



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS,
ESTRUCTURALES Y FISICOQUÍMICOS DE MAYONESA BAJA
EN GRASA SUSTITUIDO CON ALMIDÓN DE CAÑIHUA
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen) GELATINIZADO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ZORAIDA CHINO CATARI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO - PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES RE
OLÓGICAS, ESTRUCTURALES Y FISICOQ
UÍMICOS DE MAYONESA**

AUTOR

ZORAIDA CHINO CATARI

RECuento DE PALABRAS

22636 Words

RECuento DE CARACTERES

121925 Characters

RECuento DE PÁGINAS

112 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.5MB

FECHA DE ENTREGA

May 9, 2024 12:52 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 9, 2024 12:54 PM GMT-5

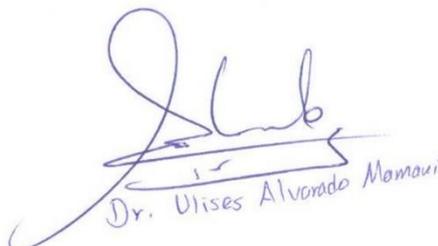
● **17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 17% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)


Dr. Ulises Alvarado Mamani


Dra. Alicia Magaly Leon Tacca
DOCENTE
E.P. ING. AGROINDUSTRIAL - F.C.A.
UNA - PUNO

Resumen



DEDICATORIA

A mis queridos padres, Domingo G. y María, por el gran amor y cuidado que me dieron, por ofrecerme su soporte absoluto, enseñarme a ser perseverante, gracias al esfuerzo que pusieron para que pudiera culminar mi carrera profesional y seguir adelante.

A mis hermanos, Oscar, Ever, Rodolfo, Alex y Susan, por el apoyo incondicional, por haberme fortalecido con cada consejo y por haberme demostrado que nada es imposible, también a Yangxi y Nélida por brindarme su apoyo.

A mis sobrinos, por ser la chispa que llena mi corazón de amor y gratitud, gracias por ser mis pequeños grandes motivadores.

Zoraida Chino Catari



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme la vida, salud y ser mi guía constante a lo largo de este viaje académico, brindándome fuerza en los momentos difíciles, claridad en la confusión y determinación para persistir.

A mi Alma Mater la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por impartirme todos los saberes durante mi formación profesional.

A mi directora de tesis, Dra. Alicia Magali Leon Tacca, por su asesoría, su apoyo, agradecida por el tiempo que me brindó para compartir sus saberes y experiencias.

Al Dr. Wenceslao Medina Espinosa, por brindarme consejos y por su apoyo en esta investigación.

A mis jurados de tesis, M.Sc. Cesar Paul Laqui Vilca, M.Sc. Juan Quispe Ccama y M.Sc. Nury Yaneth Mayta Barrios, por la orientación y dedicación que realizaron en la presente investigación.

Finalmente agradezco a mis compañeros (as) por haber compartido cinco años de muchas experiencias y alegrías, asimismo agradezco a mis amigos y amigas que conocí en el camino de mi vida profesional, igualmente muy agradecida con Yaneth, Williams, Yessica y Yuri por todo el apoyo, los consejos y la motivación que me brindaron. A todos ustedes mi mayor gratitud.

Zoraida Chino Catari



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
INDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	18
2.1.1. Ámbito Internacional	18
2.1.2. Ámbito nacional	22
2.1.3. Ámbito local.....	25
2.2. MAYONESA	26
2.2.1. Formación de la mayonesa.....	27



2.3.	IMPORTANCIA DE REDUCIR EL CONTENIDO GRASO EN LA MAYONESA	28
2.4.	TIPOS DE MAYONESAS.....	29
2.5.	MAYONESA BAJO EN GRASA	30
2.6.	POLISACÁRIDOS EN LA ELABORACIÓN DE MAYONESA BAJO EN GRASA.....	31
	2.6.1. Insumos para la elaboración de mayonesa	32
2.7.	CAÑIHUA.....	35
	2.7.1. Almidón de cañihua	36
	2.7.2. Gelatinización del almidón	37
2.8.	PROPIEDADES REOLÓGICAS.....	37
	2.8.1. Reología de la mayonesa.....	38
	2.8.2. Barrido de frecuencia	38
	2.8.3. Comportamiento de flujo y viscosidad	41
2.9.	PROPIEDADES ESTRUCTURALES DE MAYONESA.....	43
	2.9.1. Tamaño de las gotas de aceite	43
	2.9.2. Forma de las gotas de aceite.....	44
2.10.	PROPIEDADES FISICOQUÍMICOS DE MAYONESA	45
	2.10.1. Estabilidad de la emulsión	45
	2.10.2. Índice de peróxidos	46

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	49
3.2.	MATERIALES PARA EL USO EXPERIMENTAL	49
	3.2.1. Insumos	49



3.2.2. Materiales	50
3.2.3. Equipos.....	50
3.2.4. Software	51
3.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	52
3.3.1. Proceso de extracción de almidón de cañihua.....	52
3.3.2. Formulación de mayonesa baja en grasa.....	54
3.3.3. Proceso de gelatinización del almidón de cañihua.....	55
3.3.4. Proceso de elaboración de la mayonesa baja en grasa	55
3.4. PROPIEDADES REOLÓGICAS DE MAYONESA BAJA EN GRASA ...	57
3.4.1. Comportamiento viscoelástico	58
3.4.2. Comportamiento de flujo y viscosidad	58
3.5. PROPIEDADES ESTRUCTURALES DE MAYONESA BAJA EN GRASA	
.....	59
3.5.1. Tamaño y forma de las gotas de aceite	59
3.6. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE MAYONESA BAJA EN GRASA	
.....	59
3.6.1. Estabilidad de la emulsión	59
3.6.2. Índice de peróxidos	60
3.7. FACTORES DE ESTUDIO	62
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	63

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS	65
4.1.1. Comportamiento viscoelástico de mayonesa baja en grasa	65
4.1.2. Comportamiento de Flujo y Viscosidad de mayonesa baja en grasa	70



4.2. PROPIEDADES ESTRUCTURALES	76
4.2.1. Distribución del Tamaño y forma de las gotas de la emulsión de mayonesa baja en grasa.....	76
4.3. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS	81
4.3.1. Estabilidad de la emulsión de mayonesa baja en grasa.....	81
4.3.2. Índice de peróxido de mayonesa baja en grasa	82
V. CONCLUSIONES.....	85
VI. RECOMENDACIONES	86
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS.....	100

ÁREA: Ingeniería y Tecnología

TEMA: Propiedades físicas y estructurales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 10 de mayo del 2024



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Formación de una mayonesa	27
Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de almidón de cañihua	52
Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de mayonesa baja en grasa sustituido con almidón de cañihua.	56
Figura 4. El (A) módulo de almacenamiento G' (Pa) y (B) módulo de pérdida G'' (Pa) en función de la frecuencia angular (rad/s), de la muestra control (Mayonesa convencional), T1 (O/W 35/35, ACG 10%), T2 (O/W 30/30, ACG 20%), T3 (O/W 21/49, ACG 10%) y T4 (O/W 18/42)	65
Figura 5. Factor de pérdida con respecto a la frecuencia angular de la muestra control y los tratamientos: T1 (O/W 35/35, ACG 10%), T2 (O/W 30/30, ACG 20%), T3 (O/W 21/49, ACG 10%) y T4 (O/W 18/42, ACG 20%)	69
Figura 6. Viscosidad vs la velocidad de deformación de la muestra control y los tratamientos T1 (O/W 35/35, ACG 10%), T2 (O/W 30/30, ACG 20%), T3 (O/W 21/49, ACG 10%) y T4 (O/W 18/42, ACG 20%)	71
Figura 7. Distribución del tamaño (μm) de las gotas de aceite en función de la frecuencia de la muestra control, tratamientos: T1 (O/W 35/35, ACG 10%), T2 (O/W 30/30, ACG 20%), T3 (O/W 21/49, ACG 10%) y T4 (O/W 18/42, ACG 20%)	77
Figura 8. Micrografía de la muestra control (mayonesa convencional) presenta la forma de las gotas de aceite	78
Figura 9. Micrografía del tratamiento T1 A (O/W 35/35, ACG 10%), T2 B (O/W 30/30, ACG 20%), T3 C (O/W 21/49, ACG 10%) y T4 D (O/W 18/42, ACG 20%) se muestra la forma de las gotas de aceite	79



Figura 10. Efecto del centrifugado para determinar la estabilidad de la emulsión de la muestra control y T1, T2, T3 y T4..... 81



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición de los tipos de mayonesa	29
Tabla 2. Formulación de ingredientes para elaborar la mayonesa baja en grasa con sustitución de almidón de cañihua gelatinizado.....	54
Tabla 3. Módulo de almacenamiento y módulo de pérdida de la muestra control y los cuatro tratamientos.....	67
Tabla 4. Comportamiento de flujo de una muestra control y mayonesa baja en grasa a diferentes concentraciones de aceite (O), agua (W) y almidón de cañihua gelatinizada (ACG)	73
Tabla 5. Valores de índice de peróxido de la mayonesa baja en grasa a diferentes concentraciones de aceite, agua, ACG y una muestra control.....	83
Tabla 6 Análisis de Varianza para el módulo de almacenamiento (G')	102
Tabla 7. Análisis de Varianza para el módulo de almacenamiento (G')	102
Tabla 8. Análisis de Varianza para el factor de pérdida	103
Tabla 9. Análisis de Varianza para el comportamiento de flujo.....	103
Tabla 10 Análisis de Varianza para el coeficiente de consistencia	103
Tabla 11. Análisis de Varianza para la variable la viscosidad.....	104
Tabla 12. Análisis de Varianza para el índice de peróxido.....	104



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Panel de imágenes de la materia prima y equipos.....	100
ANEXO 2. Análisis estadístico (ANVA)	102
ANEXO 3. Informe de resultado fisicoquímico (índice de peróxidos).....	105



ACRÓNIMOS

RPM:	Revoluciones por minuto
G'':	Módulo de pérdida (Pa)
G':	Módulo de almacenamiento (Pa)
n:	Índice de comportamiento de flujo (adimensional)
K:	Coefficiente de consistencia (Pa.s ⁿ)
R ² :	Coefficiente de determinación
ω:	Frecuencia angular (rad/s)
ACG:	Almidón de cañihua gelatinizado
O:	Oil (aceite)
W:	Water (agua)
IP:	Índice de peróxidos (meqO ₂ /kg)
meqO ₂ /kg:	miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de grasa
μm:	Micrómetros
min:	Minutos
s:	Segundos
h:	Horas
T °C:	Temperatura en Centígrados
t:	tiempo
%:	Porcentaje
T1:	Tratamiento 1
T2:	Tratamiento 2
T3:	Tratamiento 3
T4:	Tratamiento 4
ANVA:	Análisis de varianza



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar las propiedades reológicas, estructurales y fisicoquímicos de mayonesa baja en grasa sustituido a diferentes porcentajes de almidón de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*, Aellen) gelatinizado y de aceite/agua. Se elaboró la mayonesa a distintas concentraciones de aceite (O), agua (W) y almidón de cañihua gelatinizado (ACG) siendo los tratamientos: T1 (O/W 35:35, ACG 10%), T2 (O/W 30:30, ACG 20%), T3 (O/W 21:49, ACG 10%), T4 (O/W 18:42, ACG 20%) y una muestra control (mayonesa convencional). Para comprender su comportamiento se evaluaron las propiedades reológicas empleando un Reómetro Modular Compacto (RMC). Respecto a la estructura de las gotas se observó mediante un microscopio óptico. La estabilidad de la emulsión se determinó por el método de centrifugado y el índice de peróxidos (IP) se evaluó por el método AOCS Cd 8b-90. Los resultados obtenidos respecto a las propiedades viscoelásticas, los tratamientos exhibieron un comportamiento elástico, característico de una mayonesa convencional. Las curvas de flujo se ajustaron a la ley de potencia donde la viscosidad del T1 y la muestra control presentaron una mayor resistencia al flujo. Respecto al tamaño y forma de las gotas de la fase dispersa el T3 presentó un tamaño de $2,2\mu\text{m}$ con una distribución monomodal similar a la muestra control. La estabilidad de la mayonesa no presenta separación de fases y el índice de peróxidos se encontró entre 3.36-1.41 meqO₂/kg de la muestra control y T2 lo que indica una baja presencia de IP. Se elaboró una mayonesa baja en grasa al agregar ACG y hubo un efecto significativo en sus propiedades reológicas, estructurales y fisicoquímico, asemejándose a una mayonesa convencional.

Palabras clave: Almidón cañihua, Estructura, Fisicoquímico, Mayonesa, Reología.



ABSTRACT

The present research work was developed with the objective of evaluating the rheological, structural and physicochemical properties of low-fat mayonnaise substituted with different percentages of gelatinized cañihua starch (*Chenopodium pallidicaule*, Aellen) and oil/water concentrations. Mayonnaise was made at different concentrations of oil (O), water (W) and gelatinized cañihua starch (ACG), with the treatments being: T1 (O/W 35:35, ACG 10%), T2 (O/W 30:30, ACG 20%), T3 (O/W 21:49, ACG 10%), T4 (O/W 18:42, ACG 20%) and a control sample (conventional mayonnaise). To understand its behavior, the rheological properties were evaluated using a Compact Modular Rheometer (CMR). Regarding the structure of the drops, it was observed using an optical microscope. The stability of the emulsion was determined by the centrifugation method and the peroxide index (PI) was evaluated by the AOCS Cd 8b-90 method. The results obtained regarding the viscoelastic properties of the treatments exhibited characteristic properties of a weak gel typical of a conventional mayonnaise. The flow curves were adjusted to the power law where the viscosity of T1 and the control sample presented a greater resistance to flow. Regarding the size and shape of the droplets of the dispersed phase, T3 had a size of 2.2 μm with a monomodal distribution similar to the control sample. The stability of the mayonnaise emulsion did not present phase separation and the peroxide index was found between 3.36-1.41 meqO₂/kg. of the control sample and T2 which indicates a low presence of IP. A low-fat mayonnaise was prepared by adding ACG, there was a significant effect on its rheological, structural and physicochemical properties, resembling a conventional mayonnaise.

Keywords: Cañihua starch, Structure, Physicochemical, Mayonnaise, Rheology.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La mayonesa tradicional es muy popular y en la actualidad su uso es amplio, es obtenida de la emulsión de aceite en agua (O/W) acompañado de ingredientes como; el huevo, el vinagre y las especias (Depree & Savage, 2001). Con el crecimiento de las industrias de comidas rápidas, se perciben amplias oportunidades en el desarrollo de la mayonesa bajo en grasa. No obstante, la mayonesa convencional muestra un alto contenido graso alrededor de 70-80%, lo que conlleva un aumento en el riesgo de diversas enfermedades crónicas no transmisibles, tales como el sobrepeso, obesidad y triglicéridos elevados, causando un impacto negativo en la salud. El alto contenido graso ha impedido que la mayonesa tradicional cumpla con la creciente demanda de opciones alimenticias saludables. Por consiguiente, las investigaciones recientes se han enfocado en formular mayonesa baja en grasa, buscando la seguridad para la salud (Pei et al., 2023).

A nivel mundial y nacional se esfuerzan por sustituir el contenido graso de la mayonesa entera por opciones como: hidrocoloides, proteínas, polisacáridos y otros aditivos que ayuden a conservar su estabilidad (Shi et al., 2023) también, mantiene su sabor, apariencia y textura estos sustitutos son componentes claves para la composición de alimentos bajos en grasa (Santipanichwong & Suphantharika, 2007) ya que presentan un carácter anfipático que ayuda a incorporar el O/W manteniendo una emulsión estable (Thaiudom & Khantarat, 2011).

El almidón de cañihua, se distingue por sus notables propiedades reológicas, fisicoquímicas y funcionales que lo hacen significativo para diversas aplicaciones. Con un contenido equilibrado de amilosa y amilopectina, este almidón presenta una capacidad



para formar geles fuertes, lo cual es esencial en aplicaciones que requieren estabilidad y consistencia (Sayra, 2021). El interés se centró en utilizar el almidón de cañihua gelatinizado (ACG) en distintas formulaciones como sustituto graso en la mayonesa sin alterar su consistencia, propiedades reológicas, estabilidad de emulsión e índice de peróxido. El producto elaborado es dirigido a personas que desean mejorar su calidad de vida con una ingesta saludable así evitar diversas enfermedades.

De esta investigación se plantea los siguientes objetivos:

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar las propiedades reológicas, estructurales y fisicoquímicos de mayonesa baja en grasa sustituido a diferentes porcentajes de almidón de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*, Aellen) gelatinizado y concentraciones de aceite/agua.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las propiedades reológicas (comportamiento viscoelástico, comportamiento de flujo y viscosidad) de mayonesa baja en grasa sustituido a diferentes porcentajes de almidón de cañihua gelatinizado y concentraciones de aceite/agua.
- Evaluar las propiedades estructurales (tamaño y forma de gotas de la emulsión) de mayonesa baja en grasa sustituido a diferentes porcentajes de almidón de cañihua gelatinizado y concentraciones de aceite/agua.
- Evaluar las propiedades fisicoquímicos (estabilidad de la emulsión e índice de peróxidos) de mayonesa baja en grasa sustituido a diferentes porcentajes de almidón de cañihua gelatinizado y concentraciones de aceite/agua.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Ámbito Internacional

Thaiudom & Khantarat, (2011) en su investigación de “estabilidad y propiedades reológicas de mayonesas reducidas en grasa mediante el uso de almidón de octenil succinato de sodio como sustituto de grasa”. Su objetivo fue estudiar la estabilidad de las mayonesas, diámetro medio del tamaño de las gotas (d_{43}), separación de fases mediante la técnica centrífuga, brillo (L^*), índice de diferencia de color (ΔE), módulos de almacenamiento y pérdida (G' y G''), índice de consistencia (K), viscosidad aparente (η), y el bucle tixotrópico, en comparación con una mayonesa convencional (FF). Empleó el almidón octenil succinato de sodio como sustituto de grasa a concentraciones del 25%, 50% y 75%. Los resultados indicaron que la sustitución de grasas no tuvo efecto en el día 43 ni en la separación de fases. Sin embargo, se observó que el valor L^* de FR fue significativamente mayor que el de FF. Las muestras exhibieron una estructura tipo gel ($G' > G''$) y mostraron un comportamiento de adelgazamiento tixotrópico. Se notó que G' , K , η y el bucle tixotrópico de FR tendieron a disminuir con el aumento del nivel de sustitución de grasa. En particular, el d_{43} y ΔE de la muestra con un 50% de sustitución no presentaron cambios significativos durante el tiempo de almacenamiento, sugiriendo que un 50% de grasa sustituida con SOS podría aplicarse para estabilizar y prolongar el tiempo de almacenamiento de dicha mayonesa.



Park et al., (2020) en su investigación de “Características de la mayonesa baja en grasa utilizando diferentes almidones de arrurruz modificados como sustituto de grasa”. Su objetivo fue evaluar las características del almidón de arrurruz modificado e investigó su aplicación como sustituto de grasa en la mayonesa. Se modificó el almidón de arrurruz mediante anhídrido octenil succínico (OSA), recocado (ANN), hidrólisis con ácido cítrico (CA), acetilación (ACT) y tratamiento con calor-humedad (HMT), fueron sustituidos parcialmente la grasa en la mayonesa en proporciones del 30% y 50%. La evaluación incluyó color, propiedades viscoelásticas y estabilidad de la emulsión en mayonesas reducidas en grasa y mayonesas completas (FF). Las propiedades fisicoquímicas, térmicas y pastosas de los almidones variaron según el método de modificación. Algunos almidones, como el modificado con ANN y el almidón OSA al 30%, así como el almidón CA al 30% y 50%, mostraron altos límites elásticos como sustitutos parciales de grasa. Aunque los módulos elásticos (G') de las mayonesas reducidas en grasa fueron menores que los de FF, aquellas con ANN, OSA y CA presentaron valores de G' superiores a otros almidones modificados. Destacando, las mayonesas reducidas en grasa, especialmente con ANN, OSA y CA, exhibieron mayor estabilidad de emulsión que las FF. El análisis de componentes principales (PC) demostró una clara división entre grupos de alta y baja estabilidad de la emulsión a través de PC1.

De acuerdo a Katsaros et al., (2020) en su estudio realizado acerca de “Efecto del almacenamiento sobre las propiedades reológicas y viscoelásticas de emulsiones de mayonesa de diferentes tamaños de gotas de aceite”. Este estudio tuvo como objetivo principal caracterizar y evaluar el impacto del tiempo y la temperatura de almacenamiento en las propiedades reológicas y viscoelásticas de



20 mayonesas con distintos tamaños de gota. Se empleó un reómetro rotacional programable para medir las curvas de flujo a velocidades de corte constantes y variables. Los resultados revelaron que la mayonesa exhibe un comportamiento no newtoniano de adelgazamiento por cizallamiento con límite elástico y características dependientes del tiempo, modeladas mediante la ecuación de Herschel-Bulkley. La dependencia de la temperatura en la viscosidad se describió con la ecuación de Arrhenius, y la energía de activación osciló entre 15 y 20 kJ/mol. Además, se caracterizó la mayonesa como un gel débil mediante cizalla oscilatoria de pequeña amplitud. La regla generalizada de Cox-Merz correlacionó la viscosidad aparente y compleja, aunque se destacó que, según el parámetro α , esta regla no se redujo a una función lineal de un solo parámetro. Se observó una fuerte correlación entre las propiedades reológicas de la mayonesa y el tamaño de las gotas de aceite, proporcionando información clave para futuras mejoras en su formulación.

Pei et al., (2023) realizaron estudios acerca de la “estabilidad y comportamiento reológico de una emulsión similar a la mayonesa coemulsionada con glucomanano de Konjac y proteína de suero”. Como objetivo central de esta investigación consistió en examinar la estabilidad física y las propiedades reológicas de una emulsión de aceite en agua estabilizada mediante una combinación de glucomanano de konjac y proteína de suero (KGM y WP). Variaron las concentraciones de KGM entre 0,1-0,5% (p/p) y la WP entre 1-3% (p/p). Los resultados experimentales revelaron que, con el incremento en las concentraciones de KGM y WP, el tamaño de las gotas de la emulsión disminuyó a 12,9 μm , exhibiendo un comportamiento macroscópico similar al de un gel que puede invertirse y resistir el flujo, así como ser extruido y apilado. La viscosidad



de corte estático y la viscoelasticidad crecieron con las concentraciones de KGM y WP. Las emulsiones se comportaron como pseudoplástico con adelgazamiento por cizallamiento y mostraron un comportamiento viscoelástico, indicado por un módulo de almacenamiento (G') mayor que el módulo de pérdida (G''). La concentración de KGM fue de 0,3% (p/p), la emulsión exhibió un comportamiento reológico similar al de la mayonesa comercial, sugiriendo que la mezcla KGM-WP es un buen sustituto eficaz de la yema de huevo para la preparación de emulsiones tipo mayonesa, sin la presencia de colesterol.

Dan et al., 2024) realizaron un estudio acerca del “desarrollo de un novedoso sistema de reducción de grasa con almidón de trigo recocado cargado de quercetina para mejorar la estabilidad oxidativa y emulsionante en mayonesa baja en grasa”. Tuvo como objetivo cerrar esta brecha de investigación proponiendo el uso de almidón recocado (AS) como un nuevo sistema de encapsulación para antioxidantes naturales. El AS cargado con quercetina (QAS) demostró la mayor actividad antioxidante entre otras variantes de AS cargadas con antioxidantes. Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas de almidón de trigo nativo (NS), AS y QAS, y posteriormente se analizaron las propiedades de la mayonesa al reemplazar la grasa con AS y QAS. El tratamiento de recocado incrementó la viscosidad de la pasta y redujo el poder de hinchamiento y el índice de solubilidad en agua de AS y QAS en comparación con NS. La mayonesa baja en grasa (LFM), preparada con AS y QAS reemplazando el 50% del contenido de grasa, mostró una estabilidad emulsionante significativamente mayor que la mayonesa entera (FF-M). Además, al sustituir el contenido de grasa con QAS al 30% y 50%, se observó una reducción significativa en los niveles de hidróperóxido lipídico en comparación con FF-M. En conclusión, el AS puede encapsular eficazmente la 22



quercetina, presentándose como un sustituto de grasa prometedor en formulaciones de mayonesa baja en grasa de etiqueta limpia, ofreciendo una alternativa más saludable a la mayonesa convencional.

2.1.2. Ámbito nacional

Pérez, (2013) en su trabajo de “Análisis comparativo de propiedades, textura y estabilidad de mayonesas comerciales”, Tuvo por objetivo comparar las propiedades de las mayonesas comerciales de diferentes tipos. Realizaron pruebas con la finalidad de obtener principales parámetros reológicos, texturales y características de la emulsión (estabilidad, tamaño de partícula y microestructura). Se eligieron 4 mayonesas y una mayonesa con las características principales ausencia de azúcar en su composición. Los resultados que se obtuvieron de las muestras exhibieron una diferencia entre las mayonesas, también los parámetros evaluados se veían afectados por el contenido calórico de la mayonesa, por otro lado, la temperatura en el intervalo que se aplicó no afectó a los parámetros medidos. El análisis reológico de las mayonesas presentó un comportamiento de un fluido de pseudoplástico, en cuanto a la estabilidad exhibieron ser muy buenas a temperatura ambiente (20°C) y a temperatura de refrigeración (4°C) no afectó a ninguna variable de estudio.

Talanca, (2014) en su trabajo de investigación de la “Optimización de la incorporación de goma de tara y aceite vegetal en la formulación de una mayonesa light para maximizar su aceptabilidad”. Tuvo como objetivo optimizar la formulación de una mayonesa light mediante la incorporación de goma de tara y aceite vegetal, utilizando como criterio de optimización la maximización del nivel de agrado a través de un panel sensorial y la metodología de Superficie de



Respuesta. Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial y se evaluó la significancia de los factores (contenido de goma de tara y contenido de aceite) en las características reológicas y fisicoquímicas. Se encontró que ambos factores afectaron significativamente el nivel de agrado, siendo la goma de tara más significativa. La formulación óptima, que maximiza el nivel de agrado, presentó un contenido de goma de tara y aceite vegetal del 1,09% y 35,68%, respectivamente. Además, estos factores tuvieron un efecto directamente proporcional en las características reológicas (firmeza, consistencia, cohesividad e índice de viscosidad), siendo altamente significativos a un 95% de nivel de confianza. Sin embargo, no se observaron efectos significativos en la A_w , el pH y la acidez (% ácido acético) en la zona experimental evaluada. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para la formulación de mayonesas light con goma de tara y aceite vegetal.

Meoño, (2015) en su trabajo de “el efecto del Mucílago de Salvia hispánica (Chía) sobre las propiedades reológicas de una mayonesa baja en grasa”. En esta investigación se determinó el comportamiento reológico de tres muestras de mayonesa (M1, M2 y M3), cada una formulada con ingredientes típicos de una mayonesa casera, pero con un 27% menos de grasa en comparación con la tradicional. Se incorporó mucílago de chía como estabilizante en concentraciones variadas (0,1%, 0,2% y 0,4%), extrayendo manualmente y luego pulverizándolo para su uso. Este mucílago no solo aportó una pequeña cantidad de aceite de chía con alto contenido de omega 3, sino que también indujo un comportamiento adelgazante y presentó un umbral de fluencia en la formulación de la mayonesa. La comprensión de las propiedades reológicas es crucial en el diseño de flujo, almacenamiento y estabilidad de los alimentos durante el proceso. Además, se



caracterizaron las propiedades viscoelásticas de las muestras, observando que todas exhibieron propiedades de geles débiles. En particular, el uso de un 0,4% de mucílago de chía produjo una mayonesa reducida en grasa con propiedades reológicas y apariencia similares a las de la fórmula de una mayonesa tradicional. En conclusión, este estudio resalta que el mucílago de chía es un sustituto graso viable para la elaboración de mayonesas bajas en grasa.

Acuña, (2023) en su investigación desarrolló el “empleo de la aquafaba de garbanzo (*Cicer arietinum*) para la obtención de una salsa tipo mayonesa apto para personas veganas”. Como objetivo la investigación se centró en obtener una salsa tipo mayonesa adecuada para personas que siguen un estilo de vida vegano y saludable. Se empleó un diseño experimental de Taguchi con 7 niveles y 12 corridas, generando 12 formulaciones que fueron sometidas a análisis sensoriales preliminares y procesos tecnológicos. Un estudio estadístico identificó tres formulaciones más significativas (AP104, AP106 y AP112) mediante análisis de varianza y pruebas de Fisher y Tukey. La formulación AP106 se destacó como la más significativa en un segundo análisis sensorial con 35 panelistas, compuesta principalmente por 54,39% de aceite vegetal, 30,13% de aquafaba de garbanzo y 16% de condimentos. Se realizaron análisis físicos, químicos, organolépticos y nutricionales, obteniendo una mayonesa energética sin grasas trans ni colesterol, con un contenido calórico de 488,50 Kcal, 53,06 g de grasa total, 9,73 g de grasa saturada, 0 g de grasas trans y colesterol, 2,15 g de carbohidratos, 1 g de azúcares totales y 171,28 mg de sodio. Este producto representa una opción saludable y vegana.



2.1.3. **Ámbito local**

Castillo, (2017) en su trabajo de investigación ha tenido como objetivo de aplicar la metodología reológica y fisicoquímicos de tres variedades de almidón de papa nativa (*Solanum spp*). Donde el almidón de la variedad Huaycha Puneña, presentó un gel elevada elasticidad y el promedio de amilosa fue de 35.7%. Los resultados de esta investigación han permitido determinar posibles usos potenciales del almidón de papa nativa (*Solanum spp.*) de acuerdo a sus características fisicoquímicas y reológicas.

De acuerdo a Valeriano, (2019) en su investigación se enfoca en la evaluación y descripción del comportamiento reológico de la mayonesa comercial. Se utilizó un Reómetro Modular Compacto, y los datos del reograma se ajustaron a la ley de potencia en Microsoft Excel para analizar el comportamiento reológico de la mayonesa comercial. Se deduce que a medida que la velocidad de deformación aumenta, el esfuerzo de corte también incrementa, indicando que el incremento no es significativo, demostrando que tienen un comportamiento pseudoplástico, ya que la viscosidad aparente se reduce con el gradiente de la velocidad constante.

Sayra, (2021) en su trabajo de “Evaluación de las propiedades reológicas, fisicoquímicas y funcionales del almidón de tres variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) de la región Puno”. Evaluó los análisis fisicoquímicos de contenido de amilosa (13.0-14.2%), amilopectina (87.0 – 85.8%), así como, distribución de tamaño (75 μ m). En cuanto a las propiedades funcionales el rango de temperatura fue de 45-75°C, es así que a 75°C el almidón de cañihua variedad Cupi presentó mayor PH (15.07 g/g) y mayor CAA (11.25



g/g), en cambio el almidón de cañihua de variedad Ramis presentó mayor porcentaje de IS (27.92%). La temperatura de gelatinización del almidón de cañihua a suspensiones almidón: agua fue de 49.73°C respectivamente. En cuanto al comportamiento viscoelástico, se determinó que el almidón de las tres variedades de cañihua en las tres suspensiones presentaron predominio del módulo elástico siendo $G' > G''$ y $\tan(\delta)$. La curva de flujo, indicó que los geles de almidón expusieron un comportamiento no newtoniano de naturaleza pseudoplástico.

2.2. MAYONESA

La mayonesa fue descubierta en Francia durante el siglo XVIII, cuando un chef de la corte intentó replicar una salsa blanca elaborada con huevo y aceite que vio en una cocina española, lo cierto es que esta salsa fue denominada Mahonaise y al popularizarse, se conoció como mayonaise tiempo después el término fue castellanizado como mayonesa que se conoce hasta hoy en día (Pérez, 2017).

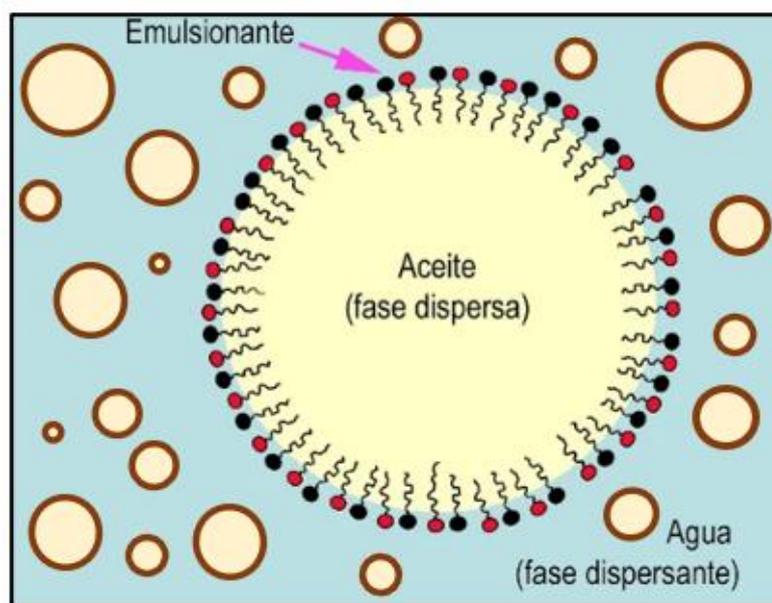
En la actualidad, la mayonesa convencional es una salsa muy popular obtenida a base de la emulsión de aceite en agua (O/W), que contiene un 70 - 85% de grasa. La mayonesa presenta una emulsión estable, homogénea, con una textura cremosa y una consistencia adecuada, esto se debe a la formación de micelas de fosfolípidos que son rodeadas por la lecitina de la yema de huevo, (Liu et al., 2007). Asimismo, la receta básica de la mayonesa incluye ingredientes como yema de huevo, aceite, vinagre, jugo de limón, mostaza, sal y en ocasiones se agrega otros agentes emulsionantes, aditivos y conservantes permitidos (NTP, 2017).

2.2.1. Formación de la mayonesa

En la Figura 1, se muestra a las gotas de aceites que están rodeadas por un emulsionante dispersa en una fase acuosa. En la formación de la mayonesa la yema de huevo que contiene lecitina actúa como emulsionante. Una emulsión está conformada por moléculas anfifílicas que tienen dos partes diferentes: una parte hidrófoba que evita el agua y la otra parte hidrófila que se relaciona con el agua. Para unir estos dos líquidos inmiscibles (O/W) se requiere de un estabilizante, porque cumplirá la función de rodear a las gotas de aceites cuando se dispersen en el agua, formando lo que se conoce como una emulsión (Badui, 2006).

Figura 1.

Formación de una mayonesa



Fuente: (Badui, 2006).

La mayonesa está formada por una fase interna discontinua, compuesta por pequeñas gotas de aceite dispersas en una fase acuosa continua, que incluye vinagre, mostaza y otros ingredientes, siendo la yema de huevo el agente emulsionante. La consistencia de la mayonesa está vinculada a la proporción entre



los volúmenes de la fase oleosa y acuosa, buscando lograr una textura lo suficientemente firme (Espinosa, 2012).

2.3. IMPORTANCIA DE REDUCIR EL CONTENIDO GRASO EN LA MAYONESA

La mayonesa entera suele ser más inestable que otras emulsiones alimentarias ya que presenta una alta concentración de aceite en relación al agua que es relativamente menor. Además, el gran contenido de aceite forma un elevado número de gotas de aceite y se encuentra cerca uno de otras, esta distancia entre gotas provoca una fuerza de atracción de Van der Waal, que conlleva a una inestabilidad (Valenzuela, 2010).

En estos días, en el mundo concurre una tendencia que revaloriza la alimentación saludable, lo que significa que existe una demanda cada vez más de productos naturales que se pueden integrar en nuestro consumo (Villaruel et al., 2018). De acuerdo a las investigaciones, hay un gran interés por utilizar el almidón como un sustituto graso, como un gelificante o viscosante que permite incrementar el rendimiento (González, 2012). Por el mismo hecho de que la mayonesa entera contiene un alto porcentaje de grasas saturadas y grasas trans que aumenta los niveles de colesterol malo en la sangre, asociándose con un incremento en el riesgo de enfermedades cardíacas. Asimismo, contribuye al desarrollo de sobrepeso, obesidad y triglicéridos elevados (OMS, 2021).

En algunos trabajos de investigaciones, utilizaron sustitutos de grasas a base de hidrocoloides, proteínas y goma en mayonesa bajas en grasa o aderezos para uso en comidas rápidas y ensaladas. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue investigar el uso del almidón nativo como sustituto de grasa en mayonesas, aprovechando la materia prima que es la cañihua, que es producida en nuestra región de Puno, dándole un valor agregado.

2.4. TIPOS DE MAYONESAS

En la Tabla 1, se puede apreciar la composición de cinco tipos de mayonesa donde se muestra las diferencias entre el contenido graso y el contenido de agua con la que está compuesta cada mayonesa.

Tabla 1.

Composición de los tipos de mayonesa

Tipos de mayonesa	Composición	Autores
Mayonesa tradicional	La mayonesa es una salsa tradicional que contiene agua: 20% a 30% y aceite: 70% a 80%, aproximadamente y la adición de yema de huevo como emulsionante principal, vinagre o jugo de limón, mostaza y sal. Tiene una textura cremosa y un sabor suave y ligeramente ácido.	(Pérez, 2017) (Liu et al., 2007)
Mayonesa Light o Baja en Grasa	Su contenido de agua: 30% a 60% y aceite: 18% a 50% aproximadamente. Se incorpora yema de huevo o sustitutos de yema, vinagre o ácido acético, mostaza, sal y emulgentes en pequeñas cantidades.	(Depree & Savage, 2001) (Mendoza et al., 2020)
Mayonesa Sin Grasa	Porcentaje de agua: aproximadamente 70% a 80% con porcentaje de aceite: 0% (sin aceite). Otros insumos: Sustitutos de yema de huevo, vinagre o ácido acético, mostaza, sal y posibles aditivos en pequeñas cantidades.	(Espinosa, 2012) (Correa & Bonilla, 2016)
Mayonesa con Sabores	Su contenido de aceite oscila entre el 30% y el 80% y su contenido de agua varía entre el 20% y 70% aproximadamente, se le incorporan	(Espinosa, 2012) (Castrillon & Fiallo, 2017)

	ingredientes adicionales para darle un sabor característico.
Mayonesa sin Huevos o mayonesa vegana	Contenido de agua: aproximadamente 40% a 60% (Borja & Villatoro, 2015) y aceite: aproximadamente 30% a 50%. Se le suple el huevo con proteína de soja se agrega (Jing et al., 2023) insumos: Emulsionantes no derivados de huevos (como goma xantana, proteínas hidrolizadas) y no contiene ningún ingrediente de origen animal.

Fuente: elaboración propia

2.5. MAYONESA BAJO EN GRASA

La ingesta de alimentos altos en grasas genera un aumento de enfermedades crónicas, por lo cual, se opta por desarrollar una mayonesa baja en grasa (Shi et al., 2023). La mayonesa baja en grasa es una versión modificada de la mayonesa convencional, formulada con atención especial para conservar sus características fisicoquímicas y sensoriales. En vez de utilizar grasa, se emplean sustitutos de grasas. Además, necesita de ingredientes adicionales para mantener su estabilidad; el uso de emulsionantes y sustitutos de grasas son una alternativa (Mirzanajafi et al., 2019).

El emulsionante y los sustitutos de grasas desempeñan un papel crucial para lograr una textura y estabilidad requerida. Los emulsionantes como la goma xantana o goma guar actúan formando una emulsión estable entre las fases de aceite en agua. Facilitan la formación de una matriz que mantiene las gotas de aceite en tamaños diminutos, dispersándose uniformemente en la fase acuosa, evitando la separación de fases y asegurando que la mayonesa baja en grasa tenga una consistencia suave y homogénea, asemejándose a la versión tradicional (Shi et al., 2023).

Una variedad de productos diseñada con el propósito de sustituir parcial o completamente la grasa en la dieta, sin alterar de manera significativa ni el sabor ni la



textura de los alimentos a los que el consumidor está familiarizado. En la mayonesa baja en grasa, los sustitutos de grasa desempeñan una doble función. En primer lugar, contribuyen a disminuir el contenido graso al proporcionar una estructura y textura que se asemejan a las grasas; estos sustitutos pueden ser almidones, proteínas vegetales o derivados lácteos bajos en grasas. En segundo lugar, actúan como estabilizantes al compensar la reducción del contenido graso y al mantener la emulsión. Además, ayudan a preservar la consistencia y previenen la separación de fases, asegurando así que la mayonesa baja en grasa tenga una vida útil aceptable y resulte atractiva para el consumidor (Quiroz, 2009).

2.6. POLISACÁRIDOS EN LA ELABORACIÓN DE MAYONESA BAJO EN GRASA

Los polisacáridos son ampliamente utilizados en la industria alimentaria debido a sus propiedades espesantes, gelificantes, de relleno y estabilizantes (Vargas A & Hernández V, 2013). Los polisacáridos tanto en su forma tradicional como los modificados se emplean en la producción de mayonesa, principalmente como agente viscosante y como emulsionante. La mayonesa, siendo una emulsión de aceite en agua, requiere el uso de polisacáridos para conservar la estabilidad de la emulsión y evitar la separación de ingredientes, contribuyendo así a mantener su textura y consistencia requerida (Mun et al., 2009). Los polisacáridos no tienen un olor ni un sabor particular, lo que le hace especial para incorporar en las salsas, además, se utiliza como espesante para evitar la separación de fases durante el almacenamiento de la mayonesa (Thaiudom & Khantarat, 2011).

En la industria de los alimentos, los polisacáridos cumplen diversos propósitos, pudiendo utilizarse como el almidón en su forma nativa o modificado. El almidón nativo,



empleado sin aditivos, posee la capacidad natural de gelificar, emulsionar, retener agua y mantener una textura adecuada. Por otro lado, el almidón modificado se obtiene a partir del almidón nativo mediante procesos fisicoquímicos o enzimáticos, alterando su estructura molecular. (Blok et al., 2023).

Para mejorar la estabilidad de la mayonesa baja en grasa, se utilizan almidón de trigo recocido y quercetina, que sustituye el contenido de grasa en un 50%. Demostrando una estabilidad en su emulsión, apariencia y vida útil. (Dan et al., 2024). Además, Mendoza C, (2020) en su investigación reformuló una mayonesa comercial mediante la incorporación de almidón modificado de maíz Snow Flake referencia G2141, que fue pregelatinizado. El almidón utilizado ayudó a preservar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto final, logrando así reducir más del 15 % del contenido de grasa en la mayonesa.

2.6.1. Insumos para la elaboración de mayonesa

De acuerdo a Badui (2006), sugiere que, para lograr una buena estabilidad en la mayonesa, se requiere especial atención tanto en la formulación como en las condiciones del proceso de emulsión. Puede emplearse una cantidad de 7-8% de yema de huevo, ya que su contenido de lecitina actúa como un excelente agente emulsificante. Asimismo, se recomienda utilizar un 0.5-1.0% de mostaza, ya que refuerza el establecimiento de una película interfacial que conserva la emulsión. Otros ingredientes que pueden incorporarse incluyen el jugo de limón o vinagre en un rango del 8-12%, y la cantidad de sal entre 1-2%. Además, se pueden agregar especias en una proporción de 2 a 4% y algunos emulgentes en cantidades mínimas.

a. Aceite vegetal



Los aceites son obtenidos de origen vegetal y están compuestos por glicéridos de ácidos grasos que no se mezclan fácilmente con el agua (Pérez, 2017). El aceite se encarga de aportar estabilidad a la emulsión y forma una consistencia cremosa, presentando un comportamiento reológico estable (Correa & Bonilla, 2016). Además, presenta un sabor neutro, lo que hace que la adición de otros ingredientes como el vinagre, el jugo de limón, la mostaza y las especias destaque en su sabor y apariencia (Wang et al., 2022).

La mayonesa debe estar preparada con aceite vegetal comestible, especialmente de soja. El aceite de soja actúa como un componente para lograr una emulsión estable, contribuyendo a la cremosidad de la mayonesa (Duarte & Orjuela, 2023).

b. Huevo

El huevo en su totalidad contiene el 50% de agua y el resto de los componentes son moléculas tensioactivas. El huevo presenta dos componentes distintivos: la clara y la yema. La clara está compuesta principalmente por proteínas, como la ovoalbúmina, lisozima y agua. La yema contiene principalmente lípidos y proteínas además de agua. (Hernández & Sastre, 2018). los componentes de la yema son; los fosfolípidos (lecitina) y proteínas presentes en la yema de huevo que actúan como agentes tensoactivos, facilitando la formación de emulsiones entre líquidos inmiscibles como el aceite y el agua. La característica más destacada es la presencia de un extremo polar y otro no polar (Duarte & Orjuela, 2023).

c. Vinagre y jugo de limón



El vinagre es un líquido ácido que actúa como preservante, evitando alteraciones de los agentes microbiológicos. Por otra parte, el vinagre contribuye a acentuar el sabor de los alimentos, salsas y aderezos (Orozco & Peralmo, 2021). Por otro lado, el jugo de limón tiene aproximadamente un 5 % de ácido cítrico. La acidez del limón impide el crecimiento de bacterias dentro de la emulsión y le da una mayor estabilidad en la elaboración de la mayonesa (Guzmán, 2015). Tanto el vinagre como el jugo de limón juegan un papel muy importante en la elaboración de la mayonesa, proporcionando un aroma peculiar y encargándose de aportar ese toque de acidez, logrando un equilibrio entre la grasa del aceite y la yema de huevo (Jing et al., 2023).

d. Sal

La adición de la sal realza los sabores y le da un buen equilibrio a la mayonesa. La sal es importante para promover la formación y estabilización de la emulsión a su vez mejora las características de gusto en la mayonesa (Depree & Savage, 2001).

e. Azúcar blanca

El azúcar blanco, ya sea pulverizado o no pulverizado, se agrega a la elaboración de una mayonesa (Pérez C, 2017). Su función principal es aportar sabor y al mismo tiempo impedir la proliferación de microorganismos (Hernández & Sastre, 2018).

f. Mostaza

La mostaza, elaborada a partir de semillas de mostaza del mismo nombre, tiene un aspecto pastoso y un sabor agridulce que deriva de una clase de



compuestos de azufre volátiles conocidos como isotiocianatos, especialmente isotiocianatos de alilo. Estos isotiocianatos se estabilizan en solución acuosa mediante la adición de ácido cítrico o aceite. La mostaza proporciona un sabor característico y aporta un color distintivo a la mayonesa (Depree & Savage, 2001).

g. Goma xantana

La goma xantana es un hidrocoloide producido por la fermentación de una bacteria (*Xanthomonas campestris*). Se utiliza en salsas, bebidas y otros alimentos, actuando como estabilizante y espesante en las emulsiones, ayudando a mantener en suspensión las partículas de la fase dispersa. Es soluble en agua fría y agua caliente, además, su viscosidad es estable (Shi et al., 2023). La goma xantana es compatible con una amplia variedad de ingredientes formulados para alimentos como ácidos, espesantes (almidón, celulosa), proteínas, azúcares y en altas concentraciones de sal (Carmona, 2015).

2.7. CAÑIHUA

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), ha experimentado una mayor expansión en Ecuador, Bolivia, Colombia y el Altiplano de Perú, en los departamentos de Junín, Cusco y principalmente en la región de Puno (Bravo et al., 2010). Cultivada en los andes a 3600 – 4400 msnm, tiene un contenido muy bajo de saponina (Benique, 2019).

La cañihua es una semilla cubierta por el perigonio de color gris (Apaza, 2010). Estas semillas son de diversas variedades (Cupi, Ramis e Illpa Inia) que difieren de acuerdo a su crecimiento, color y utilidad (Pinto, 2018). Además, se le conoce como pseudocereal, tiene un buen perfil nutricional, y su principal componente es el almidón que a su vez tiene un gran potencial para diferentes estudios alimentarios (Pérez & Antezana, 2018).

2.7.1. Almidón de cañihua

En los granos de pseudocereal el principal carbohidrato es el almidón que presenta entre el 55% a 85%, y en específico el grano de cañihua tiene un 66% a 68% de almidón aproximadamente. El grano de cañihua y de la quinua exhibe un tipo de almidón resistente que es rico en amilosa, en relación a otros pseudocereales (Huamanchumo, 2020). La cañihua variedad cupi contiene un 14.2% de amilosa y un 85.8% de amilopectina. Además, el almidón de cañihua, muestra una considerable capacidad de hinchamiento y gelatinización, estas propiedades se pueden aprovechar de manera beneficiosa en la industria alimentaria para mejorar la consistencia, estabilidad y textura de los alimentos (Sayra, 2021).

El almidón es la fracción más abundante y digerible, se utiliza como aditivo y mejora las características funcionales en los alimentos, desempeñando roles como espesante y gelificante (Peris, 2004). Además, se emplea para mejorar la viscosidad, estructura, firmeza y las características reológicas en diversos productos. El almidón contribuye a prevenir la separación de componentes en la mayonesa y aporta una textura cremosa (Villaruel et al., 2018).

Asimismo, los sustitutos de grasa a base de almidón optimizan la calidad de los alimentos bajos en grasa, principalmente por la capacidad de retención de agua en los sistemas alimentarios (Serinyel & Öztürk, 2017). En la actualidad, los hidrocoloides, polisacáridos y algunas proteínas se utilizan como sustitutos parciales en productos con alto contenido graso en distintos productos, reduciendo la grasa y manteniendo su textura similar a los productos originales. Los sustitutos grasos se aplican en análogos de mayonesa baja en grasa (Yang et al., 2020).



2.7.2. Gelatinización del almidón

El almidón es insoluble en agua; sin embargo, la hidratación es el primer paso y comienza cuando el almidón se disuelve en agua, esta molécula de agua ingresa en las cadenas de amilosa y amilopectina (López, 2013). La presencia de agua en los gránulos hace que se hidraten; la temperatura constante y la agitación producen una distorsión en las cadenas de amilosa hasta obtener el almidón hinchado, donde cambia su estructura y comienza a gelificarse (Villarreal et al., 2018).

La temperatura de gelatinización indica que el almidón alcanzó su viscosidad máxima. En general, la temperatura de gelatinización de los almidones es a 65°C aproximadamente, ya que depende de cada tipo de almidón (Badui D, 2006). La temperatura de gelatinización en el almidón de maíz se encuentra entre 69.5°C y 71.5°C (Pérez et al., 2005). La gelatinización inicial del almidón de cañihua variedad Cupi comienza a los 49.8°C (Sayra, 2021).

El almidón gelatinizado forma una matriz y una red de macromoléculas interconectadas que atrapan e inmovilizan el contenido de agua en todo su espacio; asimismo, presenta rigidez y elasticidad, mostrando una estructura semisólida (Badui, 2006). Al gelatinizar el almidón, cambia su estado fisicoquímico, implicando la reorganización de las moléculas de almidón (Villarreal et al., 2018).

2.8. PROPIEDADES REOLÓGICAS

La reología estudia la forma de cómo los materiales responden a esfuerzos o deformaciones aplicados en un tiempo determinado, la gran parte de los productos alimenticios son de naturaleza reológica compleja y su viscosidad dependen de la

temperatura, composición, esfuerzo, velocidad de corte, tiempo de aplicación del esfuerzo de corte, condiciones de obtención y preparación de la muestra (Gallego et al., 2012).

Distintos autores estudiaron las propiedades reológicas de los alimentos donde la suavidad, granulosidad y viscosidad pueden influir en la percepción del gusto y sabor (Fomuso et al., 2001). Asimismo, la reología de una mayonesa tiene la importancia en su formulación, situación de proceso y control de calidad, mostrando que la mayonesa tiene un límite elástico (Liu et al., 2007).

2.8.1. Reología de la mayonesa

Se estudia la reología de la mayonesa debido a su relevancia en la selección de la formulación, las condiciones de proceso y el control de calidad. La mayonesa puede tener un comportamiento pseudoplástico o tixotrópicos además pueden ser dependientes o independientes del tiempo (Liu et al., 2007).

Los métodos experimentales usados para el estudio reológico de las mayonesas son los de cizalla estacionaria y dinámica (Valenzuela, 2010). El comportamiento reológico de la mayonesa es viscoso en un inicio y pseudoplástico al final de acuerdo a su estudio de estabilidad (Correa & Bonilla, 2016). Asimismo, la mayonesa es una emulsión que no cumple la ley de Newton (Gutiérrez & Luera, 2015). La mayonesa que contiene espesantes y estabilizantes tienen una mayor estabilidad reológica y presenta un comportamiento pseudoplástico (Juszczak et al., 2003).

2.8.2. Barrido de frecuencia

Los estudios de barrido de frecuencia son procedimientos donde se analizan las propiedades mecánicas de un material en función de la frecuencia



aplicada, manteniendo una temperatura constante. Este estudio proporciona información valiosa sobre cómo un material responde a un rango de frecuencias. Por medio del barrido de frecuencia se determina la viscoelasticidad (Muller, 1978).

A baja influencia de las fuerzas de cizallamiento, los fluidos viscoelásticos muestran un comportamiento de tipo fluido (plástico) y tipo sólido (elástico) (Steffe, 1996). La viscoelasticidad se manifiesta de la siguiente manera: a baja tasa de deformación, los fluidos viscoelásticos exhiben un comportamiento elástico, es decir, su estructura se mantiene sólida y recupera su forma original después de la deformación. Sin embargo, a tasa de deformación elevada, estos fluidos se comportan viscosamente, lo que significa que fluyen como líquidos, perdiendo temporalmente su estructura y adoptando un comportamiento similar al de los líquidos convencionales (Rojas et al., 2012).

En muchos casos, se observa que los valores de módulo de almacenamiento (G') y módulo de pérdida (G'') crecen a medida que aumenta la frecuencia. entonces, el material se comporta como un "gel fuerte". Esto ocurre cuando las reorganizaciones moleculares dentro de la estructura de una emulsión son muy limitadas en la escala de tiempo analizado. Si el valor de G' es mayor que el de G'' exhibe un comportamiento predominante sólido, si G'' es mayor que el de G' el material se comporta como un líquido (Quintana, 2003). Por otro lado, para un "gel débil" existe una mayor dependencia de la frecuencia en los módulos dinámicos, lo que indica que se están produciendo procesos de relajación incluso en escalas de tiempos cortos. Esto sugiere que hay una mayor influencia de procesos de relajación en el comportamiento mecánico del material (Rao, 2010).

Para un alimento específico, los valores de G' (módulo de almacenamiento) y G'' (módulo de pérdida) se ven afectados por la frecuencia, la temperatura y la magnitud de la deformación aplicada. Estas propiedades viscoelásticas son cruciales en la descripción de cómo se comportan las emulsiones en la estructura de los alimentos. En su mayoría las pastas, salsas, emulsiones y otros geles suelen ser viscoelásticos (Ahmed et al., 2017; Patel et al., 2013).

Para la elaboración de una mayonesa baja en grasa se incluye un tipo de almidón y este se extrae a base de anhídrido octenil succínico. Donde la mayonesa resultante presenta un mayor módulo de almacenamiento (G') que, exhibe una estructura similar a un gel fuerte. Entonces, el almidón juega un papel muy importante en las propiedades estructurales (Bajaj et al., 2019). Cuando el $G' > G''$, entonces, la mayonesa tiende a comportarse más como un tipo sólido, quiere decir, que al someterse a deformaciones puede recuperarse porque, tiene un comportamiento elástico (Zhang et al., 2008).

a. Factor de pérdida

Del análisis de barrido de frecuencia, se obtiene un importante indicador denominado factor de pérdida ($\tan \delta$). Este indicador nos da la información sobre cómo el fluido responde ante la deformación aplicada durante el experimento y describe su nivel de viscoelasticidad (Quintana, 2003).

La fórmula para calcular el factor de pérdida ($\tan \delta$) es:

$$\tan \delta = G'' / G'$$

Cuando $\tan \delta$ tiene un valor igual a 0, esto indica que es una respuesta idealmente elástica, lo que significa que la deformación aplicada se recupera



completamente, sin pérdida de energía. Por otro lado, cuando $\tan \delta$ tiene un valor de ∞ , esto sugiere una respuesta idealmente viscosa, donde la deformación no se recupera y toda la energía se disipa en el proceso (Steffe, 1996).

En términos más sencillos, a medida que el valor de $\tan \delta$ aumenta, la contribución elástica del sistema se hace más dominante, mientras que la contribución viscosa disminuye. Este indicador es crucial para comprender cómo un material se comporta mecánicamente y se utiliza en diversas aplicaciones en la industria de los alimentos (Casas & Gisseth, 2016).

2.8.3. Comportamiento de flujo y viscosidad

El comportamiento de los fluidos en los alimentos es complejo y está influenciado por varios factores, como la viscosidad aparente, velocidad de cizalla, temperatura, contenido de humedad, historia térmica y esfuerzo de cizalla. (Steffe, 1996).

El análisis del cambio en la viscosidad en relación con la velocidad de cizallamiento se conoce como curva de flujo. En muchas ocasiones, los fluidos de interés en la industria no siguen estrictamente la Ley de Newton, ya que su viscosidad varía en función de la velocidad de cizallamiento aplicada. Por lo tanto, los estudios de curva de fluidez proporcionan datos esenciales para comprender el tipo de comportamiento que exhiben estas sustancias. Estos análisis son fundamentales para evaluar cómo los fluidos se comportan en diversas aplicaciones en la industria alimentaria (Díaz, 2018).

Para describir los diferentes tipos de comportamiento no newtoniano, se recurre a reogramas, son representaciones gráficas que muestran cómo una sustancia fluye bajo condiciones específicas, como la velocidad y la fuerza de



cizallamiento son aplicadas. Dichos reogramas son herramientas esenciales para comprender y caracterizar el flujo de sustancias que no se comportan de acuerdo con la Ley de Newton. Su análisis proporciona información valiosa sobre cómo los fluidos responden a diferentes condiciones, lo que es esencial en diversas aplicaciones, incluyendo la industria y la investigación (Casas & Gisseth, 2016).

Una característica de la viscosidad es que 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 de aceite y otros efectos relacionados con la formulación de una emulsión. La medición de la viscosidad se realiza utilizando un reómetro, en el cual se determina la viscosidad a diferentes velocidades de frecuencia (Duarte & Orjuela, 2023).

La ley de potencia es un modelo matemático, ampliamente utilizado en fluidos no newtonianos. Dependiendo del valor del comportamiento de flujo " n ", explica si la sustancia se comporta como un fluido pseudoplástico o dilatante. Además, indica que si $n < 1$, el fluido tiene un comportamiento pseudoplástico; si $n > 1$, el fluido es dilatante y si $n = 1$ es un fluido newtoniano (Ramírez, 2006).

Los constantes del comportamiento de flujo son los siguientes:

El coeficiente de consistencia K , es una constante de proporcionalidad entre la relación de deformación y el esfuerzo de corte aplicado que la produce. Por lo tanto, es un indicador del grado de viscosidad en fluidos no newtonianos, en otras palabras, K refleja cuánto esfuerzo es necesario para deformar el fluido a una cierta velocidad de corte (Steffe, 1996).

El índice del comportamiento de flujo “ n ”, es un número adimensional que indica la cercanía al flujo newtoniano. Si n es igual a 1 es un fluido newtoniano (su viscosidad no cambia con la velocidad de corte), si n es mayor que 1 corresponde a un fluido dilatante (el material se espesa o se convierte más viscoso a medida que sube la velocidad de corte) y si n es menor que 1 pertenece a un fluido pseudoplástico (la viscosidad disminuye con el aumento de velocidad de corte, haciendo que el material fluya con facilidad a velocidad de corte más elevada) (Steffe, 1996).

2.9. PROPIEDADES ESTRUCTURALES DE MAYONESA

2.9.1. Tamaño de las gotas de aceite

El tamaño de las gotas de aceite en una emulsión desempeña un papel crucial en diversos aspectos, como la estabilidad, las propiedades visuales, el comportamiento frente al flujo y las percepciones sensoriales. La magnitud de los tamaños de aceite se convierte en un indicador fundamental para evaluar la calidad de la mayonesa, ya que influye directamente en el sabor, la textura, la viscosidad y la apariencia del producto. En términos generales, se prefiere que las gotas de aceite sean más pequeñas en lugar de grandes. En la elaboración de una mayonesa, es recomendable utilizar un equipo de alta velocidad, como un homogeneizador, para poder reducir el tamaño de las gotas de aceite (Duarte & Orjuela, 2023). De acuerdo al tamaño de las gotas de la fase dispersa, las emulsiones se dividen en: macro-emulsiones (0,5 a 100 μm), micro-emulsiones (10-100 nm) y nano-emulsiones (100 a 1000 nm) (Ayala, 2017). En una mayonesa baja en grasa, la buena distribución de tamaño de gotas de aceite y la interacción de las moléculas de aceite y agua junto a un surfactante conservará su estabilidad (Madiedo, 2001).



La distribución de tamaños de gota en las emulsiones está influenciada por factores como la composición, la formulación y el protocolo de emulsificación utilizado en su preparación. Esta distribución afecta otras propiedades de la emulsión, como la viscosidad y la estabilidad. Por ejemplo, las emulsiones con gotas más pequeñas tienden a ser más viscosas y estables. Además, esta distribución puede presentar una o varias "modas", que son picos en las frecuencias de tamaños de gota. Por lo tanto, podemos hablar de distribuciones monomodales y bimodales (Reyes & Scipio, 2012).

2.9.2. Forma de las gotas de aceite

La forma de las gotas de aceite generalmente depende de una emulsión que está compuesta de dos líquidos inmiscibles (aceite en agua), de un surfactante y de una fuerza mecánica, la fase dispersa se encuentra como pequeñas gotas de forma esférica en la fase continua. El diámetro de estas gotas varían entre 0,1 a 100 μm (Brewer et al., 2016).

Una emulsión estable mantiene las gotas de aceite en forma esférica empaquetadas en la fase continua, lo que ocurre en la mayonesa convencional es que no están bien definida su forma esférica de las gotas por su alto contenido de aceite, ya que la firmeza de cada gota de aceite es débil (Depree & Savage, 2001). Por ende, la yema de huevo y los polisacáridos son vitales para la estabilidad entre el aceite y el agua (Mirzanajafi et al., 2019). En la mayonesa las gotas de aceite están dispersas uniformemente en la fase acuosa y son rodeadas por moléculas tensioactivas, así se mantiene una textura adecuada y se evita la floculación (Martínez, 2013).



2.10. PROPIEDADES FISICOQUÍMICOS DE MAYONESA

2.10.1. Estabilidad de la emulsión

La estabilidad de la mayonesa baja en grasa se puede mejorar agregando estabilizadores como; tensoactivos de moléculas pequeñas (Tweens), polisacáridos (almidón), fosfolípidos (lecitina de soja, huevo o lácteos), proteínas anfífilos (caseinatos) e hidrocoloides (Goma xantana, pectina, alginato). Además, la estabilidad de la mayonesa, depende de una serie de factores, como la elección apropiada de los componentes (ingredientes) de la misma y el método de procesamiento (García, 2021).

La estabilidad de la emulsión, hace referencia a la capacidad de la emulsión de la mayonesa para resistir cambios en sus propiedades a lo largo del tiempo; en otras palabras, cuanto más estable sea la mayonesa, más gradual será el cambio en sus propiedades. La inestabilidad de una mayonesa puede deberse a factores físicos, como alteraciones en la distribución del tamaño de las gotas de aceite, o a cambios químicos en sus componentes (Río et al., 2022).

Cuando la emulsión es estable uno de los líquidos se encuentra formando pequeñas gotas en el interior del otro (Borja & Villatoro, 2015). El uso de estabilizantes dependerá del tipo de aplicación del producto. Los estabilizantes más comunes son los surfactantes o tensoactivos (González et al., 2020). El uso de estabilizantes mejoran el aspecto, consistencia y viscosidad de una mayonesa (Rodríguez, 2021). Sin embargo, la estabilidad de una emulsión puede verse afectada por factores como; la poca concentración de tensoactivos, la temperatura y el pH (Martínez, 2013).

a. Emulsión simple



Aceite en agua (O/W): es aquella en la que el aceite se encuentra en forma de pequeñas gotas como fase dispersa y el agua en fase continua como agente dispersante. Las emulsiones de aceite en agua se estabilizan con compuestos más hidrosolubles como proteínas y fosfolípidos. Entre ellos se encuentra la mayonesa, la leche, los aderezos, y las cremas (Navas, 2007).

Agua en aceite (W/O): Es aquella en donde las gotas de agua se distribuyen en la fase continua del aceite, las emulsiones de agua en aceite se estabilizan con sustancias liposolubles, como el colesterol y las sales de calcio de los ácidos grasos; el ejemplo más representativo es la mantequilla o margarina (Navas, 2007).

b. Fenómenos de inestabilidad

Las emulsiones sufren un proceso denominado desestabilización que es causada por diferentes factores, estos están relacionados con las características de los fluidos o con los tensoactivos denominados surfactantes, con carácter hidrofílico (Pérez, 2013).

Según Martínez, (2013) la inestabilidad de las emulsiones son causadas por distintos fenómenos que ayudan a la ruptura de la emulsión y obtención de dos fases, existen diversos factores de mecanismo que pueden provocar la separación de fase de una emulsión. Los principales fenómenos de inestabilidad son; el cremado, floculado, degradación y coalescencia (Aranberri et al., 2010).

2.10.2. Índice de peróxidos

El índice de peróxidos es un indicador de medida utilizada para determinar la cantidad de compuestos de peróxidos presentes en sustancias que se encuentran en el aceite. En el caso de la mayonesa, el índice de peróxidos es relevante, ya que



proporciona información sobre su frescura y calidad. La mayonesa, al estar compuesta por aceite en agua, puede experimentar oxidación debido a factores como el tiempo, la exposición al aire y la luz. Estos factores pueden desencadenar una reacción del aceite con el oxígeno presente en el aire (Rodríguez, 2021).

El bajo índice de peróxidos indica que la mayonesa está en condiciones óptimas. Por otro lado, si el índice de peróxidos es alto, es un indicativo de que la mayonesa comienza a deteriorarse y deja de ser apta para el consumo. Este deterioro afecta negativamente su valor nutricional, provocando enranciamiento y generando sabores y olores desagradables (Ahmadi et al., 2022).

La autooxidación consta de tres fases: iniciación, propagación y terminación. En la fase de iniciación, la luz interactúa con la grasa insaturada, generando radicales libres. La fase de propagación involucra la reacción de estos radicales libres con el oxígeno, formando radicales de peróxido. Finalmente, la fase de terminación es provocada por la cantidad de aceite y la formación de oxígeno, lo que inicia el deterioro de la mayonesa (Depree & Savage, 2001).

Se utiliza el índice de peróxidos para evaluar el nivel de oxidación en las fases iniciales de la deterioración de una grasa o aceite. El índice de peróxido es una medida cuantitativa de los peróxidos en un producto y puede indicar el inicio de la oxidación. La oxidación es el proceso químico general de deterioro debido a la interacción del oxígeno con los lípidos, mientras que la rancidez es el resultado específico de este proceso, manifestándose en cambios de sabor y olor no deseados (Fuentes & Fuentes, 2023)

De acuerdo al Codex Alimentarius (1999) suscribe que la cantidad de peróxidos será ≤ 10 miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de muestra. Según



Depree & Savage, (2001) indica que el método del índice de peróxido se utiliza para determinar el inicio de la oxidación. Además, la oxidación depende del tipo de aceite; por ejemplo, el aceite de soja contiene una mayor cantidad de antioxidantes, especialmente el tocoferol, que reduce la oxidación acelerada



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se desarrolló en el laboratorio de Biotecnología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, donde se evaluó las propiedades reológicas, estructurales y fisicoquímica (estabilidad de la emulsión) y se desarrolló un análisis de las propiedades fisicoquímicas (índice de peróxidos) en el laboratorio CICAL (Centro de Investigación en Ciencias de los Alimentos) de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias – Universidad Peruana Unión de la ciudad de Juliaca.

3.2. MATERIALES PARA EL USO EXPERIMENTAL

3.2.1. Insumos

Los granos de cañihua variedad Cupi se obtuvieron del INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria) - Estación experimental Rinconada Salcedo de la ciudad de Puno y los insumos utilizados para elaborar la mayonesa se adquirieron del supermercado plaza Vea-Puno.

- Almidón de cañihua (obtenido en laboratorio de Biotecnología-EPIA)
- Aceite de soja (marca cíl).
- Agua destilada.
- Huevo (marca calera).
- Vinagre blanco (marca Fanny).
- Zumo de limón (fresco)



- Goma xantana (E-415, Centro comercial Juliaca).
- Sal de mesa (marca marina).
- Azúcar blanca (pulverizada).
- Mostaza.

3.2.2. Materiales

- Vasos de precipitados pírex de 5ml, 50ml, 100ml, 500ml y 1000ml
- Pipeta graduada Pírex (10ml)
- Termómetro de mercurio (máximo 120 °C).
- Tubos de ensayo Pírex con tapa rosca de 12 ml.
- Mortero de material porcelana.
- Espátulas de diferentes tamaños.
- Luna de reloj.
- Portaobjetos y cubreobjetos.
- Bolsa de Ziploc de polietileno.
- Papel filtro.
- Tela filtrante (muselina)
- Papel de aluminio.
- Papel toalla.

3.2.3. Equipos

- Microscopio, marca Olympus, modelo BX43, equipado con cámara digital marca Leica.
- Ultraturrax, marca IKA, modelo T50.



- Reómetro Modular Compacto, marca Anton Paar GmbH Graz Austria, modelo MCR 302, equipado con un plato paralelo de 50 mm de diámetro (PP50).
- Agitador magnético con calefacción, marca IKA, modelo C-MAG HS 7.
- Baño maría, marca MEMMERT GmbH, modelo WEN22.
- Balanza analítica, marca 3S CIENTIFIC, modelo FA2104.
- Centrífuga, marca KERLAB, modelo CH90.
- Estufa de secado, marca OVENS, modelo 50L.
- Licuadora Marca Oster.

3.2.4. Software

- Programa CellSens Estándar.
- Software del Reómetro Modular compacto (MCR) “Anton Paar RheoCompass”.
- MiniTab.16.
- Matlab.
- SigmaPlot 14.

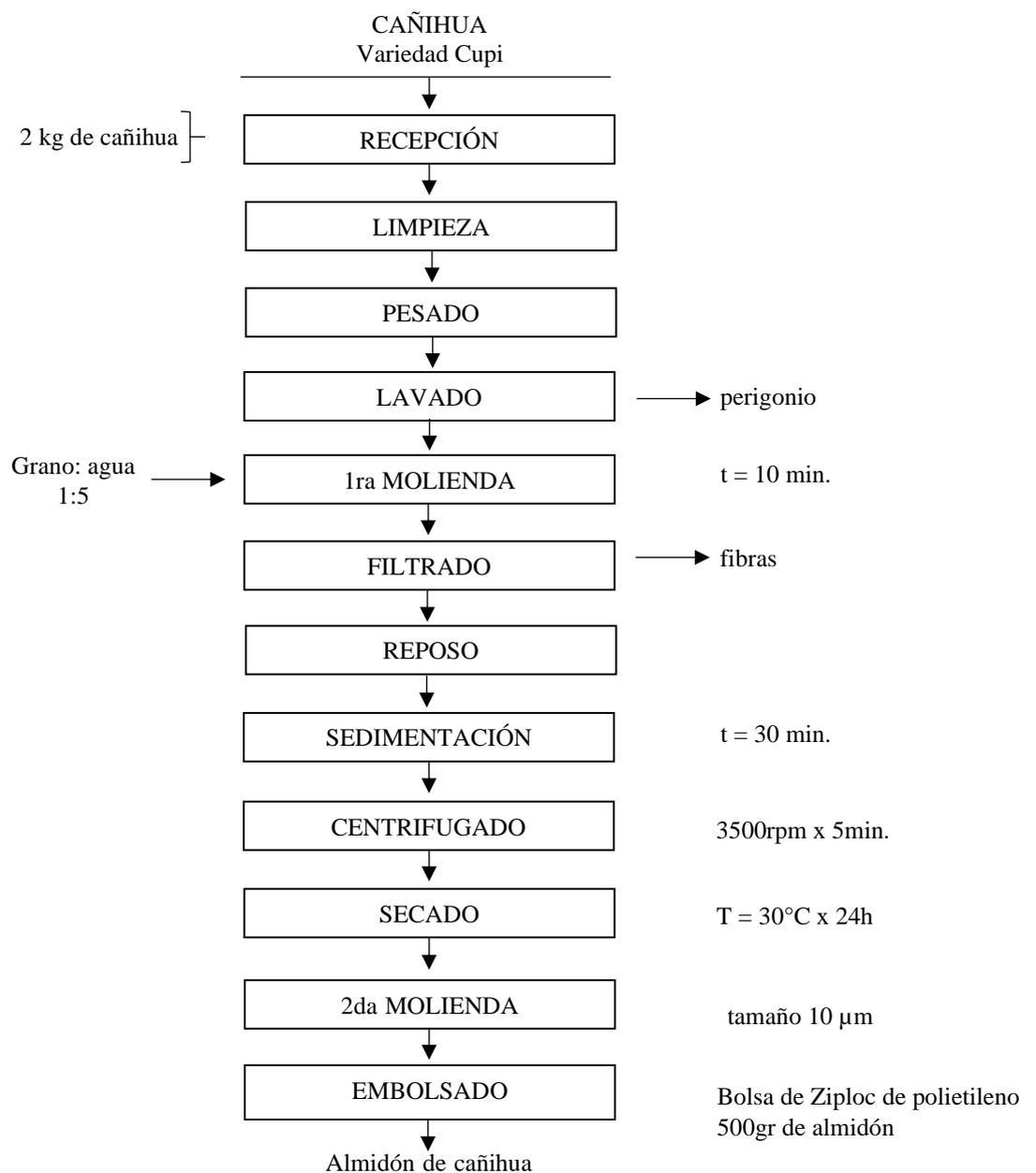
3.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.3.1. Proceso de extracción de almidón de cañihua

En la Figura 2, se exhibe el diagrama de flujo para obtener almidón de cañihua, de acuerdo a lo descrito por Sayra, (2021) con ciertas modificaciones.

Figura 2.

Diagrama de flujo para la obtención de almidón de cañihua



Fuente: elaboración propia.



Descripción del diagrama de flujo:

- a) Recepción:** Se recibió 2 kilos de cañihua variedad cupi procedente del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
- b) Limpieza:** Se realizó una limpieza del grano con la finalidad de retirar pajas, piedras y tierra de manera manual.
- c) Lavado:** El lavado se realizó con la adición de agua potable, el grano quedó sumergido por completo, luego se dejó escurrir el agua, se enjuagó varias veces hasta retirar todo el perigonio.
- d) 1ra molienda:** Los granos de cañihua se trituraron en una licuadora a toda velocidad durante 10 minutos, la relación de grano: agua fue de 1:5.
- e) Filtrado:** Se filtró la suspensión a través de una tela muselina en ella se retuvo la fibra y pasó todo el almidón.
- f) Reposo:** la suspensión se llevó a refrigeración y se dejó reposar durante 24 horas donde en la parte superior se formó un color amarillo pardo este se desechó, se agregó agua pura y se removió la sedimentación.
- g) Sedimentación:** la suspensión se dejó sedimentar durante 30 minutos, pasado el tiempo se pudo observar que en la parte superior se formó de color blanco (almidón) este fue llenado en los tubos de ensayo en la parte inferior quedó un color amarillo – pardo – gris que fue desechado.
- h) Centrifugado:** los tubos de ensayo se centrifugaron a velocidad de 3500 rpm durante 5 minutos, luego fue desechado el sobrenadante y se raspó la capa blanca de almidón.
- i) Secado:** La capa blanca de almidón se retiró en una luna de reloj y fue llevado a una estufa a temperatura de 30 °C por 24 horas.

j) 2da molienda: El almidón seco se reducir su tamaño en 10 μm . aproximadamente.

k) Embolsado: Se obtuvo 500 gr de almidón de cañihua y se embolsó en una bolsa de ziploc de polietileno para su posterior uso.

La descripción del procedimiento se realizó de acuerdo a la metodología aplicada por Fuentes et al., (2019) con algunas modificaciones.

3.3.2. Formulación de mayonesa baja en grasa

En la Tabla 2, se detalla la composición de los ingredientes utilizados para la elaboración de la mayonesa baja en grasa a distintas concentraciones de O/W sustituido con almidón de cañihua gelatinizado (ACG) y se muestra los cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4).

Tabla 2.

Formulación de ingredientes para elaborar la mayonesa baja en grasa con sustitución de almidón de cañihua gelatinizado

Ingredientes	Tratamientos			
	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)
ACG	10	20	10	20
Aceite	35	30	21	18
Agua	35	30	49	42
Huevo	8	8	8	8
Mostaza	0.6	0.6	0.6	0.6
Azúcar	1	1	1	1
Sal	2	2	2	2
Limón	4	4	4	4
Vinagre	4	4	4	4
Goma Xantana	0.4	0.4	0.4	0.4
Total	100%	100%	100%	100%

Nota: ACG: Almidón de cañihua gelatinizado.

Fuente: elaboración propia.



Los porcentajes de cada tratamiento se muestran en relación al total de la formulación, los insumos que se incorporaron fueron: yema de huevo, mostaza, azúcar, sal, limón, vinagre y goma xantana se mantuvieron constantes así mismo, que representan el 20% respectivamente (Badui, 2006). El resto de la formulación vendría a ser el 80% estos ingredientes son claves, varían sus proporciones y los tratamientos son: T1 aceite 35%, agua 35% y ACG al 10%, T2 aceite 30%, agua 30% y ACG al 20%, T3 aceite 21%, agua 49% y ACG al 10% y, T4 aceite 18%, agua 42% y ACG 20%, los diferentes porcentajes de agua y ACG se utilizaron para reemplazar el contenido de grasa de la mayonesa.

3.3.3. Proceso de gelatinización del almidón de cañihua

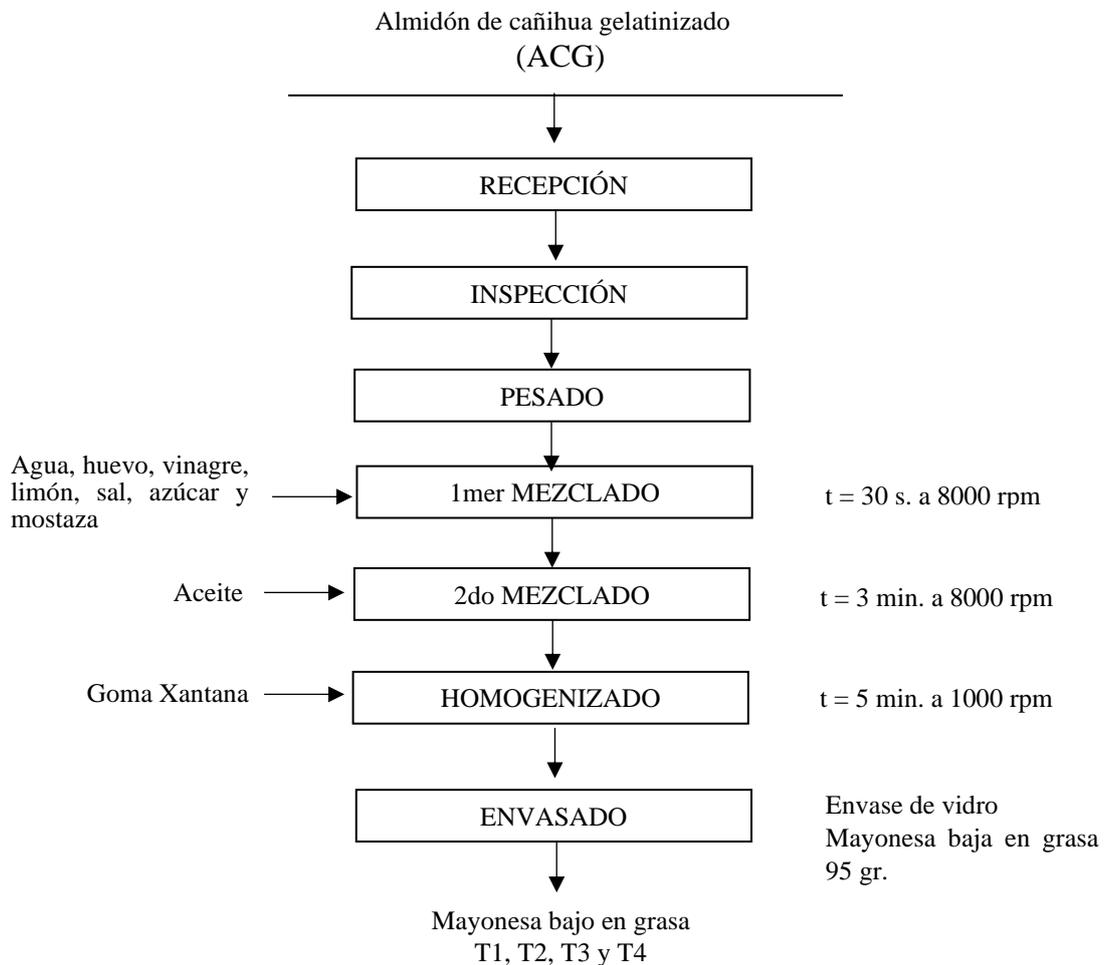
La gelatinización del almidón de cañihua se realizó de acuerdo al proceso descrito por Sayra, (2021) con algunas modificaciones. Primero, se realizó una suspensión de almidón: agua en relación de 3:7, luego se llevó a baño maría donde la temperatura de gelatinización del almidón fue de 50°C. La temperatura de la muestra de almidón fue controlada con termómetro de mercurio. Finalmente, el almidón de cañihua gelatinizado (ACG) resultante se reservó a temperatura ambiente para incorporar en la elaboración de mayonesa baja en grasa.

3.3.4. Proceso de elaboración de la mayonesa baja en grasa

En la Figura 3, se presenta un diagrama de flujo de la elaboración de mayonesa baja en grasa donde, el procedimiento establecido se basó de acuerdo a la metodología descrita por Thaiudom & Khantarat, (2011) con algunas modificaciones.

Figura 3.

Diagrama de flujo para la elaboración de mayonesa baja en grasa sustituido con almidón de cañihua.



Fuente: elaboración propia.

Descripción del diagrama de flujo:

- a) Recepción:** los insumos ACG (almidón de cañihua gelatinizado), agua, aceite, huevo, vinagre, zumo de limón, sal, azúcar, mostaza y goma xantana fueron recepcionados para la elaboración de mayonesa bajo en grasa.



- b) Inspección:** Se observó la fecha de producción y fecha de vencimiento de los insumos con la finalidad de no tener ningún inconveniente durante la obtención del producto.
- c) Pesado:** los ingredientes (ACG, agua, aceite, yema de huevo, vinagre, zumo de limón, sal, azúcar, mostaza y goma xantana) fueron pesados en una balanza analítica para las diferentes formulaciones que se pueden apreciar en la tabla 2.
- d) 1er mezclado:** En esta etapa se agregó agua, ACG, yema de huevo, vinagre, jugo de limón, mostaza, sal y azúcar en polvo donde se realizó la primera mezcla en el equipo Ultraturrax a una velocidad de 8000 rpm durante 30 segundos.
- e) 2do mezclado:** Se le incorporó el aceite de manera lenta formando un hilo, dicha mezcla se realizó por 3 minutos a una velocidad de 8000 rpm.
- f) Homogenizado:** Se agregó goma xantana y se homogenizó a una velocidad de 1000 rpm durante 5 minutos.
- g) Envasado:** Las muestras T1, T2, T3 y T4 se envasaron en recipientes de vidrio con cierre hermético y se envolvieron con papel de aluminio para proteger de la luz exterior. Se mantuvo a temperatura ambiente y en seguida se realizaron las evaluaciones correspondientes a cada muestra.

3.4. PROPIEDADES REOLÓGICAS DE MAYONESA BAJA EN GRASA

Las pruebas reológicas se realizaron mediante el equipo Reómetro Modular Compacto (RMC 302, Anton Paar GmbH, Graz, Austria) con placa paralela de 50 mm de diámetro. Se evaluaron a los tratamientos T1 (O/W 35/35, ACG 10%), T2 (O/W 30/30, ACG 20%), T3 (O/W 21/49, ACG 10%) y T4 (O/W 18/42, ACG 20%) y una muestra control (Mayonesa convencional).

3.4.1. Comportamiento viscoelástico

Se realizó la evaluación a una muestra control y a 4 tratamientos, en un equipo de Reómetro Modular Compacto donde se ajustó a 1 mm de distancia el plato paralelo y se cargó 5 gramos de muestra, se dejó a 25°C durante 5 minutos hasta mantener un equilibrio. El comportamiento viscoelástico se estudió a través de un barrido de frecuencias, a una temperatura de 25°C de 0.1 a 10 Hz (0.628 - 62.8 rad/s), a una deformación constante del 1% dentro de la RVL (región viscoelástico lineal). Las evaluaciones de acuerdo a Yang et al., (2020) con algunas modificaciones.

3.4.2. Comportamiento de flujo y viscosidad

La muestra control y los 4 tratamientos preparados a diferentes concentraciones de aceite, agua y almidón de cañihua gelatinizado (ACG), se evaluaron en el equipo Reómetro Modular Compacto donde se cargó 5 gramos de muestra la placa paralela, el esfuerzo cortante aplicado fue entre un rango de 0.1 a 1000 s⁻¹ a una temperatura de 25 °C y se equilibró durante 5 minutos. Se realizaron tres réplicas a cada muestra, los resultados se ajustaron de acuerdo al modelo de ley de potencia.

$$\sigma = K * \gamma^n$$

Donde:

σ : esfuerzo de corte (Pa),

K: coeficiente de consistencia (Pa.sⁿ),

γ : velocidad de deformación (s⁻¹), y la



n : índice de comportamiento de flujo (adimensional) de acuerdo a Park et al., (2020) con algunas variaciones.

3.5. PROPIEDADES ESTRUCTURALES DE MAYONESA BAJA EN GRASA

La mayonesa baja en grasa sustituido a diferente porcentaje de almidón de cañihua gelatinizado, se formuló 4 tratamientos (en seguida se realizaron las pruebas) y una muestra control (mayonesa convencional), donde se evaluó las propiedades estructurales (tamaño y forma de las gotas de aceite).

3.5.1. Tamaño y forma de las gotas de aceite

De la muestra control y los tratamientos T1, T2, T3 y T4 se utilizó una pequeña gota de mayonesa, lo cual se colocó en un portaobjeto se cubrió con un cubreobjeto se presionó ligeramente para dispersar y formar un monocapa, se llevó a un microscopio óptico (Marca Olympus BX43), se enfocó con el lente objetivo 40X, mediante una cámara digital (Marca Leica) se capturó las imágenes por medio del programa (CellSens Estándar) se observó la microestructura de la emulsión (Katsaros et al., 2020).

3.6. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE MAYONESA BAJA EN GRASA

3.6.1. Estabilidad de la emulsión

Para determinar la estabilidad de la emulsión se evaluaron a una muestra control (mayonesa convencional) y a los 4 tratamientos después de su elaboración se evaluaron de manera inmediata.

De acuerdo a Park et al. (2020), en su investigación empleó el método de centrifugado, este método se aplicó en esta investigación con algunas



modificaciones. Primero las muestras de 10 g. se transfirieron a un tubo cónico de 50 ml y se llevó a baño maría a una temperatura de 60 °C por 30 min. en seguida se llevó a una centrifugadora (Marca KERTLAB, Modelo CH90) y fue centrifugado a 4 000 rpm durante 30 min. Se midió el peso del aceite separado para calcular la estabilidad de la emulsión. Se realizó las mediciones, utilizando la siguiente fórmula:

$$\textit{Estabilidad de la emulsión (\%)} = (F_1 / F_0) \times 100$$

Donde:

F_0 = peso inicial de cada muestra de 10g.

F_1 = peso de fracción precipitada.

3.6.2. Índice de peróxidos

Para determinar el índice de peróxido, la mayonesa baja en grasa fue elaborada en el laboratorio de Biotecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA-Puno. Los 4 tratamientos resultantes se reservaron en envases herméticos de vidrio, se cubrió con papel de aluminio para proteger de la luz exterior y se rotuló. Las muestras se colocaron en un cooler seguro y estable, se evitó movimientos excesivos durante el transporte (duró dos horas) y se trasladó a temperatura ambiente hasta el Laboratorio de Centro de Investigación en Ciencias de los Alimentos de la UPeU para su respectiva evaluación.

El traslado y la evaluación de las muestras se realizaron en dos días donde: El primer día se llevó la muestra control (mayonesa convencional), T1 y T2. El segundo día se llevó el T3 y T4.



La determinación del índice de peróxido se realizó por el método de AOCS (American Oil Chemists' Society) Cd 8b-90 Peroxide Value Acetic Acid-Isooctane, el cual indica:

a. Preparación de los reactivos

1. Solución de ácido acético-isooctano: 3 volúmenes de ácido acético glacial de grado reactivo con 2 volúmenes de isooctano de grado reactivo.
2. Solución de Yoduro de potasio (KI): se le agrega 2 gotas de solución de almidón de a 0,5 ml de solución de KI en 30 ml de la solución de ácido acético-isooctano, si presenta un color azul que requiere más de 1 gota de solución de tiosulfato de sodio de 0,1 M.
3. Solución de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$): 0,1 M, se agrega dicromato de potasio. Se añade una solución de tiosulfato de sodio: 0,01 M, estandarizada con precisión. Luego se utiliza una solución indicadora de almidón. Finalmente se agrega el lauril sulfato de sodio (SDS): $\geq 98 \%$.

b. Procedimiento

1. Pesar una cantidad de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml con tapón de vidrio y agregue 50 ml de la solución de ácido-isooctano acético 3:2. Agite para disolver la porción de prueba. Añadir 0,5 ml de solución saturada de KI utilizando una pipeta volumétrica adecuada.
2. Deje reposar la solución durante exactamente 1 minuto, agite bien la solución al menos tres veces durante ese minuto y luego agregue inmediatamente 30 ml de agua destilada.



3. Valorar con tiosulfato de sodio 0,1 M, agregándole gradualmente y con agitación constante. Continúe la valoración hasta que el color amarillo del yodo casi se pierda. Añadir 0,5 ml de SDS al 10 % (Reactivos) y después adicione 0,5 ml de solución indicadora de almidón. Siga con la titulación y agite de forma continua, para liberar todo el yodo de la capa de disolvente. Agregue la solución de tiosulfato gota a gota hasta que el color azul desaparezca.
4. Realizar una determinación en blanco de los reactivos. La titulación en blanco no debe exceder los 0,1 ml de solución de tiosulfato de sodio 0,1 M.

Cálculo

Índice de peróxido (miliequivalentes de peróxido/1000 g de porción de prueba).

Dónde:

$$\text{Índice de Peróxidos} = \frac{(S - B) \times M \times 1000}{\text{Muestra, g.}}$$

B = volumen gastado (ml) de blanco (tiosulfato de sodio blanco).

S = volumen (ml) gastado de porción de muestra.

M = Molaridad de la solución de tiosulfato de sodio.



3.7. FACTORES DE ESTUDIO

Para el primer objetivo específico:

Factor 1: inclusión de almidón de cañihua gelatinizado (ACG) (10% y 20%).

Factor 2: inclusión de aceite (O) (35%, 30%, 21% y 18%)

Factor 3: inclusión de agua (W) (35%, 30%, 49% y 42%)

Variable de respuesta: propiedades reológicas (viscoelasticidad, comportamiento de flujo y viscosidad)

Para el segundo objetivo específico:

Factor 1: inclusión de almidón de cañihua gelatinizado (ACG) (10% y 20%).

Factor 2: inclusión de aceite (O) (35%, 30%, 21% y 18%).

Factor 3: inclusión de agua (W) (35%, 30%, 49% y 42%).

Variable de respuesta: propiedades estructurales (tamaño y forma de las gotas de aceite)

Para el tercer objetivo específico:

Factor 1: inclusión de almidón de cañihua gelatinizado (ACG) (10% y 20%).

Factor 2: inclusión de aceite (O) (35%, 30%, 21% y 18%).

Factor 3: inclusión de agua (W) (35%, 30%, 49% y 42%).

Variable de respuesta: propiedades fisicoquímicos (estabilidad de la emulsión e índice de peróxidos).



3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para los tres objetivos específicos se ajustó al modelo estadístico Diseño Factorial (DF) con un nivel de significancia ($p \leq 0,05$) prueba de Tukey, cuyo modelo lineal es:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

X_{ijk} : Es la variable respuesta de la k-ésima observación bajo el j-ésimo nivel de factor B, sujeto al i-ésimo nivel de tratamiento A.

μ : Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

α_i : Efecto del i-ésimo nivel del factor A.

β_j : Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A, en el j-ésimo nivel del factor B.

ε_{ijk} = Efecto del error experimental, Guiado por Sampieri et al., (2014).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

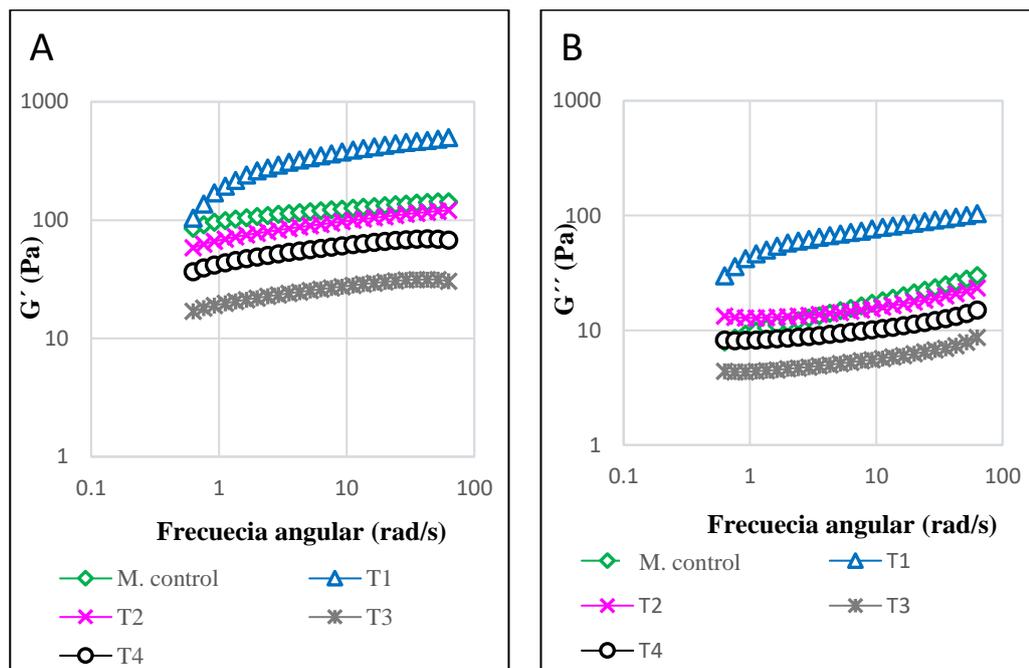
4.1. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS

4.1.1. Comportamiento viscoelástico de mayonesa baja en grasa

En las Figuras 4A y 4B, se presenta el comportamiento viscoelástico de la muestra control y los tratamientos T1, T2, T3 y T4. Son dos parámetros claves de viscoelasticidad: el módulo de almacenamiento (G') y el módulo de pérdida (G'') ambos medidos en Pascales (Pa), en relación a la frecuencia angular en radianes.

Figura 4.

El (A) módulo de almacenamiento G' (Pa) y (B) módulo de pérdida G'' (Pa) en función de la frecuencia angular (rad/s), de la muestra control (Mayonesa convencional), T1 (O/W 35/35, ACG 10%), T2 (O/W 30/30, ACG 20%), T3 (O/W 21/49, ACG 10%) y T4 (O/W 18/42)



En las Figuras 4A y 4B, se muestra las curvas de viscoelasticidad, del módulo de almacenamiento (G') y módulo de pérdida (G'') con respecto a la frecuencia angular (0.628 - 62.8 rad/s) y a una deformación constante del 1% dentro de la región viscoelástica lineal (RVL). También, se puede observar que cuando aumenta la frecuencia angular la curva de los módulos G' y G'' asciende, lo que demuestra que son dependientes de la frecuencia angular.

En las Figuras 4A y 4B, se presentan los módulos G' y G'' se observa que van aumentando de valor. El T1 presentó la curva más alta, seguido de la muestra control, T2, T4 y T3. El T2 presentó una curva más cercana a la muestra control esto indica que se asemeja a sus propiedades viscoelásticas. Con respecto a los tratamientos T3 y T4 mostraron valores de G' y G'' menores a los otros tratamientos, estos resultados pudieron verse influidos por la formulación, ya que estos tratamientos contienen bajos porcentajes de aceite y mayores porcentajes de agua respecto a los otros tratamientos.

También se puede observar que en la Figura 4A los valores del G' de los 4 tratamientos mostraron valores mayores que el G'' de la Figura 4B, lo que prueba que el material exhibe un comportamiento predominantemente elástico en lugar de viscoso a lo largo de todas las frecuencias de deformación evaluadas. Ósea que el material tiene la capacidad de recuperar su forma original después de ser sometido a una deformación, lo que es característico de los geles (Muller, 1978). Además Quintana, (2003) indica que si el valor de $G' > G''$ presenta un comportamiento predominante sólido, si $G' < G''$ el material se comporta como un líquido.

Estos resultados concuerdan con Blok et al., (2023) de cómo influye los espesantes sobre las propiedades reológica viscoelásticas de la mayonesa baja en grasa, donde los módulos incrementaron, además, el G' fue mayor que G'' debido a un aumento en la concentración de espesantes que dio como resultado la formación de una red fuerte en la fase dispersante a pesar de haber reducido el contenido graso, lo que indica que las mayonesas evaluadas mostraron un comportamiento de un gel. También Ma & Barbosa, (2005) indica, que las propiedades viscoelásticas de la mayonesa se caracterizan usando una frecuencia angular y se observó que la mayonesa baja en grasa exhibió un gel débil por el bajo agregado de emulsionantes. La fuerza del gel depende de la concentración de aceite y de un hidrocoloide o polisacáridos, cuando aumenta las concentraciones de los polisacáridos la magnitud de los módulos G' y G'' van incrementando.

En la Tabla 3, se presentan los módulos de almacenamiento y de pérdida, de los tratamientos T1 T2 T3 y T4 junto a una muestra control (mayonesa convencional).

Tabla 3.

Módulo de almacenamiento y módulo de pérdida de la muestra control y los cuatro tratamientos

Tratamiento	G' (Pa)	G'' (Pa)
Muestra control	119.2 ^b ± 102.8	16.76 ^b ± 13.97
T1 O/W 35/35, ACG 10%	336.8 ^a ± 11.62	70.59 ^a ± 3.66
T2 O/W 30/30, ACG 20%	89.174 ^b ± 0.55	15.28 ^b ± 0.19
T3 O/W 21/49, ACG 10%	50,8 ^b ± 39,80	9.64 ^b ± 6.19
T4 O/W 18/42, ACG 20%	56.64 ^b ± 1.75	10.21 ^b ± 0.32

Nota; G' : Módulo de almacenamiento. G'' : Módulo de pérdida. ACG: almidón de cañihua gelatinizado. Las letras diferentes (a, b) en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).



En la Tabla 3, se muestran los resultados de los módulos de G' y G'' donde, el T1 (336.8 Pa – 70.59 Pa) presentó mayor valor que T3 (50.8 Pa – 9.64 Pa). Sin embargo, los resultados obtenidos por medio de la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), para el módulo de almacenamiento (G') y módulo de pérdida (G'') en los T2, T3, T4 y muestra control no hay diferencias significativas en sus resultados. Se deduce que el T1 presentó mayor elasticidad ya que en su formulación fue a una concentración de 35 de aceite y 35% de agua y el 10% de almidón de cañihua gelatinizado.

De acuerdo a Quintana, (2003), indica que el bajo contenido graso de una emulsión presenta una mayor fracción de la fase dispersa además, el alto contenido de la fase acuosa requiere de una incorporación de carbohidratos o agentes emulgentes que ayudan a estructurar la emulsión, así mismo Javidi et al., (2019) señala que, los valores bajos de la viscoelasticidad es influenciado por el bajo contenido de grasa en la emulsión, ya que la proporción de aceite en menor cantidad afecta a la formación de una red tridimensional ósea que las gotas de aceites están conectadas en tres dimensiones (aceite, agua y emulsionante) dentro de la matriz acuosa, una mezcla coloidal de dos líquidos inmiscibles de aceite en agua se debe hacer una interconexión y esto se logra por medio de emulsionantes que son sustancias tensoactivas que estabilizan dichas fases, la formación de esta red es muy importante para la viscoelasticidad del producto. Sin embargo, en todos sus tratamientos los valores del módulo de almacenamiento (G') fue mayor que el módulo de pérdida (G'') en todo el rango de frecuencia angular, significa que tienen un comportamiento típico de un gel elástico. Estos materiales logran almacenar energía elástica y a la vez disipar energía viscosa durante la

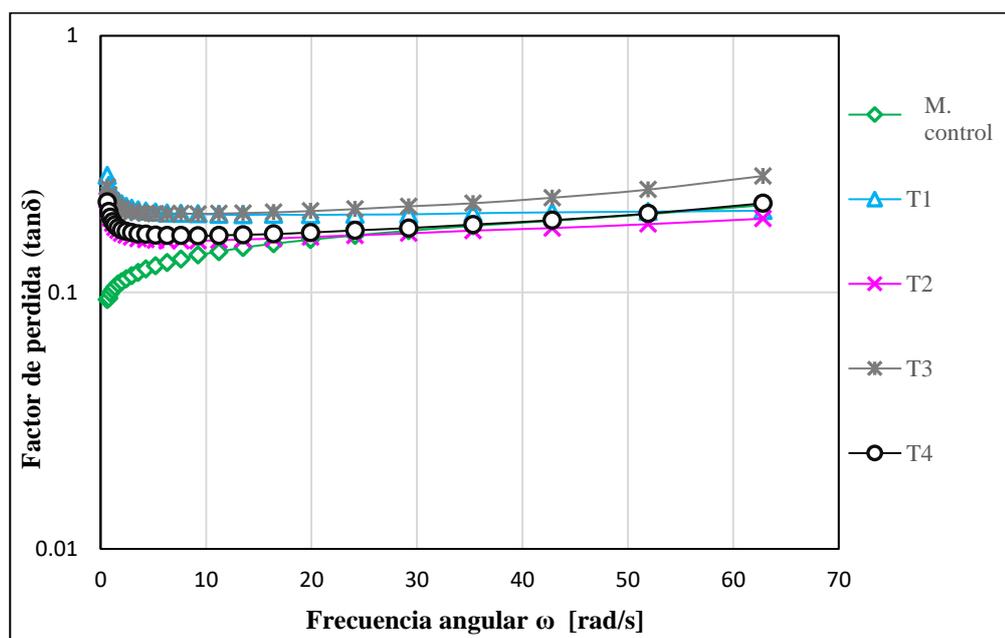
deformación, lo que es característico de un comportamiento viscoelástico (Katsaros et al., 2020).

De acuerdo a Mun et al. (2009) indica que la adición del almidón aumenta la elasticidad de la mayonesa siendo capaz de deformarse de manera reversible hasta el punto de que vuelva a su forma original. Katsaros et al., (2020) suscribe que el estudio de la viscoelasticidad es esencial para comprender cómo estos materiales se comportan bajo distintas condiciones y así tener aplicaciones significativas en la formulación y el procesamiento de alimentos.

En la Figura 5, se muestra los valores del factor de pérdida ($\tan\delta = G''/G'$), siendo la muestra control, T1, T2, T3 y T4 elaboradas a diferentes concentraciones de aceite, agua y ACG (almidón de cañihua gelatinizado).

Figura 5.

Factor de pérdida con respecto a la frecuencia angular de la muestra control y los tratamientos: T1 (O/W 35/35, ACG 10%), T2 (O/W 30/30, ACG 20%), T3 (O/W 21/49, ACG 10%) y T4 (O/W 18/42, ACG 20%)



En la Figura 5, se presenta el factor de pérdida ($\tan \delta G''/G'$) en relación a la frecuencia angular. Los resultados del factor de pérdida en la mayonesa y muestra control, presentaron diferencias significativas con la prueba Tukey ($p \leq 0,05$). Los tratamientos a diferentes formulaciones de aceite, agua y ACG presentaron los siguientes valores T1: 0.22 - 0.00537; T2: 0.17 - 0.00127; T3 0.22 - 0.00146 y el T4: 0.18 - 0.00018. y la muestra control presentó un valor de 0.14 - 0.00486. Se tomó como referencia a la muestra control, para contrastar los valores del resto de tratamientos, donde el T2 con su formulación de 30% de aceite, 30% de agua y 20% de ACG presentó una curva con un valor cercano a la muestra control.

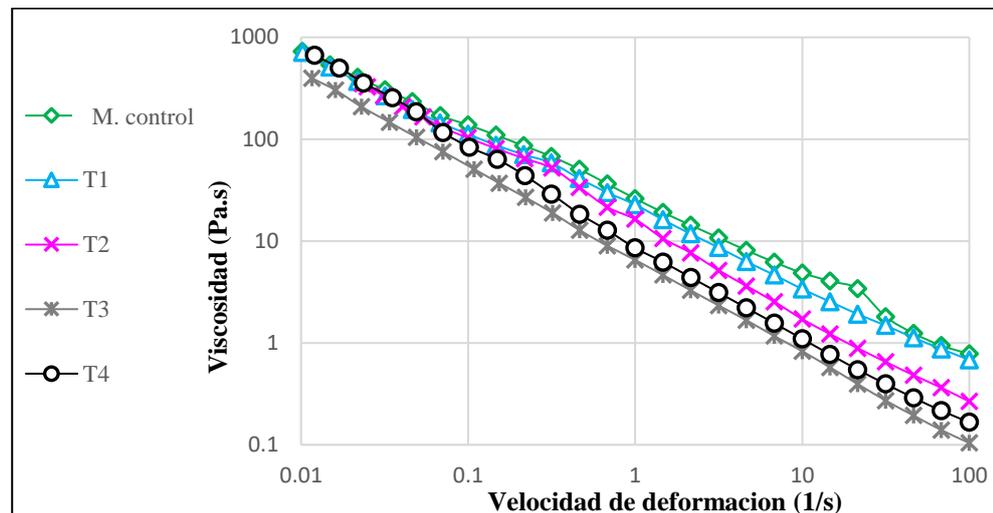
Los valores que presentó la muestra control y los 4 tratamientos se encuentran en el rango de frecuencia ensayada, estos datos hallados fueron menores a 1. Según Rao, (2010) si los valores de $\tan \delta$ se encuentran inferiores a 1, esto sugiere que el material exhibe principalmente propiedades elásticas. Si el valor de $\tan \delta$ fuera igual a 0 sería un sólido perfectamente elástico, esto quiere decir que es una respuesta idealmente elástica, lo que significa que la deformación aplicada se recupera completamente, sin pérdida de energía.

4.1.2. Comportamiento de Flujo y Viscosidad de mayonesa baja en grasa

En la Figura 6, se exhibe el comportamiento de la viscosidad en función a la velocidad de deformación de la muestra control y de los tratamientos T1, T2, T3 y T4, para todas las muestras se observa que al aumentar la velocidad de deformación su viscosidad va disminuyendo.

Figura 6.

Viscosidad vs la velocidad de deformación de la muestra control y los tratamientos T1 (O/W 35/35, ACG 10%), T2 (O/W 30/30, ACG 20%), T3 (O/W 21/49, ACG 10%) y T4 (O/W 18/42, ACG 20%)



Inicialmente se observa que la viscosidad de la muestra control y los 4 tratamientos evaluados disminuyeron a medida que aumentaba la velocidad de deformación. De ahí que la muestra control y el T1 presentaron una mayor viscosidad de modo que tienen una resistencia a fluir y que fueron más viscosos en comparación con el T3 que presentó una baja viscosidad. Así mismo, se observa que a causa de la disminución del contenido graso en los tratamientos disminuye su viscosidad ya que el T3 y T4 están por debajo de la curva del T2.

En la literatura indica que la mayonesa convencional tiene el 80% de grasa aproximadamente y esto hace que su viscosidad sea elevada. Es así que la muestra control presentó una mayor predominancia similar al T1, gracias a sus concentraciones del 35% de aceite, 35% de agua y 10% de ACG. Esto indica que el ACG ayudó a mantener la viscosidad de la mayonesa baja en grasa. Entonces



decimos que la muestra control y T1 tuvieron una mayor resistencia al flujo lo que significa que fueron más viscosos y estables.

El resultado de la propiedad de viscosidad de los cuatro tratamientos varía en función de la velocidad de corte aplicada. Cuando se someten a un cizallamiento más intenso o una mayor velocidad de deformación, la emulsión se vuelve menos viscosas y fluye con mayor facilidad (Peressini et al., 1998). Para la mayonesa la viscosidad es un parámetro de calidad, a la vez una baja viscosidad es propensa a la inestabilidad de fases. Es así que factores como la baja concentración de aceite, afectan la viscosidad de la mayonesa. (Kumar et al., 2021). La viscosidad de la mayonesa baja en grasa se eleva con aditivos como el hidrocoloide, polisacáridos que mejora su densidad y estabilidad (Mirzanajafi et al., 2019).

En la Tabla 4, se presenta los resultados de las propiedades reológicas de mayonesa baja en grasa donde los tratamientos se formularon a diferentes concentraciones de aceite (O), agua (W) y ACG en los tratamientos T1, T2, T3 y T4. Los datos se ajustaron al modelo de ley de potencia para calcular dos parámetros claves: el índice de consistencia (K) y el índice de comportamiento del flujo (n). Estos parámetros son esenciales para comprender cómo fluye y cómo se comporta el producto en estudio (Choi et al., 2023). Además, los resultados obtenidos fueron aplicados con la prueba de Tukey comprobando si existen diferencias significativas entre los T1, T2, T3, T4 y la muestra control.

Tabla 4.

Comportamiento de flujo de una muestra control y mayonesa baja en grasa a diferentes concentraciones de aceite (O), agua (W) y almidón de cañihua gelatinizada (ACG)

Tratamiento	n	K	R ²
Muestra control	0.26 ^a ± 0.0290	4.08 ^a ± 0.955	0.98
T1 O/W 35/35, ACG 10%	0.24 ^a ± 0.0108	3.67 ^a ± 0.365	0.99
T2 O/W 30/30, ACG 20%	0.13 ^b ± 0.0218	3.17 ^{ab} ± 0.199	0.99
T3 O/W 21/49, ACG 10%	0.09 ^b ± 0.0177	2.27 ^b ± 0.266	0.99
T4 O/W 18/42, ACG 20%	0.06 ^b ± 0.0397	2.71 ^{ab} ± 0.040	0.98

Nota: ACG: Almidón de cañihua gelatinizado. **K:** Coeficiente de Consistencia (**Pa.s**). **n:** índice de comportamiento de flujo (adimensional) y **R²:** Coeficiente De Determinación. ACG: almidón de cañihua gelatinizado. Las letras diferentes (a, b) en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

En la Tabla 4, se puede apreciar el comportamiento de flujo “n” que varían entre $n = 0,26$ de la muestra control y $n = 0,06$ del T4, estos valores indican el comportamiento de la mayonesa en términos de fluidez, donde se puede observar que el ACG juega un papel muy importante en la sustitución de grasa en mayonesa. Valores del índice de comportamiento de flujo igual a la unidad indican fluidos newtonianos y si “n” es inferior a la unidad sugieren un comportamiento pseudoplástico, lo que significa que la mayonesa tiende a fluir de manera más constante y predecible a diferentes velocidades de cizallamiento (Muller, 1978; Rao, 2010).

De acuerdo a la Tabla 4, con respecto al índice de comportamiento de flujo “n”, se puede observar que el valor de la muestra control fluctuó entre $n = 0.26$ y $n = 0.06$ del T4. Sin embargo, la muestra control en comparación con el T1 ($n = 0.024$) no presentó diferencias significativas. No obstante, los valores del índice de comportamiento de flujo fueron disminuyendo a medida que estuvo variando



los porcentajes de aceite, agua y ACG. Los T2, T3 y T4 exhibieron valores de $n = 0.13$, $n = 0.09$ y $n = 0.06$ presentaron una diferencia significativa con respecto a la muestra control, además, tuvieron un límite bajo cercanos a 0 lo que indica que se logró obtener una mayonesa baja en grasa gradualmente de una forma semisólida. Sin embargo, la muestra control y los 4 tratamientos manifestaron un comportamiento no newtoniano dependientes del tiempo de tipo pseudoplástico. De acuerdo con Ramírez, (2006) suscribe que el valor del comportamiento de flujo "n", explica si la sustancia del $n < 1$, el fluido tiene un comportamiento pseudoplástico; si $n > 1$, el fluido es dilatante y si $n = 1$ es un fluido newtoniano

Por otro lado, Katsaros et al., (2020), reportó en su resultado valores similares, mencionando que todas sus muestras de mayonesa fueron caracterizadas como fluidos pseudoplástico siendo $n < 1$ que osciló entre $n = 0.38$ a $n = 0.49$, así también, a medida que se incrementó la deformación, la viscosidad de la muestra disminuyó, lo que significa que a mayores fuerzas de corte la mayonesa se volvía menos viscoso. También Pei et al. (2023) reportó una emulsión similar a la mayonesa coemulsionada con glucomanano de Konjac donde las muestras, incluida la mayonesa comercial, mostraron una marcada tendencia a adelgazarse cuando se sometieron a cizallamiento, en otras palabras, la viscosidad de las muestras disminuyó significativamente con el aumento de la fuerza de corte, indicando que los fluidos se volvieron menos viscosa a medida que se aplicaba una mayor velocidad de corte, y tuvo un comportamiento pseudoplástico ya que sus valores del índice de comportamiento de flujo fue inferior a 1. Así mismo, Yalmanci et al., (2023) reporta que para la mayonesa baja en grasa estabilizada con aislado de proteína de suero donde las muestras



presentan un comportamiento pseudoplástico y sus valores de índice de comportamiento de flujo variaron entre 0,133 y 0,383 siendo $n < 1$.

En todos los casos de elaboración de mayonesa baja en grasa estudiadas, el valor del índice de comportamiento de flujo fue menor a la unidad ($n < 1$) a medida que el valor del comportamiento de flujo se acerca más a 0 (es característico de un fluido no newtoniano), lo que indica que el producto muestra un comportamiento pseudoplástico. Además, Casas & Gisseth, (2016) indican que si el índice del comportamiento de flujo del producto se acerca a 1 significa una disminución de fluido pseudoplástico.

Con respecto al coeficiente de consistencia " k " la muestra control exhibió un valor de 4.08 Pa sⁿ y el T1 presentó un valor de 3.67 Pa sⁿ los cuales no presentaron diferencias significativas, sin embargo, los T2, T3 y T4 en comparación con la muestra control presentaron diferencias significativas. A medida que iba disminuyendo el contenido graso en la formulación, el valor del coeficiente de consistencia fue disminuyendo siendo T2 (3.17 Pa sⁿ), T4 (2.71 Pa sⁿ) y T3 (2.27 Pa sⁿ) respectivamente, por lo tanto, esto da como indicio de que el ACG influye en las propiedades reológicas de la mayonesa. De acuerdo a Park et al., (2020) indica que la mayonesa con mayor contenido de aceite provoca un mayor coeficiente de consistencia. De acuerdo a Valenzuela, (2010) la investigación que se realizó acerca de la mayonesa a diferentes formulaciones con fibra de trigo menciona que la muestra 5 que contenía menor cantidad de fibra y con goma guar obtuvo un mayor valor de K siendo 5.81 Pa sⁿ ya que valores elevados de coeficientes de consistencia en la mayonesa muestran una consistencia más viscosa.



Para el caso del coeficiente de determinación (R^2) los valores obtenidos de los cuatro tratamientos y la muestra control presentaron valores de 0.9 cercanos a 1, lo que indica de cuán bien se ajustó al modelo ley de potencia los datos experimentales obtenidos.

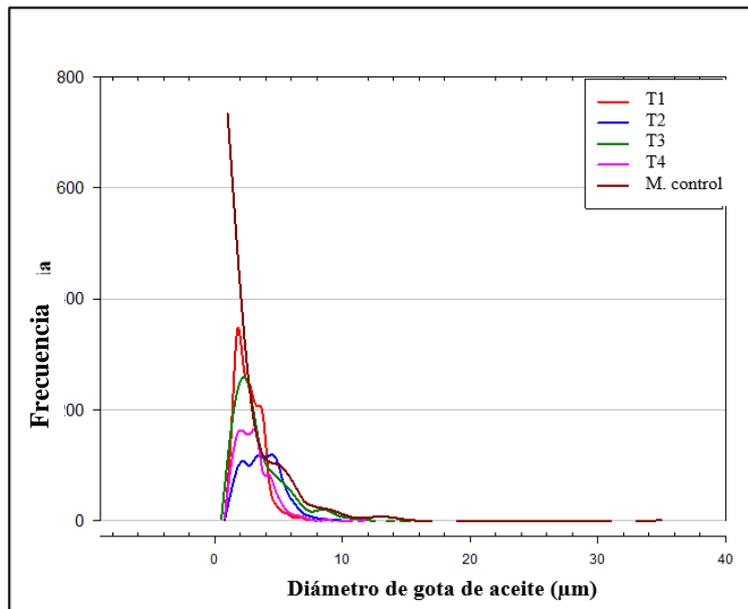
4.2. PROPIEDADES ESTRUCTURALES

4.2.1. Distribución del Tamaño y forma de las gotas de la emulsión de mayonesa baja en grasa

En la Figura 7, se presentan las curvas de distribución de tamaños de gotas de aceite de la muestra control y de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 a diferentes concentraciones de aceite, agua y almidón de cañihua gelatinizado (ACG). Se determinaron distribuciones monomodal, bimodal y multimodal. Las diferentes formulaciones produjeron una disminución del tamaño de las gotas de aceite.

Figura 7.

Distribución del tamaño (μm) de las gotas de aceite en función de la frecuencia de la muestra control, tratamientos: T1 (O/W 35/35, ACG 10%), T2 (O/W 30/30, ACG 20%), T3 (O/W 21/49, ACG 10%) y T4 (O/W 18/42, ACG 20%)



En la Figura 7, se puede observar que los valores del tamaño de las gotas de aceite oscilan entre 1 μm (muestra control) a 4.46 μm (T2) considerando los picos más altos de las curvas, dentro de dichos valores están los T1, T2, T3, y T4

El tamaño de las gotas de aceite de la muestra control fue de 1 μm de diámetro y el T3 presentó 2,27 μm . Además, la muestra control y T3 presentaron una distribución monomodal. Mientras tanto el tamaño de las gotas de aceite del T1 fue de 1,8 μm y 3.52 μm datos que se tomaron de los 2 picos más alto ya que presentó una distribución bimodal. Seguidamente el T2 exhibió tamaños de 2,16 μm , 3,46 μm , 4,46 μm y el T4 presentó tamaños de 2 μm , 3,17 μm y 4 μm de gotas de aceites valores que se tomaron de los 3 picos más altos, además ambos tratamientos presentaron una distribución multimodal.

Los resultados concuerdan con Ayala, (2017) donde indica que en una gran mayoría de las emulsiones alimentarias presentan entre 0.5 a 100 μm de tamaños en las gotas de aceite. De acuerdo con Ramírez. et al., (2019) menciona que si las emulsiones muestran un comportamiento monomodal significa que tiene un solo pico en toda su distribución de tamaños de gotas de aceite, lo que indica que favorece a la emulsión por proveer una estabilidad a largo plazo. Del mismo modo Mazo et al., (2016) en su investigación señalan que dentro de sus muestras de mayonesa baja en grasa encontraron tamaños de 12 μm y 25 μm de gotas de aceite de una distribución bimodal de dos valores umbrales.

Cuando las gotas de aceite de una emulsión son más pequeñas tiende a ser más viscosos y estables, significa que el tamaño de las gotas de aceite de la mayonesa afecta su consistencia y capacidad para mantenerse estable (Shen et al., 2022).

En las Figuras 8, 9A, 9B, 9C y 9D, se puede observar las imágenes que muestran diferentes tamaños y la forma de las gotas de aceite. Para la muestra control se evaluó una mayonesa convencional de alto contenido graso y los 4 tratamientos tienen una formulación de diferentes cantidades de aceite, agua y ACG. Se puede observar que la cantidad y la forma de las gotas de aceite, resultaron diferentes es por el porcentaje de ACG influyeron en la forma de las gotas de aceite en cada tratamiento.

Figura 8.

Micrografía de la muestra control (mayonesa convencional) presenta la forma de las gotas de aceite

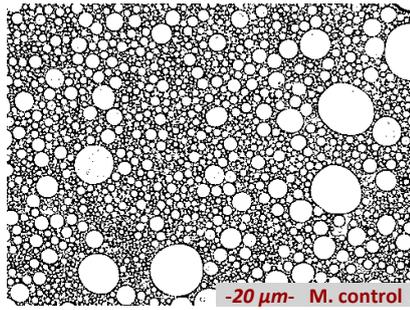
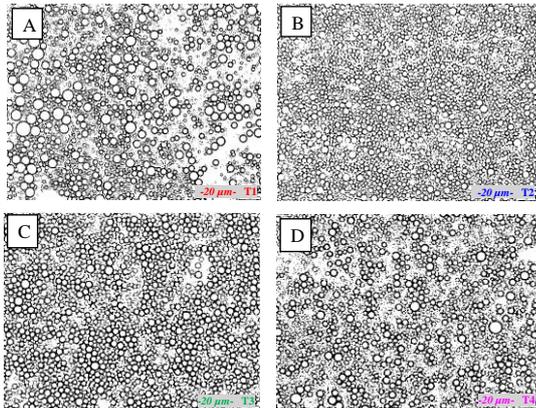


Figura 9.

Micrografía del tratamiento T1 A (O/W 35/35, ACG 10%), T2 B (O/W 30/30, ACG 20%), T3 C (O/W 21/49, ACG 10%) y T4 D (O/W 18/42, ACG 20%) se muestra la forma de las gotas de aceite



En la Figura 8, se logra visualizar la muestra control que exhibió diferentes tamaños de gotas de aceite, se puede corroborar con la Figura 7, que presenta tamaños desde $1 \mu\text{m}$ el pico más alto y de $36 \mu\text{m}$ el punto más bajo. Con respecto a la forma de las gotas de aceite en la muestra control se presentan en gran mayoría una forma circular, también se observan que algunas gotas no tienen una forma circular definida, se le conoce como gotas amorfas por causa de la unión entre gotas de aceite, eso ocurre por una baja interfase y por un mayor contenido de la fase oleosa. Por otro lado, al visualizar las Figuras 9A, 9B, 9C y 9D se observa



que presentan gotas en forma circular, en cambio en la muestra control en la Figura 8 presenta algunas gotas amorfas en comparación con el T2, este exhibe pequeñas gotas de aceite estables y con una distribución uniforme. Las formulaciones con ACG tuvieron efectos positivos en la elaboración de mayonesa baja en grasa.

La muestra control lleva un alto contenido graso y muestra una diferencia con respecto al tratamiento T2, ya que al observar las gotas de aceite se ven separadas, tienen una forma circular definida, además la buena presencia de viscosidad que aporta el ACG mantiene estable el movimiento de las gotas de aceite evitando la unión entre gotas. De acuerdo con Marfisi, (2005) indica que el factor de forma que aumenta el tamaño se debe a la débil fuerza de las interfases que intervienen sobre las gotas de aceites haciéndolas menos esféricas y empiezan siendo ovoides luego se ven amorfas, ya que empiezan a aglomerarse con otras gotas y forman un gran tamaño. De acuerdo con Badui, (2006) indica que para la mayonesa de bajo contenido graso, el aceite es reemplazada parcialmente por almidones, y este cumple la función de mantener dispersa las gota, también, evita que se junten y colapsen, además la fuerza mecánica ayuda a distribuir las gotas de aceite. Mirzanajafi et al., (2019) sugiere que la cantidad de grasa reducida debe ser sustituida, caso contrario la estabilidad de la emulsión se vería afectada. Al reducir el contenido de la fase oleosa hace que las gotas de aceite reduzcan su tamaño y se mantienen dispersas. Además los compuestos anfifílicos o emulsionantes son capaces de mejorar la estabilidad de la emulsión formando una fina capa alrededor de la fase dispersa así dificultando la unión entre gotas de aceites y mantiene una forma circular uniforme (Javidi et al., 2019).

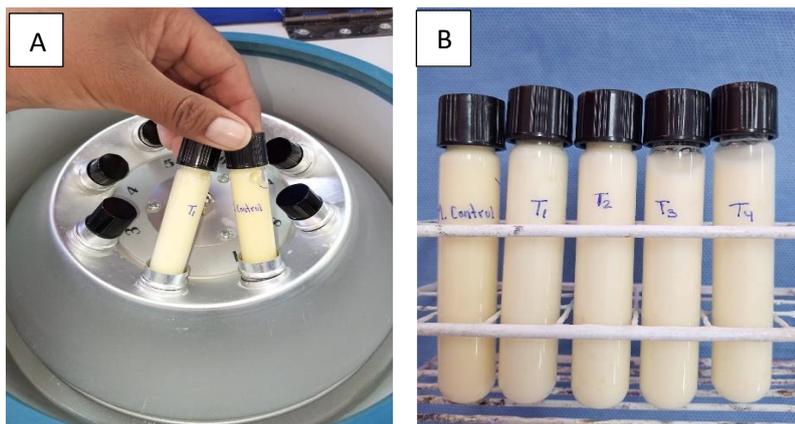
4.3. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

4.3.1. Estabilidad de la emulsión de mayonesa baja en grasa

En la Figura 10A y 10B, se puede apreciar la muestra control y los 4 tratamientos que fueron sometidos al método de centrifugado, donde los resultados se pueden observar en las siguientes dos imágenes, en el que no se ha presentado ninguna separación de fases, se mantuvieron estables los tratamientos.

Figura 10.

Efecto del centrifugado para determinar la estabilidad de la emulsión de la muestra control y T1, T2, T3 y T4



En la Figura 10A y 10B se puede observar que la muestra control y los tratamientos: T1 (O/W 35/35, ACG 10%), T2 (O/W 30/30, ACG 20%), T3 (O/W 21/49, ACG 10%) y T4 (O/W 18/42, ACG 20%) presentaron una buena estabilidad, no se encontró ningún tipo de fenómeno de inestabilidad (floculación, coalescencia y cremado). La muestra control junto a los 4 tratamientos se sometieron a una prueba para determinar el fenómeno de inestabilidad, se aplicó el método de centrifugado a una velocidad de 4 000 rpm durante 30 min, como resultado presentaron una ausencia de separación de fases en las mayonesas bajas en grasas.



De acuerdo a Ahmadi et al., (2022) suscribe que las emulsiones de bajo contenido graso requieren de emulsionantes y espesantes (polisacáridos o proteínas) para mantenerse estables al unir la fase oleosa y la fase acuosa. Según Depree & Savage, (2001) menciona que la estabilidad de la emulsión es evaluada de forma indirecta llevando las muestras a un proceso de centrifugado observando posteriormente si existe una separación de fases o una desestabilización, ya que por lo general el método de centrifugado a altas velocidades es suficiente para provocar la separación de fases, en emulsiones que presentan una estructura débil, este método muestra de cuan estable se encuentra una emulsión.

Además, Madiedo, (2001), indica que la estabilidad de una mayonesa muestra la capacidad para conservar sus características fisicoquímicas, ya sea durante su almacenamiento o consumo, estas emulsiones deben mantener una alta estabilidad. Sin embargo Moros, (2000), menciona que una reducción de aceite o yema de huevo produce algunos cambios fisicoquímicos y sensoriales pero, para evitar dichos cambios se utiliza estabilizante, emulsionante y polisacáridos que ayudan a conservar esa estabilidad característico de una mayonesa. También, Quintana, (2003) afirma que el uso de polisacáridos ayuda a mantener la estabilidad de la emulsión ya que aumenta la viscosidad de la fase continua por tanto disminuye la movilidad de las gotas de aceite. Entonces si se desea obtener una mayonesa estable, se debe tomar en cuenta la viscosidad, la distribución del tamaño, mientras más pequeñas las gotas de aceite se tendrá una mejor estabilidad.

4.3.2. Índice de peróxido de mayonesa baja en grasa

La Tabla 5, presenta los valores del Índice de Peróxido (IP) en meqO₂/kg de la muestra control y de los 4 tratamientos de mayonesa baja en grasa.

Tabla 5.

Valores de índice de peróxido de la mayonesa baja en grasa a diferentes concentraciones de aceite, agua, ACG y una muestra control

Tratamiento	I.P. meqO₂/kg
Muestra Control	3.36 ^a ± 0.262
T1 O/W 35:35, ACG 10%	1.45 ^a ± 0.346
T2 O/W 30:30, ACG 20%	1.41 ^a ± 0.014
T3 O/W 21:49, ACG 10%	2.42 ^a ± 1.146
T4 O/W 18:42, ACG 20%	2.93 ^a ± 0.226

Nota: IP: índice de peróxidos, meqO₂/kg: miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de muestra. ACG: almidón de cañihua gelatinizado. A un nivel de significancia ($p \leq 0.05$), de acuerdo a la prueba de Tukey.

En la Tabla 5, se puede apreciar que el índice de peróxidos de la muestra control presentó un valor de 3.36 meqO₂/kg, que sirvió como punto de referencia para comparar la cantidad de peróxidos con los 4 tratamientos que fueron formulados a diferentes concentraciones de aceite/agua (O/W) y almidón de cañihua gelatinizado. En general, se observa que el T1, T2, T3 y T4 presentan valores bajos de índice de peróxido esto se debe a que las concentraciones de aceite fueron menores del 35% respectivamente. Conforme a lo establecido por el Codex Alimentarius (1999) suscribe que la cantidad de peróxidos no debe sobrepasar a más de 10 miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de muestra. Lo que indica, que las mayonesas bajas en grasa están dentro del rango permitido, que son aptos y tienen las cualidades requeridas para el consumo humano, ya que presentaron una menor presencia de peróxidos.

De acuerdo al análisis estadístico de los datos, no exhibieron variaciones significativas ($p \leq 0,05$) entre la muestra control y los 4 tratamientos sobre el



índice de peróxidos. Según el estudio de Ahmadi et al., (2022) indica que la baja presencia de peróxidos en la mayonesa son un indicativo de que el producto se encuentra en óptimas condiciones, caso contrario, si el índice de peróxido es elevado la mayonesa deja de ser apto para el consumo ya que empieza a deteriorarse afectando negativamente su valor nutricional, provocando sabores y olores desagradables. También Virginia et al., (2021) menciona que el índice de peróxido, es una medida importante en la industria alimentaria que enseña la cantidad de peróxidos presentes en una muestra siendo un indicativo de calidad y estabilidad del producto.



V. CONCLUSIONES

- Las diferentes concentraciones de aceite, agua y ACG (Almidón de cañihua gelatinizado) influyeron significativamente en la obtención de la mayonesa baja en grasa con propiedades reológicas similares a la muestra control. Además, el aumento de la concentración de ACG al 20%, mostró un comportamiento elástico siendo $G' > G''$ similar a la muestra control. El comportamiento de flujo del T1 no presentó diferencias significativas con respecto a la muestra control además presentaron un comportamiento pseudoplástico y tuvieron una mejor viscosidad con respecto a los T2, T3 y T4.
- La concentración de ACG, tuvieron un gran efecto sobre las propiedades estructurales, mostrando tamaño de gotas pequeñas y homogéneas (1,8 μm a 4,46 μm considerando los picos más altos) y formas uniformes en comparación de la muestra control. Demostrando así el efecto de la sustitución del ACG en la estabilidad de la mayonesa baja en grasa.
- Las propiedades fisicoquímicas de la muestra control y los cuatro tratamientos de las mayonesas baja en grasa con la sustitución de ACG presentaron una buena estabilidad y una baja susceptibilidad a la oxidación que se encontró por debajo de 2.93 meqO₂/kg. Por lo que la adición de ACG, permite obtener una mayonesa baja en grasas con propiedades similares a una mayonesa convencional.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar una evaluación de pruebas aceleradas a diferentes temperaturas para determinar su vida útil de la mayonesa baja en grasa sustituida con almidón de cañihua gelatinizado.
- Se recomienda evaluar el valor proximal, para determinar la cantidad de Kcal, que presenta la mayonesa baja en grasa.
- Se recomienda realizar un análisis sensorial de la mayonesa baja en grasa sustituido con almidón de cañihua gelatinizado.
- Se recomienda evaluar los costos de producción en la mayonesa baja con ACG.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña N. (2023). Empleo de la aquafaba de garbanzo (*cicer arietinum*) para la obtención de una salsa tipo mayonesa apto para personas veganas.
- Ahmadi D, A., Fallah, N., Zokaei, M., & Gholami A, M. (2022). El papel del aceite esencial de tomillo (*Zataria multiflora* Boiss) como antioxidante natural en la oxidación de lípidos en la mayonesa. *Journal of Food Quality*, 2022, e1527289. <https://doi.org/10.1155/2022/1527289>
- Ahmed J, Ptaszek, P., & Basu, S. (2017). Chapter 1 - Food Rheology: Scientific Development and Importance to Food Industry. En J. Ahmed, P. Ptaszek, & S. Basu (Eds.), *Advances in Food Rheology and Its Applications* (pp. 1-4). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100431-9.00001-2>
- Apaza M, V. (2010). Manejo y mejoramiento de Kañiwa. http://www.nuscommunity.org/uploads/tx_news/Libro_Manejo_y_Mejoramiento_Ka%C3%B1iwa.pdf
- Aranberri I, Binks, B., Clint, J., & Fletcher, P. (2010). Elaboración y caracterización de emulsiones estabilizadas por polímeros y agentes tensioactivos.
- Ayala R. (2017). Efecto del proceso de extracción de aceite de aguacate en la calidad de un aderezo de mayonesa elaborado aplicando ultrasonido. *vdocumento.com*. <https://vdocumento.com/universidad-veracruzana-instituto-de-ciencias-aguacate-en-la-calidad-de-un-aderezo.html>
- Badui D, S. (2006). *Química de los Alimentos*. https://www.academia.edu/31337237/Qu%C3%ADmica_de_los_Alimentos_4_Edici%C3%B3n_Salvador_Badui_Dergal
- Bajaj R, Singh N, & Kaur A. (2019). Properties of octenyl succinic anhydride (OSA) modified starches and their application in low fat mayonnaise. *International*



Journal of Biological Macromolecules, 131, 147-157.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.054>

Benique E. (2019). Impacto del cambio climático en el rendimiento de la producción de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en la región—Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 21(2), 100-110. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.454>

Blok, A. E., Bolhuis, D. P., Arnaudov, L. N., Velikov, K. P., & Stieger, M. (2023). Influence of thickeners (microfibrillated cellulose, starch, xanthan gum) on rheological, tribological and sensory properties of low-fat mayonnaises. *Food Hydrocolloids*, 136, 108242. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108242>

Borja M, & Villatoro E. (2015). Desarrollo de una mayonesa para veganos sustituyendo el huevo por bebida de soya (glycine max) utilizando como espesante goma xantan.

Bravo, R., Valdivia, R., Andrade, K., Padulosi, S., & Jager, M. (2010). Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y kiwicha en Perú. https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Granos_andinos__avances__logros_y_experiencias_desarrolladas_en_quinua__ca%C3%B1ihua_y_kiwicha_en_Per%C3%BA_1412.pdf

Brewer D, Franco J, & García L. (2016). Rheological properties of oil-in-water emulsions prepared with oil and protein isolates from sesame (*Sesamum Indicum*). *Food Science and Technology*, 36, 64-69. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6761>

Carmona J. (2015). Reología de dispersiones acuosas de goma xantana de prestaciones avanzadas. <https://idus.us.es/handle/11441/33201>



- Casas O, & Giseth K. (2016). Estudio de la interacción de hidrocoloides empleados en alimentos y su efecto en las propiedades reológicas y de textura sensorial e instrumental [Universidad Nacional de Colombia].
<http://oatd.org/oatd/record?record=oai%5C%3Arepositorio.unal.edu.co%5C%3Aunal%5C%2F59273>
- Castillo C. (2017). Caracterización reológica y fisicoquímica de pastas y geles obtenidos del almidón de tres variedades de papa nativa (*Solanum spp.*). Universidad Nacional del Altiplano.
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/10072>
- Castrillón J, & Fiallo O. (2017). Desarrollo de una emulsión tipo mayonesa a partir de iota—Carragenina y leche de almendras (*Prunus Amygdalus L.*). 15, 16.
<https://doi.org/10.24054/16927125.v2.n2.2017.2965>
- Choi, H. W., Ham, S. H., Hahn, J., & Choi, Y. J. (2023). Developing plant-based mayonnaise using pea protein-xanthan gum conjugates: A maillard reaction approach [https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115137].
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643823007168>
- Codex Alimentarius. (1999). Norma del Codex para aceites vegetales especificados Codex Stan 210 (índice de peróxidos). <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/search/es/?cx=018170620143701104933%3Aqq82jsfba7w&q=INDICE+DE+PEROXIDOS&cof=FORID%3A9>
- Correa S, & Bonilla P. (2016). Elaboración de mayonesa nutracéutica a base de inulina y estudio reológico. *Química Central*, 4(1), Article 1.
<https://doi.org/10.29166/quimica.v4i1.1212>
- Dan Y, Baek, Y., Jeong, E. W., & Lee, H. G. (2024). Development of a novel fat reduction system with quercetin-loaded annealed wheat starch for enhanced emulsifying



- and oxidative stability in low-fat mayonnaise. *Journal of Food Engineering*, 364, 111812. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111812>
- Depree J, A., & Savage G, P. (2001). Physical and flavour stability of mayonnaise. *Trends in Food Science & Technology*, 12(5), 157-163. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00079-6](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00079-6)
- Díaz R. (2018). *Reología aplicada a sistemas alimentarios*. Grupo Compás - Universidad Técnica Estatal de Quevedo Grupo Compás - Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/270>
- Duarte E, & Orjuela S. (2023). Exploración de la capacidad emulgente de la proteína de arveja como sustituto del huevo para la elaboración de mayonesa, mediante revisión bibliográfica.
- Espinosa Gallego, M. (2012). Implantación de un sistema APPCC en la fabricación de la mayonesa. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/1753>
- Espinosa M. (2012). Implantación de un sistema APPCC en la fabricación de la mayonesa. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/1753>
- Fomuso, L. B., Corredig, M., & Akoh, C. C. (2001). A comparative study of mayonnaise and italian dressing prepared with lipase-catalyzed transesterified olive oil and caprylic acid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78(7), 771-774. <https://doi.org/10.1007/s11746-001-0340-x>
- Fuentes A, & Fuentes C. (2023). Determinación del índice de peróxidos en grasas comestibles.
- Fuentes, C., Pérez-Rea, D., Bergenståhl, B., Carballo, S., Sjöo, M., & Nilsson, L. (2019). Physicochemical and structural properties of starch from five Andean crops grown in Bolivia. *International Journal of Biological Macromolecules*, 125, 829-838. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.120>



- Gallego H, Álvarez, C., Vélez, C., & Fernández, A. (2012). Caracterización reológica de dos salsas alimenticias. <https://www.semanticscholar.org/paper/CARACTERIZACION-REOLOGICA-DE-DOS-SALSAS-RHEOLOGY-OF-Gallego-%C3%81lvarez/835ee59e3c6428a034d15d4aa53e212e83f9bade#paper-header>
- García H. (2021). Evaluación del desarrollo y la estabilidad de una emulsión de vainilla (*Vanilla planifolia*) a partir de un extracto no alcohólico. *Biotecnia*, 23. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i3.1409>
- González G. (2012). Desarrollo de productos con alto contenido de almidón para la industria de alimentos.
- González M, Rodríguez S, & Cervelló G. (2020). Formulación y estabilidad de emulsiones para encapsulación de biocompuestos. *Anales de Química de la RSEQ*, 2, 69-80.
- Gutiérrez Z, & Luera S. (2015). Efecto de la yema de huevo liofilizado como agente emulsificante sobre las propiedades reológicas y sensoriales de la mayonesa. *Universidad Nacional del Santa*, 225.
- Hernández M, & Sastre A. (2018). Tratado de nutrición. Google libros. https://books.google.com.pe/books?id=SQLNJOsZCIwC&printsec=copyright&hl=ES&redir_esc=y#v=onepage&q=huevo&f=false
- Huamanchumo W. (2020). Pseudocereales andinos: Valor nutritivo y aplicaciones para alimentos libres de gluten. <https://riunet.upv.es/handle/10251/151184>
- Javidi, F., Razavi, S. M. A., & Mohammad Amini, A. (2019). Cornstarch nanocrystals as a potential fat replacer in reduced fat O/W emulsions: A rheological and physical study. *Food Hydrocolloids*, 90, 172-181. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.003>



- Jing X, Cai Y, Liu T, Chen B, Zhao Q, Deng X, & Zhao M. (2023, marzo 1). Formation, texture, and stability of yolk-free mayonnaise: Effect of soy peptide aggregates concentration [https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134337]. - ScienceDirect.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814622022993>
- Juszczak, L., Fortuna, T., & Kośła, A. (2003). Sensory and rheological properties of Polish commercial mayonnaise. *Food / Nahrung*, 47(4), 232-235.
<https://doi.org/10.1002/food.200390054>
- Katsaros, G., Tsoukala, M., Giannoglou, M., & Taoukis, P. (2020). Effect of storage on the rheological and viscoelastic properties of mayonnaise emulsions of different oil droplet size. *Heliyon*, 6(12), e05788.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05788>
- 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.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111632>
- Liu H, Xu X, & Guo Sh,. (2007). Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. *LWT - Food Science and Technology*, 40(6), 946-954. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.11.007>
- López M. (2013). Reformulación de un aderezo tipo mayonesa con bajo porcentaje de contenido graso para mejorar la estabilidad de la emulsión. Guatemala, 130.
- Ma L, & Barbosa G. (2005). Rheological characterization of mayonnaise. Part II: Flow and viscoelastic properties at different oil and xanthan gum concentrations. *Journal of Food Engineering*, 25(3), 409-425. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(94\)00010-7](https://doi.org/10.1016/0260-8774(94)00010-7)



- Madiedo J. (2001). Reología de emulsiones estabilizadas por biopolímeros. Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC. https://redib.org/Record/oai_articulo465627-reolog%C3%ADa-de-emulsiones-estabilizadas-por-biopol%C3%ADmeros
- Marfisi. V, S. (2005). Estabilidad de emulsiones relacionada con el proceso de deshidratación de crudo. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2725/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martínez G., (2013). Elaboración de una mayonesa tipo baja en colesterol a través de la sustitución de yema de huevo por quitosán. <http://repositorio.unam.mx>
- Mazo R, J. C., Schneider, Y., & Rohm, H. (2016). Effect of emulsifier type on physicochemical properties of water-in-oil emulsions for confectionery applications. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(4), 1026-1033. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13063>
- Mendoza C, M. (2020). Formulación de mayonesa baja en grasa usando almidón de maíz modificado. <https://doi.org/10.22490/25904779.4135>
- Mendoza J, Mendoza D, Ochoa J, Phocco L, & Sihua F. (2020). SUMAQ- Salsa natural de bajas calorías en base a insumos nativos peruanos. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPC_cb338e583a4578fbfc133faac60b9a27
- Meño F. (2015). El efecto del Mucílago de Salvia hispánica (Chía) sobre las propiedades reológicas de una mayonesa baja en grasa A. 120.
- 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. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1132>



- Moros M, J. E. (2000). Reología de emulsiones alimentarias estabilizadas con yema de huevo deshidratada de bajo contenido en colesterol [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Sevilla].
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=151948>
- Muller H. (1978). Introducción a la reología de los alimentos. casa del libro.
<https://latam.casadellibro.com/libro-introduccion-a-la-reologia-de-los-alimentos/9788420004013/430364>
- Mun, S., Kim, Y. L., Kang, C. G., Park, K. H., Shim, J. Y., & Kim, Y. R. (2009). Development of reduced-fat mayonnaise using 4 α GTase-modified rice starch and xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, 44(5), 400-407. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2009.02.008>
- Navas M. (2007). Estimación de la vida útil sensorial y fisicoquímica de la mayonesa baja en grasa. Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería. Ingeniería de Alimentos.
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1028&context=ing_alimentos
- NTP, 209 033. (2017). Norma Técnica Peruana 209 033. Indecopi. www.indecopi.gob.pe
- OMS. (2021). Obesidad y sobrepeso. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Orozco M, & Peralmo A. (2021). Elaboración y comercialización de una mayonesa fit.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14819>
- Park, J. J., Olawuyi, I. F., & Lee, W. Y. (2020). Characteristics of low-fat mayonnaise using different modified arrowroot starches as fat replacer. *International Journal of Biological Macromolecules*, 153, 215-223.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.331>



- Patel R, Schatteman, D., De Vos, W. H., Lesaffer, A., & Dewettinck, K. (2013). Preparation and rheological characterization of shellac oleogels and oleogel-based emulsions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 411, 114-121. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2013.08.039>
- Pei, Y., Zhang, Y., Ding, H., Li, B., & Yang, J. (2023). Stability and Rheological Behavior of Mayonnaise-like Emulsion Co-Emulsified by Konjac Glucomannan and Whey Protein. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(15), 2907. <https://doi.org/10.3390/foods12152907>
- Peressini, D., Sensidoni, A., & de Cindio, B. (1998). Rheological characterization of traditional and light mayonnaises. *Journal of Food Engineering*, 35(4), 409-417. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(98\)00032-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(98)00032-6)
- Pérez C. (2017). Desarrollo de Formulación de una base para aderezo tipo mayonesa [Thesis]. <http://biblioteca.galileo.edu/tesario/handle/123456789/585>
- Pérez D, & Antezana R. (2018). Chapter 12—The Functionality of Pseudocereal Starches. En Sjö M & Nilsson L (Eds.), *Starch in Food (Second Edition)* (pp. 509-542). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00012-3>
- Pérez L, Farhat, I., Paredes, O., Acevedo, E. A., Ottenhof, M. A., & Ortiz, J. (2005). Aislamiento y caracterización del almidón de maíces pigmentados. *Agrociencia*, 39(4), 419-429.
- Pérez Y. (2013). Análisis comparativo de propiedades, textura y estabilidad de mayonesas comerciales. <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/19089>
- Peris M. (2004). Measuring starch in food. *Starch in Food: Structure, Function and Applications*, 185-207. <https://doi.org/10.1016/B978-1-85573-731-0.50010-4>



- Pinto M. (2018). Estudio de la variabilidad genética de la colección de germoplasma de cañahua: (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) de Bolivia.
- Quintana J. (2003). Microestructura, estabilidad y propiedades reológicas de emulsiones alimentarias estabilizadas con hidrocoloides [Tesis, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/2725>
- Quiroz A. (2009). Aplicación de un sustituto graso a base de fibra de naranja en mayonesa y evaluación de sus propiedades texturales y sensoriales. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/134925/Aplicacion-de-un-sustituto-graso-a-base-de-fibra-de-naranja-en-mayonesa.pdf?sequence=1>
- Ramírez J. (2006). Introducción a la reología de los alimentos. <https://www.coursehero.com/file/44803695/Introduccion-a-la-reologia-de-los-alimentospdf/>
- Ramírez N, Baena, Y., & Osorio, C. (2019, junio). Caracterización Físicoquímica 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#t3
- Rao A. (2010). *Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications*. Springer Science & Business Media.
- Reyes P, & 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.
- Río Y, Streitenberger S, Bermejo R, & Marin F. (2022). Estabilidad en cremas con ingredientes de origen vegetal. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 36. <https://doi.org/10.6018/analesvet.541121>



- Rodríguez D. (2021). Desarrollo, caracterización y análisis sensorial de una mayonesa elaborada a partir de aceite de semilla de Sacha Inchi. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/55626>
- Rojas O, Briceño, M., & Avendaño, J. (2012). Fundamentos de reología. <https://es.firp-ula.org/wp-content/uploads/2019/07/S521C.pdf>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). Metodología de la investigación. McGraw Hill. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- Santipanichwong R, & Suphantharika M. (2007). Carotenoids as colorants in reduced-fat mayonnaise containing spent brewer's yeast β -glucan as a fat replacer. *Food Hydrocolloids*, 21(4), 565-574. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.07.003>
- Sayra E. (2021). Evaluación de las propiedades reológicas, fisicoquímicas y funcionales del almidón de tres variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) de la región Puno. Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15445>
- Serinyel G, & Öztürk S. (2017). Investigation on potential utilization of native and modified starches containing resistant starch as a fat replacer in bakery products. *Starch - Stärke*, 69(3-4), 1600022. <https://doi.org/10.1002/star.201600022>
- Shen Y, Babu K, Amamcharla J, & Li Y. (2022). Emulsifying properties of pea protein/guar gum conjugates and mayonnaise application. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(7), 3955-3966. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15564>
- Shi Y, Li J, Gu L, Su Y, Chen W, W., Zhang M, Chang C, & Yang Y. (2023). Synergistic effect of gum arabic and xanthan gum on improving rheological properties of low-fat mayonnaise with egg white protein microparticle as a fat mimetic.



- International Journal of Food Science & Technology, 58(3), 1037-1048.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.16237>
- Steffe J. (1996). Rheological methods in food process engineering. VirtualPro.com.
<https://www.virtualpro.co/biblioteca/metodos-reologicos-en-ingenieria-de-alimentos>
- Talanca O. (2014). Optimización de la incorporación de goma de tara y aceite vegetal en la formulación de una mayonesa light para maximizar su aceptabilidad. Universidad Nacional Agraria La Molina.
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3016996>
- Thaiudom S, & Khantarat K. (2011). Stability and rheological properties of fat-reduced mayonnaises by using sodium octenyl succinate starch as fat replacer. Procedia Food Science, 1, 315-321. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.049>
- Valenzuela C. (2010). Caracterización reológica de mayonesa formulada con fibra de trigo. https://doi.org/10/qf-valenzuela_cf/html/index-frames.html
- Valeriano D. (2019). Comportamiento reológico de la mayonesa comercial.
- Vargas A, P., & Hernández V, D. (2013). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: Propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. Tecnología en Marcha, 26(1), 37-45.
- Villarroel P, Gomez C, Vera C, & Torres J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000400271
- Virginia G, Christopher R, & Studmire W. (2021). Validation of the SafTest Peroxide Test Kit for the Measurement of the Peroxide Content of Oils, Tallows, Meat



- Meals, Potato Chips, and Grain-Based Snacks: AOAC Performance Tested MethodSM. Pubmed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33237292/>
- Yalmanci, D., Dertli, E., Tekin-Cakmak, Z. H., & Karasu, S. (2023). The stabilisation of low-fat mayonnaise by whey protein isolate-microbial exopolysaccharides (Weissella confusa W-16 strain) complex. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(3), 1307-1316. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16287>
- Yang X, Gong, T., Lu, Y., Li, A., Sun, L., & Guo, Y. (2020). Compatibility of sodium alginate and konjac glucomannan and their applications in fabricating low-fat mayonnaise-like emulsion gels. *Carbohydrate Polymers*, 229, 115468. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115468>
- Zhang Ch, Quek S, Lam G, & Easteal A. (2008). The rheological behaviour of low fat soy-based salad dressing. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(12), 2204-2212. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01852.x>

ANEXOS

ANEXO 1. Panel de imágenes de la materia prima y equipos.



Limpieza de la semilla de cañihua



Filtrado de la primera molienda de cañihua



Suspensión de almidón (esperar 24 horas)



Agregado de agua pura para el siguiente proceso



Suspensión de almidón en tubos de ensayo



Centrifugado del almidón de cañihua



Secado del almidón de cañihua en la estufa



Molienda del almidón de cañihua



Almidón gelatinizado



Mayonesa baja en grasa. T1 (o/w 35/35, ACG 10%), T2 (o/w 30/30, ACG 20%), T3 (o/w 21/49, ACG 10%) y T4 (o/w 18/42, ACG 20%), comprando con una muestra control (mayonesa convencional)



Análisis reológico de los tratamientos en el Reómetro Modular Compacto Anton Paar.



Toma de las imágenes en el equipo microscopio óptico.

ANEXO 2. Análisis estadístico (ANVA)**ANEXO 2.1.** Análisis de varianza para Módulo de almacenamiento (G')**Tabla 6***Análisis de Varianza para el módulo de almacenamiento (G')*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
G'	4	167970	41992	17,10	0,000
Error	10	24561	2456		
Total	14	192531			

Prueba Tukey ($p \leq 0,05$) y una confianza de 95%

G'	N	Media	Agrupación
T1	3	336,28	A
T0	3	119,2	B
T2	3	89,174	B
T4	3	56,64	B
T3	3	50,8	B

ANEXO 2.2. Análisis de varianza para Módulo de pérdida (G'')**Tabla 7.***Análisis de Varianza para el módulo de almacenamiento (G'')*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T G''	4	8084,6	2021,16	40,91	0,000
Error	10	494,0	49,40		
Total	14	8578,7			

Prueba Tukey ($p \leq 0,05$) y una confianza de 95%

G''	N	Media	Agrupación
T1	3	70,59	A
T0	3	16,76	B
T2	3	15,283	B
T4	3	10,206	B
T3	3	9,64	B

Tabla 8.*Análisis de Varianza para el factor de pérdida*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
" $\tan\delta$ (G''/G')"	4	0,013173	0,003293	293,08	0,000
Error	10	0,000112	0,000011		
Total	14	0,013285			

Prueba Tukey ($p \leq 0,05$) y una confianza de 95%

" $\tan\delta$ (G''/G')"	N	Media	Agrupación
T3	3	0,218080	A
T1	3	0,21601	A
T4	3	0,180960	B
T2	3	0,173587	B
T0	3	0,13821	C

ANEXO 2.3. Análisis de varianza para comportamiento de flujo (n)**Tabla 9.***Análisis de Varianza para el comportamiento de flujo*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
"n"	4	0,095665	0,023916	35,98	0,000
Error	10	0,006647	0,000665		
Total	14	0,102312			

Prueba Tukey ($p \leq 0,05$) y una confianza de 95%

"n"	N	Media	Agrupación
T0	3	0,2564	A
T1	3	0,24333	A
T2	3	0,1295	B
T3	3	0,0859	B
T4	3	0,0634	B

ANEXO 2.4. Análisis de varianza para coeficiente de consistencia (K)**Tabla 10***Análisis de Varianza para el coeficiente de consistencia*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
"K"	4	5,978	1,4946	6,45	0,008
Error	10	2,316	0,2316		
Total	14	8,294			

Prueba Tukey ($p \leq 0,05$) y una confianza de 95%

"K"	N	Media	Agrupación
T0	3	3,970	A
T1	3	3,719	A
T2	3	3,158	A B
T4	3	2,7043	A B
T3	3	2,257	B

ANEXO 2.5. Análisis de varianza para viscosidad

Tabla 11.

Análisis de Varianza para la variable la viscosidad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
"Viscosidad"	4	7504	1876	1,67	0,233
Error	10	11245	1125		
Total	14	18750			

Prueba Tukey ($p \leq 0,05$) y una confianza de 95%

"Viscosidad"	N	Media	Agrupación
T0	3	118,4	A
T1	3	107,1	A
T4	3	94,3	A
T2	3	74,11	A
T3	3	56,4	A

ANEXO 2.6. Análisis de varianza para índice de peróxido

Tabla 12.

Análisis de Varianza para el índice de peróxido

Fuente	GL	SC Ajust.	M C Ajust.	Valor F	Valor p
"I. P"	4	6,093	1,5234	4,91	0,056
Error	5	1,552	0,3104		
Total	9	7,646			

Prueba Tukey ($p \leq 0,05$) y una confianza de 95%

"I. P"	N	Media	Agrupación
T0	2	3,355	A
T4	2	2,930	A
T3	2	2,420	A
T1	2	1,445	A
T2	2	1,4100	A



ANEXO 3. Informe de resultado fisicoquímico (índice de peróxidos)

3A. Resultados de índice de peróxido Muestra control



Emitido en Juliaca, el 31 de Julio de 2023

Nombre del solicitante : ZORAIDA CHINO CATARI
 RUC : --
 Dirección de la empresa : JR. FRANCISCO BOLOGNESI N° INT.15 – PUNO – PUNO - PUNO
 Servicio solicitado : Informe de ensayo fisicoquímico
 Producto declarado : **MUESTRA CONTROL (MAYONESA CONVENCIONAL)**
 Cantidad de muestra : Envase x 95 g
 Identificación / marca : ALACENA
 Presentación : Envasado
 Lugar y fecha de recepción : Laboratorio CICAL, 24 de julio de 2023
 Características : Muestra proporcionada por el solicitante en envase hermético cerrado.
 Condiciones de recepción : En aparente buen estado a temperatura ambiente.
 Muestra de Diminencia : No proporcionada por el Solicitante
 Fecha de inicio de ensayos : 24 de julio de 2023
 Fecha de término de ensayos : 27 de julio de 2023

ENSAYOS

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
Índice de peróxidos	meqO ₂ /kg	3.54
		3.17

DETERMINACIONES	MÉTODOS DE ENSAYO
Índice de peróxidos	AOCS Cd 8b-90 Peroxide Value Acetic Acid-Isooctane



Edwin Chila Choque

Edwin Chila Choque
 JEFE DE LABORATORIO
 CP. 180253

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad del Centro de Investigación en Ciencia de los Alimentos – CICAL - UPeU. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME

Carretera Arequipa km. 06 Chullunquiani, Juliaca, Teléfono: +51 1-6186302 / E-mail: cicalj@upeu.edu.pe



3B. Resultados de índice de peróxido T1



Emitido en Juliaca, el 31 de Julio de 2023

Nombre del solicitante : ZORAIDA CHINO CATARI
 RUC : —
 Dirección de la empresa : JR. FRANCISCO BOLOGNESI N° INT.15 – PUNO – PUNO - PUNO
 Servicio solicitado : Informe de ensayo fisicoquímico
 Producto declarado : T1 = MAYONESA ADICIONANDO AL 10% DE ALMIDÓN GELATINIZADO DE CAÑIHUA CON CONCENTRACIÓN DE ACEITE: AGUA EN RELACIÓN DE 35:35
 Cantidad de muestra : Un pote x 70 g
 Identificación / marca : SIN MARCA
 Presentación : Envasado
 Lugar y fecha de recepción : Laboratorio CICAL, 24 de julio de 2023
 Características : Muestra proporcionada por el solicitante en potes blancos de polipropileno.
 Condiciones de recepción : En aparente buen estado a temperatura ambiente.
 Muestra de Dirimencia : No proporcionada por el Solicitante
 Fecha de inicio de ensayos : 24 de julio de 2023
 Fecha de término de ensayos : 27 de julio de 2023

ENSAYOS

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
Índice de peróxidos	meqO ₂ /kg	1.20
		1.69

DETERMINACIONES	MÉTODOS DE ENSAYO
Índice de peróxidos	AOCS Cd 8b-90 Peroxide Value Acetic Acid-Isooctane



Edwin Chila Choque
JEFE DE LABORATORIO
CP. 180253

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad del Centro de Investigación en Ciencia de los Alimentos – CICAL - UPeU. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del Informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME

Carretera Arequipa km. 06 Chullunquiani, Juliaca, Teléfono: +51 1-6186302 / E-mail: dicalj@upeu.edu.pe



3C. Resultados de índice de peróxido T2



Emitido en Juliaca, el 31 de Julio de 2023

Nombre del solicitante : ZORAIDA CHINO CATARI
 RUC : --
 Dirección de la empresa : JR. FRANCISCO BOLOGNESI N° INT.15 – PUNO – PUNO - PUNO
 Servicio solicitado : Informe de ensayo fisicoquímico
 Producto declarado : T2= MAYONESA ADICIONANDO AL 20% DE ALMIDÓN GELATINIZADO DE CAÑIHUA CON CONCENTRACIÓN DE ACEITE: AGUA EN RELACIÓN DE 30:30
 Cantidad de muestra : Un pote x 70 g
 Identificación / marca : SIN MARCA
 Presentación : Envasado
 Lugar y fecha de recepción : Laboratorio CICAL, 24 de julio de 2023
 Características : Muestra proporcionada por el solicitante en potes blancos de polipropileno.
 Condiciones de recepción : En aparente buen estado a temperatura ambiente.
 Muestra de Diferencia : No proporcionada por el Solicitante
 Fecha de inicio de ensayos : 24 de julio de 2023
 Fecha de término de ensayos : 27 de julio de 2023

ENSAYOS

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
Índice de peróxidos	meqO ₂ /kg	1.42
		1.40

DETERMINACIONES	MÉTODOS DE ENSAYO
Índice de peróxidos	AOCS Cd 8b-90 Peroxide Value Acetic Acid-Isooctane



Edwin Chila Choque

Edwin Chila Choque
JEFE DE LABORATORIO
CP. 180253

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad del Centro de Investigación en Ciencia de los Alimentos – CICAL - UPeU. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME

Carretera Arequipa km. 06 Chullunquiani, Juliaca, Teléfono: +51 1-6186302 / E-mail: cicalj@upeu.edu.pe



3D. Resultados de índice de peróxido T3



Emitido en Juliaca, el 31 de Julio de 2023

Nombre del solicitante : ZORAIDA CHINO CATARI
 RUC : —
 Dirección de la empresa : JR. FRANCISCO BOLOGNESI N° INT.15 – PUNO – PUNO - PUNO
 Servicio solicitado : Informe de ensayo fisicoquímico
 Producto declarado : T3= MAYONESA ADICIONANDO AL 10% DE ALMIDÓN GELATINIZADO DE CAÑIHUA CON CONCENTRACIÓN DE ACEITE: AGUA EN RELACIÓN DE 21:49
 Cantidad de muestra : Un pote x 70 g
 Identificación / marca : SIN MARCA
 Presentación : Envasado
 Lugar y fecha de recepción : Laboratorio CICAL, 24 de julio de 2023
 Características : Muestra proporcionada por el solicitante en potes blancos de polipropileno.
 Condiciones de recepción : En aparente buen estado a temperatura ambiente.
 Muestra de Dirimencia : No proporcionada por el Solicitante
 Fecha de inicio de ensayos : 24 de julio de 2023
 Fecha de término de ensayos : 27 de julio de 2023

ENSAYOS

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
Índice de peróxidos	meqO ₂ /kg	1.61
		3.23

DETERMINACIONES	MÉTODOS DE ENSAYO
Índice de peróxidos	AOCS Cd 8b-90 Peroxide Value Acetic Acid-Isooctane



Edwin Chila Choque

Edwin Chila Choque
JEFE DE LABORATORIO
CP. 180253

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad del Centro de Investigación en Ciencia de los Alimentos – CICAL - UPeU. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME

Carretera Arequipa km. 06 Chullunquiani, Juliaca, Teléfono: +51 1-6186302 / E-mail: cicalj@upeu.edu.pe



3E. Resultados de índice de peróxido T4



Emitido en Juliaca, el 31 de Julio de 2023

Nombre del solicitante : ZORAIDA CHINO CATARI
 RUC : —
 Dirección de la empresa : JR. FRANCISCO BOLOGNESI N° INT.15 – PUNO – PUNO - PUNO
 Servicio solicitado : Informe de ensayo fisicoquímico
 Producto declarado : T4= MAYONESA ADICIONANDO AL 20% DE ALMIDÓN GELATINIZADO DE CAÑIHUA CON CONCENTRACIÓN DE ACEITE: AGUA EN RELACIÓN DE 18:42
 Cantidad de muestra : Un pote x 70 g
 Identificación / marca : SIN MARCA
 Presentación : Envasado
 Lugar y fecha de recepción : Laboratorio CICAL, 24 de julio de 2023
 Características : Muestra proporcionada por el solicitante en potes blancos de polipropileno.
 Condiciones de recepción : En aparente buen estado a temperatura ambiente.
 Muestra de Dimencia : No proporcionada por el Solicitante
 Fecha de inicio de ensayos : 24 de julio de 2023
 Fecha de término de ensayos : 27 de julio de 2023

ENSAYOS

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
Índice de peróxidos	meqO ₂ /kg	2.77
		3.09

DETERMINACIONES	MÉTODOS DE ENSAYO
Índice de peróxidos	AOCS Cd 8b-90 Peroxide Value Acetic Acid-Isooctane



Edwin Chila Choque

Edwin Chila Choque
JEFE DE LABORATORIO
CP. 180253

Los ensayos se han realizado bajo responsabilidad del Centro de Investigación en Ciencia de los Alimentos – CICAL - UPeU. Los resultados de los ensayos corresponden solo a la(s) muestra(s) del prototipo o del lote ensayado(s) no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

PROHIBIDA LA MODIFICACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME

Carretera Arequipa km. 06 Chullunquiani, Juliaca, Teléfono: +51 1-6186302 / E-mail: cicalj@upeu.edu.pe



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Zoraida Chino Catari
identificado con DNI 71897060 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Agroindustrial

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" Evaluación de las propiedades reológicas, estructurales y
fisicoquímicas de mayonesa baja en grasa sustituida con
almidón de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) gelatinizada"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 07 de mayo del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Zoraida Chino Catari
identificado con DNI 71897060 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agroindustrial,
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
"Evaluación de las propiedades reológicas, estructurales y
físicoquímicas de mayonesa baja en grasa sustituido con almidón de
Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) gelatinizado"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 07 de mayo del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNA-PUNO
ESCUELA PROFESIONAL DE DE ING. AGROINDUSTRIAL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



FORMATO N° 01

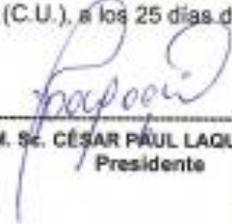
SEÑOR SUB DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA
PROFESIONAL INGENIERIA AGROINDUSTRIAL UNA - PUNO:

En mérito a la evaluación y dictamen del borrador de tesis, "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS, ESTRUCTURALES Y FÍSICOQUÍMICOS DE MAYONESA BAJA EN GRASA SUSTITUIDO CON ALMIDÓN DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*, Aellen) GELATINIZADO", con código PILAR N° 2021-1956 presentado por el bachiller ZORAIDA CHINO CATARI, el jurado revisor lo declara:

APTO (X)

Por tanto, esta expedido para la sustentación presencial y defensa de la tesis. Determinando que dicho acto académico se lleve a cabo el día 10 de mayo del 2024 a las 11:00 horas. Por lo que solicitamos a usted, se efectuó los tramites y la publicación correspondiente para la realización de acuerdo a lo reglamentado.

En Puno (C.U.), a los 25 días del mes de abril del 2024


M. Sc. CÉSAR PAUL LAQUI VILCA
Presidente


M. Sc. JUAN GUISPE CCAMA
Primer miembro


M. Sc. NURY YANETH MAYTA BARRIOS
Segundo miembro


Dra. ALICIA MAGALY LEON TACCA
Director o asesor de Tesis

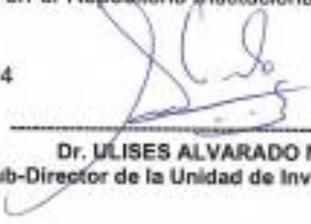

ZORAIDA CHINO CATARI
Tesisista

PROVEÍDO DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Considerando que la evaluación y dictamen del borrador de tesis por el jurado revisor se declaro como apto:

Esta Sub-Dirección autoriza el tramite y la publicación de la exposicion y defensa de la tesis; de acuerdo a la fecha y hora determinada por los jurados, con las respectivas medidas de bioseguridad para dicho acto. A la misma, los documentos que se presentan para su publicación en el Repositorio Institucional son veraces y auténticos del autor (e)

Puno C.U. 25 de abril del 2024


Dr. ULISES ALVARADO MAMANI
Sub-Director de la Unidad de Investigación-EPIAI