

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“EFECTO DE SUSTITUIR LECHE EN POLVO POR HARINA DE
QUINUA EN EL OVERRUN, VISCOSIDAD Y DUREZA DEL HELADO
DE CREMA”**

**TESIS PARA OPTAR TITULO DE INGENIERA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

PAULA SÁNCHEZ BURGOS












LIMA – PERÚ

2023

Document Information

Analyzed document	Borrador de Tesis - Paula Sánchez.pdf (D170185481)
Submitted	2023-06-09 17:30:00
Submitted by	Silvia Melissa Garcia Torres
Submitter email	mgarcia@lamolina.edu.pe
Similarity	10%
Analysis address	mgarcia.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	EF__ AvilaZavaletaAdyBregette_PeredaCalderon_WendyGeraldine.docx Document EF__ AvilaZavaletaAdyBregette_PeredaCalderon_WendyGeraldine.docx (D141593363)		9
SA	proyecto de grado JUAN PABLO SANJINES TERAN (1).docx Document proyecto de grado JUAN PABLO SANJINES TERAN (1).docx (D126074450)		7
SA	23 SEPT TESIS NELSON MENDOZA MAPROCAL N. 4 CORRECCION.docx Document 23 SEPT TESIS NELSON MENDOZA MAPROCAL N. 4 CORRECCION.docx (D15551765)		4
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / DOCUMENTO DE TESIS - JEAN RAMIREZ.docx Document DOCUMENTO DE TESIS - JEAN RAMIREZ.docx (D169913426) Submitted by: lcondezo@lamolina.edu.pe Receiver: lcondezo.unalm@analysis.arkund.com		5
SA	Evaluación de la matriz de alginato de sodio y maltodextrina para la encapsulación de Lactobacillus casei.docx Document Evaluación de la matriz de alginato de sodio y maltodextrina para la encapsulación de Lactobacillus casei.docx (D143732679)		3
SA	2c55e31e49dc05b00f7f140e9eaf917688d8fa90.html Document 2c55e31e49dc05b00f7f140e9eaf917688d8fa90.html (D134632081)		2
W	URL: https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1058/1/AGI-2005-T001.pdf Fetched: 2023-06-09 17:30:00		1
SA	Propuesta de encapsulamiento del probiótico Bifidobacterium spp-1.docx Document Propuesta de encapsulamiento del probiótico Bifidobacterium spp-1.docx (D124469218)		1
SA	Mullisaca_SECCION PROPUESTA OPTIMIZACION DE HELADOS.pdf Document Mullisaca_SECCION PROPUESTA OPTIMIZACION DE HELADOS.pdf (D31517531)		1
W	URL: http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/251 Fetched: 2023-06-09 17:31:00		1
W	URL: https://mathsolver.microsoft.com/en/popular-problems Fetched: 2021-10-30 10:13:05		3

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

“EFECTO DE SUSTITUIR LECHE EN POLVO POR HARINA DE QUINUA EN EL OVERRUN, VISCOSIDAD Y DUREZA DEL HELADO DE CREMA”

Presentado por:

PAULA SÁNCHEZ BURGOS

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Dra. Indira M. Betalleluz Pallardel

PRESIDENTE

Dra. Bettit K. Salvá Ruiz

MIEMBRO

Dr. Edwin O. Baldeón Chamorro

MIEMBRO

Fanny E. Ludeña Urquizo, PhD.

ASESORA

Mg. Sc. Silvia M. García Torres

CO-ASESORA

Lima – Perú

2023

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, Ceferino y Ruth, y hermanas, Ariadna y Nila, por ayudarme y apoyarme en cada meta, sueño y objetivo planteado, por ser mi fuerza y alentarme a seguir adelante en todo momento. Porque, en cada desafío presentado, me han motivado y en cada decisión que he tomado, han confiado en mí.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por cuidarme y guiar cada uno de mis pasos.

A la UNALM, por haber permitido formarme profesionalmente y convertirme en molinera, a todos y cada uno de sus miembros, que de alguna manera inculcaron en mí grandes enseñanzas.

A todos los docentes de la Facultad de Industrias Alimentarias por haber compartido sus conocimientos a lo largo de todos estos años universitarios, y de manera especial, a las profesoras Fanny Ludeña y Melissa García, asesoras de este proyecto de investigación, quienes me han ayudado con paciencia y empeño en el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. HELADOS.....	3
2.1.1. CLASIFICACIÓN.....	3
2.1.2. COMPOSICIÓN.....	4
2.1.3. HELADOS VEGANOS.....	5
2.1.4. USO DE GRANOS EN ELABORACIÓN DE HELADOS.....	6
2.1.5. VIDA ÚTIL DEL HELADO.....	7
2.1.6. DEFECTOS EN LOS HELADOS.....	7
2.2. QUINUA.....	9
2.2.1. VALOR NUTRICIONAL Y FUNCIONAL.....	9
2.2.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS.....	10
2.2.3. VARIEDAD PASANKALLA.....	11
2.2.4. VARIEDAD ROSADA DE HUANCAYO.....	12
2.2.5. ALTERNATIVAS DE PROCESAMIENTO.....	12
2.2.6. USO DE LA QUINUA EN HELADOS.....	12
2.3. MICROORGANISMOS PROBIÓTICOS.....	13
2.3.1. <i>LACTOBACILLUS CASEI</i>	15
2.4. ENCAPSULAMIENTO DE PROBIÓTICOS.....	15
2.4.1. ENCAPSULAMIENTO DE <i>LACTOBACILLUS</i>	16
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	18
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	18
3.2.1. MATERIA PRIMA E INSUMOS.....	18
3.2.2. REACTIVOS.....	19
3.2.3. MATERIALES DE LABORATORIO.....	19

3.2.4. EQUIPOS E INSTRUMENTOS.....	19
3.3. MÉTODOS.....	20
3.3.1. ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS HARINAS DE QUINUA.....	20
3.3.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL HELADO.....	20
3.3.3. VIABILIDAD DEL MICROORGANISMO PROBIÓTICO.....	21
3.3.4. ANÁLISIS SENSORIAL DEL HELADO.....	21
3.4. METODOLOGÍA.....	22
3.4.1. PREPARACIÓN DEL MICROORGANISMO Y ENCAPSULAMIENTO.....	22
3.4.2. FORMULACIÓN DE LAS BASES DEL HELADO.....	23
3.4.3. ELABORACIÓN DEL HELADO.....	23
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	25
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LA HARINA DE QUINUA.....	28
4.2. FORMULACIÓN DE LAS BASES PARA CADA TRATAMIENTO.....	30
4.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS HELADOS.....	33
4.3.1. PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS.....	33
4.3.2. VIABILIDAD DE LOS MICROORGANISMOS PROBIÓTICOS.....	47
4.3.3. EVALUACIÓN SENSORIAL.....	51
V. CONCLUSIONES.....	56
VI. RECOMENDACIONES.....	57
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	58
VIII. ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valor Nutricional de Quinoa Variedad Pasankalla.....	11
Tabla 2: Formulación de los tratamientos (en porcentaje)	23
Tabla 3: Diseño experimental.....	27
Tabla 4. Análisis proximal de las harinas de quinua (g/100 g peso seco).....	28
Tabla 5. Composición proximal de las bases de cada tratamiento (en 100 g de base)....	30
Tabla 6. Resultados de overrun expresados en porcentaje.....	34
Tabla 7. Resultados de viscosidad expresados en cp.....	38
Tabla 8. Resultados de dureza expresados en N.....	43
Tabla 9. Resultados de velocidad de fusión expresados en ml/min.....	45
Tabla 10. Resultados de recuento de bacterias ácido lácticas expresados en UFC/ml...	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Flujo de operaciones para la elaboración de helado.....	24
Figura 2: Medición de overrun de los tratamientos en un periodo de 28 días	35
Figura 3: Medición de viscosidad de los tratamientos en un periodo de 28 días	39
Figura 4: Medición de dureza de los tratamientos en un periodo de 28 días.....	44
Figura 5: Medición de velocidad de fusión de los tratamientos en un periodo de 28 días.....	46
Figura 6: Medición de viabilidad del microorganismo en un periodo de 28 días.....	49
Figura 7: Resultados de los atributos sensoriales evaluados mediante una escala hedónica..	52

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: FORMATO DE EVALUACIÓN SENSORIAL.....	70
ANEXO 2: RESULTADOS DEL ANÁLISIS PROXIMAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS HARINAS DE QUINUA.....	71
ANEXO 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA LECHE EN POLVO DESCREMADA.....	73
ANEXO 4: RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE OVERRUN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS HELADOS.....	75
ANEXO 5: RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE VISCOSIDAD Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS HELADOS.....	77
ANEXO 6: RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE DUREZA Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS HELADOS.....	79
ANEXO 7: RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE VELOCIDAD DE FUSIÓN Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS HELADOS.....	81
ANEXO 8: RESULTADOS DEL RECuento DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS HELADOS.....	84
ANEXO 9: VALORES DE LA ACEPTABILIDAD GENERAL DEL HELADO DE CREMA DE SABOR VAINILLA.....	86
ANEXO 10: FOTOGRAFÍAS DE ELABORACIÓN DEL HELADO Y DESARROLLO DE PRUEBAS.....	90

RESUMEN

Se evaluó el efecto de sustituir de leche en polvo descremada por harinas de quinua de variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK) en tres concentraciones (25, 50 y 100 por ciento) sobre la viabilidad del *Lactobacillus casei* encapsulado, overrun, viscosidad, velocidad de fusión, dureza y aceptabilidad sensorial, de un helado de crema sabor vainilla. Los tratamientos T1, T2 y T3 correspondieron a RH, mientras que T4, T5 y T6 a PK, en las sustituciones de 25, 50 y 100 por ciento, respectivamente. El control (C) no tuvo ninguna sustitución. Todos los análisis se hicieron por triplicado y se aplicó ANOVA para el análisis estadístico. Respecto al overrun, el control presentó valores alrededor de 22 por ciento durante el almacenamiento, mientras que los tratamientos T1 y T4 presentaron los valores más altos (23,04 y 33,68 por ciento, en el día 0, respectivamente). En la viscosidad aparente, el C presentó uno de los valores más bajos (546.67 cp, en el día 14), mientras que, con 100 por ciento de sustitución se presentaron los valores más altos (RH: 6931,33 cp, en el día 14 y PK: 5162,33 cp, en el día 28). Sobre la dureza, todos los tratamientos y el control alcanzaron valores alrededor de 156906 N durante todo el almacenamiento ($p > 0.05$). En la velocidad de fusión, el C presentó uno de los valores más altos (15,29 ml/min), siendo superado solo por el tratamiento T4 (16,81 ml/min). Los tratamientos T3 y T6 obtuvieron valores de velocidad de fusión de 0 ml/min durante todo el almacenamiento. Los mayores recuentos del microorganismo probiótico fueron de 2×10^{10} UFC/ml y 2.5×10^9 UFC/ml (T3 y T6, respectivamente, en el día 21). El tratamiento T4 logró el mayor puntaje (6.8 ± 1.52) en la aceptabilidad general.

Palabras clave: Helado, quinua, Rosada de Huancayo, Pasankalla, microorganismo probiótico, *Lactobacillus casei*.

ABSTRACT

The effect of replacing skimmed milk powder with quinoa flours from Rosada de Huancayo (RH) and Pasankalla (PK) varieties in three concentrations (25, 50 and 100 percent) on the viability of encapsulated *Lactobacillus casei*, overrun, viscosity, melting speed, hardness and sensory acceptability of a vanilla flavored ice cream. Treatments T1, T2 and T3 corresponded to RH, while T4, T5 and T6 to PK, in substitutions of 25, 50 and 100 percent, respectively. Control (C) did not have any substitution. All analyzes were done in triplicate and ANOVA was applied for statistical analysis. Regarding overrun, the control presented values around 22 percent during storage, while treatments T1 and T4 presented the highest values (23.04 and 33.68 percent, on day 0, respectively). In the apparent viscosity, C presented one of the lowest values (546.67 cp, on day 14), while, with 100 percent substitution, the highest values were presented (RH: 6931.33 cp, on day 14 and PK: 5162.33 cp, on the 28th). Regarding hardness, all treatments and the control reached values around 156906 N throughout storage ($p > 0.05$). In the fusion rate, C presented one of the highest values (15.29 ml/min), being surpassed only by treatment T4 (16.81 ml/min). Treatments T3 and T6 obtained melting rate values of 0 ml/min throughout storage. The highest counts of the probiotic microorganism were 2×10^{10} CFU/ml and 2.5×10^9 CFU/ml (T3 and T6, respectively, on day 21). Treatment T4 achieved the highest score (6.8 ± 1.52) in general acceptability.

Keywords: Ice cream, quinoa, Rosada de Huancayo, Pasankalla, probiotic microorganism, *Lactobacillus casei*.

I. INTRODUCCIÓN

El helado es un producto congelado a base de lácteos, cuyo consumo en el Perú ha ido creciendo en los últimos años, esto se puede ver reflejado en el crecimiento del mercado nacional el cual en el 2022 generó S/669,2 millones, con un crecimiento del 15 por ciento, en comparación con el año 2020, y se estima que en el 2024 el mercado bordearía los S/740 millones (Euromonitor, 2018). Así mismo, en el 2020, el consumo per cápita se estimaba en 1.8 litros al año, mientras que, en el 2022, este fue de 2 litros al año. Por otro lado, en términos de valorización, hace 10 años el mercado peruano de helados movía alrededor de \$ 39.7 millones y en el 2017 este monto llegó al alrededor de \$83.7 millones (Euromonitor, 2018). Todo lo mencionado refleja un incremento sostenido del consumo de este producto, obligando a las empresas de helado a diversificar y ofrecer nuevos productos a fin de tener distintas alternativas que busquen satisfacer las expectativas del consumidor.

La quinua es un alimento vegetal que presenta proteínas de alto valor biológico y aminoácidos esenciales biodisponibles, lípidos insaturados, fibra dietética, carbohidratos complejos y otros compuestos bioactivos beneficiosos como los compuestos polifenólicos (Wu, 2015). Respecto al contenido de minerales, la quinua contiene grandes cantidades de estos, presentando un contenido de cenizas (3,4 %) superior al del arroz (0,5 %), el trigo (1,8 %) y la mayoría de los demás granos (Repo- Carrasco *et al.*, 2003). En cuanto al contenido de ácidos grasos, los de tipo insaturado son los ácidos grasos predominantes en la quinua (71-84,5% de los lípidos totales) (Martínez- Villaluenga *et al.*, 2020). Así mismo, la quinua se caracteriza por presentar altos niveles de vitamina B6 y folato, cuyas cantidades pueden cubrir los requerimientos de niños y adultos (USDA, 2005). Por todo lo mencionado, la quinua debería ser incorporada a un mayor número de productos alimenticios.

Es importante considerar que hoy en día existe un nuevo mercado que se caracteriza por una mayor inclinación hacia productos sostenibles y de origen vegetal que presenten una composición nutricional similar o mejor a los productos que ya se ofrecen en el mercado.

En este contexto, la quinua podría reemplazar a la leche en polvo descremada en los helados de crema y, si bien se podría afectar el contenido proteico de este producto, debido a que la quinua presenta una concentración menor de este nutriente respecto a la leche en polvo, no ocurriría lo mismo en cuanto al contenido de carbohidratos, grasas y fibra, pues la quinua, presenta contenidos mayores de estos, además de aportar una cantidad mayor de hierro (7.5 mg/100g) a comparación de la leche en polvo (1.20 mg/100g) (MINSa, 2017).

Además de las bondades que la quinua podría aportar en el helado, la incorporación de probióticos, mejoraría sus características funcionales. Los probióticos son microorganismos vivos que al ser ingeridos en cantidades suficientes ejercen un efecto positivo en la salud más allá de los efectos nutricionales que un alimento puede aportar, tales como la mejora en la absorción de nutrientes, la disminución de la intolerancia a la lactosa, el refuerzo del sistema inmunológico, además de la mejora del proceso digestivo (Da Silva *et al.*, 2015).

Así pues, el presente trabajo de investigación está basado en la elaboración de un helado de crema, sabor vainilla, con sustitución de leche en polvo descremada por harina de quinua, en el que se busca evaluar si es posible mantener características aceptables de overrun, viscosidad, dureza y velocidad de fusión y la supervivencia del *Lactobacillus casei* encapsulado durante un periodo de 28 días.

El objetivo general del presente trabajo fue evaluar el efecto de la sustitución de leche en polvo por harina de quinua de variedades Pasankalla y Rosada de Huancayo sobre el overrun, viscosidad, dureza, velocidad de fusión y viabilidad del microorganismo probiótico *Lactobacillus casei* en el helado de crema. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Evaluar las características fisicoquímicas (overrun, dureza, viscosidad y velocidad de fusión) de un helado de crema con sustitución de leche en polvo descremada por harinas de quinua de dos variedades, durante un periodo de 28 días de almacenamiento en congelación.
- Evaluar la viabilidad del probiótico *Lactobacillus casei*, encapsulado, incorporado al helado de crema con sustitución de leche en polvo descremada por harinas de quinua de dos variedades, durante un periodo de 28 días de almacenamiento en congelación.
- Determinar la aceptabilidad sensorial de un helado de crema con sustitución de leche en polvo descremada por harinas de quinua de dos variedades, al finalizar el periodo de 28 días de almacenamiento en congelación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. HELADOS

De acuerdo con la NTP (202.057) (INACAL, 2018), un helado es aquel producto alimenticio edulcorado, obtenido a partir de una emulsión de grasa y proteínas con la adición de otros ingredientes en base a una mezcla de agua y componentes adicionales que se someten a congelación, con o sin incorporación de aire y que se almacenan, distribuyen y expenden en estado de congelación, o parcialmente congelados.

Por otro lado, la Norma Técnica Peruana (NTP 202.057) (INACAL, 2018), define a los helados como productos obtenidos por mezclado congelado de mezclas líquidas constituidas, fundamentalmente, por leche, derivados lácteos, agua y otros ingredientes, con el agregado de los aditivos autorizados.

2.1.1. CLASIFICACIÓN

a. HELADOS DE CREMA

Aquellos que tienen un alto contenido de grasa comestible y un contenido mínimo de sólidos lácteos no grasos de 6 por ciento (Norma Técnica Peruana (NTP 202.057), INACAL, 2018).

b. HELADOS DE LECHE

Aquellos en que predomina el contenido de sólidos lácteos sin considerar los azúcares (Norma Técnica Peruana (NTP 202.057), INACAL, 2018).

c. SORBETES

Aquellos que tienen en su composición sólidos lácteos y cuyo contenido de grasa vegetal o grasa de leche, sólidos no grasos y sólidos totales es inferior al del helado de leche (Norma Técnica Peruana (NTP 202.057), INACAL, 2018).

d. HELADOS DE AGUA

Elaborados con agua potable, azúcar, esencias o jugos de frutas y en algunos casos, glucosa y espesantes (Norma Técnica Peruana (NTP 202.057), INACAL, 2018).

2.1.2. COMPOSICIÓN

Acevedo (2012) menciona que los componentes básicos de un helado son grasa, sólidos no grasos lácteos, azúcar, estabilizantes y emulsificantes. Ludeña y García (2018) explican que, de acuerdo al tipo de helado, este contará con ingredientes adicionales.

a. GRASA

La grasa es el constituyente más importante por el costo. Se encarga de impartir sabor y suavidad al helado, dar mayor cuerpo y textura, así como de incrementar la viscosidad y overrun durante el batido (Ludeña y García, 2018). Acevedo (2012) dice que las principales fuentes de grasa son la crema de leche, la mantequilla, el aceite de mantequilla, las grasas vegetales, la leche en polvo con alto contenido en grasa, entre otros.

b. AZÚCAR

El azúcar proporciona la dulzura al helado y baja el punto de congelación de la mezcla, de manera que se hace fácil alcanzar bajas temperaturas (Ludeña y García, 2018). Las principales fuentes de azúcar son sacarosa, glucosa, fructosa, dextrosa, etc. (Acevedo, 2012).

c. SÓLIDOS NO GRASOS LÁCTEOS

Los sólidos no grasos de leche están compuestos por las proteínas de la leche y son los responsables de estabilizar la estructura del helado porque ligan agua y actúan como emulsionantes. Sin embargo, el exceso de estos produce arenosidad en el helado (Ludeña y García, 2018). La leche en sus diferentes presentaciones y el suero de leche constituyen las principales fuentes de sólidos no grasos (Acevedo, 2012).

d. ESTABILIZANTES

Los estabilizantes previenen la formación de cristales grandes, ayudan a la consistencia del helado al darle resistencia a la descongelación, preservan la textura y cuerpo y disminuyen la sinéresis (Ludeña y García, 2018).

Por otro lado, los estabilizantes también retardan el crecimiento de los cristales de hielo y lactosa mejorando con ello la estabilidad de los helados durante el almacenamiento (Del Castillo y Mestres, 2004).

Si se añade poco estabilizante se puede producir sinéresis, cuando la temperatura ambiente es elevada y en estado congelado, el helado se desmenuza y las burbujas de aire pueden no quedar repartidas homogéneamente con el riesgo añadido de que la grasa se separe en el congelador (Del Castillo y Mestres, 2004). Cabe mencionar que, las fuentes de estabilizantes más conocidas son gelatina, alginato de sodio, goma de algarrobo, CMC y carragenina (Acevedo, 2012).

e. EMULSIFICANTES

Los emulsificantes se encargan de aumentar la cremosidad, evitar la separación de la grasa y distribuir uniformemente el aire en la mezcla (Ludeña y García, 2018). De acuerdo con Acevedo (2012) los emulsificantes se encargan de mantener la dispersión uniforme de dos o más fases no miscibles y para conseguir su finalidad, se concentran en la interfase (grasa y agua) reduciendo la tensión superficial y consiguiendo una emulsión estable.

Los emulsificantes más importantes son mono-diglicéridos (E471), ésteres lácticos de mono-diglicéridos (E472b), esterés de propilenglicol (E477) y mezclas de estos (Acevedo, 2012).

f. AIRE

El aire debe ser totalmente libre de microorganismos, mientras que el aire comprimido debe permanecer libre de aceite y agua, y filtrado en filtro estéril (Del Castillo y Mestres, 2004). Mientras más alto sea el contenido en sólidos del helado, más cantidad de aire se añade, aunque los helados que contienen fruta y frutos secos requieren menos aire (Del Castillo y Mestres, 2004).

2.1.3. HELADOS VEGANOS

Caisabanda (2020) define a los helados veganos como aquellos elaborados a partir de bebidas vegetales, principalmente las elaboradas a partir de avena, almendra, arroz, avellana, quinua y soya, sin adición alguna de cualquiera derivado lácteo.

Los helados veganos son considerados alimentos valiosos gracias a su bajo contenido en grasa, en comparación con la leche de vaca. Además, tienen un contenido calórico bajo, son fáciles de digerir y por el hecho de contener lactosa, pueden ser consumidos por personas intolerantes a dicho azúcar (Caisabanda, 2020).

Caisabanda (2020) explica que, al estar elaborados a partir de leches vegetales, los helados veganos presentan una dificultad en la absorción de calcio. Sin embargo, su contenido de fibra es mucho mayor.

2.1.4. USO DE GRANOS EN ELABORACIÓN DE HELADOS

Vega (2000) elaboró helados utilizando como materia prima el grano de soya y como saborizante el fruto de guanábana. Ella concluyó que el nivel máximo de leche de soya en el helado sabor guanábana era de 60 por ciento y que el porcentaje de grasa óptimo era de un 7 por ciento.

Por otro lado, Andrade (2012) realizó un estudio de harina de quinua y suero de leche en polvo como sustitutos de los sólidos no grasos en helados de leche. Encontró que el helado en el cual se utilizó el 25 por ciento de harina de quinua la respuesta fue la más alta respecto al contenido de proteína (una media de 5,65 por ciento) y al tenor graso (una medida de 9,61 por ciento).

Además, Andrade (2012) tras realizar la evaluación sensorial, concluyó que la sustitución de los sólidos no grasos del helado por 25 por ciento de suero de leche en polvo registró las mejores las características organolépticas de color, aroma, sabor y textura.

Mendoza y García (2018) analizaron sensorialmente un helado elaborado a partir de leche de arroz, siendo que la muestra con un porcentaje de 9 por ciento de arroz se estableció como la mejor con mejores características organolépticas.

Así mismo, Gutiérrez (2019) estudió el efecto de la adición de harina de cañihua y fibra cítrica en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en helado tipo crema de vainilla. Demostrando que la adición de harina de cañihua al 4 por ciento y fibra cítrica

en polvo al 1 por ciento fue seleccionado como el mejor porque permitió obtener mayor overrun (59.72 por ciento) y viscosidad (219.83 mPa.s) y la mayor aceptabilidad general en el helado tipo crema de vainilla.

2.1.5. VIDA ÚTIL DEL HELADO

Según Ludeña y García (2018), la vida útil del helado depende ampliamente de las condiciones de almacenamiento del mismo. Lo importante es evitar fluctuaciones de temperatura durante su almacenamiento y distribución, además de lograr un buen proceso.

Los cristales de hielo son relativamente inestables y pueden sufrir cambios de tamaño, número y forma en un proceso conocido como recristalización. Si la temperatura aumenta durante el almacenamiento, algunos de los cristales, particularmente los más pequeños, se fundirán y de esta manera aumentará la cantidad de agua no congelada (Alzamora, 2018).

Por lo contrario, cuando la temperatura disminuya, el agua no congelada volverá a cristalizar, pero no volverá a formar núcleos, sino que se depositará en la superficie de los cristales más grandes, disminuyendo así el número total de cristales y aumentando el tamaño promedio de los mismos. La temperatura practicable estaría aproximadamente entre los -25 a -30 °C (Alzamora, 2018).

De acuerdo con Ludeña y García (2018), un helado elaborado bajo condiciones de higiene óptimas, siguiendo adecuadamente los parámetros en los procesos de producción, transporte y comercialización, y bajo buenas condiciones de almacenamiento, presenta un tiempo de vida aproximado de entre 3 a 6 meses.

2.1.6. DEFECTOS EN HELADOS

a. DEFECTOS DE TEXTURA

a.1. Textura áspera

Este defecto es producido por la presencia de cristales de hielo debido a un congelamiento lento, congelamiento insuficiente, a que la temperatura del helado durante la cadena de frío

es fluctuante ocasionando shock térmico, o a una mezcla del helado con bajo contenido de sólidos totales y exceso de agua (Alzamora, 2018).

a.2. Textura mantequillosa

Se presenta cuando la mezcla ha sido congelada lentamente, o también al haber sido mal homogenizada, o al tener una cantidad insuficiente de emulsificante (Alzamora, 2018).

a.3. Textura escamosa

Ocurre porque la cantidad de aire que se ha incorporado a la mezcla es demasiado elevada por lo que se producen grandes células de aire; además de un bajo contenido de sólidos (Alzamora, 2018).

b. DEFECTOS DE CUERPO

b.1. Helado esponjoso

Debido a un exceso de overrun y a un bajo contenido de sólidos totales, un helado esponjoso tiene una apariencia aguada y de fácil derretimiento (Alzamora, 2018).

b.2. Helado gomoso

El helado no se derrite con facilidad y es pegajoso, debido al exceso de estabilizante que genera una estructura de gel muy consistente (Alzamora, 2018).

b.3. Helado arenoso

Al ser los cristales son muy grandes y numerosos, ocurre este defecto. Para evitarlo debe controlarse una relación entre lactosa y agua, en la mezcla, no superior al 0.104. La lactosa alcanza un poco más del 50 por ciento de los sólidos en la leche descremada, presenta mala solubilidad y por ello ocurre la tendencia a formar cristales al ser la concentración es alta (Fraser, 1996).

c. DEFECTO POR ENCOGIMIENTO

De acuerdo con Alzamora (2018), este es un defecto que puede ocurrir en un helado almacenado a temperatura correcta que se caracteriza porque el producto pierde volumen y

forma. El exceso de aire puede favorecer el encogimiento en el helado y su velocidad aumenta con el overrun, es decir, a mayor overrun mayor probabilidad de encogimiento (Alzamora, 2018).

Cualquier factor que resulte en desestabilización de la proteína puede causar encogimiento, como el exceso de sólidos no grasos de leche que provoque una contracción de las membranas de las células de aire o la acción proteolítica ocasionada por bacterias o enzimas (Alzamora, 2018).

2.2. QUINUA

La semilla de quinua es el fruto maduro, de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esférica. Su tamaño varía entre 1.5 – 2.6 mm de diámetro que depende de la variedad y color, ya sea blanco, morado, plomo, rojo (Peralta, 1985).

En Perú el rendimiento varía de 492 – 2000 Kg/Ha, siendo Puno el departamento con mayor producción (70 por ciento del total nacional), después se encuentran Junín, Cuzco y Ayacucho (Pascual, 2018). Por otro lado, el mayor rendimiento de producción se logra en Arequipa y el menor, en Huancavelica (Pascual, 2018).

Morales *et al.* (2006) explica que la quinua está considerada como el alimento más completo para la nutrición humana basada en proteínas de la mejor calidad en el reino vegetal por el balance ideal de sus aminoácidos esenciales, ácidos grasos como omega 3, 6 y 9 en forma equilibrada, vitaminas y minerales como el calcio y el hierro.

Es importante resaltar que el grano de quinua no contiene gluten lo que facilita su utilización en la preparación de alimentos dietéticos apropiados para personas celiacas, con problemas de sobrepeso o enfermos convalecientes (Villacrés *et al.*, 2011).

2.2.1. VALOR NUTRICIONAL Y FUNCIONAL

La quinua es un alimento de excepcional valor nutritivo, principalmente por su alto contenido de proteína (14 – 18 por ciento). El valor proteico de un alimento con base en dos factores: el balance de los aminoácidos y el contenido de los aminoácidos esenciales. La

quinua sobresale en estos dos factores, pues contiene 16 de los 24 aminoácidos existentes (Tapia *et al.*, 1979).

El perfil de aminoácidos de la quinua se aproxima al patrón dado por la FAO para los requerimientos nutricionales en humanos (Villacrés *et al.*, 2011). El mismo autor explica que a las proteínas se le suman almidón, grasa, minerales y vitaminas, en diferente proporción, lo que ha hecho que la quinua sea llamada por los indígenas como “grano madre”, por ser comparable con la leche materna en cuanto a su valor nutricional.

La fracción de carbohidratos está constituida principalmente por almidón (50 a 60 por ciento), en forma de gránulos cuyos componentes son la amilosa (20 por ciento) y la amilopectina (80 por ciento). Por su parte, los azúcares libres alcanzan un promedio de 6.2 por ciento, la fibra bruta alrededor del 5 por ciento y la fibra soluble 2.49 por ciento (Villacrés *et al.*, 2011).

El contenido de lípidos en el grano de quinua puede llegar hasta un 10 por ciento y la mayor parte se halla en el embrión. La composición del aceite de la quinua es similar al aceite de soya, con predominio del ácido linoléico y linolénico, que constituyen entre el 55 al 63 por ciento de la grasa de la quinua. Además, el aceite tiene antioxidantes naturales como tocoferoles que protegen a los ácidos grasos contra la oxidación (Villacrés *et al.*, 2011).

Adicionalmente, Repo-Carrasco *et al.* (2003) explican que el aceite de quinua es rico en ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoléico y linolénico, que tienen potencial para ayudar en enfermedades degenerativas como enfermedades cardiovasculares, cáncer, enfermedades inflamatorias y autoinmunes.

Por otro lado, los granos de quinua tienen altas concentraciones de polifenoles y antioxidantes como α -y γ -tocoferol, ambos son compuestos que se desempeñan como anticancerígenos y antiinflamatorios (Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

2.2.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS

Son compuestos funcionales (fibra, carotenoides, compuestos fenólicos, pigmentos, etc.) que

ayudan en el funcionamiento del organismo, pudiendo prevenir enfermedades (cardiovasculares y cancerígenas) y tienen propiedades antioxidantes (Bartolo, 2014).

a. FIBRA

Actualmente se presta más atención no sólo al contenido de fibra cruda, sino también a las fibras solubles o dietéticas totales, por sus efectos benéficos para la digestión, en especial por su capacidad de absorción de agua, captación de cationes, absorción de compuestos orgánicos y formación de geles (Norma Técnica Peruana (NTP) 205.062., INDECOPI, 2014).

b. COMPUESTOS FENÓLICOS

Los compuestos fenólicos consisten en uno o más anillos aromáticos con uno o más grupos hidroxilos en su estructura química. Asimismo, están categorizados en ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, cumarina y taninos (Repo-Carrasco, 2009).

2.2.3. VARIEDAD PASANKALLA

La quinua de esta variedad se desarrolló por el Instituto Nacional de Innovación Agraria–INIA en localidad de Caritamaya, distrito de Ácora, provincia de Puno (INIA, 2006).

Es una variedad óptima para la agroindustria, con alta productividad, siendo su rendimiento potencial 4.5 tn/ha y tiene buena calidad de grano (Rosas, 2015). Esta variedad presenta un contenido de proteína en el grano de 17.41 por ciento y un total de saponinas de 0.044 por ciento, caracterizándose por ser de sabor dulce y de un color plomo claro (INIA, 2006). En la Tabla 1 se presenta el valor nutricional de la quinua de variedad Pasankalla.

Tabla 1. Valor nutricional de quinua variedad Pasankalla

Compuesto	Porcentaje (%)
Humedad	9.62
Proteínas	17.83
Fibra	3.00
Ceniza	2.83
Grasa	6.29
Energía (Kcal/100g)	364.68

FUENTE: INIA (2006)

2.2.4. VARIEDAD ROSADA DE HUANCAYO

Esta variedad fue obtenida por el programa de cultivos andinos de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP) en base al mejoramiento de la variedad Rosada de Junín (Colachagua, 2015).

Esta variedad de quinua se caracteriza por tener un color crema opaco y ser de forma cilíndrica, siendo su rendimiento 2.80t/ha y su contenido de saponinas igual a 3 por ciento (INIA, 2006).

2.2.5. ALTERNATIVAS DE PROCESAMIENTO

La transformación del grano permite un mejor aprovechamiento de sus cualidades nutritivas, mejora la disponibilidad de nutrientes, la facilidad de preparación y la presentación de los productos, potenciando su valor como alimento (Villacrés *et al.*, 2011).

Peralta (1985) explica que a partir del grano es posible obtener expandidos, granolas, barras energéticas, harinas, leche, extruidos, hojuelas, almidones, colorantes, germinados, concentrados proteicos, bebidas malteadas, fideos, etc. Estos derivados encajan dentro de la tendencia mundial de consumo de productos naturales, constituyendo un interesante potencial de mercado.

Por ejemplo, la harina de quinua puede sustituirse parcialmente a la harina de trigo en productos de panificación, galletería y pastas, incrementando su valor nutritivo (Pascual, 2018).

El grano también es apropiado para personas de tercera edad y sometidas a dietas adelgazantes, por su contenido de fibra dietética, la misma que ayuda al organismo, reduciendo el colesterol en sangre y mejorando el funcionamiento del sistema digestivo (Villacrés *et al.*, 2011).

2.2.6. USO DE LA QUINUA EN HELADOS

En base a quinua se pueden preparar alimentos de toda clase. La quinua supera en valor nutritivo a la carne, la leche y los huevos, por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales (Villacrés *et al.*, 2011).

Así, Andrade (2012) realizó un estudio de harina de quinua y suero de leche en polvo como sustitutos de los sólidos no grasos en helados de leche. Encontró que el helado en el cual se utilizó el 25 por ciento de harina de quinua la respuesta fue la más alta respecto al contenido de proteína (una media de 5,65 por ciento) y al tenor graso (una medida de 9,61 por ciento).

También, Andrade (2012) tras realizar la evaluación sensorial, concluyó que la sustitución de los sólidos no grasos del helado por 25 por ciento de suero de leche en polvo registró las mejores las características organolépticas de color, aroma, sabor y textura.

Así mismo, Arana *et al.* (2018) desarrollaron un estudio sobre helados de leche y fruta enriquecidos con quinua. Basándose en el aporte nutricional de este grano andino y con el objetivo de elaborar helados que no solo se consideren postres o golosinas, sino alimentos nutritivos.

Por otra parte, en mayo del 2018 la marca barcelonesa Quinoa Real® en Biocultura Barcelona (Feria de Productos Ecológicos y Consumo Responsable) presentó por primera vez helados veganos elaborados a partir de quinua. La marca mencionada desarrolló dos variedades de helado en base a quinua y arroz, siendo la primera de sabor coco y la segunda de sabor cacao.

Además, cabe mencionar que (Angulo, 2016) investigó el efecto de la mezcla de tres combinaciones de leches de quinua, coco y evaporada sobre el overrun, viscosidad aparente, fusión, acidez titulable y aceptabilidad general de helado tipo crema. Resultando una mezcla de leche de quinua, coco y evaporada de 7.40 por ciento, 26.64 por ciento y 39.96 por ciento, respectivamente como la mejor para los parámetros evaluados.

2.3. MICROORGANISMOS PROBIÓTICOS

Campos (2018) define a los probióticos como microorganismos vivos, generalmente Lactobacilos o Bifidobacterias, que constituyen un suplemento alimentario que produce un efecto benéfico en el huésped promoviendo el balance microbiano intestinal. Así mismo, Marquina y Santos (2014) mencionan a los probióticos como microorganismos vivos que se introducen en la dieta, y que tras ser ingeridos en cantidades suficientes ejercen un efecto

positivo en la salud, más allá de los efectos nutricionales tradicionales.

De acuerdo con Campos (2018), los principales probióticos Lactobacilos son *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus ruteri*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus paracasei* y *Lactobacillus salivarius*. Mientras que dentro de las Bifidobacterias se encuentran *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium longum* y *Bifidobacterium animaleis*.

De acuerdo con la WGO (2017) uno de los efectos más importantes de los probióticos es la reducción de la intolerancia a la lactosa. La ingestión de probióticos de forma continuada, bien liofilizados o como yogur, ha permitido reducir considerablemente la mala absorción de la lactosa. Este efecto parece deberse al aporte de b-galactosidasa exógena proporcionada por *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* del yogur. El tránsito intestinal se ralentiza permitiendo una mejor hidrólisis de la lactosa y la posterior adsorción de sus componentes.

Los probióticos tienen un efecto protector frente a infecciones y estimulación del sistema inmune. Los mecanismos de acción que presentan los probióticos son muy variados: modificar los niveles de adhesión celular, producir sustancias antimicrobianas o la estimulación de órganos linfoides asociados al tracto intestinal. El resultado consiste en una estimulación del efecto barrera que tiene la capacidad de prevenir la invasión de patógenos (WGO, 2017).

Campos (2018) explica que los probióticos tienen efectos anticancerígenos, pues reducen la producción de compuestos potencialmente cancerígenos (nitrosaminas, indoles, fenóles, ácidos biliares, etc.) producidos por *C. perfringes*, *S. aureus*, *Proteus* y *S. Aeruginosa*. Además, al acidificar el medio, disminuye la transformación de ácidos biliares primarios en secundarios (estos últimos son potencialmente cancerígenos).

Otro de los mecanismos de acción de probióticos consiste en la prevención de enfermedades urogenitales. Los probióticos tienen la capacidad de adherirse al tracto urinario y vaginal,

creando resistencia a la colonización. Además, aumentan la producción de inhibidores como H₂O₂ y biosurfactantes (Campos, 2018).

2.3.1. *Lactobacillus casei*

El consumo de *Lactobacillus casei*, presenta un gran potencial de ayuda para digerir la lactosa, para controlar el colesterol sérico, para controlar las infecciones intestinales y para ejercer actividad antitumoral (Nighswonger *et al.*, 1996). Además, se ha reportado que *Lactobacillus casei* puede reducir los niveles de colesterol y puede ser usado contra la proliferación de células cancerígenas (Choi *et al.*, 2006).

Entre las bacterias ácido lácticas, *Lactobacillus casei* es bastante usado en la elaboración de alimentos fermentados (Kourkoutas *et al.*, 2006). Homayouni y Norou (2016) monitorearon la supervivencia de *Lactobacillus casei* durante 180 días de almacenamiento a -24°C en un helado de soya fermentado, encontrando que no hubo disminución significativa en el recuento de dicho microorganismo. El recuento inicial de células viables de *Lactobacillus casei* fue 3.1×10^6 cfu/g y disminuyó a 1×10^6 cfu/g al final del estudio.

2.4. ENCAPSULAMIENTO DE PROBIÓTICOS

Parra (2010) define a la microencapsulación como una tecnología de empaquetamiento de materiales sólidos, líquidos o gaseosos. Las microcápsulas selladas pueden liberar sus contenidos a velocidades controladas bajo condiciones específicas, y pueden proteger el producto encapsulado de la luz y el oxígeno.

Una microcápsula consiste de una membrana semipermeable, esférica, delgada y fuerte alrededor de un centro sólido/líquido. Los materiales que se utilizan para el encapsulamiento pueden ser gelatina, grasas, aceites, goma arábiga, alginato de calcio, ceras, almidón de trigo, maíz, arroz, papa, nylon, ciclodextrina, maltodextrina, caseinato de sodio, proteína de lactosuero o proteína de soya (Parra, 2010).

Lupo *et al.* (2012) explica que las razones principales por las cuales se micro encapsulan los microorganismos probióticos son:

- Facilitar su manejo durante los procesos de producción de alimentos.

- Protegerlos y garantizar su viabilidad durante el procesamiento y almacenamiento.
- Controlar su liberación en el momento y lugar adecuado luego de la ingestión.

La microencapsulación asegura la estabilidad y alta viabilidad durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos enriquecidos con probióticos, así como durante la liberación en el tracto gastrointestinal (Lupo *et al.*, 2012).

Así, la microcápsula protege a los microorganismos del O₂, pH, tensiones mecánicas, bajas temperaturas y otros estreses. Para elaborar estas barreras, se emplean algunos polímeros de calidad alimenticia, como proteínas, lípidos y carbohidratos (Krasaekoopt *et al.*, 2003).

Algunas ventajas asociadas al encapsulamiento de probióticos son: protección de las células contra bacteriófagos, aumento de la sobrevivencia y del tiempo de vida de anaquel, así como de la estabilidad durante el almacenamiento (Burgain *et al.*, 2011).

Sin embargo, Araujo *et al.* (2015) menciona que algunas técnicas pueden producir daño celular debido a diversos factores como la temperatura y presión del aire, pero la severidad del daño en la célula no sólo depende de la técnica utilizada sino también del material encapsulante y la cepa microbiana.

Castillo *et al.* (2017) afirma que en el caso de los probióticos para que un material encapsulante sea exitoso, debe propiciar la viabilidad celular de los probióticos durante y después de los procesos de microencapsulación y ser compatible con el sistema alimentario al que se va a incluir. Además, se deben tener en cuenta otros factores químicos y físicos de los mismos con el fin de poder controlar la liberación del probiótico de la matriz alimenticia a un pH, temperatura o concentración de sales específicos (Castillo *et al.*, 2017).

2.4.1. ENCAPSULAMIENTO DE *LACTOBACILLUS*

Homayouni *et al.* (2008), elaboraron helados con *Lactobacillus casei* (Lc-01) y *B. lactis* (Bb-12) encapsulados en proteínas de suero, adicionando 1 por ciento de almidones resistentes y se almacenaron durante 180 días. La sobrevivencia de los probióticos encapsulados fue 30 por ciento mayor a la de los que se agregaron libres al helado.

Por su parte Ahmadi *et al.* (2012), elaboraron helado de yogurt inoculado con *Lactobacillus acidophilus* La-5 encapsulado con fructooligosacáridos en alginato de sodio. El encapsulamiento protegió al probiótico efectivamente, ya que después de 60 días de almacenamiento únicamente disminuyeron las cuentas en 1 ciclo logarítmico (1 log), mientras que la disminución en las cuentas de las nieves adicionadas con probióticos libres fueron hasta de 9,55 log.

Por otro lado, Rodríguez *et al.* (2014) encapsularon células de *Lactobacillus plantarum* en una doble emulsión y las incorporaron durante la elaboración de queso Oaxaca, obteniendo dos tratamientos, y adicionalmente un Control en el cual se incorporó el microorganismo sin ser encapsulado. Después del derretimiento, el Log CFU g⁻¹ descendió en los tres casos, notándose un mayor descenso en el Control. Así mismo, tras exponer a los dos tratamientos y al Control a condiciones gastrointestinales simuladas, la viabilidad de las células probióticas de los tratamientos no se vio afectada. Caso contrario ocurrió con el Control, donde se obtuvo un descenso significativo. De esta manera, Rodríguez *et al.* (2014) demostraron que la microencapsulación de células probióticas de *Lactobacillus plantarum* es un método efectivo para proteger su viabilidad frente a condiciones y procesos extremos.

Otros probióticos encapsulados que se han incorporado al helado con mejores resultados que, cuando se añaden en forma libre son *L. delbruekii* spp *bulgaricus*, *B. infantis* y *B. bifidum* (Homayouni *et al.*, 2008).

III. METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se realizó en los siguientes laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina:

- Laboratorio de Investigación e Instrumentación
- Laboratorio de Fisicoquímica de Alimentos
- Laboratorio de Microbiología de Alimentos
- Laboratorio de Evaluación Sensorial.

Y en el Laboratorio de Investigación en Leche y Productos Lácteos de la Planta Piloto de Leche de la UNALM.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. MATERIA PRIMA E INSUMOS

- Crema de Leche (Gloria)
- Harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad Pasankalla (PK)
- Harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad Rosada de Huancayo (RH)
- Agua
- Probiótico *Lactobacillus casei* (CSL – Italia)
- Leche en Polvo (Dairy America)
- Sacarosa (Cartavio)
- Dextrosa Monohidratada (Frutarom)
- Glucosa (Frutarom)
- Estabilizante Esthel Plus 29720 (Frutarom)
- Esencia de Vainilla (Frutarom)

3.2.2. REACTIVOS

- Caldo de Man, Rogosa y Sharpe (MRS)
- Agar de Man, Rogosa y Sharpe (MRS)
- Agua Peptonada

3.2.3. MATERIALES DE LABORATORIO

- Placas Petri
- Matraces Esmerilados
- Buretas con soporte
- Tubos de ensayo
- Micropipetas
- Tips
- Asas de siembra
- Gradilla
- Balanzas analíticas
- Agitador magnético
- Termómetro
- Cronómetro

3.2.4. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Secador de Bandejas Vertical
- Molino de Martillos
- Tamiz Tyler. Modelo RX 29-16
- Estufa al Vacío Vacucell
- Centrífuga Heal Force. Modelo Neofuge 18R
- Lector de Pozos BioTek. Modelo PowerWave XS2
- BagMixer 400 Interscience. Modelo CC
- Contador de Colonias Interscience. Modelo Scan 1200
- Texturómetro Instron. Modelo QTS25 con back strussion
- Refractómetro Atago. Modelo PAL- α
- Reómetro de Brookfield. Modelo DV-II. Spindle #2
- Batidora-Congeladora de Helados. Ocean Power

3.3. MÉTODOS

3.3.1. ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS HARINAS DE QUINUA

Se realizó el análisis proximal para la harina de quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla, con los siguientes métodos oficiales de la AOAC (2007): Humedad (950.46 y 934.01); Proteína (928.08 y 992.15); Grasa (960.39; 991.36 y 920.85); Ceniza (920.153) y Fibra (920.86).

3.3.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL HELADO

a. OVERRUN

El Overrun se determinó empleando el método descrito por Datta *et al.* (2007) y la Norma Técnica Peruana para Helados (NTP 202.057) (INACAL, 2018). La medición del aireado se tomó por muestra, comparando el volumen de la mezcla base del helado en un recipiente de volumen fijo, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{(\text{V helado} - \text{V mezcla})}{\text{V mezcla}} \times 100$$

Donde

V helado = volumen total del helado congelado en mililitros

V mezcla = volumen de la mezcla fundida a 20 °C en mililitros

b. VISCOSIDAD

La viscosidad aparente se midió al helado siguiendo la metodología descrita por Alfaifi y Stathopoulos (2010). Se utilizó el reómetro de Brookfield (modelo DV-II, spindle #2) a 50rpm y por un tiempo de 5 segundos; las muestras fueron dejadas a temperatura ambiente hasta alcanzar una temperatura de $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$, posteriormente se colocaron en un vaso de precipitado de 200 ml. Todos los resultados fueron expresados en Centipoises (cP).

c. DUREZA

Se realizó el método de Roland *et al.* (1999). La dureza se determinó en el laboratorio a temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Se empleó un texturómetro QTS25 equipado con un cilindro

acrílico de 2.5 cm de diámetro. La velocidad de compresión fue de 2 mm/s hasta una distancia de 20 mm.

d. VELOCIDAD DE FUSIÓN

La velocidad de fusión de las muestras de helado se midió de acuerdo con el método descrito por Feizi *et al.* (2020) con algunas modificaciones. La propiedad de fusión se analizó a 25 ± 2 °C. Se colocó 25 g de helado endurecido a -18 °C en un tamiz con aberturas cuadradas de 2 mm de ancho. El volumen del helado derretido en los primeros 10 min fue registrado y medido en intervalos de 5 minutos hasta alcanzar el tiempo total de 40 min. Un gráfico de pérdida de volumen versus tiempo de fusión fue construido, para calcular la velocidad de fusión, mediante la pendiente de la curva.

3.3.3. VIABILIDAD DEL MICROORGANISMO PROBIÓTICO

Para determinar el número de bacterias vivas en cada tratamiento, se siguió el método descrito por Ludeña *et al.* (2016). En frascos de dilución se tomó 1 g de helado de tratamiento y 9 ml de agua peptona al 0,1 por ciento previamente atemperado a 48 °C, luego las muestras fueron llevadas al BagMixer con el fin de liberar las bacterias de su material de encapsulación. Posteriormente, se realizaron diluciones decimales empleando agua peptona al 0,1 por ciento, las muestras se sembraron a profundidad en agar MRS, el conteo se realizó después de 48 h de incubación a 37 °C. Se contaron las cajas que tenían entre 30 y 300 colonias y el recuento de células vivas se expresó en UFC g⁻¹. Las mediciones de viabilidad del microorganismo se realizaron a 0, 1, 7, 14, 21 y 28 días después de haber sido elaborado el helado.

3.3.4. ANÁLISIS SENSORIAL DEL HELADO

Se realizó una Prueba de Aceptabilidad General para determinar, cuál de los tratamientos del helado tipo crema, con sustitución de leche en polvo descremada, por dos variedades de quinua (Rosada de Huancayo y Pasankalla), en tres concentraciones distintas (25, 50 y 100 por ciento) tenía un mayor grado de aceptabilidad general.

Se empleó una escala hedónica de 9 puntos (9 - me gusta extremadamente, 8 - me gusta mucho, 7 - me gusta moderadamente; 6 - me gusta levemente, 5 - ni me gusta ni me disgusta,

4 – me disgusta levemente, 3 – me disgusta moderadamente; 2 – me disgusta mucho y 1 – me disgusta extremadamente) para la realización de la Prueba de Aceptabilidad General.

Los tratamientos fueron sometidos a un panel sensorial conformado por 85 panelistas no entrenados, evaluándose la aceptabilidad general (Ureña *et al.*, 1999). El grupo de panelistas estuvo compuesto por alumnos y trabajadores de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y personas externas a dicha institución. La evaluación se realizó en el Laboratorio de Investigación en Leche y Productos Lácteos de la Planta Piloto de Leche de la UNALM.

Las muestras de helado se sacaron del congelador a -20 °C y se presentaron a los panelistas en vasos plásticos de 100 ml (4 oz) etiquetados con 3 dígitos aleatorios. Las 7 muestras de helado, un vaso con agua (para enjuagar la boca para limpiar el paladar) y una ficha de evaluación (ver Anexo 1), se presentaron de manera conjunta a cada panelista para realizar la prueba de Aceptabilidad General, en la cual se evaluaron apariencia, color, aroma, sabor, textura y aceptación de los helados. El objetivo fue obtener opiniones de los panelistas sobre lo que les gustaba o no les gustaba de las muestras y lo que podría mejorarse.

Se tuvo un buen control al llevar a cabo la evaluación sensorial, pues se controlaron las variables que pudiesen influenciar en los panelistas al momento de realizar la evaluación.

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. PREPARACIÓN DEL MICROORGANISMO Y ENCAPSULAMIENTO

El *Lactobacillus casei* se sembró en tres matraces de 50 ml con caldo MRS y se dejó incubar por 24 h a 37°C. Luego se seleccionaron los dos matraces con mayor crecimiento y cada uno de estos se trasvasó a un matraz de 1L que contenía MRS, se dejó incubar por 24 h a 37°C. Transcurrido el tiempo, ambos matraces se centrifugaron (3000 RPM durante 15 min) y se filtraron. Así, se obtuvo *Lactobacillus casei* en pasta.

Para el encapsulado se preparó 100 ml de una solución de alginato de sodio al 2 por ciento. El alginato de sodio es uno de los polisacáridos más utilizado como material encapsulante de bacterias ácido lácticas, debido a su fácil manipulación, naturaleza no tóxica y bajo costo,

además de aumentar la viabilidad de estas bacterias cuando se exponen a diferentes condiciones (Etchepare *et al.*, 2015). El alginato fue mezclado con *Lactobacillus casei* en pasta. Para ello se procedió a realizar los siguientes pasos:

- a. Se disolvió 2 g de alginato con 60 ml de agua destilada.
- b. Se disolvió 10 g de *Lactobacillus casei* en pasta con 40 ml de agua destilada.
- c. Se mezclaron ambas soluciones bajo agitación constante. Luego se pasó la mezcla a través de una bureta. Las gotas formadas cayeron a un recipiente con una solución de CaCl₂ 0.1M.
- d. Se dejó en reposo las perlas formadas por 24 horas a temperatura de refrigeración (4°C).

3.4.2. FORMULACIÓN DE LAS BASES DE HELADO

La composición estándar del helado fue de 6 por ciento de grasa, 11 por ciento de sólidos lácteos no grasos, 16 por ciento de azúcar y 0.3 por ciento de estabilizante. La leche en polvo descremada fue el ingrediente sustituido en 25, 50 y 100 por ciento por la harina de quinua de variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla.

A continuación, la Tabla 2 muestra la formulación de los tratamientos y el control.

Tabla 2. Formulación de los tratamientos (en porcentaje)

Tto.*	Formulación							Est***	Agua
	LPD**	Harina de Quinoa		Crema de Leche	Azúcar				
		RH	PK		Sacarosa	Glucosa	Dextrosa		
C	10,28	0	0	17,14	10,5	3	1,5	0,3	57,28
T1	7,71	2,57	0	17,14	10,5	3	1,5	0,3	57,28
T2	5,14	5,14	0	17,14	10,5	3	1,5	0,3	57,28
T3	0	10,28	0	17,14	10,5	3	1,5	0,3	57,28
T4	7,71	0	2,57	17,14	10,5	3	1,5	0,3	57,28
T5	5,14	0	5,14	17,14	10,5	3	1,5	0,3	57,28
T6	0	0	10,28	17,14	10,5	3	1,5	0,3	57,28

* Tratamiento

** Leche en polvo

*** Estabilizante

3.4.3. ELABORACIÓN DEL HELADO

El helado se elaboró siguiendo el diagrama de flujo presentado en la Figura 1.

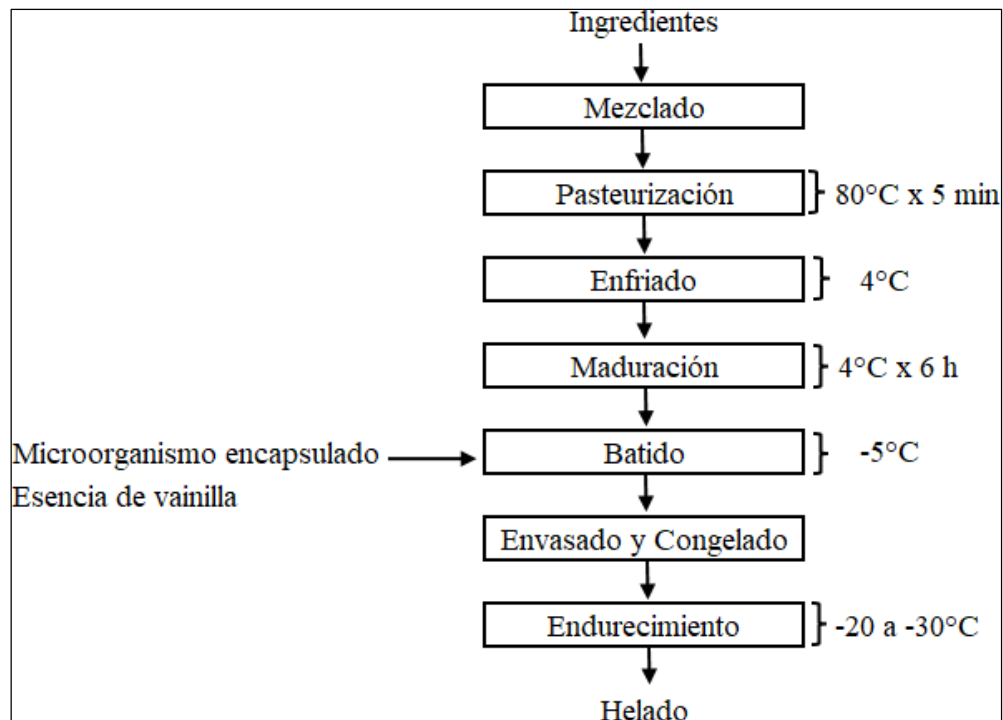


Figura 1: Flujo de operaciones para la elaboración de helado

FUENTE: Ludeña y García (2018)

a. FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Se prepararon los siguientes tratamientos:

- T1: 25 por ciento de sustitución de la leche en polvo descremada por harina de quinua variedad Rosada de Huancayo (RH)
- T2: 50 por ciento de sustitución de la leche en polvo descremada por harina de quinua variedad Rosada de Huancayo (RH)
- T3: 100 por ciento de sustitución de la leche en polvo descremada por harina de quinua variedad Rosada de Huancayo (RH)
- T4: 25 por ciento de sustitución de la leche en polvo descremada por harina de quinua variedad Pasankalla (PK)
- T5: 50 por ciento de sustitución de la leche en polvo descremada por harina de quinua variedad Pasankalla (PK)
- T6: 100 por ciento de sustitución de la leche en polvo descremada por harina de quinua variedad Pasankalla (PK)
- C: 0 por ciento de sustitución de leche en polvo descremada por harina de quinua

b. MEZCLADO

Se mezclaron los ingredientes líquidos y luego se añadieron los sólidos. En primera instancia se llevaron el agua y la crema a fuego, a los 32 °C se agregó la leche en polvo y la harina de quinua con parte del azúcar, luego se aplicó calor para incrementar la velocidad de disolución de las materias secas y se agregaron los otros ingredientes secos. La adición del estabilizante se hizo con la mitad del azúcar, para una mejor dispersión del estabilizante en la mezcla.

c. PASTEURIZACIÓN

La pasteurización se realizó a una temperatura de 80°C durante 5 min.

d. ENFRIADO

El enfriamiento se realizó hasta una temperatura de 4°C.

e. MADURACIÓN

La maduración se realizó a 4°C, en refrigeración por 6 h.

f. BATIDO

El microorganismo probiótico *Lactobacillus casei* y la esencia de vainilla se incorporaron a la base del helado y esta base fue llevada al batido. El batido se realizó en la batidora de helado, hasta llegar a una temperatura de -5°C, por un tiempo de 15 min.

g. ENVASADO Y CONGELADO

El helado se envasó en recipientes rígidos de polietileno de 1 L de capacidad. Posteriormente, fue llevado a la congeladora, a una temperatura alrededor de -20 °C.

h. ENDURECIMIENTO

La base de helado pasó 24 h en la congeladora para completar el tiempo total de endurecimiento.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

A continuación, en la Tabla 3, se presenta el diseño experimental de la investigación. Se

evaluaron overrun, viscosidad, punto de fusión, dureza, viabilidad del microorganismo y aceptabilidad sensorial.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados de la evaluación de overrun, viscosidad, punto de fusión, dureza, viabilidad de bacterias ácido lácticas y aceptabilidad sensorial se reportaron como el valor promedio con su respectiva desviación estándar y se analizaron con la ejecución del análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significación del 95 por ciento ($\alpha = 0,05$) mediante un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA), teniendo en consideración dos bloques distintos: el porcentaje de sustitución y el día de evaluación. Una vez realizadas las evaluaciones, todos los términos con valores de probabilidad F menor a 0,05 fueron considerados estadísticamente significativos, por lo que se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando el software R-Studio (versión 2022.2.2.485).

A continuación, la Tabla 3 muestra el diseño experimental del presente trabajo de investigación.

Tabla 3: Diseño experimental

Materia Prima	Clasificación por Variedad	Formulación de bases de helados (Tratamientos)	Proceso	Helado	
Harina de Quinoa	Rosada de Huancayo	T1 (RH 25%)	→	T1 (RH 25%)	
		T2 (RH 50%)	→	T2 (RH 50%)	
		T3 (RH 100%)	→	T3 (RH 100%)	
	Pasankalla	T4 (PK 25%)	→	T4 (PK 25%)	
		T5 (PK 50%)	→	T5 (PK 50%)	
		T6 (PK 100%)	→	T6 (PK 100%)	
	Control	C (0%)	→	C (0%)	
Análisis	Proximal: - Humedad - Proteína - Grasa - Fibra - Ceniza - Carbohidratos	Cálculo de la composición de las bases de helado	Fisicoquímicos: - Dureza - Viscosidad - Overrun - Fusión	Viabilidad del microorganismo: - Recuento de Bacterias Ácido Lácticas	Sensorial: - Prueba de Aceptabilidad General
Días de Evaluación				0, 1, 7, 14, 21, 28	28
Diseño Estadístico	ANOVA con un α igual a 0,05 mediante un DBCA				

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HARINAS DE QUINUA

En la Tabla 4 se muestran los resultados del análisis proximal realizado a la harina de quinua de las variedades RH y PK. En el Anexo 2 se detalla el análisis estadístico realizado.

Tabla 4: Análisis proximal de las harinas de quinua (g/100g peso seco)

Variable	Variedad Rosada de Huancayo	Variedad Pasankalla	Sign.
Humedad*	5,70 ± 0.08 ^a	4,73 ± 0,08 ^b	**
Proteína	14,96 ± 0.00 ^a	16,44 ± 0,10 ^b	**
Grasa	6,37 ± 0.24 ^a	7,11 ± 0,16 ^a	ns
Fibra	1,77 ± 0.08 ^a	2,24 ± 0,16 ^a	ns
Ceniza	2,54 ± 0.00 ^a	2,41 ± 0,02 ^b	**
Carbohidratos	74,36 ± 0.16 ^a	71,79 ± 0,24 ^b	**

Letras iguales en la misma fila no representan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

*Resultados expresados en g/100g muestra

De acuerdo a los resultados de la Tabla 4, se encontraron diferencias significativas en los porcentajes de humedad de cada variedad ($p < 0.05$). Con respecto al contenido de proteínas, ambas variedades de quinua evaluadas presentaron valores por encima del señalado en la Norma Técnica Peruana (NTP 205.062) (INDECOPI, 2014), que indica un valor mínimo de proteína de 10 por ciento (base seca) en los granos de quinua, mientras que en las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (MINSAL, 2017) se indica un contenido de proteína de 15.37 por ciento (base seca). En la harina de quinua han sido reportados contenidos de proteína entre 12.69 a 15.20 por ciento en base seca (Ogungbenle, 2003 y Pellegrini *et al.*, 2018). Al respecto, al comparar estos resultados con los obtenidos para las variedades evaluadas en la presente investigación, se puede observar que la harina de la variedad RH presentó un contenido proteico dentro del rango mencionado, mientras que la variedad PK obtuvo un porcentaje por

encima de este, lo que se puede atribuir al origen de las muestras y a las variedades estudiadas en cada caso.

Un comportamiento diferente se observó en el contenido de grasa, en el que no se presentaron diferencias significativas entre las variedades ($p > 0.05$). La concentración de este compuesto en ambas muestras superó ampliamente el valor mínimo exigido (4.0 por ciento) para los granos de quinua en la Norma Técnica Peruana (INDECOPI, 2014). Por su parte, las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (MINSA, 2017), indican que el contenido de grasa en la harina de quinua es de 6.80 por ciento (base seca), mientras que Ogunbenle (2003) y Pellegrini *et al.* (2018), reportaron valores entre 5.33 a 7.09 por ciento (base seca), siendo estos valores próximos a los reportados en las harinas de quinua de las variedades RH y PK. Cabe mencionar que, Rojas *et al.* (2016) indican que el contenido de grasa de la quinua tiene un alto valor debido a su alto porcentaje de ácidos grasos no saturados.

Con respecto a los carbohidratos, las Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (MINSA, 2017), reportan un valor de 75.25 por ciento en el grano y de 76.10 por ciento en la harina, ambos valores reportados en base seca. Al comparar estos valores con los obtenidos para las variedades evaluadas, se observa que son similares, presentando la variedad RH un valor mayor y estadísticamente diferente con respecto a la variedad PK ($p < 0.05$).

Las variedades RH y PK también han sido evaluadas por otros autores, este fue el caso de Ludeña *et al.* (2016), quienes realizaron una evaluación de la composición proximal de estas variedades, ambas de origen peruano. Estos autores reportaron un comportamiento similar al mostrado en la Tabla 4, lo que implica que la variedad PK presentó mayores concentraciones de proteínas, carbohidratos y fibra y menores concentraciones de ceniza a comparación de la variedad RH. En cuanto al contenido de grasa, al comparar los resultados obtenidos en esta investigación, con los de Ludeña *et al.* (2016) puede decirse que no se observó el mismo comportamiento. Con respecto a otras variedades de quinua, Martínez- Villaluenga *et al.* (2020) realizaron una recopilación de los resultados obtenidos por diferentes autores, reportando un rango de proteína cruda entre 9.1 a 16.7 por ciento (base seca), un porcentaje de lípidos entre 4 a 7.6 por ciento (base seca) y de carbohidratos entre 48.5 y 77 por ciento (base seca). Al comparar estos valores con los obtenidos en esta investigación, podemos decir que tanto la variedad RH como la variedad PK presentaron concentraciones de proteínas, lípidos y

carbohidratos dentro de los rangos antes mencionados, aproximándose en todos los casos hacia los valores máximos.

Respecto al contenido de ceniza y fibra, Pellegrini *et al.* (2018) y Ogunbenle (2003) reportaron un rango de ceniza entre 1.35 a 2.81 por ciento (base seca), mientras que, en el caso de la fibra, este último autor reportó un contenido de 10.70 por ciento (base seca). Como se observa en la Tabla 4, ambas variedades presentaron valores de ceniza dentro del rango indicado por estos autores, mientras que, en el caso de la fibra, tanto la variedad PK como la variedad RH, mostraron valores bastante bajos con respecto a lo señalado por Ogunbenle (2003); sin embargo, Ludeña *et al.* (2016) reportó para los granos de ambas variedades valores de 2.70 por ciento (base seca) para RH y 2.83 por ciento (base seca) para PK.

4.2. FORMULACIÓN DE LAS BASES PARA CADA TRATAMIENTO

Los resultados de la composición proximal de las bases de cada tratamiento se presentan en la Tabla 5. Como puede observarse, T1, T2, T3, T4, T5 y T6, presentaron diferencias en la composición nutricional con respecto al control, esto debido a las sustituciones de leche en polvo por harina de quinua hechas en cada uno de estos tratamientos.

Tabla 5: Valor nutricional de las bases de cada tratamiento (en 100 g de base)

Valores Nutricionales					
Tratamiento	Energía (kcal)	Grasa	CHOS	Fibra	Proteína
C	155.34	6.42	20.80	0.00	4.08
T1	156.09	6.56	21.26	0.04	3.51
T2	156.83	6.69	21.73	0.09	2.95
T3	158.33	6.96	22.66	0.17	1.81
T4	156.25	6.58	21.22	0.05	3.55
T5	157.16	6.73	21.64	0.11	3.03
T6	158.97	7.04	22.48	0.22	1.97

De acuerdo a los resultados de la tabla anterior, el contenido de fibra, carbohidratos y grasa aumentó progresivamente conforme el porcentaje de sustitución. Lo contrario sucedió con la proteína, la cual disminuyó conforme aumentó la cantidad de quinua añadida.

Si bien el contenido de grasa se vio incrementado en los tratamientos con mayor porcentaje de quinua, es importante destacar que este incremento fue principalmente de ácidos grasos de tipo insaturado, ocurriendo lo contrario en el caso de los saturados. Al respecto, Repo- Carrasco *et al.* (2003) explican que la quinua es rica en ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoléico y linolénico. Ello fue confirmado también por Ryan *et al.* (2007), quien analizó varias semillas, granos y legumbres y halló que la quinua tiene un 56.1 por ciento de ácidos grasos poliinsaturados, entre los cuales el más abundante fue el ácido linoléico (48.07 por ciento). Adicionalmente, Martínez-Villaluenga *et al.* (2020), señala que el contenido de grasa insaturada representa entre el 71.0 por ciento y 84.5 por ciento del total de grasa en la quinua, mientras que el porcentaje de grasa saturada se encuentra entre el 15.5 por ciento y el 29 por ciento del total de grasa en la quinua. En otras palabras, el porcentaje de grasa insaturada puede llegar a quintuplicar el porcentaje de grasa saturada en la quinua. En el caso de la leche, Walstra *et al.* (2006), señalan que la grasa de la leche presenta un alto contenido de grasa saturada y un bajo contenido de grasa insaturada. Por su parte, Del Castillo y Mestres (2004) indican que el porcentaje de ácidos grasos saturados de la leche es de 67.8 por ciento, mientras que los ácidos grasos insaturados están presentes en un 32.1 por ciento.

Al analizar el contenido de grasa total (ver Tabla 5) y realizar los cálculos, se observa que incrementó el contenido de este componente en 2.24, 4.32 y 8.64 por ciento en los tratamientos con sustitución de la harina de variedad RH y en 2.56, 4.96 y 9.92 por ciento en los casos de las sustituciones con la variedad PK, cuando las sustituciones fueron de 25, 50 y 100 por ciento, respectivamente. Estos incrementos en el contenido de grasa elevan el nivel de grasa total del helado, sin embargo, la calidad de grasa incorporada debido al uso de la quinua sería mejor, pues esta presenta ácidos grasos no saturados, principalmente el ácido linoléico y el ácido linolénico, los cuales tienen potencial para generar beneficios en el organismo (Repo-Carrasco *et al.*, 2003). De acuerdo con la FAO (2012), se recomienda una ingesta total de ácido linolénico entre 0.5 y 2 por ciento de la ingesta total de grasa, mientras que la ingesta de ácido linoleico debe estar entre 2.5 y 9 por ciento de la ingesta total de grasa; al respecto, Martínez-Villaluenga *et al.* (2020), reportaron un contenido de ácido linoleico entre 31.88 a 49.52 por ciento y un contenido de ácido linolénico entre 2.13 a 9.38 por ciento, con respecto al contenido total de grasa en la quinua.

Así mismo, el incremento de grasa dado en todos los tratamientos no generó una modificación

de la clasificación del helado, pues de acuerdo a la Norma Técnica Peruana para Helados (NTP 202.057) (INACAL, 2018), un helado de crema debe tener un mínimo de 6 por ciento de grasa, manteniéndose todos los tratamientos en esta clasificación.

Con relación a la proteína, la sustitución de leche en polvo descremada por harina de quinua generó una disminución y un cambio en el tipo de proteína presente en el producto final. La menor concentración de proteína, se debió a que las variedades de quinua presentaron contenidos de proteína de 14.96 por ciento (RH) y 16.44 por ciento (PK) (ver Tabla 4), siendo prácticamente el 50 por ciento de lo que presenta la leche en polvo descremada (34 por ciento de proteína) (ver Anexo 3). Con respecto a la calidad de la proteína, si bien se esperaría que al tratarse de un alimento de origen vegetal (quinua) esta disminuya en gran medida con respecto a un alimento de origen animal (leche), diversos autores, tras realizar estudios en animales, concluyeron que la calidad nutricional de la quinua es equivalente al de la caseína (Mahoney *et al.*, 1975 y Ranhotra *et al.*, 1993).

Los azúcares simples, tales como sacarosa, glucosa, lactosa, maltosa, entre otros, son componentes que pueden influir en las características de los helados de crema. Walstra *et al.* (2006) indican que un importante rol de los azúcares está relacionado a la congelación del agua, logrando que esta se congele en menor proporción, trayendo como consecuencia un helado más suave. Al respecto, Ogungbenle (2003) realizó el análisis de azúcares en harina de quinua, reportando contenidos de D-xilosa, maltosa, glucosa y fructosa en bajas concentraciones. Así mismo, según Tan *et al.* (2020), el carbohidrato que predomina en las semillas de quinua es el almidón, con un contenido de 58,1 a 64,2 por ciento. De acuerdo a lo mencionado, se espera que algunas características del helado con sustitución de leche en polvo por harina de quinua se vean modificadas, más todavía considerando que la adición de harina de quinua incorpora en el helado un nuevo componente como lo es el almidón. Esto será analizado posteriormente al evaluar las propiedades fisicoquímicas.

Por otro lado, al comparar la composición nutricional de los tratamientos que presentan harina de quinua de variedad RH con aquellos que presentan harina de quinua PK, se observan valores mayores en energía, grasa, fibra y proteína en esta última. Ello se debe a que la variedad PK tiene un contenido más elevado en dichos macronutrientes (ver Tabla 4). Lo mismo es corroborado por Ludeña *et al.* (2016), quienes indican que la variedad PK presenta valores de

14.18 por ciento de proteína y 2.83 por ciento de fibra, mientras que la variedad RH presenta 12.75 por ciento y 2.70 por ciento de proteína y fibra, respectivamente.

4.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS HELADOS

4.3.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

a. EFECTO DE SUSTITUIR LECHE EN POLVO POR HARINA DE QUINUA EN EL OVERRUN EN HELADO DE CREMA DE VAINILLA

La Tabla 6 y la Figura 2 muestran los valores de overrun (en porcentaje) evaluados semanalmente, en todos los tratamientos de helado, durante un almacenamiento de 28 días. En el Anexo 4 se detalla el análisis estadístico realizado respecto a la evaluación de overrun.

De acuerdo con los resultados mostrados, se observó que la variedad de quinua y el porcentaje de sustitución influyeron de manera significativa ($p < 0.05$) sobre el overrun de los helados elaborados con harina de quinua (T1, T2, T3, T4, T5 y T6) respecto al helado sin ningún tipo de sustitución (C). En cuanto a los días de evaluación, este factor no influyó de manera significativa, con excepción de los tratamientos T3 y T6.

El overrun es una característica deseable en los helados de crema, ya que garantiza la suavidad de la masa de helado (De Souza *et al.*, 2011), siendo los valores por encima de 100 por ciento considerados altos (Oliveira *et al.*, 2005). Como se observa en la Tabla 6 y en la Figura 2, los valores de overrun presentados por los tratamientos se encontraron entre 8.39 y 33.68 por ciento, no superando ninguno de estos el valor máximo permitido (120 por ciento) por la Norma Técnica Peruana para Helados (NTP 202.057) (INACAL, 2018).

Según los valores de la Tabla 6 y la Figura 2, el Control fue el que presentó una menor variación de los valores de overrun durante todo el periodo de evaluación (20 por ciento - 22 por ciento), no evidenciándose diferencias estadísticamente significativas, mientras que, en los tratamientos con adición de quinua, puede notarse una mayor fluctuación de los valores durante el almacenamiento, en especial en las muestras T4 y T6.

Tabla 6: Resultados de overrun expresados en porcentaje

Tratamientos	Códigos	Días de evaluación					
		Día 0	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28
C	Control	20,00 ± 0.00 ^{bc, A}	22,00 ± 2.00 ^{a, A}	22,00 ± 2.00 ^{a, A}	20,00 ± 2.00 ^{abc, A}	22,00 ± 2.00 ^{ab, A}	22,11 ± 3.37 ^{ab, A}
T1	RH 25%	23,04 ± 5.38 ^{bc, A}	16,39 ± 3.76 ^{ab, A}	22,67 ± 5.80 ^{a, A}	21,39 ± 4.28 ^{ab, A}	22,28 ± 2.36 ^{ab, A}	17,81 ± 1.06 ^{abcd, A}
T2	RH 50%	14,06 ± 2.27 ^{cd, A}	13,10 ± 3.22 ^{ab, A}	17,84 ± 2.61 ^{ab, A}	15,06 ± 2.24 ^{bc, A}	15,39 ± 2.51 ^{cd, A}	15,48 ± 1.07 ^{bcd, A}
T3	RH 100%	8,39 ± 0.10 ^{d, A}	9,75 ± 6.36 ^{b, A}	12,33 ± 0.29 ^{b, A}	12,67 ± 0.29 ^{c, A}	12,50 ± 0.00 ^{d, A}	10,89 ± 2.24 ^{d, A}
T4	PK 25%	33,68 ± 3.66 ^{a, A}	20,56 ± 0.48 ^{ab, B}	18,17 ± 2.32 ^{ab, B}	24,37 ± 4.31 ^{a, B}	26,22 ± 2.56 ^{a, AB}	24,83 ± 4.18 ^{a, B}
T5	PK 50%	23,81 ± 4.65 ^{b, A}	18,30 ± 6.30 ^{ab, A}	15,28 ± 4.81 ^{ab, A}	17,90 ± 2.55 ^{abc, A}	21,94 ± 2.68 ^{ab, A}	19,17 ± 2.20 ^{abc, A}
T6	PK 100%	9,95 ± 2.24 ^{d, B}	11,64 ± 1.09 ^{ab, B}	13,54 ± 2.76 ^{ab, AB}	16,38 ± 0.50 ^{bc, AB}	18,67 ± 2.09 ^{bc, A}	13,43 ± 4.47 ^{cd, AB}

El promedio se obtuvo a partir de tres repeticiones

Letras minúsculas corresponden al análisis estadístico según porcentaje de sustitución, letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

Letras mayúsculas corresponden al análisis estadístico según días de evaluación, letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

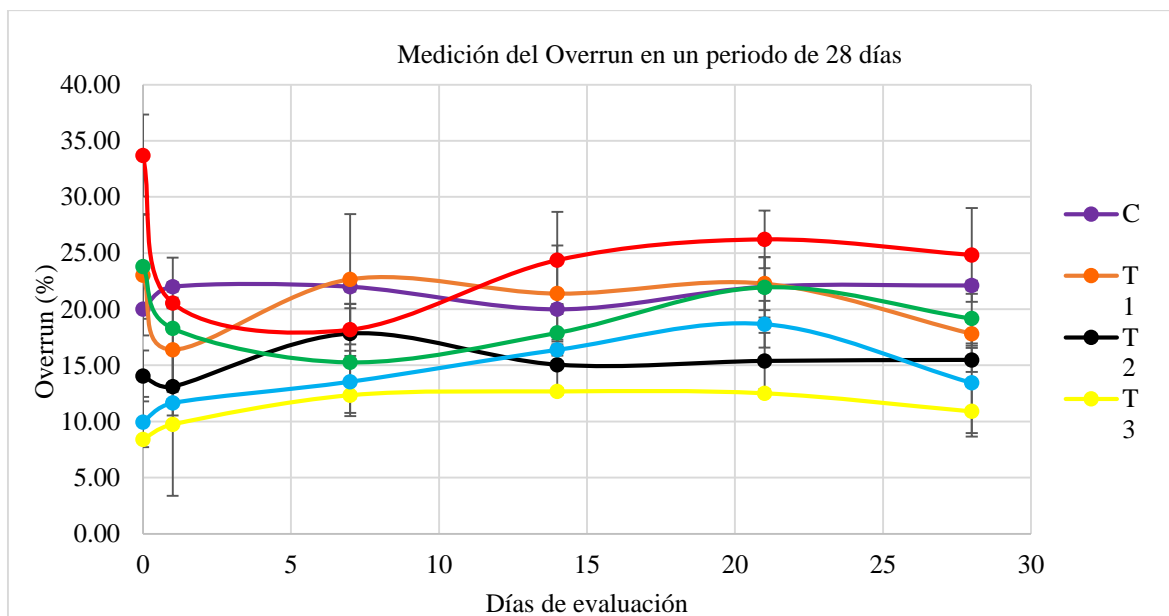


Figura 2: Medición de overrun de los tratamientos en un periodo de 28 días

Así mismo, tanto en la variedad PK como RH, independientemente del día de evaluación, se observó una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de quinua agregado y el valor del overrun, es decir, al agregar más cantidad de quinua, el overrun disminuyó. Al respecto, Goff (2002) indica que los helados tienen una composición de aire alrededor del 50 por ciento con un mínimo de entre 10 a 15 por ciento; al comparar lo indicado por este autor con los resultados obtenidos en la presente investigación (Tabla 6), podemos indicar que estos se encuentran dentro del rango, pero no llegan a los valores normales, lo que podría deberse a la composición de los ingredientes empleados y a las características de los equipos.

Según Walstra *et al.* (2006) las funciones que realizan los componentes de un helado, como la grasa, son importantes para la formación de una estructura sólida durante la congelación y, por lo tanto, influyen en la consistencia, apariencia y resistencia a la fusión del helado. Por su parte, los sólidos lácteos no grasos son responsables de una parte de la reducción del punto de congelación y de un aumento de la viscosidad. La proteína sirve para estabilizar las láminas de espuma durante la incorporación de aire; además de ser esencial para la formación de membranas de glóbulos grasos durante la homogeneización. Mientras que el azúcar, a menudo sacarosa, tiene como principal función reducir el punto de congelación, dando como resultado un helado de consistencia suave y de sensación en boca menos fría. Muy poca azúcar puede provocar que se forme demasiado hielo y, por el contrario, demasiada azúcar hace que el helado sea demasiado dulce. Por ello, parte de la sacarosa puede sustituirse por glucosa, que es menos

dulce y conduce a una mayor disminución del punto de congelación.

En el caso del helado elaborado, una de las grandes diferencias respecto a un helado tradicional, fue el uso de harina de quinua, un ingrediente que normalmente no se encuentra presente en los helados convencionales. Al adicionar harina de quinua, se generó un aumento tanto en el contenido de grasa como en el contenido de fibra, y al mismo tiempo una disminución en el contenido de proteína. Según Silva y Lannes (2011), la presencia de fibra influye negativamente sobre los valores de overrun, pues al ser un hidrocoloide absorbe agua, aumentando los valores de dureza y viscosidad, y de acuerdo con Adapa *et al.* (2000), los sistemas más viscosos no favorecen la capacidad de formación de espuma, lo cual dificulta la incorporación de aire durante el proceso de batido, obteniéndose bajos valores de overrun. Por otro lado, como mencionan Walstra *et al.* (2006), la proteína sirve para estabilizar las láminas de espuma durante la incorporación de aire, por lo que, al disminuir el contenido de proteína, dicha estabilización se ha visto reducida, lo que podría haber generado una disminución en el overrun.

En el día cero los tratamientos T1 y T4 fueron los que alcanzaron los mayores valores de overrun, incluso superiores a los obtenidos por el control, especialmente en el caso de la harina PK, lo que podría atribuirse a que ambos tratamientos presentaron un contenido de grasa superior al control (ver Tabla 5) y si bien se dio un incremento y una disminución del contenido de fibra y proteína, respectivamente, en ambas formulaciones, estas aparentemente no influyeron sobre la incorporación de aire. Así mismo, como se observa en la Tabla 6, la variedad PK presentó mayores valores de overrun en comparación a la variedad RH, lo que podría atribuirse al más alto contenido de grasa y proteínas (Tablas 4 y 5) que presentaron estas formulaciones a comparación a la otra variedad. La grasa y la proteína desempeñan un rol importante en el overrun, pues permiten que se forme una buena emulsión, dando como resultado un helado compacto y cremoso.

Gutiérrez (2019), reportó que a medida que aumentó los niveles de adición de harina de cañihua y fibra cítrica en helados, los valores del overrun disminuyeron de 67.28 hasta 34.32 por ciento. Por su parte, Ocrospoma (2015) midió el overrun de un helado de vainilla enriquecido con harina de cáscara de papa, encontrando que los tratamientos que presentaron el menor overrun fueron aquellos a los que se añadió la mayor cantidad de harina de papa y la menor cantidad de leche en polvo descremada. Al respecto, al comparar el comportamiento de las muestras

evaluadas con lo indicado por ambos autores, se tuvo que el T1 presentó un overrun de 23.04 por ciento mientras que, en el T3 el overrun disminuyó en 14.65 por ciento. En el caso de la variedad PK ocurrió el mismo comportamiento, así, en el día cero el tratamiento T4 tuvo un overrun de 33.68 por ciento, disminuyendo este valor en 23.73 en el tratamiento T7, coincidiendo esta tendencia con lo indicado por los autores; es decir, conforme se incrementó el porcentaje de sustitución de la leche en polvo, el overrun disminuyó.

Al evaluar el comportamiento del overrun durante el almacenamiento (28 días), puede verse que, si bien se dieron variaciones en los valores, estas no fueron estadísticamente significativas (ver Tabla 6), exceptuando a los tratamientos T4 y T6. Al respecto, Miśniakiewicz y Popek (2014), reportaron que, durante el almacenamiento existe una tendencia a la disminución del overrun, como consecuencia de posibles fluctuaciones de temperatura que podrían darse durante este periodo. Así mismo, estos autores agregan que la calidad del helado en términos de aireación logra mantenerse durante un periodo de 150 días cuando la temperatura es fluctuante, 210 días cuando la temperatura es de -18°C y que el helado no sufre modificaciones cuando la temperatura es de -30°C . Al observar la Tabla 8, podemos ver que, si bien se dieron modificaciones del overrun durante el almacenamiento del helado a una temperatura de -18°C , al tratarse de un periodo de tiempo corto, estas variaciones no fueron significativas y que incluso los valores no mostraron una clara tendencia a la disminución.

b. EFECTO DE SUSTITUIR LECHE EN POLVO POR HARINA DE QUINUA SOBRE LA VISCOSIDAD EN HELADO DE CREMA DE VAINILLA

Los resultados de la medición de viscosidad aparente en el helado de quinua se muestran en la Tabla 7 y en la Figura 3, la cual indica los valores de viscosidad aparente evaluados semanalmente, medido en el reómetro de Brookfield, obtenidos en Centipoise (cp), en todos los tratamientos de helado, durante un periodo de 28 días. En el Anexo 5 se detalla el análisis estadístico realizado respecto a la evaluación de viscosidad aparente.

De acuerdo con los resultados mostrados, se observó que la variedad de quinua, el porcentaje de sustitución y el día de evaluación influyeron de manera significativa ($p < 0.05$) sobre la viscosidad aparente de los helados elaborados con harina de quinua (T1, T2, T3, T4, T5 y T6) respecto al helado sin ningún tipo de sustitución (C).

Tabla 7: Resultados de viscosidad expresados en cp

Tratamientos	Códigos	Días de Evaluación					
		Día 0	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28
C	Control	602,00 ± 13,11 ^{d,BC}	942,67 ± 29,69 ^{d,B}	1437,67 ± 175,17 ^{bc,A}	546,67 ± 5,77 ^{c,C}	837,33 ± 64,63 ^{c,BC}	1678,67 ± 288,17 ^{c,A}
T1	RH 25%	832,00 ± 29,05 ^{b,B}	1352,00 ± 90,07 ^{cd,A}	1117,33 ± 126,26 ^{cd,AB}	906,00 ± 243,04 ^{c,B}	983,00 ± 82,61 ^{c,B}	1151,33 ± 27,30 ^{cd,AB}
T2	RH 50%	822,67 ± 31,64 ^{b,C}	1487,00 ± 9,85 ^{c,A}	1213,67 ± 98,59 ^{c,B}	1152,00 ± 140,04 ^{bc,B}	1192,00 ± 27,78 ^{c,B}	1216,00 ± 84,31 ^{cd,B}
T3	RH 100%	1205,33 ± 9,24 ^{a,D}	6931,33 ± 378,46 ^{a,A}	4203,33 ± 85,33 ^{a,C}	4185,00 ± 681,42 ^{a,C}	4897,33 ± 747,86 ^{a,BC}	5796,33 ± 463,61 ^{a,AB}
T4	PK 25%	334,80 ± 28,08 ^{e,D}	1219,33 ± 112,10 ^{cd,B}	838,67 ± 128,75 ^{d,C}	1764,33 ± 88,26 ^{b,A}	911,33 ± 27,59 ^{c,C}	974,33 ± 27,10 ^{d,C}
T5	PK 50%	694,27 ± 0,23 ^{c,D}	1516,33 ± 40,50 ^{c,AB}	1654,67 ± 2,31 ^{b,A}	1200,67 ± 165,24 ^{bc,C}	1357,00 ± 68,02 ^{c,BC}	1558,00 ± 70,17 ^{cd,AB}
T6	PK 100%	674,00 ± 0,40 ^{c,E}	4713,67 ± 129,09 ^{b,B}	3921,67 ± 144,97 ^{a,C}	3420,00 ± 192,87 ^{a,D}	3914,00 ± 51,03 ^{b,C}	5162,33 ± 112,93 ^{b,A}

El promedio se obtuvo a partir de tres repeticiones

Letras minúsculas corresponden al análisis estadístico según porcentaje de sustitución, letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

Letras mayúsculas corresponden al análisis estadístico según días de evaluación, letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

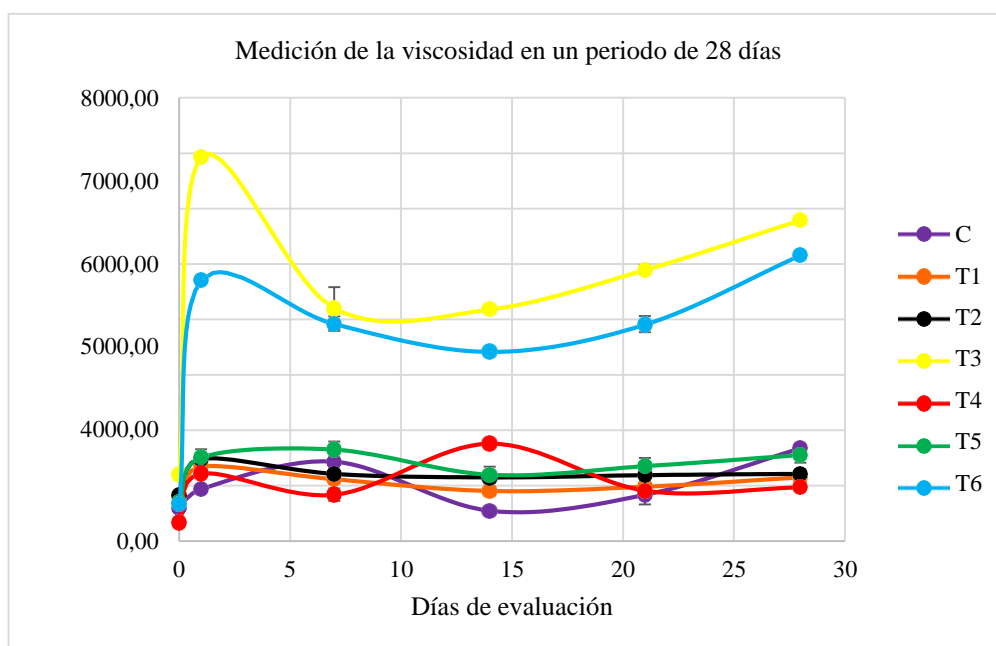


Figura 3: Medición de viscosidad aparente de tratamientos en un periodo de 28 días

De acuerdo a los valores mostrados en la Tabla 7 y en la Figura 3, el Control presentó una viscosidad aparente inferior al resto de tratamientos durante la evaluación, siendo el valor máximo alcanzado igual a 1678.67 cp, correspondiente al día 28 de evaluación. Además, de acuerdo a los resultados obtenidos, al aumentar el porcentaje de sustitución de leche descremada en polvo por harina de quinua, se generó un aumento en la viscosidad aparente.

Como puede observarse en la Tabla 7 y en la Figura 3, al incrementar el porcentaje de harina de quinua en los helados, se presentó una tendencia al aumento de la viscosidad; siendo este más marcado en los casos en los que se realizó un 100 por ciento de sustitución de leche en polvo por las harinas de quinua. Dicho cambio podría atribuirse a la presencia de dos nuevos componentes en el helado: almidón y fibra, ambos compuestos son conocidos por sus propiedades para absorber agua y para proporcionar un efecto espesante, impartiendo un efecto viscoso en los sistemas acuosos (Rodríguez Sandoval *et al.*, 2003).

Así mismo, es importante tener en cuenta el efecto que la congelación tiene sobre el comportamiento del almidón. Al respecto, Yu *et al.* (2015) indican que la congelación y descongelación producen un efecto sobre el gránulo del almidón, que depende de diversos factores, tales como variedad del almidón, temperaturas de congelación y descongelación, contenido de humedad, ciclos de congelación-descongelación y velocidad de congelación.

Además, Yu *et al.* (2015) agregan que, una congelación profunda produce cambios en la superficie del gránulo e incrementa la cristalinidad de los mismos, y que el ciclo de congelación y descongelación disminuye la densidad del gránulo y aumenta su porosidad. Sin embargo, es necesario también, tener en cuenta la velocidad de congelación del almidón, al respecto, según Ferrero *et al.* (1993), una congelación rápida impide la cristalización de la amilosa y de la amilopectina, produciendo una estructura homogénea al descongelarse, ausencia de picos de retrogradación, un menor exudado y mejores características de textura; por el contrario, con una congelación lenta se produce la formación de grandes cristales de hielo y la cristalización de las cadenas de amilosa y amilopectina, generando sinéresis; es decir, liberación de agua, lo cual trae consigo una reducción en la viscosidad. Adicionalmente, Rodríguez *et al.* (2006) realizaron mediciones de viscosidad de suspensiones de harina precocida con reposo a -5°C y -20°C , encontrando valores de viscosidad más altos para las muestras sometidas a las temperaturas más bajas. Lo mencionado por los autores explicaría porqué al alcanzarse la máxima temperatura de congelación en el punto central del alimento se dio una disminución de la viscosidad, lo cual se aprecia de forma más notoria en los tratamientos con mayor porcentaje de sustitución de leche en polvo por harina de quinua.

La capacidad de los gránulos de almidón para hidratarse depende de la capacidad de las moléculas de almidón para retener agua a través de puentes de hidrógeno, influenciada por el contenido de amilosa y amilopectina (Cornejo *et al.*, 2018). Los almidones con alto contenido de amilosa y bajo contenido de amilopectina inducen un poder de hinchamiento muy bajo y una viscosidad baja; por el contrario, el alto contenido de amilopectina está implicado en mayor poder de hinchamiento y alta viscosidad (Bashir y Aggarwal, 2019).

En el caso de la quinua, Rojas *et al.* (2016) señalan que el contenido de amilosa se encuentra entre 10.5 y 21.5 por ciento, mientras que el contenido de amilopectina está entre 78.5 y 89.5 por ciento. Adicionalmente, Ahamed *et al.*, (1996) explica que, los almidones con bajo contenido de amilosa, son altamente estables a la congelación y descongelación, además muestran poca retrogradación. La retrogradación del almidón es un problema cuando el gel se congela y se descongela, ya que, al descongelarse, ocurre la sinéresis, proceso mediante el cual el agua del gel es rechazada debido a la realineación de las moléculas. Cuando el contenido de amilosa del almidón es bajo, como en el caso de la quinua, la sinéresis se reduce

y la pasta de almidón se estabiliza más al congelar y descongelar (Bean y Setser, 1992). Lo antes mencionado justificaría el incremento de viscosidad aparente que se dio conforme aumentó el porcentaje de sustitución en ambas variedades de quinua. Cabe resaltar que, Ahamed *et al.* (1996) encontraron en pastas de almidón de quinua una estabilidad poco usual a la congelación y descongelación, debido a su resistencia a la retrogradación y tamaño; por ello sugirieron aplicar almidón de quinua en productos alimenticios congelados, como en helados.

Al comparar los valores de viscosidad aparente entre los tratamientos según la variedad de quinua, puede notarse que los T1, T2 y T3 (quinua de variedad RH) alcanzaron mayores valores de viscosidad aparente en comparación a los T4, T5 y T6 (quinua de variedad PK), ello podría deberse a que la variedad RH presenta un porcentaje de carbohidratos mayor y estadísticamente diferente con respecto a la variedad PK ($p < 0.05$) (ver Tabla 4).

Cabe mencionar que la viscosidad aparente es una propiedad importante en los helados, pues se utiliza en el diseño de las plantas, en la producción y en la comercialización de helados (Ramírez *et al.*, 2015). Este parámetro debe ser constante ya que las máquinas llenadoras de helado necesitan esta condición para su calibración, así mismo, la viscosidad permite conocer la potencia requerida por el motor del congelador, además del tipo de refrigerante a usar, entre otras condiciones de producción (De Miguel Cabrera, 2014).

Al comparar los resultados de viscosidad aparente en la Tabla 7 y Figura 3 con los resultados de overrun en la Tabla 6 y Figura 2, se observa que existe una relación inversamente proporcional entre ambas características fisicoquímicas. Así, los tratamientos de mayor viscosidad aparente T3 y T6 son los que presentan menores valores de overrun. La misma relación inversa se muestra con la velocidad de fusión (ver Tabla 9 y Figura 5). Sin embargo; lo contrario sucede con la dureza. Los tratamientos con mayores valores de dureza son los que a la vez tienen más altos valores de viscosidad aparente.

c. EFECTO DE SUSTITUIR LECHE EN POLVO POR HARINA DE QUINUA SOBRE LA DUREZA EN HELADO DE CREMA DE VAINILLA

Los resultados de la medición de dureza en el helado de quinua se muestran en la Tabla 8 y

en la Figura 4, la cual indica los valores de dureza evaluados semanalmente, en newton (N), en todos los tratamientos de helado, durante un periodo de 28 días. En el Anexo 6 se detalla el análisis estadístico realizado respecto a la evaluación de dureza.

Si bien se dio una modificación en la composición de los helados con respecto al control, lo que pudo haber generado una modificación sustancial en las características del helado, al parecer, en el caso de la dureza, la variación de cada uno de los componentes se contrarrestó entre sí, no evidenciándose cambios estadísticamente significativos en esta característica. La variedad de quinua, el porcentaje de sustitución y el día de evaluación no influyeron de manera significativa ($p > 0.05$) sobre la dureza.

Respecto a los tratamientos, aunque no hubo diferencia significativa, puede observarse que numéricamente el control (C) presentó una dureza inferior al resto de tratamientos, siendo este, el único que no presenta quinua en su composición.

Tabla 8: Resultados de dureza expresados en N

Tto.*	Códigos	Día de Evaluación					
		Día 0	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28
C	C**	160715,0 ± 89.61 ^{a, A}	162173,9 ± 81.75 ^{a, A}	160611,2 ± 46.30 ^{a, A}	160891,6 ± 50 ^{a, A}	164993,6 ± 260,42 ^{a, A}	178237,4 ± 1020,31 ^{a, A}
T1	RH 25%	161807,4 ± 108.06 ^{a, A}	161026,1 ± 6.20 ^{a, A}	160716,2 ± 56.69 ^{a, A}	109114,3 ± 8983,47 ^{a, A}	161702,2 ± 67,12 ^{a, A}	163453,8 ± 209,44 ^{a, A}
T2	RH 50%	161080,9 ± 88.04 ^{a, A}	162088,4 ± 165.32 ^{a, A}	161743,2 ± 164.84 ^{a, A}	160697,8 ± 74,05 ^{a, A}	160343,2 ± 57,78 ^{a, A}	160977,5 ± 52,34 ^{a, A}
T3	RH 100%	161096,9 ± 45.14 ^{a, A}	161728,3 ± 36.51 ^{a, A}	162165,2 ± 202.05 ^{a, A}	162837,2 ± 139,54 ^{a, A}	161503,6 ± 108,71 ^{a, A}	162040,6 ± 238,12 ^{a, A}
T4	PK 25%	161308,6 ± 57.00 ^{a, A}	160962,8 ± 9.70 ^{a, A}	160646,1 ± 57.01 ^{a, A}	160358,7 ± 55,66 ^{a, A}	160668,4 ± 58,13 ^{a, A}	161852,4 ± 139,96 ^{a, A}
T5	PK 50%	160663,8 ± 40.22 ^{a, A}	160635,6 ± 23.91 ^{a, A}	160402,3 ± 79.83 ^{a, A}	160784,3 ± 138,64 ^{a, A}	160013,5 ± 34,09 ^{a, A}	160656,5 ± 250,06 ^{a, A}
T6	PK 100%	161108,1 ± 17.85 ^{a, A}	161015,8 ± 30.41 ^{a, A}	160747,1 ± 150.13 ^{a, A}	160742,0 ± 93,86 ^{a, A}	160643,8 ± 85,75 ^{a, A}	159611,6 ± 25,65 ^{a, A}

El promedio se obtuvo a partir de tres repeticiones

Letras minúsculas corresponden al análisis estadístico según porcentaje de sustitución, letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

Letras mayúsculas corresponden al análisis estadístico según días de evaluación, letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

*Tratamientos

**Control

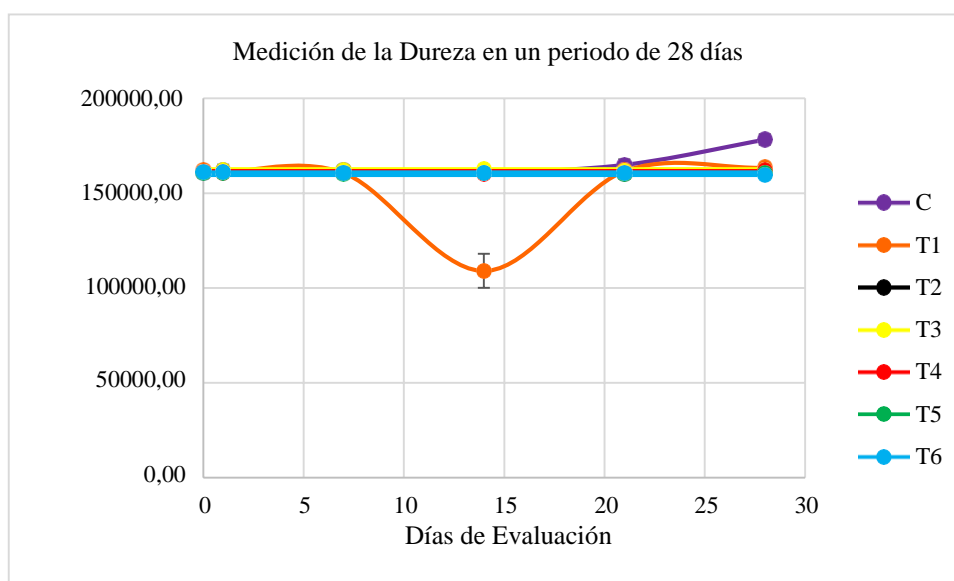


Figura 4: Medición de la dureza de los tratamientos en un periodo de 28 días

Al respecto, según Akbari *et al.* (2019) la quinua tiene como constituyente mayoritario al almidón, el que desempeña un papel influyente en sus propiedades, teniendo la capacidad de formar enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua, resultando un aumento en la dureza (Surapat y Rutthavon, 2003).

De acuerdo a lo mencionado por los autores, la presencia de almidón debió generar un incremento de la dureza a comparación del control que no usó ningún ingrediente que presente este componente; sin embargo, como ya se mencionó, es probable que los otros componentes presentes en la quinua hayan influido en el comportamiento final. Adicionalmente, Guimarães *et al.* (2020), explican que la presencia de fibra (prebiótico), influye en la dureza de los alimentos al interactuar con proteínas y otros polisacáridos formando fuertes redes estructurales. Además, Balthazar *et al.* (2018) indican que la adición fibra en el helado influye en la dureza, por su alta capacidad de retención de agua.

d. EFECTO DE SUSTITUIR LECHE EN POLVO POR HARINA DE QUINUA SOBRE LA VELOCIDAD DE FUSIÓN EN HELADO DE CREMA DE VAINILLA

La Tabla 9 y la Figura 5 muestran los valores de la velocidad de fusión (ml/min) evaluados semanalmente en todos los tratamientos de helado, durante un periodo de 28 días. En el Anexo 7 se detalla el análisis estadístico realizado a la evaluación de velocidad de fusión.

Tabla 9: Resultados de velocidad de fusión expresados en ml/min

Tratamientos	Códigos	Días de Evaluación					
		Día 0	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28
C	Control	2,71 ± 0.00 ^{a,F}	6,77 ± 0.00 ^{b,E}	11,53 ± 0.00 ^{b,C}	15,29 ± 0.00 ^{a,A}	13,77 ± 0.00 ^{b,B}	10,01 ± 0.00 ^{b,D}
T1	RH 25%	1,65 ± 0.00 ^{b,F}	4,38 ± 0.00 ^{d,E}	10,32 ± 0.00 ^{c,C}	11,05 ± 0.00 ^{d,B}	11,54 ± 0.00 ^{d,A}	7,53 ± 0.00 ^{c,D}
T2	RH 50%	0,70 ± 0.00 ^{c,E}	0,16 ± 0.01 ^{e,F}	7,43 ± 0.00 ^{e,B}	3,02 ± 0.00 ^{e,D}	8,58 ± 0.00 ^{e,A}	6,76 ± 0.00 ^{d,C}
T3	RH 100%	0,00 ± 0.00 ^{f,A}	0,00 ± 0.00 ^{f,A}	0,00 ± 0.00 ^{f,A}	0,00 ± 0.00 ^{f,A}	0,00 ± 0.00 ^{f,A}	0,00 ± 0.00 ^{f,A}
T4	PK 25%	0,56 ± 0.00 ^{d,F}	8,11 ± 0.00 ^{a,E}	16,81 ± 0.01 ^{a,A}	14,80 ± 0.00 ^{b,B}	14,56 ± 0.00 ^{a,C}	11,78 ± 0.00 ^{a,D}
T5	PK 50%	0,51 ± 0.00 ^{e,F}	4,73 ± 0.00 ^{c,E}	8,96 ± 0.00 ^{d,C}	13,63 ± 0.00 ^{c,A}	12,45 ± 0.00 ^{c,B}	6,67 ± 0.00 ^{e,D}
T6	PK 100%	0,00 ± 0.00 ^{f,A}	0,00 ± 0.00 ^{f,A}	0,00 ± 0.00 ^{f,A}	0,00 ± 0.00 ^{f,A}	0,00 ± 0.00 ^{f,A}	0,00 ± 0.00 ^{f,A}

El promedio se obtuvo a partir de tres repeticiones

Letras minúsculas corresponden al análisis estadístico según porcentaje de sustitución, letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

Letras mayúsculas corresponden al análisis estadístico según días de evaluación, letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

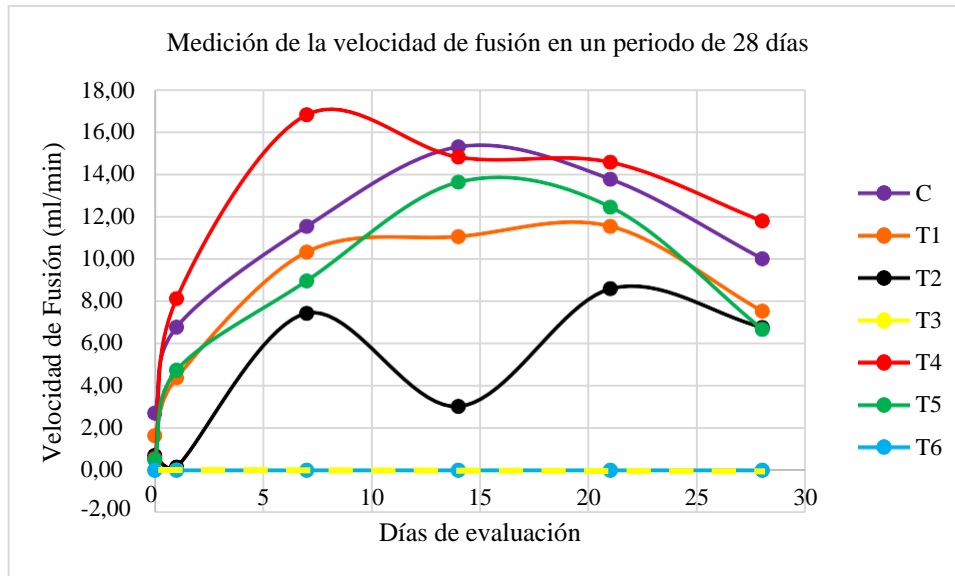


Figura 5: Medición de velocidad de fusión de tratamientos en un periodo de 28 días

De acuerdo con los resultados mostrados, se observó que la variedad de quinua, el porcentaje de sustitución y el tiempo de evaluación influyeron de manera significativa ($p < 0.05$) sobre la velocidad de fusión de todos los tratamientos evaluados (T1, T2, T3, T4, T5 y T6) respecto al helado sin ningún tipo de sustitución (C).

De acuerdo con la Tabla 9 y la Figura 5, el Control presentó los valores de velocidad de fusión más altos durante el periodo de 28 días de evaluación, siendo su valor más alto igual a 15.29 ml/min. Por el contrario, los tratamientos con adición de quinua, presentaron velocidades de fusión más bajas.

Se observó una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de adición de quinua y la velocidad de fusión; es decir, mientras mayor es el contenido de quinua, menor es su velocidad de fusión. Ello podría deberse a los geles de almidón presentes en la quinua, los cuales tienen una fuerza estructural elevada y una gran capacidad de retención de agua, lo cual resulta en un retraso en el derretimiento (Sharma *et al.*, 2017).

De acuerdo con Muse y Hartel (2004), la velocidad de fusión del helado depende de la desestabilización de la grasa, la cual a su vez está relacionada con la viscosidad de la mezcla de helado. Kaya y Tekin (2001), mencionan que, al aumentar la viscosidad en los helados, aumenta también la resistencia al derretimiento. Por otro lado, Balthazar *et al.* (2018) mencionan que la cantidad de aire incorporado; es decir, el overrun, también determina la

velocidad de fusión, existiendo una relación directa entre ambos. Así, al tener un bajo valor de overrun, la velocidad de fusión también será baja. Casi todos los resultados obtenidos, coincidieron con lo mencionado por estos autores, pues como se observa en las Tablas 6 y 7, los tratamientos que tuvieron los menores valores de overrun y viscosidad, son los mismos que a su vez presentaron las velocidades de fusión más bajas (Tabla 9 y Figura 5).

Entre las variedades de quinua trabajadas, los tratamientos con RH alcanzaron velocidades de fusión menores que aquellos con PK. Ello se debe a la variedad RH presenta un porcentaje de carbohidratos mayor y estadísticamente diferente con respecto a la variedad PK ($p < 0.05$) (ver Tabla 4), pudiendo así formar geles de almidón más fuertes y con una mayor capacidad de retención de agua.

Durante el periodo de evaluación de 28 días, se observó que la velocidad de fusión tendió a aumentar ligeramente conforme transcurrió el tiempo. En otras palabras, en los últimos días de evaluación los helados se derretían más rápidamente en comparación a los primeros días de estudio. Esto podría haber ocurrido como consecuencia de las fluctuaciones de temperatura que se dan durante el periodo de evaluación.

4.3.2. VIABILIDAD DE LOS MICROORGANISMOS PROBIÓTICOS

En la Tabla 10 y la Figura 6, se presenta el recuento semanal de bacterias ácido lácticas, en Unidades formadoras de colonia por mililitro (UFC/ml), en todos los tratamientos de helado, durante un periodo de 28 días. En el Anexo 8 se detalla el análisis estadístico realizado respecto a la viabilidad de los organismos probióticos.

El control (C) presentó un recuento en promedio menor ($1.20E+06$ UFC/ml) respecto al resto de tratamientos. Esto podría estar relacionado a los componentes presentes en la quinua, en especial la fibra, ya que los microorganismos probióticos requieren altos niveles de nutrientes, los cuales podrían beneficiar su crecimiento durante el almacenamiento (Casarotti *et al.*, 2014). Al respecto, Balthazar *et al.* (2018) mencionan que los prebióticos son sustratos selectivamente usados por los microorganismos probióticos, para mejorar su crecimiento y su adaptación en el producto alimenticio. La adición de prebióticos, protege a las bacterias probióticas de determinadas situaciones de estrés (Mohammadi *et al.*, 2011).

Tabla 10: Resultados de recuento de bacterias ácido lácticas expresados en UFC/ml

Tto.*	Códigos	Días de Evaluación					
		Día 0	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28
C	Control	2,70E+05 ± 0.00 ^{f,D}	2,00E+06 ± 0.00 ^{c,A}	3,00E+05 ± 0.00 ^{e,C}	4,00E+05 ± 0.00 ^{f,B}	2,00E+06 ± 0.00 ^{e,A}	2,00E+06 ± 0.00 ^{g,A}
T1	RH 25%	5,00E+06 ± 0.00 ^{b,B}	3,00E+06 ± 0.00 ^{b,D}	5,00E+05 ± 0.00 ^{d,E}	6,00E+06 ± 0.00 ^{a,A}	3,00E+06 ± 0.00 ^{d,D}	3,20E+06 ± 0.00 ^{e,C}
T2	RH 50%	6,00E+05 ± 0.00 ^{e,E}	6,60E+06 ± 0.00 ^{a,B}	2,00E+05 ± 0.00 ^{f,F}	5,00E+06 ± 0.00 ^{b,C}	3,00E+06 ± 0.00 ^{d,D}	1,00E+07 ± 0.00 ^{b,A}
T3	RH 100%	2,00E+05 ± 0.00 ^{g,F}	3,00E+05 ± 0.00 ^{d,E}	2,20E+06 ± 0.00 ^{a,D}	3,00E+06 ± 0.00 ^{c,B}	2,00E+10 ± 0.00 ^{a,A}	2,50E+06 ± 0.00 ^{f,C}
T4	PK 25%	6,00E+06 ± 0.00 ^{a,B}	3,00E+06 ± 0.00 ^{b,C}	1,10E+06 ± 0.00 ^{c,D}	3,00E+06 ± 0.00 ^{c,C}	1,50E+07 ± 0.00 ^{c,A}	6,00E+06 ± 0.00 ^{c,B}
T5	PK 50%	4,00E+06 ± 0.00 ^{c,A}	3,00E+06 ± 0.00 ^{b,B}	1,50E+06 ± 0.00 ^{b,C}	1,00E+06 ± 0.00 ^{e,D}	1,50E+06 ± 0.00 ^{f,C}	4,00E+06 ± 0.00 ^{d,A}
T6	PK 100%	1,00E+06 ± 0.00 ^{d,D}	2,00E+05 ± 0.00 ^{e,E}	2,00E+05 ± 0.00 ^{f,E}	1,50E+06 ± 0.00 ^{d,C}	2,50E+09 ± 0.00 ^{b,A}	3,00E+08 ± 0.00 ^{a,B}

El promedio se obtuvo a partir de tres repeticiones

Letras minúsculas corresponden al análisis estadístico según porcentaje de sustitución, letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

Letras mayúsculas corresponden al análisis estadístico según días de evaluación, letras iguales no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

*Tratamientos

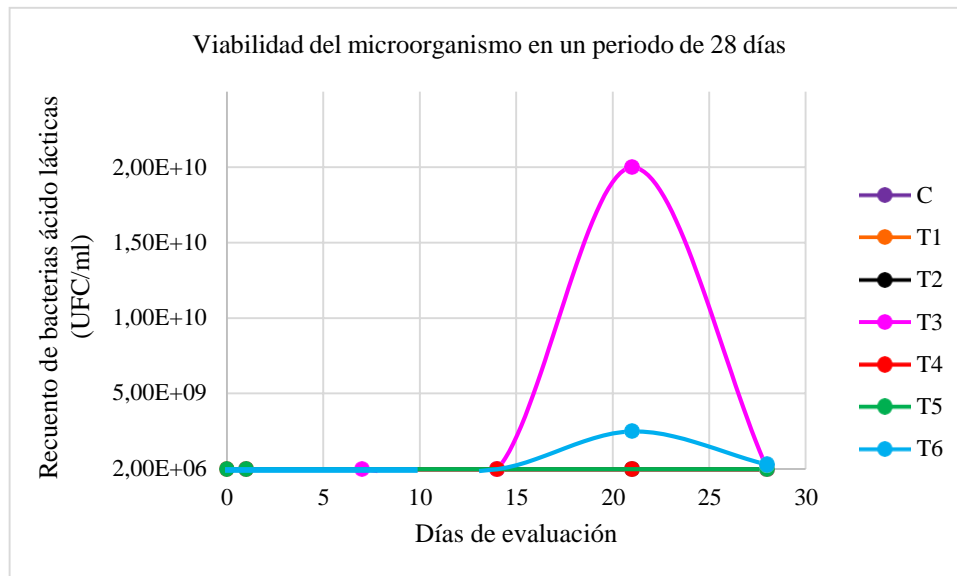


Figura 6: Medición de viabilidad del microorganismo de los tratamientos en un periodo de 28 días

Así, de acuerdo con Balthazar *et al.* (2018), Mohammadi *et al.* (2011), Guimarães *et al.* (2020) y los resultados obtenidos en el recuento microbiológico, podríamos considerar que la harina de quinua contiene componentes prebióticos, ello porque solo en los tratamientos con 100 por ciento de sustitución y hacia el final del almacenamiento, se observó los recuentos más altos a comparación de aquellos tratamientos con porcentajes de sustitución menores, o sin presencia de la misma.

Los mayores valores de recuento de bacterias ácido lácticas se encontraron en el día 21, y fueron de 2×10^{10} UFC/ml y 2.5×10^9 UFC/ml, correspondientes a los tratamientos T3 y T6, respectivamente, con diferencia significativa entre ambos ($p < 0.05$). El Codex Alimentarius (2018) indica un mínimo de 10^6 UFC/g, para el caso de leches fermentadas, yogures y yogures de cultivos alternativos. Algunos de los tratamientos con presencia de harina de quinua alcanzaron el recuento mínimo durante el periodo de evaluación de 28 días (ver Tabla 10 y Figura 6), esto especialmente en los tratamientos con los más altos porcentajes de sustitución.

Talwalkar *et al.* (2004) y Jayamanne y Adams (2006) afirman que, de manera general, se considera que consumiendo diariamente 100 g de alimento que contenga entre 10^6 y 10^7 UFC/g viables, se producirá un efecto benéfico para la salud. Por lo tanto, en base a los

resultados obtenidos en la Tabla 10, podría considerarse que, al consumir 100 g del helado de quinua, se generarían efectos benéficos en la salud de la persona.

Respecto al encapsulamiento con alginato de sodio, Chandranouli *et al.* (2004), estudiaron la viabilidad de *Lactobacillus acidophilus* encapsulado con alginato de sodio en presencia de jugo gástrico (pH 2,0), obteniendo valores de viabilidad alrededor de 10^6 UFC/ml. Por su parte, Kim *et al.* (2008) encapsularon *Lactobacillus acidophilus* ATCC 43121 con alginato de sodio, y encontraron resultados positivos al analizar su supervivencia durante la exposición al sistema gastrointestinal in vitro. Así mismo, Khalil y Mansour (1998) analizaron bifidobacterias incorporadas encapsuladas con alginato y evaluaron la supervivencia de células durante el almacenamiento refrigerado a 5°C durante 12 semanas y también obtuvo resultados superiores a 10^6 UFC/ml. En otro estudio, Ozer *et al.* (2009) añadió *Lactobacillus acidophilus* encapsulado con alginato a un queso blanco, lo analizó durante 90 días de almacenamiento a 4°C, obteniendo recuentos superiores a 10^6 UFC/ml. Así también, Homayouni *et al.* (2008) evaluaron la supervivencia de *Lactobacillus casei* y *B. lactis* de forma libre y encapsulados, encontrando que el recuento final después de 6 meses, mostró una disminución menor para las células encapsuladas. Así mismo, Silva *et al.* (2019) evaluaron el comportamiento de *Lactobacillus casei* en forma libre y encapsulados, hallando que los microorganismos encapsulados sufrieron una reducción menor que los microorganismos agregados de forma libre. De acuerdo con los mencionados autores, la encapsulación proporcionaría una barrera física contra los factores de deterioro ambiental, mientras que las células libres son desprovistas de esta protección.

Según Casarotti *et al.* (2014), los nutrientes de la quinua, especialmente lípidos y fibra, benefician el crecimiento de microorganismos probióticos durante el almacenamiento del alimento. Así, el análisis proximal realizado a las harinas de quinua (ver Tabla 4), muestra que ambas variedades de quinua cuentan con ambos nutrientes; de esta manera, conforme incrementa el porcentaje de quinua en los helados, el contenido de ambos nutrientes aumenta, lo cual generó un incremento en el recuento de bacterias ácido lácticas.

Por otro lado, respecto a los días de evaluación, se muestra que tanto en el día inicial (día 0) como en el día final (día 28), hay un recuento alto de bacterias ácido lácticas, encontrándose valores que en promedio fluctúan entre 10^5 y 10^7 UFC/ml; ello significa que el

microorganismo probiótico *Lactobacillus casei*, logró sobrevivir e incluso aumentar su población en el helado durante todo el periodo de 28 días de almacenamiento.

Por otro lado, como se observa en la Tabla 10 y en la Figura 6, en algunos tratamientos y de acuerdo con los días de almacenamiento, se presentó una disminución en el número de células probióticas encapsuladas en congelación, lo que podría atribuirse al intercambio de iones entre el sodio y el calcio en la matriz de alginato, produciendo desestabilización de las cápsulas de alginato de calcio y afectando la viabilidad de las células encapsuladas (Mahmoud *et al.*, 2020). Así mismo, De Souza *et al.* (2011), mencionan que la acidificación del producto final, la producción de ácidos durante el almacenamiento, los compuestos antimicrobianos y la pérdida de nutrientes de la leche podrían reducir la viabilidad de los probióticos.

4.3.3. EVALUACIÓN SENSORIAL

La Figura 7 muestra los promedios de los puntajes de los atributos sensoriales evaluados (olor, color, sabor, textura y aceptabilidad general) de cada uno de los tratamientos. En el Anexo 9 se detallan los resultados de la evaluación sensorial y en el Anexo 10 puede observarse la fotografía del desarrollo de la prueba de evaluación sensorial.

Conforme se observa en la Figura 7, a medida que aumentó el porcentaje de harina de quinua en los tratamientos, hubo una ligera tendencia a la disminución del puntaje de los atributos sensoriales evaluados, siendo dicha disminución más pronunciada en los tratamientos con harina RH.

Respecto al atributo olor, se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0.05$). Los valores promedio obtenidos para los tratamientos con harina de quinua RH variaron desde 5.3 ± 1.66 a 6.0 ± 1.54 , que corresponden a una percepción que va desde ni me gusta ni me disgusta a me gusta levemente, mientras que los tratamientos con harina de quinua PK variaron desde 6.2 ± 1.48 a 6.4 ± 1.36 , que corresponden a una percepción de me gusta levemente. El promedio más alto para el atributo olor fue obtenido por el Control, mientras que el promedio más bajo correspondió al tratamiento T3 (RH 100 por ciento), con valores de 6.8 ± 1.48 y 5.3 ± 1.66 , respectivamente.

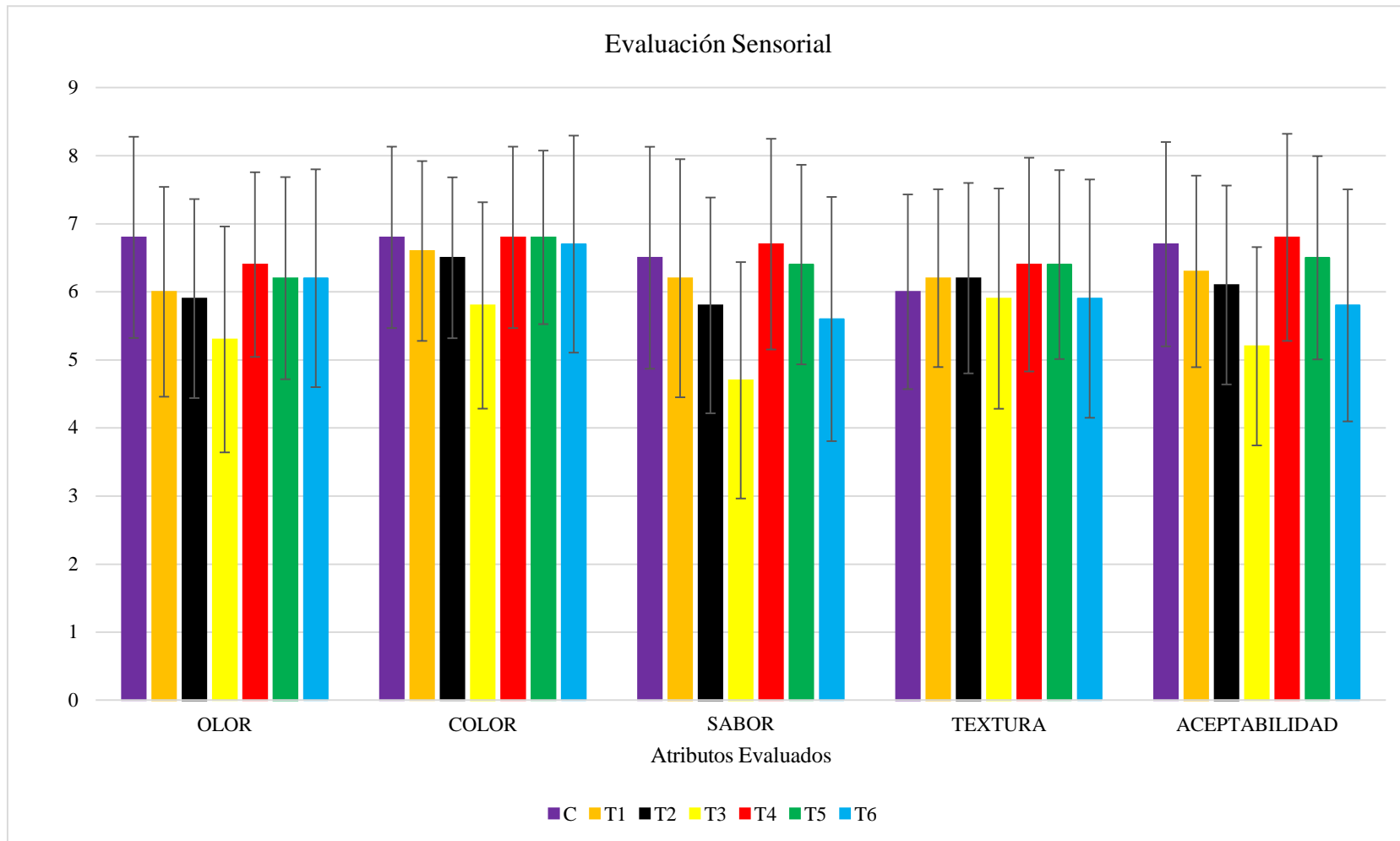


Figura 7: Resultados de los atributos sensoriales evaluados mediante una escala hedónica

Respecto al atributo color, también se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0.05$). Los valores promedio obtenidos para los tratamientos con harina de quinua RH variaron desde 5.8 ± 1.52 a 6.6 ± 1.32 , que corresponden a una percepción que va desde *ni me gusta ni me disgusta* a *me gusta levemente*. Mientras que los tratamientos con harina de quinua PK variaron desde 6.7 ± 1.59 a 6.8 ± 1.27 , que corresponden a una percepción de *me gusta levemente*. El promedio más alto para el atributo color fue obtenido por el Control y los tratamientos T4 (PK 25 por ciento) y T5 (PK 50 por ciento) mientras que el promedio más bajo correspondió al tratamiento T3 (RH 100 por ciento), con valores de 6.8 ± 1.33 , 6.8 ± 1.33 , 6.8 ± 1.27 y 5.8 ± 1.52 , respectivamente.

Respecto al atributo sabor, se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0.05$). Los valores promedio obtenidos para los tratamientos con harina de quinua RH variaron desde 4.7 ± 1.74 a 6.2 ± 1.75 , que corresponden a una percepción que va desde *me disgusta levemente* a *me gusta levemente*. Mientras que los tratamientos con harina de quinua PK variaron desde 5.6 ± 1.79 a 6.7 ± 1.55 , que corresponden a una percepción que va desde *ni me gusta ni me disgusta* a *me gusta levemente*. El promedio más alto para el atributo sabor fue obtenido por el tratamiento T4, mientras que el promedio más bajo correspondió al tratamiento T3, con los valores de 6.7 ± 1.55 y 4.7 ± 1.74 , respectivamente.

En el caso de la textura, al igual que en los anteriores atributos evaluados, también se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0.05$). Los valores promedio obtenidos para los tratamientos con harina de quinua RH, variaron desde 5.9 ± 1.62 hasta 6.2 ± 1.31 , que corresponden a una percepción que va desde *ni me gusta ni me disgusta* a *me gusta levemente*.

Mientras que los tratamientos con harina de quinua PK variaron desde 5.9 ± 1.75 hasta 6.4 ± 1.39 , que corresponden a una percepción que va desde *ni me gusta ni me disgusta* a *me gusta levemente*. El promedio más alto para el atributo textura fue obtenido por los tratamientos T4 y T5, mientras que el promedio más bajo correspondió a los tratamientos T3 y T6, con valores de 6.4 ± 1.57 , 6.4 ± 1.39 , 5.9 ± 1.62 y 5.9 ± 1.75 , respectivamente.

Finalmente, respecto a la aceptabilidad general, los valores promedio obtenidos para los

tratamientos con harina de quinua RH variaron desde 5.2 ± 1.46 a 6.3 ± 1.41 , que corresponden a una percepción que va desde *ni me gusta ni me disgusta* a *me gusta levemente*, mientras que los tratamientos con harina de quinua PK variaron desde 5.8 ± 1.70 a 6.8 ± 1.52 , que corresponden a una percepción que va desde *ni me gusta ni me disgusta* a *me gusta levemente*. El promedio más alto para el atributo aceptabilidad general fue obtenido por el tratamiento T4, mientras que el promedio más bajo correspondió al tratamiento T3, con valores de 6.8 ± 1.52 y 5.2 ± 1.46 , respectivamente.

Andrade (2012) evaluó la sustitución al 15 y 25 por ciento de suero de leche en polvo por harina de quinua en la elaboración de helados de leche, obteniendo que la sustitución con harina de quinua al 25 por ciento presentó mejores características sensoriales (aroma, sabor, textura y apariencia) con promedio de 7.1 puntos, semejantes al control. Por su parte, Akesowan (2009) evaluó las propiedades físicas y sensoriales de un helado con sustitución de 0, 25, 50, 75 y 100 por ciento de leche descremada en polvo por proteína de soya aislada, encontrando que los panelistas no pudieron determinar ninguna diferencia entre la muestra control y las muestras de hasta 50 por ciento de sustitución, respecto a suavidad y gomosidad.

Con respecto al uso de microorganismos encapsulados en helados, Silva *et al.* (2019) señala que, en su investigación, la adición de cápsulas al 10 por ciento no impactó en la textura sensorial del helado, ya que algunos catadores voluntarios no detectaron su presencia. Los helados de diferentes sabores y formulaciones, también con microorganismos probióticos añadidos envueltos en cápsulas, han sido generalmente aceptados por los consumidores (Homayouni *et al.*, 2008). En adición a ello, Zanjani *et al.* (2018) indica que la adición de *Lactobacillus casei* y *B. adolescentis*, tanto de manera libre como encapsulada, no afecta significativamente las características sensoriales del helado, y el sabor no cambia. Así mismo, De Souza *et al.* (2011) indica que las tres muestras de helado que estudió (control, con *Lactobacillus casei* libre y con *Lactobacillus casei* encapsulado) presentaron un perfil sensorial semejante en relación a los atributos de sabor, consistencia y apariencia, y no fueron estadísticamente diferentes entre sí ($p > 0.05$). Los resultados obtenidos tras la realización de la evaluación sensorial coinciden con Silva *et al.* (2019), Zanjani *et al.* (2018), De Souza *et al.* (2011) y Homayouni *et al.* (2008), pues del total de 85 panelistas, solo 26 detectaron la presencia de las cápsulas y de estos, únicamente 2 señalaron que fue algo desagradable. Es importante mencionar que, los panelistas que detectaron la presencia de

cápsulas, las describieron como frutos secos, trozos de pulpa, chispas de granos andinos, trozos pequeños de fruta, gomitas y bolitas masticables. De acuerdo a las investigaciones mencionadas, la adición de microorganismos probióticos (en forma libre y protegido) no afectaron las propiedades sensoriales del helado, por lo que, en la presente investigación, es probable que este factor tampoco haya influido en el puntaje obtenido para cada atributo.

Por otro lado, Cruz *et al.* (2009) indican que el sabor es generalmente el primer indicador cuando los consumidores eligen un alimento; pues su interés no se despierta en consumir alimentos funcionales si los ingredientes bioactivos resultan en un sabor desagradable. Así pues, en base a lo que indican Cruz *et al.* (2009), las personas escogerían el tratamiento T4 ya que obtuvo el mayor puntaje respecto al atributo sabor, y al mismo tiempo, consumirían un alimento probiótico, lo cual mejoraría su salud.

V. CONCLUSIONES

1. Las propiedades de overrun, dureza, viscosidad y velocidad de fusión en el helado de crema de sabor vainilla, fueron influenciadas por los porcentajes utilizados de las harinas de quinua de variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla, destacando que, la harina Pasankalla en porcentaje de 25 por ciento (T1) logró los valores más altos para overrun y más bajos para dureza, presentando diferencias significativas respecto a los demás tratamientos en el caso del overrun ($p < 0.05$), mas no en el caso de la dureza ($p > 0.05$).
2. La sustitución de leche en polvo por harina de quinua (Rosada de Huancayo y Pasankalla) generó un incremento en el valor de la viscosidad del helado, siendo significativamente diferente respecto al control cuando hubo una sustitución del 100 por ciento (T3 y T6).
3. La velocidad de fusión de los helados de quinua con harina Rosada de Huancayo y Pasankalla (100 por ciento de sustitución, T3 Y T6 respectivamente) obtuvieron los valores más bajos, sin presentar diferencias significativas entre ambas ($p > 0.05$).
4. El microorganismo probiótico *Lactobacillus casei* encapsulado, presentó una muy buena viabilidad en los helados de crema con harina de quinua, durante un periodo de 28 días a una temperatura de almacenamiento de -20°C , logrando valores máximos (en el día 21) de 2×10^{10} UFC/ml y 2.5×10^9 UFC/ml, correspondientes a los tratamientos T3 (Rosada de Huancayo 100 por ciento) y T6 (Pasankalla 100 por ciento), respectivamente, encontrándose diferencia significativa entre ambos ($p < 0.05$).
5. El valor de aceptabilidad general más alto (6.8 ± 1.52) correspondió al helado con 25 por ciento de sustitución de leche en polvo por harina de quinua de la variedad Pasankalla (T4) presentando diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos y el control ($p < 0.05$).

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar la supervivencia del microorganismo probiótico *Lactobacillus casei* durante un periodo de tiempo mayor a 28 días.
- Evaluar la sustitución de leche en polvo por harina de quinua, de otras variedades, en un helado de crema y en otros tipos de helado de sabores variados.
- Realizar estudios de tiempo de vida útil de los helados conteniendo harina de quinua.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Abeywardena, M.; McLennan, P.; Charnock, J. (1991). Differential effects of dietary fish oil on myocardial prostaglandin I₂ and thromboxane A₂ production. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 260(2): H379-H385. doi: 10.1152/ajpheart.1991.260.2.H379
- Acevedo, J. (2005). Elaboración de un Balance de Masa Para Yogur, Helado, Queso Zamorella y Queso Crema en La Planta de Lácteos de Zamorano (Doctoral dissertation). (Tesis de Bachiller, Universidad Zamorano de Honduras). Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/1058>
- Adapa, S.; Dingeldein, H.; Schmidt, K.; Herald, T. (2000). Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers. *Journal of dairy science*, 83(10): 2224-2229. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75106-X
- Ahamed, N.; Singhal, R.; Kulkarni, P.; Pal, M. (1996). Physicochemical and functional properties of *Chenopodium quinoa* starch. *Carbohydrate polymers*, 31(1-2): 99-103. doi: 10.1016/S0144-8617(96)00034-3
- Ahmadi, A.; Milani, E.; Madadlou, A.; Mortazavi, S.; Mokarram, R.; Salarbashi, D. (2014). Synbiotic yogurt-ice cream produced via incorporation of microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* (Ia-5) and fructooligosaccharide. *Journal of Food Science and Technology*, 51: 1568-1574. doi: 10.1007/s13197-012-0679
- Akbari, M.; Eskandari, M.; Davoudi, Z. (2019). Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. *Trends in food science & technology*, 86: 34-40. doi: 10.1016/j.tifs.2019.02.036
- Akesowan, A. (2009). Influence of soy protein isolate on physical and sensory properties of

ice cream. *Thai Journal of Agricultural Science*, 42(1): 1-6. Recuperado de <https://www.thaiscience.info/journals/Article/TJAS/10469543.pdf>

Alfaifi, M.; Stathopoulos, C. (2010). Effect of egg yolk substitution by sweet whey protein isolate on texture, stability and colour of Gelato-style vanilla ice cream. *International journal of dairy technology*, 63(4): 593-598. doi: 10.1111/j.1471-0307.2010.00609

Alzamora, P. (2018). La cristalización como defecto en los helados de crema. (Trabajo monográfico, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3133>

Andrade, F. (2012). Estudio de harina de quinua y suero de leche en polvo (0, 15 y 25%) como sustitutos de lo sólidos no grasos en la elaboración de helados de leche (Tesis de bachiller, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3835>

Angulo, C. (2017). Efecto de la concentración de leche de quinua, leche de coco y leche evaporada sobre el overrun, viscosidad aparente, fusión, acidez titulable y aceptabilidad general en helado tipo crema. (Tesis de bachiller, Universidad Privada Antenor Orrego). Recuperado de <https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/2464>

AOAC (2007) *Official Methods of Analysis*. 18th Edition, Association of Official Analytical chemists, Gaithersburg

Association of Official Analytical Chemist. (1988). *Official methods of analysis*. (14° ed.). Arlington, VA, Estados Unidos.

Arana G.; Luyo L.; Orihuela P.; Oyola S.; Sánchez B. (2018). Helados enriquecidos con quinua. (Trabajo de Investigación, Universidad San Ignacio de Loyola). Recuperada de <http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3288/3/2018>

Araújo, U.; Ramírez, L.; Villadiego, O.; Campuzano, O. (2015). Técnicas para la

- microencapsulación de probióticos y el impacto en su funcionalidad: una revisión. *Alimentos Hoy*, 23(36): 112-126. Recuperado de <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/349/299>
- Balthazar, C.; Silva, H.; Esmerino, E.; Rocha, R.; Moraes, J.; Carmo, M.; ... Cruz, A. (2018). The addition of inulin and *Lactobacillus casei* 01 in sheep milk ice cream. *Food chemistry*, 246: 464-472. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.12.002
- Bartolo E. (2014). Influencia de la temperatura de tostado sobre el contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) variedad Cupi. (Tesis de bachiller, Universidad Peruana Unión). Recuperado de <https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840>
- Bashir, K.; Aggarwal, M. (2019). Physicochemical, structural and functional properties of native and irradiated starch: a review. *Journal of food science and technology*, 56: 513-523. doi: 10.1007/s13197-018-3530-2
- Bean, M.; Setser, C. (1992). *Starch in Food Theory and Applications*. New York, Estados Unidos de América: J. Bowers
- Burgain, J.; Gaiani, C.; Linder, M.; Scher, J. (2011). Encapsulation of probiotic living cells: From laboratory scale to industrial applications. *Journal of food engineering*, 104(4): 467-483. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2010.12.031
- Casarotti, S.; Carneiro, B.; Penna, A. (2014). Evaluation of the effect of supplementing fermented milk with quinoa flour on probiotic activity. *Journal of dairy science*, 97(10): 6027-6035. doi: 10.3168/jds.2014-8197
- Chandramouli, V., Kailasapathy, K., Peiris, P., & Jones, M. (2004). An improved method of microencapsulation and its evaluation to protect *Lactobacillus spp.* in simulated gastric conditions. *Journal of microbiological methods*, 56(1): 27-35. doi: 10.1016/j.mimet.2003.09.002
- Cruz, A.; Antunes, A.; Sousa, A.; Faria, J.; Saad, S. (2009). Ice-cream as a probiotic food

carrier. Food Research International, 42(9): 1233-1239. Doi: 10.1016/j.foodres.2009.03.020

Da Silva, P.; Bezerra, M.; Dos Santos, K. M& Correia, R. T. P. (2015). Potentially probiotic ice cream from goat's milk: Characterization and cell viability during processing, storage and simulated gastrointestinal conditions. LWT-Food Science and Technology, 62(1): 452-457. doi: 10.1016/j.lwt.2014.02.055

Datta, A.; Sahin, S.; Sumnu, G.; Keskin, S. (2007). Porous media characterization of breads baked using novel heating modes. Journal of Food Engineering, 79(1): 106-116. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.01.046

Cabrera, A. (2014). Elaboración de helados. INAE0209. Recuperado de <https://www.perlego.com/book/2170394/elaboracin-de-helados-inae0209-pdf>

De Souza, J.; Guergoletto, K.; Garcia, S.; Sivieri, K. (2011). Viabilidade da adição de *Lactobacillus casei* (LC-1) protegido com trealose e goma acácia em sorvetes. Alimentos e Nutrição., Araraquara, 22(2): 231-237. Recuperado de <https://www.researchgate.net/profile/Katia-Sivieri/publication/>

Del Castillo, S.; Mestres, L. (2004). Productos Lácteos Tecnología. Lima, Perú: Ediciones UPC.

Euromonitor. (27 de julio de 2018). Helados y Postres Congelados en Perú. [Mensaje en una Página Web]. Recuperado de <https://www.euromonitor.com/ice-cream-and-frozen-desserts-in-peru/report>

Feizi, R.; Goh, K.; Mutukumira, A. (2021). Effect of chia seed mucilage as stabilizer in ice cream. International Dairy Journal, 120: 105087. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105087

Ferrero, C.; Martino, M.; Zaritzky, N. (1993). Effect of freezing rate and xanthan gum on the properties of corn starch and wheat flour pastes. International journal of food science & technology, 28(5), 481-498. doi: 10.1111/j.1365-2621.1993.tb01297

- Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization. (2002). Guidelines for the evaluation of probiotics in food. London Ontario, Canada. Disponible en: http://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf
- Fraser, B. 1996. Manual de tecnología de Helados. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Goff, H. (2002). Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 7(5-6): 432-437. Doi: 10.1016/S1359-0294(02)00076-6
- Guimarães, J.; Balthazar, C.; Silva, R.; Rocha, R.; Graça, J.; Esmerino, E., ... & Cruz, A. (2020). Impact of probiotics and prebiotics on food texture. *Current Opinion in Food Science*, 33: 38-44. doi: 10.1016/j.cofs.2019.12.002
- Gutiérrez, E. (2019). Efecto de la adición de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* A.) y fibra cítrica en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en helado tipo crema de vainilla. (Tesis de Bachiller, Universidad Privada Antenor Orrego). Recuperado de <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/5416>
- Hernández, R. (2015). La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes mellitus. *Revista Cubana de Endocrinología*, 26(3): 304-312. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S156129532015000300010&script=sci_arttext
- Homayouni, A.; Ehsani, M.; Azizi, A.; Razavi, S.; Yarmand, M. (2008). Growth and survival of some probiotic strains in simulated ice cream conditions. *Journal of Applied Sciences*, 8(2): 379-382. doi: 10.3923/jas.2008.379.382
- Homayouni, A.; Norouzi, S. (2016). Evaluation of physicochemical traits, sensory properties and survival of *Lactobacillus casei* in fermented soy-based ice cream. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(4): 681-687. doi: 10.1111/jfpp.12648

- Instituto Nacional de Calidad (2018). Norma Técnica Peruana (NTP) 202.057. (2018). Leche y Productos Lácteos. Helados. Requerimientos. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (2014). Norma Técnica Peruana (NTP) 205.062. (2014). Granos Andinos. Quinoa. Requisitos. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (2006). QUINUA INIA 415 PASANKALLA. Puno: Estación Experimental Agraria ILLPA – Puno, Perú.
- Jayamanne, V.; Adams, M. (2006). Determination of survival, identity and stress resistance of probiotic bifidobacteria in bio-yoghurts. *Letters in applied microbiology*, 42(3): 189-194. doi: 10.1111/j.1472-765X.2006.01843
- Kaya, S.; Tekin, A. R. (2001). The effect of salep content on the rheological characteristics of a typical ice-cream mix. *Journal of Food Engineering*, 47(1): 59-62. doi: 10.1016/S0260-8774(00)00093-5
- Khalil, A.; Mansour, E. (1998). Alginate encapsulated bifidobacteria survival in mayonnaise. *Journal of Food Science*, 63(4): 702-705. doi: 10.1111/j.1365-2621.1998.tb15817
- Kim, S. J.; Cho, S.; Kim, S. H.; Song, O. J.; Shin, I.; Cha, D.; Park, H. (2008). Effect of microencapsulation on viability and other characteristics in *Lactobacillus acidophilus* ATCC 43121. *LWT-Food Science and Technology*, 41(3): 493-500. doi: 10.1016/j.lwt.2007.03.025
- Kourkoutas, Y.; Bosnea, L.; Taboukos, S.; Baras, C.; Lambrou, D.; Kanellaki, M. (2006). Probiotic cheese production using *Lactobacillus casei* cells immobilized on fruit pieces. *Journal of dairy science*, 89(5), 1439-1451. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72212-3
- Krasaekoopt, W.; Bhandari, B.; Deeth, H. (2003). Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt. *International Dairy Journal*, 13(1): 3-13. doi:

10.1016/S0958-6946(02)00155-3

Ludeña, U.; García, T. (2018). Elaboración de Helados. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Ludena, U.; García, T.; Tolonen, T., Jaakkola, M., Pena-Niebuhr, M. G., Von Wright, A., ... Plumed-Ferrer, C. (2016). Development of a fermented quinoa-based beverage. *Food Science & nutrition*, 5(3): 602-608. doi: 10.1002/fsn3.436

Pasin, B.; Azón, C.; Garriga, A. (2012). Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. *Revista venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(1): 130-151. Recuperado de http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/acym/alginatos_en_alimetnos.pdf

Mahmoud, M.; Abdallah, N.; El-Shafei, K.; Tawfik, N.; El-Sayed, H. (2020). Survivability of alginate-microencapsulated *Lactobacillus plantarum* during storage, simulated food processing and gastrointestinal conditions. *Heliyon*, 6(3). doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03541

Mahoney, A.; Lopez, J.; Hendricks, D. (1975). Evaluation of the protein quality of quinoa. *Journal of agricultural and food chemistry*, 23(2): 190-193. doi: 10.1021/jf60198a035

Marquina, D.; Santos, A. (2001). Probióticos, prebióticos y salud. *Actualidad SEM*, 32: 24-27. Recuperado de http://crinoidea.semicrobiologia.org/pdf/actualidad/SEM32_24.pdf

Martínez-Villaluenga, C.; Peñas, E.; Hernández-Ledesma, B. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*, 137: 111178. doi: 10.1016/j.fct.2020.111178

Maza, I. (2020). Extracción y caracterización fisicoquímica y tecnofuncional de carbohidratos tipo almidón de cinco variedades de quinua. (Tesis de bachiller, Universidad Nacional Agraria

- La Molina). Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4465>
- Mendoza, C. (2018). Helado con bajos niveles de lactosa a base de leche de arroz. (Tesis de bachiller, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí). Recuperado de <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/1727>
- Michue, M.; Encina, Z.; Ludeña, U. (2015). Optimización del overrun (aireado), de la dureza, la viscosidad y los costos de un helado mediante el diseño de mezclas. *Revista de Ingeniería Industrial*, (33): 229-250. Recuperado de http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/543/516
- Ministerio de Salud del Perú. (2017). Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Lima, Perú.
- Miśniakiewicz, M. y Popek, S. (2014). Future trends and challenges in the Food Sector. Cracovia, Polonia: Cracow University of Economics.
- Mohammadi, R., Mortazavian, A.; Khosrokhavar, R.; Da Cruz, A. (2011). Probiotic ice cream: viability of probiotic bacteria and sensory properties. *Annals of microbiology*, 61: 411-424. doi: 10.1007/s13213-010-0188-z. doi: 10.1007/s13213-010-0188-z
- Moraes, R.; Ollgaard, B.; Kvist, P., Borchsenius, F.; Balslev, H. (2006). Botánica Económica de los Andes Centrales. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Muse, M.; Hartel, R. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of dairy science*, 87(1): 1-10. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73135-5
- Nighswonger, B.; Brashears, M.; Gilliland, S. (1996). Viability of *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* in fermented milk products during refrigerated storage. *Journal of dairy science*, 79(2): 212-219. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(96)76353-1
- Ocrospoma, D. (2015). Caracterización del helado de vainilla enriquecido con pasta de cáscara de papa como complemento alimenticio en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. (Tesis de magíster, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión). Recuperado de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/2233>
- Oliveira, G.; Paciulli, S.; Ortiz, G. (2020). Desenvolvimento e caracterização físico química de Sorvete utilizando polpa de croá (Sicana odorífera). *Tecnologia de alimentos: tópicos*

físicos, químicos e biológicos, 3(13): 184-199. doi: 10.37885/201001627

Ogungbenle, H. (2003). Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. *International journal of food sciences and nutrition*, 54(2): 153-158. doi: 10.1080/0963748031000084106

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), (2012). *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana: Consulta de Expertos*. Granada, España.

Özer, B.; Kirmaci, H.; Şenel, E.; Atamer, M.; Hayaloğlu, A. (2009). Improving the viability of *Bifidobacterium bifidum* BB-12 and *Lactobacillus acidophilus* LA-5 in white-brined cheese by microencapsulation. *International Dairy Journal*, 19(1): 22-29. doi: doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.07.001

Parra, H. (2010). Revisión: microencapsulación de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(2): 5669-5684. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179918602020>

Pascual, G. (2018). *Granos Andinos*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Pellegrini, M.; Lucas-Gonzales, R.; Ricci, A.; Fontecha, J.; Fernandez-Lopez, J.; Perez-Alvarez, J.; Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) seeds. *Industrial crops and products*, 111: 38-46. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.10.006

Peralta, I. (1985). INIAP. *La Quinoa: Un Gran Alimento y su Utilización*. Programa de Cultivos Andinos, 1. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/251>

Poulsen, A.; Jonge, N.; Nielsen, J.; Højberg, O.; Lauridsen, C.; Cutting, S.; Canibe, N. (2018). Impact of *Bacillus* spp. spores and gentamicin on the gastrointestinal microbiota of suckling and newly weaned piglets. *PLoS One*, 13(11): e0207382. doi: 10.1371/journal.pone.0207382

Ramírez-Navas, J.; Rengifo-Velásquez, C.; Rubiano-Vargas, A. (2015). Parámetros de calidad en helados. *Revista Reciteia*, 15(1): 79-94. Recuperado de <https://revistareciteia.es.tl/>

Ranhotra, G.; Gelroth, J.; Glaser, B.; Lorenz, K.; Johnson, D. (1993). Composition and protein nutritional quality of quinoa. *Cereal chemistry*, 70: 303-303. Recuperado de

<https://www.cerealsgrains.org/>

- Repo-Carrasco, V.; Peña, J.; Kallio, H.; Salminen, S. (2009). Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science*, 49(2): 219-224. doi: 10.1016/j.jcs.2008.10.003
- Repo-Carrasco, V.; Espinoza, C.; Jacobsen, S. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food reviews international*, 19(1-2): 179-189. doi: 10.1081/FRI-120018884
- Rodríguez, H.; Estrada, F.; García, A.; Ludeña, U.; Campos, M.; Pimentel, G. (2014). Viability of *Lactobacillus plantarum* entrapped in double emulsion during Oaxaca cheese manufacture, melting and simulated intestinal conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2): 768-773. doi: 10.1016/j.lwt.2014.07.004
- Rodríguez, S.; Fernández, Q.; Alonso, A.; Ospina, P. (2003). Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca. *Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte*, 19: 17-30. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/852/85201902.pdf>
- Rojas, W.; Vargas, M.; Pinto, P. (2016). La diversidad genética de la quinua: potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 3(2): 114-124. Recuperado de <http://www.scielo.org.bo/scielo>
- Roland, A.; Phillips, L.; Boor, K. (1999). Effects of fat content on the sensory properties, melting, color, and hardness of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 82(1): 32-38. doi: [doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75205-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75205-7)
- Rosas, H. (2015). Evaluación Agronómica de diez variedades de Quinoa (*Cilenopodium quinoa Willd.*) bajo dos sistemas de cultivo en la Unión-Leticia, Tarma. (Tesis de bachiller, Universidad Nacional Agraria La Molina). Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/923>
- Ryan, E.; Galvin, K.; O'Connor, T.; Maguire, A.; O'Brien, N. (2007). *Plant Foods Human Nutrition*, 62(3): 85–91. doi: 10.1007/s11130-007-0046-8.
- Silva, de F.; Leite, L.; Montenegro, S. T.; Costa, M.; Mendonça, S.; Montenegro, S. A.; Montenegro, S. L. (2019). Viabilities of *Lactobacillus rhamnosus* ASCC 290 and *Lactobacillus casei*

- ATCC 334 (in free form or encapsulated with calcium alginate-chitosan) in yellow mombin ice cream. *Food Science and Technology*, 100: 391–396. doi: 10.1016/j.lwt.2018.10.084
- Silva, J.; Lannes, S. (2011). Effect of different sweetener blends and fat types on ice cream properties. *Food Science and Technology*, 31: 217-220. doi: 10.1590/S0101-20612011000100033
- Sharma, M.; Singh, A.; Yadav, D. (2017). Rheological properties of reduced fat ice cream mix containing octenyl succinylated pearl millet starch. *Journal of Food Science and Technology*, 54: 1638-1645. doi: 10.1007/s13197-017-2595-7
- Surapat, S.; Rugthavon, P. (2003). Use of modified starch as fat replacer in reduced fat coconut milk ice cream. *Agriculture and Natural Resources*, 37(4): 484-492. Recuperado de <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/242893>
- Tan, M.; Chang, S.; Liu, J.; Li, H.; Xu, P.; Wang, P.; ... Zhao, Q. (2020). Physicochemical properties, antioxidant and antidiabetic activities of polysaccharides from quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) seeds. *Molecules*, 25(17): 3840. doi: 10.3390/molecules25173840
- Talwalkar, A.; Miller, C.; Kailasapathy, K.; Nguyen, M. (2004). Effect of packaging materials and dissolved oxygen on the survival of probiotic bacteria in yoghurt. *International journal of food science and technology*, 39(6): 605-611. doi: 10.1111/j.1365-2621.2004.00820
- Tapia, M.; Gandarillas, H.; Alandia, S.; Cardozo, A.; Mujica, A.; Ortiz, R.; ... Zanabria, E. (1979). *La Quinoa y la Kañiwa, Cultivos Andinos*. Bogotá, Colombia: IICA.
- Ureña, M.; D'Árrigo, M.; Girón, O. (1999). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- USDA U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2005). *USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Release 18. Nutrient Data Laboratory Home Page*.
- Vega, D. (2000). *Utilización de la leche de soya (Glycine max) en la elaboración de helados*. (Tesis de bachiller, Universidad Nacional Agraria de la Selva). Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.14292/184>
- Vera-Pingitore, E.; Jimenez, M.; Dallagnol, A.; Belfiore, C.; Fontana, C.; Fontana, P.; ... Plumed-

- Ferrer, C. (2016). Screening and characterization of potential probiotic and starter bacteria for plant fermentations. *LWT-Food Science and Technology*, 71: 288-294. doi: 10.1016/j.lwt.2016.03.046
- Villacrés, E.; Peralta, E.; Egas, L.; Mazón, N. (2011). Potencial agroindustrial de la quinua. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/>
- Walstra, P.; Wouters, J.; Geurts, T. (2005). *Dairy Science and Technology*. Boca Ratón, Estados Unidos: Advisory Board
- WGO - World Gastroenterology Organisation. (2017). Probióticos y prebióticos. Recuperado de: <http://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/probiotics-and-prebiotics-spanish-2017.pdf>
- Wu, G. (2015). Nutritional properties of quinoa. *Quinoa: Improvement and sustainable production*, 193-210. doi: 10.1002/9781118628041.ch11
- Yu, S.; Zhang, Y.; Li, H.; Wang, Y.; Gong, C.; Liu, X.; ... Kopparapu, N. (2015). Effect of freeze-thawing treatment on the microstructure and thermal properties of non-waxy corn starch granule. *Starch-Stärke*, 67(11-12): 989-1001. doi: 10.1002/star.201500109
- Zanjani, M.; Ehsani, M.; Ghiassi T.; Sharifan, A. (2018). Promoting *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium adolescentis* survival by microencapsulation with different starches and chitosan and poly L-lysine coatings in ice cream. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1): 13318. doi: 10.1111/jfpp.13318

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: FORMATO DE EVALUACIÓN SENSORIAL

PRUEBA DE GRADO DE ACEPTABILIDAD CON ESCALA HEDÓNICA					
1. Instrucciones					
<p>Frente a usted se presentan siete muestras de Helado de Crema. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta el atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.</p>					
		Calificación para cada atributo			
Puntaje	Categoría				
1	Me disgusta extremadamente				
2	Me disgusta mucho				
3	Me disgusta bastante				
4	Me disgusta levemente				
5	No me gusta ni me disgusta				
6	Me gusta levemente				
7	Me gusta bastante				
8	Me gusta mucho				
9	Me gusta extremadamente				
Código	Olor	Color	Sabor	Textura	Aceptabilidad General
2. ¿Sintió algo extraño al probar el helado?					
<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ					
3. En caso de haber respondido SÍ, por favor describa					
.....					
4. Observaciones					
.....					

Figura 1: Formato de Evaluación Sensorial

ANEXO 2: RESULTADOS DEL ANÁLISIS PROXIMAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS HARINAS DE QUINUA

Tabla 1: Resultado del análisis proximal de las harinas de quinua

%	Harina Rosada de Huancayo				Harina Pasankalla			
	R1	R2	Promedio	Desviación Estándar	R1	R2	Promedio	Desviación Estándar
Humedad	5,64	5,75	5,70	0,08	4,78	4,67	4,73	0,08
Proteína	14,11	14,10	14,11	0,01	15,59	15,74	15,67	0,11
Grasa	6,17	5,84	6,01	0,23	6,88	6,67	6,78	0,15
Fibra	1,62	1,72	1,67	0,07	2,24	2,03	2,14	0,15
Ceniza	2,40	2,40	2,40	0,00	2,31	2,29	2,30	0,01
Carbohidratos	70,06	70,19	70,13	0,09	68,20	68,60	68,40	0,28

Tabla 2: ANOVA de la humedad de las harinas de quinua

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	0.9409	0.9409	155.5	0.00637

Tabla 3: ANOVA de la proteína de las harinas de quinua

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	2.2052	2.2052	447.8	0.00223

Tabla 4: ANOVA de la grasa de las harinas de quinua

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	0.555	0.555	12.33	0.0724

Tabla 5: ANOVA de la fibra de las harinas de quinua

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	0.2209	0.2209	15.13	0.0602

Tabla 6: ANOVA de la ceniza de las harinas de quinua

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	0.0169	0.0169	67.6	0.0145

Tabla 7: ANOVA de los carbohidratos de las harinas de quinua

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	6.605	6.605	161.1	0.00615

ANEXO 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA LECHE EN POLVO DESCREMADA

Tabla 8: Especificaciones técnicas de la leche en polvo descremada

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
DESCRIPCION DEL BIEN	LECHE EN POLVO DESCREMADA
UNIDAD DE MEDIDA	KILOGRAMOS
ESPECIFICACIONES TECNICAS:	
CANTIDAD	5,000
COLOR	Amarillo blanquecino
CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICO	
PROTEINAS (%)	Mínimo 34
GRASA (%)	Máximo 1
HUMEDAD (%)	Máximo 4
ACIDEZ ITULABLEZ (G DE ACIDO LACTICO/100G DE LECHE RECONSTITUIDA)	De 0.10 – 0.15
ARESIDUOS DE ANTIBIOTICOS	Negativo Máximo 1.0
INDICE DE SOLUBILIDAD	Máximo 8.2
CENIZAS (%)	
CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS	
RECuento TOTAL (ufc/g)	Máximo 8000
COLIFORMES (nmp/g)	Máximo 10Negativo Negativo Negativo Menor a 10
SALMONELLA (spp/25g)	
E.COLI(/10g)	
STHAPHYLOCOCCUS (/25g)	
HONGOS Y LEVADURA (ufc/g)	
PRESENTACION	En Polvo sin granulósidades
OBSERVACIONES	Embolsado hermético y estable a altas temperaturas, además debe indicar fecha de producción y vencimiento.
LUGAR DE ENTREGA	Los bienes deben ser entregados en el ALMACÉN CENTRAL DE LA UNALM (Av. La Universidad S/N Lima-Lima-La Molina) Referencia: Jardín Botánico, pasando el Rectorado en el horariode lunes a viernes de 8:00 a.m. a 12 a.m.– De 1:00 p.m. a 3:00 p.m.

<<Continuación>>

PLAZO DE ENTREGA	Cinco (05) días calendario, contados a partir del día siguiente de la recepción de la Orden de Compra de acuerdo al cronograma presentado.
CONFORMIDAD DEL BIEN	La conformidad estará a cargo de la Jefatura del Centro de Producción Planta Piloto de Leche después de la entrega del bien.

**ANEXO 4: RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE OVERRUN Y ANÁLISIS
ESTADÍSTICO DE LOS HELADOS**

Tabla 9: Resultados de las mediciones de overrun de los días 0 y 1

TRATAMIENTOS	DÍA 0				DÍA 1			
	REPETICIONES			PROMEDIO (%)	REPETICIONES			PROMEDIO (%)
	R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Control	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	24,00	22,00	22,00
RH 25%	29,17	20,83	19,11	23,04	16,67	12,50	20,00	16,39
RH 50%	12,50	16,67	13,00	14,06	10,42	16,67	12,22	13,10
RH 100%	8,33	8,33	8,50	8,39	16,67	4,17	8,41	9,75
PK 25%	37,50	33,33	30,21	33,68	20,83	20,83	20,00	20,56
PK 50%	29,17	20,83	21,42	23,81	25,00	12,50	17,40	18,30
PK 100%	12,50	8,33	9,01	9,95	10,42	12,50	12,00	11,64

Tabla 10: Resultados de las mediciones de overrun de los días 7 y 14

TRATAMIENTOS	DÍA 7				DÍA 14			
	REPETICIONES			PROMEDIO (%)	REPETICIONES			PROMEDIO (%)
	R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Control	24,00	20,00	22,00	22,00	20,00	18,00	22,00	20,00
RH 25%	29,17	20,83	18,00	22,67	25,00	16,67	22,50	21,39
RH 50%	20,83	16,67	16,01	17,84	16,67	12,50	16,00	15,06
RH 100%	12,50	12,50	12,00	12,33	12,50	12,50	13,00	12,67
PK 25%	20,83	16,67	17,00	18,17	29,17	20,83	23,11	24,37
PK 50%	12,50	20,83	12,50	15,28	20,83	16,67	16,20	17,90
PK 100%	16,67	12,50	11,44	13,54	16,67	16,67	15,80	16,38

Tabla 11: Resultados de las mediciones de overrun de los días 21 y 28

TRATAMIENTOS	DÍA 21				DÍA 28			
	REPETICIONES			PROMEDIO (%)	REPETICIONES			PROMEDIO (%)
	R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Control	24,00	20,00	22,00	22,00	20,00	26,00	20,33	22,11
RH 25%	25,00	20,83	21,00	22,28	18,75	16,67	18,00	17,81
RH 50%	12,50	16,67	17,00	15,39	14,58	16,67	15,20	15,48
RH 100%	12,50	12,50	12,50	12,50	8,33	12,50	11,85	10,89
PK 25%	29,17	25,00	24,50	26,22	20,83	29,17	24,50	24,83
PK 50%	20,83	25,00	20,00	21,94	16,67	20,83	20,00	19,17
PK 100%	16,67	20,83	18,50	18,67	8,33	16,67	15,30	13,43

Tabla 12: Primer ANOVA del overrun de los tratamientos de helado

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	278.9	278.9	30.44	2.90E-07
Sustitución	3	2247.4	749.1	81.76	2.00E-16
Día	5	156.6	31.3	3.418	0.0069

Tabla 13: Segundo ANOVA del overrun de los tratamientos de helado

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	278.9	278.9	29.302	3.60E-07
Sustitución	3	2247.4	749.1	78.693	2.00E-16
Día	5	156.6	31.3	3.29	0.0083

Tabla 14: Prueba Tukey del overrun de los tratamientos del helado

	Factor	Grupos	Alpha
Variedad	PK	a	0.05
	RH	b	
Sustitución	25	a	0.05
	0	a	
	50	b	
Día	100	c	0.05
	21	a	
	0	ab	
	14	ab	
	28	ab	
	7	ab	
	1	b	

ANEXO 5: RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE VISCOSIDAD Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS HELADOS

Tabla 15: Resultados de las mediciones de viscosidad de los días 0 y 1

Tto.	DÍA 0				DÍA 1			
	REPETICIONES			PROMEDIO (cp)	REPETICIONES			PROMEDIO (cp)
	R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Control	616,00	590,00	600,00	602,00	968,00	910,00	950,00	942,67
RH 25%	804,00	862,00	830,00	832,00	1300,00	1456,00	1300,00	1352,00
RH 50%	788,00	830,00	850,00	822,67	1476,00	1490,00	1495,00	1487,00
RH 100%	1216,00	1200,00	1200,00	1205,33	7368,00	6728,00	6698,00	6931,33
PK 25%	302,40	352,00	350,00	334,80	1094,00	1310,00	1254,00	1219,33
PK 50%	694,40	694,40	694,00	694,27	1470,00	1534,00	1545,00	1516,33
PK 100%	674,40	673,60	674,00	674,00	4576,00	4832,00	4733,00	4713,67

Tto: Tratamiento

Tabla 16: Resultados de las mediciones de viscosidad de los días 7 y 14

Tto.	DÍA 7				DÍA 14			
	REPETICIONES			PROMEDIO (cp)	REPETICIONES			PROMEDIO (cp)
	R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Control	1236,00	1552,00	1525,00	1437,67	550,00	540,00	550,00	546,67
RH 25%	972,00	1180,00	1200,00	1117,33	630,00	1088,00	1000,00	906,00
RH 50%	1100,00	1276,00	1265,00	1213,67	1290,00	1010,00	1156,00	1152,00
RH 100%	4296,00	4128,00	41896,00	16773,33	3400,00	4624,00	4531,00	4185,00
PK 25%	690,00	914,00	912,00	838,67	1664,00	1830,00	1799,00	1764,33
PK 50%	1656,00	1652,00	1656,00	1654,67	1022,00	1232,00	1348,00	1200,67
PK 100%	3768,00	4056,00	3941,00	3921,67	3200,00	3560,00	3500,00	3420,00

Tto: Tratamiento

Tabla 17: Resultados de las mediciones de viscosidad de los días 21 y 28

Tto.	DÍA 21				DÍA 28			
	REPETICIONES			PROMEDIO (cp)	REPETICIONES			PROMEDIO (cp)
	R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Control	892,00	766,00	854,00	837,33	1350,00	1888,00	1798,00	1678,67
RH 25%	928,00	1078,00	943,00	983,00	1122,00	1176,00	1156,00	1151,33
RH 50%	1174,00	1224,00	1178,00	1192,00	1250,00	1120,00	1278,00	1216,00
RH100%	4432,00	5760,00	4500,00	4897,33	5272,00	6152,00	5965,00	5796,33
PK 25%	932,00	880,00	922,00	911,33	946,00	1000,00	977,00	974,33
PK 50%	1290,00	1426,00	1355,00	1357,00	1538,00	1636,00	1500,00	1558,00
PK100%	3952,00	3856,00	3934,00	3914,00	5032,00	5224,00	5231,00	5162,33

Tto: Tratamiento

Tabla 18: Primer ANOVA de la viscosidad de los tratamientos de helado

	Grados de Libertad		Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	1	1449175	1449175	36.137	3.30E-08
Sustitución	3	3	242265019	80755006	2013.7	2.00E-16
Día	5	5	45692994	9138599	227.88	2.00E-16

Tabla 19: Segundo ANOVA de la viscosidad de los tratamientos de helado

	Grados de Libertad		Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	1	1449175	1449175	36.137	3.30E-08
Sustitución	3	3	24226501	80755006	2013.7	2.00E-16
Día	5	5	45692994	9138599	227.88	2.00E-16

Tabla 20: Prueba Tukey de la viscosidad de los tratamientos del helado

	Factor	Grupos	Alpha
Variedad	RH	a	0.05
	PK	b	
Sustitución	100	a	0.05
	50	b	
	25	c	
	0	c	
Día	28	a	0.05
	1	a	
	7	b	
	21	bc	
	14	c	
	0	d	

ANEXO 6: RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE DUREZA Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS HELADOS

Tabla 21: Resultados de las mediciones de dureza de los días 0 y 1

Tto.	DÍA 0				DÍA 1			
	REPETICIONES			PROM (gf)	REPETICIONES			PROM. (gf)
	R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Control	16484,75	16372,80	16307,57	16388,37	16502,64	16630,48	16478,30	16537,14
RH 25%	16624,05	16447,16	16428,08	16499,76	16424,34	16422,95	16412,97	16420,09
RH 50%	16393,71	16525,26	16358,12	16425,70	16488,66	16709,99	16386,61	16528,42
RH 100%	16467,33	16436,25	16378,38	16427,32	16533,74	16473,38	16467,96	16491,69
PK 25%	16499,15	16460,60	16386,96	16448,90	16422,12	16415,73	16403,07	16413,64
PK 50%	16381,60	16424,12	16343,73	16383,15	16406,48	16374,68	16359,65	16380,27
PK 100%	16426,94	16447,01	16411,40	16428,45	16452,35	16412,03	16392,75	16419,04

Tto: Tratamiento, Prom: Promedio

Tabla 22: Resultados de las mediciones de dureza de los días 7 y 14

Tto.	DÍA 7				DÍA 14			
	REPETICIONES			PROM (gf)	REPETICIONES			PROM (gf)
	R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Control	16347,71	16431,10	16354,54	16377,78	16462,91	16388,27	16367,96	16406,38
RH 25%	16450,71	16375,00	16339,77	16388,49	753,35	16302,50	16323,83	11126,56
RH 50%	16555,21	16618,07	16306,37	16493,22	16457,65	16392,31	16309,88	16386,61
RH 100%	16517,54	16747,00	16344,20	16536,25	16662,33	16706,33	16445,67	16604,78
PK 25%	16438,22	16381,59	16324,21	16381,34	16400,03	16365,05	16291,02	16352,03
PK 50%	16402,32	16402,82	16264,30	16356,48	16540,54	16381,47	16264,31	16395,44
PK 100%	16326,32	16563,36	16285,24	16391,64	16365,42	16495,16	16312,79	16391,12

Tto: Tratamiento, Prom: Promedio

Tabla 23: Resultados de las mediciones de dureza de los días 21 y 28

Tto.	DÍA 21				DÍA 28			
	REPETICIONES			PROM (gf)	REPETICIONES			PROM (gf)
	R1	R2	R3		R1	R2	R3	
Control	17112,60	16755,78	16605,60	16824,66	19351,30	17527,48	17646,70	18175,16
RH 25%	16542,70	16413,78	16510,63	16489,04	16876,64	16668,55	16457,76	16667,65
RH 50%	16414,93	16333,12	16303,34	16350,46	16472,64	16370,29	16402,48	16415,14
RH 100%	16387,44	16592,26	16426,66	16468,79	16465,04	16320,13	16785,47	16523,55
PK 25%	16398,06	16319,62	16433,16	16383,61	16483,46	16376,01	16653,59	16504,35
PK 50%	16340,12	16277,71	16332,69	16316,84	16670,97	16229,33	16246,92	16382,41
PK 100%	16332,94	16330,26	16480,11	16381,10	16296,83	16283,48	16247,26	16275,86

Tto: Tratamiento, Prom: Promedio

Tabla 24: Primer ANOVA de la dureza de los tratamientos de helado

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	875244	875244	0.504	0.48
Sustitución	3	10974347	3658116	2.106	0.105
Día	5	16005117	3201023	1.842	0.112

Tabla 25: Segundo ANOVA de la dureza de los tratamientos de helado

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	875244	875244	0.504	0.48
Sustitución	3	10974347	3658116	2.106	0.105
Día	5	16005117	3201023	1.842	0.112

**ANEXO 7: RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE VELOCIDAD DE FUSIÓN Y
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS HELADOS**

Tabla 26: Resultados de las mediciones de velocidad de fusión del día 0

Tratamiento	DÍA 0		
	ECUACIÓN	VALOR R ²	VELOCIDAD DE FUSIÓN (ml/min)
CONTROL	$y = -0.0063x^2 + 0.4433x + 2.2738$	0,9955	2,7108
RH 25%	$y = -0.0084x^2 + 0.6063x - 2.25$	0,9824	1,6521
RH 50%	$y = -0.0052x^2 + 0.3548x - 1.0476$	0,9937	0,698
RH 100%	$y = 0$	0	0
PK 25%	$y = -0.0056x^2 + 0.3706x + 0.1429$	0,9864	0,5079
PK 50%	$y = -0.0035x^2 + 0.2508x - 0.8095$	0,9978	0,5622
PK 100%	$y = 0$	0	0

Tabla 27: Resultados de las mediciones de velocidad de fusión del día 1

Tratamiento	DÍA 1		
	ECUACIÓN	VALOR R ²	VELOCIDAD DE FUSIÓN (ml/min)
CONTROL	$y = -0.0069x^2 + 0.725x - 5.0952$	0,9748	4,3771
RH 25%	$y = -0.0097x^2 + 0.9651x - 7.7262$	0,9929	6,7708
RH 50%	$y = 0.0056x^2 - 0.0349x - 0.131$	0,9685	0,1603
RH 100%	$y = 0$	0	0
PK 25%	$y = -0.0067x^2 + 0.9433x - 9.0476$	0,9707	8,111
PK 50%	$y = 0.0012x^2 + 0.5274x - 5.2619$	0,977	4,7333
PK 100%	$y = 0$	0	0

Tabla 28: Resultados de las mediciones de velocidad de fusión del día 7

Tratamiento	DÍA 7		
	ECUACIÓN	VALOR R ²	VELOCIDAD DE FUSIÓN (ml/min)
CONTROL	$y = -0.019x^2 + 1.5162x - 11.821$	0,9844	10,3238
RH 25%	$y = -0.0283x^2 + 2.006x - 13.512$	0,9828	11,5343
RH 50%	$y = -0.0006x^2 + 0.7885x - 8.2143$	0,9752	7,4264
RH 100%	$y = 0$	0	0
PK 25%	$y = -0.0305x^2 + 1.9929x - 10.917$	0,9768	8,9546
PK 50%	$y = -0.0293x^2 + 2.1679x - 18.94$	0,9848	16,8014
PK 100%	$y = 0$	0	0

Tabla 29: Resultados de las mediciones de velocidad de fusión del día 14

Tratamiento	DÍA 14		
	ECUACIÓN	VALOR R ²	VELOCIDAD DE FUSIÓN (ml/min)
CONTROL	$y = -0.0288x^2 + 1.9898x - 13.014$	0,9726	11,053
RH 25%	$y = -0.0246x^2 + 1.4754x + 1.5714$	0,8302	3,0222
RH 50%	$y = -0.019x^2 + 1.7524x - 17.024$	0,9813	15,2906
RH 100%	$y = 0$	0	0
PK 25%	$y = -0.0187x^2 + 1.7375x - 15.343$	0,9858	13,6242
PK 50%	$y = -0.0381x^2 + 2.5476x - 17.31$	0,9807	14,8005
PK 100%	$y = 0$	0	0

Tabla 30: Resultados de las mediciones de velocidad de fusión del día 21

Tratamiento	DÍA 21		
	ECUACIÓN	VALOR R ²	VELOCIDAD DE FUSIÓN (ml/min)
CONTROL	$y = -0.018x^2 + 1.5405x - 13.057$	0,974	11,5345
RH 25%	$y = -0.0283x^2 + 2.0517x - 15.788$	0,996	13,7646
RH 50%	$y = -0.001x^2 + 0.8119x - 9.3929$	0,9705	8,582
RH 100%	$y = 0$	0	0
PK 25%	$y = -0.0215x^2 + 1.6813x - 14.107$	0,9865	12,4472
PK 50%	$y = -0.0343x^2 + 2.3286x - 16.857$	0,9861	14,5627
PK 100%	$y = 0$	0	0

Tabla 31: Resultados de las mediciones de velocidad de fusión del día 28

Tratamiento	DÍA 28		
	ECUACIÓN	VALOR R ²	VELOCIDAD DE FUSIÓN (ml/min)
CONTROL	$y = -0.0075x^2 + 0.9135x - 7.6667$	0,9838	6,7607
RH 25%	$y = -0.0174x^2 + 1.3083x - 8.8167$	0,9834	7,5258
RH 50%	$y = -0.0067x^2 + 1.0119x - 11.012$	0,9607	10,0068
RH 100%	$y = 0$	0	0
PK 25%	$y = -0.0282x^2 + 2.0075x - 13.762$	0,9845	11,7827
PK 50%	$y = -0.0076x^2 + 0.7905x - 7.4524$	0,9847	6,6695
PK 100%	$y = 0$	0	0

Tabla 32: Primer ANOVA de velocidad de fusión de tratamientos de helado

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	102.3	102.3	226239	2.00E-16
Sustitución	3	2276.6	758.9	16783	2.00E-16
Día	5	1302.6	260.5	57617	2.00E-16

Tabla 33: Prueba Tukey de la velocidad de fusión de los tratamientos del helado

Factor		Grupos	Alpha
Variedad	PK	a	0.05
	RH	b	
Sustitución	0	a	0.05
	25	b	
	50	c	
	100	d	
Día	21	a	0.05
	14	b	
	7	c	
	28	d	
	1	e	

**ANEXO 8: RESULTADOS DEL RECUENTO DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS Y
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS HELADOS**

Tabla 34: Resultados del recuento de bacterias ácido lácticas de los días 0 y 1

RECuento (UFC/ml)				
Tratamientos	DÍA 0		DÍA 1	
	REPETICIONES		REPETICIONES	
	R1	R2	R1	R2
CONTROL	2.7×10^5	2.5×10^5	2×10^6	2×10^6
RH 25%	5×10^6	4.8×10^6	3×10^6	2.9×10^6
RH 50%	6×10^5	5.9×10^5	6.6×10^7	6.4×10^7
RH 100%	2×10^5	2×10^5	3×10^5	2.8×10^5
PK 25%	6×10^6	6×10^6	3×10^6	2.9×10^6
PK 50%	4×10^6	3.8×10^6	3×10^6	2.9×10^6
PK 100%	1×10^6	1×10^6	2×10^5	2×10^5

Tabla 35: Resultados del recuento de bacterias ácido lácticas de los días 7 y 14

RECuento (UFC/ml)				
Tratamientos	DÍA 7		DÍA 14	
	REPETICIONES		REPETICIONES	
	R1	R2	R1	R2
CONTROL	3×10^5	2.8×10^5	4×10^5	3.9×10^5
RH 25%	5×10^5	4.9×10^5	6×10^6	5.8×10^6
RH 50%	2×10^5	1.9×10^5	5×10^6	4.8×10^6
RH 100%	2.2×10^6	2.1×10^6	3×10^6	2.8×10^6
PK 25%	1.1×10^6	1×10^6	3×10^6	2.8×10^6
PK 50%	1.5×10^6	1.3×10^6	1×10^6	1×10^6
PK 100%	2×10^5	1.9×10^5	1.5×10^6	1.3×10^6

Tabla 36: Resultados del recuento de bacterias ácido lácticas de los días 21 y 28

RECuento (UFC/ml)				
Tratamientos	DÍA 21		DÍA 28	
	REPETICIONES		REPETICIONES	
	R1	R2	R1	R2
CONTROL	2×10^6	2×10^6	2×10^6	2×10^6
RH 25%	3×10^6	2.9×10^6	3.2×10^6	3.1×10^6
RH 50%	3×10^6	2.8×10^6	1×10^7	1×10^7
RH 100%	2×10^{10}	2×10^{10}	2.5×10^6	2.3×10^6
PK 25%	1.5×10^7	1.3×10^7	6×10^6	6×10^6
PK 50%	1.5×10^6	1.4×10^6	4×10^6	3.8×10^6
PK 100%	2.5×10^9	2.4×10^9	3×10^8	2.9×10^8

Tabla 37: ANOVA del recuento de bacterias ácido lácticas del helado

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor p
Variedad	1	1.23E+19	1.23E+19	4.10E+30	2.00E-16
Sustitución	3	6.48E+19	2.16E+19	7.20E+30	2.00E-16
Día	5	1.05E+20	2.10E+19	6.90E+30	2.00E-16

Tabla 38: Prueba Tukey del recuento de bacterias ácido lácticas de los tratamientos del helado

	Factor	Grupos	Alpha
Variedad	RH	a	0.05
	PK	b	
Sustitución	100	a	0.05
	25	b	
	50	c	
	0	d	
Día	21	a	0.05
	28	b	
	14	c	
	1	d	
	0	e	
	7	f	

ANEXO 9: VALORES DE LA ACEPTABILIDAD GENERAL DEL HELADO DE CREMA DE SABOR VAINILLA

Tabla 39: Puntuación de cada atributo en la evaluación sensorial

CALIFICACIÓN PARA CADA ATRIBUTO																																			
N°	OLOR							COLOR							SABOR							TEXTURA							ACEPTABILIDAD GENERAL						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
1	8	8	6	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	6	6	5	4	7	6	7	5	6	6	6	7	7	7	7	8	7	7	8	8	7
2	6	4	5	5	6	7	4	6	5	6	5	5	7	5	5	6	5	3	6	6	4	5	6	5	5	6	6	4	5	6	4	4	7	7	4
3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	9	4	3	5	4	5	7	4	4	4	5	4	5	7	4	5	4	5	4	5
4	7	4	3	4	6	5	6	6	7	5	6	5	8	6	6	6	3	4	6	6	5	6	5	5	6	6	4	6	6	6	4	5	6	6	5
5	5	7	7	3	6	6	6	6	7	7	4	7	7	8	8	9	7	3	7	6	6	7	8	8	6	7	8	7	8	8	7	4	6	7	7
6	5	5	5	6	5	5	5	4	4	5	6	7	6	5	6	5	4	3	6	6	3	4	6	4	3	6	4	4	4	6	4	4	6	6	5
7	5	6	6	7	7	6	6	5	5	6	6	6	6	5	6	5	6	7	8	8	6	6	4	5	7	6	6	5	5	5	5	6	7	7	5
8	7	7	6	6	7	6	7	6	6	6	6	7	7	7	7	6	6	6	7	6	7	7	7	8	7	8	7	8	7	6	6	6	7	7	7
9	8	9	6	2	6	8	6	8	8	7	6	8	8	7	9	6	7	7	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	9	8	7	7	8	8	7
10	9	9	5	5	5	5	9	9	9	8	5	4	4	9	8	9	7	4	4	8	7	6	5	5	3	7	6	6	9	8	5	4	6	7	6
11	5	6	6	6	5	9	8	6	6	5	7	7	9	9	7	8	8	9	8	9	8	5	9	7	9	9	9	6	8	7	9	9	9	9	
12	8	9	8	8	8	8	9	9	9	9	6	8	8	9	8	9	8	6	8	8	9	8	6	7	9	4	9	9	8	9	8	6	6	8	9
13	7	5	6	5	4	6	6	6	6	5	4	4	5	6	7	4	5	4	3	5	5	4	4	6	6	4	6	6	7	5	6	5	4	6	6
14	8	6	6	5	7	7	6	7	5	7	6	8	7	4	6	6	5	5	8	8	6	6	5	6	8	4	8	4	6	7	6	6	6	9	6
15	5	5	6	4	5	5	6	5	5	6	5	5	5	6	6	6	5	5	6	4	6	6	7	6	4	5	5	4	6	6	6	5	5	5	6
16	6	5	6	5	5	6	5	7	6	7	6	7	7	7	5	6	5	5	5	6	4	6	6	6	7	6	7	7	6	6	6	5	6	7	5
17	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	8	8	7	5	5	8	7	4	8	6	6	6	7	7	5	8	7	7	7	7	7	6
18	6	5	5	7	6	6	6	6	5	6	7	6	7	6	6	5	6	5	6	7	6	5	5	6	7	5	6	6	6	5	6	6	6	7	6
19	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	7	7	5	7	7	7	4	7	6	5	7	6	6	7	7	7	7	6	6	6	6	7	7	5

<<Continuación>>

20	7	7	5	6	6	4	4	6	6	7	5	5	7	6	4	4	5	5	5	6	5	5	5	6	5	4	6	4	5	6	5	4	6	7	6	
21	6	7	6	7	8	8	8	6	7	6	7	8	8	8	6	6	6	4	7	7	5	4	4	4	8	7	7	7	6	6	6	4	8	7	5	
22	7	6	6	6	6	6	6	7	7	7	6	5	5	5	8	6	4	4	7	6	5	4	4	5	5	6	5	5	7	6	5	5	6	6	3	
23	6	5	5	5	5	5	5	8	8	8	7	8	8	7	7	4	3	3	7	6	3	5	4	4	4	5	5	4	6	5	4	4	6	5	4	
24	8	7	7	4	6	5	5	6	6	7	8	7	8	7	7	6	5	4	7	8	6	6	6	7	8	8	8	7	7	6	6	5	7	8	6	
25	9	6	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	9	7	6	7	5	8	7	8	7	7	7	6	7	7	7	8	7	7	6	8	7	7	
26	9	9	9	8	7	8	7	7	7	8	7	6	6	5	9	8	7	6	7	7	6	6	6	7	7	5	5	4	9	8	7	6	7	7	6	
27	8	4	5	6	5	6	5	8	7	7	6	7	7	7	8	4	5	8	8	4	6	5	5	5	8	8	7	7	7	5	6	7	7	5	6	
28	8	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	6	7	6	6	7	7	6	4	7	7	6	6	6	4	6	7	7	5	7	6	8	
29	7	5	7	6	7	7	7	6	6	6	6	7	8	8	7	8	6	4	8	8	6	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4	8	8	8
30	6	5	5	4	7	5	4	4	4	6	5	6	6	7	1	2	3	2	5	4	2	3	5	4	4	4	4	4	3	3	4	3	5	5	3	
31	7	5	6	4	7	5	6	6	6	6	5	7	6	6	6	8	4	2	8	3	2	5	8	6	5	8	5	5	6	7	6	5	7	4	4	
32	9	7	5	3	8	9	8	7	8	8	8	8	8	9	8	7	4	5	4	8	8	6	6	7	8	7	8	8	4	7	4	7	4	8	8	6
33	8	8	7	6	8	8	7	7	7	7	7	8	8	8	8	6	7	6	7	8	6	7	6	8	8	8	8	7	8	6	7	6	8	8	7	
34	8	6	6	7	8	7	8	7	7	7	5	5	8	9	8	8	7	8	9	8	6	6	4	5	8	6	6	5	7	6	7	7	8	7	6	
35	9	9	7	6	6	4	4	8	8	8	6	6	5	5	9	9	9	5	4	4	3	8	9	8	4	5	4	3	9	9	8	5	5	4	4	
36	7	8	5	5	5	4	3	6	7	6	5	6	5	4	6	7	5	5	6	4	3	7	8	6	5	5	5	4	7	8	6	5	5	5	4	
37	9	6	5	3	8	5	8	9	6	8	8	8	7	5	8	8	6	2	8	6	4	7	7	6	5	7	6	5	8	8	7	5	9	6	5	
38	4	7	7	5	7	6	5	6	7	6	5	8	8	6	6	7	6	6	9	6	5	6	8	8	6	9	8	6	6	8	7	6	9	8	6	
39	3	5	2	1	7	6	3	7	8	4	3	7	7	2	1	5	1	1	8	8	2	5	6	7	4	8	8	1	6	5	4	2	9	8	1	
40	7	7	8	6	8	8	6	6	7	7	6	8	8	9	7	5	6	4	7	7	6	8	7	7	5	7	6	7	7	6	7	5	7	7	7	
41	7	8	8	5	6	6	5	8	8	7	5	8	8	8	7	4	4	6	4	8	8	7	7	6	6	4	4	8	7	5	5	6	5	7	8	
42	5	4	6	5	5	5	5	5	5	6	5	6	5	5	6	4	6	2	6	7	3	4	4	6	6	6	6	3	6	5	7	4	7	7	3	
43	5	5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	8	7	7	8	2	4	5	7	6	7	7	7	7	7	8	7	7	8	3	4	5	8	7	7	
44	9	7	9	6	8	8	9	8	7	8	8	8	8	9	6	5	7	6	5	8	7	5	5	8	4	5	8	9	7	6	8	6	7	8	8	
45	8	6	8	6	9	7	9	8	7	7	8	8	7	8	6	6	7	6	7	6	8	7	7	8	7	6	7	8	8	7	9	7	7	7	8	

<<Continuación>>

46	6	7	6	5	7	7	7	5	6	6	5	8	7	8	4	8	7	6	8	7	7	5	7	6	5	7	6	8	5	7	6	5	8	7	8	
47	6	6	7	7	8	8	7	7	6	6	7	7	6	7	6	7	6	5	6	6	6	5	7	6	4	6	6	4	6	7	6	4	6	6	5	
48	6	6	7	8	8	9	9	7	7	7	7	8	8	9	6	8	8	7	9	9	8	7	6	8	8	8	8	6	6	7	8	8	8	8	7	
49	7	7	6	4	7	6	3	8	7	6	4	7	7	3	7	6	7	4	7	6	2	7	7	8	5	7	6	3	8	7	7	5	7	6	2	
50	8	6	6	4	6	6	7	8	8	7	6	7	7	7	7	5	4	2	3	4	5	6	6	4	5	2	5	6	8	6	6	4	4	4	6	
51	5	7	7	6	7	5	5	7	9	7	6	7	6	6	8	8	7	4	4	6	3	4	7	8	6	4	4	3	6	8	7	6	5	5	4	
52	7	6	7	6	7	6	6	8	6	7	6	7	6	6	8	7	7	6	7	7	5	8	6	8	7	7	7	5	8	6	7	6	7	7	5	
53	5	5	5	3	5	5	6	6	6	7	3	6	5	6	4	6	6	3	6	5	6	3	5	4	3	6	6	5	5	7	7	4	7	6	7	
54	7	5	5	5	5	4	5	7	5	5	5	5	4	5	5	8	4	4	5	4	5	4	8	5	5	5	4	5	5	7	5	3	5	4	5	
55	6	6	7	8	7	8	7	7	7	8	8	8	7	8	4	6	7	5	6	8	8	4	6	4	7	8	7	5	4	6	7	6	8	8	7	
56	7	5	5	5	7	5	8	8	7	5	5	8	7	7	6	8	8	6	9	8	6	6	8	7	5	6	6	4	7	8	8	6	8	8	6	
57	7	8	9	8	8	8	8	9	9	9	9	7	7	8	8	7	8	8	7	8	7	9	6	7	8	7	7	7	8	6	7	8	6	7	7	8
58	6	4	5	4	6	7	6	6	7	7	4	6	6	5	5	6	6	4	7	7	4	6	7	4	5	7	7	5	6	6	5	4	7	8	5	
59	8	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	7	
60	8	6	4	7	7	7	7	9	7	4	9	8	8	7	6	5	4	7	7	4	7	7	5	4	7	7	5	6	5	5	4	8	7	4	7	
61	7	8	7	6	8	7	6	7	8	7	7	8	7	6	7	8	7	6	8	7	6	6	7	7	6	8	7	6	8	8	8	8	6	8	7	6
62	4	3	3	4	5	4	4	7	7	6	6	7	7	8	5	2	3	2	7	4	4	5	6	8	8	7	9	6	4	3	6	4	8	7	6	
63	7	7	4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	4	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	8	6	2	8	8	7	7	
64	9	6	5	6	8	7	9	9	9	8	5	9	9	9	6	4	6	4	7	7	3	4	4	4	5	7	9	9	8	7	7	8	8	7	7	
65	6	7	7	8	8	8	8	7	7	7	7	8	8	8	6	7	8	6	8	8	6	6	6	4	8	8	6	7	7	7	8	6	8	7	6	
66	7	5	7	6	7	6	7	5	5	5	5	6	7	7	6	4	4	6	7	6	5	5	6	7	6	7	7	7	6	4	6	6	7	7	6	
67	4	3	3	2	6	6	6	4	3	4	3	5	7	7	3	2	3	2	6	6	5	6	7	7	6	8	8	7	6	6	7	7	8	8	6	
68	8	8	7	7	8	8	8	8	8	8	7	9	9	9	9	9	9	7	9	9	8	7	7	7	7	9	8	9	7	8	8	7	9	8	8	
69	7	6	5	6	7	6	8	6	6	6	5	6	6	8	7	5	5	4	6	6	6	6	5	5	4	6	6	6	7	5	5	4	6	6	6	
70	9	9	6	1	1	2	4	9	9	6	1	1	2	4	9	9	6	1	1	2	4	9	9	6	1	1	2	4	9	9	6	1	1	2	4	

<<Continuación>>

71	9	7	5	4	6	6	4	8	6	6	4	6	6	4	7	6	5	4	6	6	4	5	6	5	4	6	6	4	7	6	5	4	6	6	4		
72	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	6	5	4	6	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	6	4	6	5	5	
73	5	6	8	7	9	8	8	8	6	8	6	8	7	8	8	6	8	7	9	8	7	7	7	7	9	7	6	8	6	8	6	9	7	8			
74	7	7	7	7	9	7	7	9	8	8	7	6	6	5	7	8	7	6	9	8	8	8	8	9	8	7	7	7	8	6	7	7	8	6	8		
75	7	4	5	2	5	5	3	8	4	4	3	5	5	5	8	4	5	2	7	6	3	7	5	5	5	8	6	5	8	7	6	5	6	6	5		
76	8	4	8	5	6	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	6	9	4	9	8	9	9	7	9	4	9	6	7	9	7	9	5	9	8	9		
77	5	5	7	7	7	6	6	5	5	5	6	7	7	7	6	5	7	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	9	7	8	6	7	8	8
78	7	1	1	1	5	1	5	6	6	6	4	8	7	8	8	9	8	3	9	7	8	7	7	6	4	8	8	8	8	8	7	4	9	8	8		
79	8	6	7	5	4	6	5	5	5	5	4	6	6	6	2	6	4	1	4	7	4	3	4	4	2	3	6	4	3	5	4	1	4	6	4		
80	8	6	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	8	7	6	4	6	4	7	7	9	4	4	5	7	7	7	9	4	4	4	5	6	8	8		
81	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	3	4	2	5	2	1	1		
82	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	7	5	5	6	4	4	
83	7	5	5	4	6	6	6	6	6	6	2	7	7	7	7	6	4	3	6	6	6	7	7	7	6	7	7	7	7	6	5	3	6	6	6		
84	9	5	5	5	8	7	5	9	8	7	7	8	7	8	7	7	5	4	6	7	6	6	6	5	5	6	7	8	9	6	5	5	6	7	6		
85	3	5	5	6	6	5	6	5	5	5	7	7	6	7	4	5	6	7	7	4	7	3	5	5	7	7	4	7	4	5	5	7	7	5	7		

ANEXO 10: FOTOGRAFÍAS DE ELABORACIÓN DEL HELADO Y DESARROLLO DE PRUEBAS

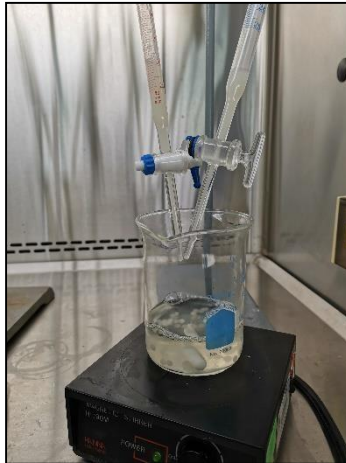


Figura 1: Encapsulamiento de *Lactobacillus casei*



Figura 2: Elaboración del helado con harina de quinua Pasankalla



Figura 3: Elaboración del helado con harina de quinua Rosada de Huancayo



Figura 4: Siembra microbiológica en placas con MRS



Figura 5: Placas para el recuento de bacterias ácido lácticas



Figura 6: Recuento de bacterias ácido lácticas en contador Quebec



Figura 7: Medición de la viscosidad con réómetro Brookfield



Figura 8: Medición de la velocidad de fusión

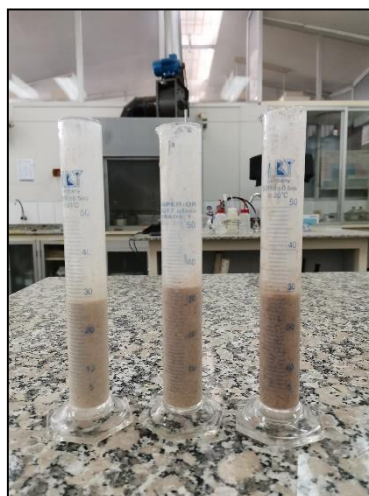


Figura 9: Medición del overrun



Figura 10: Medición de la dureza en texturómetro Instron

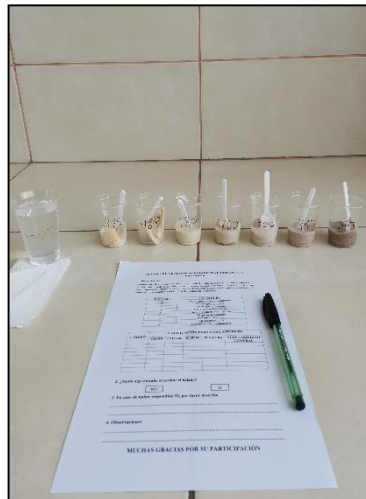


Figura 11: Muestras y ficha de evaluación sensorial