

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**ELABORACIÓN DE MAYONESA PICANTE BAJA EN CALORÍAS CON INULINA Y
PROTEÍNA DE SUERO COMO SUCEDÁNEOS DE GRASA**

Denisse Mishell Montenegro Tobar

Ingeniería en Alimentos

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero en Alimentos

Quito, 06 de diciembre de 2023

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Elaboración de mayonesa picante baja en calorías con inulina y proteína de suero como
sucedáneos de grasa**

Denisse Mishell Montenegro Tobar

Nombre del profesor, Título académico

Lucía de los Ángeles Ramírez, Ph.D.

Quito, 06 de diciembre de 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Denisse Mishell Montenegro Tobar

Código: 00212473

Cédula de identidad: 1721602728

Lugar y fecha: Quito, 06 de diciembre de 2023

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Los productos reducidos en grasa y bajos en calorías son una tendencia importante dentro del mercado actual, debido a la preocupación por la salud por el incremento del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares. Un producto consumido a nivel mundial es la mayonesa; sin embargo, posee una alta cantidad de grasa. El objetivo del estudio fue desarrollar una mayonesa picante baja en calorías, mediante la utilización de un sucedáneo de grasa, compuesto por inulina y proteína de suero. La inulina actúa como agente gelificante, mientras que la proteína de suero es un emulsionante y ayuda a reducir la cantidad de yema de huevo. Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con 5 tratamientos ($p \leq 0.05$): F0 (control), F15 (15% inulina, 1% proteína), F30 (30% inulina, 2% proteína), F45 (45% inulina, 3% proteína) y F60 (60% inulina, 4% proteína). Se realizaron 3 repeticiones y se obtuvieron 15 unidades experimentales. Las formulaciones F15, F30 y F45, presentaron los mejores resultados físico-químicos. El tratamiento F45 fue seleccionado como la formulación final por tener la más alta concentración del sucedáneo y mostró gran aceptabilidad (me gusta y me gusta mucho) por lo que el reemplazo parcial de grasa por inulina y proteína de suero podría ser viable.

Palabras clave: Mayonesa baja en calorías, inulina, proteína de suero, grasa, sucedáneo de grasa, emulsión

ABSTRACT

Reduced-fat and low-calorie products are a significant trend in the current market, driven by health concerns related to the increased risk of cardiovascular diseases. One globally consumed product is mayonnaise; however, it contains a high amount of fat. The aim was to develop a low-calorie spicy mayonnaise using a fat substitute composed of inulin and whey protein. Inulin acts as a gelling agent, while whey protein serves as an emulsifier and reduces the amount of egg yolk. A completely randomized block design with 5 treatments ($p \leq 0.05$) was employed: F0 (control), F15 (15% inulin, 1% protein), F30 (30% inulin, 2% protein), F45 (45% inulin, 3% protein), and F60 (60% inulin, 4% protein). Three repetitions were conducted, resulting in 15 experimental units. Formulations F15, F30, and F45 showed the best physicochemical results. The F45 treatment was selected as the final formulation due to its highest concentration of the substitute and demonstrated high acceptability (like and really like), suggesting that the partial replacement of fat with inulin and whey protein could be viable.

Keywords: Low-calorie mayonnaise, inulin, whey protein, fat, fat substitute, emulsion

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	11
Objetivos.....	15
General.....	15
Específicos.....	15
Materiales y métodos.....	16
Materiales	16
Pruebas previas	16
Focus group	16
Proceso de elaboración de la mayonesa picante baja en calorías	17
Preparación del gel de inulina.....	18
Pasteurización de las yemas.....	18
Diseño experimental	18
Variables de salida	19
Estabilidad.....	19
Consistencia	19
pH.....	20
Ponderación de variables de respuesta	20
Evaluación sensorial	21
Análisis proximal.....	22
Análisis estadístico	22
Resultados y discusión	22
Focus group	22
Variables de salida.....	24
Evaluación Sensorial	30
Análisis proximal.....	32

Conclusiones.....	33
Referencias bibliográficas	35
Anexos	41
ANEXO A: Consentimiento informado evaluación sensorial.....	41
ANEXO B: Cuestionario evaluación sensorial	42
ANEXO C: Coeficiente de determinación de las variables.....	43
ANEXO D: Prueba de normalidad Anderson-Darling de la estabilidad	43
ANEXO E: Análisis de supuestos ANOVA para estabilidad, consistencia y pH	44
Anexo E1: Análisis de supuestos para estabilidad.....	44
Anexo E2: Análisis de supuestos para consistencia.	44
Anexo E3: Análisis de supuestos para pH.	44
ANEXO F: Análisis de Varianza (ANOVA) de las variables de salida.....	45
Anexo F1: Análisis de Varianza (ANOVA) de la estabilidad.	45
Anexo F2: Análisis de Varianza (ANOVA) de la consistencia.....	45
Anexo F3: Análisis de Varianza (ANOVA) del pH	45
ANEXO G: Análisis de Varianza (ANOVA) del nivel de agrado	46
Anexo G1: Análisis de Varianza (ANOVA) del nivel de agrado de la consistencia.....	46
Anexo G2: Análisis de Varianza (ANOVA) del nivel de agrado del color.....	46
Anexo G3: Análisis de Varianza (ANOVA) del nivel de agrado del sabor.	47
Anexo G4: Análisis de Varianza (ANOVA) del nivel de agrado global.....	47
ANEXO H: Nivel de agrado de atributos sensoriales y percepción global de los tratamientos.	48
ANEXO I: Tabla nutricional	48
ANEXO J: Semáforo nutricional.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación base (Tratamiento F0)	19
Tabla 2. Especificaciones de las variables de salida	21
Tabla 3. Evaluación de muestras en focus group	23
Tabla 4. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de la estabilidad, consistencia y pH de los tratamientos.	24
Tabla 5. Estabilidad, consistencia y pH de los tratamientos	29
Tabla 6. Ponderación de los tratamientos	29
Tabla 7. Tratamientos codificados para evaluación sensorial	30
Tabla 8. Análisis proximal de la mayonesa baja en calorías	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la mayonesa picante baja en calorías.....	17
Figura 2. Estabilidad vs fórmula.....	25
Figura 3. Consistencia vs fórmula	27
Figura 4. pH vs fórmula.....	28
Figura 5. Gráfico de araña para los atributos y percepción global	31

ELABORACIÓN DE MAYONESA PICANTE BAJA EN CALORÍAS CON INULINA Y PROTEÍNA DE SUERO COMO SUCEDÁNEOS DE GRASA

INTRODUCCIÓN

Desde 1975, la obesidad se ha triplicado en todo el mundo. En 2016, el 39% de personas adultas a nivel mundial tenía sobrepeso y el 13% era obesa. Como consecuencia, las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en el mundo, con una estimación anual de 17.9 millones de decesos (Organización mundial de la Salud [OMS], 2019). Por este motivo, la preocupación por la salud está creciendo y se refleja directamente en los hábitos alimentarios.

Los consumidores buscan alimentos reducidos en calorías y bajos en grasas, por lo que las empresas deben desarrollar y ofrecer productos con estas características (Gustafson y Zeballos, 2020). Sin embargo, formular con poca grasa sin afectar el sabor, la textura o la estabilidad de almacenamiento es un desafío industrial. Por ejemplo, las grasas contribuyen a realzar los sabores de otros ingredientes y aportan una sensación suave en boca al lubricar la lengua y el paladar, lo que crea una textura agradable cuando se consume (Iqbal, Ayyub, Iqbal y Chen, 2021). El uso de sustitutos o sucedáneos de grasa es una alternativa que puede generar alimentos saludables y con buenas características organolépticas y físico-químicas.

Polisacáridos como goma xantana, pectina, inulina o almidón debido a sus propiedades saludables, gelificantes y espesantes son utilizados como sucedáneos de grasa (Mozafari, Hojjatoleslami y Hosseini, 2019). Su principal beneficio es que no presentan riesgos para la salud, al contrario, su consumo es recomendado para prevenir enfermedades cardíacas

y ciertos tipos de cáncer. Adicionalmente, las proteínas de la leche también son muy utilizadas como sucedáneos de grasa, por su capacidad para formar emulsiones alimentarias y su poder estabilizante (López, Bengoechea, Espinosa y Carrera, 2019). Por lo tanto, una mezcla de proteína-polisacárido sería un sucedáneo de grasas ideal para formulaciones alimenticias.

Por otro lado, muchos consumidores incluyen ensaladas en su alimentación como una opción saludable. Sin embargo, están acompañadas de salsas con alto contenido de grasa y especialmente grasas saturadas que aumentan el colesterol LDL en la sangre, con el riesgo de generar arterioesclerosis. Al contrario, las grasas monoinsaturadas y poliinsaturadas, son consideradas buenas, ya que actúan como un barredor del LDL y mejoran el perfil lipídico en sangre, además de muchos más efectos positivos. No obstante, cualquier tipo de grasa aporta con 9 Kcal/g (Patel y Kashfi, 2022).

Según Khairullah, Hemala, Hawa y Meor (2022), la mayonesa tradicional contiene entre un 60 y 80 % de grasa, pero mediante el uso de un sucedáneo formado por una mezcla de proteína de suero lácteo-inulina se podría reducir este porcentaje para desarrollar una salsa baja en calorías. La norma NTE INEN 2 295 (INEN, 2010) establece que una mayonesa baja en calorías es el producto que se presenta en forma de una emulsión aceite en agua, obtenida a partir de aceites vegetales comestibles refinados, vinagre, huevos y sal, adicionado o no de condimentos, especias, hierbas aromáticas y aditivos permitidos, cuyo contenido de grasa debe estar entre 30 y 65%. Mientras que una mayonesa tradicional contiene más del 65% de grasa.

La sustitución de grasas en alimentos procesados es de suma importancia para promover una alimentación más saludable y reducir la probabilidad de sufrir enfermedades crónicas (Silva, Ferdaus, Foguel y da Silva, 2023). El uso de una fibra soluble como la inulina para

reemplazar grasa ofrece beneficios significativos al tener ventajas nutricionales notables. La inulina es un carbohidrato no digerible, obtenido de la raíz de achicoria y se utiliza en la elaboración de alimentos funcionales (Ilievska et al., 2020). Este polisacárido está compuesto por moléculas de fructosa y según su longitud tendrá diferentes funciones en los alimentos. Como reemplazo de grasa se utiliza inulina de cadena larga, con un grado de polimerización (GP) >10, puesto que mientras mayor es el GP, menor es el poder edulcorante de la inulina (López, Bengoechea, Colleda y Aguilar, 2020).

La inulina ayuda a reducir los niveles de colesterol sanguíneo, y contribuye a la prevención de enfermedades cardiovasculares (Teferra, 2021). Reduce el colesterol mediante la adsorción de ácidos biliares y a través de la inhibición de la enzima 3-hidroxi-3-metil-glutaril-coenzima A-reductasa (HMGCoAr), que inicia el proceso de síntesis endógena de colesterol (Ramos, García y Cruz, 2019). Además, la inulina es un prebiótico que promueve la salud intestinal al estimular en el colon el crecimiento de bacterias beneficiosas, que fermentan la fibra y producen ácidos grasos de cadena corta con diferentes efectos favorables (Hughes, Alvarado, Swanson y Holscher, 2022).

Por otro lado, la proteína de suero también se utiliza como sucedáneo de grasa debido a su alta capacidad de coagular un gel en distintas circunstancias de temperatura y pH (Mirzanajafi, Yousefi y Ehsani, 2019). Proteínas como la β -lactoglobulina o la β -caseína son utilizadas en emulsiones alimentarias, como la mayonesa, debido a la región hidrófila e hidrófoba que poseen en su estructura química (López, Bengoechea, Collado y Aguilar, 2020). Además, las proteínas de suero cubren las papilas gustativas análogas a los lípidos. Este método de revestimiento facilita una liberación gradual de los sabores hacia los receptores gustativos y contribuye a ocultar ciertas sensaciones astringentes y sabores amargos en productos con bajo contenido de grasa (Chung, Degner y McClements 2014).

A pesar de que existen estudios sobre el uso de polisacáridos y de proteínas como reemplazo de grasa, falta información suficiente sobre las interacciones que existen entre estos componentes. Estas interacciones son de gran interés para la industria alimentaria porque estos ingredientes son utilizados individualmente para reemplazar grasa, y se esperaría que teóricamente, su uso combinado potencie la acción gelificante y emulsionante (López, Bengoechea, Espinosa y Carrera, 2019).

La elaboración de productos alimenticios no solo contempla la responsabilidad de cuidar la salud y bienestar de la población sino también involucra la preservación del medio ambiente y la contribución al desarrollo económico de la sociedad. En cuanto a necesidades y limitaciones globales, la necesidad de reducir la ingesta de grasas saturadas y promover una alimentación más saludable es una preocupación mundial. La OMS destaca que las enfermedades crónico-degenerativas no transmisibles, como las enfermedades cardiovasculares y la obesidad, representan una carga significativa para la salud pública (OMS, 2020). En este sentido, la reformulación de productos alimenticios populares, como la mayonesa y sus variaciones, con bajo contenido de grasas saturadas se ajusta a las recomendaciones de salud.

Para el ámbito cultural y social, la mayonesa y sus variaciones forman parte de las tradiciones culinarias de muchas culturas alrededor del mundo. Cualquier modificación en su composición debe considerar las preferencias culturales y los gustos de los consumidores locales (Mena, 2022). La aceptación social de las alternativas desarrolladas por la industria alimentaria es esencial para asegurar la adopción de estos productos en diferentes comunidades.

La producción de grasas utilizadas en la elaboración de la mayonesa tradicional a menudo conlleva un impacto ambiental y económico significativo debido a la agricultura

intensiva. La búsqueda de sucedáneos sostenibles, como la inulina y la proteína de suero, puede contribuir a reducir la huella ecológica de la industria alimentaria (Saget, Costa, Styles y Williams, 2021). El suero de leche es un residuo de la industria láctea, que frecuentemente es eliminado en los ríos, y provoca su contaminación (Escobar et al., 2022). Por lo tanto, su uso como ingredientes en la formulación de salsas ayudaría a disminuir el impacto ambiental, a la vez que brindaría un ingreso extra a los productores de suero. Del mismo modo, la disponibilidad y el costo de las materias primas son factores clave para determinar la viabilidad económica de la producción a gran escala.

OBJETIVOS

General

Desarrollar una mayonesa picante baja en calorías, mediante la utilización de un sucedáneo de grasa compuesto por inulina y proteína de suero.

Específicos

- Determinar el efecto de diferentes concentraciones de sucedáneos de grasa sobre las propiedades fisicoquímicas de la mayonesa baja en calorías.
- Evaluar la influencia de inulina y proteína de suero en las características organolépticas de la salsa a través de pruebas sensoriales.
- Determinar la posibilidad de inserción en el mercado ecuatoriano, mediante pruebas sensoriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

La inulina granulada y la proteína de suero fueron obtenidas del proveedor INNOVAPEC.

La inulina en base seca contiene: inulina $>90\%$, glucosa + fructosa $\leq 4\%$ y sacarosa $\leq 8\%$, con un grado promedio de polimerización ≥ 10 y proporciona 1.2 kcal/g. La concentración de la proteína de suero es de 86.9%, con un valor calórico de 3.61kcal/g.

Los demás ingredientes: yema de huevo, aceite de soya, azúcar, sal, sriracha y vinagre blanco, fueron adquiridos en el supermercado Supermaxi. Como conservantes se utilizaron benzoato de sodio y sorbato de potasio, del proveedor Casa del Químico.

Pruebas previas

La norma de mayonesa, NTE INEN 2 295 (INEN, 2010) no establece ningún requisito para consistencia, por lo que se elaboraron diferentes prototipos para determinar el porcentaje de reemplazo de grasa que los consumidores estaban dispuestos a aceptar. La consistencia de la salsa disminuirá a medida que se aumente la cantidad de gel de inulina en la formulación (Krithika y Preetha, 2019). En el estudio de Siripongvutikorn, Usawakesmanee y Hunsakul (2016) se elaboró una mayonesa con gel de inulina como reemplazo de grasa (0, 25, 50, 75 y 100%). Estas concentraciones se usaron como referencia para las pruebas preliminares y para definir los niveles de reemplazo en la presente investigación.

Focus group

Un tipo de investigación cualitativa son los focus group, en los que se debe crear un ambiente agradable y de interacción para entender la actitud de las personas frente a un tema planteado (Akyldiz y Ahmed, 2021).

La prueba se realizó con 6 jueces no entrenados. Se presentaron un total de 5 muestras con diferentes niveles de reemplazo de grasa (0%, 25%, 50%, 75% y 100%). Se sirvieron 10 g de muestra en vasos plásticos transparentes de polipropileno de 2 oz (Khan et al., 2020). Se evaluó consistencia, picor, dulzor y percepción global. Cada participante calificó con una escala de 0 (menor agrado) a 5 (mayor agrado). Además, se consideró los comentarios proporcionados por los participantes.

Proceso de elaboración de la mayonesa picante baja en calorías

El proceso incluyó tres fases: preparación del gel de inulina, pasteurización de la yema de huevo y elaboración de la salsa (Figura 1).

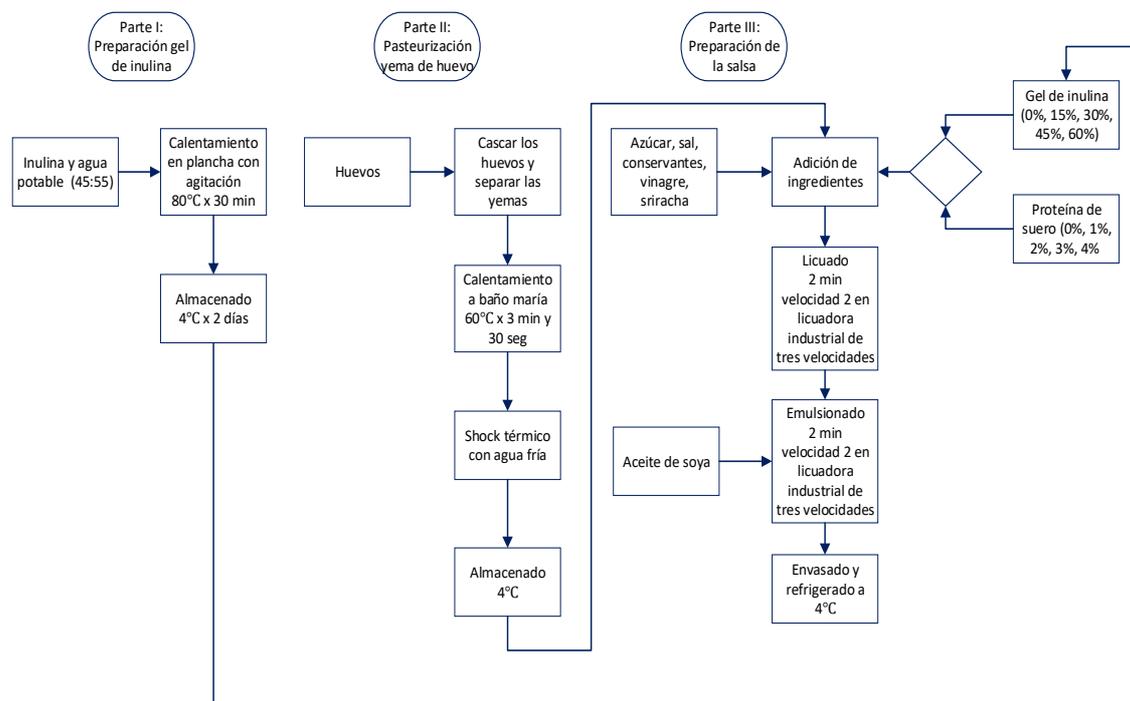


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la mayonesa picante baja en calorías

Preparación del gel de inulina

El gel fue preparado siguiendo la metodología propuesta por Siripongvutikorn, Usawakesmanee y Hunsakul (2016). 45 g de inulina fueron adicionados en 55 mL de agua para obtener una suspensión final de 100 mL. Esta mezcla fue calentada a 80°C durante 30 minutos en una plancha con agitación constante. Luego, el gel fue almacenado a 4°C durante 2 días antes de usarlo en la salsa.

Pasteurización de las yemas

Las yemas fueron pasteurizadas a 60°C en calentamiento a baño maría, durante 3 minutos y 30 segundos (Bermudez y Niemira, 2023). Posteriormente, se aplicó un shock térmico con agua fría hasta llegar a una temperatura de 5°C.

Diseño experimental

Cinco tratamientos fueron dispuestos en un diseño en bloques completos aleatorizados, con tres repeticiones, y un total de 15 unidades experimentales.

Los tratamientos (formulaciones) fueron los siguientes:

- F₀ (100% aceite + 0% gel inulina) + (0% proteína suero + 100% yema)
- F₁₅ (85% aceite + 15% gel inulina) + (1% proteína suero + 99% yema)
- F₃₀ (70% aceite + 30% gel inulina) + (2% proteína suero + 98% yema)
- F₄₅ (55% aceite + 45% gel inulina) + (3% proteína suero + 97% yema)
- F₆₀ (40% aceite + 60% gel inulina) + (4% proteína suero + 96% yema)

El reemplazo de aceite se eligió con base en los resultados del focus group. Mientras que el porcentaje de reemplazo de yema por proteína de suero se calculó de acuerdo a los gramos de inulina colocados en cada fórmula, según la relación 0.5:10, es decir, 0.5g de proteína por cada 10g de inulina (López, Bengoechea, Espinosa y Carrera, 2019).

La Tabla 1 presenta la formulación base o el tratamiento sin ningún tipo de reemplazo (F0).

Tabla 1. Formulación base (tratamiento F0)

Ingredientes (g/100 g de producto)	F0 (Control)
Aceite de soya	48.36
Yema de huevo	16.12
Azúcar	10.69
Vinagre	18.27
Sriracha	5.37
Sal	1.07
Sorbato de potasio	0.05
Benzoato de sodio	0.05

Variables de salida

Estabilidad

Una muestra de 15 g (M_0) se transfirió a un tubo falcón y fue centrifugada durante 20 minutos a $3000 \times g$ para eliminar la capa superior del aceite. El peso de la fracción precipitada (M_1) fue medido y la estabilidad de la emulsión fue caracterizada con la siguiente ecuación:

$$(\%) = \left(\frac{M_1}{M_0} \right) \times 100$$

Consistencia

Fue determinada con un consistómetro, según lo descrito por la norma NTE INEN 1 899 (INEN, 2012). Se llenó la cámara completamente y se enrasó la parte superior con una espátula. Luego, se soltó la puerta de la cámara, se dejó correr el producto por 30 segundos y se registró la distancia recorrida (cm).

pH

Se utilizó un potenciómetro según el método de la norma NTE INEN 389 (INEN, 1986), sin dilución de la muestra.

Ponderación de variables de respuesta

Se consideró a la consistencia como la más importante de las variables de respuesta (3) en función de la percepción de los consumidores. Dentro del mercado de salsas, estas son bastante consistentes, lo que les brinda la característica de untabilidad al ser colocadas sobre diversos alimentos (Schadle, Bader y Sanahuja, 2022). Por esta razón, esta variable fue la más importante, ya que una salsa picante baja en calorías que sea poco consistente no gustará dentro del mercado tradicional de mayonesas. La estabilidad fue tomada como el segundo factor en la ponderación (2) debido a que una emulsión se caracteriza por mantenerse como una mezcla homogénea durante un tiempo prolongado sin separarse en sus componentes individuales (Ravera et al., 2021). Los consumidores podrían asociar una salsa poco estable con una vida útil corta. El pH fue el tercer parámetro incluido en la ponderación (1) por su efecto significativo en la vida útil del producto y el crecimiento de microorganismos (Mirzanajafi, Yousefi y Ehsani, 2019).

Los límites establecidos y las referencias de métodos de las variables de respuesta son mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones de las variables de salida

Variable de salida		Mín	Máx	Unidad	Referencia rangos	Referencia métodos
2*	Estabilidad	98.7	99.9	% m/m	(Siripongvutikorn, Usawakesmanee y Hunsakul, 2016)	(Siripongvutikorn, Usawakesmanee y Hunsakul, 2016)
3*	Consistencia	-	3.50	cm	(Ingrassia, 2020)	NTE INEN 1 899 (INEN, 2012)
1*	pH	-	4.10	-	NTE INEN 2 295:2010 (INEN, 2010)	NTE INEN 389 (INEN, 1986)

**Orden de importancia de las variables de salida, en donde 3 es la más importante.*

Evaluación sensorial

Los mejores tratamientos del diseño experimental fueron dispuestos en un diseño en bloques completamente al azar y evaluados mediante una prueba de aceptabilidad con una escala hedónica de 9 puntos (9: me gusta muchísimo y 1: me disgusta muchísimo). Se analizaron 3 atributos (consistencia, sabor y color) y la percepción global (Anexo A y B).

El día 6 de noviembre del 2023 entre las 13h30 y 16h00 se desarrolló la prueba en el aula de evaluación sensorial de la Universidad San Francisco de Quito, con la participación de 63 consumidores (Ramírez, 2012). Se presentó 10g de cada muestra a temperatura ambiente en vasos plásticos transparentes de poliestireno de 2 onzas codificados con números aleatorios de 3 dígitos (Khan et al., 2020). Como vehículo se utilizó papas cocidas sin sal debido a que la salsa es picante (Calderón y Perea, 2018). Además, se colocó un vaso con agua para evitar interferencias entre los sabores y así, limpiar el paladar.

Análisis proximal

En el tratamiento final seleccionado a partir de la evaluación sensorial se determinó: humedad (Método 925.10 A.O.A.C), cenizas (Método 923.03 A.O.A.C), grasa (Método 2003.06 A.O.A.C), proteína (Método 955.39 A.O.A.C) y carbohidratos por diferencia de acuerdo a la siguiente ecuación (Nissen, 1998). Adicionalmente, se realizó la determinación de sodio según el método descrito por Ávila, Carrillo y Reyes (2018). Cada muestra se analizó por duplicado.

$$(\%CHO) = 100 - (\%Humedad + \%Proteínas + \%Cenizas + \%Grasa)$$

Análisis estadístico

Todos los datos fueron analizados mediante el uso del software Minitab 19, a través de un análisis de varianza (ANOVA) y la diferencia entre las medias por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Focus group

La calificación promedio de cada tratamiento analizado en el focus group es presentada en la Tabla 3. La muestra con mayor agrado en la consistencia fue la 3 con 50% de reemplazo de grasa (50% de inulina), sin embargo, los jueces comentaron que una consistencia ideal se encontraría en un valor intermedio entre esta muestra y la 4 (75% de inulina). La muestra 5 (100% inulina) se descartó por su consistencia líquida que no correspondía a una salsa (Tabla 3). Las muestras 1 y 2 (0% y 25% de inulina) tuvieron una buena aceptación por parte de los jueces, sin embargo, mencionaron que las encontraron demasiado consistentes.

La mayonesa es una emulsión, lo que significa que es una mezcla de ingredientes que normalmente no se combinarían, como el aceite y el agua. El aceite es esencial para la formación de esta emulsión, ya que proporciona la fase lipídica. Sin embargo, al tratar de reducir la cantidad de este ingrediente, la salsa puede disminuir su consistencia. Para evitar esto se usan complejos formados por inulina y proteína, los que a través de su interacción intermolecular tienen mejores propiedades gelificantes y emulsionantes (Li et al., 2023).

A pesar de que la inulina es una fibra soluble que presenta beneficios para salud el reemplazo total de grasa en la salsa no fue posible, puesto que siempre se necesita una mínima cantidad de aceite para formar la emulsión. Por este motivo, los niveles de reemplazo de grasa fueron modificados a: 0, 15, 30, 45 y 60%, abarcando todas las formulaciones que los consumidores dijeron que estarían dispuestos a aceptar.

Los jueces también comentaron que el dulzor de la mayonesa era excesivo para todas las muestras excepto para la 1 (0% inulina), por lo que se redujo el contenido de azúcar de la fórmula. La inulina es un tipo de carbohidrato conocido como fructano y está compuesto por unidades repetidas de fructosa, que es un azúcar naturalmente dulce (Lim, Wong, Thoo y Siow, 2021). En cuanto al picor, los jueces mencionaron que era adecuado.

Tabla 3. Evaluación de muestras en focus group

Muestra	Formulación	Calificación
1	(100% aceite + 0% inulina) + (100% yema + 0% proteína)	3.6
2	(75% aceite + 25% inulina) + (98.33% yema + 1.67% proteína)	3.9
3	(50% aceite + 50% inulina) + (96.60% yema + 3.40% proteína)	4.5
4	(25% aceite + 75% inulina) + (94.94% yema + 5.06% proteína)	4.1
5	(0% aceite + 100% inulina) + (93.27% yema + 6.73% proteína)	1.3

VARIABLES DE SALIDA

El R^2 de la estabilidad fue de 79.07%, de la consistencia 99.24% y del pH 86.98% (Anexo C). Sin embargo, el R^2 ajustado de la estabilidad fue menor al 70%, por tanto, se realizó una prueba de normalidad Anderson-Darling. El valor-p de esta prueba fue de 0.629, es decir, los datos siguieron una distribución normal, con un 95% de confianza (Anexo D). Todas las variables de salida cumplieron los supuestos de ANOVA (Anexo E), y se confirmó que los datos siguieron una distribución normal. En el Anexo F se encuentra el Análisis de varianza (ANOVA) para cada variable.

Hubo diferencia significativa en la estabilidad, consistencia y pH de los tratamientos ($p \leq 0.05$). El bloqueo (día), solo tuvo un efecto significativo en la consistencia y pH (Tabla 4).

Tabla 4. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de la estabilidad, consistencia y pH de los tratamientos.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios		
		Estabilidad	Consistencia	pH
Tratamientos	4	0.234*	33.73*	0.038*
Bloque	2	0.017 ^{n.s.}	0.900*	0.010*
Error	8	-	-	-
Total	14	-	-	-

*Significativo a valor $p \leq 0.05$

n.s. No significativo a valor $p > 0.05$

En el caso de la estabilidad, los tratamientos F0 y F15 fueron estadísticamente iguales entre sí ($p > 0.05$), y lo mismo sucedió entre los tratamientos F15, F30, F60 y F45 (Tabla 5). La estabilidad es un parámetro fundamental porque es un indicador de calidad en la salsa. Una mayonesa estable tendrá una consistencia uniforme, lo que contribuye a una

experiencia gustativa agradable. Por el contrario, si la mayonesa se separa, puede afectar negativamente a la percepción del consumidor sobre la calidad del producto (Muhialdin, Ying, Farouk y Hussin, 2019).

Todas las emulsiones son inestables excepto las micro emulsiones y dependen de factores como la diferencia de densidad entre la fase aceite/agua, el tamaño de partícula de la fase dispersa y la viscosidad de la emulsión (Kumar, Roy, Devra, Dhiman y Prabhakar, 2021). La disminución en la viscosidad y el incremento en el tamaño de partícula conducen a una reducción de la estabilidad debido a la ley de Stokes (Dhiman y Prabhakar, 2021). Como se evidencia en la Figura 2, una salsa con mayor cantidad de aceite es más estable que una con menor concentración.

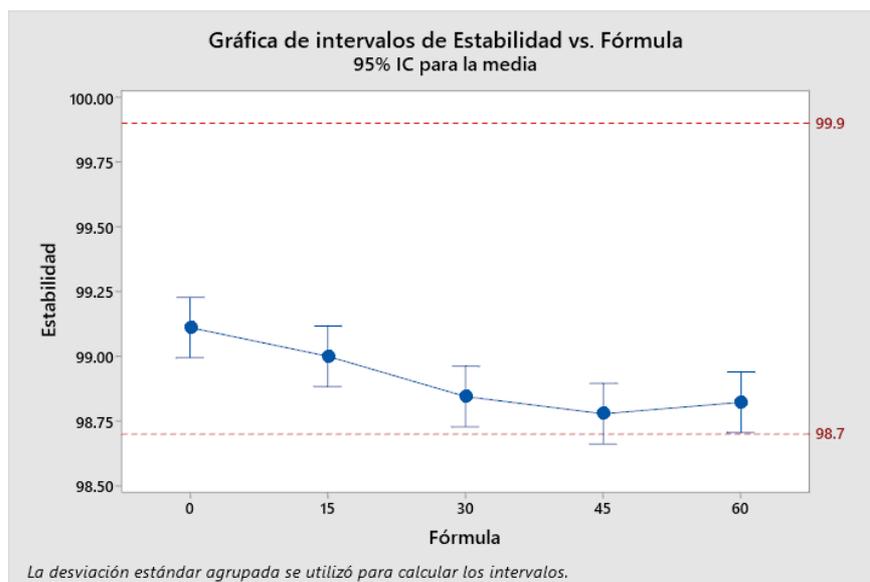


Figura 2. Estabilidad vs fórmula

La especificación para esta variable se fijó entre 98.7 y 99.9% (Siripongvutikorn, Usawakesmanee y Hunsakul, 2016). Todas las formulaciones cumplieron con el requerimiento (Figura 2). La alta estabilidad se debió a que los tratamientos con menos del 40% de aceite tenían un agente gelificante, la inulina, que ayudó a incrementar la estabilidad del producto (Depree y Savage, 2001).

Por otro lado, la consistencia fue estadísticamente igual ($p > 0.05$), para los pares de medias: F30–F45, F15-F30, F0-F15 (Tabla 5). La consistencia depende de la estabilidad de la emulsión. El aceite proporciona una textura suave a la mayonesa, mientras que la yema de huevo actúa como un emulsionante natural al contener lecitina (Kantekin, Ketenoglu y Tekin, 2019). En este estudio, se realizaron reemplazos parciales de aceite por inulina y yema de huevo por proteína de suero, por lo que era necesario verificar si la consistencia se mantenía al utilizar estos nuevos ingredientes.

Una distancia recorrida corta indica una alta consistencia de la salsa y caracteriza a la mayonesa tradicional con 80% de contenido de grasa y textura global espesa (Duncan, 2014). Carcelli, Crisafulli, Carini y Vittadini (2020), utilizaron almidón de maíz físicamente modificado como sustituto de grasa en una mayonesa y todas las formulaciones presentaron medidas de consistencia entre 0 y 0.8 cm, lo que reflejó buena consistencia del producto. En general, los almidones modificados poseen mayor propiedad estabilizante y gelificante que la inulina debido a su actividad superficial de adsorción en la interfaz agua-aceite (Zabot, Silva, Azevedo y Meireles, 2016).

En el presente estudio el límite de esta variable fue ≤ 3.5 cm (Ingrassia, 2020) y solo el tratamiento F60 estuvo fuera de lo establecido (Figura 3), debido a que la cantidad de aceite no fue suficiente para formar una salsa espesa y cremosa (Li et al., 2023). Lo mismo sucede con la proteína de suero, aunque si tiene poder emulsionante, su capacidad es menor que la otorgada por la lecitina de huevo. La lecitina es un fosfolípido con comportamiento anfifílico, mientras que el suero de leche es una amplia combinación de proteínas como la Beta-lactoglobulina, cuya estructura no es suficiente para mantener la emulsión (Satriawan, Evanuarini y Thohari, 2022).

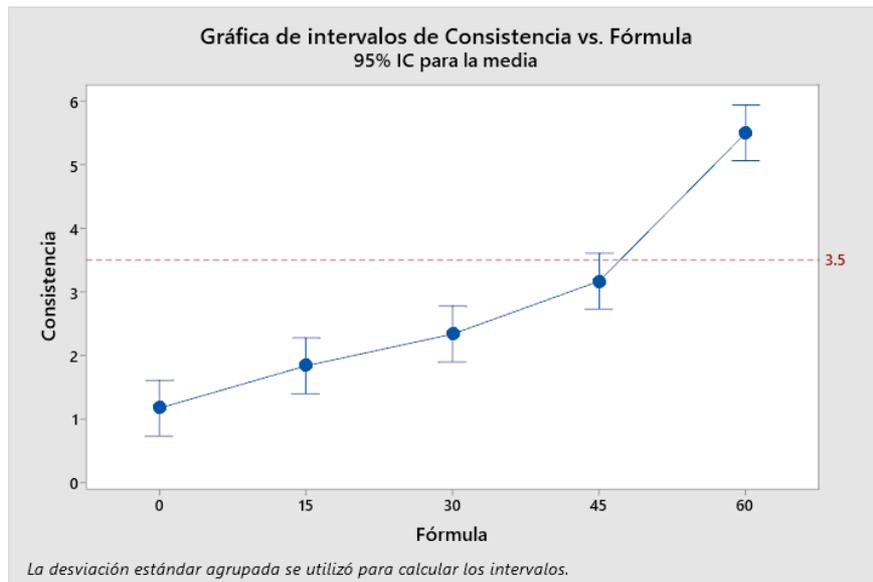


Figura 3. Consistencia vs fórmula

El pH de los tratamientos F15, F30, F45 y F60 fue estadísticamente igual ($p > 0.05$) y lo mismo se observó con los tratamientos F0, F15 y F30 (Tabla 5). En la mayonesa tradicional, el crecimiento de organismos no ocurre debido a su alto contenido de grasa y bajo contenido de agua, así como la presencia de ácido acético que disminuye el pH. El alto contenido de grasa inhibe el crecimiento de microorganismos al limitar los nutrientes disponibles para su desarrollo, esto sucede en la mayoría de bacterias a excepción de las lipolíticas (Li et al., 2014). Por este motivo, es importante controlar los métodos de producción, almacenamiento y la adición de conservantes en la mayonesa picante baja en calorías para garantizar su inocuidad.

La salsa propuesta no tiene alto contenido de grasa, es por esto que es primordial controlar el nivel de pH. Cuando el pH es mayor a 4.1 incrementará significativamente la tasa de crecimiento de microorganismos en el sistema, por lo tanto, un menor pH garantizará una mayor vida útil de la salsa (Fernandesa y Salas, 2018).

Según Li et. al (2014), el pH normal de una mayonesa es alrededor de 3.70. Al-Aubadi (2021) utilizó gomas como reemplazo de aceite y no obtuvo diferencia significativa en el pH de las diferentes formulaciones, que varió entre 3.80 y 3.88, siendo así un rango adecuado para el producto.

La norma NTE INEN 2 295 (INEN, 2010) determina que el pH máximo permitido para una mayonesa es de 4.1. En el presente estudio todas las formulaciones cumplieron con el parámetro establecido (Figura 4). Sin embargo, se observó que a medida que el reemplazo de grasa incrementaba, el pH también aumentaba. El pH del tratamiento control (3.83), fue menor que los tratamientos con 45 y 60% de reemplazo ($p \leq 0.05$). El aumento de pH puede deberse al incremento del nivel de humedad en el producto, como consecuencia del aumento de la sustitución de grasa. Es decir, el pH subió por la dilución del ácido acético en la fase continua (Al-Aubadi, 2021).

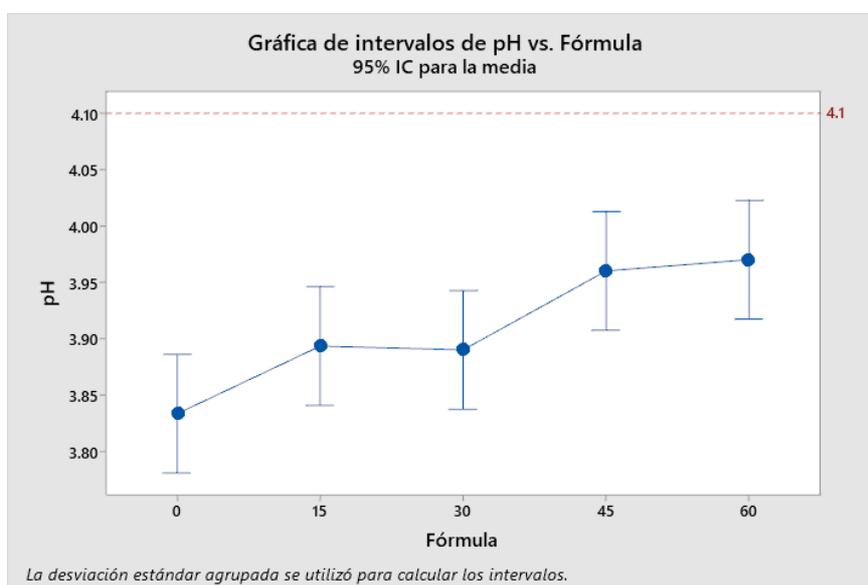


Figura 4. pH vs fórmula

Tabla 5. Estabilidad, consistencia y pH de los tratamientos

Tratamiento	Estabilidad*		Consistencia*		pH*	
	(%m/m)		(cm)			
F0	99.11 ± 0.10	A	1.17 ± 0.29	D	3.83 ± 0.05	B
F15	99.00 ± 0.13	A B	1.83 ± 0.29	C D	3.89 ± 0.01	A B
F30	98.84 ± 0.08	B	2.33 ± 0.29	B C	3.89 ± 0.07	A B
F60	98.82 ± 0.08	B	5.50 ± 0.50	A	3.97 ± 0.02	A
F45	98.78 ± 0.04	B	3.17 ± 0.29	B	3.96 ± 0.01	A

* Media ± DS

*Las medias que no comparten letra son significativamente diferentes, por la prueba de Tukey con un 95% de confianza.

El orden de importancia (ponderación) de las variables de respuesta (Tabla 2), determinó a los tratamientos F15, F30 y F45 como los mejores (Tabla 6), que fueron analizados sensorialmente. El tratamiento F0 no fue incluido, debido a que se deseaba conocer el nivel de agrado al reemplazar aceite con gel de inulina y yema de huevo con proteína de suero, considerando que la inulina aumentó el dulzor del producto en relación a la mayonesa tradicional.

Tabla 6. Ponderación de los tratamientos

Tabla de ponderación				
Tratamiento	Parámetros			Suma
	Estabilidad	Consistencia	pH	
F15	2	3	1	6
F30	2	3	1	6
F45	2	3	1	6
F60	2	0	1	3

Evaluación Sensorial

En la evaluación sensorial participaron 63 consumidores en un rango de edad entre 17 y 33 años. El 53.97% fue de género femenino y 46.03% de género masculino. Los tratamientos evaluados sensorialmente se muestran en la Tabla 7 acompañados de su codificación respectiva.

Tabla 7. Tratamientos codificados para evaluación sensorial

Tratamiento	Variables de entrada	Codificación
F15	(85% aceite + 15% gel inulina) + (1% proteína suero + 99% yema)	763
F30	(70% aceite + 30% gel inulina) + (2% proteína suero + 98% yema)	374
F45	(55% aceite + 45% gel inulina) + (3% proteína suero + 97% yema)	518

El análisis de varianza (ANOVA) no mostró diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$) para los atributos evaluados y la percepción global, pero si existió para los jueces ($p \leq 0.05$), esto debido a que en la prueba participaron consumidores (Anexo G).

En el gráfico de araña se observa que las medias de todos los atributos y de la percepción global se ubicaron en la zona positiva de la escala. Mientras más alejado del centro esté el nodo, significa que la muestra tiene una mejor calificación o nivel de agrado (Figura 5) (Anexo H).

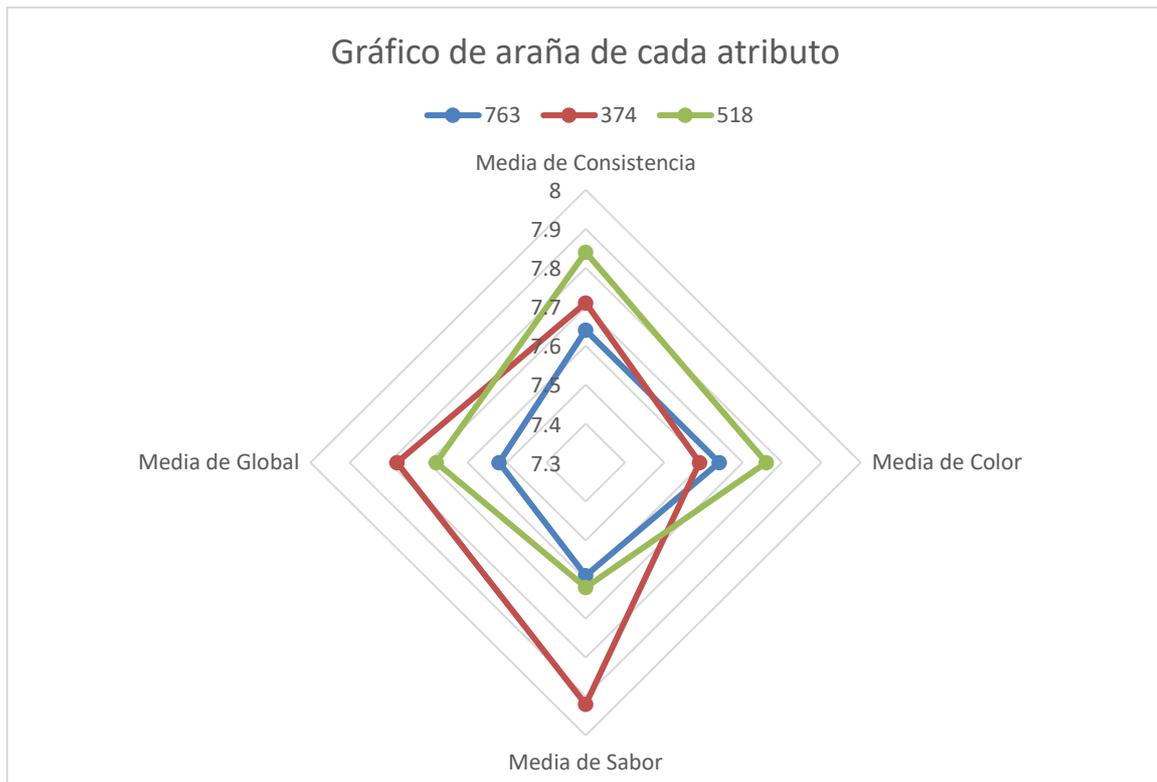


Figura 5. Gráfico de araña para los atributos y percepción global

El tratamiento F15 (763) con el menor reemplazo de aceite por inulina y proteína de suero fue descartado debido al enfoque funcional y nutricional del producto. Los tratamientos F30 y F45, presentaban diferente nivel de reemplazo de aceite, no obstante, el F45 exhibía el mínimo contenido de grasa. Por este motivo, a fin de desarrollar una mayonesa picante baja en calorías y disminuir el aceite a la más baja concentración posible, se seleccionó al tratamiento F45 como formulación final.

Análisis proximal y valor diario recomendado (VDR)

Se presenta en la Tabla 8 el análisis proximal y % VDR del producto.

Tabla 8. Análisis proximal y %VDR de la mayonesa baja en calorías

Determinación	g/100g	Gramos por porción (15 g)	%VDR
Humedad	41.40	-	-
Cenizas	1.50	-	-
Grasa total	30.27	4.54	6.99
Proteína	4.09	0.61	1.23
Carbohidratos totales	22.74	3.41	1.14
*Fibra total	8.71	1.31	5.23
Sodio (mg)	494.00	74.10	3.09

**Valor calculado por bibliografía*

La mayonesa picante baja en calorías aporta con 223.29 KJ (53.29) Kcal por porción (Anexo I). Además, es un producto alto en grasa, medio en azúcar y medio en sodio (Anexo J), según la rotulación RTE INEN 022 (INEN, 2014).

El mayor contenido de grasa es dado por el aceite de soya con el 81% de ácidos grasos insaturados (USDA, 2023), siendo el 23% ácidos grasos monoinsaturados y el 58% ácidos grasos poliinsaturados, destacándose el omega 3 (ácido linolénico 7%) y omega 6 (ácido linoleico 51%) (Mallqui, Canchumanya, Papa y Paucar, 2023). La fibra alimentaria es aportada por la inulina, la cual es 89% fibra según la tabla nutricional proporcionada por el proveedor INNOVAPEC. Mediante este aporte bibliográfico y cálculos se determinó que la salsa aporta un 5.23% del VDR de fibra. Flores (2019) recomienda una ingesta diaria de fibra entre 25 a 28 g, para mantener un mejor control glucémico e insulínico.

Pese a que el producto cumplió con el requerimiento para ser considerado como una mayonesa baja en calorías, mínimo 30% y máximo 65% de grasa (extracto etéreo) (INEN, 2010), la etiqueta semáforo mostró que la salsa es alta en grasa (considerando 100g). Sin embargo, el tamaño de porción es de 15g con un contenido de 4.54 g que corresponde al 6.99 %VDR de grasa. Una persona que consuma la porción recomendada estará consumiendo menos grasa si se compara con mayonesas tradicionales en el mercado, las cuales contienen hasta el doble de grasa en la misma cantidad de porción.

A pesar de que se intentó reemplazar totalmente la grasa, la consistencia no fue adecuada para que el producto sea considerado una salsa y el aceite fue necesario para formar la emulsión. Se destaca que en la salsa el 75% corresponde a grasa insaturada, considerada buena por ser un barrador de LDL (Patel y Kashfi, 2022). En cuanto al aporte proteico, la inclusión del suero contribuyó con el 1.23% VDR que le diferencia de las mayonesas tradicionales que no aportan con proteína.

CONCLUSIONES

Se desarrolló una mayonesa picante baja en calorías, resaltando las propiedades funcionales de sus ingredientes principales (inulina y proteína de suero). Aunque la salsa es alta en grasa (por 100g), el 75% son ácidos grasos poliinsaturados, lo que beneficia el perfil lipídico. Por otro lado, el contenido de grasa es menor al 10% VDR, si se considera un tamaño de porción de 15 g. El producto es medio en azúcares por la adición de inulina que tiene un aporte de sacarosa y el uso de azúcar en la fórmula.

Los mejores tratamientos por su consistencia, estabilidad y pH fueron los tratamientos F15, F30 y F45, con una combinación de inulina y proteína de suero de 15% - 1%, 30% - 2% y 45% - 3%, respectivamente. Es decir, que el complejo formado por ambos ingredientes fue útil como sucedáneo, ya que permitió el reemplazo de grasa a niveles considerables. Añadir la proteína de suero potenció el poder gelificante de la inulina.

La aceptabilidad de atributos sensoriales y percepción global se ubicó en la zona positiva de la escala entre las anclas “me gusta bastante” y “me gusta mucho”, lo que muestra una posible inserción del producto en el mercado ecuatoriano.

RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones sería interesante estudiar el efecto de la combinación de inulina y una goma como sucedáneo de grasa y determinar la posibilidad del reemplazo total de este macronutriente.

Diferentes concentraciones de proteína de suero podrían ser analizadas, debido a su poder emulsificante y a su influencia en las características físico-químicas y sensoriales del producto.

La utilización de diferentes edulcorantes en reemplazo del azúcar dentro de la formulación deberá ser analizada para disminuir el contenido de azúcar en el producto.

Comprobar que el tiempo de pasteurización de las yemas sea el adecuado para el tipo de huevo utilizado, esto mediante el cálculo del valor F.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akyildiz, S. T., & Ahmed, K. H. (2021). An overview of qualitative research and focus group discussion. *International Journal of Academic Research in Education*, 7(1), 1-15.
- Al-Aubadi, I. M. K. (2021). Preparation of healthy mayonnaise by using plant and animal gums as oil replacer. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 12(1), 1142-1150.
- AOAC International. (2012). Official methods of AOAC International.
- Ávila, J. G., Carrillo, M. L., & Reyes, A. (2018). Modificación de la técnica volumétrica de mohr para cuantificar sodio en queso fresco Modification of the mohr volumetric technique to quantify sodium in fresh cheese. *Revista de Simulación y Laboratorio*, 5(16), 1-4.
- Bermudez, D., & Niemira, B. A. (2023). A review on egg pasteurization and isinfection: Traditional and novel processing technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22(2), 756-784.
- Calderón, V. M. T., & Perea, K. C. (2018). Formulación de una salsa picante a base de pulpa de cocona (*Solanum sessiliflorum*), ají amarillo (*Capsicum baccatum*) y ají Charapita (*Capsicum chinense*). *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 5(1), 5-17.
- Carcelli, A., Crisafulli, G., Carini, E., & Vittadini, E. (2020). Can a physically modified corn flour be used as fat replacer in a mayonnaise? *European Food Research and Technology*, 246, 2493-2503.
- Chung, C., Degner, B., & McClements, D. J. (2014). Development of Reduced-calorie foods: Microparticulated whey proteins as fat mimetics in semi-solid food emulsions. *Food research international*, 56, 136-145.
- Depree, J. A., & Savage, G. P. (2001). Physical and flavour stability of

- mayonnaise. *Trends in Food Science & Technology*, 12(5-6), 157-163.
- Dhiman, A., & Prabhakar, P. K. (2021). Micronization in food processing: A comprehensive review of mechanistic approach, physicochemical, functional properties and self-stability of micronized food materials. *Journal of Food Engineering*, 292, 110248.
- Duncan SE (2014) Fats: mayonnaise. In: Smith JS, Hui YH (eds) *Food processing: principles and applications*. Wiley, Hoboken, p 329.
- Escobar, F., Hinojosa, R. A., Espinoza, T., Yzarra, A., & Espinoza, C. E. (2022). Agua por suero de leche y su influencia en la ganancia de peso en cuyes (*Cavia porcellus*). *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 6(18), 557-566.
- Fernandesa, S. S., & Salas, M. D. L. M. (2018). Effect of oil replacement in mayonnaise by chia (*Salvia hispanica* L) mucilage. *Integrative Food, Nutrition and Metabolism*, 5(3), 1-3.
- Flores, R. V. (2019). Fibra dietaria: una alternativa para la alimentación. *Ingeniería Industrial*, (37), 229-242.
- FoodData Central*. (2023). Usda.gov. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171411/nutrients>
- Gustafson, C. R., & Zeballos, E. (2020). The effect of presenting relative calorie information on calories ordered. *Appetite*, 153, 104-727.
- Hughes, R. L., Alvarado, D. A., Swanson, K. S., & Holscher, H. D. (2022). The prebiotic potential of inulin-type fructans: a systematic review. *Advances in Nutrition*, 13(2), 492-529.
- Ilievska, N., Pavlova, V., Kirovska, V., Ilievska, J., & Pavlovska, M. (2020). Nutritional and health benefits of inulin functional food and prebiotic. *J. Hyg. Eng*, 45-48.

- INEN. (1986). *NTE INEN 0389. Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ión hidrógeno (pH)*. Servicio ecuatoriano de normalización.
- INEN. (2010). *NTE INEN 2 295:2010. Mayonesa. Requisitos*. Servicio ecuatoriano de normalización.
- INEN. (2012). *NTE INEN 1 899:2012. Salsa de tomate. Determinación de la consistencia*. Servicio ecuatoriano de normalización.
- INEN. (2014). *Rotulado de productos alimenticios procesados, envasados y empaquetados*. Servicio ecuatoriano de normalización.
- Ingrassia, E. B. (2020). *Evaluación físico-química y sensorial de una mayonesa elaborada con aceite de oliva virgen variedad Frantoio* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias).
- Iqbal, S., Ayyub, A., Iqbal, H., & Chen, X. D. (2021). Protein microspheres as structuring agents in lipids: potential for reduction of total and saturated fat in food products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*(3), 820-830.
- Kantekin, M. N., Ketenoglu, O., & Tekin, A. (2019). Effect of monoglyceride content on emulsion stability and rheology of mayonnaise. *Journal of food science and technology*, *56*(1), 443-450.
- Khairullah, M. N., Hemala, R., Hawa, A. N., & Meor, H. A. S. (2022). Egg-free low-fat mayonnaise from virgin coconut oil. *Foods and Raw materials*, *10*(1), 76-85.
- Khan, W. A., et al. (2020). Bioavailability, rheology, and sensory evaluation of mayonnaise fortified with vitamin D encapsulated in protein-based carriers. *Journal of Texture Studies*, *51*(6), 955-967.
- Krithika, B., & Preetha, R. (2019). Formulation of protein-based inulin incorporated synbiotic nanoemulsion for enhanced stability of probiotic. *Materials Research Express*, *6*(11), 114003.

- Kumar, Y., Roy, S., Devra, A., Dhiman, A., & Prabhakar, P. K. (2021). Ultrasonication of mayonnaise formulated with xanthan and guar gums: Rheological modeling, effects on optical properties and emulsion stability. *LWT*, *149*, 111632.
- Li, J., Wang, Y., Jin, W., Zhou, B., & Li, B. (2014). Application of micronized konjac gel for fat analogue in mayonnaise. *Food Hydrocolloids*, *35*, 375-382.
- Li, J., Yang, J., Li, J., Gantumur, M. A., Wei, X., Oh, K. C., & Jiang, Z. (2023). Structure and rheological properties of extruded whey protein isolate: Impact of inulin. *International Journal of Biological Macromolecules*, *226*, 1570-1578.
- Lim, P. Y., Wong, K. Y., Thoo, Y. Y., & Siow, L. F. (2021). Effect of inulin, fructooligosaccharide, trehalose or maltodextrin (M10 and M30) on the physicochemical and sensory properties of dark compound chocolate. *LWT*, *149*, 111964.
- López, M. L., Bengoechea, C., Collado, S. L., & Aguilar, J. M. (2020). Propiedades reológicas y microestructurales de geles prebióticos de inulina. *Afinidad*, *77*(591).
- López, M. L., Bengoechea, C., Espinosa, S., & Carrera Sánchez, C. (2019). Caracterización de emulsiones prebióticas estabilizadas con inulina y b-lactoglobulina. *Afinidad*, *76* (585), 12-22.
- Mallqui, L. A., Canchumanya, M. L. B., Papa, H. A. R., & Paucar, G. N. R. (2023). Características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos de aceites de calabaza, zapallo y soya, durante el tratamiento térmico. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *21*(2), 75-86.
- Mena, J. J. (2022). *Plan de negocios para la fabricación y comercialización de mayonesa a base de chocho en Carcelén* (Bachelor's thesis, Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica)

- Mirzanajafi, M., Yousefi, M., & Ehsani, A. (2019). Challenges and approaches for production of a healthy and functional mayonnaise sauce. *Food science & nutrition*, 7(8), 2471-2484.
- Mozafari, H. R., Hojjatoleslami, M., & Hosseini, E. (2019). Zodo gum exudates from Rosaceae as a fat replacer in reduced-fat salad dressing. *International Food Research Journal*, 26(3), 1087-1093.
- Muhialdin, B. J., Ying, L. L., Farouk, A. E., & Hussin, A. S. M. (2019). Valorisation of virgin coconut oil application in mayonnaise production as functional ingredient. *Journal of Food and Nutrition Research*, 7(1), 65-70.
- Nissen, S. (1998). *Food Analysis Second Edition*. An Aspen Publication. Gaithersburg, Maryland, USA.
- Organización Mundial de la Salud (2019). *Enfermedades cardiovasculares*. Recuperado de: https://www.who.int/es/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1
- Organización Mundial de la Salud (2020). *Obesidad y sobrepeso*. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Patel, K. K., & Kashfi, K. (2022). Lipoproteins and cancer: The role of HDL-C, LDL-C, and cholesterol-lowering drugs. *Biochemical Pharmacology*, 196, 114654.
- Ramírez, J. S. (2012). *Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor*. Revista ReCiTeIA.
- Ramos, R. A. A., García, D. M., & Cruz, E. R. P. (2019). Fructanos tipo inulina: efecto en la microbiota intestinal, la obesidad y la saciedad. *Gaceta Médica Espirituana*, 21(2), 134-145.
- Ravera, F., Dziza, K., Santini, E., Cristofolini, L., & Liggieri, L. (2021). Emulsification and emulsion stability: The role of the interfacial properties. *Advances in Colloid and Interface Science*, 288, 102344.

- Saget, S., Costa, M., Styles, D., & Williams, M. (2021). Does circular reuse of chickpea cooking water to produce vegan mayonnaise reduce environmental impact compared with egg mayonnaise. *Sustainability*, *13*(9), 4726.
- Satriawan, T. U., Evanuarini, H., & Thohari, I. (2022). Development of Low-Fat Mayonnaise Using Whey Protein as a Natural Emulsifier. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak (JITEK)*, *17*(1), 34-40.
- Schädle, C. N., Bader, S., & Sanahuja, S. (2022). Characterization of reduced-fat mayonnaise and comparison of sensory perception, rheological, tribological, and textural analyses. *Foods*, *11*(6), 806.
- Silva, R. C. D., Ferdaus, M. J., Foguel, A., & da Silva, T. L. T. (2023). Oleogels as a fat substitute in food: A current review. *Gels*, *9*(3), 180.
- Siripongvutikorn, S., Usawakesmanee, W., & Hunsakul, K. (2016). Utilization of tuna roe and using inulin as oil replacer for producing value added omega-3 mayonnaise product. *Functional Foods in Health and Disease*, *6*(3), 158-172.
- Teferra, T. F. (2021). Possible actions of inulin as prebiotic polysaccharide: A review. *Food Frontiers*, *2*(4), 407-416.
- Zabot, G. L., Silva, E. K., Azevedo, V. M., & Meireles, M. A. A. (2016). Replacing modified starch by inulin as prebiotic encapsulant matrix of lipophilic bioactive compounds. *Food Research International*, *85*, 26-35.

ANEXOS

ANEXO A: Consentimiento informado evaluación sensorial

Consentimiento Informado

Yo _____ declaro que he sido informado e invitado a participar en una evaluación sensorial, como parte del proyecto de titulación de la carrera de Ingeniería en Alimentos.

Comprendo que el propósito de esta investigación es evaluar el nivel de agrado de una variante de salsa picante similar a la mayonesa, que incluye inulina y proteína de suero como reemplazo de grasa. Estoy al tanto de que mi contribución se limitará a completar una breve encuesta que requerirá aproximadamente 10 minutos. Se me ha informado que los datos recolectados serán tratados con confidencialidad y únicamente para este estudio.

Estoy en pleno conocimiento de las que muestras contienen diferentes ingredientes que podrían estar asociados con problemas de salud como: lactosa (intolerancia), huevo (alergia), azúcar (diabetes) y ají (alergia y gastritis). Sin embargo, no tengo ninguna restricción personal o médica que me prohíba ingerir estos alimentos.

Asimismo, sé que puedo negar la participación o retirarme en cualquier etapa de la investigación, sin expresión de causa ni consecuencias negativas para mí.

Sí, acepto voluntariamente participar en este estudio.

Firma participante:

X _____

C.I. _____

ANEXO B: Cuestionario evaluación sensorial

Nombre: _____

Edad: _____

Fecha: _____

Sexo: M/F

Ante usted se encuentran tres muestras de salsa picante tipo mayonesa. Pruebe las muestras de izquierda a derecha y evalúe cada uno de los atributos indicados, además de su percepción global. Coloque una X de acuerdo con su criterio en el casillero correspondiente de cada muestra según el atributo evaluado. Entre cada muestra enjuague su boca con agua y espere 30 segundos. Utilice la papa como vehículo para evaluar la salsa picante.

Escala hedónica		Consistencia			Color			Sabor			Percepción global		
		518	763	374	518	763	374	518	763	374	518	763	374
9	Me gusta muchísimo												
8	Me gusta mucho												
7	Me gusta bastante												
6	Me gusta ligeramente												
5	Ni me gusta, ni me disgusta												
4	Me disgusta ligeramente												
3	Me disgusta bastante												
2	Me disgusta mucho												
1	Me disgusta muchísimo												

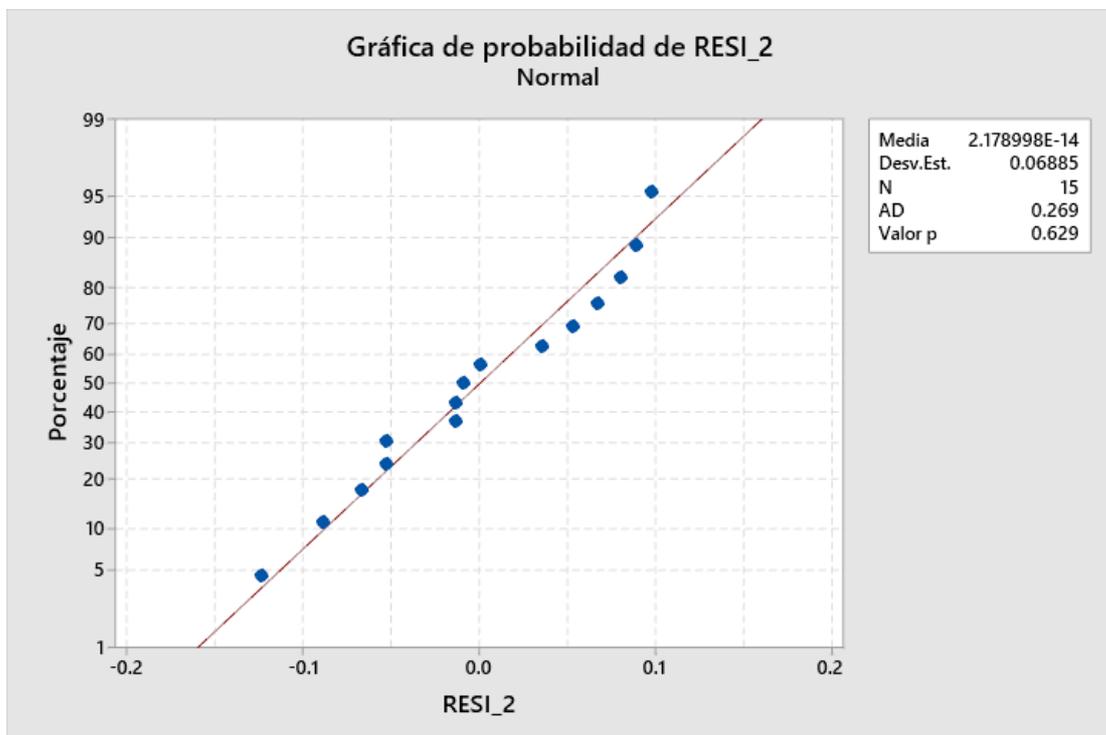
Comentarios:.....

¡Muchas gracias por su participación!

ANEXO C: Coeficiente de determinación de las variables

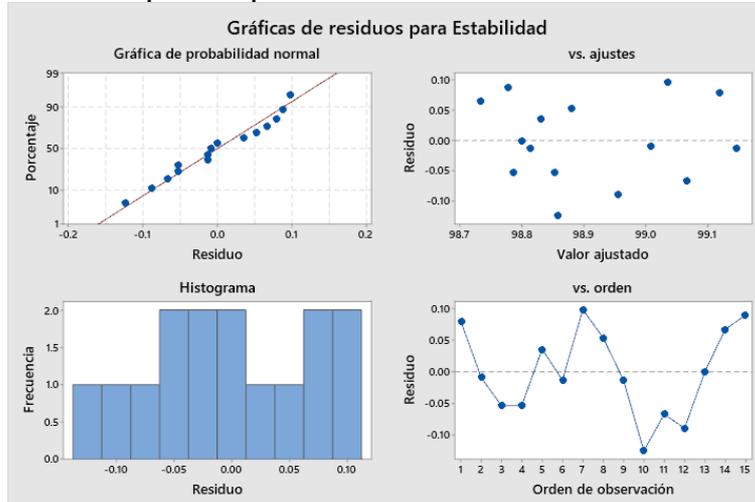
VARIABLES	R ²	R ² ajustado
Estabilidad	79.07%	63.36%
Consistencia	99.24%	98.66%
pH	86.98%	77.22%

ANEXO D: Prueba de normalidad Anderson-Darling de la estabilidad

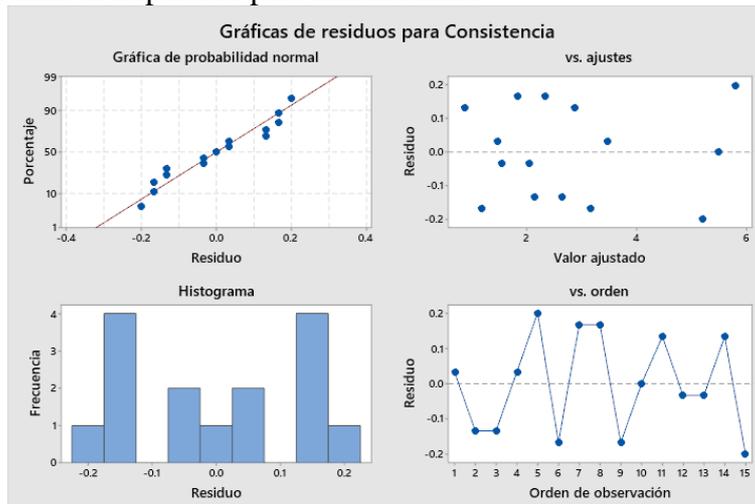


ANEXO E: Análisis de supuestos de Análisis de varianza (ANOVA) para estabilidad, consistencia y pH

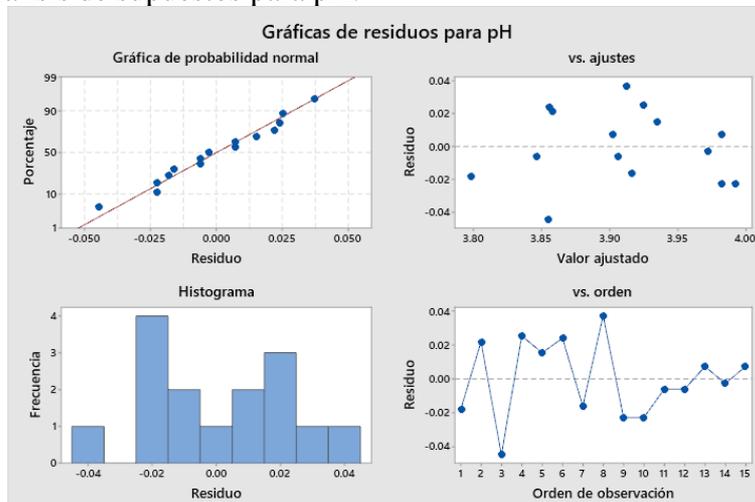
Anexo E1: Análisis de supuestos para estabilidad.



Anexo E2: Análisis de supuestos para consistencia.



Anexo E3: Análisis de supuestos para pH.



ANEXO F: Análisis de Varianza (ANOVA) de las variables de salida

Anexo F1: Análisis de Varianza (ANOVA) de la estabilidad de los tratamientos.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	4	0.23407	0.058519	7.05	0.010*
Bloque	2	0.01659	0.008296	1.00	0.410 ^{n.s}
Error	8	0.06637	0.008296		
Total	14	0.31704			

*Significativo a valor $p \leq 0.05$

n.s. No significativo a valor $p > 0.05$

Anexo F2: Análisis de Varianza (ANOVA) de la consistencia de los tratamientos.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	4	33.7333	8.43333	253.00	0.000*
Bloque	2	0.9000	0.45000	13.50	0.003*
Error	8	0.2667	0.03333		
Total	14	34.9000			

*Significativo a valor $p \leq 0.05$

n.s. No significativo a valor $p > 0.05$

Anexo F3: Análisis de Varianza (ANOVA) del pH de los tratamientos.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	4	0.037960	0.009490	10.66	0.003*
Bloque	2	0.009613	0.004807	5.40	0.033*
Error	8	0.007120	0.000890		
Total	14	0.054693			

*Significativo a valor $p \leq 0.05$

n.s. No significativo a valor $p > 0.05$

ANEXO G: Análisis de Varianza (ANOVA) del nivel de agrado de los tratamientos.

Anexo G1: Análisis de Varianza (ANOVA) del nivel de agrado de la consistencia de los tratamientos.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	2	1.365	0.6825	0.73	0.482 ^{n.s}
Panelistas	62	158.571	2.5576	2.75	0.000*
Error	124	115.302	0.9299		
Total	188	275.238			

**Significativo a valor $p \leq 0.05$*

n.s. No significativo a valor $p > 0.05$

Anexo G2: Análisis de Varianza (ANOVA) del nivel de agrado del color de los tratamientos.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	2	1.026	0.5132	0.86	0.424 ^{n.s}
Panelistas	62	269.661	4.3494	7.32	0.000*
Error	124	73.640	0.5939		
Total	188	344.328			

**Significativo a valor $p \leq 0.05$*

n.s. No significativo a valor $p > 0.05$

Anexo G3: Análisis de Varianza (ANOVA) del nivel de agrado del sabor de los tratamientos.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	2	4.265	2.132	1.79	0.171 ^{n.s}
Panelistas	62	154.995	2.500	2.10	0.000*
Error	124	147.735	1.191		
Total	188	306.995			

*Significativo a valor $p \leq 0.05$

n.s. No significativo a valor $p > 0.05$

Anexo G4: Análisis de Varianza (ANOVA) del nivel de agrado global de los tratamientos.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamientos	2	2.074	1.0370	1.32	0.270 ^{n.s}
Panelistas	62	132.995	2.1451	2.73	0.000*
Error	124	97.259	0.7843		
Total	188	232.328			

*Significativo a valor $p \leq 0.05$

n.s. No significativo a valor $p > 0.05$

ANEXO H: Nivel de agrado de atributos sensoriales y percepción global de los tratamientos.

Atributos	Tratamientos		
	763 ¹	374 ²	518 ³
Consistencia	7.64±1.25	7.71±1.25	7.84±1.14
Color	7.64±1.35	7.59±1.42	7.76±1.30
Sabor	7.59±1.25	7.92±1.22	7.62±1.35
Percepción global	7.52±1.19	7.78±1.11	7.68±1.03

Media ± DS (n=63). (1) (85% aceite + 15% gel inulina) + (1% proteína suero + 99% yema) (2) (70% aceite + 30% gel inulina) + (2% proteína suero + 98% yema) (3) (55% aceite + 45% gel inulina) + (3% proteína suero + 97% yema)

ANEXO I: Tabla nutricional

Información Nutricional		
Tamaño por porción: 1 cucharada (15 g)		
Porciones por envase: aprox. 13		
Cantidades por porción		
Energía 209.5 kJ(50 kcal)		
Energía de la Grasa 167.6 kJ (40 kcal)		
		%VDR
Grasa total	5 g	7%
Grasa saturada	1 g	4%
Grasa trans	0 g	
Grasa monoinsaturada	1 g	
Grasa poliinsaturada	2 g	
Colesterol	25 mg	8%
Sodio	75 mg	3%
Carbohidratos totales	3 g	1%
Fibra dietética	1 g	5%
Azúcares	1 g	
Proteína	menos de 1 g	1%
*Los porcentajes de los valores diarios están basados en una dieta de 8380 kJ (2000 calorías). Los valores varían de acuerdo a las necesidades de cada persona.		

ANEXO J: Semáforo nutricional