

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias

Alimentarias



**Efectos de la adición de almidón de tres variedades de quinua
(*Chenopodium quinoa Willd*) sobre las propiedades
fisicoquímicas, reológicas y sensoriales del yogur estilo griego**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias

Autores:

Candelaria Trujillo Miranda

Karen Lilian Casquino Ramos

Carla Yuli Irrazabal Chumbes

Asesor:

Ing. Enrique Mamani Cuela

Juliaca, marzo del 2026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Ing. Enrique Mamani Cuela, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFECTOS DE LA ADICIÓN DE ALMIDÓN DE TRES VARIEDADES DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA WILLD) SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, REOLÓGICAS Y SENSORIALES DEL YOGUR ESTILO GRIEGO”** de los autores **Candelaria Trujillo Miranda, Karen Lilian Casquino Ramos y Carla Yuli Irrazabal Chumbes**, tiene un índice de similitud de 5% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 13 días del mes de Setiembre del año 2026.



Ing. Enrique Mamani Cuela
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 18 día(s) del mes de Marzo del año 2026,
 las 15:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la presidencia de (a) Ing. So. Corina Rosa Apaza Humerez

el (la) secretario(a) Ing. Ana
Mónica Torres Jiménez y los demás miembros: Ing. Edwin Chila
Choque y el (la) asesor(a) Ing. Enrique Mamani
Cueta

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado
Efectos de la adición de almidón de tres variedades de Quinua (Chenopodium
quinua wild) sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales del yogur
estilo griego de (los) bachiller(es): a) Candelaria Trujillo Miranda

b) Karen Lilian Casquino Ramos
 c) Carla Yuli Irrazabal Chumbes

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero de Industrias Alimentarias

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Candelaria Trujillo Miranda

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>18</u>	<u>A-</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (b): Karen Lilian Casquino Ramos

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>18</u>	<u>A-</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Bachiller (c): Carla Yuli Irrazabal Chumbes

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>18</u>	<u>A-</u>	<u>Muy Bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
 Presidente/a

[Firma]
 Asesor(a)

[Firma]
 Bachiller (a)

[Firma]
 Miembro

[Firma]
 Miembro

[Firma]
 Bachiller (b)

[Firma]
 Secretario

[Firma]
 Miembro

[Firma]
 Bachiller (c)

Dedicatoria

A Dios, Agradecer por la fuerza, la sabiduría, la paciencia y la guía divina que permitieron superar las dificultades del proceso de estudio.

A muestras familias, reconocer el amor, el sacrificio, y el apoyo incondicional de nuestros padres y hermanos, quienes son una motivación constante, y por enseñarnos el valor del trabajo honesto y la superación, por las oraciones silenciosas y por creer en nosotros.

A nuestros docentes, por su ayuda, comprensión, motivación y sembrar en nosotros la pasión por la investigación y el apoyo en momentos de estrés y duda, gracias por formar parte de nuestra formación académica y humana.

A nuestro asesor de tesis, Ing. Enrique Mamani Cuela, por su guía, dedicación y confianza, depositada en nuestro trabajo. Su guía fue fundamental para la aplicación y posterior obtención de resultados del estudio.

A nuestros amigos, que estuvieron en los momentos de alegría y en los momentos más difíciles, gracias por la compañía.

A la universidad y personal que facilitaron el proceso académico. Finalmente, dedicarnos este logro a nosotros, por no rendirnos, por mantenernos firmes ante las dificultades y siempre confiar que todo esfuerzo tiene su recompensa.

Esta tesis es el reflejo de un sueño que hoy se convierte en realidad.

Agradecimiento

Con amor y gratitud a Dios por acompañarnos, guiarnos y darnos la fortaleza para culminar satisfactoriamente la carrera universitaria; su presencia espiritual logró la confianza en nosotras para finalizar la investigación de manera eficiente; siempre con la frase invaluable. "En el corazón del hombre hay muchos planes, pero el propósito del Señor es el que se cumple." Proverbios 19:21.

A nuestros familiares, que nos apoyaron en este logro, Por su amor y sus palabras de alientos y su constante apoyo emocional, gracias por apoyarnos y acompañarnos en cada paso de este proceso.

Agradecemos profundamente y expresamos una profunda gratitud al Ing. Enrique Mamani Cuela, asesor de esta tesis, por su guía académica, por su valioso acompañamiento en la investigación y alcanzar la excelencia científica.

Finalmente, a nuestros docentes de la escuela profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, por los conocimientos transmitidos durante nuestra formación profesional.

ÍNDICE

Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Resumen.....	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. METODOLOGÍA	10
2.1 Materiales.....	10
2.1.1 <i>Materia prima e insumos</i>	10
2.1.2 <i>Lugar de ejecución</i>	10
2.1.3 <i>Rendimiento del almidón</i>	11
2.1.4 <i>Elaboración de un yogur estilo griego e insumos</i>	11
2.2 Análisis sensorial	12
2.2.1 <i>Diseño experimental</i>	13
2.2.2 <i>Análisis proximal del yogurt tipo griego</i>	13
2.2.3 <i>Análisis microbiológico</i>	14
2.2.4 <i>Mohos y levaduras:</i>	14
2.2.5 <i>Análisis reológico</i>	14
2.2.6 <i>Análisis estadístico</i>	15
2.2.7 <i>Metodología de microscopia</i>	16
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
3.1. Resultados	16
3.1.1 <i>Rendimiento del Almidón de la Quinoa (Chenopodium quinoa wild.)</i>	16
3.1.2 <i>Resultado de microscopia</i>	17
3.1.3 <i>Análisis fisicoquímica del yogurt</i>	17
3.1.4 <i>Análisis de acidez (%)</i>	17
3.1.5 <i>Microscopia del almidón.</i>	18
3.1.7.1 <i>Análisis reológico realizado mediante barrido de amplitud</i>	21
3.1.8 <i>Análisis sensorial</i>	29
IV. CONCLUSION.....	32
VII. ANEXOS	38

Efectos de la adición de almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales del yogur estilo griego

Irrazabal Chumbes, Carla Yuli ID: <https://orcid.org/0009-0004-0479-2022>

Trujillo Miranda, Candelaria ID: <http://orcid.org/0009-0007-7467-3610>

Casquino Ramos, Karen Lilian ID: <https://orcid.org/0009-0003-0460-643X--->

Resumen

Se investigó el efecto de la adición del almidón extraído de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del distrito de Cabanillas de la Región de puno, Perú, se emplearon tres variedades de quinua: Negra Collana (VNC), Roja Pasankalla (VRP) y blanca Salcedo Inia (VBSI). se evaluaron las propiedades físico-químicas, microbiológicas, reológicas y sensoriales en el yogurt estilo griego con porcentajes de almidón añadido, con el objetivo de evaluar su potencial como ingrediente coadyuvante natural. El almidón fue obtenido mediante extracción húmeda y añadido a la formulación en concentraciones de 1%, 3% y 5%, bajo un diseño factorial 3². Se evaluaron pH, acidez titulable, sólidos totales, propiedades fisicoquímicas (índice de viscosidad de comportamiento de flujo y propiedades visco elásticas (G', G'') y atributos sensoriales. La VBSI presentó el mayor rendimiento de almidón (33,3%), seguida de la VRP (23,9%) y la VNC (11,3%). La incorporación de almidón mejoró significativamente la viscosidad, la estabilidad y la textura del yogurt estilo griego, destacando las formulaciones con almidón VBSI al 3% y 5%, que mostraron mayor firmeza, cremosidad y homogeneidad. Para la evaluación sensorial se realizó cata de aceptabilidad general en 116 panelistas determinando la aceptabilidad en una cartilla de escala hedónica. se sometieron a prueba la (VBSI) (VRP) y (VNC), con porcentajes de almidón al 1%, 3% y 5% agregado en yogurt estilo griego. estos datos se analizaron en una prueba de Friedman. El cual dio resultado de una mediana de 4 puntos en las 3 variedades con porcentaje del 1% con el parámetro de aceptabilidad mayor en las 3 variedades. Los resultados respaldan el uso del almidón de quinua en las 3 variedades en porcentajes menores al 1% como un ingrediente funcional prometedor para optimizar la calidad tecnológica y sensorial del yogurt griego, ofreciendo una alternativa natural libre de aditivos sintéticos y alineada con las tendencias de consumo saludable. En la evaluación microbiología el almidón de quinua VRP demuestra la mejor calidad.

Palabras clave: Almidón de quinua, análisis sensorial, textura, viscosidad, yogurt griego.

Effects of the Addition of Starch from Three Quinoa Varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.) on the Physicochemical, Rheological, and Sensory Properties of Greek-Style Yogurt

Abstract

This study investigated the effect of adding starch extracted from three quinoa varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.)—Negra Collana (VNC), Roja Pasankalla (VRP), and Blanca Salcedo Inia (VBSI)—from the Cabanillas district in the Puno region of Peru. Physicochemical, microbiological, rheological, and sensory properties were evaluated in Greek-style yogurt containing varying percentages of added starch, with the aim of assessing its potential as a natural functional ingredient. The starch was obtained via wet extraction and incorporated into the formulation at concentrations of 1%, 3%, and 5%, following a 3² factorial design. Parameters evaluated included pH, titratable acidity, total solids, physicochemical properties (flow behavior, viscosity index, and viscoelastic properties—G', G''), and sensory attributes. The VBSI variety yielded the highest starch content (33.3%), followed by VRP (23.9%) and VNC (11.3%). Starch incorporation significantly improved the viscosity, stability, and texture of the Greek-style yogurt; formulations containing 3% and 5% VBSI starch stood out, exhibiting superior firmness, creaminess, and homogeneity. Sensory evaluation involved a general acceptability test with 116 panelists using a hedonic scale. Samples from the VBSI, VRP, and VNC varieties—each with 1%, 3%, and 5% added starch—were tested. Data analysis using the Friedman test yielded a median score of 4 points for all three varieties at the 1% concentration, which represented the highest acceptability rating across the board. These results support the use of quinoa starch from all three varieties—at concentrations of 1% or lower—as a promising functional ingredient to optimize the technological and sensory quality of Greek yogurt, offering a natural, additive-free alternative that aligns with healthy consumption trends. Microbiological evaluation indicated that VRP quinoa starch yielded the best quality.

Keywords: Quinoa starch, sensory analysis, texture, viscosity, Greek yogurt.

I. INTRODUCCIÓN

El yogurt griego es un derivado lácteo fermentado ampliamente valorado por su alto contenido de proteico y su textura cremosa. Según la (FAO, 2020), para ser clasificado como yogurt estilo griego, debe tener una concentración mínima de proteínas del 5%, lograda mediante proceso como el colado que eliminan el suero y parte de la lactosa. No obstante, su producción enfrenta desafíos tecnológicos, como la sinéresis y la conservación de las propiedades texturales durante el almacenamiento.,(Tutunchi et al., 2023) Para contrarrestar estos inconvenientes, investigaciones recientes han demostrado que la incorporación de ingredientes funcionales como fibras y almidones puede estabilizar su estructura y mejorar su aceptabilidad sensorial. (Ortega et al., 2024) (Liu et al., 2023).

Entre estos ingredientes el almidón extraído de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) ha generado un interés creciente debido a sus propiedades coadyuvantes, como la gelatinización a bajas temperaturas y su notable capacidad de retención de agua, (Cao et al., 2022). Estudios recientes han demostrado que este almidón puede mejorar la textura y la estabilidad de productos como yogures estilo griego y cremas, actuando como un agente espesante natural, (M P et al., 2024) Estas características lo posicionan como un insumo estratégico para aclarar problemas asociados con la estabilidad textural y la calidad nutricional de productos lácteos fermentados, (Abdelshafy et al., 2024)

Las propiedades reológicas del yogurt, como viscosidad y elasticidad, son indicadores que el consumidor observa sobre la clave de su calidad y aceptación,(Pham et al., 2024). Sin embargo, estas propiedades pueden verse comprometidas por fenómenos como la separación de fases durante el almacenamiento, (Rahman et al., 2024)El uso de almidones de quinoa, ha mostrado ser una alternativa efectiva para incrementar la viscosidad y mejorar la interacción como proteínas y polisacáridos, reduciendo así la sinéresis,(Murat Emre et al., 2023). Esta estabilización no solo mejora la calidad general del producto, a su vez avala las exigencias del mercado actual, que buscan productos naturales y funcionales, (Ortega et al., 2024).

En este contexto los parámetros reológicos como la consistencia (K) y del índice de flujo (n) son fundamentales para evaluar el comportamiento del yogurt estilo griego bajo condiciones de esfuerzo mecánico. Evidencias experimentales sugieren que la adición del almidón de quinoa incrementa el valor de (K) y reduce el valor (n), resultando en un producto más estable y fácil de manipular. Esta mejora favorece tanto en el almacenamiento como transporte y la

conservación de las características organolépticas del producto final, (Tutunchi et al., 2023) (Ortega et al., 2024)

Así mismo los módulos elásticos (G') y viscosos (G'') son determinantes para analizar la textura y la estabilidad interna del yogur estilo griego. El almidón de quinoa fortaleció las redes de proteínas y polisacáridos para mejorar G' y estabilizar G'' (Li y Zhu, 2017). Esta modificación mejora las propiedades mecánicas del producto y evita el escepticismo del consumidor respecto a la naturalidad del producto, dado el mercado competitivo que prioriza productos naturales con valor agregado, (Huang et al., 2022).

En este proyecto se planteó evaluar el efecto de los almidones provenientes de tres variedades de Quinoa blanca Salcedo INIA (QBS), Roja Pasankalla (QRP) y Negra Collana (QNC), teniendo como referencia las propiedades fisicoquímicas, reológicas, microbiológicas y sensoriales del yogur estilo griego. A través de un diseño factorial 3X3, se analizaron variables como el índice de flujo, textura y sabor, identificando interacciones significativas entre los factores evaluados. Este enfoque busca aportar soluciones innovadoras para mejorar la estabilidad y funcionalidad de productos lácteos fermentados, contribuyendo al desarrollo de alimentos más saludables y de mayor valor agregado.

II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Materia prima e insumos

Se recolectaron tres granos de quinoa, de color, cultivados en el distrito de Cabana de la Región de Puno, Perú, las tres variedades empleadas de quinoa fueron: negra Collana (QNC), roja Pasankalla (QRP) y blanca Salcedo INIA (QBS), adquiridos de la cooperativa agro industrial COPAIN - CABANA(LTDA) ubicado a 3885 m.s.n.m Jr. Lima S/N cercado Cabana Juliaca–Puno-Perú.

2.1.2 Lugar de ejecución

El estudio experimental se llevó a cabo en el “Centro de Investigación de Ciencia de Alimentos (CICAL) de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, filial Juliaca, Perú”.

La vía molienda húmeda fue un proceso especial de extracción de almidón de las tres variedades de quinua, este procedimiento fue descrita por: (Laqui Vilca et al., 2022). En seguida Se puso a remojar en agua cielo alcalina con pH 8.5 a una proporción de 1:3 (agua: semilla) por un tiempo de 24 horas, Posterior a ello se usó una batidora manual (Oster FPSTHM3532 eslovenia) para la separación de partículas no deseadas. Los granos hidratados fueron triturados durante 15 minutos en una licuadora (Oster BLST3A-CPG, México), añadiendo agua alcalina en proporción de 2:1(agua: semilla) con respecto al peso de la quinua remojada. La suspensión resultante se filtró mediante un tamiz malla 200 µm, separando el almidón de los restos sólidos. se dejó sedimentar durante 48 horas, eliminando el agua sobrenadante, y fue sometido a centrifugación (four esscentific), a 2000 RPM por 20 minutos con el fin de separar residuos no deseados. Finalmente, la pasta de almidón obtenida se secó en una estufa (Kertlab ODHG9030D-CHINA a 30 °C) por 6 horas para remover la humedad residual, finalmente se llevó al molinillo (Bosh TSM6A013B Eslovenia) para luego ser molido, hasta obtener un polvo fino y homogéneo, posteriormente fue almacenando en una campana de desecación.

2.1.3 Rendimiento del almidón

El cálculo fue efectuado, mediante la relación de peso seco del almidón y peso de los granos de quinua expresado en porcentaje según la metodología. (Tutunchi et al., 2023).

El rendimiento del almidón se calculó mediante la ecuación

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{peso total del almidon (g)}}{\text{peso de los granos de quinua(g)}} \times 100 \quad \%$$

2.1.4 Elaboración de un yogur estilo griego e insumos

Para la elaboración del yogurt estilo griego se recepcionó (5L) de leche cruda lo cual fue recolectado de la finca ganadera de la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, (zona UTM 19S; este:372718.372 y norte; 8284240.409), ubicada a 4029 metros msnm, provenientes de vacunos lecheros de las razas Holstein, brown Swiss, kiwi cross y jersey. Para evaluar la calidad se usó un lactoscan espectroscopia ultrasónica (LACTOSCAN S-50, milkotronic, Bulgaria) donde se encontraron valores de grasa (04.54%), densidad (27.61), lactosa (04.57%), proteína (03.03%), solidos totales (12.85%), agua agregada (00.00%), temperatura (23.0), pH (06.87), conductividad (05.06), punto de congelación (0.536), sales (00.68%), SNF(08.81%).

Posteriormente se pasteurizo 85°C por 10 min, en el proceso se fue añadiendo 8% de leche en polvo (Anchor, obtenido en supermercados peruanos S.A.) y almidón nativo 25°C al 1%, 3% y 5%, de 3 variedades de Quinua (RP, NC y BSI), obteniendo un total de 9 formulaciones por variedad, se enfrió a 37°C para la inoculación del cultivo iniciador (LYOFAST Y 456 B, *Lactobacillus bulgaricus*, *streptococcus thermophilus*, Sacco System, Linros SRL), diluido en cada tratamiento, se incubó por un tiempo de 12 horas a 37°C, en un ambiente inocuo. La fermentación se detuvo cuando se alcanzó un pH de 4.2 finalizando la incubación se colocaron las muestras en telas de campo para efectuar el desuerado por 12 horas a 13°C en refrigeración (Indurama CI-420BL), para mantener condiciones de temperatura controlada durante el proceso experimental. Finalmente se rompió la cuajada manualmente con movimientos suaves y circulares durante un minuto. para dar textura a un yogurt cremoso visualmente suave. Finalmente, el producto se almaceno en un envase de vidrio hermético, apto para uso alimentario a 13°C. Para este proceso se realizó la formulación planteada en la tabla 1.

Tabla 1

Formulación para la elaboración de yogurt tipo griego.

Formulación	Variedad de quinua	% de Quinua usado
1	Blanca	1
2	Negra	1
3	Roja	1
4	Blanca	3
5	Negra	3
6	Roja	3
7	Blanca	5
8	Negra	5
9	Roja	5

Nota. Concentración de insumos

2.2 Análisis sensorial

El análisis sensorial ejecutado fue del tipo afectivo, escala hedónica, este perfil fue realizado por un panel de 116 catadores, reclutados entre estudiantes y empleados del CITAL y CICAL de la universidad peruana unión filial Juliaca, Puno con noción en la descripción sensorial de lácteos. Se generaron un total de 5 puntos a evaluar (“*Me gusta mucho, Me gusta, No me gusta ni me Disgusta, me disgusta, me disgusta muchísimo*”) las muestras fueron codifica aleatoriamente para no influir en su valoración. el criterio a evaluar fue la aceptación

general a partir de puntajes establecidos. Antes de la evaluación, el investigador explicó el procedimiento a cada panelista y se le ejemplificó el proceso a seguir. A cada panelista se le presentó todo el conjunto de muestras simultáneamente las cuales se sirvieron (10 ml) en pequeños vasos de plástico transparente codificados con números aleatorios de tres dígitos a temperatura ambiente a la par se proporcionó Agua mineral para enjuagar la boca entre muestras. bajo condiciones controladas para minimizar la variación.

2.2.1 Diseño experimental

El diseño presenta como variables el porcentaje de almidón a añadir y las 3 variedades de quinua, se utilizó la metodología de diseño factorial 3³. Esto con el fin de obtener el número de experimentos a realizar. En este la variable respuesta se especificó en el porcentaje de almidón añadido después de finalizar con la evaluación sensorial, se realizaron los tratamientos por triplicados dando un total de 27 pruebas.

Tabla 2

Factores y niveles para el diseño de experimentos

formulación	variedad de quinua	% de quinua usado
1	Blanca	1
2	Negra	1
3	Roja	1
4	blanca	3
5	negra	3
6	roja	3
7	blanca	5
8	negra	5
9	roja	5

Nota. Diseño factorial.

Los criterios de selección de los niveles para cada factor se describen, el estudio del comportamiento de cada variedad de quinua para los análisis reológicos, por otro lado, los niveles para el factor del porcentaje de almidón usado, se establecieron conforme a la normativa de Codex

2.2.2 Análisis proximal del yogurt tipo griego

El análisis proximal del yogurt griego con almidón de quinua se realizó en el Laboratorio de Investigación y Servicios (LABINVSERV) de la UNSA-Arequipa. Se analizaron tres

muestras de yogurt griego, cada una con una variedad diferente de quinua: negra al 1% (código de muestra 31249), roja 1% (código de muestra 31250) y blanca 1% (código de muestra 31251). Las muestras fueron proporcionadas por los investigadores en recipientes herméticamente selladas.

2.2.3 Análisis microbiológico

Se realizó conforme a los criterios establecidos en el Decreto Supremo N°007-2017-MINAGRI, el cual regula los estándares microbiológicos para productos lácteos en el Perú. Iniciamos con la preparación de los materiales a utilizar 18 placas Petri, 3 pipetas de (10 ml), 20 micropipetas, 3 vasos precipitado de (300 ml), 9 tubos de ensayo con tapa, 3 azas de drigalski, 2 probetas (100 ml), 2 matraz de (500 ml) y 3 varillas, cada uno de los materiales fueron envueltos con papel craf y asegurados con pabito y algodón. Por otro lado, también se hizo la preparación de agua peptonada (400 ml) y agar. Posteriormente, ambos fueron llevados al Autoclave para ser esterilizados a 120°C durante 1 hora y otros 60 minutos de enfriado. Se hizo la correcta desinfección de área, con el fin de evitar alteración en los resultados. Todos los materiales fueron rotulados para un correcto uso.

2.2.4 Mohos y levaduras:

En un vaso precipitado, se pesó 10 gr. de yogur tipo griego con adición de almidón de quinua, blanca, roja y negra cada una de manera individual. Con la ayuda de una probeta se midió 90 ml de caldo peptonado para luego ser diluidos con cada una de las muestras. En cada placa petri se agregó 20 ml de agar agar hasta que llegue a un punto de gelificación evitando las burbujas de aire. La dilución se hizo en tubos de ensayo 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} . Con una micro pipeta se agregó 0.1 ml de muestra en el centro de cada placa, enseguida se hizo la distribución de muestra en toda el área con delicadeza. Todo esto por duplicado siendo un total de 6 muestras por variedad. Posteriormente las placas fueron selladas y aseguradas con el fin de evitar contaminación cruzada y llevados a incubación a 25°C por 3 días. El recuento se efectuó con un lector de microorganismos.

2.2.5 Análisis reológico

El perfil de flujo de cada producto se obtuvo por triplicado utilizando la geometría de placas paralelas ($D = 10$ mm; separación = 2 mm para el yogur) acoplada a un reómetro Modular Compacto (MCR 72) de la marca (Anton Par-Austria). Todas las muestras se agitaron suavemente con una cuchara durante 30 segundos antes de la medición para mezclar el suero

libre. Cada muestra se cargó en el reómetro y se dejó reposar hasta alcanzar la temperatura de medición ($15 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) durante 2 minutos antes de la prueba. Se evaluaron los aspectos reológicos de todas las muestras mediante ensayos obtenidos de las curvas de flujo entre $0,1$ y 100 s^{-1} , a partir de rampas continuas de velocidad de cizallamiento (ascendente) A temperaturas 5°C , 10°C y 15°C los modelos no newtonianos (Ec. (2)), de ley de potencia (Ec. (3)) se ajustaron a los datos reológicos de la segunda curva ascendente (curva de flujo). Los modelos no Newtoniano (Ec. (2)), Ley de Potencia (Ostwald de Wild) (Ec. (3)) se ajustaron a los datos reológicos de la segunda curva ascendente (curva de flujo).

$$\tau = \mu \dot{\gamma} \quad (2)$$

$$\tau = K \dot{\gamma}^n \quad (3)$$

Donde τ es el esfuerzo cortante (Pa), μ es la viscosidad newtoniana ($\text{Pa}\cdot\text{s}$), $\dot{\gamma}$ es la velocidad de corte (s^{-1}), K es el índice de consistencia ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$), n es el índice de comportamiento del flujo (adimensional). A continuación, un barrido de esfuerzo oscilatorio determina la región de viscoelasticidad lineal (LVR) para el yogur (la deformación cortante varió de $(0,1$ a $10 \text{ \%}$ a $1 \text{ Hz})$). Las propiedades reológicas en estas regiones son independientes de la deformación, y el esfuerzo máximo aplicado no altera la estructura física. Finalmente, se realizó un barrido de frecuencia en la LVR a $0,52 \text{ Pa}$ para el en un rango de frecuencia entre $(0,1$ y 10 Hz a $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Se miden el módulo de almacenamiento o elástico (G' , Pa), el módulo de pérdida o viscoso (G'' , Pa) y la viscosidad compleja (η^*) para cada muestra(referencia)

2.2.6 Análisis estadístico

Se utilizó el programa Minitab 2020, esto para la estadística tabulativa de los datos sensoriales. Por ser datos no paramétricos no tienen homogeneidad de varianzas y no se distribuyen normalmente por lo tanto es un análisis de comparación de medianas al cual aplicamos la prueba de FRIEDMAN el perfil reduce los efectos del uso de escala y ofrece consenso configurativo permitiendo comparar la proximidad entre las muestras de distintos porcentajes de almidón de quinua utilizados por diferentes evaluadores, se sacarán medianas de cada muestra y se compararán para identificar las mejores aceptadas por la población evaluada. Para el análisis de los datos reológicos, se empleó Visual Studio Code.

2.2.7 Metodología de microscopia

Se utilizó un microscopio óptico (LM) (amscope) con un adaptador (amscape FMAO50) Y cámara (high cloud) de aumento 40x Lente objetivo (NA-1.42) usado para la observación del almidón. Se preparó la muestra sobre un portaobjetos de vidrio limpio se tiñeron con 0.1ml de lugol y se cubrió cuidadosamente con un cubreobjetos para evitar la formación de burbujas de aire. Las imágenes fueron capturadas y almacenadas a una resolución de 1280 x 1024 píxeles usando un software (AmScopeSetup, China).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1 Rendimiento del Almidón de la Quinoa (*Chenopodium quinoa wild.*)

El rendimiento del almidón extraído se presenta en la Tabla 3. Los resultados muestran variaciones significativas en la cantidad de almidón obtenido, con la quinoa blanca alcanzando el mayor rendimiento 33.3%, seguida de la quinoa roja 23.9% y la quinoa negra, presenta el menor rendimiento con 11.3%.

Tabla 3

Rendimiento % del almidón de quinoa de las 3 variedades

Muestra	VQB	VQN	VQR
Rendimiento	33.3 %	11.3%	23.9%

Nota. Variedades según clasificación.

El rendimiento del almidón de quinua varía significativamente entre las diferentes variedades, lo que refleja la diversidad de características funcionales y estructurales que cada tipo de quinua presenta. Según, (Arzapalo Quinto et al., 2015) la quinoa blanca Junín alcanzó el rendimiento más alto de almidón, con un 30.62%, seguida de la Pasankalla roja (26.71%) y la Negra Collana con el rendimiento más bajo (18.95%). Estos datos son consistentes con otros estudios que también han demostrado que el contenido de almidón de quinua depende de la variedad, lo que influye en las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón, como su capacidad de gelatinización y el contenido de amilosa, (Oliva Artega et al., 2018). La quinoa blanca, con un rendimiento de almidón del 33.78%, también mostró propiedades funcionales superiores, como un mayor poder de hinchamiento y una alta solubilidad, (Maza Idone, 2020). Sin embargo, la quinoa negra tiene un rendimiento significativamente menor, lo que sugiere

que podría ser más adecuada para productos donde el contenido de almidón no es el factor principal, pero donde otras propiedades funcionales, como la textura o la estabilidad frente a la congelación, podrían ser más relevantes, (Arzapalo Quinto et al., 2015).

3.1.2 Resultado de microscopia

Se utilizó la técnica de un microscopio óptico (LM), para examinar las morfologías y propiedades de los gránulos del almidón nativo, como la forma y el tamaño. los cuales varían según el origen botánico, (Laqui Vilca et al., 2022); sin embargo, todos los gránulos de almidón Parecían diminutos, grandes y de forma poliédrica, poligonal, angular e irregularmente deformes. En el almidón de quinua se presentaron estas agregaciones y adhesión de forma esférica u oblonga, cabe señalar que la formación de estos agregados puede deberse en gran medida a la presencia de proteínas y grasas. La microscopía óptica limita la profundidad a la que se puede visualizar la morfología de los gránulos de almidón por lo tanto no se recomienda.

3.1.3 Análisis fisicoquímica del yogurt

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la acidez titulable y el pH de los yogures elaborados con almidón de tres variedades de quinua (roja, negra y blanca) a concentraciones de 1%, 3% y 5%. La Tabla 4 muestra los valores de acidez titulable (%) de los diferentes tratamientos, y los valores de pH correspondientes a las mismas muestras

3.1.4 Análisis de acidez (%)

Es un indicador crucial de la calidad del yogurt, ya que refleja la cantidad de ácido láctico presente debido a la fermentación. Según NTP.FALTA, los valores típicos de acidez en productos lácteos fermentados deberían oscilar entre 0.6% y 1.5% de ácido láctico, lo que implica que los yogures de quinua con un contenido de acidez entre 1.17% y 1.56% se encuentran dentro de los parámetros estándar, vistos en la Tabla 3 sobre sus resultados. Diversos estudios indican que la adición de ingredientes como el almidón modificado y las proteínas, tales como el aislado de proteína de suero, pueden alterar la acidez y el perfil sensorial del yogurt. Por ejemplo, (Khodadadi et al., 2023) observó que el uso de proteínas de suero en yogures bajos en grasa produce una mayor acidez debido a la mayor actividad bacteriana, lo cual podría ser relevante al observar el comportamiento de los yogures con quinua. Asimismo, (Lange et al., n.d.) destacaron que el proceso de fermentación influye significativamente en la acidez, donde un mayor contenido de sólidos totales generalmente resulta en una acidez más

alta. En cuanto a la relación entre sinéresis y acidez, (Morell et al., 2015), sugieren que la acidez más alta en los yogures puede estar asociada con una mayor retención de agua, lo que impacta positivamente en la textura del producto.

Tabla 4

Acidez y pH del yogurt con almidón de quinoa al 1%, 3% y 5%.

Muestra	Acidez Media $\pm$ DE	pH Media $\pm$ DE
Quinoa roja	1,22 $\pm$ 0,06	4,15 $\pm$ 0,03
Quinoa negra	1,39 $\pm$ 0,09	4,17 $\pm$ 0,08
Quinoa blanca	1,35 $\pm$ 0,19	4,29 $\pm$ 0,10

Nota. Según variedades.

3.1.5 Microscopia del almidón.

La Figura 1 muestra el análisis microscópico del almidón de cada color de quinoa con la adición del reactivo de Lugol teñido a 4 X, 10 X y 40 X.

El análisis a 4 X muestra una disposición diferencial de los gránulos en cada muestra de quinoa. El almidón de quinoa blanca presenta gránulos que están dispersos de manera uniforme y menos aglomerados. En el almidón de quinoa negra, una mayor concentración de áreas oscuras puede indicar una mayor tendencia a la retrogradación debido a un mayor nivel de amilosa. La heterogeneidad estructural del almidón de quinoa roja muestra algunos gránulos aglomerados.

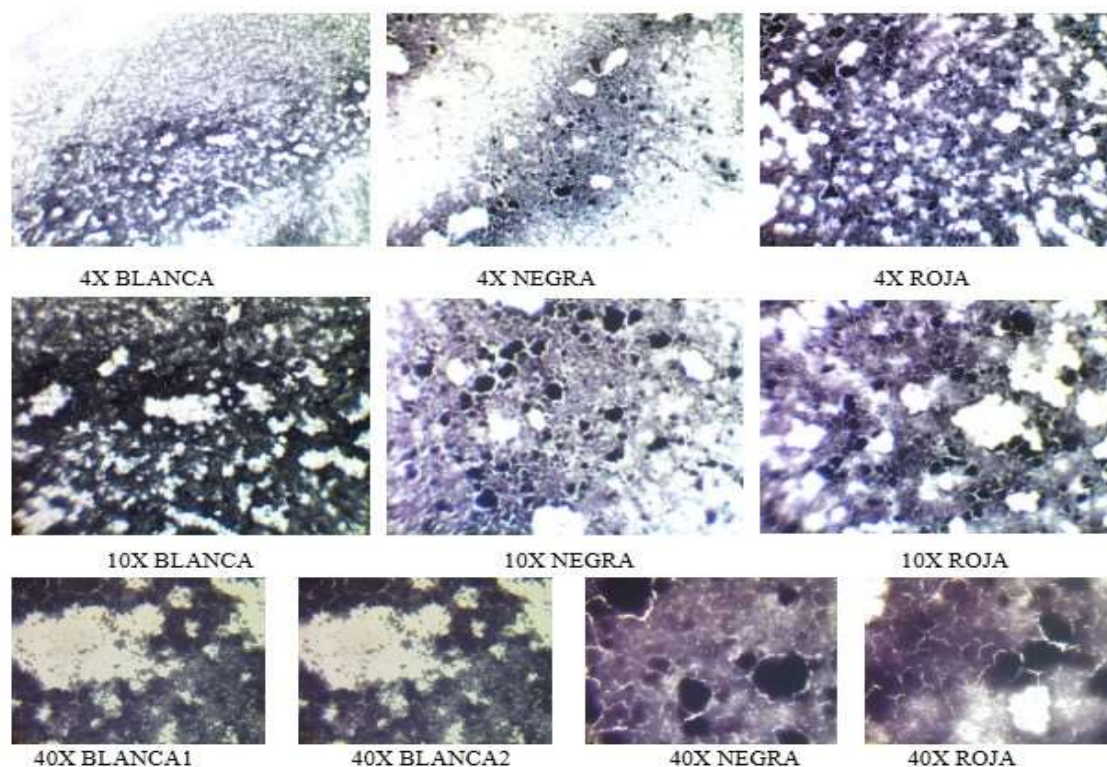
A 10 X, los gránulos de almidón de quinoa blanca son predominantemente ovalados con una estructura homogénea, mientras que los de quinoa negra tienen una estructura irregular con una configuración compactada. La configuración estructural del almidón de quinoa roja es intermedia y muestra una mezcla de ambos (redondeados y angulosos) gránulos y estructuras.

La retrogradación es más pronunciada en el almidón de quinoa negra a 40 X, ya que la amilosa y la granulación y organización del almidón son evidentes con una mayor falta de gelatinización. El almidón de quinoa blanca muestra una coloración más homogénea y menos intensa, lo que indica una proporción equilibrada de amilosa y amilopectina, favoreciendo una mayor capacidad de gelatinización. El almidón de quinoa roja presenta una distribución

heterogénea de la coloración, sugiriendo una composición estructural mixta con posibles aplicaciones funcionales diferenciadas en sistemas alimentarios.

Figura 1

Análisis microscópico de los almidones



Nota. Experimental

Análisis proximal de los yogures con añadido de Almidón Quinoa de tres variedades

En la Tabla 5 podemos observar el análisis proximal de las 3 variedades de quinoa, negra, roja y blanca, respectivamente. El análisis proximal de los yogures con almidón de quinoa muestra variaciones en los componentes clave que influyen en sus propiedades nutricionales y funcionales. Según los resultados obtenidos, los yogures elaborados con almidón de quinoa roja presentaron un contenido proteico más alto, alcanzando un 2.45%, lo que sugiere un potencial superior para aportar valor nutricional, especialmente en términos de proteínas, comparado con las variedades blanca y negra. Este aumento en el contenido proteico puede mejorar la textura y la cremosidad del yogurt, lo que coincide con estudios que reportan que la proteína de quinoa tiene un impacto (+) en la sensación en boca y la estabilidad del yogurt, al formar una estructura más sólida en su matriz, (C. Liu et al., 2025) (Rojas et al., 2022) Además, la quinoa roja, con su mayor contenido de proteínas, podría resultar en yogures con mejores características sensoriales, especialmente en productos de alta calidad como el yogurt probiótico.

El contenido de fibra en los yogures con almidón de quinua se correlacionó con mejoras en la capacidad de retención de agua (WHC) y en la viscosidad, lo que sugiere una mayor estabilidad en la matriz del yogurt, contribuyendo a una mejor textura. Este resultado se asimila con estudios previos que demuestran que el almidón de quinua mejora la viscosidad y la retención de agua en productos lácteos fermentados, favoreciendo una textura más densa y cremosa, (Joy Ujiroghene et al., 2019) y (Y. Liu et al., 2023). Además, investigaciones sobre el uso de almidones modificados en yogurt probiótico han mostrado que estos ingredientes contribuyen a una mayor retención de agua y viscosidad, lo que es fundamental para mejorar la estabilidad del producto durante su almacenamiento (Khodadadi et al., 2023). Los niveles de grasa fueron relativamente bajos en todas las muestras de yogurt con almidón de quinua, lo que se alinea con las tendencias de consumo actual hacia productos lácteos de bajo contenido graso. Sin embargo, el contenido en hidratos de carbono en los yogures con almidón de quinua variaba, lo que puede influir en el sabor y la acidez del producto. En yogures con mayor contenido de carbohidratos, como el preparado con almidón de quinua blanca, se observó una mayor acidez, lo que podría estar relacionado con la fermentación y la liberación de ácido láctico durante el proceso de producción. Este comportamiento es común en productos lácteos fermentados, donde la acidez es un factor determinante en la sensación de frescura del yogurt, además de su propiedad antimicrobiana [21 y 28] (Maza Idone, 2020) y (Zhang et al., 2021).

Tabla 5

Análisis Proximal del yogurt con almidón de quinoa negra, roja y blanca.

Análisis	Yogurt con almidón de quinoa negra	Yogurt con almidón de quinoa roja	Yogurt con almidón de quinoa blanca
Humedad	78,23 %	77,18 %	77,00 %
Cenizas	0,78 %	0,86 %	0,77 %
Grasa	6,75 %	7,43 %	7,45 %
Proteínas (X 6,38)	6,4 %	6,37 %	5,99 %
Fibra	1 %	0,74 %	0,89 %
Carbohidratos	6,84 %	7,42 %	7,90 %
Energía	115,71 Kcal/100g	123,51 Kcal/100g	124,39 Kcal/100g

Nota. Análisis reológico

3.1.7.1 Análisis reológico realizado mediante barrido de amplitud

El análisis reológico realizado mediante barrido de amplitud permitió identificar el comportamiento viscoelástico de las muestras de yogurt, evaluando la evolución del módulo de almacenamiento (G') y del módulo de pérdida (G'') en función del esfuerzo cortante aplicado (τ) a las temperaturas de 5 C, 10 C y 15 C. Estos parámetros proporcionan información clave sobre la resistencia mecánica, la estabilidad estructural y el balance entre las propiedades elásticas y viscosas del producto. En las Figuras 2 al 5 se presentan los perfiles reológicos correspondientes a la muestra patrón: Yogurt “Emita”, Yogurt con almidón de quinua blanca, negra y roja. La comparación de estos perfiles permite identificar diferencias en la magnitud y tendencia de los módulos, asociadas a la formulación y tipo de almidón empleado, lo que facilita predecir la capacidad de cada sistema para mantener su integridad frente a deformaciones y su desempeño en condiciones de manipulación y consumo.

Figura 2

Modulo de barrido de amplitud del yogurt comercial “Emita”

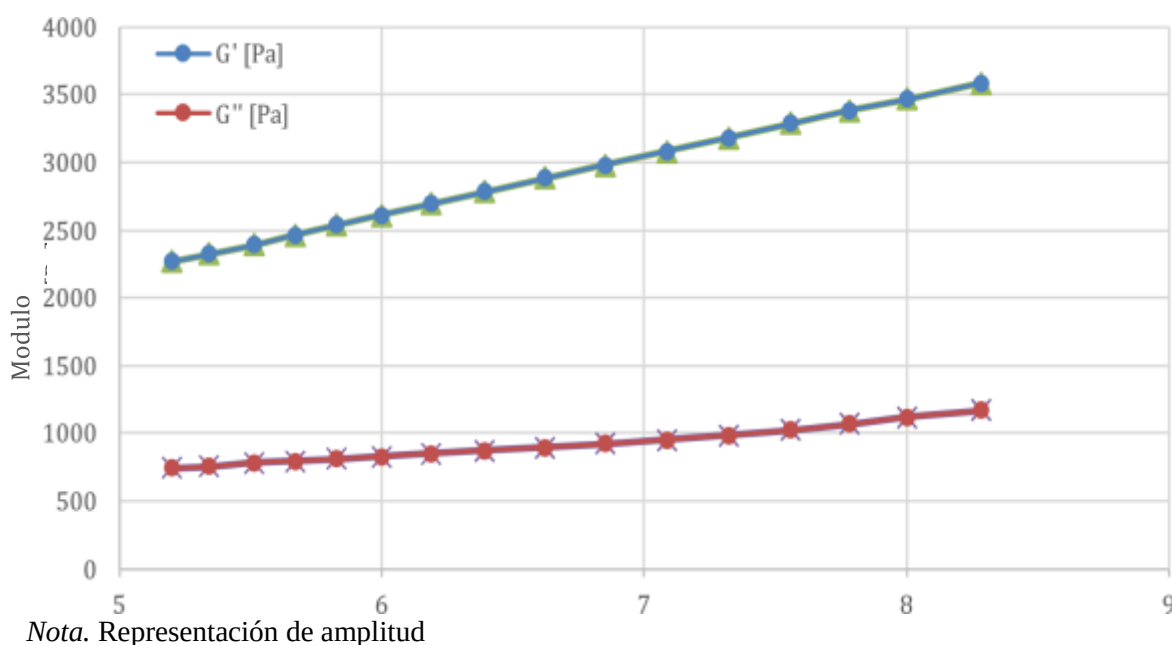


Figura 3

Módulo de barrido de amplitud del yogurt con almidon de quinua variedad blanca

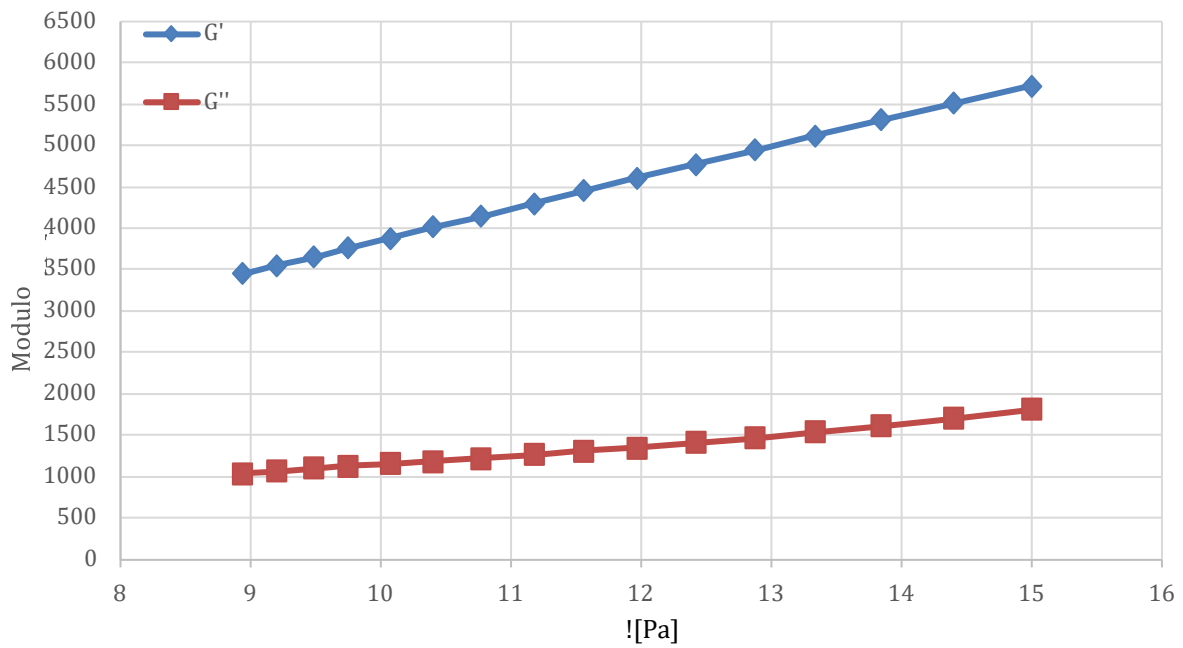


Figura 4

Módulo de barrido de amplitud del yogurt con almidon de quinua variedad negra

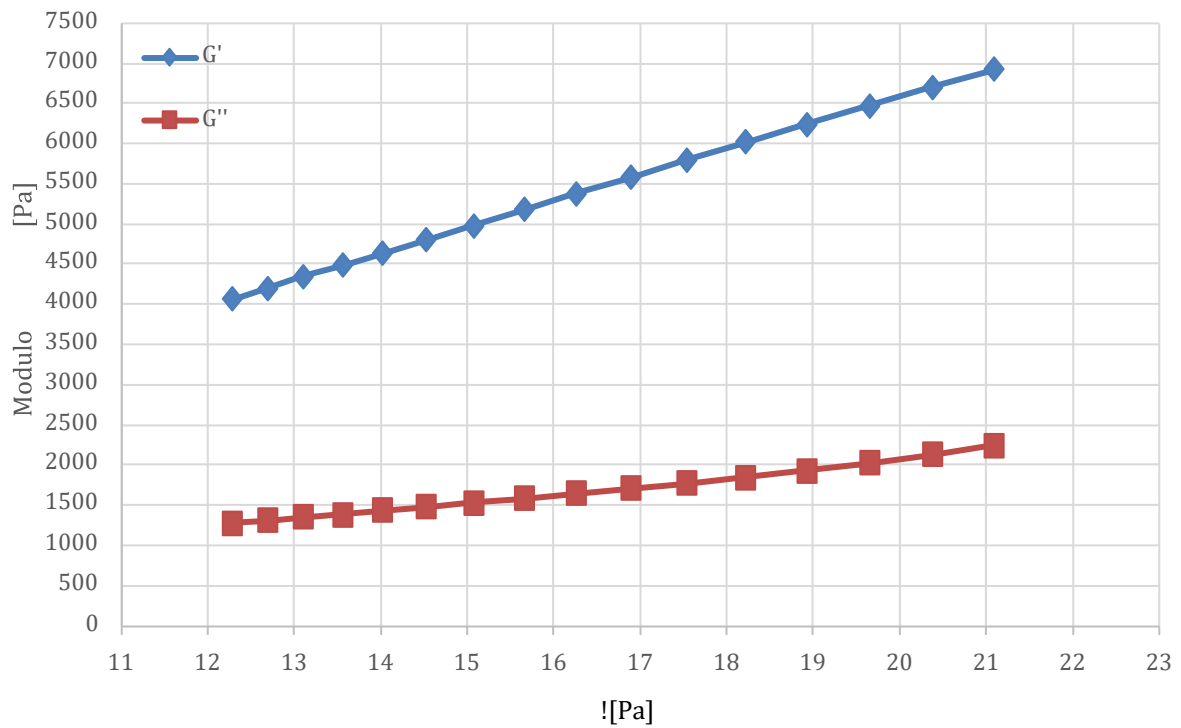
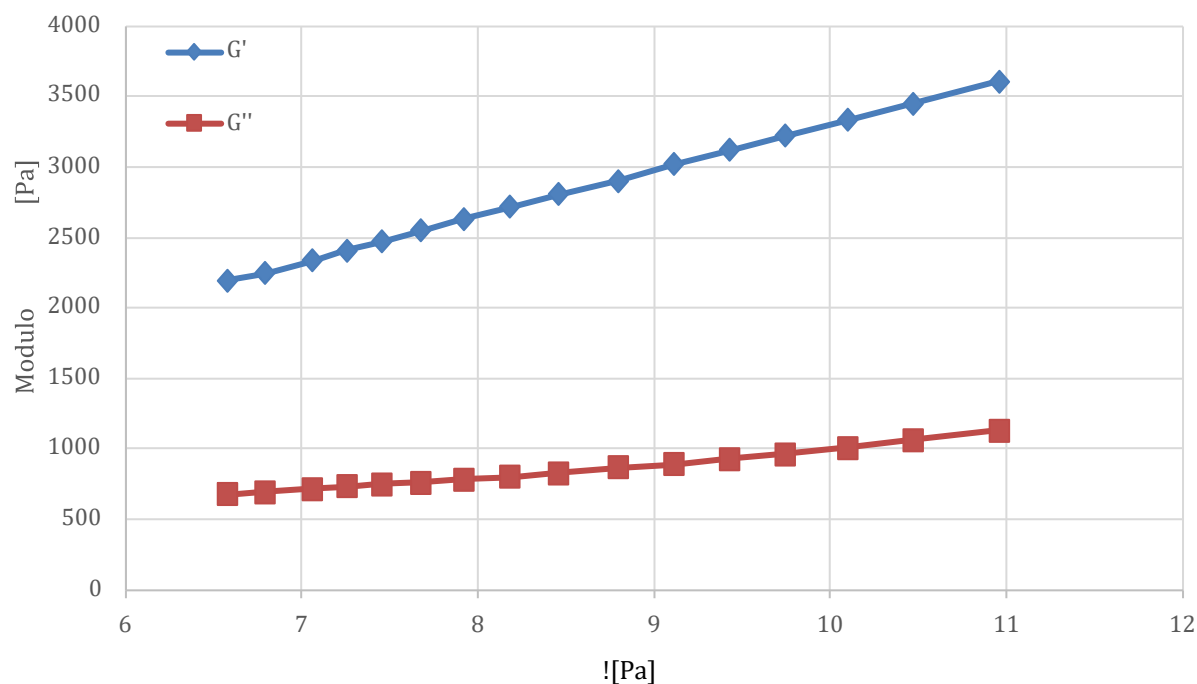


Figura 5

Módulo de barrido de amplitud del yogurt con almidon de quinua variedad Roja



Los gráficos de barrido de amplitud del yogurt sin almidon (Emita) y con almidon (Quinua: Blanca, negra y roja), muestran un comportamiento característico de un fluido viscoelástico sólido o gel fuerte, evidenciado por el hecho de que el módulo de almacenamiento (G') se mantiene mayor que el módulo de pérdida (G'') en todo el rango de esfuerzo cortante (τ) analizado, lo que indica que la respuesta elástica domina sobre la viscosa. La disminución progresiva de ambos módulos conforme aumenta la deformación señala una ruptura gradual de la estructura interna formada por proteínas y almidones de quinua, sin que se alcance el punto de fluencia ($G' = G''$) dentro del rango evaluado. Este patrón concuerda con lo señalado por (Steffe, 1996), quien describe que una relación $G' > G''$ denota una estructura sólida predominante; con lo expuesto por (Tabilo-Munizaga & Barbosa-Cánovas, 2005), quienes asocian la disminución de ambos módulos bajo solicitaciones crecientes a la pérdida de enlaces físicos y químicos en matrices alimentarias; y con lo indicado por Barbosa Cánovas et al., (2013), quien enfatiza que los geles alimentarios muestran este tipo de respuesta reológica al ser sometidos a esfuerzos mecánicos.

3.1.7.2 Ajuste al modelo Ostwald de Waele:

Los resultados mostraron que el yogur con almidón de quinua tiene propiedades reológicas de comportamiento no newtoniano (figuras 1, 2 y 3) el que responde al modelo mencionado por (Shapovalov, 2018), Ostwald de Waele: $\tau = K\dot{\gamma}^n$, los valores obtenidos para n (índice de flujo) y K (índice de consistencia), se analizaron de acuerdo a temperatura y variedad (Tabla 6).

Tabla 6

Valores de n y k , por muestra y temperatura.

Muestra	Temperatura (°C)	n	K (Pa's ⁿ)
Yogur griego Emita	5	0.146	59.043
	10	0.153	47.362
	15	0.151	59.091
Yogur griego con Almidón de Q. Blanca	5	0.032	228.822
	10	0.095	47.362
	15	0.106	91.849
Yogur griego con Almidón de Q. Negra	5	0.002	250.938
	10	0.050	204.415
	15	0.077	163.716
Yogur griego con Almidón de Q. Roja	5	0.086	185.460
	10	0.103	153.212
	15	0.106	110.091

Nota. Según temperatura

El análisis reológico de las muestras EMITA, BLANCA, NEGRA y ROJA a diferentes temperaturas evidenció que todas presentan un comportamiento **pseudoplástico** ($n < 1$), característico de fluidos no newtonianos cuya viscosidad aparente disminuye al incrementar la velocidad de corte. Las suspensiones con alto contenido de sólidos o con estructuras coloidales experimentan alineación por corte, lo que resulta en la desintegración de partículas que luego favorece el fluido (Steffe, 1996; Barbosa Cánovas et al., 2013). De todas las muestras, NEGRA a 5 °C posee el menor valor de n (0.002). Esto indica una estructura más rígida, sugiriendo la presencia de un límite plástico cercano. En contraste, EMITA mostró valores de n en el rango de 0.146-0.153 y a todas las temperaturas probadas, indicando la presencia de una microestructura que es más térmicamente estable.

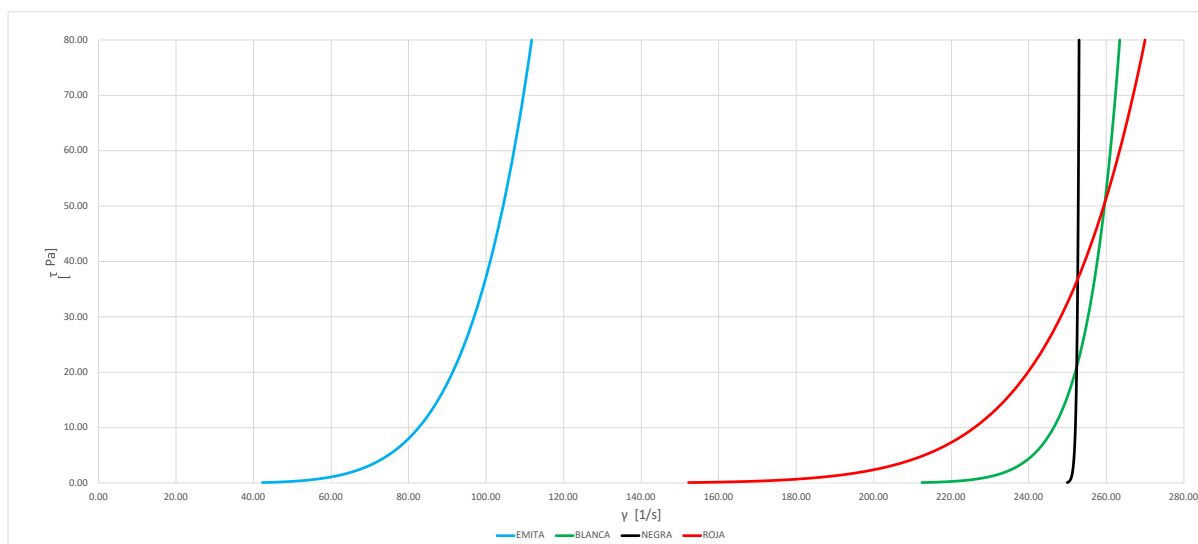
Sobre el índice de consistencia, se mostró que con una resistencia más fuerte al flujo a bajas temperaturas, las muestras NEGRA, BLANCA y ROJA (250.938, 228.822 y 185.460 Pa·sⁿ respectivamente), presentaron valores mucho más altos que EMITA (47-59 Pa·sⁿ). La presencia de una alta resistencia al flujo a altas temperaturas podría deberse a un incremento en la concentración total de sólidos, aumento en el tamaño promedio de partícula y aumento en el número de redes poliméricas de almidón, pectina u otros, que proporcionan rigidez a la estructura (Wang et al., 2018; Mangesana, 2019). Con respecto a la influencia de la temperatura en K, en la mayoría de los casos, se mostró que con el aumento de la temperatura, el valor de K disminuyó, lo cual está de acuerdo con la ecuación de Arrhenius que explica las relaciones entre la reducción de viscosidad, el aumento de temperatura y el debilitamiento de enlaces intermoleculares (Barbosa Cánovas et al., 2013; Steffe, 1996). Las excepciones fueron EMITA y BLANCA, donde el patrón no fue estrictamente decreciente, lo que podría deberse a la dispersión de sólidos y a las interacciones microestructurales. En el caso del índice de flujo, que normalmente se define por un aumento en n, la tendencia es acercarse a la definición de fluido newtoniano de la estructura, lo cual es causado por la reducción de las interacciones entre partículas y la ruptura de las estructuras fibrilares (Maceiras et al., 2007).

En particular, para NEGRA y BLANCA, la combinación de bajos n y altos valores de K a bajas temperaturas indica estructuras internas más compactas y mayor resistencia al flujo. Por el contrario, los bajos y estables valores de n para EMITA demuestran un sistema más fluido y menos dependiente térmicamente. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado en sistemas alimentarios similares, donde las propiedades reológicas están fuertemente influenciadas por la composición y la microestructura, condicionando su procesabilidad y comportamiento sensorial.

Debido a los valores obtenidos para “n” ($n < 1$), el comportamiento del yogurt es el de un fluido pseudoplastico, lo que corrobora lo mencionado por (Shapovalov, 2018), que indica que un valor de n menor que 1 indica que el fluido es pseudoplástico o shear-thinning, es decir, su viscosidad disminuye con un aumento del esfuerzo de corte. Este comportamiento se observa comúnmente en fluidos como suspensiones, dispersiones, soluciones poliméricas y alimentos como la miel o el yogur. (ver figuras 6, 7 y 8).

Figura 6

Resultado del comportamiento reológico a 5 C.



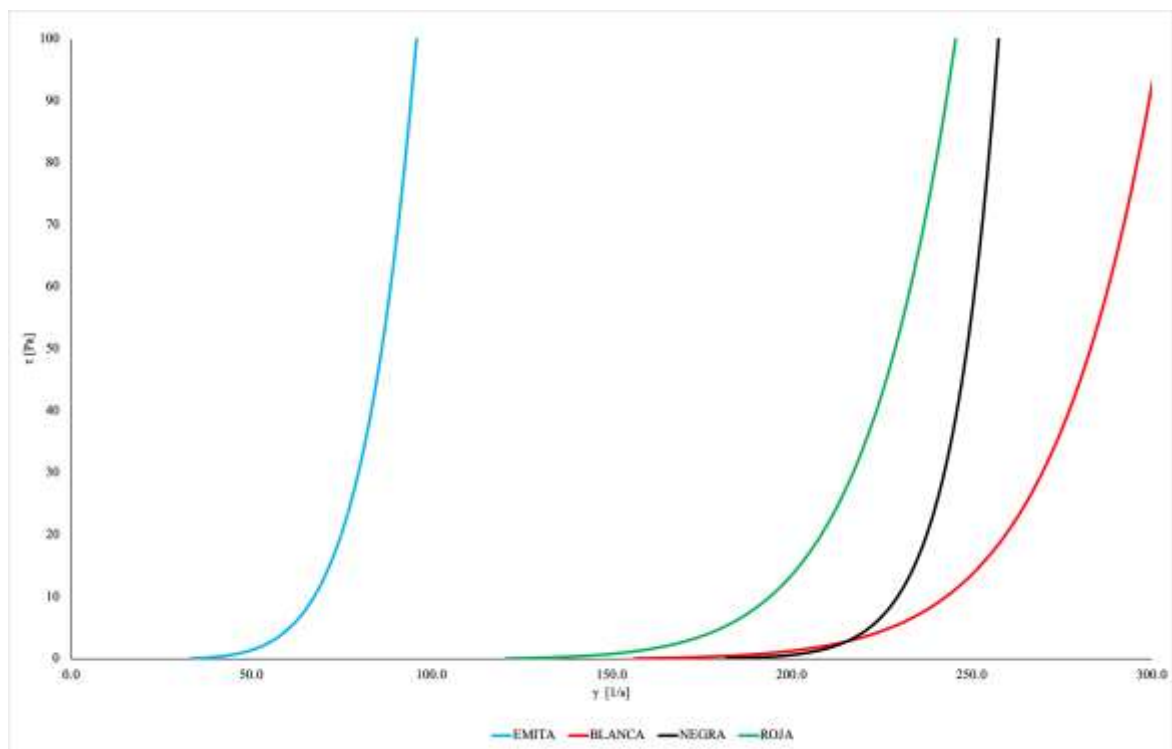
El análisis de las curvas de esfuerzo cortante (τ) en función de la velocidad de corte (γ) para las muestras EMITA, BLANCA, NEGRA y ROJA evidenció un comportamiento característico de fluidos **no newtonianos pseudoplásticos**, donde el índice de flujo (n) fue menor que 1 en todos los casos. Este comportamiento, descrito ampliamente en sistemas alimentarios complejos, se asocia con la reducción de la viscosidad aparente al aumentar la velocidad de corte, debido a la alineación y desestructuración progresiva de las partículas o cadenas poliméricas presentes en la matriz (Steffe, 1996; Barbosa Cánovas et al., 2013).

La muestra **EMITA** presentó un aumento del esfuerzo cortante desde velocidades relativamente bajas ($\approx 40\text{--}50\text{ s}^{-1}$), con una pendiente pronunciada en toda la curva, lo que indica una menor resistencia al flujo y, por ende, un valor reducido del índice de consistencia (K). Este comportamiento sugiere una estructura interna menos densa y con menor capacidad de retener viscosidad a bajas velocidades de corte, lo que podría estar relacionado con un menor contenido de sólidos suspendidos o una dispersión más homogénea (Mangesana, 2019). La resistencia fue baja para la muestra ROJA inicialmente, y la tensión de corte se redujo hasta aproximadamente 160 s^{-1} . Más allá de este punto, se observó un aumento rápido. Este perfil indica que la estructura interna se mantiene estable hasta que la fuerza de cizallamiento supera un umbral crítico, momento en el que se produce una rápida alineación y pérdida de resistencia estructural. (Maceiras et al., 2007) Las muestras **BLANCA** y **NEGRA** presentaron el incremento del esfuerzo cortante a velocidades de corte más altas ($\approx 220\text{--}240\text{ s}^{-1}$). Entre todas

las muestras, NEGRA tuvo la curva más empinada con su resistencia interna al flujo caracterizada por un valor relativamente alto de K . Este tipo de comportamiento se encuentra generalmente en matrices poliméricas con redes más densas o con una fracción sólida alta que puede ejercer cohesión con el tiempo y resistir períodos prolongados de estrés cortante (Wang et al., 2018; Mangesana, 2019). Las muestras ubicadas más hacia la derecha en las curvas requieren tasas de corte más altas para lograr una reducción significativa en la viscosidad aparente. El valor de K más bajo de EMITA en relación con las otras muestras, así como la mayor fluidez, sugieren que EMITA es más procesable y sería más adecuada para aplicaciones de bombeo y/o mezcla, mientras que NEGRA y WHITE serían más apropiadas para aplicaciones que requieren mayor cuerpo, textura y estabilidad en reposo. RED, con un comportamiento intermedio, sería más adecuado para procesos donde se requiere un flujo inicial con una viscosidad final moderada. Estas tendencias concuerdan muy bien con la literatura previa que reporta la relación entre la composición, tamaño de partícula y la microestructura de sistemas alimentarios y su comportamiento reológico. (Barbosa Cánovas et al., 2013; Steffe, 1996).

Figura 7

Resultado del comportamiento reológico a 10 C.



Nota. Representación reológica.

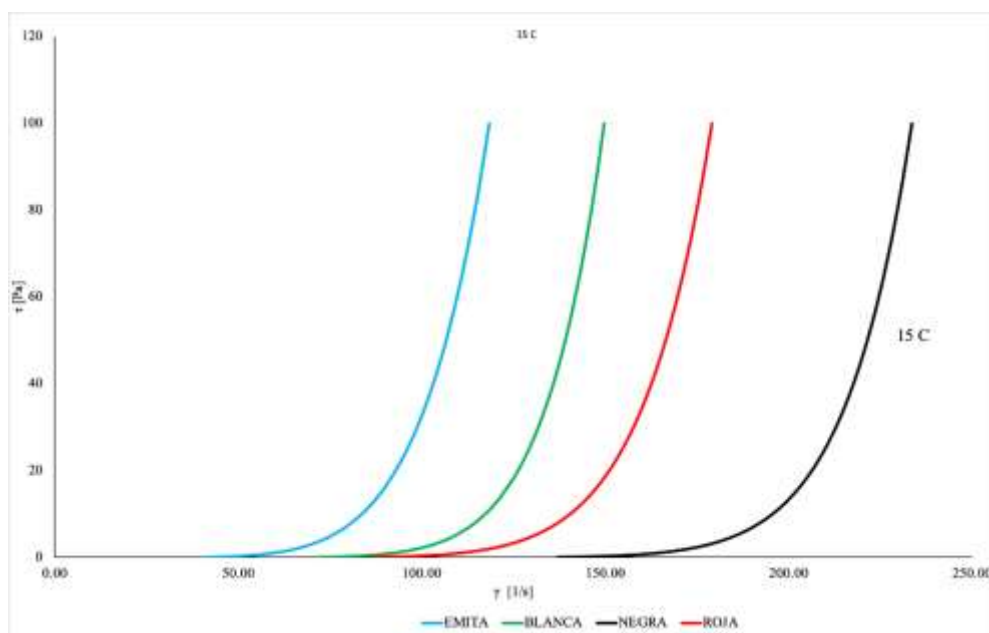
Las curvas de esfuerzo cortante (τ) versus velocidad de corte ($\dot{\gamma}$) para las muestras EMITA, BLANCA, NEGRA y ROJA, medidas a 10 °C, indican que todas las muestras son pseudoplásticas y no newtonianas, con índices de flujo (n) menores que 1. Este comportamiento ha sido documentado en varias matrices alimentarias complejas y se atribuye a una disminución en la viscosidad medida con el aumento de la velocidad de corte debido a la alineación y desintegración de las estructuras internas (Steffe, 1996; Barbosa Cánovas et al., 2013).

La muestra EMITA (curva azul) mostró un aumento rápido en el esfuerzo cortante con una baja resistencia al flujo y probablemente tenga un índice de consistencia (K) bajo. Este comportamiento es causado por una microestructura con menor densidad y menos interacciones entre partículas, lo que hace que el sistema sea más fluido y sensible a la tensión de corte. El comportamiento opuesto se observó para la muestra BLANCA (curva roja). Esta muestra presentaba una baja resistencia al flujo a bajas velocidades de corte que se mantenía hasta que las velocidades de corte alcanzaron alrededor de 180-200 s⁻¹. Después de esta velocidad de corte, el esfuerzo cortante comenzó a aumentar rápidamente. Este comportamiento del esfuerzo cortante con la estructura interna de la muestra sugiere que a bajas velocidades de corte la estructura interna de la muestra ofrece cierta resistencia al flujo. Sin embargo, a medida que aumentan las velocidades de corte, la estructura interna de la muestra se desintegra y no ofrece resistencia al flujo, permitiendo un flujo fácil. El comportamiento de la muestra NEGRA (curva negra) fue opuesto al observado en las otras muestras; ésta exhibió la mayor resistencia al flujo de todas las muestras evaluadas. El esfuerzo cortante para esta muestra comenzó a aumentar solo en velocidades de corte superiores a 230 s⁻¹ y tuvo una pendiente muy pronunciada. Para todas estas muestras, este comportamiento se atribuye a un alto valor de K . La muestra ROJA (curva roja) exhibió un comportamiento intermedio entre el comportamiento de la muestra EMITA y el de la NEGRA. El esfuerzo cortante de esta muestra comenzó a aumentar a una velocidad de corte de 150 s⁻¹.

En general, los resultados muestran cómo a 10 °C la microestructura y el contenido de sólidos de cada muestra impactan en la rheología. Entre todas las muestras, EMITA es la más fluida y NEGRA la más rígida. Las otras dos muestras, BLANCA y ROJA, se encuentran en un punto intermedio y podrían satisfacer diferentes demandas tecnológicas. Esto es consistente con estudios previos. Allí, el comportamiento mecánico y la facilidad con que se pueden formular y procesar sistemas alimentarios más complejos se describen en relación con la temperatura y la composición (Barbosa Cánovas et al., 2013; Steffe, 1996).

Figura 8

Resultado del comportamiento reológico a 15 °C.



Nota. Representación reológica

Las curvas de esfuerzo cortante (τ) frente a velocidad de corte (γ) para las muestras EMITA, WHITE, RED y BLACK a 15 °C muestran que todas las muestras exhiben un comportamiento pseudoplástico no newtoniano, caracterizado por un valor del índice de flujo (n) menor que uno. Este comportamiento es esperado en sistemas alimentarios de múltiples componentes, y se atribuye a una alineación progresiva de partículas y biopolímeros, que conduce a una disminución en la viscosidad a medida que aumenta el esfuerzo cortante (Barbosa Cánovas et al., 2013; Steffe, 1996).

A esta temperatura, se observa una disminución general en el índice de consistencia (K) en comparación con los valores a 5 °C y 10 °C. Esto ilustra una reducción en las interacciones intermoleculares y un aumento en la movilidad de la fase continua. La muestra EMITA (curva azul) comienza a mostrar un aumento en τ a (aprox.) 40 s^{-1} y alcanza valores de esfuerzo alto, mostrando una baja resistencia al flujo inicial y una baja densidad estructural. Su comportamiento respecto a la temperatura sugiere que su microestructura está menos afectada por el calor y tiene una mayor consistencia, probablemente debido a un menor contenido de sólidos o una distribución más uniforme de las partículas (Mangesana, 2019). La muestra WHITE (curva verde) muestra un desplazamiento positivo y un aumento en τ a (aprox.) $80 - 90 \text{ s}^{-1}$, mostrando una resistencia estructural moderada. Este comportamiento podría deberse a una red interna de biopolímeros parcialmente disrupta, que retiene una

cohesión suficiente para resistir el flujo inicial (Wang et al., 2018). La muestra RED (curva roja) muestra un comportamiento similar al de WHITE, pero con un desplazamiento a valores más altos de τ a (aprox.) 100 s^{-1} y un aumento en el esfuerzo cortante con una mayor resistencia al flujo. Este comportamiento es adecuado para aplicaciones que involucran un compromiso entre estabilidad y flexibilidad (Maceiras et al., 2007). Por último, la muestra BLACK (curva negra) tiene el desplazamiento más positivo de todas las muestras a (150 s^{-1}), mostrando la mayor densidad estructural y resistencia al flujo de todas las muestras.

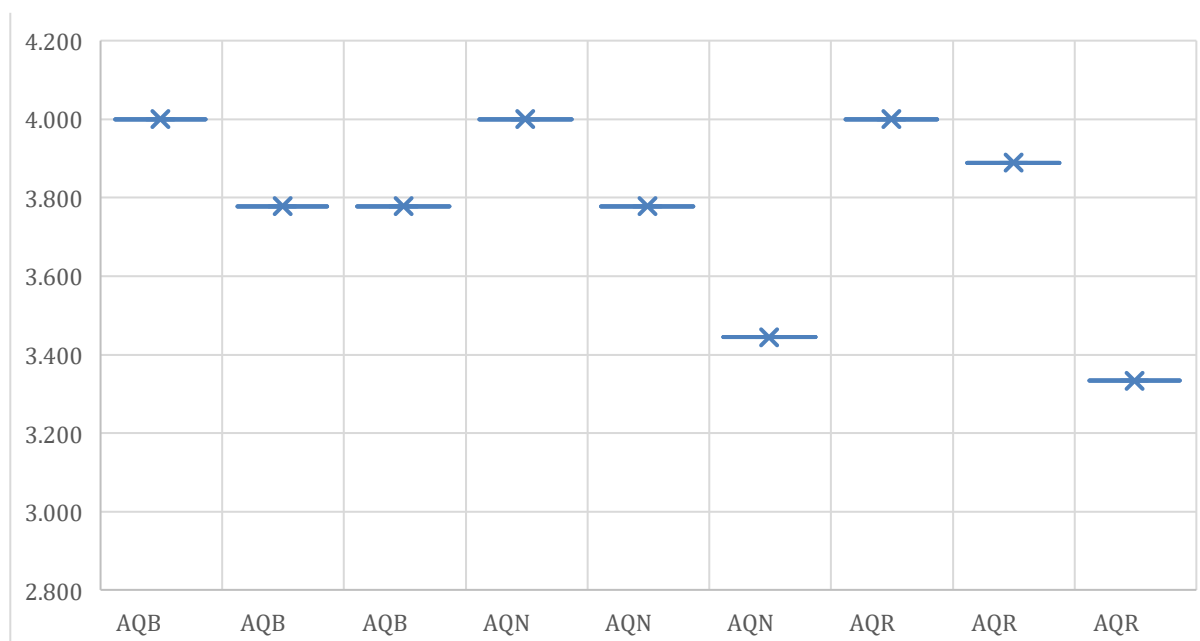
En comparación con 5°C , las temperaturas registraron valores más bajos de K (de 250.938 a $163.716 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$), pero aún permitieron que la muestra retuviera una microestructura cohesiva y resistente a niveles altos de cizalladura antes de la reducción observada en la viscosidad aparente de la muestra. Los datos sugieren que, al igual que con otras muestras, calentar la muestra redujo la consistencia K , y aumentó el nivel de pseudoplasticidad de la muestra, como era de esperar, basándose en las observaciones de sistemas alimentarios complejos en los que el calor aumenta la movilidad de las moléculas constituyentes del sistema y disminuye las interacciones entre las partículas constituyentes del sistema (Barbosa Cánovas et al., 2013; Steffe, 1996).

3.1.8 Análisis sensorial

La figura 9 muestra los resultados de los estudios de aceptación sensorial de los tratamientos que comprenden adiciones del 1 %, 3 % y 5 % de almidón de quinoa y las tres variedades de quinua: blanca, negra y roja. Los resultados muestran que dichas formulaciones de almidón de quinua blanca (AQB), (AQB) almidón negro (AQN) y almidón negro al 1 % obtuvieron las puntuaciones más altas; los evaluadores de estas formulaciones mostraron una preferencia evidente por ellas. Lo opuesto fue cierto para los tratamientos en los que las adiciones de almidón estaban en los niveles del 3 % y 5 %, resultando en puntuaciones mucho más bajas para la aceptación sensorial. Se puede suponer que para estas formulaciones, el perfil sensorial percibido y la preferencia de los evaluadores cambiaron. Por lo tanto, para que un producto tenga un buen perfil sensorial percibido, es fundamental optimizar los niveles de variedad de quinua y la adición de almidón. Esto maximizará la cremosidad y estabilidad del producto yogur, minimizando el compromiso con los demás atributos del producto.

Figura 9

Valores promedio por tratamiento análisis sensorial



Nota. Representación de valores.

Los resultados evidenciaron que la adición de almidón de quinua tuvo un efecto significativo sobre las propiedades reológicas y sensoriales del yogur griego, destacando que las formulaciones con almidón de quinua al 1% de las tres variedades alcanzaron mayor viscosidad y mejor aceptación, lo que coincide con lo reportado por (Sandhu & Singh, 2007), quienes señalan que un mayor contenido de amilosa favorece la formación de geles estables y firmes. El comportamiento pseudoplástico observado en las formulaciones con quinua roja, blanca y negra se alinea con lo descrito por (Lobato-Calleros et al., 2014), quienes indican que la interacción entre gránulos de almidón y la red proteica láctea promueve la reducción de viscosidad a altos gradientes de corte sin comprometer la estabilidad estructural. No obstante, las ligeras variaciones de color asociadas a estas variedades podrían afectar la percepción del consumidor, tal como destacan (Cserhalmi et al., 2006) quienes subrayan que la apariencia visual es un factor determinante en la aceptación de yogures funcionales. En general, estos resultados apoyan la utilización del almidón de quinua como un ingrediente funcional natural y un agente de textura en la industria láctea. De este modo, se avanza en mejorar la calidad sensorial y tecnológica del producto, mientras se satisfacen las necesidades crecientes de alimentos sanos y sin aditivos sintéticos.

IV. CONCLUSION

La incorporación de almidón extraído de tres variedades de quinua (blanca, roja y negra) en la formulación de yogurt estilo griego resultó en mejoras significativas en sus propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales. El almidón de quinua blanca presentó el mayor rendimiento, alcanzando una mejora considerable en la viscosidad, reducción de sinéresis y estabilidad textural del yogurt. Los análisis de acidez titulable y pH mostraron que los productos elaborados con almidón de quinua se mantuvieron dentro de los rangos establecidos para productos lácteos fermentados. Se evidenció que el almidón de quinua, particularmente el de la variedad blanca, constituye una alternativa eficaz para optimizar las características funcionales y la estabilidad del yogurt, lo que sugiere su aplicabilidad como ingrediente funcional en la industria de productos lácteos.

VI. REFERENCIAS

- Abdelshafy, A. M., Rashwan, A. K., & Osman, A. I. (2024). Aplicaciones alimentarias potenciales y actividades biológicas de la quinua fermentada: una revisión. *Tendencias en Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 144, 104339. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2024.104339>
- Arzapalo Quinto, D., Huamán Cóndor, K., Quispe Solano, M., & Espinoza Silva, C. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 81(1), 44–54. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Barbosa Cánovas, G. V, Board, A., Chen, X. D., & Hartel, R. W. (2013). *Editor de la serie de Ingeniería Alimentaria*. <http://www.springer.com/series/5996>
- Cao, H., Sun, R., Liu, Y., Wang, X., Guan, X., Huang, K., & Zhang, Y. (2022). *El uso adecuado de microondas mejoró las propiedades de textura de la quinua debido a la gelatinización del almidón a partir de la estructura del ciptómero destruida*. *Food Chemistry: X*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100347>
- Cserhalmi, Z., Sass-Kiss, Á., Tóth-Markus, M., & Lechner, N. (2006). *Estudio de zumos de cítricos tratados con campos eléctricos pulsados*. *Ciencia de los alimentos innovadora y tecnologías emergentes*, 7(1–2), 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.07.001>
- FAO. (2020). *Norma del Codex para Leches Fermentadas*. https://www.fao.org/input/download/standards/400/CXS_243s.pdf
- Huang, K., Liu, Y., Zhang, Y., Cao, H., Luo, D. ke, Yi, C., & Guan, X. (2022). *Formulación de yogur vegetal a base de soja y quinua y evaluación de sus propiedades fisicoquímicas, reológicas, sensoriales y funcionales*. *Food Bioscience*, 49, 101831. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2022.101831>
- Joy Ujiroghene, O., Liu, L., Zhang, S., Lu, J., Zhang, C., Lv, J., Pang, X., & Zhang, M. (2019). *Capacidad antioxidante del yogur a base de quinua germinada y efecto concomitante de la germinación sobre sus propiedades funcionales*. *LWT*, 116, 108592. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.108592>

- Khodadadi, E., Khorshidian, N., Mashayekh, M., Hosseini, H., Mortazavian, A. M., & Ebrahimi, A. (2023). *Características bioquímicas, reológicas y sensoriales del yogur descremado sin grasa suplementado con una mezcla de hidrocoloides*. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 12(4). <https://doi.org/10.55251/jmbfs.5706>
- Lange, I., Mleko, S., Tomczyńska-Mleko, M., Polishchuk, G., Janas, P., & Ozimek, L. (n.d.). *Calidad de los yogures griegos naturales sin grasa de venta comercial en Canadá, elaborados exclusivamente con ingredientes lácteos naturales*. *Tecnología Alimentaria. Ukrainian Food Journal*. 2020, 9. <https://doi.org/10.24263/2304>
- Laqui Vilca, C., Limaylla Guerrero, K. M., & Laqui, W. (2022). Características del grano y almidón obtenido de ecotipos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) de color producido en el altiplano peruano. *Revista Científica Agroindustria, Sociedad y Ambiente (A.S.A.)* ISSN: 2343-6115 Depósito Legal No Ppl201302LA4406. <https://doi.org/http://doi.org/10.5281/zenodo.7365257>
- Li, G., & Zhu, F. (2017). *Estructura molecular de la amilopectina en relación con las propiedades fisicoquímicas del almidón de quinoa*. *Carbohydrate Polymers*, 164, 396–402. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.02.014>
- Liu, C., Ma, R., Shen, W., & Tian, Y. (2025). *Desentrañando el impacto de las proteínas asociadas a los gránulos de almidón en la capacidad emulsionante de los gránulos de almidón de quinoa a múltiples escalas*. *Food Chemistry*, 462, 140974. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2024.140974>
- Liu, Y., Huang, K., Zhang, Y., Cao, H., Luo, D. ke, Yi, C., & Guan, X. (2023). *Fabricación y caracterización de un nuevo yogur de quinoa sin lácteos fermentado con un cultivo iniciador comercial modificado con Weissella confusa*. *Food Chemistry: X*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100823>
- Lobato-Calleros, C., Ramírez-Santiago, C., Vernon-Carter, E. J., & Alvarez-Ramirez, J. (2014). *Impacto de la adición de almidones nativos y modificados químicamente como sustitutos de la grasa en la viscoelasticidad del yogur batido bajo en grasa*. *Journal of Food Engineering*, 131, 110–115. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.01.019>

- M P, S., Suresh, A., Parameswaran, R., & Nampoothiri, K. M. (2024). *Evaluación fisicoquímica y organoléptica de bebidas tipo yogur con leche vegetal probiótica como alternativa funcional a los yogures lácteos*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 57, 103060. <https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2024.103060>
- Maceiras, R., Álvarez, E., & Cancela, M. A. (2007). *Propiedades reológicas de los purés de frutas: Efecto de la cocción*. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.028>
- Mangesana by N. (2019). *Efecto del tamaño de partícula y la concentración de sólidos en la reología de suspensiones a base de arena de sílice*.
- Maza Idone, N. N. (2020). “*extracción y caracterización fisicoquímica y tecnofuncional de carbohidratos tipo almidón de cinco variedades de quinua*.”
- Morell, P., Hernando, I., Llorca, E., & Fiszman, S. (2015). *Yogures con mayor contenido proteico y almidón modificado físicamente: propiedades reológicas, estructurales, de digestión oral y sensoriales relacionadas con una mayor capacidad de saciedad*. *Food Research International*, 70, 64–73. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2015.01.024>
- Murat Emre, T., İhsan, B., Emel, O., Charles, S. B., Thom. Huppertz, Ryszard, A., Mohammad Rizwan Khan, Tahra, E., Rana Muhammad, A., & Fatih, O. (2023). *Comparación de yogures de camello, búfalo, vaca, cabra y oveja en términos de diversas propiedades fisicoquímicas, bioquímicas, texturales y reológicas*. *International Dairy Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105749>.
- Oliva Artega, M. del M., Duque Cifuentes, A. L., & García-Alzate, L. S. (2018). *Caracterización fisicoquímica del cereal y almidón de Quinoa Chenopodium quinoa*. *Revista ION*, 31(1), 25–29. <https://doi.org/10.18273/REVION.V31N1-2018004>
- Ortega, R. M., Jiménez-Ortega, A. I., Loria-Kohen, V., Aparicio, A., Lozano-Estevan, M. D. C., & López-Sobaler, A. M. (2024). *El yogur como alimento fermentado para un consumo diario saludable y sostenible. Recomendaciones a la población*. In *Nutricion Hospitalaria* (Vol. 41, Number 3, pp. 31–36). ARAN Ediciones S.L. <https://doi.org/10.20960/nh.05454>
- Pham, Q. H., Ho, T. M., Saris, P. E. J., Mäkelä-Salmi, N., Amiri, S., Zarei, M., & Yousefvand, A. (2024). *Yogures fortificados con polvos postbióticos derivados de Lactobacillus*

- acidophilus* LA5: propiedades fisicoquímicas, reológicas, antioxidantes y sensoriales. *LWT*, 213, 117043. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2024.117043>
- Rahman, M. S., Emon, D. Das, Nupur, A. H., Mazumder, M. A. R., Iqbal, A., & Alim, M. A. (2024). Aislamiento y caracterización de bacterias lácticas probióticas de yogur local y desarrollo de un yogur simbiótico a base de inulina con las bacterias aisladas. *Applied Food Research*, 4(2), 100457. <https://doi.org/10.1016/J.AFRES.2024.100457>
- Rojas, B., Yeny, H., Vergara Rodriguez, B., Mavel, A., Guerrero Braco, M. S., & Jenner, J. (2022). Elaboración de yogur batido con extracto de quinua roja para elevar su capacidad antioxidante y valor nutricional. <https://meet.google.com/qhf-ojua-ryd?hs=224>,
- Sandhu, K. S., & Singh, N. (2007). Algunas propiedades de los almidones de maíz II: Propiedades fisicoquímicas, de gelatinización, retrogradación, pastificación y textura del gel. *Food Chemistry*, 101(4), 1499–1507. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.060>
- Shapovalov, V. M. (2018). Aplicación del modelo de Ostwald-de Waele a la descripción del flujo de fluidos no newtonianos en la zona de contacto de rodillos que giran en sentido contrario. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 91(2), 405–410. <https://doi.org/10.1007/s10891-018-1761-8>
- Steffe, J. F. (1996). Métodos reológicos en la ingeniería de procesos alimentarios (2nd. ed.) [Book]. Freeman Press.
- Tabilo-Munizaga, G., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2005). Reología para la industria alimentaria. *Journal of Food Engineering*, 67(1–2), 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.062>
- Tutunchi, H., Naghshi, S., Naemi, M., Naeini, F., & Esmailzadeh, A. (2023). Consumo de yogur y riesgo de mortalidad por todas las causas, enfermedades cardiovasculares y cáncer: una revisión sistemática exhaustiva y un metaanálisis de dosis-respuesta de estudios de cohortes. In *Public Health Nutrition* (Vol. 26, Number 6, pp. 1196–1209). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S1368980022002385>
- Wang, S., Shi, Y., & Han, L. (2018). Desarrollo y evaluación de aceite de semilla de peonía microencapsulado preparado por secado por aspersión: estabilidad oxidativa y su

comportamiento de liberación durante la digestión in vitro. Journal of Food Engineering, 231, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.03.007>

Zhang, L., Xiong, T., Wang, X. F., Chen, D. L., He, X. D., Zhang, C., Wu, C., Li, Q., Ding, X., & Qian, J. Y. (2021). *Emulsionantes de Pickering basados en almidones de quinua modificados enzimáticamente: preparación, microestructuras, propiedad hidrofílica y propiedad emulsionante. International Journal of Biological Macromolecules, 190, 130–140. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2021.08.212>*

VII. ANEXOS

Anexo 1 copia de resolución de Sustentación de tesis en formato artículo.



"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

RESOLUCIÓN N° 021-2026/UPeU-FIA-CF

Lima, Ñaña, 17 de febrero de 2026

VISTO:

El expediente de los (las) bachilleres **Candelaria Trujillo Miranda** identificado(a) con código universitario N° 201521121, **Karen Lilian Casquino Ramos** identificado(a) con código universitario N° 201421076 y **Carla Yuli Irrazabal Chumbes** identificado(a) con código universitario N° 201421075, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la sustentación de la tesis en formato artículo;

Que el Comité Dictaminador ha emitido su dictamen aprobando el informe de tesis titulado "Efectos de la adición de almidón de tres variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales del yogur estilo griego.", presentado por los (las) bachilleres **Candelaria Trujillo Miranda, Karen Lilian Casquino Ramos y Carla Yuli Irrazabal Chumbes** reuniendo de esta manera las condiciones previas para la declaratoria de expedito para la programación de la sustentación;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 17 de febrero de 2026, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

1. **DECLARAR EXPEDITO** a los (las) bachilleres **Candelaria Trujillo Miranda, Karen Lilian Casquino Ramos y Carla Yuli Irrazabal Chumbes**, para que sustenten la tesis en formato artículo "Efectos de la adición de almidón de tres variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales del yogur estilo griego.", conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias, el 18 de marzo, a las 15:00 horas, en la modalidad presencial, en el Auditorio Pedro Kalbermatter.
2. **DESIGNAR EL JURADO DE SUSTENTACIÓN**, encargado de gestionar la sustentación respectiva, el mismo que queda constituido por los siguientes miembros:
Presidente: Mg.Sc. Carmen Rosa Apaza Humerez
Secretario: Ing. Ana Mónica Torres Jiménez
Asesor: Ing. Enrique Mamani Cuela
Vocal 1: Ing. Edwin Chila Choque

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA

Co:
Secretaría
Lima, 17/02/2026
Código de la sede
Actores



Lic. Gina Marita Tito Tolentino
SECRETARIA ACADÉMICA

Anexo 2 Evidencia de Sumisión.

Brazilian Journal of Food Technology - Manuscript ID BJFT-2025-0159

 Resumir

SB

Secretaria BJFT <onbehalf@manuscriptcentral.com>



Para:  Enrique mamani cuela

Mar 16/12/2025 22:35

CC:  Carla Irrazabal;  Enrique mamani cuela;  TRUJILLO MIRANDA CANDELARIA

 Este mensaje está en Inglés

Traducir a Español

No traducir nunca de Inglés

17-Dec-2025

Dear Mr. CUELA:

Your manuscript entitled "EFECTOS DE LA ADICIÓN DE ALMIDÓN DE TRES VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) SOBRE LAS PROPIEDADES YOGURT ESTILO GRIEGO" has been successfully submitted online and is presently in the evaluation process for publication in the Brazilian Journal of Food Technology.

Your manuscript ID is BJFT-2025-0159.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc04.manuscriptcentral.com/bjft-scielo> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc04.manuscriptcentral.com/bjft-scielo>.

Thank you for submitting your manuscript to the Brazilian Journal of Food Technology.

NOTE: check the publication fee value on our website.

Estimado Sr. CUELA:

Su manuscrito titulado "EFECTOS DE LA ADICIÓN DE ALMIDÓN DE TRES VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) SOBRE LAS PROPIEDADES DEL YOGURT ESTILO GRIEGO" ha sido enviado con éxito en línea y actualmente se encuentra en proceso de evaluación para su publicación en el *Brazilian Journal of Food Technology*.

El ID de su manuscrito es **BJFT-2025-0159**.

Por favor, mencione el ID del manuscrito indicado anteriormente en toda la correspondencia futura o cuando llame a la oficina para realizar consultas. Si hay algún cambio en su dirección postal o en su dirección de correo electrónico, inicie sesión en *ScholarOne Manuscripts* en <https://mc04.manuscriptcentral.com/bjft-scielo> y edite su información de usuario según corresponda.

También puede ver el estado de su manuscrito en cualquier momento consultando su Centro de Autores (*Author Center*) después de ingresar a <https://mc04.manuscriptcentral.com/bjft-scielo>.

Gracias por enviar su manuscrito al *Brazilian Journal of Food Technology*.

NOTA: Verifique el valor de la tasa de publicación (*publication fee*) en nuestro sitio web.

Atentamente,

Secretaría del Brazilian Journal of Food Technology

Anexo 3

Preparación de Yogurt



Anexo 4

Preparación de Yogurt



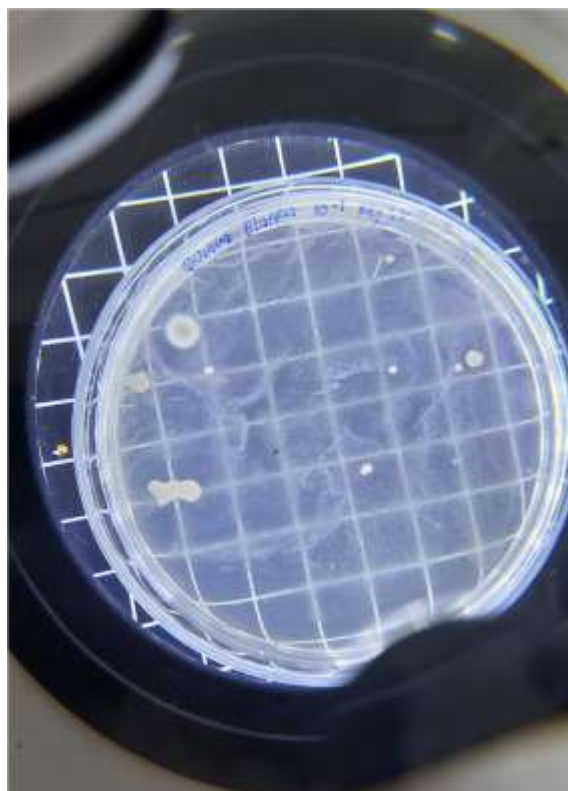
Anexo 5
Elaboración de Yogurt



Anexo 6
Proceso de Ceniza



Anexo 7
Medición de almidón



Anexo 8
Centrifugación



Anexo 9
Preparación de cultivo para análisis microbiológico



Anexo 10

Análisis reológico, parámetros k , n , g' y g''

Yogurt Variedad	Temperatura	k	n	Viscosidad	g'	g''
emita (patron)R1	5	8.32	0.53	1.7709	1620	506.89
emita (patron)R2	5	9.69	0.53	1.9151	1690	5018.99
emita (patron)R3	5	11.58	0.50	1.9054	1655	2762.94
emita (patron)R1	10	10.82	0.54	2.1374	1090	303.8
emita (patron)R2	10	7.27	0.58	1.6008	8080	4674.53
emita (patron)R3	10	7.79	0.55	1.5925	4585	2489.16
emita (patron)R1	15	9.31	0.54	1.8591	2210	672.488
emita (patron)R2	15	9.72	0.55	1.8831	2206	67
emita (patron)R3	15	9.06	0.58	1.9659	2208	683.54
gloria (patron)R1	5	7.91	0.50	2.1456	8080	678.014
gloria (patron)R2	5	6.33	0.55	2.1867	7950	4303.45
gloria (patron)R3	5	11.06	0.49	2.622	8015	3997.22
gloria (patron)R1	10	7.38	0.51	1.8377	9850	4150.33
gloria (patron)R2	10	8.17	0.48	1.8187	9648	7228.28
gloria (patron)R3	10	6.03	0.56	1.7983	9749	7352
gloria (patron)R1	15	8.87	0.39	1.5237	2258	7290.14
gloria (patron)R2	15	5.34	0.52	1.3535	2300	879
gloria (patron)R3	15	8.92	0.40	1.5095	2279	741.026
Yog. Con Alm. De Quinoa Blanca R1	5	43.43	0.36	5.5584	1560	01
Yog. Con Alm. De Quinoa Blanca R2	5	43.49	0.37	5.3576	3080	810.01
Yog. Con Alm. De Quinoa Blanca R3	5	38.22	0.43	6.3048	2320	1021.19
Yog. Con Alm. De Quinoa Blanca R1	10	24.63	0.52	5.456	2530	876.37
Yog. Con Alm. De Quinoa Blanca R2	10	29.21	0.49	5.5122	2660	948.78
Yog. Con Alm. De Quinoa Blanca R3	10	24.61	0.51	4.9047	2595	791.31
Yog. Con Alm. De Quinoa Blanca R1	15	28.62	0.49	4.6978	1900	794.96
						793.135
						589.184
						33

Yog. Con Alm. De Quinoa Blanca R2	15	20.43	0.51	3.9724	1810	520.699 84
Yog. Con Alm. De Quinoa Blanca R3	15	16.82	0.47	2.6231	1855	554.94
Yog. Con Alm. De Quinoa Negra R1	5	58.69	0.30	5.4465	4520	1363.26
Yog. Con Alm. De Quinoa Negra R2	5	69.23	0.18	4.0839	5880	1721.21
Yog. Con Alm. De Quinoa Negra R3	5	81.88	0.11	5.1183	5200	1542.23 5
Yog. Con Alm. De Quinoa Negra R1	10	49.5	0.35	5.2277	3160	951.6
Yog. Con Alm. De Quinoa Negra R2	10	35.6	0.42	4.8024	3320	993.53
Yog. Con Alm. De Quinoa Negra R3	10	50.84	0.33	4.8611	3240	972.565
Yog. Con Alm. De Quinoa Negra R1	15	38.50	0.39	4.2631	2630	837.224 18
Yog. Con Alm. De Quinoa Negra R2	15	30.55	0.42	4.0917	2780	881.649 8
Yog. Con Alm. De Quinoa Negra R3	15	30.45	0.43	4.0364	2705	859.436
Yog. Con Alm. De Quinoa Roja R1	5	22.83	0.47	4.3051	2057	934.33
Yog. Con Alm. De Quinoa Roja R2	5	129.55	0.20	4.9803	2037	661.23
Yog. Con Alm. De Quinoa Roja R3	5	138.71	0.19	5.1603	2047	797.78
Yog. Con Alm. De Quinoa Roja R1	10	25.67	0.48	4.2797	2066	741.42
Yog. Con Alm. De Quinoa Roja R2	10	20.43	0.53	4.8338	2037	681.01
Yog. Con Alm. De Quinoa Roja R3	10	26.55	0.51	5.0129	2051.5	711.215
Yog. Con Alm. De Quinoa Roja R1	15	13.35	0.56	3.5431	2070	619.634 22
Yog. Con Alm. De Quinoa Roja R2	15	21.46	0.50	3.6869	2000	571.693 77
Yog. Con Alm. De Quinoa Roja R3	15	13.57	0.56	3.0879	2035	595.664

		R1 K	R1 n	R2K	R2n	R3K	R3n
Emita	5	8.32	0.53	9.69	0.53	11.58	0.50
Emita	10	10.82	0.54	7.27	0.58	7.79	0.55
Emita	15	9.31	0.54	9.72	0.55	9.06	0.58
Gloria	5	7.91	0.50	6.33	0.55	11.06	0.49
Gloria	10	7.38	0.51	8.17	0.48	6.03	0.56
Gloria	15	8.87	0.39	5.34	0.52	8.92	0.40
AQB	5	43.43	0.36	43.49	0.37	38.22	0.43
AQB	10	24.63	0.52	29.21	0.49	24.61	0.51
AQB	15	28.62	0.49	20.43	0.51	16.82	0.47
AQN	5	58.69	0.30	69.23	0.18	81.88	0.11
AQN	10	49.5	0.35	35.6	0.42	50.84	0.33
AQN	15	38.50	0.39	30.55	0.42	30.45	0.43
AQR	5	22.83	0.47	129.55	0.20	138.71	0.19
AQR	10	25.67	0.48	20.43	0.53	26.55	0.51
AQR	15	13.35	0.56	21.46	0.50	13.57	0.56

Anexo 11

Recuento de análisis microbiológico (Coliformes, mohos y levaduras)

Coliformes QUINUA ROJA			
N°	10⁻¹	10⁻²	10⁻³
R1	0	0	0
R2	0	0	0

MOHOS QUINUA ROJA			
N°	10⁻¹	10⁻²	10⁻³
R1	0	0	0
R2	0	0	0

LEVADURAS QUINUA ROJA			
N°	10⁻¹	10⁻²	10⁻³
R1	2	0	0
R2	3	1	0

Coliformes QUINUA BLANCA			
N°	10⁻¹	10⁻²	10⁻³
R1	1	0	0
R2	1	0	0

MOHOS QUINUA BLANCA			
N°	10⁻¹	10⁻²	10⁻³
1	0	0	0
2	1	0	0

LEVADURAS QUINUA BLANCA			
N°	10⁻¹	10⁻²	10⁻³
R1	8	3	0
R2	11	3	0

Coliformes QUINUA NEGRA			
N°	10⁻¹	10⁻²	10⁻³
R1	1	0	0
R2	1	0	0

MOHOS QUINUA NEGRA			
N°	10⁻¹	10⁻²	10⁻³
1	0	0	0
2	0	0	1

LEVADURAS QUINUA NEGRA			
N°	10⁻¹	10⁻²	10⁻³
R1	5	1	0
R2	4	1	0

Anexo 12

Evaluación sensorial en Escala Hedónica de Yogurt griego con almidones de las 3 variedades de Quinoa

Nº	ESCALA	PUNTAJE
1	Me Gusta Mucho	5
2	Me Gusta	4
3	Ni me Gusta ni me Disgusta	3
4	Me Disgusta	2
5	Me Disgusta Mucho	1

RESULTADOS DE LA FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE ESCALA HEDÓNICA

Nº	Almidón de Q. Roja			Almidón de Q. Negra			Almidón de Q. Blanca			Total
	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%	
COD		375			375	575	175			
	175		575	175				375	575	
1	4	3	4	3	4	4	5	5	5	
2	3	3	2	4	3	4	4	5	4	
3	4	4	3	4	3	3	4	4	3	
4	4	3	4	4	3	2	2	4	1	
5	3	3	2	4	3	2	4	2	4	
6	5	3	2	5	1	4	4	3	5	
7	5	3	5	5	4	3	3	4	5	
8	4	3	2	3	3	2	4	4	4	
9	3	3	2	3	4	1	2	4	5	
10	4	4	3	4	3	3	4	3	4	
11	5	4	3	4	4	3	5	3	4	
12	5	4	3	5	4	3	4	4	5	
13	4	2	2	4	4	2	3	1	1	
14	4	5	4	5	5	5	5	5	5	
15	4	5	3	3	4	5	5	4	5	
16	5	5	4	4	4	3	3	4	3	
17	4	4	4	5	4	4	4	4	3	
18	4	5	5	4	5	4	4	4	3	
19	1	5	1	1	5	1	1	5	1	
20	4	3	2	4	3	2	3	4	5	

21	4	3	4	3	3	2	3	4	4
22	5	3	2	3	3	2	5	3	4
23	4	4	5	3	4	4	5	5	5
24	4	3	2	5	4	3	3	5	5
25	3	4	3	3	3	2	3	4	3
26	4	4	3	5	3	2	4	3	4
27	5	4	4	4	4	3	4	3	3
28	4	4	5	4	4	4	4	4	4
29	4	4	3	4	3	4	5	3	4
30	5	2	2	3	4	1	2	3	4
31	5	2	1	1	4	2	2	3	4
32	4	4	4	4	4	4	4	3	4
33	3	2	2	4	4	3	4	4	4
34	4	5	4	5	4	4	5	4	4
35	3	4	2	4	2	1	4	3	4
36	5	4	2	4	2	2	2	3	3
37	2	1	1	3	1	1	2	2	1
38	4	4	4	5	4	3	5	4	4
39	5	4	3	4	3	3	3	5	4
40	2	3	4	2	1	1	2	2	1
41	1	4	3	4	3	1	4	3	4
42	3	4	4	5	4	4	3	4	5
43	3	4	4	3	4	2	4	1	1
44	4	5	5	5	5	5	5	5	5
45	5	4	4	4	4	5	3	4	4
46	4	3	4	4	5	3	2	4	2
47	4	5	3	2	3	4	2	3	4
48	3	3	2	4	3	2	3	5	4
49	4	4	3	5	4	5	5	5	5
50	4	4	2	4	4	3	4	4	4
51	4	4	4	5	5	5	4	3	4

52	4	4	4	4	3	3	4	4	3
53	2	3	5	2	5	2	4	5	2
54	3	4	2	3	4	2	5	4	2
55	4	5	3	4	5	3	5	3	4
56	5	3	2	3	3	2	1	2	2
57	5	4	3	5	2	5	5	3	5
58	3	5	4	4	5	4	4	5	4
59	4	5	4	4	4	4	5	5	5
60	4	4	4	4	4	4	5	4	5
61	4	5	3	5	5	1	4	1	1

62	5	4	4	5	3	3	5	3	4	
63	5	4	3	5	4	3	5	4	3	
64	4	4	3	2	3	3	3	3	2	
65	5	5	3	5	5	5	5	5	5	
66	3	4	4	4	3	3	3	3	2	
67	5	4	4	3	2	1	3	3	3	
68	5	4	4	2	2	2	2	2	3	
69	4	2	3	3	2	5	3	4	5	
70	3	4	4	5	3	5	3	5	4	
71	5	4	2	5	2	4	5	3	4	
72	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
73	5	5	4	5	4	3	5	5	5	
74	4	2	1	4	2	2	3	3	2	
75	5	5	3	4	4	1	4	4	3	
76	5	3	3	4	3	3	5	3	3	
77	2	3	3	3	4	4	4	4	5	
78	4	5	3	5	4	3	4	3	3	
79	5	4	3	4	4	3	4	5	5	
80	4	3	3	2	2	4	3	4	5	
81	4	4	4	5	4	5	3	4	5	
82	4	4	3	2	4	3	5	5	4	
83	4	3	1	4	3	2	4	4	3	
84	4	3	2	4	3	1	5	5	3	
85	3	4	3	4	3	3	3	4	3	
86	4	4	3	3	3	3	3	3	3	
87	4	4	2	5	4	4	3	3	3	
88	5	5	4	5	5	5	4	3	4	
89	4	5	2	3	3	1	4	5	1	
90	4	3	4	5	3	2	3	4	4	
91	4	4	4	3	2	3	3	4	2	
92	4	3	3	4	4	3	3	3	3	
93	4	3	2	3	1	3	5	4	3	
94	3	3	1	4	3	2	5	3	2	
95	3	3	2	3	4	4	4	4	3	
96	5	4	2	3	4	1	3	5	4	
97	4	4	3	3	2	4	3	3	5	
98	4	3	2	3	3	2	4	4	3	
99	3	2	5	4	4	2	5	5	4	
100	4	3	4	2	4	4	4	4	4	
101	4	5	4	2	5	2	5	4	2	
102	5	3	4	4	5	4	5	5	5	
103	5	4	3	5	3	2	4	4	3	
104	4	3	2	4	4	3	2	2	3	

105	4	3	2	3	3	2	4	2	3	
106	5	4	2	5	4	1	4	2	1	
107	5	5	4	4	3	3	4	3	2	
108	4	5	3	4	5	5	3	5	4	
109	5	3	4	3	4	4	5	4	4	
110	4	4	3	3	4	2	4	4	2	
111	3	3	4	3	4	5	3	3	3	
112										
113										
114										
115										
116										
Promedio	4.00	3.74	3.11	3.79	3.53	2.99	3.77	3.70	3.53	
Desviación	0.87	0.88	1.04	0.98	0.98	1.23	1.03	0.99	1.20	
Límite mínimo	3.13	2.86	2.07	2.81	2.55	1.76	2.74	2.72	2.33	
Límite máximo	4.87	4.62	4.15	4.78	4.51	4.22	4.79	4.69	4.73	
TOTAL	444	415	345	421	392	332	418	411	392	
Número de panelistas	111									