

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i1.541>

Propiedades físicas, nutricionales y sensoriales del helado de leche a partir de una mezcla óptima de leche entera, suero de leche y leche de quinua.

Physical, Nutritional and Sensory Properties of milk ice cream from an optimal mixture of whole milk, buttermilk and quinoa milk.

César Laqui-Vilca

<https://orcid.org/0000-0003-1553-0410>

cesarlaqui@unap.edu.pe

Universidad Nacional del Altiplano Puno
Puno – Perú

Luis Alberto Jiménez Monroy

<https://orcid.org/0000-0002-1275-4462>

ljimenez@unap.edu.pe

Universidad Nacional del Altiplano Puno
Puno – Perú

Pablo Pari Huarcaya

<https://orcid.org/0009-0003-9191-6371>

ppari@unap.edu.pe

Universidad Nacional del Altiplano Puno
Puno - Perú

*Artículo recibido: 02 enero 2025 - Aceptado para publicación: 28 enero 2025
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.*

RESUMEN

La incorporación de ingredientes funcionales y subproductos agroindustriales presenta un enfoque prometedor para diversificar y mejorar el valor nutricional de estos productos. Este estudio investigó las propiedades físicas, nutricionales y sensoriales de helados formulados a partir de mezclas de leche entera, suero de leche y leche de quinua, aplicando un diseño de mezclas Simplex Lattice con tres factores. Se evaluaron propiedades físicas como overrun, tasa de derretimiento y viscosidad aparente, además del análisis proximal (Energía, proteínas, grasas, carbohidratos y cenizas). El perfil sensorial fue caracterizado mediante el método Check-All-that-Apply (CATA) y análisis de correspondencia, utilizando 12 descriptores clave como aromático a quinua, leche cocida y suero de leche. El tratamiento optimizado, compuesto por 25.65% de leche entera, 32.32% de suero de leche y 42.00% de leche de quinua, mostró un desempeño destacado con un overrun de 29.29%, una tasa de derretimiento reducida de 0.46 g por min para derretir completamente el helado, y un contenido energético de 152.17 kcal/100 g, junto con un contenido proteico superior (2.0 g/100 g). Los resultados sensoriales indicaron una fuerte asociación entre el tratamiento optimizado y descriptores valorados por los consumidores. Los análisis estadísticos


confirmaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en las propiedades físicas, nutricionales y sensoriales entre los tratamientos estudiados. Estos hallazgos demuestran que la inclusión de leche de quinua no solo mejora las propiedades funcionales y nutricionales de los helados, sino que también ofrece un perfil sensorial diferenciado, posicionándolo como un producto viable e innovador en el mercado de alimentos funcionales.

Palabras clave: Leche de quinua, Diseño de mezclas, Análisis sensorial, Helados funcionales, CATA

ABSTRACT

The incorporation of functional ingredients and agroindustrial by-products presents a promising approach to diversify and improve the nutritional value of these products. This study investigated the physical, nutritional and sensory properties of ice cream formulated from mixtures of whole milk, buttermilk and quinoa milk, applying a Simplex Lattice mixture design with three factors. Physical properties such as overrun, melting rate and apparent viscosity were evaluated, in addition to proximal analysis (energy, protein, fat, carbohydrate and ash). The sensory profile was characterized by the Check-All-That-Apply (CATA) method and correspondence analysis, using 12 key descriptors such as quinoa aromatics, cooked milk and whey. The optimized treatment, composed of 25.65% whole milk, 32.32% buttermilk and 42.00% quinoa milk, showed outstanding performance with an overrun of 29.29%, a reduced melting rate of 0.46 g per min to completely melt the ice cream, and an energy content of 152.17 kcal/100 g, along with a higher protein content (2.0 g/100 g). Sensory results indicated a strong association between the optimized treatment and descriptors valued by consumers. Statistical analyses confirmed significant differences ($p < 0.05$) in physical, nutritional and sensory properties among the treatments studied. These findings demonstrate that the inclusion of quinoa milk not only improves the functional and nutritional properties of ice cream, but also offers a differentiated sensory profile, positioning it as a viable and innovative product in the functional food market.

Keywords: Quinoa milk, Mix design; Sensory analysis, Functional ice cream, CATA

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

La demanda global por alimentos funcionales y sostenibles ha motivado el desarrollo de productos que combinen beneficios nutricionales, perfiles sensoriales únicos y estrategias de sostenibilidad ambiental. Entre ellos, los helados representan una matriz ideal debido a su aceptación generalizada y la versatilidad que ofrecen para incorporar ingredientes innovadores (Ramírez-Navas et al., 2015). Este enfoque se alinea con las tendencias de consumidores modernos que buscan productos diferenciados capaces de satisfacer necesidades específicas y proporcionar valor agregado.

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), un grano ancestral de origen andino, ha cobrado relevancia como ingrediente funcional gracias a su composición rica en proteínas, fibra dietética y compuestos bioactivos como flavonoides y polifenoles. Además de su valor nutricional, compuestos volátiles característicos como las metoxipirazinas contribuyen a su perfil sensorial distintivo (Almaguer et al., 2023). Su introducción en matrices alimentarias permite no solo innovar en la formulación de productos funcionales, sino también promover la revalorización de recursos agrícolas locales y la diversificación de la industria alimentaria (Graf et al., 2015). Una de las aplicaciones más prometedoras de la quinua es la elaboración de leche de quinua, una bebida de origen vegetal que combina las propiedades nutricionales del grano con una base versátil para el desarrollo de alimentos funcionales. Comparada con otras leches vegetales, como las elaboradas a partir de avena, cáñamo o soja, la leche de quinua se caracteriza por un contenido proteico superior y un sensorial único, lo que la convierte en un ingrediente ideal para formulaciones modernas (Xie et al., 2023; Sun et al., 2024).

El suero de leche dulce, un subproducto derivado de la producción quesera, es otro ingrediente de alto potencial para alimentos funcionales. Este componente no solo aporta proteínas de alta calidad con características emulsionantes, sino que también mejora propiedades estructurales en helados, como el overrun y la estabilidad, además de reducir su densidad calórica (Kusio et al., 2020).

Sin embargo, aunque existen avances en helados funcionales sigue siendo limitada, particularmente en el uso de ingredientes andinos como la leche de quinua, a pesar de su riqueza en compuestos bioactivos y perfil proteico superior (Graf et al., 2015). Este estudio no solo aborda esta brecha, sino también propone un diseño experimental robusto mediante un diseño Experimental Simplex Lattice, combinando con herramientas sensoriales avanzadas como el método Check-All-That-Apply (CATA) y el análisis de correspondencia (Dooley et al., 2010). Estas metodologías permitirán evaluar propiedades fisicoquímicas clave como la viscosidad y tasa de derretimiento, así como el perfil asociado a la aceptabilidad del consumidor, promoviendo así el desarrollo de un helado funcional diferenciado que maximice tanto la sostenibilidad, la diversificación de la industria agroalimentaria y la satisfacción del consumidor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de ejecución

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú. El procesamiento y la producción de los helados se realizaron en una planta artesanal de heladería localizada en el distrito de Puno.

Materia Prima

Las formulaciones experimentales se elaboraron utilizando ingredientes cuidadosamente seleccionados por su calidad y disponibilidad. Los granos de quinua blanca comercial se adquirieron en el Mercado Central de Puno y fueron seleccionados por tamizado y limpieza previa para garantizar su pureza. El suero de leche dulce, proporcionado por procesadores locales de quesería, se mantuvo en condiciones de refrigeración hasta el momento de su uso. La leche entera, también adquirida en el Mercado Central de Puno, fue pasteurizada antes de su incorporación en las formulaciones experimentales. Todos los ingredientes fueron inspeccionados para cumplir con las especificaciones técnicas requeridas en el desarrollo de formulaciones alimenticias experimentales.

Elaboración de leche de quinua

Se elaboró la leche de quinua a partir de granos de quinua del Altiplano, usando la metodología planteada por Flores (2011) con algunas modificaciones.

Elaboración de helados

Para estandarizar las proporciones de ingredientes en las formulaciones experimentales, se diseñó la dosificación base. La composición detallada de esta formulación se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1

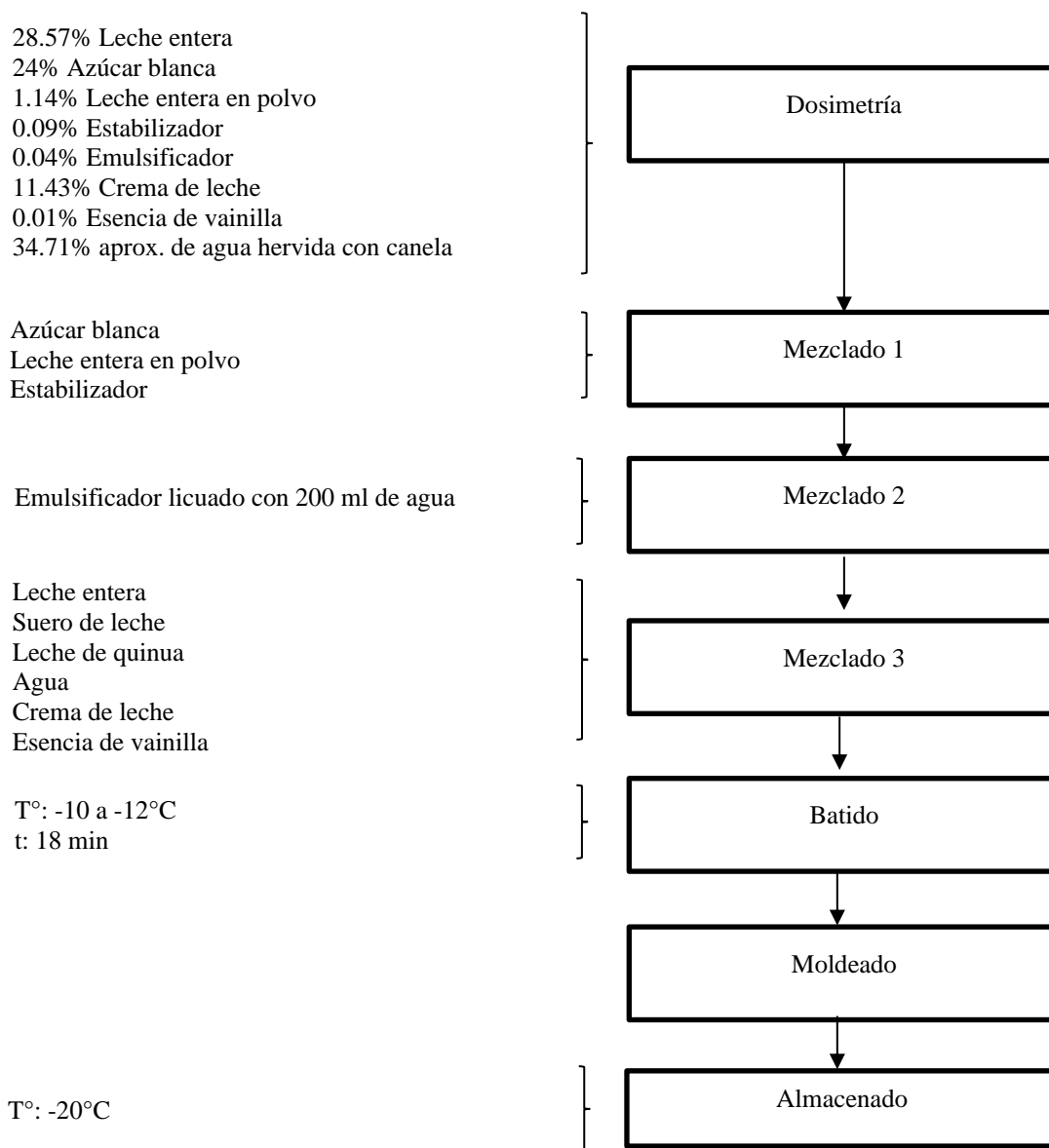
Formulación del helado de leche y los helados para los tratamientos

Insumos	Gramos (g)	Porcentaje (%)
Azúcar blanca	840.00	24.00
Leche en polvo	40.00	1.14
CMC	3.30	0.09
Mixo	1.50	0.04
Leche entera/suero de leche/ leche de quinua	1000.00	28.57
Crema de leche	400.00	11.43
Esencia de vainilla	0.20	0.01
Agua	1215.00	34.71
TOTAL	3500.00	100.00

Los helados de leche entera, suero de leche y leche de quinua se elaboraron siguiendo la metodología de la Figura 1.

Figura 1

Flujograma de elaboración de helado considerando la mezcla de leche entera, suero de leche y leche de quinua



Análisis proximal

Se utilizó el método oficial de la AOAC (1995) y FSSAI (2016).

Overrun

El aumento de volumen del helado efectuado durante el batido frío se conoce como overrun, este aumento está referido al volumen de la mezcla que ingresa a la máquina antes de ser batida (Ramírez-Navas et al., 2015). Se usó la metodología empleada por Ramírez-Navas et al. (2015) y Markowska et al. (2023), se midió comparando el peso de la mezcla y el helado en

un recipiente de volumen fijo, utilizando un vaso de precipitado de 250 ml. El porcentaje de overrun se determinó de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Overrun} = \left(\frac{\text{Peso del volumen mezcla} - \text{Peso del mismo volumen de helado}}{\text{Peso del mismo volumen de helado}} \right) \times 100$$

Tasa de derretimiento y tiempo de primera gota

Se empleó la metodología de Roland et al. (1999) y Arbuckle (1996) con algunas modificaciones, donde se cortaron cilindros de 6 cm de diámetro por 2.5 cm de grueso, con una masa aproximada de 45 ± 5 g de helado endurecido en almacenamiento. Cada cilindro se colocó en un tamiz de aperturas cuadradas de 2.5 mm de ancho, el cual estaba suspendido sobre un beaker tarado. Se registró el tiempo de derretimiento total del helado, controlando la temperatura a 18 a 20 °C. Ramírez-Navas et al. (2015) indica que con los datos de derretimiento se construye la curva de fusión del helado, que muestra el porcentaje de helado derretido en función del tiempo, usando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Derretimiento} = \left(\frac{\text{Masa de helado derretida}}{\text{Masa de helado almacenado a } -18^{\circ}\text{C}} \right) \times 100$$

Análisis sensorial por el método CATA

Participaron 90 consumidores habituales de helado, con edades entre 18 a 65 años, donde el 56.7 % fueron mujeres y 43.3 % varones. Se aplicó el método Check-All-That-Apply (CATA) para describir los atributos de las muestras de helado elaborado con leche entera (X1), suero de leche (X2) y leche de quinua (X3), utilizando doce atributos para las muestras T1(X1) y el tratamiento optimizado TO (25.65 X1, 32.32% X2, 42%.00 X3) y/o descriptores desarrollados para helados (Dooley et al., 2010). También, los consumidores evaluaron el nivel de agrado mediante una escala hedónica de 7 puntos, donde la escala mayor y menor fueron “extremadamente agradable” con 3 puntos y “Extremadamente desagradable” con -3 puntos respectivamente (Tabla 3). Se solicitó a los consumidores que marcaran los atributos que mejor describen a la muestra en estudio. Se consideraron dos tratamientos de helados para realizar las pruebas, donde T1 (tratamiento helado de leche) y TO (Tratamiento optimizado), para lo cual, se colocó una cucharada de cada tratamiento individualmente en un recipiente de plástico blanco con tapa (45 mm de diámetro) codificado con un número aleatorio de tres dígitos. Las muestras se almacenaron en un congelador de calidad comercial a -18°C durante al menos 24 h antes de la prueba para garantizar la consistencia de la muestra. Todas las muestras se templaron durante 2 minutos a temperatura ambiente antes de servir las tanto para el análisis descriptivo como para la prueba de agrado. Se determinó que el incremento de 2 minutos era el tiempo de atemperado más adecuado observando la condición del helado en función del tiempo a temperatura ambiente.

Las muestras se presentaron en un orden monádico secuencial a los panelistas, la temperatura de servido (-12 °C) se controló estrictamente para mantener la consistencia (Bower et al., 2003).

Se pidió a los consumidores que evaluaran las características generales de gusto, apariencia, sabor y textura (Dooley et al., 2010), respecto a los atributos comunes fueron aromático a quinua, leche cocida, suero de leche, leche en polvo sin grasa, sensación astringente, lechoso, mantecoso, granuloso, dulce, amargo, cremoso y duro (Tabla 2). Con los descriptores antes mencionados se definió el perfil sensorial (Dzhivoderova-Zarcheva et al., 2024) del helado con mezcla de leche entera, suero de leche y leche de quinua.

Tabla 2

Características generales de gusto, apariencia, sabor y textura para definir los descriptores del perfil sensorial del helado

Gusto	Apariencia	Sabor	Textura
Aromático a quinua	Lechoso	Dulce	Cremoso
Leche cocida	Mantecoso	Amargo	Duro
Suero de leche	Granuloso		
Leche en polvo sin grasa			
Sensación astringente			

Tabla 3

Escala hedónica para la evaluación de agrado

Escala	Puntos
Extremadamente agradable	3
Medianamente agradable	2
Ligeramente agradable	1
Ni me gusta ni me disgusta	0
Ligeramente desagradable	-1
Medianamente desagradable	-2
Extremadamente desagradable	-1

Estadístico

Para obtener la mezcla óptima de leche entera, suero de leche y leche de quinua, se empleó el Software Minitab 19 usando el diseño de Mezclas Lattice Simplex de tres factores con $p < 0.05$, como se muestra en la Tabla 4:

Tabla 4

Diseño experimental para obtener la mezcla óptima de leche entera (X1), suero de leche (X2) y leche de quinua (X3)

Tratamientos	X1	X2	X3	Leche entera (%)	Suero de leche (%)	Leche de quinua (%)
T1	1	0	0	100.00	0.00	0.00
T2	0	1	0	0.00	100.00	0.00
T3	0	0	1	0.00	0.00	100.00
T4	0.5	0.5	0	50.00	50.00	0.00
T5	0.5	0	0.5	50.00	0.00	50.00
T6	0	0.5	0.5	0.00	50.00	50.00
T7	0.66	0.16	0.16	66.67	16.65	16.65
T8	0.16	0.66	0.16	16.65	66.67	16.65
T9	0.16	0.16	0.66	16.65	16.65	66.67
T10	0.33	0.33	0.33	33.33	33.33	33.33

Los resultados del análisis sensorial respecto al método CATA fueron interpretados con el programa XLSTAT 2018 (versión de prueba). Se identificaron las diferencias entre muestras para cada uno de los descriptores, el análisis de correspondencia para la presentación del mapa sensorial mediante las pruebas de Chi-cuadrado de Pearson y de Q de Cochran y las comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de diferencia crítica (Sheskin) (Ares et al., 2014). El análisis de penalidad fue desarrollado con el 20% como límite mínimo para cubrir los requerimientos del producto ideal (Xiong y Meullenet, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis proximal

La Tabla 5 resume el análisis proximal de los helados formulados, evidenciando diferencias significativas en contenido energético, proteico y graso entre tratamientos. Estas diferencias están directamente influenciadas por las proporciones de leche entera, suero de leche y leche de quinua, destacando el impacto de la leche de quinua en la mejora del contenido proteico y la reducción de grasa.

El contenido calórico de los helados desarrollados en este estudio osciló entre 147.13 kcal a 158.20 kcal por cada 100 g de helado, el tratamiento T2 obtuvo el menor valor calórico, mientras que el tratamiento T1 obtuvo el más alto. Estos resultados coinciden con los reportados por Chávez-Morales et al. (2022), quienes señalaron que los helados comerciales consumidos en México presentan un contenido energético medio-bajo, con valores que oscilan entre 68 kcal y 138 kcal por cada 100 ml, y en general, estos productos contienen menos de 300 kcal por cada

100 g. En estudios previos, la adición de ingredientes como crema, queso, dulce de leche, caramelo y chocolate incrementa las calorías en algunos helados hasta alcanzar las 270 kcal por cada 100 ml, lo que los clasifica como productos con un contenido calórico moderado (Dervisoglu, 2006). La inclusión del suero de leche en las formulaciones influye significativamente en el contenido calórico de los helados, a comparación con la leche entera. Esto se debe a la menor cantidad de grasa en el suero, lo cual es confirmado por Kusio et al. (2020), quienes indican que los ingredientes bajos en grasa, como el suero de leche, contribuyen a una menor densidad calórica sin sacrificar las propiedades sensoriales y la textura del producto final.

El contenido de proteínas en los helados en estudio osciló entre el 0.94 % y el 3.03 %. El tratamiento T3, obtuvo el mayor contenido proteico. Estos resultados son consistentes con los reportados por López y Sepúlveda (2012), quienes indicaron un contenido de proteínas entre el 2.5 % y el 3.2 % en helados elaborados con harina de quinua y suero de leche en polvo con sustitutos de sólidos no grasos. Además, López (2020), obtuvo proteínas entre 0.82 % y el 2.7 % en helados artesanales de consumo masivo, en tanto, Madrid y Cenzano (2003), mencionan que las proteínas en los helados pueden representar entre el 2 % y el 10% de su composición, dependiendo del tipo de helado y de los ingredientes utilizados en su elaboración. Por otro lado, Chávez-Morales et al. (2022), afirman que los helados pueden contener entre 0 g y 4 g de proteínas por cada 100 ml, aunque también señalan que no se pueden considerar como una fuente significativa de este nutriente.

El contenido de grasa total osciló entre el 3.68 % y el 4.75 %, siendo que el tratamiento T3 registró el valor más bajo (3.68 %), mientras que el tratamiento T1 alcanzó el mayor contenido (4.75 %). Estos resultados reflejan la influencia de las materias primas utilizadas, particularmente el impacto de la leche de quinua como alternativa vegetal, mediante la reducción de la leche entera en la formulación. Comparando con investigaciones, Dervisoglu (2006) reportó valores de grasa en helados con harina de avellanas que oscilan entre 0.2 % a 7.0 %, destacando la amplia variabilidad que puede encontrarse en este tipo de productos según los ingredientes utilizados. Asimismo, López (2020) encontró contenidos de grasa en helados artesanales entre 1.06 % y 2.25 %, mientras que López y Sepúlveda (2012) reportaron valores de significativamente más altos entre 12.2 % a 15.8 % en helados elaborados con sustitutos de grasa. Por otro lado, la Norma Técnica Peruana NTP 202.057. (2006), establece que el helado de leche debe tener un mínimo de 1.5 % de grasa total, requisito ampliamente cumplido por los tratamientos evaluados. Además, la menor proporción de grasa observada en los helados elaborados con leche de quinua en este estudio podría alinearse con la tendencia hacia productos más saludables, que priorizan alternativas con menor contenido de grasas saturadas y mayor aporte nutricional.

Los carbohidratos totales en los helados desarrollados variaron entre 26.75 % y 28.32 %, con el tratamiento T3 mostrando el menor contenido y T2 el mayor. La diferencia se atribuye a la

composición de los ingredientes: la leche de quinua aporta carbohidratos principalmente como almidón, mientras que el suero de leche, rico en lactosa, incrementa los valores observados (Vega-Gálvez et al., 2010; Kusio et al., 2020)

Los contenidos de Ceniza obtenidas oscilaron entre 0.14 % y 0.35 %, siendo que el tratamiento T1 reportó 0.35 %, mientras que los tratamientos T2, T3, T6 obtuvieron 0.14 %, debiendo considerar que el uso de leche entera eleva el contenido de éste nutriente, por lo afirmado por Agudelo y Bedoya (2005), quienes dicen que la leche contiene sodio, potasio, magnesio, calcio, manganeso hierro, entre otros. Estos resultados son inferiores a lo obtenido por Dervisoglu (2006) quien reportó entre 0.80 a 1.52 % en helados con harina de avellanas, además de lo reportado por López (2020), quien determinó cenizas en helados artesanales y los datos oscilaron entre 0.444 % y 0.537 %, y por López y Sepúlveda (2012) quienes reportaron contenidos de cenizas de 0.6 % a 0.8 %.

Tabla 5.

Composición proximal en 100 g de helados formulado con mezcla de leche entera (X1), suero de leche (X2) y leche de quinua (X3)

Contenido Nutricional	Tratamientos									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Energía (kcal)	158.20 ±0.04	147.1 3 ±0.03	152.3 6 ±0.02	152.6 6±0.0 4	155.2 8±0.0 3	149.7 4 ±0.06	155.3 8 ±0.03	149.8 4±0.0 6	152.4 6±0.0 5	152.55 ±0.04
Proteína (g)	1.65 ±0.02	0.94 ±0.02	3.03 ±0.04	1.30 ±0.03	2.34 ±0.03	1.99 ±0.08	1.76 ±0.08	1.41 ±0.05	2.45 ±0.05	1.87 ±0.03
Grasa total (g)	4.75 ±0.02	3.80 ±0.01	3.68 ±0.03	4.28 ±0.04	4.22 ±0.04	3.74 ±0.04	4.42 ±0.03	3.94 ±0.03	3.88 ±0.04	4.08 ±0.04
Carbohidratos totales (g)	28.26 ±0.05	28.32 ±0.04	26.75 ±0.05	28.29 ±0.04	27.51 ±0.03	27.54 ±0.04	28.02 ±0.11	28.05 ±0.03	27.26 ±0.04	27.78 ±0.05
Cenizas (g)	0.35 ±0.02	0.14 ±0.01	0.14 ±0.02	0.24 ±0.02	0.24 ±0.04	0.14 ±0.01	0.28 ±0.02	0.17 ±0.01	0.17 ±0.01	0.21 ±0.01

*Los resultados son expresados para las medias de muestras por triplicado.

Según Castillo (2015), la presencia de altos contenidos de grasa en mezclas es indispensable, por su interacción con la proteína y los estabilizantes dan lugar al incremento de la densidad y la viscosidad. Madrid y Cenzano (2003), las grasas dan una textura suave al helado, mejoran apreciablemente el sabor y aportan energía.

El overrun

El porcentaje de overrun (Tabla 6), indicador de la incorporación de aire durante el batido, varió entre 27.16 % y 33.15 %, correspondiente a los tratamientos T3 y T2, respectivamente.

Estos valores, inferiores a los reportados por Michue-Mango et al. (2015) en helados formulados con crema y polidextrosa (46.80 % - 47.27 %) reflejan las diferencias composicionales de los ingredientes.

La leche de quinua presentó una menor capacidad estabilizante y emulsionante, lo que limitó la incorporación de aire (Almaguer et al., 2023). En contraste, el suero de leche, rico en proteínas funcionales, favoreció un mayor overrun al mejorar la formación y estabilización de burbujas de aire (Kusio et al., 2020)

Estas variaciones coinciden con Ramírez-Navas et al. (2015), quienes atribuyen la disminución de overrun a bajos niveles de sólidos, especialmente grasa y proteínas. Además, Khalil y Blassey (2016) señalaron que el uso de estabilizantes adecuados puede optimizar la textura al incrementar la incorporación de aire.

Tabla 6

Porcentaje de incorporación de aire en 100 g de helados formulado con mezcla de leche entera, suero de leche y leche de quinua

Tratamiento	Overrun (%) ± D.E.*	Tratamiento	Overrun (%) ± D.E.*
T1	32.52±0.06	T6	29.72±0.27
T2	33.15±0.07	T7	29.85±0.12
T3	27.16±0.23	T8	30.50±0.07
T4	32.81±0.06	T9	27.30±0.16
T5	28.47±0.05	T10	30.92±0.09

**Los resultados son expresados para las medias de muestras por triplicado.*

Tasa de derretimiento y tiempo de primera gota

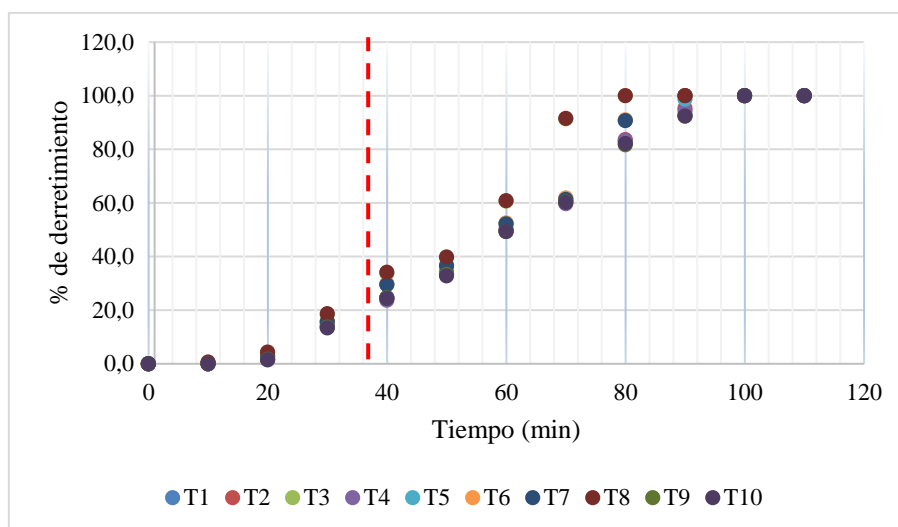
El tiempo de caída de la primera gota fue de 30 min con un 13.3 % a 18.7 % consistente con los valores reportados por López y Sepúlveda (2012), quienes observaron un rango de 27.5 a 30.7 min con un 8.4 % a 15.3%. De manera similar, Dervisoglu (2006) identificó tiempos entre 25.9 a 38.9 min en helados con harina de avellana. Ramírez-Navas et al. (2015), afirman que el tiempo normal en el que una persona consume un helado es de aproximadamente 30 min, por tal razón se considera este dato del porcentaje de derretimiento como un parámetro importante en el análisis.

La Figura 2 muestra las curvas de derretimiento de los 10 tratamientos evaluados durante 110 min. Los tratamientos T1, T2, T4, T5, T9 y T10 se derritieron en 100 min, teniendo una tasa de derretimiento de 0.4 g por min., T6 y T7 se derritieron en 90 min, teniendo una tasa de derretimiento de 0.44 g por min., Por otro lado, T3 y T8 alcanzaron 100% de derretimiento en sólo 80 min, teniendo una tasa de derretimiento de 0.5 g por min, lo que evidencia una menor estabilidad térmica. Villanueva (2019), reportó rangos de tasa de goteo entre 0.4233 a 0.85 g por min, mientras que M'Boumba et al. (2016) afirma que es 1.0 a 3.5 g por min.

La adición de leche de quinua en proporciones superiores al 33.33 % redujo significativamente el tiempo de derretimiento. Esto puede deberse a su bajo contenido graso y la presencia de compuestos como almidones y proteínas, que modifican la estructura del helado (Graf et al., 2015). En contraste, la leche entera y el suero de leche prolongaron el tiempo de derretimiento lo que coincide con Ramírez-Navas et al. (2015), quienes destacan que ingredientes con mayor contenido de sólidos totales incrementan la estabilidad térmica de los helados. Kusio et al. (2020) también sugieren que las proteínas del suero contribuyen a estabilizar las burbujas de aire, mejorando la resistencia al derretimiento.

Figura 2

Curva de derretimiento de helados formulado con mezcla de leche entera, suero de leche y leche de quinua



Cálculo de las mezclas óptimas de leche entera, suero de leche y leche de quinua.

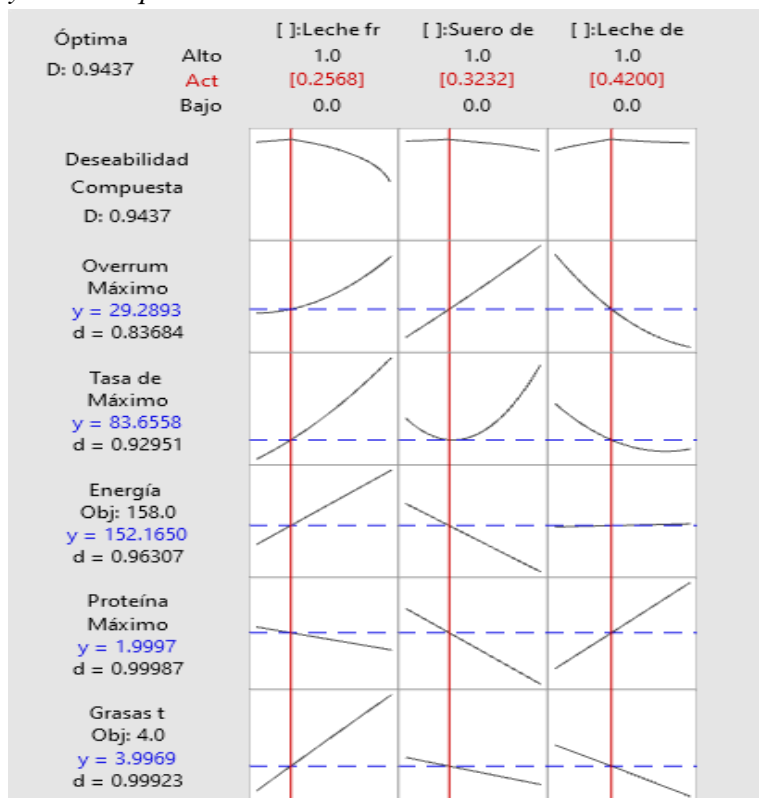
El diseño de formulaciones de helados se centró en optimizar varios parámetros clave con límites y metas predefinidos. El overrun, tuvo como objetivo un valor máximo de 35%, mientras que la tasa de derretimiento se estableció con un máximo deseado de 90min para derretir por completo el helado (0.44 g por min). En cuanto al contenido energético, se definió un objetivo de 158 kcal, con un rango superior de hasta 300 kcal por 100 g. Para los macronutrientes, se fijó un límite máximo de 2 g de proteínas y 4.8 g de grasas totales, con un objetivo de 4 g en el caso de las grasas. Cada uno de estos parámetros recibió una ponderación de importancia igual, indicando su relevancia equivalente en la formulación final.

Los resultados pronosticados indican que la solución óptima presenta una deseabilidad compuesta de 0.9437, un valor cercano al máximo posible. La solución global se obtuvo con las proporciones de 25.68% de leche entera, 32.32 % de suero de leche y 42.00 % de leche de quinua. Estas proporciones lograron un equilibrio ideal entre las propiedades evaluadas, como el overrun (29.289%), la tasa de derretimiento (83.656 min para derretir por completo el helado, 0.46 g por

min), energía calórica (152.165 kcal en 100 g), proteína (2 g) y grasas totales (3.997 g en 100g) destacando la variabilidad del tratamiento optimizado (TO) para aplicaciones funcionales, superando valores típicos de helados comerciales saludables, según Kusio et al. (2020). Se observó que un mayor contenido de leche entera y suero de leche incrementa el overrun y el tiempo para derretimiento total, mientras que la leche de quinua tiene el efecto opuesto. En cuanto a la energía calórica, esta aumenta con mayor proporción de leche entera, disminuye con suero de leche y se mantiene estable con leche de quinua. Respecto al contenido de proteína, añadir más leche de quinua eleva su valor, mientras que incrementos en leche entera o suero de leche lo reducen. Finalmente, el contenido de grasas totales tiende a aumentar con la leche entera, pero disminuye al elevar las proporciones de leche y leche de quinua.

Figura 3

Gráfica de efectos principales de helado formulado con mezcla de leche entera, suero de leche y leche de quinua



Análisis sensorial por el método CATA

El análisis sensorial reveló una disminución significativa en los descriptivos de leche en polvo sin grasa, mantecoso, dulce y cremoso en el helado formulado con mezcla. En contraste, se observó un incremento significativo en las sensaciones asociadas a los descriptores aromático a quinua, leche cocida, suero de leche, sensación astringente, lechoso, granuloso, amargo y duro. Estos descriptores emergen como las características predominantes del helado formulado con leche entera, suero de leche y leche de quinua, configurando un perfil sensorial distintivo.

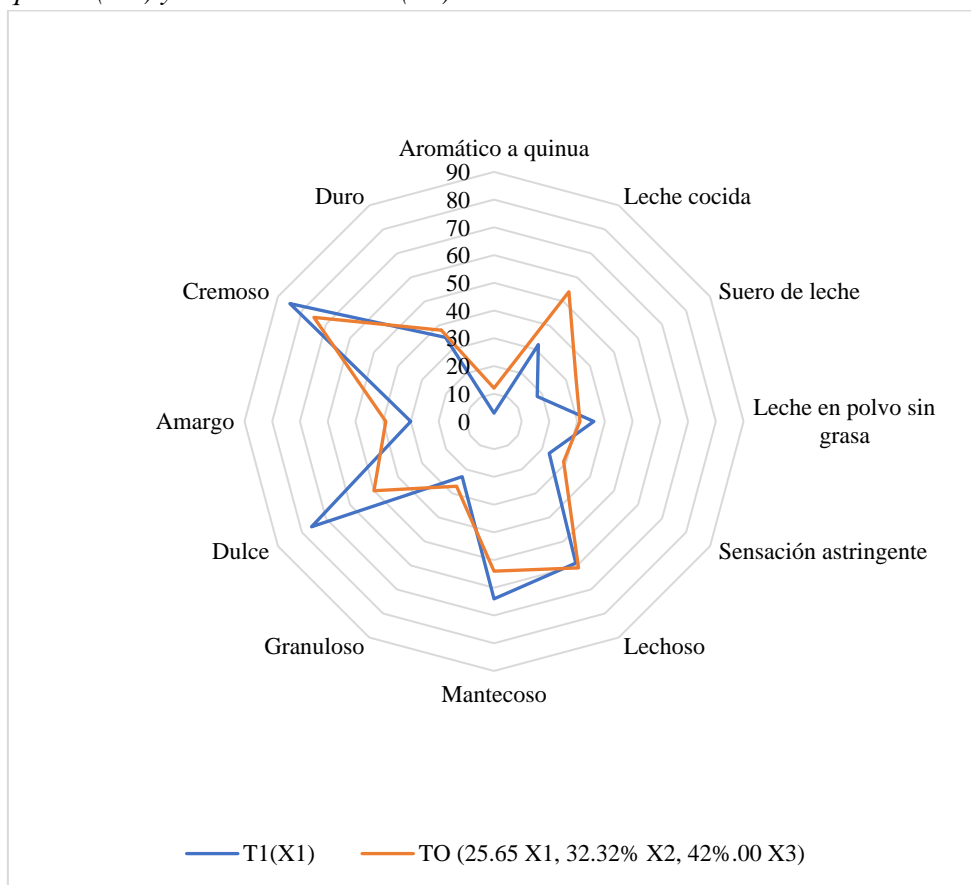
El análisis sensorial mediante el método CATA permitió identificar los descriptores claves asociados a los helados estudiado. La Figura 4 presenta el perfil sensorial resultante, destacando atributos como aromático a quinua y cremoso que definen la aceptabilidad del tratamiento optimizado. La mayor intensidad en el descriptor aromático a quinua destaca como resultados de los compuestos volátiles específicos del grano de quinua, vinculados a metoxipirazinas naturales identificados mediante cromatografía de gases olfatometría/espectrofotometría de masas (GC-O/MS), las cuales son responsables del aroma distintivo de este ingrediente (Almaguer et al., 2023). Adicionalmente, el incremento en las sensaciones de leche cocida y suero de leche podrían estar relacionados con el procesamiento térmico de los ingredientes lácteos (Israr et al., 2014) y su interacción con los compuestos de la quinua (Caro et al., 2011; Dostalíková et al., 2024), favoreciendo la percepción de estos descriptores.

Por otro lado, las sensaciones astringente, granuloso y duro observadas en el helado elaborado con leche de quinua pueden estar relacionados con su contenido de proteínas y fibra en la leche de quinua. Rodríguez-Ordóñez et al. (2019) explicaron que las fibras, como la inulina, afectan la textura de los helados al incrementar la viscosidad, mientras que, contribuyendo a la percepción de dureza y granularidad, mientras que Akalin y Erişir (2008) destacaron que las proteínas vegetales pueden influir en la percepción sensorial al modificar la textura y la dureza del producto. Por otro lado, la astringencia podría estar relacionada con la interacción de las proteínas vegetales de la quinua con los compuestos fenólicos que puedan estar presentes en su leche. Según Guinard et al. (1996) este tipo de interacciones en helados con bajo contenido de grasa intensifican percepciones táctiles como la astringencia, lo que ocurre por la precipitación de proteínas en la boca y su interacción con las mucinas de la saliva, afectando la percepción sensorial.

Aunque los descriptores amargo y lechoso se intensificaron en el perfil sensorial del helado elaborado a partir de la mezcla, estudios como los de Akalin y Erişir (2008) sugieren que la percepción de sabores amargos puede integrarse favorablemente en productos alimenticios si está equilibrada con otros atributos sensoriales, lo cual podrían explicar por qué no afectaron negativamente la aceptación general (Figura 5). Por otro lado, la influencia de compuestos lácteos en la percepción de sabores lechosos, revisada por Cheng et al. (2022), resaltan la importancia de estos descriptores en mejorar a cremosidad y el agrado general, lo que puede haber contribuido a mantener una buena evaluación. En conjunto, la formulación con leche entera, suero de leche y leche de quinua no solo resalta el aroma distintivo de la quinua, sino que también potencia un perfil sensorial diferenciado, ideal para satisfacer a consumidores interesados en alimentos funcionales (Graf et al., 2015) y sensorialmente agradables (Wu et al., 2017).

Figura 4

Perfil sensorial del helado formulado con mezcla de leche entera, suero de leche y leche de quinua (TO) y el helado de leche (T1)



Ambos tratamientos fueron analizados mediante la prueba de Chi-cuadrado de Pearson y la prueba de Q de Cochran, considerando cada atributo descrito en las preguntas CATA. Los resultados indican que no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) en siete de los doce atributos evaluados: leche en polvo sin grasa, lechoso, sensación astringente, mantecoso, granuloso, amargo y duro, lo que sugiere que estos descriptores fueron similares entre ambas muestras. Sin embargo, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en cinco atributos: aromático a quinua, leche cocida, suero de leche, dulce y cremoso, tal como se detalla en la Tabla 7. Estos últimos descriptores se consideran distintivos entre las muestras y podrían ser los atributos clave para la caracterización del producto (Steffolani et al., 2017; Campos-Rodríguez et al., 2022; Eduardo et al., 2024). Para confirmar las diferencias entre los descriptores, se realizaron comparaciones múltiples por pares utilizando la prueba de Sheskin, un método robusto. Este análisis reveló diferencias significativas en los atributos antes indicados entre los helados TO y T1, lo que reafirma que dichos descriptores son distintivos entre las muestras.

Tabla 7

Prueba de Chi-cuadrado, prueba Q de Cochran para los atributos CATA y comparaciones múltiples por pares mediante el procedimiento de diferencia crítica (Sheskin)

Atributo	Valor P	Valor P	Sig.	Sheskin	
	Chi-cuadrado	Prueba de Q de Cochran		T1	TO
Aromático a quinua	0.015	0.020	*	0.033 (a)	0.133 (b)
Leche cocida	0.001	0.006	*	0.200 (a)	0.378 (b)
Suero de leche	0.009	0.003	*	0.356 (a)	0.600 (b)
Leche en polvo sin grasa	0.441	0.475	n.s.	0.400 (a)	0.344 (a)
Lechoso	0.752	0.739	n.s.	0.256 (a)	0.322 (a)
Sensación astringente	0.324	0.330	n.s.	0.656 (a)	0.678 (a)
Mantecoso	0.117	0.096	n.s.	0.711 (a)	0.600 (a)
Granuloso	0.506	0.505	n.s.	0.256 (a)	0.300 (a)
Dulce	0.000	<0.0001	*	0.844 (b)	0.556 (a)
Amargo	0.168	0.128	n.s.	0.333 (a)	0.433 (a)
Cremoso	0.018	0.004	*	0.944 (b)	0.833 (a)
Duro	0.649	0.674	n.s.	0.389 (a)	0.422 (a)

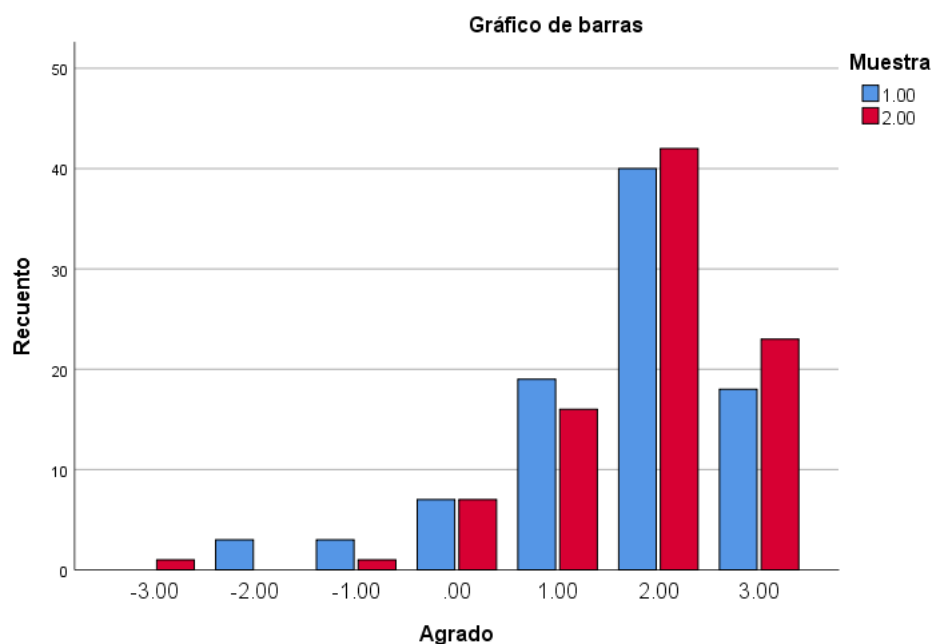
Nota: Sig. = Significancia, n.s.=no significativo, * = significativo (p<0.05)

La prueba de Chi-cuadrado de Pearson para el nivel de agrado resultó con una significancia asintótica(bilateral) de 0,433, lo indica que las dos muestras de helado no presentaron diferencias significativas (p>0.05). Por lo tanto, los consumidores aceptan las dos muestras de helado indistintamente de la composición de la mezcla.

Estudios previos destacan la utilidad de la evaluación sensorial como herramienta para identificar la aceptación del consumidor en productos derivados de quinua (Eduardo et al., 2024). En la Figura 5 ilustra los resultados obtenidos, resaltando las diferencias en preferencia entre los tratamientos, las muestras se ubican al lado derecho por encima del cero, indicando que ambas muestras agradan a los consumidores.

Figura 5.

Gráfica de barras para el atributo agrado



La Figura 6 sobre el Análisis de Coordenadas Principales (ACP) permite interpretar las relaciones entre los descriptores sensoriales de los helados evaluados (T1 y T0) en funciones de las dimensiones F1 y F2. El eje F1 explica la mayor variabilidad en los datos (100%), destacando descriptores clave como dulce y cremoso en el extremo derecho, asociado a T1, y aromático a quinua y suero de leche en el extremo izquierdo, representado a T0. Esto indica que los atributos sensoriales de la leche de quinua definen un perfil distintivo a la formulación T0, alineándose como el descriptor “aromático a quinua”. Por otro lado, el eje F2, aunque con una menor contribución a la varianza, destacó atributos secundarios como dureza, sensación astringente y amargo, asociados a diferencias texturales y sensoriales específicas, posiblemente vinculados al suero de leche. Asimismo, la leche en polvo sin grasa ubicada hacia la parte superior derecha, refleja una textura diferenciada en T1.

El análisis del espacio sensorial generado mediante análisis de correspondencia (Figura 7), las zonas del gráfico reveló cuatro subconjuntos sensoriales: en la parte inferior izquierda, se agrupan los atributos relacionados con T0, como leche cocida y suero de leche; en la parte superior izquierda, descriptores como mantecoso y aromático a quinua; en la parte inferior derecha, los atributos granuloso y cremoso, típicos de T1; y en la parte superior derecha, características secas (leche en polvo sin grasa) y duras, posiblemente menos deseables. Estos resultados evidencian que F1 domina la diferenciación entre las formulaciones debido al peso de los descriptores sensoriales clave, mientras que F2 captura atributos secundarios que podrían ser evaluados con mayor profundidad mediante pruebas complementarias.

Figura 6.

Análisis de coordenadas principales, asociación entre tratamientos y descriptores sensoriales

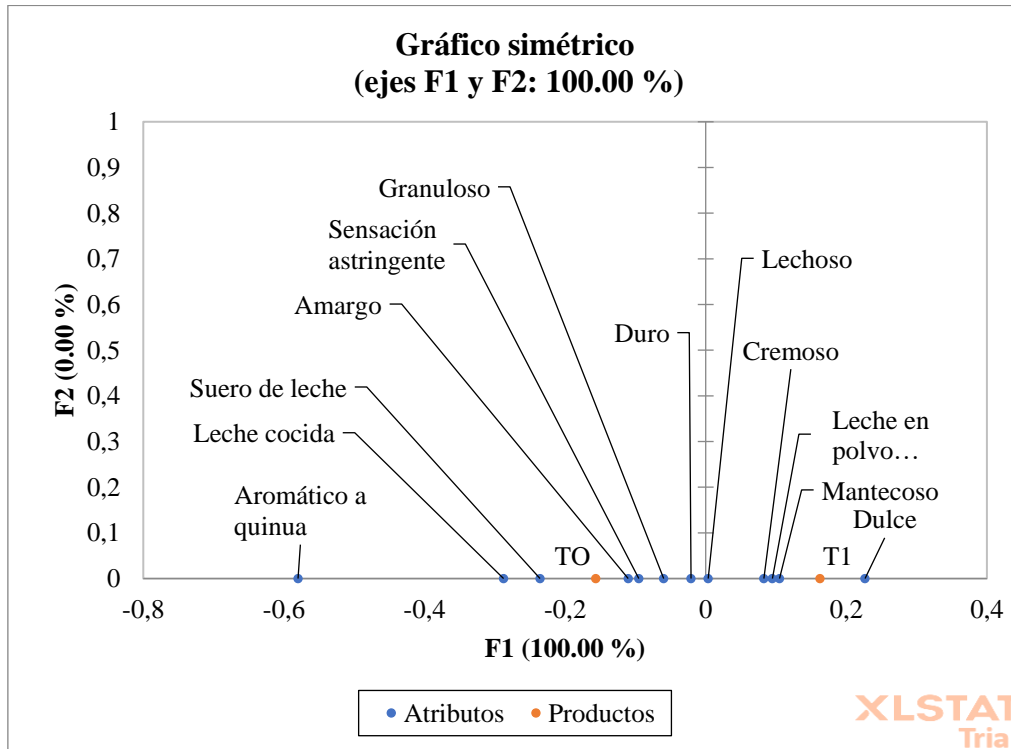
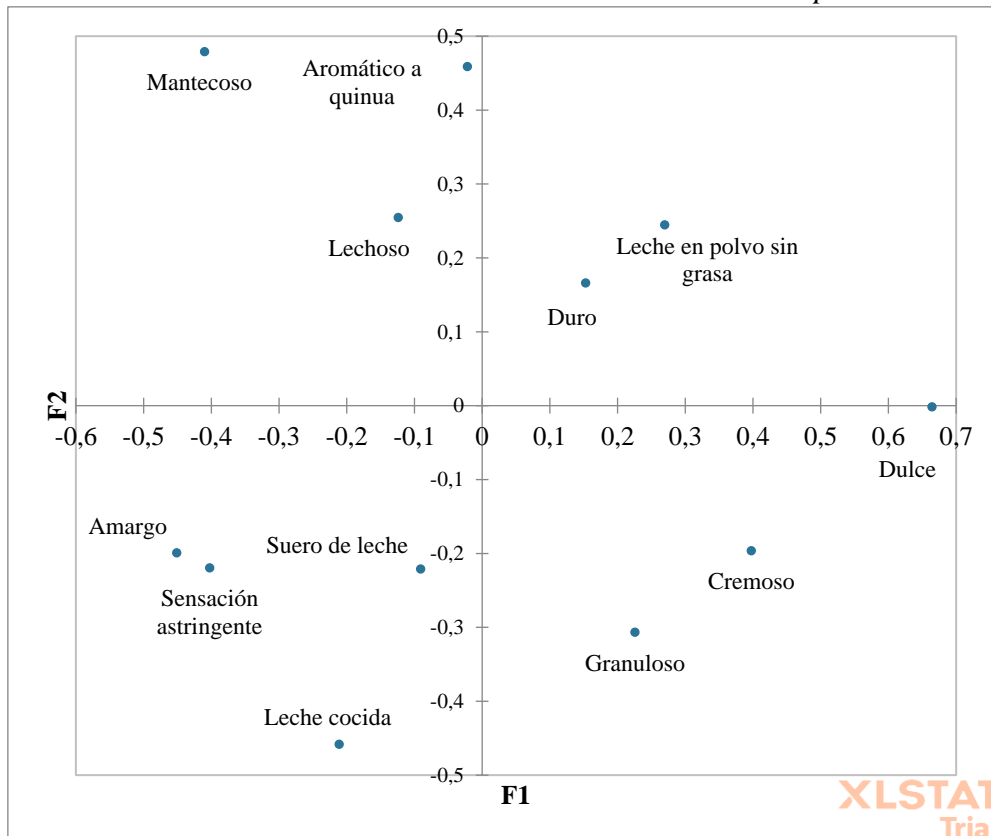


Figura 7

Relación entre atributos sensoriales usando análisis de correspondencia



CONCLUSIONES

Este estudio optimizó la formulación de helados funcionales mediante un diseño experimental Simplex Lattice, combinando leche entera, suero de leche y leche de quinua. La formulación óptima, compuesta por 25.65% de leche entera, 32.32 % de suero de leche y 24.00% de leche de quinua, mostró un equilibrio ideal entre propiedades físicas, nutricionales y sensoriales. El análisis sensorial mediante el método CATA permitió identificar atributos claves como aromático a quinua, leche cocida (aromático lácteo) y cremoso, que favorecieron su alta aceptabilidad. El helado presentó 152.17 kcal/100 g, un overrun de 29.3% y una tasa de derretimiento de 0.46 g por min, reflejando una calidad nutricional y estructural destacada. Estos resultados confirman su viabilidad técnica y su potencial como una alternativa innovadora y sostenible en la industria de alimentos funcionales, respondiendo a la creciente demanda de opciones saludables y diferenciados.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, a través de su Vicerrectorado de Investigación, por el invaluable apoyo otorgado con el financiamiento proveniente del Fondo Especial de Desarrollo Universitario (FEDU), lo cual ha sido fundamental para la realización de este estudio.

REFERENCIAS

- Agudelo, G. & Bedoya, O. (2005). *Composición nutricional de la leche de Ganado vacuno*. Revista Lasallista de Investigación, Antioquía, Colombia. ISSN 1794-4449.
- Akalin, A. S., & Erişir, D. (2008). *Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream*. Journal of Food Science, 73(4). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00728.x>
- Almaguer, C., Kollmannsberger, H., Gastl, M., & Becker, T. (2023). *Characterization of the aroma profile of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) and assessment of the impact of malting on the odor-active volatile composition*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 103(5), 2283–2294. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12418>
- AOAC. 1995. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical*.
- Arbuckle WS. (1996). *Ice Cream*. New York, USA: AVI, editor. 349 p.
- Ares, G., Dauber, C., Fernández, E., Giménez, A., & Varela, P. (2014). *Penalty analysis based on CATA questions to identify drivers of liking and directions for product reformulation*. Food Quality and Preference, 32, 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.05.014>
- Bower, J. A., & Baxter, I. A. (2003). *Sensory Properties and consumer perception of 'Home-Made' and commercial dairy ice cream*. In Journal of Sensory Studies. (18) 3. 217-234. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2003.tb00386.x>
- Campos-Rodríguez, J., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L. M. (2022). *Quinoa (Chenopodium quinoa): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf, and impact of heat treatment and germination*. In Scientia Agropecuaria (Vol. 13, Issue 3, pp. 209–220). Universidad Nacional de Trujillo. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>
- Caro, I., Soto, S., Franco, M. J., Meza-Nieto, M., Alfaro-Rodríguez, R. H., & Mateo, J. (2011). *Composition, yield, and functionality of reduced-fat Oaxaca cheese: Effects of using skim milk or a dry milk protein concentrate*. Journal of Dairy Science, 94(2), 580–588. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3102>
- Castillo, D. (2015). *Influencia del tiempo de maduración en las propiedades fisicoquímicas de mezcla para helado tipo crema* (Doctoral dissertation, Tesis de Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial Sede Santo Domingo).
- Chávez-Morales, B.; Ortiz-Gómez, K.; Ramírez-Tenorio, C.; Villanueva-De Anda, A. & Ramírez-Moreno, E. (2022). *¿Qué tan recomendables son los helados comerciales? Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. ISSN 2007-4573. Vol. 10, N°20, p143-147.
- Cheng, Z., O'Sullivan, M. G., Miao, S., Kerry, J. P., & Kilcawley, K. N. (2022). *Sensorial, cultural and volatile properties of milk, dairy powders, yoghurt and butter: A review*. In

- International Journal of Dairy Technology (Vol. 75, Issue 4, pp. 761–790). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12898>
- Dervisoglu, M. (2006). *Influence of hazelnut flour and skin addition on the physical, chemical and sensory properties of vanilla ice cream*. International Journal of Food Science and Technology, 41(6), 657–661. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01127.x>
- Dooley, L., Lee, Y. seung, & Meullenet, J. F. (2010). *The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping*. Food Quality and Preference, 21(4), 394–401. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.10.002>
- Dostalíková, L., Hlásná Čepková, P., Janovská, D., Jágr, M., Svoboda, P., Dvořáček, V., & Viehmannová, I. (2024). *The impact of germination and thermal treatments on bioactive compounds of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) seeds*. European Food Research and Technology, 250(5), 1457–1471. <https://doi.org/10.1007/s00217-024-04466-3>
- Dzhivoderova-Zarcheva, M., Nikovska, K., Ivanova, S., & Dimitrova, E. (2024). *Sensory profiling of dairy starch dessert creams enhanced with various types and concentrations of tahini*. International Journal of Gastronomy and Food Science, 36. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.100925>
- Eduardo, K., Bedoya-Perales, N., Escobedo-Pacheco, E., & Saldaña, E. (2024). *Sensory and consumer science as a valuable tool to the development of quinoa-based food products: More than three decades of scientific evidence*. Scientia Agropecuaria, 15(2), 251–267. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2024.019>
- Flores, J. (2011). *Desarrollo de una Tecnología adecuada para la elaboración de Leche de Quinoa (Chenopodium quinoa) con adición de prebióticos para consumo de escolares de la Parroquia Aloag del Canton Mejía*. Tesis de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato.
- FSSAI. (2016). *Manual of Methods of Analysis of Food, Milk and Milk Products*. Food safety and standards authority of India (Ministry of Health and Family Welfare) FDA Bhawan, Kotla Road, New Delhi-110002.
- Graf, B. L., Rojas-Silva, P., Rojo, L. E., Delatorre-Herrera, J., Baldeón, M. E., & Raskin, I. (2015). *Innovations in Health Value and Functional Food Development of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 14(4), 431–445. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12135>
- Guinard, J.-X., Zoumas-Morse, C., Mori, L., Uatoni, B., Panyam, D., & Kilara, A. (1996). *Sugar and Fat Effects on Sensory Properties of Ice Cream* (Vol. 62, Issue 5).
- Israr, ul H., Muhammad, K., Muhammad, S., Muhammad, Y. M., Iftikhar, A. khan, Majeed, A. M., Ghulam, M. L., Faisal, A. K., & Faiza, H. (2014). *Effect of heat treatments on sensory*

- characteristics and shelf-life of skimmed milk*. African Journal of Food Science, 8(2), 75–79. <https://doi.org/10.5897/ajfs2013.1099>
- Khalil, R.A.M. & Blassey, K.I. (2016). *Novel Functional Low Fat Ice Cream Flavors with Roasted Date Seed*. Egyptian Journal of Dairy Science, 44, 137-149.
- Kusio, K., Szafrńska, J. O., Radzki, W., & Sołowiej, B. G. (2020). *Effect of Whey Protein Concentrate on Physicochemical, Sensory and Antioxidative Properties of High-Protein Fat-Free Dairy Desserts*. Applied Sciences, 10(20), 7064. <https://doi.org/10.3390/app10207064>.
- López, B., Francy N., & Sepúlveda V., José U. (2012). *Evaluation of non fat solids substitutes (Nsl) In A Hard Dairy Ice Cream Mix With Vegetable Fat*. Vitae, 19(2), 197-206. Retrieved December 17, 2024.
- López, M. (2020). *Determinación de parámetros fisicoquímicos y la relación de ácidos grasos saturados e insaturados en helados artesanales de consumo masivo elaborados en la provincia de Tungurahua*. Tesis de ingeniería bioquímica, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 78 p.
- Madrid, A. & Cenzano, I. (2003). *Helados: Elaboración, análisis y control de calidad*. Madrid, España. ISBN: 84-89922-90-X. 321p.
- Markowska, J., Tyfa, A., Drabent, A., & Sępnia, A. (2023). *The Physicochemical Properties and Melting Behavior of Ice Cream Fortified with Multimineral Preparation from Red Algae*. Foods, 12(24). <https://doi.org/10.3390/foods12244481>
- M´Boumba A, Rodríguez T, Benítez E, Jorge MC, Morales Y, Nuñez de Villavicencio M. (2016). *Desarrollo de Helado Artesanal a Nivel de Obrador*. Ciencia y tecnología de alimentos. 26(2):6–13.
- Michue-Mango, J.; Encina-Zelada, C. & Ludeña-Urquiza, F. (2015). *Optimización del overrun (aireado), de la dureza, la viscosidad y los costos de un helado mediante el diseño de mezclas*. Ingeniería Industrial, 33(033), 229-250. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2015.n033.543>
- Norma Técnica Peruana 202.057. (2006). *Leche y productos lácteos*. Helados. Requisitos. Segunda Edición (revisada el 2018).
- Ramírez-Navas, J.; Rengifo, C. & Rubiano, A. (2015). *Parámetros de calidad en Helados*. Reciteia, Cali, Colombia. ISSN 2027-6850. Vol.15, N°1, p80-95.
- Rodríguez-Ordóñez, J. E., Mejía-Giraldo, L. F., & Serna-Cock, L. (2019). *Sensory and calorie evaluation of an ice cream mix, where inulin is incorporated as a partial substitute for fat*. Revista U.D.C.A Actualidad and Divulgacion Científica, 22(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1294>
- Roland, A., L. Phillips, & K. Boor. (1999). *Effects of fat replacers on the sensory properties, color melting, and hardness of ice cream*. J. Dairy Sci. 82:2094-2100.

- Steffolani, M. E., Bustos, M. C., Ferreyra, M. E. Y., & León, A. E. (2017). *Evaluación de la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de barras de cereal con quinoa*. In AGRISCIENTIA. Vol. 34. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v34.n2.19039>
- Sun W, Chen Y, Yao M, Zhan J, Chen H, Zhao G, Fan Y, et al. (2024). *Genome-wide characterization of trihelix genes reveals Cqtrihelix23 enhances the salt tolerance in quinoa (Chenopodium quinoa)*. *Physiol Plant*.176:e14170. <https://doi.org/10.1111/ppl.14170>
- Villanueva, L. (2019). *Optimización de helado deslactosado reducido en grasa y azúcar*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 42 p.
- Wu, G., Ross, C. F., Morris, C. F., & Murphy, K. M. (2017). *Lexicon Development, Consumer Acceptance, and Drivers of Liking of Quinoa Varieties*. *Journal of Food Science*, 82(4), 993–1005. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13677>
- Xie, A., Dong, Y., Liu, Z., Li, Z., Shao, J., Li, M. & Yue, X. (2023). *A Review of Plant-Based Drinks Addressing Nutrients, Flavor, and Processing Technologies*. *Foods*. 12(21):3952. <https://doi.org/10.3390/foods12213952>
- Xiong, R., & Meullenet, J. F. (2006). *A PLS dummy variable approach to assess the impact of jar attributes on liking*. *Food Quality and Preference*, 17(3–4), 188–198. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.03.006>