional al utilizarse junto con la proteína de arveja con el propósito de mejorar la emulsión. En comparación con otros hidrocoloides estudiados, la GA ofreció resultados inigualables en términos de tamaño de gota. En relación con la viscosidad, se identificó un patrón en el cual esta aumenta a medida que el pH de la emulsión se aproxima al punto isoeléctrico, y viceversa. No obstante, según los hallazgos de Li et al. (2022), en el rango de pH de 4,5 a 6,5 se observa un incremento de la viscosidad, aunque esto va seguido de una posterior desestabilización de las gotas de la emulsión debido a una reducción de las cargas en las partículas de los microgeles de proteína aislada de arveja. Por otro lado, en los análisis de interacción con NaCl, se evidenció que a medida que aumenta el contenido de sal, la viscosidad resultante disminuye. No obstante, con una dosis de 50 mmol de sal, se obtuvieron resultados

favorables. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar tanto el pH como la concentración de sal en el proceso de formulación de la mayonesa sustituyendo el huevo con proteína de arveja.

En consecuencia, con las tres conclusiones anteriores, las cuales están directamente relacionadas a cada objetivo planteado y resuelto, esta monografía demostró la idoneidad de la proteína de arveja para ser usada como emulgente y como reemplazo de huevo en emulsiones tipo mayonesa, siempre y cuando se tengan en cuenta y se controlen todas las variables mencionadas en esta monografía.

Recomendaciones

Considerar la exploración de proteína de arveja (obtenida preferiblemente por medio de neutralización, empleando sales) en aplicaciones de aderezos tipo mayonesa con contenidos de aceite alrededor del 20%, ya que generan una excelente estabilidad en la emulsión, con potencial zeta alrededor de -20,9 mV en pH 7.

Evaluar más detalladamente la interacción entre proteína de arveja y sacarosa, para evidenciar como es el comportamiento a medida que se incrementa el porcentaje de sacarosa y aumenta el tamaño hidrodinámico de la emulsión.

Considerar nuevos estudios que relacionen el análisis sensorial mediante dispositivos electrónicos, como la lengua electrónica con el fin de lograr mayor confiabilidad en los resultados de este tipo de análisis en productos tipo mayonesa con proteínas vegetales.

Investigar las varias de proceso industrial para la fabricación de aderezo tipo mayonesa vegana en equipos de alta cizalla (Mixer).

Referencias Bibliográficas

- Agapito, V., Arias, G., Arauco, A., Urrutia, A., Camarra, C. (2019). Mayonesas gourmet.
<https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/19809100-f74e-4da4-a065-1ef7856748bd/content>
- Ayunta, C., Puppo, M., Iturriaga, L. (2019). Evaluación de las propiedades emulsionantes de un concentrado de proteínas de suero a fracciones volumétricas intermedias.
<https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&sid=5ecd8d81-a601-49ee-97http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/121552>
- Barac, M., Pesic, M., Stanojević, S., Kostić, A., Čabrilo, S. (2015, a). Propiedades tecnológicas funcionales del guisante (*Pisum Sativum*) proteína aislados- una revisión.
<https://doiserbia.nb.rs/img/doi/1450-7188/2015/1450-71881546001B.pdf>
- Barac, M., Pesic, M., Stanojević, S., Kostić, A., Čabrilo, S. (2014, b). Estudio comparativo de las propiedades funcionales de tres aislados de semillas de leguminosas: adzuki, guisante y soja. <https://link-springer-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/content/pdf/10.1007/s13197-014-1298-6?pdf=openurl>
- Barroeta, A., Garces, c. (2016. 22 de septiembre). El huevo como alimento funcional y sus componentes. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/173-huevo_como_alimento.pdf
- Beltran, C. (2022). Revisión Literaria: Emulsiones Pickering Como Medio de Encapsulación de Compuestos Bioactivos.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/48124/cabeltran.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Burger, T., Zhang, Y. (2019). Recent progress in the utilization of pea protein as an emulsifier for food applications. <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0924224418305296?via%3Dihub>
- Cabezas, E. (2016). Caracterización física, química, sensorial y funcional de la proteína aislada de la arveja. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0ae4f322-5bff-4ca9-840a-010edeb6de6c/content>
- Cabra, V., Arreguín, R., Farres, A. (2008). Emulsifying properties of proteins. <https://acortar.link/3l3J6b>
- Calderón, M.J. (2011). Aumentan a 49 los casos de intoxicación por consumo de mayonesa casera en local de Peñalolén. Biobiochile. <https://www.biobiochile.cl/noticias/2011/11/18/aumentan-a-49-los-casos-de-intoxicacion-por-consumo-de-mayonesa-casera-en-local-de-penalolen.shtml>
- Can, A., Bajo, N y Mickerson, M. (2011). Emulsifying properties of chickpea, faba bean, lentil and pea proteins produced by isoelectric precipitation and salt extraction. Food Research International. (44). 9. <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0963996911003759?via%3Dihub>
- Cantero, L. (2018). Producción y caracterización de emulsiones elaboradas con aceites vegetales ricos en ácidos grasos omega-3 utilizando la mazada como agente emulgente. https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2018/hdl_2072_365415/TFM_turitichcantero.pdf
- Carbajal, A., Farmacia, F. (2018). Calidad proteica de la dieta. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2018-10-01-PROTEINAS-2018-1b-web.pdf>
- Cárdenas, S. (2016. 06 de octubre). Infecciones por bacterias del género Salmonella: Relevancia en la práctica clínica. <https://eds-p-ebsohost->

com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/detail/detail?vid=7&sid=abcc06f9-e85e-4ae9-b306-

470ecfa856c7%40redis&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRI#AN=edsdoj.5f83f93d184d4990ac001dcacfd1ac63&db=edsdoj

Castañeda, R., Pulido, A., Mendoza, M., Carrascal, A., Sandoval, K. (2015). Detección e identificación de *Salmonella* spp. en huevos para consumo humano, provenientes de diferentes localidades de Bogotá, Colombia, 2015.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-93922017000300154

Castrillon Marin, J. A. (2015). Elaboración de una emulsión tipo mayonesa a partir de almendras (*Prunus Amygdalus* L), Iota Carragenina; como sustituto de la proteína animal [Trabajo de Grado Pregrado, Universidad de Pamplona]. Repositorio Hulago Universidad de Pamplona. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/349/1/Castrillon_2015_TG.pdf

Cardona, f. (s. f). Los aminoácidos: estructura y tipos. <https://acortar.link/sL90uk>

Chang, C., Tu, S., Ghosh, S., Nickerson, M.T. (2015). Effect of pH on the inter-relationships between the physicochemical, interfacial and emulsifying properties for pea, soy, lentil and canola protein isolates.

Chao, D., Aluko, R. (2018). Modification of the structural, emulsifying, and foaming properties of an isolated pea protein by thermal pretreatment.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2017.1406536>

Chen y Tang., (2021). Transparent high internal phase emulsion gels stabilized solely by proteins. (608). Elsevier.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927775720311894>

Chero, A., Rosadio, R., Marcelo, G., Díaz, G., Jiménez, R., Castro Y., Maturrano, L. (2017).

Identificación Molecular de Salmonella Typhimurium en Cuyes al Primer Parto mediante la Técnica de PCR Múltiple.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172017000300021

De Bernardi, L. (2017). Perfil de las arvejas.

https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/regionales/_archivos/000030_Informes/000040_Legumbres/000012_Perfil%20de%20las%20Arvejas%20-%202017.pdf

Dobson et al., (2023). Interacciones sinérgicas entre el aislado proteico de guisante y el almidón de hinchamiento rápido. Revista Pre-proof. Food hydrocolloids. 142. p.20. <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0268005X23002990>

Elizalde, B. (1987). Propiedades funcionales y fisicoquímicas de las proteínas en relación a su comportamiento en las emulsiones alimenticias.

https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n2089_Elizalde.pdf

Estrada, C., (2022, 2 de septiembre). Consumo de productos basados en proteína vegetal crecerá 14% a 2035 en Latam. La república. <https://www.larepublica.co/consumo/consumo-de-productos-basados-en-proteina-vegetal-crecera-14-a-2035-en-latam-3438514#:~:text=Agrando%20que%2C%20E2%80%9Choy%20en%20d%C3%ADa,se%20identifica%20de%20esta%20manera%20E2%80%9D>.

- Espitia, F., Negrete, A., Ordoñez, L., Leon, M. (2016). Caracterización de las proteínas de reserva de la semilla de parota (*enterolobium cyclocarpum*).
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/2/28.pdf>
- El mostrador, (2018). Mas de 170 intoxicaciones por consumo de mayonesa en restaurante de Lota. <https://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2018/01/09/mas-de-170-intoxicados-por-consumo-de-mayonesa-en-restaurante-de-lota/#:~:text=%C2%ABTenemos%20174%20casos%20que%20han,de%20la%20comuna%20de%20Lota.>
- Errico, T., Chen, X., Martin, J., Julve, J., Escola J., Blanco F. (2013). Mecanismos básicos: estructura, función y metabolismo de las lipoproteínas plasm.
<https://www.elsevier.es/index.php?p=revista&pRevista=pdf-simple&pii=S0214916813000314&r=15>
- Federación nacional de avicultores de Colombia fondo nacional avícola. (2015). Innovación en el procesamiento de huevo, ovoproductos y tendencias de consumo. <http://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/10/4.3-Coagulacion-y-emulsificaci%C3%B3n.pdf>
- Fernandez, R. (2022) Veggies: crecimiento del consumo de productos veganos por región mundial | Statista. (2022, October 5). Statista.
<https://es.statista.com/estadisticas/1269817/veggies-crecimiento-del-consumo-mundial-de-alternativas-veganos-por-tipo/>
- Ferreira, R., de Carvalho, Q., Santos, B., Filgueiras, M., Cedraz, L. (2022). Plant-based mayonnaise: Trending ingredients for innovative products. <https://www.sciencedirect.com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S1878450X22001342?via%3Dihub>

- Fiñana, I. (s. f). Aminoácidos. <https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/26aminoacidos.pdf>
- Gao, H., Ma, L., Cheng, C., Liu, J., Liang, R., Zou, L., Liu, W., McClements, J. (2021). Review of recent advances in the preparation, properties, and applications of high internal phase emulsions. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224421002338>
- Gaur, R., Entesar, H., Sagar, V., Rakesh, B., Santanu, B., y Sharma, V. (2020). Manufacturing of mayonnaise with pea pod powder as a functional ingredient. *Journal of Food Measurement & Characterization*, 14(5). 2402-2413.
<https://www.proquest.com/docview/2433033302?accountid=48784>
- Gil, P., Barroeta, A.Gárces, C. (2016). El huevo como alimento funcional y sus componentes. Sitio Argentino de producción animal. Universidad CEU Cardenal Herrera. 198. p.2.
https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/173-huevo_como_alimento.pdf
- Guardado, F. (2019). Efecto de diferentes sustitutos de huevo, la aplicación de aireación, la adición de lecitina y el almacenamiento sobre las características físicas y sensoriales de un queque libre de huevo. Universidad de Costa Rica. Sistema de Estudios de Posgrado.
<https://bit.ly/3krOErT>
- Guerrero, J. (2014). Informe final del evento enfermedades transmitidas por alimentos. Colombia. p. 5. <http://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/ETA%202015.pdf>
- Grados, N. (2018). Factores asociados a la frecuencia de salmonella sp en puestos de venta ambulatorio de alimento del distrito de amarilis – Huánuco – Perú.
<https://acortar.link/UkMOie>

- Gutiérrez, Z., Luera, S. (2015). Efecto de la Yema de Huevo Liofilizado como Agente Emulsificante. Universidad nacional del santa. Facultad de ingeniería.
<https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/1981/30728.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Góngora et al., (2015). Alergia a las proteínas del huevo en edad pediátrica. Revista Alergia México, 62.3. p.235. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.29262/ram.v62i3.86>
- González et al. (2007). Las proteínas en la nutrición.
<https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2007/spn072g.pdf>
- Gonzales, F., Gordillo, B., Heredia, F. (2022). Estudio de la interacción de la globulina 11S de semilla de uva con compuestos fenólicos mediante colorimetría diferencial.
<https://acortar.link/k93RBK>
- Gutiérrez, A. (2015). caracterización de distintas proteínas de uso alimentario p. 4- 8.
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/14905/TFM-L257.pdf?sequence=1>
- Guzmán, D., (2018). Análisis del comportamiento de las emulsiones y su influencia en la cadena de producción de hidrocarburos.
<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/173272.pdf>
- Guzmán, B. (2008). “elaboración y evaluación de aderezos con base en okara.
<https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/14586>
- Hedayati et al., (2022). Diferentes hidrocoloides y biopolímeros alimentarios como sustitutos del huevo: Una revisión de su influencia en la calidad de la masa y el bizcocho. Revista Food Hydrocolloids. 128. p.2. <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0268005X2200131X>

- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (1971). Norma Técnica Colombiana 440 de 1971 por la cual se establece los métodos de ensayo para determinar las características de los productos alimenticios. Bogotá D.C.
- Ladjal, Y., Chibane, M., Romero, A. (2016). Emulsifying properties of legume proteins at acidic conditions: Effect of protein concentration and ionic strength.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643815302693>
- Lendínez, C. (2015). Estudio de emulsiones altamente concentradas de tipo W/O: relación entre tamaño de gota y propiedades. <https://www.tesisenred.net/handle/10803/301276#page=1>
- Li et al., (2022). Emulsión Pickering comestible tipo mayonesa estabilizada con microgeles de aislado de proteína de guisante: Efecto de los ingredientes alimentarios en la receta de mayonesa comercial. *Revista Food Chemistry*. 376. p.1,8. <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0308814621028727>
- Liang, H. y Tang, C., (2013). pH-dependent emulsifying properties of pea [*Pisum sativum* (L.)] proteins. (33). 309-319.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X13001173>
- Lui, D. (s. f.). Emulsiones. <https://acortar.link/oBPoA2>
- Luque, V. (s. f.). Estructura y propiedades de las proteínas.
https://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf
- Ma Zhen., Boye., J., y Simpson., B. (2016). Preparation of Salad Dressing Emulsions Using Lentil, Chickpea and Pea Protein Isolates. A Response Surface Methodology Study. *Journal of Food Quality*, 39(4). p. 274-289. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1111/jfq.12190>

Ministerio de Salud. (s. f). Enfermedades transmitidas por alimentos ETA.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/abece-eta-final.pdf>

Ministerio de Salud (1985). Resolución 17882 de 1985 por la cual se dictan normas para la aplicación del Título V de la Ley 09 de 1979, sobre alimentos en lo relacionado con Mayonesa, su elaboración, conservación y comercialización. Bogotá D.C.: Ministerio de Salud.

Ministerio de salud y protección social (junio 16, 2021). Resolución 810 de 2021. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado frontal y nutricional que deben cumplir los alimentos envasados o empacados para consumo humano.

<https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/resolucion-810-de-2021.pdf>

Ministerio de Agroindustria Presidencia de la Nación (Argentina). (2016, p. 3). Huevo, un alimento para aprovechar al máximo.

https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/aves/informes/otros/_archivos//171010_Huevo%20-%20Un%20Alimento%20para%20Aprovechar%20al%20Maximo.pdf

Mirarab, S., Hoda, S. y Rashidinejad, A., (2023). Una descripción general de las propiedades funcionales de las proteínas de clara de huevo y su aplicación en la industria alimentaria.

Revista. Hidrocoloides alimentarios. 135. p. 1.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X22007032?via%3Dihub>

Miranda, J., Anton, X., Redondo, C., Roca, P., Rodríguez J., Lamas, A., Franco, C., Cepeda A.

(2015). Egg and Egg-Derived Foods: Effects on Human Health and use as Functional

Foods Jose M. Miranda 1,* , Xaquín Anton 2, Celi.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4303863/>

- Miroljub, B., Barac&Mirjana, B., Pesic&Sladjana, P., Stanojevic&Aleksandar, Z. Kostic&vanja, B. (2015).
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4397294/pdf/13197_2014_Article_1298.pdf
- Muñoz, J., Alfaro, M., Zapata, I. (2007). Avances en la formulación de emulsiones.
Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química. Universidad de Sevilla.
<https://pdfs.semanticscholar.org/0967/f68744c3bbae4a65f46d1893ae7f8c13a2a6.pdf>
- Nava, H. Á., & Villarreal, M. B. (2019). Emulsiones en alimentos y sus aplicaciones. *Presencia Universitaria*, 7(14), 64-73.
<https://presenciauniversitaria.uanl.mx/index.php/pu/article/view/33>
- Nogueira, A., Pérez, D., Fernández, M., Nilia de la Paz, P., Gracia, O., La Rosa, Y. (2019). Balance hidrofilo-lipofilo de la quitosana derivada de quitina langosta (*Panulirus Argus*) empleando tensos activos no iónicos. *Revista Cubana Farmacia*. <https://web-s-ebscohost-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=c4f51692-b9b1-4721-9fe3-15ff1ad7ba04%40redis>
- Núñez, A., Romero, J. (2019). Factores determinantes en la población del veganismo en la población de Cali – Colombia.
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/12262/T09072.pdf>
- Núñez y Secchi, (2023). Evaluación de la calidad de los huevos. *Actualización En Nutrición*, 24(1), 13–23. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.48061/SAN.2022.24.1.13>
- Olmos, S. (s. f.). Emulsiones.
<https://botplusweb.farmaceuticos.com/documentos/2017/4/11/114468.pdf>

- Organización Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2016). Manual de análisis de peligros y puntos críticos de control-HACCP. <https://acortar.link/os53F4>
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.aag0216>
- Pastrana, A., Morillo, E., Pinzón, D. (2018). Implementación de un sistema de gestión de la calidad basado en ISO 9001:2015 en la empresa quantum tecnología y servicio.
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4623>
- Peng, P., Kong, X., Chen, Y., Zhang, C., Yang, Y., Hua, Y. (2016). Effects of heat treatment on the emulsifying properties of pea proteins. <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0268005X15300096?via%3Dihub>
- Pérez, Y. (2013). Análisis comparativo de propiedades, textura y estabilidad de las mayonesas comerciales.
<https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19089/TFM%20Yarima%20Perez%20Chiquito.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Red Nacional de Protección de Alimentos (RENAPRA, s. f., p.1). Salmonelosis.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_ficha_tecnica_salmonelosis.pdf
- 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>
- Reyes, P., & Di Scipio, S. (2012). Caracterización físico-química de emulsiones de aceite de maíz en agua. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*,

27(1), 56-69. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652012000100007

Rodríguez et al., (s, f). Desarrollo, caracterización y análisis sensorial de una mayonesa elaborada a partir de aceite de una semilla de Sacha inchi. p. 8-9.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/55626/25900.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Treid. (2022). Las importaciones colombianas de mayonesa, incrementan en un 28,38%, entre enero y mayo de 2022. <https://www.treid.co/post/las-importaciones-colombianas-de-mayonesa-incrementan-en-un-28-38-entre-enero-y-mayo-de-2022>

Gutiérrez, A. (2015). caracterización de distintas proteínas de uso alimentario p. 4- 8.

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/14905/TFM-L257.pdf?sequence=1>

Guzmán, D. (2018). Análisis del comportamiento de las emulsiones y su influencia en la cadena de producción de hidrocarburos.

<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/173272.pdf>

Vioque, J. (2001). Jornada internacional sobre proteínas alimentarias.

https://books.google.com.co/books?id=emGEuFUzqigC&newbks=1&newbks_redir=0&dq=estabilidad+de+emulsi%C3%B3n&source=gbs_navlinks_s

- Oliete, B., Potin, F., Cases, E., Saurel, R. (2018). Modulation of the emulsifying properties of pea globulin soluble aggregates by dynamic high-pressure fluidization. <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S1466856417311943>
- Pérez, Y. (2013). Análisis comparativo de propiedades, textura y estabilidad de mayonesas comerciales. <https://acortar.link/3c0wVs>
- Quesada, D., Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. <https://cpncampus.com/biblioteca/files/original/3d406a1c20e84eb717995c0eced2df81.pdf>
- Ramírez, L., Cortes, M., Micanguer, A. (2022). El huevo de gallina y su procesamiento industrial: una revisión. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v20n1/1692-3561-bsaa-20-01-221.pdf>
- Ramirez-Nieto, N., Baena, Y., Osorio, C. (2019). Caracterización Fisicoquímica de Emulsiones Aceite/Agua a partir de Uchuva (*Physalis peruviana*) como Ingrediente para la Industria Alimenticia. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000300147
- Revista jengibre. (2022). Estudio revela los países y ciudades más amigables con los veganos en Latinoamérica. <https://www.elmostrador.cl/revista-jengibre/2022/11/15/estudio-revela-los-paises-y-ciudades-mas-amigables-con-los-veganos-en-latinoamerica/#:~:text=Actualmente%2C%20Latinoam%C3%A9rica%20cuenta%20con%20m%C3%A1s,la%20regi%C3%B3n%20en%20cuanto%20a>

Rincón, D., Ramírez, R., Vargas, J. (2011). Transmisión de Salmonella entérica a través de huevos de gallina y su importancia en salud pública.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072011000200008

Rincón, P., Ramirez, R. y Vargas, J. (2011, 20 de mayo). Transmisión de Salmonella entérica a través de huevos de gallina y su importancia en salud pública.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072011000200008

Robledo, A. (2015). Investigación de Salmonella spp en alimentos mediante el método tradicional ISO 6579 y dos métodos inmunoenzimáticos.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/26111>

Rodríguez et al., (2021). Desarrollo, caracterización y análisis sensorial de una mayonesa elaborada a partir de aceite de una semilla de Sacha inchi. p. 8-9.

https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Desarrollo%2C+caracterizaci%C3%B3n+y+an%C3%A1lisis+sensorial+de+una+mayonesa+elaborada+a+partir+de+aceite+de+semilla+de+Sacha+Inchi.&btnG=

Romero, M., Köllmann, N., Zhang, L., Boom, R., Nikiforidis, C. (2020). Controlled oleosome extraction to produce a plant-based mayonnaise-like emulsion using solely rapeseed seeds. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820301080>

Sahar, T., Hamed, M., Chin, T., Hasanah, G., Kharidah, M. (2016). Physicochemical properties, rheological behavior and morphology of pectin-pea protein isolate mixtures and conjugates in aqueous system and oil in water emulsion. <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0268005X15302009?via%3Dihub>

Sceni, P., Capello, M., Igartúa, D. (2017). Emulsiones y espumas.

<http://alimentos.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/57/2016/03/07-Emulsiones-y-espumas.pdf>

Seventi, L., Yang, Y., Bian, Y. (2020). Aplicaciones de agua para cocinar. https://link-springer-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/chapter/10.1007/978-3-030-42468-8_8

Simoes, S., Carrera, C., Santos, A., Figueroa, D., Prima, C., Rymundo, A. (2023). Impacto de la incorporación de miso dulce de almorta en emulsiones veganas: propiedades reológicas, nutricionales y bioactivas. <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/7/1362>

Sha, L., Xiong Y. (2022). Comparative structural and emulsifying properties of ultrasound-treated pea (*Pisum sativum* L.) protein isolate and the legumin and vicilin fractions. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996922002368>

Shen, Y., Honga, S., Singh, G., Koppelb, K., Lia, Y. (2022). Improving functional properties of pea protein through “green” modifications using enzymes and polysaccharides. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814622006495#:~:text>

Sridharan, S., Meinders, M., Bitter, j., Nikiforidis, C. (2020). On the Emulsifying Properties of Self-Assembled Pea Protein Particles. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7586397/#:~:text=Pea%20proteins%20are%20promising%20oil,dueto%20a%20Pickering%20mechanism.>

Su, J., Ma, Q., Cai, Y., Li, H., Yuan, F., Ren, F., Wang, P., Van der Meeren, P. (2023). Incorporación de tensioactivos en partículas híbridas de proteína y polisacárido para emulsiones de alta fase interna (HIPE): Hacia una mayonesa de origen vegetal. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X22007317>

- Terán, L. (2018). Caracterización físico químico de la harina de arveja (*Pisum Sativum*) para su uso en panificación. <https://1library.co/document/yd7w88jy-caracterizacion-fisico-quimico-harina-arveja-pisum-sativum-panificacion.html>
- Treid. (2022). Las importaciones colombianas de mayonesa, incrementan en un 28,38%, entre enero y mayo de 2022. <https://www.treid.co/post/las-importaciones-colombianas-de-mayonesa-incrementan-en-un-28-38-entre-enero-y-mayo-de-2022>
- Torres, N., Tovar-Palacio, A. (2009). La historia del uso de la soya en México, su valor nutricional y su efecto en la salud. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3022428>
- Torres, Z. (2020, 17 de junio). Determinación de la prevalencia de *Salmonella* spp en cuatro mercados campesinos de la ciudad de Bucaramanga. <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/5452>
- Treid. (2022). Las importaciones colombianas de mayonesa, incrementan en un 28,38%, entre enero y mayo de 2022. <https://www.treid.co/post/las-importaciones-colombianas-de-mayonesa-incrementan-en-un-28-38-entre-enero-y-mayo-de-2022>
- Valenzuela, C. (2010). Caracterización reológica de mayonesa formulada con fibra de trigo. https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/qf-valenzuela_cf/pdfAmont/qf-valenzuela_cf.pdf
- Vanegas, L., Restrepo, D., López J. (2009). Características de las bebidas con proteína de soya. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472009000200015
- Vega, D. (2023, May 7). Chile es El Segundo mayor Consumidor de Mayonesa según ranking internacional. Chócale. <https://chocale.cl/2023/05/consumo-mayonesa-chile-segundo-lugar-mundial/>

- Vélez, E. Renata, K., Kurosawa, L. y Dupas, M. (2020). High internal phase emulsions (HIPE) using pea protein and different polysaccharides as stabilizers. 105. 2020. <https://www-sciencedirect-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/science/article/pii/S0268005X19324890?via%3Dihub>
- Villalobos, A., Alvarez, R., Cubero, E. & Usaga, J. (2020). Reducción de sodio en salsa de tomate y mayonesa mediante la aplicación de un enfoque de umbral sensorial. p. 138. <http://ve.scielo.org/pdf/alan/v70n2/0004-0622-alan-70-02-134.pdf>
- Vioque, J. (2001). Jornada internacional sobre proteínas alimentarias. https://books.google.com.co/books?id=emGEuFUzqigC&newbks=1&newbks_redir=0&dq=estabilidad+de+emulsi%C3%B3n&source=gbs_navlinks_s
- Wang, J., Kadyan, S., Ukhanov, V., Cheng, J., Nagpal, R., Cui, L. (2022). Recent advances in the health benefits of pea protein (*Pisum sativum*): bioactive peptides and the interaction with the gut microbiome. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214799322001461>
- Wang, W., Hu, C., Sun, H. Zaho, J. Xu, C. Ma, Y., Ma, J., Jiang, L., Hou, J., Jiang, Z. (2022). Low-cholesterol-low-fat mayonnaise prepared from soybean oil body as a substitute for egg yolk: The effect of substitution ratio on physicochemical properties and sensory evaluation. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643822008027?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=7ebf95100e69f7a0
- Zapata, L., Espinoza, A. (s. f.). Mayonesa Industrial. Organización de consumidores y usuarios de Chile. <https://www.odecu.cl/wp-content/uploads/2017/12/2012-estudio-mayonesa-industrial.pdf>

Zhuang-Li, K., Jing-jie, X., Zhong-liang, H., Yan-ping, L., Han-Jun, M. (2023). Effect of safflower oil and magnetic field-modified soy 11S globulin on rheological and emulsifying properties of oil-in-water emulsions. <https://acortar.link/76YMqd>