

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA BIOLÓGICAS**



**“CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y
SENSORIAL DE UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO YOGURT A
BASE DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)”**

Presentada por:

FANNY EMMA LUDEÑA URQUIZO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN CIENCIAS E INGENIERÍA
BIOLÓGICAS**

Lima - Perú

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA BIOLÓGICAS

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y
SENSORIAL DE UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO YOGURT A
BASE DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE

***Doctoris Philosophiae* (Ph.D.)**

Presentada por:

FANNY EMMA LUDEÑA URQUIZO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. Carmen Velezmoro Sánchez
PRESIDENTE

Ph.D. Carmen Plumed-Ferrer
ASESOR

Dra. Rosana Chirinos Gallardo
CO-ASESOR

Ph.D. Gretty Villena Chávez
MIEMBRO

Ph.D. Ritva Repo de Carrasco
MIEMBRO

Dra. Carmen Josefina Contreras Castillo
MIEMBRO EXTERNO

DEDICATORIA

In memoriam, a mi querido padre el Sr. Emilio Ludeña Portillo, por todo lo que nos brindó y seguirá dándonos desde el infinito.

A mis queridos hijos Juan Carlos y Krizia y por ser mi alegría, fortaleza y ejemplo de todo lo que se puede lograr, si uno se propone, los amo infinitamente.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesoras la Dra. Carmen Plumed-Ferrer y la Dra. Rosana Chirinos Gallardo, por su invaluable apoyo y facilidades brindadas para la ejecución de la presente investigación.

Al jurado integrado por la Dra. Carmen Velezmoro Sánchez, Dra. Ritva Repo de Carrasco, PhD. Gretty Villena Chávez y la Dra. Carmen Josefina Contreras Castillo, por su importante apoyo y aportes en la revisión de la presente tesis.

A la Dra. Kati Väkeväinen, por su gran apoyo y contribución, en la ejecución de la presente investigación.

A mi querida familia por todo su amor, apoyo y comprensión, por todo el tiempo que me llevo alejarme de ellos.

Al Ing. Elias Lozano, por haberme apoyado en este proceso.

A mis queridos amigos y amigas, que siempre están pendientes de mí y me acompañan, en cada momento importante de mi vida.

A los profesores y técnicas del Depto. De Biotecnología de Alimentos (Instituto de Salud Pública y Nutrición Clínica) de la Universidad del Este de Finlandia (UEF), en forma muy especial a la Dra. Carmen Plumed-Ferrer, por haberme recibido y brindado siempre su apoyo y amistad durante mis estancias en la UEF y en Kuopio (Finlandia).

A las siguientes instituciones, que financiaron diferentes rubros para la ejecución de la presente tesis:

Al Ministerio de Relaciones Exteriores de Finlandia, que financió el Proyecto: Mejoramiento de la Nutrición de la Población Andina, que fue coordinado por la Dra. Ritva Repo de Carrasco, a quien le agradezco en forma muy especial el habernos conectado y acercado a Finlandia, para la ejecución de diversos proyectos de colaboración.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONCYTEC del Perú,

A la Agencia Nacional para la Educación de Finlandia (EDUFI- FINLAND)

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	PRODUCTOS FERMENTADOS.....	3
2.1.1.	Aspectos Generales	3
2.1.2.	Productos fermentados (tipo Yogurt) a base de cereales	5
2.1.4.	Microorganismos utilizados en la fermentación de productos tipo yogurt a partir de vegetales	13
2.1.5.	Microorganismos Probióticos.....	15
2.1.6.	Situación actual y perspectivas del mercado de productos fermentados (tipo yogurt) a partir de cereales y granos andinos	22
2.2.	QUINUA	26
2.2.1.	Aspectos Generales	26
2.2.2.	Variedades de quinua utilizadas en el presente trabajo.....	28
2.2.3.	Composición Nutricional	32
2.3.	EVALUACIÓN SENSORIAL: CHECK- ALL-THAT-APPLY (CATA)	40
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	42
3.2.	MATERIALES.....	42
3.2.1.	Materia Prima	42
3.2.2.	Cepas bacterianas, ingredientes y otros materiales	42
3.2.3.	Equipos.....	43
3.2.4.	Reactivos y medios de cultivo.....	44
3.3.	MÉTODOS.....	45
3.3.1.	Composición química del grano y harina de quinua de las variedades Rosada de Huancayo (RH) Y Pasankalla (PK).....	45
3.3.2.	Caracterización fisicoquímica, rendimiento en proteína y propiedades tecnofuncionales del concentrado proteico de quinua.....	46
3.3.3.	Caracterización fisicoquímica, contenido de amilosa y amilopectina, propiedades tecnofuncionales y térmicas del almidón de quinua.....	48
3.3.4.	Caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de un producto fermentado tipo yogurt a base de quinua con probióticos.....	51

3.4.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	55
3.4.1.	Obtención de la harina de quinua	55
3.4.2.	Obtención del concentrado de proteína de quinua	55
3.4.3.	Extracción de almidón de quinua	56
3.4.4.	Desarrollo de un producto fermentado tipo yogurt a base de quinua con microorganismos probióticos.	59
3.4.5.	Evaluación sensorial de los productos fermentados (tipo yogurt) de quinua.....	63
3.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	65
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	70
4.1.	COMPOSICIÓN PROXIMAL Y SAPONINA DEL GRANO Y HARINA DE QUINUA DE LAS VARIEDADES ROSADA DE HUANCAYO (RH) Y PASANKALLA (PK)	70
4.1.1.	Grano de quinua	70
4.1.2.	Harina de quinua	73
4.2.	CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE QUINUA DE LAS VARIEDADES ROSADA DE HUANCAYO Y PASANKALLA.....	75
4.2.1.	Rendimiento de la obtención del concentrado de proteína de quinua.....	75
4.2.2.	Características fisicoquímicas del concentrado de proteína de quinua	76
4.2.3.	Propiedades tecnofuncionales del concentrado de proteína de quinua	76
4.3.	ALMIDÓN DE QUINUA (AQ) DE LAS VARIEDADES ROSADA DE HUANCAYO Y PASANKALLA	84
4.3.1.	Rendimiento de extracción del almidón.....	84
4.3.2.	Caracterización fisicoquímica del almidón de quinua	85
4.3.3.	Propiedades tecnofuncionales del almidón de quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla.....	92
4.3.4.	Propiedades térmicas de los geles de almidón	100
4.4.	DESARROLLO DE UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO YOGURT A BASE DE QUINUA CON MICROORGANISMOS PROBIÓTICOS	103
4.4.1.	Características fisicoquímicas	103
4.4.2.	Viabilidad de las bacterias ácido lácticas en las bebidas fermentadas de quinua	115
4.4.3.	Actividad metabólica durante la fermentación.....	122
4.5.	EVALUACIÓN SENSORIAL.....	126
VI.	CONCLUSIONES.....	136

VII. RECOMENDACIONES	139
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
X. ANEXOS	166

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Principales productos tradicionales fermentados, a partir de cereales, consumidos en Europa, África y América latina, que contienen microorganismos vivos	7
Tabla 2:	Microorganismos Probióticos	16
Tabla 3:	Distinción entre probióticos, alimentos fermentados y alimentos fermentados probióticos	19
Tabla 4:	Trabajos de investigación sobre bebidas fermentadas, tipo yogurt a base de quinua (últimos 5 años)	24
Tabla 5:	Composición proximal de quinua cruda con valores más altos/más bajos en comparación con quinua cocida, maíz amarillo, trigo y arroz (en 100 g de porción comestible)	33
Tabla 6:	Composición de aminoácidos de la proteína de quinua y otros cereales comparados con los patrones establecidos por la FAO/OMS	37
Tabla 7:	Ejemplos de preguntas CATA, incluyendo términos sensoriales y no sensoriales	41
Tabla 8:	Diseño experimental de la determinación de las características fisicoquímicas y funcionales del concentrado de proteína y del almidón de las variedades de quinua RH y PK	66
Tabla 9:	Diseño experimental del desarrollo de un producto fermentado de quinua (RH y PK), con microorganismos probióticos	67
Tabla 10:	Composición proximal del grano y harina de quinua Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK) ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ en materia seca y %).	71
Tabla 11:	Propiedades tecnofuncionales del concentrado de proteína de quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla	77
Tabla 12:	Características fisicoquímicas del almidón de quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla	86
Tabla 13:	Poder de hinchamiento (%) e índice de solubilidad en agua (%) de los almidones de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla	93

Tabla 14:	Propiedades térmicas de los almidones de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla, determinados por Calorimetría Diferencial de Barrido	101
Tabla 15:	Composición química (g/100g) y principales minerales (mg/100g) de los productos fermentados de quinua de sabor natural y saborizadas	104
Tabla 16:	Composición química (g/100 g) y principales minerales (mg/100g) de los productos fermentados de quinua (QBB-RH y QD-PK) y productos comerciales veganos similares	108
Tabla 17.	Cambios en el pH, acidez titulable (TTA) y viscosidad durante la fermentación y almacenamiento de los productos fermentados de quinua RH y PK (primera etapa).	111
Tabla 18:	Cambios en el pH, acidez titulable (TTA) y viscosidad durante el almacenamiento de las productos fermentados de quinua RH y PK (segunda etapa)	111
Tabla 19:	pH, TTA y viscosidad de los productos comerciales	112
Tabla 20:	Evaluación del pH durante el proceso de fermentación de la quinua RH y PK, con <i>Lactobacillus plantarum</i> Q823	119
Tabla 21.	Viabilidad de las bacterias ácido lácticas (BAL) en los productos fermentados de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla (RH y PK), de sabor natural y saborizados	120
Tabla 22:	Actividad metabólica en los productos fermentados de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla: determinación de azúcares y ácidos (mg/g).	123
Tabla 23:	Términos Check-all-that-apply (CATA) utilizados en la evaluación sensorial de los productos fermentados de quinua y cuatro productos comerciales	127
Tabla 24:	Porcentaje de participantes (n = 66), que seleccionaron cada término de la metodología Check-all-that-apply (CATA) para describir los productos fermentados de quinua desarrollados y cuatro productos comerciales.	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Sección longitudinal mediana del grano de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.).	27
Figura 2:	Quinua Rosada de Huancayo (RH) cultivo y granos (Foto: Fanny Ludeña)	30
Figura 3:	Quinua Pasankalla (PK) cultivo y granos (Foto: Fanny Ludeña)	31
Figura 4:	Diagrama de flujo del proceso de extracción del almidón de quinua	57
Figura 5:	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la bebida fermentada de quinua (RH y PK)	60
Figura 6:	Solubilidad (%) del concentrado de proteína de quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla	78
Figura 7:	Capacidad de absorción de agua (mL/g) del Concentrado de proteína de Quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla	81
Figura 8:	Capacidad de retención de agua (%) del concentrado de proteína de quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla	83
Figura 9:	Poder de hinchamiento de los almidones de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla	94
Figura 10:	Índice de Solubilidad en Agua de los almidones de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla	94
Figura 11:	Sinéresis (%) del almidón de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla en condiciones de refrigeración (4°C)	97
Figura 12:	Transmitancia de geles de almidón de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla almacenados en refrigeración (4 °C)	99
Figura 13:	Termograma DSC del almidón de quinua Pasankalla	101
Figura 14:	Termograma DSC del almidón de quinua Rosada de Huancayo	102
Figura 15:	Termograma DSC de los almidones de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla	102

Figura 16: Estabilidad y viabilidad de las bacterias ácido lácticas, en los productos fermentados de quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla	116
Figura 17: Estabilidad y viabilidad de las bacterias ácido lácticas (BAL), en los productos fermentados de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla, de sabor natural y saborizadas	121
Figura 18: Actividad metabólica en los productos fermentados de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla	124
Figura 19: Mapa del Análisis de Correspondencia (CA), de la evaluación sensorial CATA	131
Figura 20: Ingredientes de las bebidas fermentadas de quinua y productos comerciales	133

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Composición Proximal del grano y harina de quinua Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK) (g 100 g ⁻¹ en materia seca y %).	166
Anexo 2: Rendimiento de la extracción del concentrado de proteína de quinua (CPQ) de las variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK).	170
Anexo 3: Características fisicoquímicas del concentrado de proteína de quinua (CPQ) de las variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK).	171
Anexo 4: Propiedades tecnofuncionales (solubilidad, absorción de agua y retención de agua) del concentrado de proteína de quinua (CPQ) de las variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK)	172
Anexo 5: Rendimiento de obtención de almidón de quinua de las variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK)	178
Anexo 6: Características fisicoquímicas del almidón de quinua de las variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK)	179
Anexo 7: Propiedades tecnofuncionales (poder de hinchamiento (PH), índice de solubilidad (ISA), sinéresis y claridad) del almidón de quinua de las variedades RH y PK	181
Anexo 8: Sinéresis (%) del almidón de quinua Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK) en condiciones de refrigeración (4°C)	183
Anexo 9: Transmitancia de geles de almidón de quinua Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK) almacenados en refrigeración (4 °C)	185
Anexo 10: Propiedades térmicas de los almidones de quinua Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK), determinados por Calorimetría Diferencia de Barrido (DSC)	188
Anexo 11: Composición química (g/100g) y principales minerales (mg/100g) de los productos fermentados de quinua de sabor natural y saborizados	189
Anexo 12: Composición química (g/100 g) y principales minerales (mg/100g) de los productos fermentadas de quinua (QBB-RH y QD-PK) y productos comerciales veganos similares	191

Anexo 13: Cambios en el pH, acidez titulable (TTA) y viscosidad durante el almacenamiento de los productos fermentados de quinua RH y PK (segunda etapa)	193
Anexo 14: pH, TTA y viscosidad de los productos comerciales	195
Anexo 15: Evaluación del pH durante el proceso de fermentación de la quinua RH y PK, con <i>Lactobacillus plantarum</i> Q823	197
Anexo 16: Viabilidad de las bacterias ácido lácticas (BAL) (Log UFC/mL) en los productos fermentados de quinua (RH y PK), de sabor natural y saborizados	199
Anexo 17: Actividad metabólica en los productos fermentados de quinua RH y PK – Determinación de azúcares y ácidos	201
Anexo 18: Productos veganos comerciales seleccionados para la evaluación sensorial CATA	208
Anexo 19: Información de los encuestados (n = 66)	209
Anexo 20: Ficha de evaluación sensorial CATA (Versión español)	210
Anexo 21: Fotografías de la evaluación sensorial CATA	219
Anexo 22: Valoración promedio obtenida para la “apariencia general” y “gusto” para los 4 productos comerciales y los dos productos fermentados de quinua RH y PK	221
Anexo 23: Artículos publicados del presente trabajo	222

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar un producto fermentado, tipo yogurt, a base de quinua, con *Lactobacillus plantarum* Q823, a partir de dos variedades: Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK), con el fin de ampliar los usos tradicionales de la quinua y proporcionar alimentos nuevos, más saludables y nutritivos. Se realizó la extracción del concentrado de proteína y del almidón de ambas variedades, los cuales fueron caracterizados mediante análisis fisicoquímicos y sus propiedades funcionales. En el proceso de fermentación (30 °C) y almacenamiento de los productos (28 días; 5 – 7 °C) se realizaron la actividad metabólica, así como las evaluaciones de pH, viscosidad y acidez. Asimismo, se determinó la composición química de los productos fermentados de quinua de sabor natural (Q-PK y Q-RH) y saborizados (QBB-RH y QD-PK) y se realizó la determinación de la viabilidad de los microorganismos durante el almacenamiento. Los productos desarrollados, fueron sometidos a evaluación sensorial, en Finlandia, aplicando la metodología CATA (marque todo lo que corresponda), en comparación a cuatro productos comerciales de características similares. Los concentrados de proteína tuvieron un 84.65 ± 1.05 (b.s) (RH) y 79.70 ± 0.87 % (b.s) (PK) de proteína. Los resultados de la evaluación de las propiedades funcionales de los almidones, se vieron reflejados en las bebidas fermentadas, siendo la bebida de la quinua PK, la que presentó una mejor viscosidad y estabilidad durante el almacenamiento. Ambas variedades de quinua demostraron ser excelentes matrices para desarrollar productos fermentados; la fermentación resultó ser mayoritariamente homoláctica. *Lactobacillus plantarum* Q823, fue capaz de crecer satisfactoriamente en quinua, logrando sobrevivir durante el almacenamiento, con un recuento final entre $\text{Log } 8.70 \pm 0.19$ y $\text{Log } 9.30 \pm 0.30$ UFC/mL. La quinua tiene un gran potencial para producir productos fermentados, “tipo yogurt”, como lo demuestra claramente el exitoso proceso de fermentación y los altos recuentos viables de bacterias lácticas, necesarios para los productos probióticos.

Palabras claves: quinua, productos fermentados, *Lactobacillus plantarum*

ABSTRACT

The objective of this work was to develop a fermented quinoa-based yogurt, with *Lactobacillus plantarum* Q823, from two varieties: Rosada de Huancayo (RH) and Pasankalla (PK), to expand the traditional uses of quinoa and provide new, healthier and more nutritious food. The extraction of the protein concentrates and the starch of both varieties was carried out, which were characterized by physicochemical analysis and their functional properties. In the fermentation process (30 °C) and storage (28 days; 5 – 7 °C), the metabolic activity as well as the evaluations of pH, viscosity and acidity were carried out. The fermented quinoa beverages with natural flavor (Q-PK and Q-RH) and flavored (QBB-RH and QD-PK) were nutritionally characterized and the viability of the microorganisms was determined during 28 days of refrigerated storage (5-7 °C). The products developed were subjected to sensory evaluation (Finland) applying the CATA methodology (brand all that corresponds) and compared to four commercial products with similar characteristics. Protein concentrates had 84.65 ± 1.05 (b.s) (RH) and $79.70 \pm 0.87\%$ (b.s) (PK) of protein. The results of the evaluation of the functional properties of the starches were reflected in the fermented beverages, being the PK quinoa drink, the one that presented the best viscosity and stability during storage. Both varieties of quinoa proved to be excellent matrices for developing fermented products. Fermentation turned out to be mostly homolactic. *Lactobacillus plantarum* Q823, was able to grow satisfactorily in quinoa, surviving during storage with a final count between $\text{Log } 8.70 \pm 0.19$ and $\text{Log } 9.30 \pm 0.30$ CFU / mL. Quinoa has great potential to produce fermented, “yogurt-like” products, as clearly demonstrated by the successful fermentation process and the high viable counts of lactic acid bacteria necessary for probiotic products.

Keywords: quinoa, based-plant yogurt, *Lactobacillus plantarum*

I. INTRODUCCIÓN

Los consumidores demandan actualmente productos alimenticios saludables, compuestos principalmente, por alimentos naturales o mínimamente procesados y a base de vegetales. La búsqueda de productos que puedan adaptarse a una gran variedad de dietas, a los nuevos estilos de vida y la preocupación por el medio ambiente son factores que incentivan los hábitos más saludables y sustentables. En el año 2050 habrán casi 10 billones de personas en el mundo (UN 2019) y la demanda de alimentos se incrementará notablemente. Las proteínas alternativas, como las que provienen de plantas, son importantes para cubrir la demanda creciente de la población y cubrir las necesidades de alimentos en el mundo.

En este contexto los productos fermentados tipo yogurt, de fuentes no lácteas, están creciendo en el mercado global y se prevé una tasa de crecimiento, entre el 2017 y 2027 de 4.9 % (FMI 2018), a esto se suma la creciente preferencia, de los consumidores, de productos fermentados con probióticos, que se incrementará a una tasa anual de 7.0 % entre 2017 y 2022 (Paraskevagos 2020). En la actualidad los productos de soya dominan el mercado de los productos veganos, sin embargo, el mercado requiere de otros productos alimenticios, ricos en proteínas y otras cualidades, debido a que mucha gente es alérgica a la soya y la leche (Jeske *et al.* 2017, Zeiger *et al.* 1999). Los granos andinos y sobre todo la quinua son una excelente alternativa para cubrir la demanda de este tipo de productos fermentados.

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un grano andino, conocido por sus cualidades nutricionales y beneficios para la salud, respaldado por numerosas investigaciones. Tiene una excelente calidad de proteína, contiene todos los aminoácidos esenciales, posee un amplio rango de vitaminas y minerales, es libre de gluten, alto en fibra dietaria, contiene compuestos bioactivos y tiene un índice glucémico bajo, entre otras propiedades nutricionales muy importantes. Todas estas características permiten que la quinua sea una excelente materia prima para elaborar diferentes productos alimenticios nutritivos y que, además, cubran los requerimientos que demandan los consumidores, más exigentes, entre estos productos alimenticios una gran alternativa, son los productos fermentados.

La fermentación de materias primas vegetales, con bacterias ácido lácticas (BAL), mejora la calidad nutricional de los alimentos, entre los beneficios más importantes, se puede mencionar que, aumenta la calidad de las proteínas, mejorando la digestibilidad y su biodisponibilidad (Verni *et al.* 2019, Gobbetti *et al.* 2020, Montemurro *et al.* 2021. Asimismo, las bebidas fermentadas a base de cereales son consideradas alimentos funcionales, porque además de ser nutritivas y contener probióticos, proporcionan grandes beneficios a la salud (Peyer *et al.* 2016). Además, la fermentación es un proceso que mejora las características organolépticas de los cereales, que tienen un sabor fuerte, característico a cada materia prima, que es una desventaja en los productos procesados, similares a los lácteos (Nionelli *et al.* 2014).

Un aspecto muy importante en los procesos de fermentación, de vegetales, como la quinua, para obtener productos tipo yogurt son los microorganismos que se emplean en la fermentación. En el presente trabajo, se utilizó *Lactobacillus plantarum* Q823, que es una bacteria ácido láctica, aislada de la quinua, con potenciales características probióticas (Vera-Pingitore *et al.* 2016a) y tiene la capacidad de producir exopolisacáridos (Vera-Pingitore *et al.* 2016b), lo cual es muy importante para las características de las bebidas fermentadas.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la potencialidad de la quinua para desarrollar un producto fermentado tipo yogurt, con el fin de diversificar los usos tradicionales de la quinua y probar nuevos, saludables y más nutritivos productos alimenticios. Los objetivos específicos fueron:

a) Determinar las características fisicoquímicas y tecnofuncionales del almidón y de la proteína, de dos variedades de quinua: Rosada de Huancayo y Pasankalla; b) Desarrollar un producto fermentado de quinua, tipo yogurt, con microorganismos probióticos (*Lactobacillus plantarum* Q823) y c) Determinar las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del producto fermentado de quinua, durante 28 días de almacenamiento en refrigeración.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. PRODUCTOS FERMENTADOS

2.1.1. Aspectos Generales

La fermentación es una técnica ancestral utilizada para la elaboración y conservación de alimentos, que se conoce desde tiempos muy antiguos, es una de las primeras tecnologías desarrolladas por los humanos (Salmeron 2017). Se cree, que los recolectores primitivos en Asia (8000 a 3000 A.C.), fermentaban vegetales, antes de haber desarrollado la agricultura, de este modo, se fueron desarrollando los diferentes productos fermentados, en diferentes zonas del mundo (Breidt *et al.* 2013).

La fermentación, es el proceso mediante el cual se somete un sustrato a modificación bioquímica, resultante de la actividad de los microorganismos y sus enzimas (Gotcheva *et al.* 2000). Es una forma de metabolismo microbiano que produce energía, en la que un sustrato orgánico, generalmente un carbohidrato, se oxida parcialmente y otro carbohidrato orgánico actúa como aceptor de electrones. Por tanto, los alimentos fermentados son aquellos sometidos a la acción de microorganismos o sus enzimas para inducir cambios bioquímicos útiles y modificaciones significativas en el alimento (Contreras-Castillo *et al.* 2021).

Con relación a los productos fermentados, los lácteos, han sido los que más se han desarrollado a lo largo de los años. Productos, como el yogurt y otros similares, existen desde tiempos antiguos y se producen a gran escala en todo el mundo. Por otro lado, las leches fermentadas siguen siendo el principal producto para el consumo de probióticos, sin embargo, los consumidores, hoy en día, ven más allá de los lácteos para el beneficio de su salud y consumen productos fermentados de diferentes sustratos vegetales, como harinas de

los cereales y leguminosas, que pueden ser crudas, gelatinizadas, o germinadas (Nout 2015, Montemurro *et al.* 2021).

Otro aspecto importante por considerar es que, durante las últimas décadas, el mercado de alimentos procesados a base de vegetales, entre ellos los productos fermentados, tipo yogurt, está creciendo, por ejemplo, en Estados Unidos en el año 2019, este rubro, tuvo un incremento del 260 % (Vita 2020). Asimismo, el número de personas vegetarianas y veganas se ha incrementado, por ejemplo, en el Reino Unido entre 2008 y 2018, el número de veganos se incrementó en 350 % y en Italia los veganos y vegetarianos constituyen el 7 % de la población (Díaz 2019). Este incremento puede ser debido a múltiples factores, tales como, problemas de salud, como la intolerancia a la lactosa, celiaquía, alergias y otros, como convicciones personales (religión, moda, problemas ambientales, bienestar de los animales, etc.). En los últimos años, uno de los factores más importantes, es el cambio climático, que entre tanto efectos, ha suscitado el incremento de personas flexitarianas, que son personas que priorizan el consumo de productos vegetales, disminuyendo el consumo de productos animales, como la carne. Es importante precisar que, dentro del incremento del consumo de los productos vegetales, las bebidas fermentadas, tipo yogurt, a partir de vegetales, han tenido un gran desarrollo en los últimos años (Montemurro *et al.* 2021).

Es importante resaltar que, los productos fermentados a base de cereales son considerados alimentos funcionales, porque además de ser nutritivos y contener probióticos, proporcionan grandes beneficios a la salud (Peyer *et al.* 2016, Ouwehand 2005). El concepto de “alimentos funcionales” viene de Japón, en general, se considera un alimento funcional, a un alimento apto para ser consumido como parte de la nutrición común y además, contiene componentes biológicamente activos con la capacidad de mejorar la salud y reducir el riesgo de enfermedades (Kreisz *et al.* 2008). Según FUFOSSE (*Functional Food Science in Europe*) un alimento puede considerarse funcional cuando se ha demostrado de forma satisfactoria que influye positivamente en una o varias funciones físicas, más allá de su valor nutritivo, de manera que tiene relevancia para el bienestar o la reducción de riesgos de enfermedades. Es importante precisar que los productos fermentados a partir de cereales, para considerarse alimentos funcionales y saludables, no deberían tener más de 0.5 % (v/v) de etanol (Kreisz *et al.* 2008).

Con respecto a los beneficios nutricionales y de salud, que se atribuye a los productos fermentados, es importante resaltar que la fermentación mejora las propiedades nutritivas de los alimentos en general, como el incremento de los compuestos fenólicos y otros. El aumento o disminución de estos compuestos bioactivos durante la fermentación, depende de la naturaleza de los compuestos y del tipo de microorganismos que participan en el proceso (Katina *et al.* 2005). Asimismo, las bebidas fermentadas, a partir de cereales, pueden ser un recurso natural para la fibra dietaria, que es un término usado, para una parte comestible de las plantas o carbohidratos análogos, que resisten la hidrólisis por las enzimas del tracto digestivo. La fibra soluble en agua, tales como los β -glucanos y arabinosylanos, son componentes apropiados para las bebidas funcionales, reducen la absorción de la glucosa y esteroides, así como el colesterol sanguíneo y como resultado, la glucosa en sangre y el colesterol en el cuerpo disminuyen, además favorecen el desarrollo de las *Bifidobacterias* y *Lactobacillus* en el tracto digestivo, contribuyendo a la salud del huésped (Kreisz *et al.* 2008).

Por otro lado, si se utilizan en la fermentación materias primas que contienen compuestos prebióticos, como la quinua, se obtendrá una bebida simbiótica (probióticos más prebióticos). Bianchi *et al.* (2014b) demostraron que las bebidas fermentadas simbióticas, redujeron el nivel de patógenos e incrementaron la flora benéfica en el organismo, lo cual ayuda a mejorar la salud de las personas. Además, la fermentación láctica de vegetales contribuye en mejorar el sabor de los productos, produce un incremento de la concentración de aminoácidos y péptidos bioactivos, eleva la digestibilidad de las proteínas y reduce la actividad del ácido fítico, y en consecuencia mejora la biodisponibilidad de minerales como el hierro y vitaminas como el complejo B (Nout 2009, Montemurro *et al.* 2021).

2.1.2. Productos fermentados (tipo Yogurt) a base de cereales

Los cereales se cultivan en más del 73 % del suelo agrícola y contribuyen a más del 60 % de la producción mundial de alimentos, aportando proteínas, vitaminas, fibra dietética, energía y minerales (Todorov y Holzapfel 2015). Del mismo modo, los granos andinos han sido consumidos desde tiempos inmemoriales y hoy en día se estudian por sus potenciales características nutricionales y funcionales y técnicamente ya se han desarrollado numerosos

productos, como: panes, harinas, fideos, cereales para desayunos, entre otros, siendo los productos fermentados, tipo yogurt, una gran posibilidad de alimento novedoso y funcional.

Muchas tecnologías se utilizan y se siguen utilizando, para el procesamiento de los cereales y mejorar las características nutricionales, sin embargo, la fermentación permanece como la mejor opción para mejorar las propiedades nutricionales, sensoriales y el tiempo de vida de los productos. En la Tabla 1, se presentan las principales bebidas fermentados a partir de cereales en las diferentes regiones del mundo (Todorov y Holzapfel 2015). En algunas regiones de América Latina, todavía se fabrican productos fermentados, en forma tradicional, utilizando equipos muy simples. Estos productos fermentados son muy apreciados y se consideran de valor superior debido a sus características de sabor y autenticidad. Los alimentos fermentados autóctonos tienen cualidades sensoriales especiales y algunos incluso poseen propiedades que promueven la salud. Esto se debe principalmente, a la presencia de una microbiota biológicamente diversa presente en la materia prima o es producto del medio ambiente en donde se elaboran (Todorov y Holzapfel 2015).

Entre los productos importantes, descritos en la Tabla 1, se presenta, la chicha de jora, que es una de las bebidas fermentadas más antiguas de América del Sur, se cree que su origen se remonta al siglo XV. El proceso se iniciaba masticando el maíz, convirtiéndolo en una pulpa; en la saliva, se tiene una serie de componentes, como las enzimas, que ayudan a convertir los almidones en azúcares fermentables. Posteriormente, la pulpa masticada era secada al sol y se mezclaba con agua tibia y se dejaba fermentar durante unos días, convirtiendo el maíz en una bebida ligeramente alcohólica (Todorov y Holzapfel 2015). La chicha de jora se produce en muchas regiones del Perú y en América Latina, el proceso tiene variaciones y particularidades, dependiendo del lugar donde se realiza.

Es importante resaltar que los cereales presentan, el mayor potencial como alternativa para el desarrollo de alimentos probióticos no lácteos, son fuente de nutrientes, tienen componentes que estimulan el desarrollo de las bacterias ácido lácticas, además de promover beneficios a la salud (Salmeron 2017, Granato *et al.* 2010). Las bebidas fermentadas, tipo yogurt, existen desde tiempos antiguos y se producen en todo el mundo, en algunos casos, por fermentación espontánea, en los cuales están involucrados una flora mixta compuesta

Tabla 1: Principales productos tradicionales fermentados, a partir de cereales, consumidos en Europa, África y América latina, que contienen microorganismos vivos

PRODUCTO	MATERIA PRIMA/SUSTRATO	PROPIEDAD SENSORIAL Y NATURALEZA	MICROORGANISMOS	PAÍS (REFERENCIAS)
Boza	Cereales (cebada, avena, mijo, maíz, trigo, arroz)	Líquido agrio refrescante	<i>Enterococcus faecium</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Lactobacillus coprophilus</i> , <i>Lactobacillus coryniformis</i> , <i>Lactobacillus fermentum</i> , <i>Lactobacillus paracasei</i> , <i>Lactobacillus pentosus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>Lactobacillus rhamnosus</i> , <i>Lactobacillus sanfrancisco</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> , <i>Leuconostoc lactis</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Leuconostoc oenos</i> (reclasificado como <i>Oenococcus oeni</i>), <i>Leuconostoc raffiniolactis</i> , <i>Pediococcus pentaceus</i> , <i>Weissella confusa</i> , <i>Weissella paramesenteroides</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Bulgaria, península Balcánica (Arici y Daglioglu 2002, Botes <i>et al.</i> 2006, Gotcheva <i>et al.</i> 2000, Hancioglu y Karapinar 1997, Ivanova <i>et al.</i> 2000, Kabadjova <i>et al.</i> 2000, Sahingil <i>et al.</i> 2011, Todorov 2010, Todorov y Dicks 2004, Todorov y Dicks 2005, Todorov y Dicks 2006, Tuncer y Ozden, 2010, Von Mplendorff <i>et al.</i> 2006, Zorba <i>et al.</i> 2003)
Burukutu	Sorgo y mandioca	Cre moso, líquido	<i>Sacch cereviasiae</i> , <i>Sacharomyces chavelieri</i> , <i>Leuc. Mesenteroides</i> , <i>Candida sp.</i> , <i>acetobacter sp.</i>	Nigeria (Odu nfa y Oyewole 1997)

<<Continuación>>

Busa	Maíz z sorgo y m ijo	Bebida	<i>Sacch. Cerevisiae, Schizosaccharomyces pombe, L. Plantarum, Lactobacillus helveticus, Lactobacillus salivarius, Lactobacillus casei, L. brevis Lactobacillus buchneri, Leuc. Mesentoides Pediococcus damnosus</i>	África Oriental, Kenia (Blandino <i>et al.</i> 2003, Odunfa y Oyewole 1997)
Chicha de jora	Maíz	Bebida alcohólica	<i>L. Plantarum, L. fermentum, Sacch cerevisiae</i>	Latinoamérica (Quillama 1993, 1998; Quillama <i>et al.</i> 1995)
Kishk	Trigo, leche	bebida refrescante	<i>L. plantarum, L. Brevis, L. cesei, Bacillus subtilis, levadura.</i>	Egipto ((Blandino <i>et al.</i> 2003)
Koko	Maíz	Gachas de avena	<i>Enterobacter cloacae, Acinetobacter sp., L. Plantarum, L. brevis, Sacch cerevisiae, Cand. mycoderma</i>	Ghanan (Andah & Muller, 1973, Blandino <i>et al.</i> , 2003)
Maheu	Maíz, sorgo, mijo	Bebida refrescante	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	Sudáfrica (Steinkraus 1979)
Mahewu	Maíz	Bebida refrescante	<i>L. Delbrueckii, Lactobacillus lactis.</i>	Sudáfrica (Blandino <i>et al.</i> 2003)
Mawé	Maíz	Producto intermedio utilizado para preparar bebidas, papillas	<i>Lactobacillus fermentum, Lactobacillus reuteri, L. brevis, Lactobacillus confuses, Lactobacillus curvatus, Lactobacillus buchneri, Lactobacillus salivarius, Lactobacillus lactis, Ped. Pentosaceus, Ped. Acidilactici, Leuc. mesenteroides</i>	Benin, Togo (Hounhouigan, Nout, Nago, Houben y Roumbouts 1993)
Mbege	Maiz, sorgo, mijo	Bebida	<i>Sacch. Cerevisiae, Schizosaccharomyces pombe, L. plantarum, Leuc mesenteroides</i>	Tanzania (Odunfa y Oyewole 1997)

<<Continuación>>

Ogi	Maíz, sorgo, mijo	Gachas de avena viscosa y ligeramente ácida	<i>L. Plantarum, Lactobacillus pantheris, Lactobacillus vaccिनosterqus, Corynebacterium sp., Fusarium sp., Aspergillus sp., Penicillium sp</i>	Nigeria (Baningo y Akrinrele 1997, Odunfa y Oyewle 1997)
Pito	Maíz, sorgo, mijo	Bebida	<i>Geotrichum candidum, Lactobacillus sp., Candida sp.</i>	África occidental (Odunfa y Oywole 1997)
Poto poto	Maíz	Compuesto acuoso	<i>L. gasseri, L. Plantarum/paraplantarum, L. acidophilus, L. delbrueckii, L. Reuteri, L. casei, Bacillus sp., Enterococcus sp., levadura</i>	Congo (Abriouel <i>et al.</i> 2006, Louembé <i>et al.</i> 1996)
Pozol		Gachas de avena ligeramente ácidas, espesas y viscosas, grapas	<i>L. Plantarum, L. Fermentum, L. casei, L. delbrueckii, Leuconostoc sp., Bifidobacterium sp Streptococcus sp., Candida parapsilodid, Trichosporon cutaneum, Geotrichum candidum, Aspergillus flavus, Enterobacteriaceae, Bacillus cereus, Paraolobactrum aerogenoides, Agrobacterium Azotophilum, Alkaligenes pozolis, Escherichia coli var. napolitana, Pseudomonas Mexicana, Klebsiella pneumoniae, Saccharomyces sp., hongo</i>	México y Latinoamérica (Ben Omar y Ampe 2000, Jiménez Vera <i>et al.</i> 2010, Nuraida <i>et al.</i> 1995, Ulloa <i>et al.</i> 1987, Wachter <i>et al.</i> 2000, 2000, 1993)
Tepache	Maíz, piña. Manzana, naranja		<i>B. subtilis, Bacillus graveolus y levadura Torulopsis inconspicna, Sacch. Cerevisiae y Candida queretana</i>	México (FAO 1998)

<<Continuación>>

Togwa	Mandioca, maíz, sorgo, mijo	Atole o bebida fermentada	<i>L. Brevis, Lactobacillus cellobiosus, L. fermentum, L. plantarum</i> y <i>Ped. Pentosaceus, Cnadida pelliculosa, Candida tropicalis, Issatchenkia orientalis Sacch. cerevisiae</i>	Tanzania (Kingamkono <i>et al.</i> 1998, Lorri y Svanberg 1995, Mugula <i>et al.</i> 2003)
Uji	Maíz, sorgo, mijo, harina de mandioca	Gachas ácidas, ácidas, muestra	<i>Leuc.mesenteroides, L. plantarum</i>	Kena, Uganda, Tanzania (Odunfa y Oyewole 1997)

Fuente: Todorov y Holzapfel (2015)

por levaduras, bacterias y mohos y se utilizan como sustratos harinas de los cereales, que pueden ser crudas, gelatinizadas, o malta de granos (Nout 2015).

Asimismo, los cereales, poseen muy buenas características, para la producción de bebidas fermentadas, tipo yogurt, porque contienen un amplio rango de azúcares, tales como glucosa, maltosa, maltotriosa y varias pentosas, lo que los hace, excelentes sustratos, como buena alternativa a la leche. El tipo y la cantidad de azúcares dependen del cereal y de las condiciones de proceso. El fósforo y las vitaminas (complejo B) que son esenciales para el crecimiento de los lactobacilos y que se encuentran en los cereales, favorecen su crecimiento. Asimismo, sustancias como la arginina, fructosa, ácido cítrico y ácido málico, los cuales están presentes en los cereales, son fuente de energía de metabolización lenta y mejora la viabilidad de los microorganismos durante el período de almacenamiento (Kreis *et al.* 2008).

Las bebidas fermentadas a base de cereales son un gran potencial de alimentos funcionales, por su contenido de antioxidantes, fibra dietaria, probióticos, minerales y vitaminas. Angelov *et al.* (2006), desarrollaron una bebida fermentada con probióticos, a partir de avena, demostrando la conservación de las propiedades nutricionales de este cereal, especialmente el contenido de β -glucano de 0.31- 0.36 %, que no sufrió cambios durante la fermentación y la viabilidad del *Lactobacillus plantarum* B28 (9.3×10^9 UFC/mL), durante 21 días de vida en anaquel.

Bianchi *et al.* (2014a), desarrollaron una bebida fermentada simbiótica (probióticos y prebióticos) a partir de soya y quinua, utilizando *Lactobacillus casei* LC-1. Obtuvieron los mejores resultados (características fisicoquímicas, propiedades reológicas, aceptación sensorial y viabilidad del *L. casei*) utilizando una mezcla de 70 % de soya y 30 % de quinua, como material vegetal. Los controles se realizaron durante 28 días de almacenamiento en refrigeración (5 °C). En términos generales la bebida fermentada tuvo muy buena aceptación e intenciones de adquirirla en el mercado.

Coda *et al.* (2011), realizaron estudios con emmer (trigo farro) (*Triticum dicoccum*), para preparar bebidas fermentadas, utilizando harina de este cereal (cruda, gelatinizada y

malteada) en porcentajes entre 5 y 30 % (p/p), empleando como cultivo para la fermentación el *Lactobacillus plantarum* 6E, que fue aislado del propio emmer (Coda *et al.* 2010). Se evaluó la supervivencia de los microorganismos durante 30 días de almacenamiento en refrigeración (4°C) encontrando un recuento de 5×10^8 UFC/ml. Asimismo, demostraron que la bebida fermentada, utilizando harina gelatinizada, es la mejor opción, por las características nutricionales y sensoriales que presentó, en comparación al uso de harinas cruda y malteada. Otro trabajo desarrollado, por los mismos investigadores, fue la elaboración de bebidas fermentadas a base de emmer, avena, arroz, cebada, soya, en los cuales utilizaron como fermento, diferentes cepas de *Lactobacillus plantarum* (6E; LB1; POM1; M6; PR1 y 1LC5), aislados de diversos vegetales. Todos los tratamientos presentaron un pH menor a 4, al finalizar la fermentación y un recuento de microorganismos viables de Log 8.4 UFC/g durante el almacenamiento (Coda *et al.* 2012, Poutanen *et al.* 2009, Coda *et al.* 2010).

En los últimos años, se han desarrollado trabajos de bebidas fermentadas a partir de quinua. Sin embargo, como parte de esta tesis, Ludena-Urquiza *et al.* (2016) desarrollaron un producto fermentado, tipo yogurt, con dos variedades de quinua (Rosada de Huancayo y Pasankalla) utilizando *Lactobacillus plantarum* Q823. El resultado que más destacó fue que se logró comprobar la viabilidad del microorganismo probiótico (log 10 UFC/g) a los 28 días de almacenamiento en refrigeración (5 – 7°C); asimismo evaluaron las características sensoriales de las bebidas fermentadas de quinua (Väkerväinen *et al.* 2020). Por otro lado, Lorusso *et al.* (2018), evaluaron bebidas fermentadas de quinua, empleando *Lactobacillus rhamnosus* SP1, *Weissella confusa* DSM 20194 y *Lactobacillus plantarum* TMW; demostraron el incremento de diferentes compuestos bioactivos y la disminución de componentes antinutrientes, durante el proceso de fermentación. Posteriormente Canaviri *et al.* (2020) realizaron un estudio de una bebida fermentada de quinua con un probiótico comercial *Lactobacillus plantarum* DSM 9843; emplearon quinua blanca, procedente de Bolivia; el producto final tuvo una viabilidad de log 6.9 UFC/g a los 28 días de almacenamiento.

2.1.4. Microorganismos utilizados en la fermentación de productos tipo yogurt a partir de vegetales

Los principales responsables de la fermentación natural de productos, a base de cereales, son las bacterias ácido lácticas (BAL) y levaduras, o mezclas de éstas. Las levaduras realizan principalmente, el metabolismo de los carbohidratos y son predominantemente responsables de la producción de etanol (por ejemplo, cervezas y vinos), mientras que las BAL producen principalmente ácido láctico (Gänzle y Salovaara 2019). Del mismo modo la fermentación de los vegetales también se produce por mohos y son más comunes en productos fermentados orientales como el miso y tempeh, entre otros, que son procesos fermentados mucho más complejos (Nyanzi y Jooste 2012). Tanto las levaduras, como las bacterias, contribuyen a los aspectos sensoriales, nutricionales y de seguridad de los productos finales, cambian la composición bioquímica de grasas, minerales, vitaminas y otros componentes, mejorando la calidad y biodisponibilidad de los nutrientes en los productos fermentados (Gänzle y Salovaara 2019, Poutanen *et al.* 2009).

Las BAL constituye un grupo de bacterias grampositivas unidas por determinadas características morfológicas, metabólicas, y características fisiológicas. Son catalasa negativa, no poseen citocromo-oxidasa, no forman esporas, producen fermentación láctica (homofermentativa y heterofermentativa), son anaerobios facultativos y no reducen los nitratos. Según la clasificación taxonómica vigente, pertenecen a la división Firmicutes, clase Bacilli y orden Lactobacillales. Están formados por las siguientes familias de microorganismos: *Aerococcaceae*, *Carnobacteriaceae*, *Enterococcaceae*, *Lactobacillaceae*, *Leuconostocaceae*, y *Streptococcaceae* (Von Right y Axelsson 2019).

Las BAL, son generalmente consideradas microorganismos beneficiosos, dentro de las cuales, se tiene un gran grupo, que son los probióticos. Estos microorganismos, tradicionalmente se encuentran en productos lácteos, sin embargo, es creciente el interés en estos microorganismos, por las propiedades benéficas para la salud, de aplicarlos en diferentes matrices que no sean lácteas, especialmente en cereales. La supervivencia de estas bacterias, durante el tiempo de vida dependerá de múltiples factores tecnológicos y medioambientales. Consecuentemente los productos alimenticios con microorganismos

probióticos, que son hechos a partir de plantas son, en la actualidad, el objetivo en el desarrollo de nuevos productos alimenticios (Mridula y Sharma 2015).

La aplicación de las BAL, para la fermentación de vegetales, se realiza en diferentes formas, en producciones a gran escala, se emplean cultivos industriales desarrollados en distintas presentaciones (liofilizados, congelados), sin embargo, aún existe en diferentes lugares, procesos tradicionales con fermentación espontánea y en otros casos se realiza la inoculación de la materia prima con una pequeña cantidad de una fermentación realizada, anteriormente, en forma espontánea (bakslooping). Según Holzapfel (2002), al considerar las BAL como un cultivo de inicio, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- a. no todas las cepas BAL tienen la misma importancia práctica y técnica en las fermentaciones alimentarias;
- b. los géneros *Lactobacillus* (*L. fermentum*, *L. plantarum*, *L. reuteri*, *L. rhamnosus*), *Leuconostoc*, y en menor medida, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus* y *Weisella* spp. suelen estar presentes en los alimentos fermentados tradicionales;
- c. no todas las cepas de la misma especie son adecuadas como cultivos iniciadores y
- d. en varias fermentaciones donde se produce ácido láctico a escala industrial, los procesos están bien controlados a pesar de que son espontáneos.

Otro aspecto importante por considerar es que, en los productos fermentados, a partir de cereales y otros vegetales, se ha demostrado que las BAL, que tradicionalmente se han utilizado, en los procesos de fermentación en lácteos y que son de origen intestinal, no se adaptan adecuadamente a matrices vegetales (Gupta y Abu-Ghannam 2012, Rivera-Espinoza y Gallardo-Navarro 2010). Por tanto, el uso de BAL, autóctonas, seleccionadas de la propia flora de la materia prima, influyen positivamente en la tecnología, características del producto final y en las propiedades funcionales de los productos fermentados (Montemurro *et al.* 2021, Coda *et al.* 2010).

Las BAL no solo mejoran el sabor y la textura, de los productos fermentados, si no también inhiben los organismos patógenos y de descomposición por varios mecanismos, como la producción de ácidos orgánicos, peróxido de hidrógeno y sustancias antimicrobianas, así como disminuyendo el pH y el potencial de oxidación / reducción (Gänzle y Salovaara 2019). Por otro lado, las bebidas fermentadas de cereales tienen una alta capacidad buffer,

lo que eleva el pH del estómago y proteger los probióticos en su paso por el sistema digestivo (Kreisz *et al.* 2008).

2.1.5. Microorganismos Probióticos

La palabra probióticos, deriva de los vocablos latinos y griegos “pro”, que significa “por” y “bios”, que significa “vida”, por tanto, de acuerdo con esta terminología, probióticos significa “por la vida” (Pfeiler y Klaenhammer 2013).

En el año 2002, la FAO y la OMS oficializan la siguiente definición: “Los probióticos se definen como microorganismos vivos, los cuales cuando son administrados en cantidades adecuadas confieren un beneficio a la salud del huésped” (FAO/WHO 2002). En el año 2014, la Asociación Científica Internacional de Probióticos y Prebióticos (ISAPP) realizó un ligero cambio a la definición declarando lo siguiente: “Los probióticos se definen como microorganismos vivos que, cuando son administrados en cantidades adecuadas confieren un beneficio a la salud del huésped” (Hill *et al.* 2014).

En los últimos años se han agregado otros términos y definiciones relacionados, como “paraprobióticos”, que son células inactivas/muertas de probióticos y “postbióticos” que son metabolitos bioactivos de probióticos, que podrían mostrar impactos significativos en la salud de las personas (Zendeboodi *et al.* 2020). Sin embargo, el término paraprobiótico y otros términos similares, que se han estado utilizando (parapsychobióticos, ghost probióticos, metabioticos y otros) se ha incluido dentro de la definición de postbióticos. Los expertos de ISAPP, han llegado al consenso en la definición de postbióticos, que es la siguiente: “Los postbióticos son un preparado de microorganismos inanimados y/o sus componentes que confiere un beneficio para la salud del huésped” (Salminen *et al.* 2021).

En la Tabla 2, se presenta los principales microorganismos que son utilizados como probióticos. Los microorganismos más utilizados como probióticos son las bacterias ácido lácticas (BAL) y las bifidobacterias (Sathyabama *et al.* 2012, Vinderola *et al.* 2011). Los lactobacilos y las bifidobacterias son residentes naturales del sistema gastrointestinal (SGI)

y son considerados saludables para el huésped y no producen ningún riesgo dentro de su sistema ecológico natural (Pfeiler y Klaenhammer 2013).

Tabla 2: Microorganismos Probióticos

Género	Especie
<i>Lactobacillus</i>	<i>L. plantarum</i> , <i>L. paracasei</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> <i>L. rhamnosus</i> , <i>L. crispatus</i> , <i>L. gasseri</i> , <i>L. reuteri</i> <i>L. bulgaricus</i>
<i>Bifidobacterium</i>	<i>B. adolescentis</i> , <i>B. animalis</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>B. infantis</i> , <i>B. lactis</i> , <i>B. longum</i> , <i>B. catenulatum</i>
<i>Propionibacterium</i>	<i>P. jensenii</i> , <i>P. freudenreichi</i>
<i>Peptostreptococcus</i>	<i>P. productus</i>
<i>Pediococcus</i>	<i>P. acidilactici</i>
<i>Leuconostoc</i>	<i>Lc. Lactis subsp. Cremoris</i> , <i>Lc. Mesenteroides</i>
<i>Enterococcus</i>	<i>E. faecium</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>S. oralis</i> , <i>S. uberis</i> , <i>S. rattus</i> , <i>S. salivarius</i> , <i>S. mitis</i> <i>S. sanguis</i> , <i>S. thermophilus</i>
<i>Bacillus</i>	<i>B. coagulans</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>B. laterosporus</i>
<i>Bacteroides</i>	<i>B. uniformis</i>
<i>Akkemansia</i>	<i>A. muciniphila</i>
<i>Saccharomyces</i>	<i>S. cerevisiae</i> , <i>S. boulardii</i>

Fuente: Zendeboodi *et al.* (2020)

Los criterios para la selección de cepas probióticas han sido formulados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (FAO/OMS 2002). Los microorganismos probióticos utilizados en los alimentos deberían ser capaces no sólo de sobrevivir al paso por el aparato digestivo, sino también de colonizar temporalmente en el intestino. Esto significa que deberían ser resistentes a los jugos gástricos y poder crecer en presencia de bilis, en las condiciones existentes en los intestinos, o ser consumidos en un alimento que, actuando como vehículo, les permita sobrevivir al paso por el estómago, a la exposición a la bilis adhesión al moco y células epiteliales humanas, competencia con patógenos para los sitios de adhesión, inhibición del crecimiento de bacterias potencialmente patógenas, actividad hidrolasa de sales biliares y, en el caso de aplicaciones vaginales, resistencia a anticonceptivos (FAO/OMS 2002).

El beneficio central de los probióticos es el de contribuir, principalmente, a una buena salud del sistema digestivo y mantener un sistema inmunológico saludable (Hill *et al.* 2014). Asimismo, los probióticos están asociados a la prevención y cura de ciertas enfermedades, tales como: Enterocolitis necrotizante y gastroenteritis viral (Rodríguez y Sánchez 2015, Gonzalez-Ochoa *et al.* 2017) también incrementan la capacidad inmunológica (Perdigón *et al.* 2000), regulan el tránsito intestinal (Meance *et al.* 2003), producen metabolitos proteicos bioactivos que previenen ciertos tipos de cáncer en humanos (Tan *et al.* 2015), previenen las reacciones alérgicas (Kalliomaki *et al.* 2001), reducen el colesterol sérico (Gadelha y Bezerra 2019) y confieren beneficios al corazón previniendo varios síndromes de cardiopatías isquémicas (Ettinger *et al.* 2014).

En términos generales, según Pfeiler y Klaenhammer (2013) el mecanismo de acción puede ser resumido en tres importantes categorías:

1. Interacción con el sistema inmunológico. El sistema gastrointestinal (SGI), es una parte muy importante del sistema inmune y constantemente hay una interacción entre los alimentos consumidos y la microbiota intestinal. Se ha demostrado en pruebas *in vitro* e *in vivo* que los probióticos presentes, producen efectos en el sistema inmune. Estos microorganismos pueden alterar la producción de citoquinas por exposición de macrófagos y células dendríticas y pueden cambiar la producción de citoquinas, desde la ruta Interlukina 12 (IL-12), inductor de inflamación hacia la ruta antiinflamatoria Interlukina 10 (IL-10).
2. Fortaleciendo la barrera de la mucosa intestinal. El SGI, funciona como una barrera semipermeable que permite el paso selectivo de ciertas moléculas. Si esto se debilita pueden pasar diferentes moléculas ocasionando enfermedades en el SGI y procesos inflamatorios. Ciertos microorganismos probióticos pueden reparar y reforzar estas barreras, por la producción de ciertas proteínas y otros compuestos, tales como mucinas.
3. Exclusión de patógenos. Se ha demostrado *in vitro* que ciertos probióticos inhiben la adherencia de patógenos (bacterias y virus), evitando enfermedades, sin embargo, *in vivo* aún falta tener un mayor conocimiento. El mecanismo puede ser debido a que los probióticos bloquean los receptores de adhesión de los patógenos evitando las infecciones.

En relación, al mínimo recuento de microorganismos probióticos, de acuerdo a la FAO/OMS (2002), un producto alimenticio debe contener un mínimo recuento de bacterias probióticas de 10^6 a 10^7 UFC/mL, durante su vida útil, para ser considerado probiótico y tener efectos beneficiosos en la salud del huésped. Por otro lado, los probióticos, no solo tienen efectos benéficos en la salud del huésped, sino que producen cambios fisicoquímicos y sensoriales, que favorecen la calidad de las matrices alimenticias que las contienen, principalmente en productos fermentados. Es decir, cuando los microorganismos están en el producto antes del consumo. En general, se señalan como principales características, la mejora en el flavor (realza el sabor) de los alimentos, disminuye la sinéresis, incrementa la seguridad de los alimentos (competencia contra contaminantes), destoxicación de compuestos tóxicos, producción y / o aumento de la biodisponibilidad de compuestos bioactivos tales como vitaminas, minerales y compuestos fenólicos (Pfeiler y Klaenhammer 2013).

Es importante remarcar que no todos los productos fermentados contienen probióticos, es necesario diferenciar claramente estos términos. Los alimentos fermentados se definen como alimentos elaborados mediante el crecimiento microbiano deseado y conversiones enzimáticas de los componentes alimentarios (Marco *et al.* 2021). Según el ISAPP, un alimento fermentado, se puede denominar alimento probiótico o que contienen probióticos, cuando existe evidencia de que sus componentes microbianos vivos proporcionan beneficios para la salud y que los microorganismos están bien definidos y caracterizados. Se requieren estudios controlados para determinar el beneficio de los alimentos fermentados en la salud humana, así como determinar la comunidad microbiana, que se desarrolla durante la fermentación y envejecimiento de los alimentos fermentados, los cuales se están obteniendo a través de la metagenómica, metatranscriptómica y metabolómica (Marco *et al.* 2021). En la Tabla 3, se presenta en detalle, la distinción entre los términos probióticos, alimentos fermentados y alimentos fermentados probióticos.

Los cereales representan una gran alternativa como base para producir bebidas fermentadas, tipo yogurt y son excelentes medios para transportar probióticos en nuestro organismo. Su composición nutricional es muy importante, para su crecimiento, como para su supervivencia durante el período de almacenamiento, por tanto, los cereales, son materias primas muy adecuadas para el desarrollo de diversos alimentos funcionales fermentados (Angelov *et al.* 2006).

Tabla 3: Distinción entre probióticos, alimentos fermentados y alimentos fermentados probióticos

SUSTANCIA PROBIÓTICA/ FORMATO	DEFINICIÓN	EVIDENCIA DE BENEFICIOS PARA LA SALUD	ALEGACIONES CONSISTENTES CON LA CATEGORÍA	COMPOSICIÓN MICROBIANA		
				MICROORGANISMOS VIVOS Y PRESENTES Y BENEFICIOS PARA LA SALUD DEMOSTRADOS	TAXONOMICAMENTE DEFINIDOS AL NIVEL DE CEPAS	SECUENCIA GENÓMICA DISPONIBLE
PROBIÓTICOS No requiere formato específico	Microorganismos vivos, que cuando son administrados en cantidades adecuadas confieren beneficios a la salud del huésped	Requerido	"Probióticos", puede ser utilizado en la etiqueta junto a un beneficio a la salud comprobado, tal como "ayuda a reforzar el sistema natural de defensa del organismo"	Requerido	Requerido	Requerido
ALIMENTOS FERMENTADOS Alimento	Alimentos elaborados a través del crecimiento microbiano deseado y conversiones enzimáticas de los componentes alimentarios	No requerido	Si los microorganismos vivos no están presentes: "Alimentos elaborados por fermentación"; si los microorganismos están presentes: "Contiene microorganismos vivos y activos"	No requerido	No requerido	No requerido
ALIMENTOS FERMENTADOS PROBIÓTICOS Alimento	Alimentos fermentados por o conteniendo probióticos con evidencia de cepas específicas	Requerido	Lo mismo que para probióticos	Requerido para probióticos pero no para fermentación con otros microorganismos	Requerido para probióticos pero no para fermentación con otros microorganismos	Requerido para probióticos pero no para fermentación con otros microorganismos
	Alimentos fermentados por o conteniendo probióticos sin evidencia de cepas específicas	Requerido	"Contiene probióticos"	Requerido para probióticos pero no para fermentación con otros microorganismos	Requerido para probióticos pero no para fermentación con otros microorganismos	Requerido para probióticos pero no para fermentación con otros microorganismos

Fuente: Marco *et al.* (2021)

Los microorganismos probióticos más predominantes en la fermentación de alimentos y bebidas a base de cereales han sido los Lactobacilos, entre ellos *Lactobacillus plantarum* (Nianzi y Jooste 2012), a continuación, se presentan los aspectos más importantes sobre este microorganismo.

Lactobacillus plantarum

Lactobacillus plantarum es una bacteria, perteneciente a la División: *Firmicutes*; Clase: *Bacilli*; Orden: *Lactobacillales*; Familia: *Lactobacillaceae*. Tiene forma de bastoncitos; produce fermentación láctica, es homofermentativa, anaerobia facultativa; grampositiva y catalasa negativa. Su hábitat “normal”, se halla probablemente en las materias vegetales; se encuentra en forma predominante en especies vegetales naturales y productos fermentados a partir de vegetales (Barrangou *et al.* 2012, Alais 1985).

Lactobacillus plantarum se puede encontrar en forma natural en una gran variedad de medios, tales como productos lácteos, carnes, pescados y vegetales, así como en el tracto digestivo humano y animal. Algunas cepas de *Lactobacillus plantarum*, que han sido estudiadas, tienen gran tolerancia a pH 2.0, sales biliares, poseen la habilidad de sobrevivir y colonizar en el tracto digestivo y resisten tratamientos térmicos (50 - 70°C) (Rodríguez-Huezo *et al.* 2014). Otro aspecto importante, es que *Lactobacillus plantarum*, como BAL, es considerada microorganismo GRAS (Generally Recognize As Safe) (Vera-Pingitore *et al.* 2016b).

Lactobacillus plantarum tiene una alta tolerancia a pH bajos, más que otras BAL, por estas propiedades es ampliamente utilizado en fermentaciones de vegetales, tales como pickles, sauerkraut, kimchi y fermentaciones de aceitunas, repollos, nabos, coliflor, tomates y otros vegetales. Asimismo, algunas cepas de *Lactobacillus plantarum*, son tolerantes a la sal, desarrollan incluso en concentraciones de 6 a 12 % de sal (Breidt *et al.* 2013).

Además de sus importantes cualidades tecnológicas, algunas cepas de *Lactobacillus plantarum*, proporcionan importantes beneficios a la salud de los huéspedes. Se han reportado estudios en los cuales se ha encontrado incremento de los compuestos fenólicos

totales, con una mayor capacidad antioxidante (evaluados por DPPH y ABTS) en la fermentación de masa de germen de trigo, mediante *Lactobacillus plantarum* LB1 y *Lactobacillus rossiae*, LB5 en comparación de la masa sin fermentar (Rizzello *et al.* 2010). Asimismo, en la fermentación de harina de lentejas con *Lactobacillus plantarum* CECT 748, se ha demostrado el incremento de compuestos fenólicos, péptidos bioactivos y el potencial antioxidante y antihipertensivo en el producto final (Torino *et al.* 2013, Bautista-Expósito *et al.* 2018).

Cepas de *Lactobacillus plantarum* autóctono, que se encontraron en una variedad de alimentos fermentados a base de cereales, tuvieron similitudes con aquellas presentes el tracto gastrointestinal de los seres humanos (Molin 2001). Asimismo, se reportó que cepas de *Lactobacillus plantarum* (283, 299, 299v), tuvieron la capacidad de colonizar, en la mucosa intestinal (Johansson *et al.* 1993).

Según Sánchez-Gonzalez *et al.* (2013), las películas comestibles que contienen *Lactobacillus plantarum* inhibieron el crecimiento de *Listeria monocitógenes* durante los primeros 8 días de almacenamiento a 5 °C. Asimismo tiene capacidad de proteger, contra otros patógenos, como la Salmonella entérica, incluso cuando es inactivado por medio de tratamiento térmico. Por otro lado, el *Lactobacillus plantarum* produce una bacteriocina, denominada plantaricina, que es regulada por el péptido pheromona (Montville y Chikinda 2013), lo cual protegería al medio en el que se encuentra, contra microorganismos patógenos.

Lactobacillus plantarum Q823, fue aislado de quinua, de origen sudamericano y se demostraron sus cualidades, como potencial probiótico (Vera-Pingitore *et al.* 2016a). Los estudios que se hicieron *in vitro* fueron, la evaluación de la sensibilidad a los antibióticos, tolerancia a los factores de estrés del sistema gastrointestinal (resistencia a pH bajos, tolerancia a la lisozima y sales biliares) y adhesión a las células epiteliales e *in vivo* utilizaron este microorganismo, como inóculo, en la bebida fermentada de quinua. Esta bebida, tipo yogurt, fue suministrada a 8 voluntarios, durante 7 días, al cabo de los cuales, se obtuvo un recuento, en las heces, de log₁₀ UFC/g de muestra, demostrando su resistencia y sobrevivencia a los diferentes factores del sistema digestivo. Se realizaron los análisis, incluso hasta 7 días después de la última dosis, detectando aún microorganismos hasta el final de las pruebas (Vera-Pingitore *et al.* 2016a).

Otro aspecto muy importante de *Lactobacillus plantarum*, es la producción de exopolisacáridos (EPS), que es de creciente interés en la industria de alimentos y la industria farmacéutica, Vera-Pingitore *et al.* (2016b) realizaron un estudio sobre la producción de EPS de *Lactobacillus plantarum* Q823, a dos temperaturas 30°C y 37°C, encontrando que, la mayor producción de EPS se da a los 30°C, que a 37°C; sin embargo, se produce una mayor tasa de crecimiento de los microorganismos a 37°C. El análisis de proteómica indicó que a 30°C hay producción de la enzima catalasa con manganeso, mientras que a 37 °C no se produce esta enzima, sin embargo, el crecimiento es mayor.

Los EPS, producidos durante la fermentación, juegan un papel importante en la viscosidad y textura final del producto. Dependiendo de cómo estos EPS interactúan con toda la matriz del alimento, pueden proporcionar características específicas de viscosidad al producto (Martensson *et al.* 2002). Los EPS, producidos por las BAL, están compuestos por heteropolisacáridos, que están formados a través de enlaces de diferentes monosacáridos (principalmente glucosa, ramnosa o galactosa) y los homopolisacáridos que sólo tienen una clase de unidad polimérica (principalmente glucosa o fructosa) (Montemurro *et al.* 2021).

2.1.6. Situación actual y perspectivas del mercado de productos fermentados (tipo yogurt) a partir de cereales y granos andinos

El crecimiento de productos fermentados tipo yogurt a partir de fuentes no lácteas está teniendo un crecimiento muy importante en el mundo. Según el Future Insight Market (FMI) (2018), la tasa de crecimiento de los yogures no lácteos entre el 2017 – 2027 será de 4.9 %. Este crecimiento se debería a múltiples factores, entre ellos el incremento de las personas intolerantes a la lactosa (35 %); sensibilidad a los productos lácteos (alergias) (28 %); en contra de las hormonas de crecimiento en los animales (24 %); reducir las grasas saturadas (24 %); reducir los productos lácteos con la edad (23 %); derechos de los animales/crueldad (20 %); en contra de los antibióticos en los lácteos (18 %); cuestiones ambientales (15 %) (Cargill 2020), todos estos factores contribuyen al crecimiento del mercado de productos a base de vegetales, por tanto las compañías tienen gran interés en desarrollar nuevos productos, en base a las tendencias del mercado, siendo un gran desafío para este sector. Otro aspecto importante del crecimiento, de los productos fermentados tipo yogurt a base de vegetales, es que el 44 % de consumidores, de productos fermentados con probióticos, son

los millennials (Paraskevagos 2020), que es una población muy importante actualmente, en el mundo, este segmento de mercado es activo y consciente de la dieta que quiere consumir, normalmente bajos en azúcar y grasa y los productos a base de vegetales son uno de los que más demandan (FMI 2018).

Otro factor muy importante, en el crecimiento de las bebidas fermentadas, son los microorganismos probióticos. La aceptación de los probióticos por parte de los consumidores ha crecido rápidamente en los últimos años y se prevé que la industria total de probióticos crecerá a un valor esperado de 64000 millones de dólares para 2022 con una tasa compuesta anual de 7.0 % entre 2017 y 2022 (Paraskevagos 2020). Actualmente del total de productos con probióticos en el mundo, el 78 % provienen de yogurt, sin embargo, se están ofertando diferentes alternativas con probióticos, como jugos de fruta, postres, productos a base de cereales y otros, que va creciendo como buena alternativa para las personas que no consumen lácteos (Cargill 2020). El número de consumidores, de productos con probióticos entre 2017 y 2019, en Estados Unidos, creció en 60 % (Paraskevagos 2020), lo cual es bastante significativo y tiene una buena perspectiva para el futuro de este tipo de productos.

Los principales vegetales que están reemplazando a la leche en bebidas tipo yogurt, quesos y helados son la soya, almendras y coco. La soya representa el 80 % de los vegetales que se emplean en las bebidas fermentadas tipo yogurt a base de vegetales (FONA 2017). Con relación a los yogures a base de cereales, con microorganismos probióticos, la avena es la más utilizada, se han desarrollado muchos productos, en diferentes partes del mundo, sin embargo, uno de los primeros y más conocidos son los productos producidos por la empresa finlandesa Fazer Yosa, que tiene una gran variedad de productos a base de avena (Fazer Yosa 2020).

Con respecto a los granos andinos, se han desarrollado diferentes trabajos de investigación, a base de quinua y otros granos, en la Tabla 4, se reportan lo correspondiente a los últimos 5 años, sin embargo, en el mercado son muy pocos productos que se comercializan, sobre todo a gran escala. En este aspecto, es importante resaltar los productos fermentados a base de quinua y otros vegetales producidos por la empresa finlandesa Probitat, especializada en

Tabla 4: Trabajos de investigación sobre bebidas fermentadas, tipo yogurt a base de quinua (últimos 5 años)

MATERIA PRIMA	MICROORGANISMOS	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	REFERENCIA
Quinua, Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (RH) (Perú)	<i>Lactobacillus plantarum</i> Q823	Bebida fermentada tipo yogurt	Development of a fermented quinoa-based beverage (Ludeña-Urquizo <i>et al.</i> 2017).
Harina de quinua orgánica, comercial (Italia)	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> SP1, <i>Weissella confusa</i> DSM 20194, <i>Lactobacillus plantarum</i> T6B10	Bebida fermentada de quinua, tipo yogurt, producida por cada microorganismo en forma independiente	Use of Selected Lactic Acid Bacteria and Quinoa Flour for Manufacturing Novel Yogurt-like beverage (Lorusso <i>et al.</i> 2018).
Quinua	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>Bifidobacterium</i>	Fermentación del extracto hidrosoluble de quinua germinada	Elaboración de una bebida fermentada a base de quinua <i>Chenopodium quinoa</i> (Maldonado-Jibaja <i>et al.</i> 2018).
Quinua orgánica comercial	<i>Weissella cibaria</i> MG1	Leche de quinua integral, hidrolizada y fermentada	Development of novel quinoa-based yoghurt fermented with dextran producer <i>Weissella cibaria</i> MG1 (Zannini <i>et al.</i> 2018).
Quinua (Cultivar Mengli 2, China)	<i>Lactobacillus casei</i> SY13	Quinua germinada, hidrolizada y fermentada tipo yogurt	α -Glucosidase and ACE dual inhibitory protein hydrolysates and peptide fractions of sprouted quinoa yoghurt beverages inoculated with <i>Lactobacillus casei</i> (Obaroakpo <i>et al.</i> 2019)

<<Continuación>>

Quinoa, Rosada de Huancayo y Pasankalla (Perú)	<i>Lactobacillus plantarum Q823</i>	Bebida fermentada tipo yogurt	Potential of quinoa in the development of fermented spoonable vegan products (Väkeväinen <i>et al.</i> 2020).
Quinoa blanca comercial (Bolivia)	<i>Lactobacillus plantarum DSM9843</i>	Quinoa fermentada tipo yogurt	Safeguarding of quinoa beverage production by fermentation with <i>Lactobacillus plantarum</i> DSM9843 (Canaviri <i>et al.</i> 2020).
Quinoa (Cultivar Mengli 2, China)	<i>Streptococcus thermophilus and Lactobacillus bulgaricus</i>	Quinoa germinada, hidrolizada y fermentada tipo yogurt	Bioactive assessment of the antioxidative and antidiabetic activities of oleanane triterpenoid isolates of sprouted quinoa yoghurt beverages and their anti-angiogenic effects on HUVECS line (Obaroakpo <i>et al.</i> 2020).
Quinoa blanca comercial (Finlandia)	<i>Lactobacillus plantarum Q823</i>	Quinoa fermentada como ingrediente para base de helados	Blackcurrant (<i>Ribes nigrum</i>) lowers sugar-induced postprandial glycaemia independently and in a product with fermented quinoa: a randomized crossover trial (Lappi <i>et al.</i> 2020).
Quinoa roja	<i>Lactobacillus plantarum QLPBB B. longum QBLBB</i>	Bebida fermentada tipo yogurt	Probiotic red quinoa drinks for celiacs and lactose intolerant people: study of functional, physicochemical and probiotic properties during fermentation and gastrointestinal digestion (Cerdá-Bernad <i>et al.</i> 2021)
Quinoa comercial	<i>Lactobacillus plantarum Q823</i>	Helado	Potential of Probiotic Frozen Blackcurrant Products: Consumer Preference (Väkeväinen <i>et al.</i> 2021).

desarrollar productos fermentados a base de vegetales, como el producto: “Mozumo-smoothie”, principalmente a base de quinua fermentada y otros vegetales, que se comercializan en el mercado finlandés (probitat.eu).

2.2. QUINUA

2.2.1. Aspectos Generales

La quinua, es una planta originaria de los andes, aunque existen diversas teorías sobre la región andina, de la cual deriva el cultivo. Sin embargo, por la diversidad de los tipos observados, el centro de origen va, desde el sur del Nudo de Pasco-Perú hasta el altiplano peruano-boliviano, donde se distribuyen las 17 razas de quinua. Existen evidencias de que la quinua, junto con el maíz y la papa, otras tuberosas y raíces, fueron los alimentos principales de los pobladores del Perú, antes de la conquista española (Gómez y Eguiluz De La Barra 2012), actualmente es un cultivo que se está expandiendo en todo el mundo por las virtudes que posee, contribuyendo a la seguridad alimentaria global (Alandia *et al.* 2020).

La quinua es un cultivo que se adapta a condiciones ecológicas extremas, es una de las especies con mayor plasticidad genética, lo que ha permitido producirla desde los niveles del mar, hasta niveles sobre los 4000 msnm (Miranda *et al.* 2012, Estrada *et al.* 2014). En el Perú, la mayor área cultivada, está ubicada ente los 2500 y los 3900 msnm, en microclimas diversos, pero en general, en un clima templado a frío con heladas frecuentes y con dependencia de las precipitaciones pluviales (IICA 2015). Existen ocho bancos de germoplasma donde se conservan 6302 accesiones de quinua, distribuidas en diferentes zonas del país (FAO 2013), siendo el principal centro de origen y de conservación el Altiplano alrededor del lago Titicaca del Perú y Bolivia sobre los 3800 msnm (Tapia 2014).

Según Gómez y Eguiluz De La Barra (2012), la clasificación taxonómica de la quinua es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Subfamilia: Chenopodioideae

Género: Chenopodium

Especie: *Chenopodium quinoa* Willdenow

El grano de quinua es un fruto seco, es un aquenio (una sola semilla), está cubierto por el perigonio sepaloide que puede ser verde, rojo o púrpura durante el proceso de formación del grano. En la Figura 1, se presenta la sección longitudinal mediana del grano de quinua, en la cual se puede observar las diferentes partes del grano. El pericarpio es la capa externa del fruto, cubre la semilla y presenta alveolos, sus colores son variados y pueden ser translúcidos, blancos, cremas, amarillos, anaranjados, rosados, rojos, púrpuras, marrones, grises y negros, entre otros, en esta capa se encuentra la saponina y en algunos casos se desprende en el proceso de lavado. La episperma es la capa de la semilla, está formada de cuatro capas y la más interna se desintegra por compresión a la madurez. Presenta colores muy parecidos a los del pericarpio. El embrión está formado por los dos cotiledones y la radícula y representa el 30 % del peso del grano. El perisperma es el tejido de reserva de los almidones y otros nutrientes del grano (Gómez y Eguiluz De La Barra 2012).

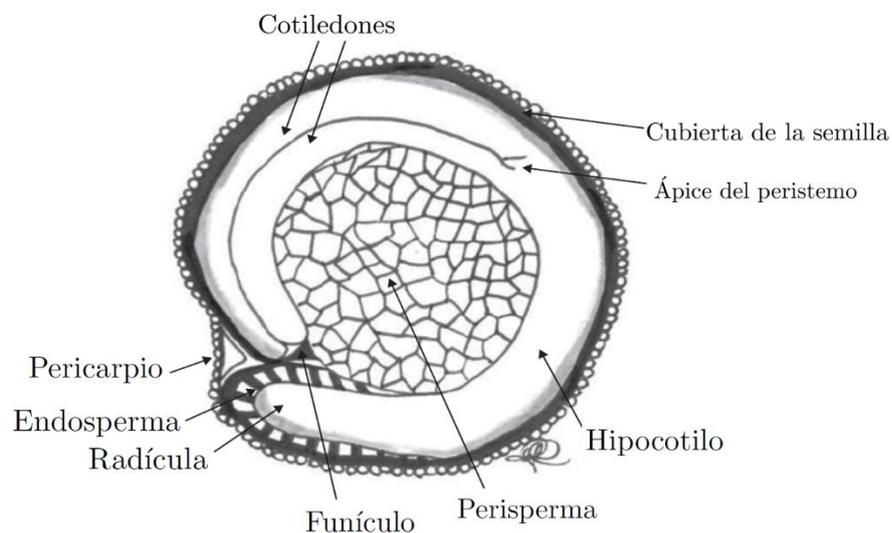


Figura 1: Sección longitudinal mediana del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).

Fuente: Arendt y Zannini (2013)

Los colores más comunes de la quinua son el blanco (perlado, pálido, grisáceo), negro y rojo, entre otros (CODEX 2019). Según Pellegrini *et al.* (2018), los colores son debido a diferentes pigmentos, principalmente las betalainas, entre ellas betacianinas y betaxantinas. Los principales pigmentos detectados, en 29 muestras de diferentes zonas del Perú, fueron amarantina, isoamaranthina, betanina, iso-betanina, dopaxantina, dopaxantina-BX y en menor proporción prolina-BX.

Por otra parte, la quinua es considerada un alimento que tiene un gran potencial para disminuir el riesgo a contraer diferentes enfermedades como la diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares como la hipertensión (Dixit *et al.* 2011; Ranilla *et al.* 2009, Chirinos *et al.* 2020). Además, la quinua es una fuente apropiada de proteínas para personas vegetarianas y veganas, así como es un alimento alternativo muy importante para las personas celiacas y personas que sufren de problemas alérgicos al gluten. De este modo la quinua no sólo es importante en los países en vías de desarrollo, si no en los países desarrollados para introducir alimentos nuevos y más nutritivos, que reemplacen los carbohidratos refinados como el arroz blanco y el trigo.

Los cultivos de quinua siguen expandiéndose en todo el mundo, logrando grandes avances en todos los continentes, contribuyendo a mejorar la nutrición y seguridad alimentaria a nivel global (Giuliani *et al.* 2012, Jacobsen 2003, Alandia *et al.* 2020). Sin embargo, la globalización de la quinua conlleva desafíos para los países de origen. Los agricultores enfrentan un escenario de nuevas preocupaciones y competidores. En 2018, la quinua estuvo presente para investigación y producción en 123 países. Aunque el 74 % de las exportaciones mundiales todavía son abastecidas por Perú y Bolivia, la producción fuera de los Andes está aumentando (Alandia *et al.* 2020).

2.2.2. Variedades de quinua utilizadas en el presente trabajo

a. Rosada de Huancayo (RH)

La variedad Rosada de Huancayo, como su nombre lo indica, es una variedad desarrollada en la región Junín. Tiene un ciclo vegetativo de 170 días y es considerada tardía, tiene una

altura de tallo de 137 cm., mediana tolerancia al Mildiu y florea a los 81 días. El color de la panoja es rosado y el grano es de color blanco. Los rendimientos están entre 3 y 3.5 toneladas por hectárea (Gómez y Aguilar 2013).

En cuanto a la conformación de las proteínas, de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla, Steffolani *et al.* (2016), realizaron el perfil electroforético, en comparación con otras variedades bolivianas, determinando que son muy parecidos a las variedades Kurmi, Jacha y Chucapaca, procedentes de Bolivia. El perfil mostró polipéptidos en un rango de 30000 a 40000 (subunidades ácidas) y de 20000 a 25000 (subunidades básicas), los cuales, en una proteína nativa, están unidas por enlaces disulfuro, formando proteínas tipo 11S. Además, las muestras mostraron algunas bandas de 50000 a 60000 así como de 8000 a 9000 al final de la banda de gel. Los aislados proteicos de Rosada de Huancayo y Pasankalla, presentaron bandas de polipéptidos adicionales, de aproximadamente 55000, que no fueron observadas en las proteínas aisladas de las variedades bolivianas.

En cuanto al color de los granos, la quinua Rosada de Huancayo, es considerada como quinua blanca, esto se corrobora con estudios realizados, en los cuales, no se han detectado ninguna betalaina en los granos de la quinua RH (Escribano *et al.* 2017) y por otro lado con el colorímetro, en el espacio CIELAB, los resultados reportados, fueron los siguientes: el parámetro L* está en el rango de 72.04 - 75.6, es decir tiene una alta luminosidad y los valores de a* y b* son muy bajos por lo que indican la ausencia de colores rojo-verde y la ausencia de betalainas (Escribano *et al.* 2017).

Con relación a la actividad antioxidante, se ha determinado que la quinua Rosada de Huancayo, tiene un valor TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) de 6.0 ± 1.5 mmol Trolox/Kg (Escribano *et al.* 2017).

En la Figura 2, se presenta la foto de los cultivos de quinua de la variedad Rosada de Huancayo, en el Instituto Regional Sierra de San Juan de Yanamuco (IRD-Sierra-UNALM) y la foto de los granos de la quinua RH.



Figura 2: Quinoa Rosada de Huancayo (RH) cultivo y granos (Foto: Fanny Ludeña)

b. Pasankalla (PK)

La quinua Pasankalla, es una variedad de quinua que ha sido presentada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) con el código INIA 415, en el año 2006 (Gómez y Aguilar 2013). Tuvo origen en la accesión Pasankalla, conocida en la región Puno, con los nombres “Kcoitu pasankalla”, “aku jura”, “pasankalla”, “kañiwa quinua” y “kañiwa jiura”. Fue colectada en el año 1978, en la localidad de Caritamaya (Acora, Puno). El proceso de selección de la variedad se inició el año 2000 hasta el 2005, en el ámbito de la Estación Experimental Agraria Illpa-Puno (INIA 2006).

El mejor desarrollo, de la quinua Pasankalla, se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3815 y 3900 msnm. También se cultiva en los valles interandinos, entre los 2750 a 3750 msnm y en la costa entre los 640 y 1314 msnm (Apaza *et al.* 2013). Otro aspecto importante es que tiene resistencia al Mildiu (Campos 2018). Posee un rendimiento en campo de 3.5 a 4.5 t/ha, características requeridas para la exportación de esta especie. Tiene un grano uniforme, dulce, de color púrpura en el perigonio; plomo claro, en el pericarpio y color vino en el epispermo y con un tamaño de dos milímetros de diámetro. Asimismo, posee alto valor nutricional y excelente calidad de grano, para la transformación agroindustrial (INIA 2006).

En relación con la composición nutricional, según el IICA (2015), la composición de la quinua Pasankalla INIA 415 (Cuzco), es la siguiente: Humedad (10.40g/100g), proteína

(16.81g/100g), grasa (6.16g/100g), fibra dietética (5.86g/100g), carbohidratos (57.67g/100g) y Energía (377Kcal/100g).

En cuanto a los aminoácidos contiene todos los aminoácidos esenciales, que a continuación se indican en orden a la cantidad (mg/100g) en que se encuentran: fenilalanina (20.37), lisina (9.99), leucina (7.97), treonina (6.72), valina (4.75), histidina (1.72), metionina (1.45), isoleucina (1.04), triptófano (0.62) (IICA 2015).

En cuanto a la composición de ácidos grasos, los más importantes son los siguientes: Linoleico (47.21 %), Oleico (38.46 %), Palmítico (10.4 %), 8-Octadecenoico (18:1) (1.62 %), 11-Eicosanoico (20:1) (1.23 %), Estéarico (0.60 %), Eicosanoico (16:1) (0.30 %), además contiene el ácido graso Palmitoleico (0.17 %) que es raro en granos (IICA 2015).

En relación con el color oscuro que tienen los granos de la quinua Pasankalla, se ha determinado que se debe a la presencia de Amaranthina (0.8 ± 0.2 mg/Kg) e iso-amaranthina (0.8 ± 0.2 mg/Kg) (Escribano *et al.* 2017).

En la Figura 3, se presentan las fotos de los cultivos de quinua de la variedad Pasankalla (PK), en el Instituto Regional Sierra de San Juan de Yanamuco (IRD-Sierra-UNALM) y de los granos de la quinua PK, se puede apreciar el color oscuro de esta variedad, con relación a la quinua RH (Figura 2).



Figura 3: Quinoa Pasankalla (PK) cultivo y granos (Foto: Fanny Ludeña)

2.2.3. Composición Nutricional

En la Tabla 5, se presenta la composición nutricional de la quinua (Nowak *et al.* 2016), referente a datos recopilados de investigaciones realizadas sobre el tema, indicando el valor más bajo y el valor más alto, encontrado en base a un número “n” de resultados recopilados, en base a investigaciones publicadas. Estos valores se comparan con la composición del maíz amarillo, trigo y arroz. A continuación, se describirá los aspectos más relevantes de cada componente.

a. Carbohidratos

El componente más importante de carbohidratos de la quinua es el almidón (30 - 70% bs) (Li y Zhu 2018b), que está ubicado en el perisperma, aunque también hay pequeñas cantidades en la cáscara y el embrión (Li y Zhu 2018b). Otros componentes de los carbohidratos que son importantes son la fibra dietaria y los azúcares.

El almidón está constituido de pequeños gránulos poligonales, angulares e irregulares, que tienen un tamaño de 0.4 a 2.0 μm , los cuales son más pequeños que otros almidones de diferentes orígenes botánicos. Tiene un peso molecular promedio de 11.3×10^6 g/mol. Se presenta en agregados de 10 - 30 μm , formados por 14,000 a 20,000 gránulos simples. El patrón de difracción de rayos X indica que los almidones de la quinua muestran el tipo de cristalinidad “A”. El grado de cristalinidad esta entre 21.5 – 43.0 % (Li y Zhu 2018, Jan *et al.* 2017a, Abugoch 2009).

El almidón está formado por dos clases de biopolímeros: amilosa y amilopectina, la amilosa está constituida por la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos α (1,4), que establece largas cadenas lineales con 200 - 2500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α -D-(1,4)-glucana, cuya unidad repetitiva es la α -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa (Badui, 2016). La amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular similar a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la a-

Tabla 5: Composición proximal de quinua cruda con valores más altos/más bajos en comparación con quinua cocida, maíz amarillo, trigo y arroz (en 100 g de porción comestible)

Nutrientes	Quinua cruda ^a min-max (n)	Variedad/cultivar/ecotipo valor más bajo ^a (lugar de muestreo)	Variedad/cultivar/ecotipo valor más alto ^a	Quinua	Maíz amarillo	Trigo duro blanco ^b	Arroz blanco pulido (crudo) ^c
Energía (kj) ^d	1505 1399-1609 (n = 34)	"Titicaca" (Italia, Vitulazio)	INIA-415 "Pasankalla" (Perú, Puno)	1493	1531	1436	1501
Energía (kcal) ^d	357 333-381 (n = 34)			354	363	340	354
Agua (g)	10.1 8.2-13.1 (n = 64)	"Surumi" (Bolivia, Letanias)	"Kankolla" (Perú, Puno)	13.3	10.4	9.6	11.7
Proteínas totales (g)	13.1 9.1-15.7 (n = 37)	"Blanca de juli" (Perú, Puno)	"Puno" (Serbia, Belgrado)	14.1	9.4	11.3	6.8
Grasa total (g)	5.7 4.0-7.6 (n = 37)	03-21-1181 (Perú, Puno)	INIA - 415 "Pasankalla" (Perú, Puno)	6.1	4.7	1.7	0.7
Carbohidratos disponibles (g) ^e	59.9 48.5-69.8 (n = 34)	"Titicaca" (Italia, Vitulacio)	"Roja de Coporaque" (Perú, Puno)	57.2	67.0	63.7	79.7
Fibra dietaria total (g) (Prosky y otros met.)	11.7 8.8-14.1 (n = 7)	"Surumi" (Bolivia, Letanias)	"La Molina 89" Perú, Lima	7.0	7.3	12.2	0.6
Fibra cruda (g)	3.3 1.0-9.2 (n = 23)	"Blanca de Junín" (Perú, Cuzco)	"Puno" (Serbia, Belgrado)	NA	NA	NA	NA
Ceniza (g)	3.3 2.0-7.7 (n = 37)	"Puno" (Serbia, Belgrado)	"Blanca de juli" (Perú, Puno)	2.4	1.2	1.5	0.5

^a BioFoodComp, donde n representa el número de datos. ^b Base de datos USDA (USDA 2013). ^c Fuente de datos – Tabla de Composición de Alimentos ASEAN (Instituto de Nutricion – Universidad de Mahidol (2014)). ^d Energía calculada de acuerdo a la Guía FAO/INFOODS (FAO/INFOODS 2012b). ^e Calculado como 100 - (humedad + proteína + grasa + ceniza + fibra)

Fuente: Nowak *et al.* (2016)

milosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 15 - 25 unidades lineales de glucosa. Su peso molecular es muy alto, pues algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de daltones, aunque se han reportado pesos de entre 300000 y 500000 (Badui 2016).

De acuerdo con los métodos de ensayo, la amilosa se determina directamente y la amilopectina por diferencia. El contenido de amilosa de la quinua varía entre 0.3 % a 27.7 %, las variaciones dependen de la variedad, condiciones medioambientales de crecimiento y del método de ensayo empleado para la determinación. Los componentes minoritarios (grasa, proteína, ceniza y fibra) deben ser menores a 0.5 %, valores mayores pueden afectar las propiedades funcionales de los almidones (Li y Zhu 2018b).

El almidón de quinua es de creciente interés, debido a que tiene importantes propiedades como la microcristalización de sus gránulos y alta propiedad de formación de pasta y viscosidad, que la hace única y con un gran potencial de aplicación en la industria (Jan *et al.* 2017a). Otro aspecto muy importante es que, la quinua posee almidón resistente (AR), el contenido de AR es de 2.18 % con relación al total de almidón, este valor es menor comparado con el AR del trigo y arroz, que tienen 5.64 % y 7.01 % respectivamente (Kreisz *et al.* 2008). El almidón resistente, no solo está presente en forma natural en los alimentos si no también es formado durante los procesos. Tal como la fibra dietaria, el AR no es susceptible a las enzimas digestivas humanas, llegando de esta forma al colon, donde es fermentado por las bacterias de la microbiota intestinal. Se atribuye múltiples beneficios, tales como disminuir los lípidos en sangre y el riesgo de cáncer al colon (Kreisz *et al.* 2008).

Con respecto a los azúcares, la quinua contiene aproximadamente un 3 %, los principales son azúcares simples como la maltosa, D-galactosa y D-ribosa y también contiene bajos niveles de fructosa y glucosa (Abugoch 2009). Pereira *et al.* (2019) analizaron los azúcares de 39 variedades de quinua, clasificándolas, de acuerdo con el color, en blancas, rojas y negras; con respecto a los azúcares totales, reportaron un valor de 3.1 ± 0.3 g/100 g bs para la quinua negra; 2.9 ± 0.1 g/100 g bs para quinua blanca y 2.6 ± 0.2 g/100 g bs para quinua roja. Con relación a cada azúcar, los valores más altos (g/100 g bs) fueron: arabinosa (0.63 ± 0.04), fructosa (0.27 ± 0.05), glucosa (0.64 ± 0.08) y sacarosa (1.7 ± 0.3). La sacarosa es la que se encuentra en mayor proporción en todos los casos. Los azúcares rafinosa y

stachiosa, que son los causantes de la flatulencia, se encuentran en niveles muy bajos en la quinua.

b. Fibra

La fibra total en un alimento, también conocida como fibra dietaria, está conformada por la fibra insoluble y la fibra soluble. La fibra dietaria provee numerosos beneficios para la salud, tales como la habilidad de disminuir el colesterol, mejorar los niveles de respuesta de la insulina, regular los niveles de glucosa, reduce la hipertensión, contribuye con la salud gastrointestinal y previene ciertos tipos de cáncer, como el cáncer al colon (Pellegrini *et al.* 2018).

Los reportes del contenido de fibra en la quinua son diversos; en relación con la fibra dietaria total de la quinua, se tiene: 11.8 – 14.1 g/100g (Repo-Carrasco y Serna 2011); 3.00 – 10.27 g/100g (IICA 2015); 11.7 % bs (Nowak *et al.* 2016); 12.71 - 18.59 g/100g en base fresca (Pellegrini *et al.* 2018). Con respecto al contenido de fibra soluble de la quinua se tiene de 1.3 - 6.1 % (Navruz-Varli y Sanlier 2016). Con relación a la composición general, la fibra de quinua contiene: 4.7 % de pectina, 41 % de hemicelulosa, 1,7 % de lignina y 52 % celulosa (Zhang *et al.* 2020, Zhu 2020). Los valores reportados, son muy variables, dependen de las variedades de quinua, factores genéticos, localización, procesos empleados, asimismo, si los granos fueron desaponificados o no y otros factores medioambientales (Zhu 2020).

La proporción de fibra soluble es 13.5 % del total de fibra dietaria, los procesos tecnológicos disminuyen la fibra dietaria soluble, mientras que la fracción insoluble no difiere (Schoenlechner *et al.* 2008). La relación entre el total de fibra dietaria insoluble (FDI) y el total de fibra dietaria soluble (FDS) (FDI : FDS), según la Asociación Americana de Dietética es de 3:1 (Slavin 2008). Pellegrini *et al.* (2018), reportó, para muestras de quinua comerciales procedentes de España, Perú y Bolivia, valores de FDI : FDS mayores a 8.1, muy por encima de lo recomendado.

c. Proteínas

La quinua tiene un nivel de proteína que se encuentra en el rango de 9.1 – 15.7 g/100g bs (Nowak *et al.* 2016) (Tabla 5), que es más alto que los cereales considerados en la misma tabla, aunque los valores podrían ser más altos o bajos dependiendo de varios factores, tales como la variedad y las condiciones medioambientales de los cultivos. Las principales proteínas de la quinua son las albúminas (35 %) y globulinas (37 %) (Abugoch 2009). Se ha demostrado, mediante análisis del genoma y proteoma, que la quinua no contiene prolaminas (Burrieza *et al.* 2020). Este hecho hace más seguro el consumo de quinua para personas celiacas, debido a que la enfermedad celiaca se caracteriza por la intolerancia al gluten y esto incluye proteínas de tipo glutelina y prolamina (Caio *et al.* 2019, Burrienza *et al.* 2020).

Con relación a la estructura, de la proteína de quinua, la globulina 11S, que también se conoce como Chenopodina, tiene una estructura similar a la globulina 11S glicinina de la soya. Es un hexámero que consiste en seis pares de polipéptidos ácidos y básicos, el ácido y el polipéptido básico tienen un peso molecular de 20 - 25 kDa y 30 - 40 kDa respectivamente y están ligados entre ellos por enlaces disulfuro. La fracción de la proteína albúmina 2S, de la quinua, consiste en una población heterogénea de polipéptidos con un peso molecular de 8 - 9 kDa (Abugoch *et al.* 2009).

La proteína de la quinua presenta un excelente perfil de aminoácidos, debido a que contienen todos los aminoácidos esenciales que el organismo necesita (Repo-Carrasco *et al.* 2003, Miranda *et al.* 2012). En la Tabla 6, se presenta la composición de los aminoácidos de la quinua, en comparación con otros granos de cereales y con los patrones establecidos por la FAO/OMS (1985), para personas adultas. Sobre todo, destaca por su contenido en lisina, que prácticamente es el doble de contenido de lisina del trigo y un 25 % más que el contenido de lisina del arroz, asimismo, es mayor que el nivel establecido por la FAO/OMS, para cubrir las necesidades diarias nutricionales de una persona (Repo-Carrasco *et al.* 2003). En otro estudio, en aislados proteicos de quinua (variedades de China) se encontró, que el ácido glutámico fue el más abundante (15.27 %), entre todos los aminoácidos esenciales y el triptófano fue el limitante; asimismo, del total de aminoácidos, del 36 al 39 % correspondieron a los aminoácidos esenciales (Wang *et al.* 2020). Por otro lado, en base a un estudio metabolómico, que analizó quinua de color blanco, rojo y variedades negras, se

determinó que la quinua negra tiene un mayor contenido de aminoácidos (10452.72 µg/g) que la quinua blanca (6627.54 µg/g) (Song *et al.* 2021).

Tabla 6: Composición de aminoácidos de la proteína de quinua y otros cereales comparados con los patrones establecidos por la FAO/OMS

Aminoácidos (g/100 g proteína)	Quinua ⁽¹⁾	Trigo ⁽²⁾	Arroz ⁽³⁾	Caseína ⁽⁴⁾	Patrón FAO/WHO ⁽⁵⁾
Aminoácidos esenciales					
Histidina	2.9	2.3	2.1	2.7	1.6
Leucina	5.9	6.8	8.2	8.4	1.9
Isoleucina	3.6	3.6	4.1	4.9	1.3
Lisina	5.4	2.7	3.8	7.1	1.6
Metionina + cisteína	3.6	4.2	3.6	2.64	1.7
Fenilalanina + tirosina	6.1	7.8	10.5	10	1.9
Treonina	3.0	2.9	3.8	3.7	0.9
Valina	4.2	4.4	6.1	6.0	1.8
Triptofano	1.2	1.3	1.1	1.4	0.5
Aminoácidos no-esenciales					
Alanina	4.2	3.6	5.4	2.7	0.26
Glicina	4.9	4.2	4.25	1.6	0.20
Prolina	5.5	10.2	4.9		0.61
Serina	4.0	4.6	4.8	4.6	0.53
Ácido Glutámico	13.2	31.7	17.2	19.0	1.75
Ácido Aspártico	8.0	5.1	8.6	6.3	0.88
Arginina	7.7	4.7	9.1	3.7	0.46

⁽¹⁾ (Elsohaimy *et al.* 2015, USDA 2015), ⁽²⁾(USDA 2015), ⁽³⁾(Koziol 1992), ⁽⁴⁾Wang *et al.* 1999), ⁽⁵⁾(FAO 1985, WHO 1985)

Fuente: Dakhili *et al.* (2019)

Por otro lado, como se ha indicado, la quinua es un alimento excepcional por excelencia, con un alto valor biológico y una excelente digestibilidad (Nasir *et al.* 2015). Sin embargo, es importante tener en cuenta que también posee compuestos tóxicos, como la quinoína, que es una proteína inactivante de ribosomas (RIP) de tipo 1 contenida en los granos y en mayor proporción en los germinados de quinua. La quinoína pierde su actividad a 70 °C por 10

minutos, por lo que es recomendable, consumir quinua y germinados en forma cocida (Landi *et al.* 2020).

Otro aspecto importante de las proteínas de la quinua es que contienen péptidos bioactivos, que tienen beneficios para la salud, como efectos antihipertensivos y antidiabéticos (Obaroakpo *et al.* 2019, Chirinos *et al.* 2020).

d. Lípidos

El contenido de grasa en la quinua es más alto que los cereales y se encuentra en un rango de 4.0 % a 7.6 % (Tabla 5), aunque los valores, pueden ser más altos o bajos, dependiendo de diferentes factores, tales como las variedades y las condiciones de cultivo. En cuanto a la distribución en el grano, así como las proteínas, el contenido de grasa es alto en el germen y en la cubierta de semilla (Schoenlechner *et al.* 2008).

Los lípidos de la quinua contienen ácidos grasos esenciales, tales como, el linoleico y alpha-linolénico; los ácidos grasos insaturados, son cerca al 88 % del total de ácidos grasos (Abugoch 2009). Entre los ácidos grasos insaturados se tiene: oleico (19.7 - 29.5 %), linoleico (49.0 - 56.4 %) y alpha linolénico (8.7 - 11.7 %) y el palmítico, que es un ácido graso saturado, es un 10 % del total de ácidos grasos presentes en la quinua (Repo-Carrasco *et al.* 2003). Según Pereira *et al.* (2019), que analizaron 39 muestras de quinua, clasificadas por color, los valores totales, promedio de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) son de 54 - 58 %; ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) de 29 - 33 % y ácido graso saturado (SFA) de 10 - 11 %. Asimismo, Pelegrini *et al.* (2018), reportaron 8 - 9 % de ácido palmítico; 25 - 27 % de ácido oleico y 48 - 52 % de ácido linoleico y los valores de PUFA fueron de 55 a 60 %; MUFA de 29 - 33 % y SFA 10 - 11 %. Romano *et al.* (2020), encontraron en concentrado de quinua, secado por atomización un 87.70 % de ácidos grasos insaturados y 12.31 % de ácidos grasos saturados. Todos estos valores son bastante cercanos y han demostrado que la quinua es una excelente fuente de ácidos grasos poliinsaturados.

Otro aspecto importante, con relación a los lípidos, es el balance de $\Omega 6$ y $\Omega 3$, el valor óptimo de $\Omega 6:\Omega 3$, para disminuir los riesgos de enfermedades, principalmente cardiovasculares debe ser de 1:1 a 4:1. En el caso de quinua se ha calculado un valor por debajo de 6.5, que es cercano al valor óptimo recomendado (Pellegrini *et al.* 2018).

Otro componente importante de los lípidos son los fosfolípidos, que corresponden al 25.2 % del total de lípidos, están constituidos por lisofosfatidil-etanolamina (lisocefalin), fosfatidil-etanolamina, fosfatidil-inositol y fosfatidil-cholin (lecitina) el cual representa el 49 % del total de fosfolípidos; asimismo, otros fosfolípidos han sido detectados en trazas (Schoenlechner *et al.* 2008).

e. Minerales

El contenido de ceniza (minerales) en la quinua, se presentó en la Tabla 5, se puede observar que el valor de la ceniza es mayor que los demás productos, prácticamente un poco más del doble que el maíz, trigo y arroz, presentados en la misma tabla. Con relación al contenido de minerales, los valores más altos se presentan para K (907 mg/100 bs), P (406 mg/100g bs), Mg (362 mg/g) y Ca (87 mg/100g bs), en todos estos casos los valores son mayores al trigo, maíz y arroz (Nowak *et al.* 2016).

f. Vitaminas

La quinua es muy buena fuente de piridoxina (B6) y ácido fólico (78.1 $\mu\text{g}/100\text{g}$); es importante en el contenido de tiamina (0.4 mg/100g), vitamina C (16.4 mg/100 g) y riboflavina (0.2 mg/100g) (Schoenlechner *et al.* 2010).

Asimismo, la quinua contiene un buen nivel de vitamina E (James 2009), compuesta por tocoferoles, tales como α -, γ - y δ -tocoferoles, que se encuentran en altas concentraciones, comparables con los cereales de mayor consumo (Navruz-Varli y Sanlier 2016, Pereira *et al.* 2019). Entre las tres isoformas, el que se encuentra en mayor cantidad es el γ -tocoferol (1619 $\mu\text{g}/100\text{ g bs}$) encontrada en quinua negra, los isómeros α - y δ -tocoferoles, estuvieron en menor cantidad, 128 $\mu\text{g}/100\text{g bs}$ (quinua negra) y 169 $\mu\text{g}/100\text{g bs}$ (quinua roja) respectivamente. La cantidad total de tocoferoles reportados fueron de 971 $\mu\text{g}/100\text{ g bs}$ y 1764 $\mu\text{g}/100\text{ g bs}$, en quinua blanca y negra respectivamente (Pereira *et al.* 2019). Los tocoferoles en general tienen una alta actividad antioxidante y antiinflamatoria y previenen las enfermedades cardiovasculares (Tang *et al.* 2015, Pereira *et al.* 2019).

2.3. EVALUACIÓN SENSORIAL: CHECK- ALL-THAT-APPLY (CATA)

Check-All-That-Apply (CATA), o también conocido como “choose-all-that-apply”, o “escoge todo lo que aplica”, con relación a preguntas de múltiples opciones, es una técnica de evaluación, que está siendo utilizada, para obtener respuestas rápidas sobre un producto por parte de los consumidores (Meyners y Castura 2014). Consiste en la identificación de las características que tiene un determinado producto, a través de una lista de palabras o frases relacionados con él. El formato de la pregunta CATA permite a los consumidores elegir todos los atributos que considere necesarios para describir el producto de la lista presentada. La principal ventaja de este método CATA, es la simplicidad y la rapidez con que los análisis son realizados.

En los estudios de evaluación sensorial tradicionales, se realizan una medición de las propiedades sensoriales, en base a un perfil sensorial y técnicas de entrenamiento a determinados consumidores, en base a diferentes metodologías establecidas (Cadena *et al.* 2014, Smyth *et al.* 2006). Sin embargo, desarrollar y mantener un panel bien entrenado, o varios trabajando en paralelo, puede resultar muy costoso especialmente para las pequeñas empresas, lo cual es una desventaja de los métodos tradicionales, frente a otras técnicas desarrolladas (Valentin *et al.* 2012, Cruz *et al.* 2013).

La metodología CATA, fue propuesta por Adams *et al.* (2007), como un método simple de reunir información de la percepción que tenían los consumidores, sobre las características sensoriales de productos alimenticios. Los productos son presentados a los consumidores en una secuencia monadica y en un orden balanceado y en base a las preguntas, responden seleccionando todos aquellos términos, que ellos consideran apropiados para describir cada una de las muestras. Usualmente no existen limitaciones para el número de atributos que los consumidores pueden seleccionar. La lista de palabras o frases en las preguntas CATA, pueden ser exclusivamente relacionadas a las características sensoriales del producto o pueden incluso estar relacionadas a características no sensoriales, tales como ocasiones de uso, posición del producto y emociones (Varela y Ares 2012).

Uno de los aspectos más relevantes de la metodología CATA, es la selección de la lista, preguntas o términos CATA, que se van a utilizar en la evaluación. Estos términos pueden ser seleccionados, a partir del vocabulario utilizado en las evaluaciones sensoriales, para describir atributos de algún producto o pueden ser los resultados de estudios de focus group u otros estudios relacionados. Estos términos son importantes, porque a través de ellos se caracterizan sensorialmente a las muestras. Estudios han demostrado que los consumidores normalmente seleccionan, con una frecuencia determinada, los términos que más se acercan al umbral de las muestras según su percepción (Jaeger *et al.* 2020). En la Tabla 7, se muestra un ejemplo de términos CATA (Varela y Ares 2012).

Otro aspecto muy importante, en la metodología CATA, es el número de personas que van a participar en el estudio, que en realidad se trata de consumidores, de acuerdo con varios autores el número debe estar en un rango de 50 a 100 personas (Adams *et al.* 2007, Ares *et al.* 2010, Dooley *et al.* 2010, Varela y Ares 2012).

Tabla 7: Ejemplos de preguntas CATA, incluyendo términos sensoriales y no sensoriales

Por favor, indica todas las palabras o frases que piensa aplican a este producto:	
<input type="checkbox"/> Dulce	<input type="checkbox"/> Amargo
<input type="checkbox"/> Suave	<input type="checkbox"/> Denso
<input type="checkbox"/> Espeso	<input type="checkbox"/> Sabor a leche
<input type="checkbox"/> Ácido	<input type="checkbox"/> Áspero
<input type="checkbox"/> Cremoso	<input type="checkbox"/> Mal sabor
Por favor, señala todas las frases que piensa aplican a la bebida que acaba de probar:	
<input type="checkbox"/> Bueno para la nutrición	<input type="checkbox"/> Es la mejor manera de empezar la mañana
<input type="checkbox"/> Bueno para acompañar las comidas	<input type="checkbox"/> Bueno para refrescarse e hidratarse
<input type="checkbox"/> Hace las comidas especial	<input type="checkbox"/> Bueno para la gratificación
<input type="checkbox"/> Para toda la familia	<input type="checkbox"/> Perfecto para hacer dieta
<input type="checkbox"/> Es una opción saludable	<input type="checkbox"/> Perfecto cuando haces deportes

Fuente: Varela y Ares (2012)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El estudio se realizó en los laboratorios del Departamento de Biotecnología y Salud Pública de la Universidad del Este de Finlandia (UEF) en Finlandia y en los laboratorios y Planta de Alimentos (TAPA) de la Facultad de Industrias Alimentarias (FIAL) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

3.2. MATERIALES

3.2.1. Materia Prima

Se trabajó con dos variedades de quinua: Rosada de Huancayo (RH), que es una variedad de color blanca-amarilla y Pasankalla (PK), que es una variedad de color oscuro, ambas obtenidas del Programa de Cereales de la UNALM. Tanto RH como PK, fueron cultivadas en la región Junín entre 2500 y 3000 m.s.n.m.

3.2.2. Cepas bacterianas, ingredientes y otros materiales

a. Cepas bacterianas

- *Lactobacillus plantarum* Q823 (UEF – Finlandia)
- *Lactobacillus casei* Q11 (UEF – Finlandia)
- *Lactococcus lactis* ARH74 (Valio Oy, Helsinki, Finlandia)

b. Ingredientes

- Jalea de dátiles
- Jalea de plátano y bilberry

c. Bebidas fermentadas comerciales

- Soy-based spoonable product bilberry (Alpro, Belgica) (SB)
- Oat based-products YOSA (Bioferme Oy, Finland) (OP)
- Break fig Apple (Bioferme Oy, Finland) (OFA)
- Oatly bilberry vanilla (Oatly AB, Sweden) (OBV)

Todos fueron adquiridos en mercados comerciales de Kuopio (Finlandia).

3.2.3. Equipos

- Agitador magnético (MR Hei-Tec, Heidolph, Alemania)
- Agitador Vortex (Wizard, VELP® Scientific, USA)
- Agitador Magnético (MR 3001, BR4 Heidolph, Alemania)
- Balanza analítica (GR 200, A&D, China)
- Balanza de precisión (PA214, OHAUS, China)
- Baño maría (1083, GLF, Alemania)
- Campanas extractoras
- Centrífuga Jouan (E 314, Thermo Fisher Scientific, Alemania)
- Centrífuga (SL40R, Thermo Fisher Scientific, Alemania)
- Centrífuga (5804 R, Eppendorf, Alemania)
- Electroforesis de zona capilar (CE): El instrumento CE utilizado fue el sistema de electroforesis capilar P / ACE MDQ de Beckman Coulter Inc. (Fullerton, CA, EE. UU) Con un detector de matriz de diodos.
- Espectómetro (spectrometer) Femto, Model 600S, São Paulo, Brazil)
- Espectrómetro de masa de plasma (ICP_MS) – NexION 350D ICP-MS Perkin Elmer Inc. Espectrocolorímetro NCS Natural Color System (NCS Color AB, Estocolmo, Suecia) por tres panelistas (Apéndice B)

- Espectrocolorímetro (CM-5, Konica Minolta, Japón)
- Espectrofotómetro (10 S UV, Genesys, China)
- Estufa de circulación forzada (Venticell 111R, MMM, Alemania)
- Equipo Kjeldahl (Unidad de destilación.Tecator Kjelttec System, 1026)
- Equipo de digestión Kjeldahl (Tecator, Digestion System 6, Digester)
- Equipo de titulación (645 Multi-Dosimat, Metrohm, Switzerland)
- Estufa de circulación forzada (Venticell 111R, MMM, Alemania)
- Filtro de jeringa de 0,45 µm (VWR International, Darmstadt, Alemania)
- Licuadora (465-42, OSTER, USA)
- Liofilizador (Thermo Savant, Savant ULP200, Vaupump)
- Molino de discos (s/m, Corona, Perú)
- Multicalorímetro Diferencial de Barrido (MCDSC, TA Instruments, USA)
- Potenciómetro (HI 98127, HANNA Instruments, USA)
- Refrigeradora y congeladora (KAD62V40SA, Bosch, Alemania)
- Reómetro híbrido (DHR3 Discovery, TA Instruments, USA)
- Secador de bandejas (DRR-200, Reter, Perú)

3.2.4. Reactivos y medios de cultivo

- Ácido acético (Merck, Darmstadt, Germany)
- Ácido acético (Supelco, Bellefonte, USA)
- Ácido clorhídrico fumante 37 % (Merck®, Alemania)
- Ácido fórmico (ACROS Organics, Geel, Bélgica).
- Ácido Quínico (MERCK)
- Agua desionizada (~ pH = 7)
- Agua destilada (~ pH = 7)
- Amilopectina de almidón de papa (Sigma-Aldrich®, USA)
- Amilosa Tipo III: De papa, esencialmente libre de amilopectina (Sigma-Aldrich®, USA)
- Dimetilsulfóxido 99 % (DMSO) (Sigma-Aldrich®, USA)
- Estándares de Amilopectina (A8515) y Amilosa (A0512type III). Sigma-Aldrich Pty Ltd. (Castle Hill, NSW, Australia)
- Etanol

- Fosfato de Sodio ((Na₂HPO₄) (MERCK)
- Hidrógeno fosfato disódico (Na₂HPO₄, MERCK)
- Hidróxido de sodio A.C.S (Fermont®, México)
- Hidróxido de Sodio (J.T. Baker, Deventer, Netherlands)
- Iluminante de referencia D65 (color)
- Medio de cultivo Mann, Rogosa and Sharpe (MRS). Lab M, Bury (Lancashire, Reino Unido)
- Medio de cultivo M17 (Oxoid Ltd., Hampshire, Reino Unido)
- Reactivo Carrez I (trihidrato de hexacianoferrato de potasio (II), MERCK KGaA, Darmstadt, Alemania)
- Reactivo de Carrez II (heptahidrato de sulfato de zinc, JT Baker, Deventer, Países Bajos)
- Sistema tampón de BIS-Tris / Piridina ácido dicarboxílico (pH 6.5) y Tris / Piridina ácido dicarboxílico (pH 8.1)
- Soluciones estándar de D (+) - sacarosa (VWR), D (+) - maltosa (Sigma-Aldrich, Steinheim, Alemania), D (+) - glucosa (VWR)
- Soluciones estándar de ácido fórmico (ACROS Organics, Geel, Bélgica), L (-) - ácido málico (Fluka, Sigma Aldrich, St. Louis, USA); Ácido quínico (MERCK)
- Standards amylopectin (A8515) and amylose (A0512 type III) from Sigma-Aldrich Pty Ltd. (Castle Hill, NSW, Australia)
- Yodo resublimado U.S.P. (I₂) (Fermont®, México)
- Yoduro de potasio (KI) (Merck®, Alemania)

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Composición química del grano y harina de quinua de las variedades Rosada de Huancayo (RH) Y Pasankalla (PK)

a. Análisis Proximal

Se realizó tanto al grano, como a la harina de quinua, de ambas variedades (RH y PK). Estos análisis fueron: humedad (método N° 950.46), proteína total (método N° 984.13), ceniza

(método N° 942.05), grasa (extracto etéreo, método N° 203.05) y fibra cruda (método N° 962.09) los cuales fueron determinados por el método estándar de la AOAC (2005). El contenido total de carbohidratos fue calculado restando, la suma total de los porcentajes de humedad, proteína, grasa, fibra cruda y ceniza de 100 %.

b. Determinación de saponina

La determinación de saponinas de los granos de quinua (RH y PK), se realizó, según el método afrosimétrico (Koziol, 1991). Los granos de quinua (0.5 g) fueron mezclados con 5 mL de agua destilada en un tubo tapado y fueron agitados vigorosamente por 30 segundos (4 veces, de arriba hacia abajo). Después de 30 minutos de descanso, los tubos fueron agitados vigorosamente, nuevamente por 30 segundos, esto fue realizado dos veces, posteriormente se dejó 5 minutos de reposo, al cabo de los cuales se midió la altura de la espuma. El porcentaje de saponina fue determinado, en base a la siguiente fórmula:

$$Saponina (\%) = \frac{[0.646 (\text{altura de la espuma (cm)}) - 0.104]}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

3.3.2. Caracterización fisicoquímica, rendimiento en proteína y propiedades tecnofuncionales del concentrado proteico de quinua

a. Determinación de las características fisicoquímicas del concentrado de proteína de quinua de las variedades RH y PK.

Los concentrados de proteína de quinua, de ambas variedades, se caracterizaron mediante los análisis de humedad (método N° 950.46) y proteína total (método Kjeldahl (Macro), N° 984.13; N x 5.85), los cuales fueron determinados por el método estándar de la AOAC (2005).

b. Determinación del rendimiento de extracción del concentrado de proteína de quinua

El rendimiento de la extracción del concentrado de proteína (CPQ) de las dos variedades de quinua (RH y PK) fue calculado según el método de Kaushik *et al.* (2016), citado por Mir *et al.* (2019) y fue determinado con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{P (g)}{S (g)} \times 100$$

Donde “P” es el peso en gramos de la proteína extraída después del proceso de liofilización y “S” es el peso de la muestra utilizada para la extracción.

c. Determinación de las propiedades tecnofuncionales del concentrado de proteína de quinua

c.1. Solubilidad

La solubilidad del CPQ fue realizada siguiendo el método descrito por Elsohaimy *et al.* (2015). Se preparó una suspensión al 5 % del CPQ a diferentes niveles de pH entre 2 y 11. Para una mejor solubilización las suspensiones se agitaron por 1 hora a temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$), utilizando un agitador magnético. Los valores de pH fueron ajustados con NaOH 0.1 N y HCl 0.1 N. las suspensiones a diferentes pH fueron centrifugadas a 6000 rpm por 30 minutos a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. El nitrógeno total y contenido proteico fue determinado en el sobrenadante por el método de Kjeldahl, considerando el factor de 5.85.

La solubilidad fue calculada de la siguiente manera:

$$\text{Solubilidad (\%)} = \frac{\text{Cantidad de proteína en el sobrenadante (g)}}{\text{Cantidad de proteína en la muestra (g)}} \times 100$$

c.2. Capacidad de absorción de agua

La determinación de la capacidad de absorción de agua (CAA), se realizó según el método descrito por Sathe y Sulunkhe (1981) y Elsohaimy *et al.* (2015). Se preparó soluciones de 1

gramo de muestra con 10 mililitros de agua desionizada a diferentes pH de 2 a 11. Las soluciones fueron mezcladas por 30 segundos con un agitador magnético.

Posteriormente las soluciones permanecieron a temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) por 30 minutos. Concluido el tiempo, las soluciones fueron centrifugadas a 7000 rpm por 30 minutos y el volumen del sobrenadante fue medido en una probeta graduada de 10 mL. El resultado se expresó en mL/g de muestra.

c.3. Determinación de la capacidad de retención de agua

La determinación de la capacidad de retención de agua (CRA) se realizó, en base a la metodología descrita por Timilsena *et al.* (2016) y Mir *et al.* (2019). Se prepararon soluciones de 1 gramo de proteína de quinua con 10 mL de agua Milli-Q, a diferentes pH de 2 a 11. Las soluciones fueron sometidas a una agitación por 5 minutos. Posteriormente las muestras fueron mantenidas en reposo por 30 minutos a temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) y centrifugadas a 5000 rpm por 30 minutos, en tubos de 50 mL. El sobrenadante fue descargado y el tubo invertido fue secado a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 25 minutos. La capacidad de retención de agua fue calculada por la siguiente fórmula:

$$CRA (\%) = \frac{(a - b)}{c} \times 100$$

Donde “a” es el peso (g) del tubo con el CPQ y el agua retenida. “b” es el peso (g) del tubo y el CPQ. “c” es el peso (g) del CPQ.

3.3.3. Caracterización fisicoquímica, contenido de amilosa y amilopectina, propiedades tecnofuncionales y térmicas del almidón de quinua

a. Análisis Proximal

Se realizaron los análisis de composición proximal, al almidón obtenido, de ambas variedades (RH y PK): humedad (método N° 950.46), proteína total (método N° 984.13), ceniza (método N° 942.05), grasa (extracto etéreo, método N° 203.05), fibra cruda (método N° 962.09) y carbohidratos (determinado por diferencia). Los análisis, se llevaron a cabo de

acuerdo con los métodos oficiales de la AOAC (2005). Los resultados fueron expresados en porcentaje.

b. Evaluación del color

El color se analizó en el espectrocolorímetro de acuerdo con la metodología indicada por Dufossé *et al.* (2005) con ligeras modificaciones, utilizando el software SpectraMagic NX (CM-S100w). Los análisis se realizaron por reflectancia, las muestras de almidón se colocaron dentro de la placa Petri CM-A128 para su posterior medición. Se usó el iluminante de referencia D65 y un ángulo de observación de 10°. Las determinaciones fueron hechas en el espacio de color CIELAB (L^* , a^* , b^*).

c. Contenido aparente de amilosa y amilopectina

El contenido aparente de amilosa y amilopectina, en el almidón de las dos variedades de quinua (RH y PK) fueron determinados por la metodología descrita por Casthanha *et al.* (2017), la cual se basó en la metodología de la Norma ISO (1987). Los gránulos de almidón fueron dispersados con etanol y gelificados con hidróxido de sodio en un baño de agua hervida por 10 minutos. Se transfirió, una alícuota de 18 mL a un tubo con 2 mL de NaOH 0.09 M. Posteriormente, de esta solución se tomó una alícuota de 5 mL y se puso en una fiola volumétrica y se completó a 100 mL con ácido acético 1 mol/L y yodo, formando un complejo de color azul, el cual fue cuantificado por el espectrofotómetro a una longitud de onda de 620 nm. Se realizó la curva de calibración, utilizando los estándares de Amilopectina (A8515) y Amilosa (A0512). La amilopectina fue determinada por diferencia.

d. Determinación de las propiedades tecnofuncionales del almidón de quinua

d.1. Poder de hinchamiento (PH, g/g) e Índice de solubilidad en agua (ISA, %)

El procedimiento se realizó de acuerdo con el método descrito por Jan *et al.* (2017a), con ligeras modificaciones. Se preparó una suspensión de almidón al 1 % en base seca (p/v) en

tubos de centrífuga y se colocó en un vortex durante 15 segundos. Posteriormente, las muestras se calentaron en un baño maría (con agitación constante) desde 55 a 95 °C (en intervalos de 10 °C) durante 30 minutos; y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Las muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 15 min. El sobrenadante se secó en una placa petri previamente pesada a 120 °C por 24 h. El poder de hinchamiento (g/g) y el índice de solubilidad (%) se calcularon como:

$$\text{Índice de solubilidad (\%)} = \frac{\text{Peso del sobrenadante seco}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$\text{Poder de hinchamiento (g/g)} = \frac{\text{Peso de la pasta sedimentada}}{\text{Peso de la muestra} * (1 - \% \text{ Índice de solubilidad})}$$

d.2. Sinéresis

Se determinó mediante el método de Singh *et al.* (2006) con ligeras modificaciones. Se prepararon soluciones de almidón al 5 % en base seca (p/p) y se calentaron a 90 °C durante 30 min en un baño maría con agitación, luego se enfriaron a temperatura ambiente. Posteriormente, las muestras de almidón (20 g) fueron colocadas en tubos de centrífuga, previamente pesados, a temperatura de refrigeración (4 °C). La sinéresis, en refrigeración, se midió a los 1, 3, 5 y 7 días como la cantidad de agua (%) liberada después de la centrifugación a 3200 g durante 15 minutos.

d.3. Claridad de geles de almidón

Se midió la transmitancia del almidón de quinua (RH y PK), según el método descrito por Jan *et al.* (2017a) con ligeras modificaciones. Se preparó una suspensión acuosa de almidón al 1% en base seca (p/v) y se calentó en un baño maría con agitación a 90 °C por 1 hora. En los primeros minutos se realizó una agitación constante con la ayuda de un vortex hasta la formación de gel y luego, cada 5 min. Posteriormente, las muestras fueron enfriadas a temperatura ambiente y se almacenaron a 4 °C por 5 días. Se midió la transmitancia, en el espectrofotómetro, a 640 nm, durante un período de almacenamiento de 0, 24, 48, 72, 96 y 120 horas; usando como blanco agua destilada.

e. Propiedades térmicas de los geles de almidón

Las propiedades térmicas de gelatinización del almidón se determinaron mediante el uso de un multicalorímetro diferencial de barrido, en base a la metodología descrita por Peña (2017). Se pesó la muestra de almidón (aproximadamente 20 mg en base seca) en la cápsula y se añadió agua ultra pura (almidón: agua = 1: 3), luego se selló la cápsula. El calentamiento fue de 25 a 115°C a una velocidad de 2°C/min. Se registraron la temperatura inicial (T_0), temperatura pico (T_p) y la temperatura de conclusión (T_c). La entalpía de gelatinización (ΔH) fue calculada, por integración del área, entre la curva endotérmica y una línea base bajo el pico y se expresó en Joules por gramo de almidón seco.

3.3.4. Caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de un producto fermentado tipo yogurt a base de quinua con probióticos

a. Características Fisicoquímicas

a.1. Composición Química

La composición química (grasa, proteína, carbohidratos, ceniza y humedad) de los productos fermentados de quinua, de sabor natural y con sabor, de las variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK) y de los cuatro productos comerciales, fueron determinados utilizando los métodos estándar de la AOAC (2005). El total de carbohidratos fue calculado por diferencia, de la suma de todos los componentes de 100, todos los análisis fueron realizados por triplicado.

El contenido de energía (Kcal/100g) fue calculado en base a los resultados del contenido de grasa, proteína y carbohidratos, considerando 4 para carbohidratos y proteínas y 9 para la grasa, los resultados se expresaron en materia fresca.

El contenido de minerales (Sodio (Na), Magnesio (Mg), Potasio (K), Calcio (Ca), Fósforo (P), Manganeso (Mn), Hierro (Fe), Cobre (Cu) y Zinc (Zn), de todas las bebidas, sin sabor y con sabor (RH y PK), fueron determinados por espectrometría de masas por plasma acoplado

inductivamente ICP-MS, utilizando energía kinética por discriminación, en base al método de Pruszkowski y Bosnak (2015).

La fibra cruda fue determinada mediante el método gravimétrico-enzimático (AOAC 1990).

a.2. Determinación de pH

Se aplicó el método 981.12 (AOAC 2007). Se realizó, durante la fermentación y periódicamente durante 28 días de almacenamiento en refrigeración (5 - 7 °C).

a.3. Determinación de acidez titulable (TTA)

El TTA se realizó por titulación de las muestras con NaOH 0.1 mol/L, hasta llegar a un pH final de 8.5, detectado por un medidor de pH. El TTA se expresó como mL de 0.1 mol/L de NaOH necesario para alcanzar pH 8.5.

a.4. Viscosidad

La viscosidad fue medida con el viscosímetro rotacional, empleando el spindle 6. Todos los análisis, de pH, TTA y viscosidad fueron hechos a los 0, 0.25, 1, 12 y 28 días de almacenamiento en refrigeración (5 - 7 °C) (primera etapa) y 0, 7, 14, 21 y 28 días (segunda etapa), para ambas variedades (RH y PK).

b. Actividad metabólica durante la fermentación

La actividad metabólica del producto fermentado de quinua se realizó, midiendo las cantidades de glucosa, maltosa y sacarosa, así como el ácido láctico, acético y málico, antes y después de la fermentación, y a los 1, 12 y 28 días de almacenamiento. Todos los análisis se realizaron por electroforesis de zona capilar (CE).

Para realizar el análisis de los azúcares, las muestras fueron preparadas del siguiente modo: se diluyeron 2 g de muestra homogeneizada (no refrigerada, mantenida 3 horas a temperatura ambiente), con 6 - 7 mL de agua ultrapura y se mezclaron completamente. En seguida se añadieron, a la suspensión, una cantidad de 100 μ L de reactivo Carrez I (Trihidrato de Hexacianoferrato de Potasio (II)), y el reactivo de Carrez II (Heptahidrato de Sulfato de Zinc) y se ajustó el pH a 7 - 8 con 0.1 mol / L de hidróxido de sodio (NaOH). En seguida la mezcla se centrifugó a 3000 rpm, durante 2 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente, se recogió el sobrenadante y se ajustó a 10 mL con agua ultrapura, seguido de filtración, a través de un filtro de jeringa de 0.45 μ m. Para el análisis de los ácidos orgánicos, los extractos se prepararon de manera similar, excepto que se omitieron los reactivos de Carrez y los ajustes de pH posteriores.

Todas las muestras preparadas, se sometieron al sistema de electroforesis capilar (CE), con un detector de matriz de diodos. La detección UV fue a 270 nm y la detección indirecta a 232 nm, para sacarosa y ácidos orgánicos, respectivamente. Los azúcares se midieron con el método modificado de Rovio *et al.* (2007) aplicando una solución tampón de 130 mmol/L de NaOH y 36 mmol/L de hidrógeno fosfato disódico (Na_2HPO_4) a pH 12.6. Las separaciones se llevaron a cabo a 16 °C en capilar de sílice fundido sin recubrimiento con I.D. de 25 μ m y longitud total de 40 cm (longitud efectiva de 30 cm). El voltaje de separación fue de 12 kV. Las soluciones estándar de D (+) - sacarosa, D (+) - maltosa, D (+) - glucosa, y las muestras se introdujeron en el capilar con inyección a presión de 0.5 psi por 10s.

Para analizar los ácidos orgánicos, se utilizó el método Analis (CEofix KIT, Aniones 8), el sistema tampón de BIS-Tris/Piridina ácido dicarboxílico (pH 6.5) y Tris/Piridina ácido dicarboxílico (pH 8.1) y se utilizó un Capilar de sílice fundido sin recubrimiento con I.D. de 75 μ m y una longitud total de 60 cm (longitud efectiva de 50 cm) a una temperatura de 20 °C. Antes de las corridas, el capilar se acondicionó con los tampones y se lavó con NaOH y agua ultrapura. La separación se logró con un voltaje de 30 kV usando polaridad inversa y aplicando, a las muestras, una inyección a presión de 0.5 psi durante 5 s. Para cuantificar los análisis se utilizaron soluciones estándar de ácido fórmico L (-) - ácido málico y ácido acético.

Todos los análisis en CE fueron realizados por triplicado, utilizando L (+) arabinosa, como un standard interno para azúcares y ácido quínico como un standard interno para ácidos orgánicos.

c. **Determinación de la viabilidad de los microorganismos**

El desarrollo de los productos fermentados, tipo yogurt, de quinua se realizó en dos etapas. En la primera etapa, se utilizaron, como cultivo, en los procesos de fermentación, tres cepas bacterianas: *Lactobacillus plantarum* Q823, *Lactobacillus casei* Q11 y *Lactococcus lactis* ARH74. Estas cepas fueron seleccionadas por sus diversas propiedades tecnológicas y funcionales (Ruiz Rodríguez *et al.* 2016). En la segunda etapa, del desarrollo de los productos fermentados de quinua, se utilizó sólo la cepa *Lactobacillus plantarum* Q823.

La capacidad de fermentación de las cepas bacterianas y su viabilidad, durante 28 días de almacenamiento del producto, en refrigeración (5 - 7 °C), fue determinado mediante recuentos bacterianos. Con esta finalidad se tomaron muestras antes y después de la fermentación y a 1, 12 y 28 días de almacenamiento (primera etapa) y 0, 7, 14, 21 y 28 días (segunda etapa). La determinación se realizó del siguiente modo: Se colocó 0.1 mL de tres diluciones apropiadas, por duplicado, en placas de agar MRS (Lab M). Las placas de agar MRS se incubaron a 30 °C durante 2 días y se realizaron el recuento total de las colonias bacterianas.

Además, en la primera etapa, cada cepa fue evaluada por separado en función de sus características morfológicas, teniendo en cuenta la diferenciación entre las colonias: *Lactobacillus plantarum* Q823 son grandes, blancas y brillantes; las colonias de *Lactobacillus casei* Q11 tienen bordes irregulares; y las colonias de *Lactococcus lactis* ARH74 son pequeñas, opacas, planas y translúcidas. En la segunda etapa, se trabajó solo con *Lactobacillus plantarum* Q823, realizándose los recuentos respectivos en los períodos indicados.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1. Obtención de la harina de quinua

Los granos de quinua de las dos variedades (RH y PK) fueron sometidos, en primer lugar, a un lavado, con el fin de eliminar las saponinas, posteriormente se secaron, en un secador de bandejas a la temperatura de 60 °C por un tiempo de 8 horas, finalmente se realizó la molienda y la harina de quinua (RH y PK) fue envasada en bolsas de polietileno y conservada en refrigeración hasta su uso.

3.4.2. Obtención del concentrado de proteína de quinua

La obtención del concentrado de proteína de quinua (CPQ), se realizó, según el método descrito por Guerrero-Ochoa *et al.* (2015), con algunas modificaciones. Se trabajó a partir de la harina de quinua de las dos variedades Rosada de Huancayo (RH) Pasankalla (PK). Todas las determinaciones se hicieron por triplicado. A continuación, se describe el proceso:

- En primer lugar, las muestras fueron sometidas a un proceso de desengrasado, para lo cual se utilizó hexano, realizando una mezcla de harina y hexano, en la proporción de 1:4. Esta mezcla se dejó en agitación a 300 rpm, a temperatura ambiente por un período de 12 horas.
- Concluido el período, se filtraron las mezclas a través de papel Watman N°1 y las muestras desengrasadas se secaron en una estufa a la temperatura de 40 °C por un tiempo de dos horas. Se uniformizó el tamaño de la harina en un mortero, posteriormente se pesó y se envasó en bolsas de polietileno y se conservaron en refrigeración (4 - 5 °C), hasta su uso.
- Para la extracción de la proteína, de cada muestra, se pesó 20 gramos de la harina desengrasada y se llevó a condiciones alcalinas de pH 10.0, utilizando la proporción disolvente:muestra de 20:1 (v/p). Esta solución se mantuvo 90 minutos en agitación a 200 rpm y a la temperatura de 32 °C.
- Concluido el tiempo la solución fue centrifugada a 4000 rpm, temperatura de 4 °C por un tiempo de 30 minutos. Se recuperó el sobrenadante.
- El sobrenadante se llevó a un pH entre 4.0 y 4.5, con HCL 1 N y se centrifugó a 4000 rpm, temperatura de 4 °C, por un tiempo de 30 minutos.

- La torta residual fue lavada dos veces con agua destilada acidulada a pH 4.5, en la proporción muestra:agua de 1:3 y centrifugada a 4000 rpm, temperatura de 4 °C por un tiempo de 20 minutos.
- El precipitado lavado fue suspendido en agua destilada y llevado a pH 7, con NaOH 1 N.
- La suspensión final fue liofilizada.
- El contenido de proteína, del concentrado liofilizado, se cuantificó por el método Kjeldhal, considerando el factor de 5.85 (Guerrero-Ochoa *et al.* 2015).

3.4.3. Extracción de almidón de quinua

La extracción de almidón de las dos variedades de quinua (RH y PK) se realizó en base a la metodología de extracción de Díaz (2016) con algunas modificaciones. El flujo de operaciones realizado se presenta en la Figura 4, a continuación, se describen las operaciones:

- **Lavado:** Los granos de quinua fueron sometidos a lavado con la finalidad de eliminar las saponinas presentes.
- **Secado:** Los granos de quinua desaponificados se colocaron en un secador de bandejas a una temperatura de 60°C por 8 horas.
- **Molienda:** Se empleó el molino de discos para la obtención de la harina de quinua. La harina obtenida fue envasada en bolsas de polietileno y almacenada en refrigeración (4 – 5 °C) hasta su uso.
- **Mezclado:** Con la finalidad de solubilizar y posterior eliminación de la proteína, se mezcló la harina de quinua con una solución de agua desionizada e hidróxido de sodio al 0.25 % en la proporción de 1:5. Esta mezcla se mantuvo en constante agitación por 10 minutos.

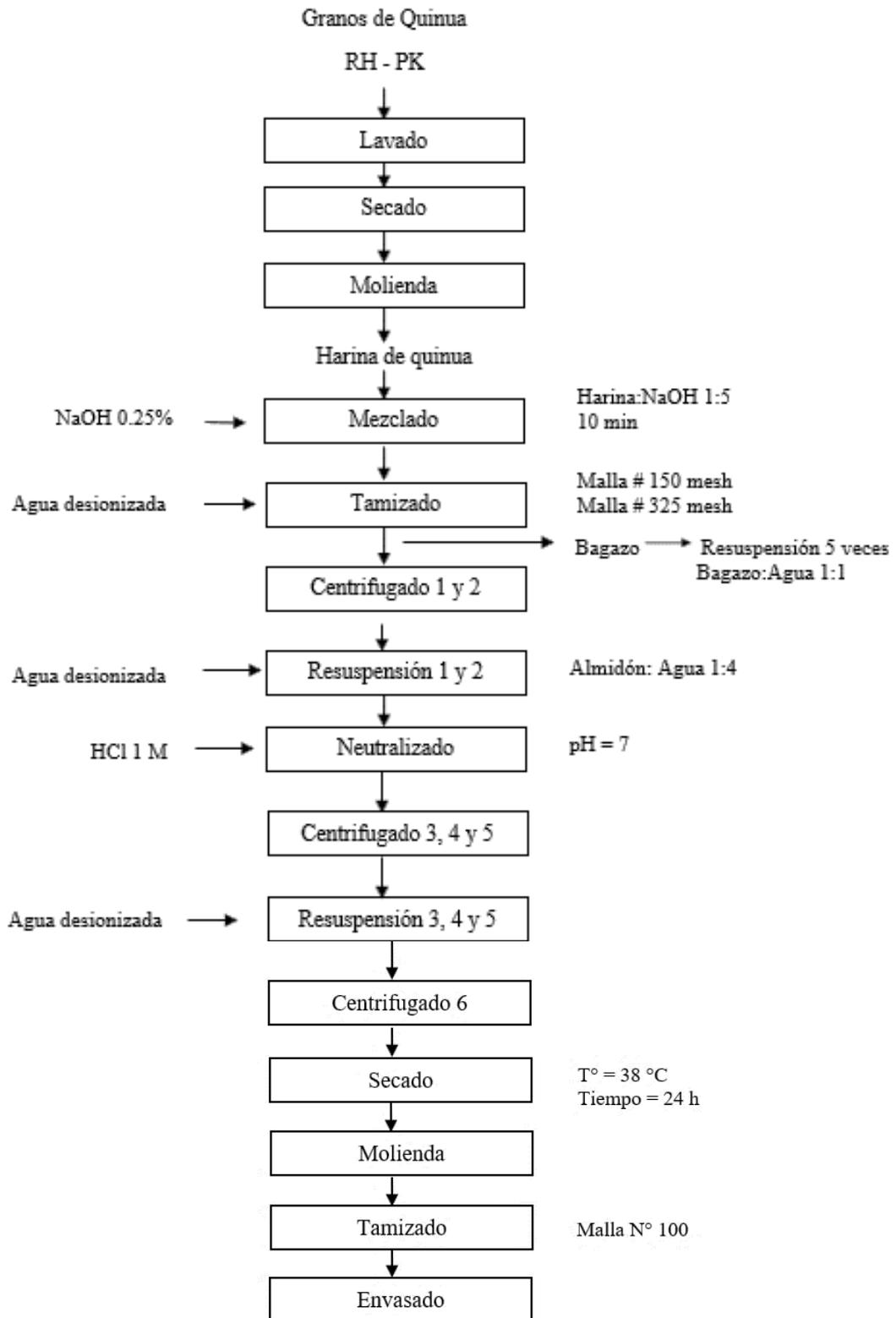


Figura 4: Diagrama de flujo del proceso de extracción del almidón de quinua

- **Tamizado:** La solución anterior se pasó a través del tamiz de 80 mesh en donde se retuvo las partículas gruesas; posteriormente en tamiz de 150 mesh y finalmente en el de 325 mesh, para la retención de partículas finas y fibra. Posteriormente, los bagazos obtenidos en cada tamizado se volvieron a reconstituir con agua desionizada en la proporción 1:1, con la finalidad de recuperar la mayor cantidad de almidón. Seguidamente, se volvió a pasar la nueva suspensión a través de la serie de tamices indicados anteriormente. Este procedimiento se realizó cinco veces para mejorar el rendimiento de extracción de almidón.

- **Centrifugado 1:** El filtrado obtenido se centrifugó a 3000 g por 10 minutos a una temperatura de 4 °C. Posteriormente, se eliminó el sobrenadante y la capa gris de la superficie, en la cual se encontraba la proteína solubilizada.

- **Resuspensión 1:** El sedimento (almidón) se colocó en un recipiente y se agregó agua desionizada en proporción de 1:4 y se agitó manualmente hasta su completa disolución. Las operaciones descritas de centrifugado 1 y resuspensión 1, se repitieron 1 vez más con los parámetros indicados (Centrifugado 2 y Resuspensión 2).

- **Neutralizado:** La resuspensión final después de los procedimientos anteriores se neutralizó, adicionando cuidadosamente HCl 1 M hasta el pH 7.

- **Centrifugado 3:** La solución obtenida se centrifugó a 3000 g por 10 minutos a 10 °C. Posteriormente, se eliminó el sobrenadante y la capa gris restante de la superficie.

- **Resuspensión 3:** El sedimento (almidón) se colocó en un recipiente y se agregó agua desionizada en proporción 1:4 y se agitó manualmente hasta su completa disolución. Las operaciones descritas de centrifugado 3 y resuspensión 3, se repitieron 2 veces más con los parámetros indicados (Centrifugado 4 y 5; Resuspensión 4 y 5).

- **Centrifugado 6:** La solución final obtenida se centrifugó a 3000 g, por 15 min a 10 °C. Posteriormente, se eliminó el sobrenadante y la capa gris restante de la superficie, quedando el almidón, como extracto final, que se sometió al proceso de secado.

- **Secado:** El almidón extraído, se colocó sobre papel aluminio y se llevó a secar en una estufa a 38 °C por 24 h.

- **Molienda:** El almidón seco se molió manualmente en el mortero.
- **Tamizado:** El almidón obtenido se pasó a través de un tamiz de 100 mesh, con el fin de obtener partículas finas para los análisis respectivos.
- **Envasado:** Finalmente, el almidón tamizado fue envasado en bolsas de polietileno de alta densidad y colocadas en contenedores herméticos que contenían silica gel, hasta su uso.

3.4.4. Desarrollo de un producto fermentado tipo yogurt a base de quinua con microorganismos probióticos.

El desarrollo de los productos fermentados de quinua de las variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK), se realizaron en dos etapas: en la primera etapa, se desarrollaron productos fermentados, tipo yogurt, con 15 % (p/v) de harina de quinua y de sabor natural; en la segunda etapa se desarrollaron productos fermentados, tipo yogurt, con 20 % de harina de quinua (p/v), de sabor natural y con la adición de jalea de frutas. Las concentraciones de harina de quinua se determinaron, en base a pruebas preliminares. En la Figura 5, se presenta el proceso de elaboración del producto fermentado de quinua, a continuación, se describen las operaciones correspondientes al proceso realizado en las dos etapas indicadas:

- **Materia prima:** La elaboración de los productos fermentados y todos los tratamientos, se realizaron, por separado, con dos variedades de quinua: Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK).
- **Desaponificación:** Los granos de quinua fueron sometidos, a lavados sucesivos, con el objetivo de eliminar el contenido de saponinas.
- **Secado y molienda:** Los granos de quinua desaponificados, de las dos variedades RH y PK, fueron sometidos a secado, en un secador de bandejas, a la temperatura de 60°C, por un tiempo de 8 horas. Posteriormente se realizó la molienda de la quinua de ambas variedades. La harina de quinua fue envasada, en bolsas de polietileno y conservada en refrigeración (5 - 7 °C) hasta su uso.

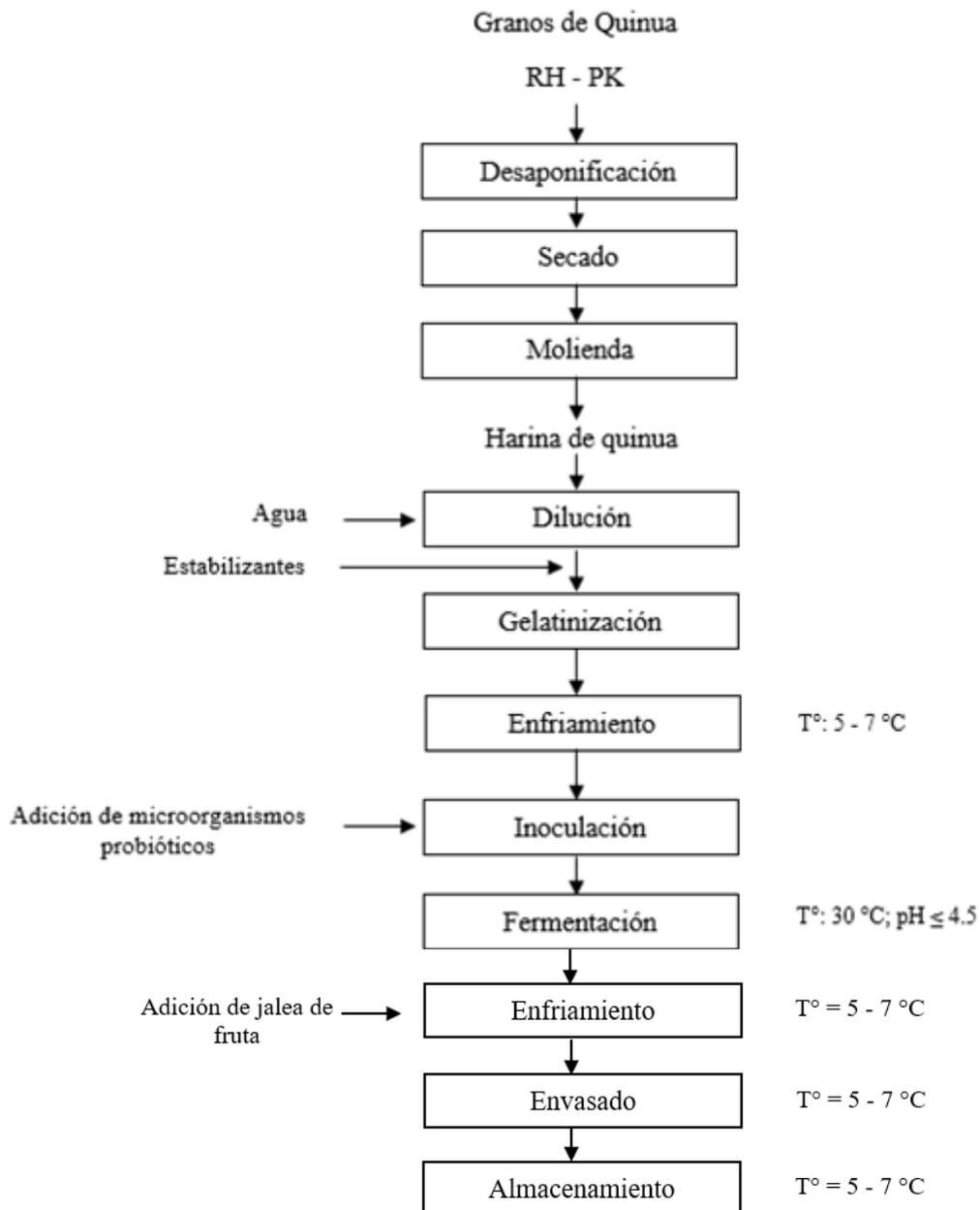


Figura 5: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la bebida fermentada de quinua (RH y PK)

- **Desaponificación:** Los granos de quinua fueron sometidos, a lavados sucesivos, con el objetivo de eliminar el contenido de saponinas.

- **Secado y molienda:** Los granos de quinua desaponificados, de las dos variedades RH y PK, fueron sometidos a secado, en un secador de bandejas, a la temperatura de 60°C, por un tiempo de 8 horas. Posteriormente se realizó la molienda de la quinua de ambas variedades. La harina de quinua fue envasada, en bolsas de polietileno y conservada en refrigeración (5 - 7 °C) hasta su uso.

- **Dilución:** Las harinas de quinua (cada variedad por separado) se mezclaron con agua, en la primera etapa, a una concentración del 15 % (p/v) de harina y en la segunda etapa a una concentración de 20 % (p/v) de harina. Estas concentraciones fueron seleccionadas, experimentalmente, en pruebas preliminares. En la segunda etapa se incrementó la concentración de harina, teniendo en cuenta la premisa, de que todos los productos fermentados de quinua tuvieran un mínimo de 2 % de proteína, en el producto final, considerando la adición de las jaleas de fruta.

- **Gelatinización:** Las suspensiones, se colocaron en envases de 250 mL y fueron sometidas al proceso de gelatinización, en baño maría. Concluido el tiempo fueron enfriadas hasta la temperatura de 30 °C. Con respecto a los parámetros, en la primera etapa del estudio, se consideró 90°C por 10 minutos; en la segunda etapa, se consideraron las temperaturas de gelatinización de: 85 °C por 10 minutos, para la quinua PK y 60°C por 10 minutos para la quinua RH.

- **Inoculación:** Para el proceso de fermentación, en la primera etapa, se utilizaron tres cepas bacterianas: *Lactobacillus plantarum* Q823, *Lactobacillus casei* Q11 y *Lactococcus lactis* ARH74, en la segunda etapa, se utilizó sólo el microorganismo *Lactobacillus plantarum* Q823. En todos los casos, todas las bacterias, fueron inoculadas a una concentración de 1 % (v/p). *Lactobacillus plantarum* Q823 y *Lactobacillus casei* Q11 se aislaron de los granos de quinua de diferentes zonas de origen sudamericano (Vera-Pingitore *et al.* 2016a). De acuerdo con los estudios realizados, *Lactobacillus plantarum* Q823, es una bacteria, con potenciales características probióticas (Vera-Pingitore *et al.* 2016a, Vera-Pingitore *et al.* 2016b). *Lactobacillus lactis* ARH74 es una cepa comercial (Valio Oy, Helsinki, Finlandia), que se caracteriza por ser buena productora de exopolisacáridos (Lehto

y Salminen 1997). Las cepas fueron preparadas, un día antes del proceso de fermentación, se incubaron a 30°C, en caldo de cultivo, durante 16 horas. Las cepas *Lactobacillus plantarum* Q823 y *Lactobacillus casei* Q11 se cultivaron en caldo MRS y la cepa *Lactobacillus lactis* ARH74 en caldo M17. En la segunda etapa, del desarrollo de las bebidas de quinua, se utilizó sólo la cepa *Lactobacillus plantarum* Q823.

- **Fermentación:** Las muestras inoculadas fueron sometidas a incubación a la temperatura de 30 °C, aproximadamente durante 6 - 9 horas, hasta llegar a un pH ≤ 4.5. Durante el proceso de fermentación se realizaron los controles de pH.

- **Enfriamiento:** Las muestras fermentadas, de ambas variedades (RH y PK), fueron sometidas a temperatura de refrigeración (5 - 7°C). Los productos fermentados de sabor natural, una vez enfriados se mantuvieron en conservación y fueron sometidos a las evaluaciones respectivas durante los 28 días de almacenamiento. Para el caso de los productos fermentados saborizados, una vez alcanzada la temperatura de refrigeración (5 - 7 °C), se agregaron jalea de fruta; a la base fermentada de quinua RH, se agregó jalea de bilberry y plátano y a la base fermentada de quinua PK, se agregó jalea de dátiles. Las proporciones, en todos los casos fueron 85 % de base fermentada y 15 % de jales de fruta. Los sabores y las concentraciones fueron evaluados en pruebas preliminares.

- **Envasado y Almacenamiento:** Todos los productos fermentados de quinua, tipo yogurt, de sabor natural y saborizados de ambas variedades (RH y PK), se envasaron en muestras de 100 g, cada una y se almacenaron en refrigeración (5 - 7°C), durante 28 días. En este período, se realizaron evaluaciones de pH, acidez titulable total (TTA), viscosidad y viabilidad de los microorganismos. Todos los análisis fueron hechos, por triplicado, a los 0, 0.25, 1, 12 y 28 días de almacenamiento (primera etapa) y 0, 7,14 21 y 28 días (segunda etapa). Asimismo, se determinó la actividad metabólica de la fermentación.

La denominación que se dio a las productos fermentados de quinua, en la segunda etapa del estudio, fue la siguiente: producto fermentado de quinua Rosada de Huancayo, sabor natural Q-RH; producto fermentado de quinua Pasankalla, sabor natural Q-PK; producto fermentado de quinua Pasankalla, saborizado con jalea de dátiles QD-PK y producto fermentado de quinua Rosada de Huancayo, saborizado con jalea de bilberry y plátano QBB-RH.

3.4.5. Evaluación sensorial de los productos fermentados (tipo yogurt) de quinua

La evaluación sensorial, de los productos fermentados de quinua, se realizó mediante el método Check-All-That-Apply (CATA) (marque todo lo que corresponda). El método CATA, es usado para evaluar las propiedades sensoriales y la aceptación, en el mercado y específicamente en el público objetivo, de productos desarrollados (Ares y Jaeger 2015).

En este trabajo, se utilizó el método CATA, para evaluar las características sensoriales y la percepción del público objetivo, de los productos fermentados de quinua desarrollados, en comparación, con 4 productos, de características similares, ya existentes en el mercado finlandés. Las evaluaciones se realizaron en la Universidad del Este de Finlandia (UEF), ubicada en Kuopio, específicamente en el Laboratorio de Evaluación Sensorial (ISO, 2007), del Departamento de Nutrición y Salud Pública de la UEF.

Es importante precisar que la evaluación sensorial, se realizó íntegramente en Finlandia. Los productos comerciales, empleados para la evaluación CATA, en comparación con los productos fermentados de quinua, de las dos variedades (RH y PK), fueron seleccionados, teniendo en cuenta, que sean productos fermentados, tipo yogurt, elaboradas a partir de productos vegetales. En base a este criterio, se seleccionaron los siguientes productos: Soy-based spoonable product bilberry (Alpro, Belgica) (SB); Oat based-products YOSA (Bioferme Oy, Finland) (OP); Break fig Apple (Bioferme Oy, Finland) (OFA) y Oatly bilberry vanilla (Oatly AB, Sweden) (OBV). Es importante precisar que, se escogieron estos productos, por ser los más parecidos a los productos fermentados de quinua, desarrollados en este estudio, porque no existía ningún producto, comercial, de quinua fermentada en Finlandia. Todos los productos fueron adquiridos en el mercado local de Kuopio (Finlandia).

En la evaluación CATA, participaron en total 66 consumidores. Para reclutar estas personas se realizaron diferentes acciones de difusión, tales como cartas a los institutos de educación locales, grupos en las redes sociales, estudios de pilates, yoga y supermercados. Los criterios de selección fueron: personas veganas/os, que consumieran normalmente productos fermentados, tipo yogurt, al menos una vez, en dos semanas, como parte de su dieta normal.

Los criterios de exclusión, para considerar a los participantes fueron: embarazo, lactancia materna, tabaquismo diario, alergia a la soja, nueces o cualquier otro producto alimenticio.

Otro aspecto muy importante para la evaluación sensorial fue, la lista de los términos CATA, la elección del vocabulario utilizado se basó en, evaluaciones preliminares, durante el desarrollo del producto y en el vocabulario obtenido de la literatura (Ares *et al.* 2014, Cadena *et al.* 2014, Cruz *et al.* 2013, Morell *et al.* 2015, Nionelli *et al.*, 2014). Se logró elaborar una lista final de 44 términos CATA, que cubrieron el sabor, la textura y otras cualidades, de los productos fermentados desarrollados y productos comerciales.

Se les pidió a los consumidores que, antes de probar, primero evaluaran la apariencia de los productos, con una escala hedónica de 9 puntos (1 = nada atractivo; 9 = muy atractivo), posteriormente, que prueben el producto y evalúen el gusto (1 = no me gusta nada; 9 = me gusta mucho). En la evaluación CATA, se pidió a los consumidores que, de toda la lista de términos CATA (44), eligieran cuales se aplican a cada producto. Al final se consideró un rubro de comentarios con la finalidad de que los consumidores, den por escrito, un comentario voluntario sobre los productos evaluados.

Es importante precisar que, antes de la evaluación sensorial, se realizaron pruebas microbiológicas (determinación de mesófilos totales, coliformes, hongos y levaduras), tal como establece los protocolos de la UEF, a fin de asegurar la inocuidad de los productos fermentados de quinua. Asimismo, para la evaluación sensorial, todos los productos fueron almacenados por un período máximo de 7 días, en refrigeración (5 - 7 °C). Se sirvieron muestras de 50 g, en vasos transparentes de plástico, cubiertos con tapa, los cuales se dejaron a temperatura ambiente, durante 15 minutos, antes de la evaluación. Todas las muestras se codificaron con números aleatorios de tres dígitos y se presentaron a los consumidores en forma aleatoria. Todos los datos recopilados fueron evaluados con el software EyeQuestion (Elst, The Netherlands, versión 4.5.6). El estudio fue conducido de acuerdo con los principios éticos de la UEF. Todos los encuestados firmaron los consentimientos respectivos.

Los resultados de la evaluación CATA, fueron analizados con las Pruebas Q de Cochram y McNemar y los resultados fueron visualizados mediante el Análisis de Correspondencia (CA) (Soriat *et al.* 2010, Varela y Ares 2012).

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En las Tablas 8 y 9, se presentan un resumen de la metodología experimental en base a los objetivos de la investigación. En la tabla 8, se presenta el diseño experimental correspondiente, a la determinación de las características fisicoquímicas, del grano y harina de quinua, así como, la determinación de las características fisicoquímicas y propiedades funcionales del almidón y el concentrado de proteína de quinua de las variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK). En la tabla 9, se presenta el diseño experimental del desarrollo de los productos fermentados, tipo yogurt, a base de quinua con microorganismos probióticos y el estudio de las características fisicoquímicas, microbiológica y la evaluación sensorial correspondiente.

Con respecto al análisis estadístico, en el caso del análisis proximal, del grano, harina de quinua y las propiedades funcionales del concentrado de proteína de quinua (CPQ), los análisis se realizaron por duplicado y los resultados se expresaron a través del promedio y de la desviación estándar (SD). Los datos se analizaron utilizando la prueba t de Student, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (5 %). Para la comparación se realizó la prueba de DLS (Diferencia Mínima Significativa) de Fisher ($p < 0,05$) para determinar la diferencia entre los valores promedio; utilizando el software estadístico IBM SPSS Statistics, versión 26.

Los resultados de las características fisicoquímicas y funcionales del almidón de quinua, de ambas variedades (RH y PK), así como, el pH, TTA, viscosidad y el estudio de viabilidad de las bacterias ácido lácticas, en los productos fermentados de quinua, fueron analizados, mediante el análisis de variancia (ANOVA), de una sola vía. Se realizó la prueba de Duncan, para los resultados que presentaron diferencias significativas, a un nivel de $p < 0.05$. Los resultados fueron procesados con el software estadístico SPSS Statistics, Version 26.

Para los resultados de la composición química de los productos fermentados de quinua y los cuatro productos comerciales de comparación, se utilizó el análisis de varianza ANOVA, en una sola vía, empleando el software IBM SPSS Statistics, Version 26. Se realizó la Prueba de Duncan, para los resultados que presentaron diferencias significativas a un nivel de $p < 0.05$.

Tabla 8: Diseño experimental de la determinación de las características fisicoquímicas y funcionales del concentrado de proteína y del almidón de las variedades de quinua RH y PK

Variedades de quinua: Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK)				
	Granos	Harina	Concentrado de proteína (CPQ)	Almidón
Proceso de extracción		Rendimiento	Rendimiento	Rendimiento
	Análisis Proximal	Análisis Proximal	Análisis Proximal	Análisis Proximal
	Humedad	Humedad	Humedad	Humedad
	Proteína	Proteína	Proteína	Proteína
	Grasa	Grasa		Grasa
Caracterización Físicoquímica	Ceniza	Ceniza		Ceniza
	Fibra	Fibra		Fibra
	Carbohidratos	Carbohidratos		Carbohidratos
	Saponina			Contenido de amilosa y amilopectina
				Color
			Solubilidad	Índice de Solubilidad (ISA)
			Capacidad de Absorción de agua (CAA)	Poder de Hinchamiento (PH)
Propiedades tecnofuncionales			Capacidad de Retención de Agua (CRA)	Sinéresis
				Claridad
				Propiedades térmicas de los geles de almidón
Análisis estadístico	Los datos se analizaron, utilizando la prueba estadística, t de Student, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (5%). Para la comparación, se utilizó la prueba DLS (Diferencia Mínima Significativa) de Fisher ($p < 0.05$) para determinar la diferencia entre los valores promedio. Los datos fueron procesados con el software estadístico IBM SPSS Statistics Versión 26			Se utilizó el análisis de variancia ANOVA. Los datos fueron procesados, empleando el software IBM SPSS Statistics, Versión 26.

Tabla 9: Diseño experimental del desarrollo de un producto fermentado de quinua (RH y PK), con microorganismos probióticos

	PRIMERA ETAPA	SEGUNDA ETAPA	ANALISIS ESTADÍSTICO
	Variedades de quinua: Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK)		
Fermento o cultivo láctico	<i>Lactobacillus plantarum Q823</i> <i>Lactobacillus casei Q11</i> <i>Lactococcus lactis ARH74</i>	<i>Lactobacillus plantarum Q823</i>	
Harina de quinua (p/v)	15%	20%	
Gelatinización	90 °C 10 minutos	RH: 60 °C / 10 minutos PK: 80 °C / 10 minutos	
Características del producto final	Sabor natural	Sabor natural Saborizado: Adición de Jalea de Frutas: RH: Jalea de bilberry y plátano (QBB-RH) PK: Jalea de dátiles (QD-PK)	
	pH, TTA y Viscosidad 0, 0.25, 1, 12 y 28 días	pH, TTA y Viscosidad 0, 7, 14, 21 y 28 días	Se utilizó el análisis de variancia ANOVA. Los datos fueron procesados, empleando el software IBM SPSS Statistics, Versión 26.
Caracterización físico-química	Estudio metabólico Azúcares: Glucosa, Maltosa y Sacarosa Ácidos: Láctico, acético y málico	Composición química Humedad, Proteína, Grasa, Ceniza, Fibra Carbohidratos, Energía y Minerales (Ca, Na, P, K, Mg, Mn, Fe, Cu y Zn)	
Características microbiológicas	Viabilidad de BAL 0, 0.25, 1, 12 y 28 días	Viabilidad de BAL 0, 7, 14, 21 y 28 días	Se utilizó el análisis de variancia ANOVA. Los datos fueron procesados, empleando el software IBM SPSS Statistics, Versión 26.

<<Continuación>>

PRIMERA ETAPA	SEGUNDA ETAPA	ANALISIS ESTADÍSTICO
Variedades de quinua: Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK)		
Evaluación Sensorial Check-that-all-apply (CATA) 66 consumidores 44 términos CATA 6 productos	2 productos fermentados de quinua: QBB-RH: Quinoa RH y jalea de bilberry y plátano QD-PK: Quinoa PK y jales de dátiles 4 productos comerciales: SB: Alpro bilberry OBV: Oatly bilberry vanilla OFA: Yosa Break fig apple OP: Yosa plum.	Los resultados de los términos CATA fueron analizados con las Pruebas de Cochran y McNemar. Se realizó el análisis de correspondencia (CA) para visualizar el sabor y la sensación en la boca. Los resultados fueron analizados con el software IBM SPSS Statistics and EyeOpenR (Versión 4.5.6. Elst. The Netherlands).

Los resultados de la evaluación sensorial CATA, fueron analizados con el software IBM SPSS Statistics y EyeOpenR (Versión 4.5.6, Elst, The Netherlands). Con respecto a los resultados sobre el gusto y la apariencia de los productos que no siguieron una distribución normal (Prueba Shapiro-Wilk), se aplicó la Prueba de Friedman ($p < 0.05$), para analizar las diferencias significativas entre los productos. Con relación a los resultados, correspondientes a los términos CATA, éstos, fueron analizados con las Pruebas Q de Cochran y McNemar. Asimismo, los resultados sobre el sabor y la textura o sensación en la boca fueron analizados y visualizados por el análisis de correspondencia (CA) (Ares y Jaeger 2015).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COMPOSICIÓN PROXIMAL Y SAPONINA DEL GRANO Y HARINA DE QUINUA DE LAS VARIEDADES ROSADA DE HUANCAYO (RH) Y PASANKALLA (PK)

4.1.1. Grano de quinua

En la Tabla 10, se presenta la composición proximal de las dos variedades de quinua estudiadas, Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK) y en el Anexo 1 el análisis estadístico correspondiente. Se puede observar que, sólo en relación con el contenido de proteína, la quinua PK, mostró un contenido más alto, significativamente diferente ($p < 0.05$) con respecto a la quinua RH. En cuanto al contenido de grasa, fibra cruda, ceniza y humedad, los resultados fueron similares, para ambas variedades, sin diferencias significativas. En relación con el contenido de carbohidratos, la quinua RH presentó un mayor contenido, significativamente diferente ($p < 0.05$) que la quinua PK.

El contenido de proteína de la quinua es más alto que el arroz, cebada, maíz, centeno y sorgo (USDA, 2015). Los valores hallados para la quinua PK (14.08 ± 0.27 g/100g) y para la quinua RH (12.75 ± 0.01 g/100g) se encontraron, dentro del rango de los niveles reportados para quinua, en diferentes estudios: 9.1 – 15.7 % (Nowak *et al.* 2016); 13.8 – 16.5% (Navruz-Varli y Sanlier 2016); 11.24 – 16.07 g/100g (IICA 2015).

Las proteínas de quinua están compuestas mayoritariamente por albúminas (35 %) y globulinas (37 %) (Abugoch 2009) y no contienen prolaminas (Burrieza *et al.* 2020). Asimismo, es importante destacar que la proteína de la quinua tiene todos los aminoácidos esenciales (Repo- Carrasco *et al.* 2003, Vega-Galvez *et al.* 2010). Este excelente balance de aminoácidos hace que la quinua sea un alimento completo, para el consumo humano, cubriendo sus requerimientos nutricionales, específicamente de proteínas.

Tabla 10. Composición proximal del grano y harina de quinua Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK) (g 100 g⁻¹ en materia seca y %).

Componentes	Variedad RH		Variedad PK	
	Grano	Harina	Grano	Harina
Humedad	10.52 ± 0.04 ^{aA}	7.14 ± 0.08 ^{bA}	10.61 ± 0.00 ^{aA}	6.85 ± 0.10 ^{bA}
Proteína (N x 6.25)	12.75 ± 0.01 ^{aA}	14.97 ± 0.03 ^{bA}	14.08 ± 0.27 ^{aB}	15.79 ± 0.08 ^{bB}
Grasa	5.18 ± 0.12 ^{aA}	6.34 ± 0.08 ^{bA}	5.07 ± 0.06 ^{aA}	5.68 ± 0.05 ^{bB}
Fibra Cruda	2.70 ± 0.03 ^{aA}	2.83 ± 0.19 ^{aA}	2.83 ± 0.07 ^{aA}	3.10 ± 0.13 ^{aA}
Ceniza	2.51 ± 0.07 ^{aA}	2.69 ± 0.05 ^{aA}	2.29 ± 0.04 ^{aA}	2.39 ± 0.13 ^{aA}
Carbohidratos totales	66.35 ± 0.18 ^{aA}	73.18 ± 0.09 ^{bA}	65.14 ± 0.32 ^{aB}	73.04 ± 0.39 ^{bA}
Saponina (%)	0.66 ^A		0.00 ^B	

Letras minúsculas diferentes en una misma fila, para una variedad, indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Letras mayúsculas diferentes, en una misma fila, indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre variedades, para grano y harina en forma independiente

Del mismo modo, los contenidos de grasa de la quinua RH (5.18 ± 0.12 g/100g) y de la quinua PK (5.07 ± 0.06 g/100g) se encontraron, dentro del rango reportado por otros estudios: 4.0 – 7.6 % (Nowak *et al.* 2016); 2.0 – 9.5 % (Navruz-Varli y Sanlier 2016); sin embargo, son menores a los valores reportados por el IICA (2015) de 5.80 – 7.60 g/100g, para variedades de quinua de origen peruano. La grasa de la quinua es rica en ácidos grasos esenciales, tales como el oleico (19.7 - 29.5 %), linoleico (49.0 - 56.4 %), α -linolénico (8.7 - 11.7 %) y palmítico (10 %); estos ácidos grasos constituyen del 87.2 - 87.8 % del total de ácidos grasos (Repo-Carrasco *et al.* 2003). El total de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) es de 54 – 60 %; ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) de 29 – 33 % y ácidos grasos saturados (SFA) de 10 – 11 % (Pereira *et al.* 2019, Pellegrini *et al.* 2018, Filho *et al.* 2015). En cuanto al contenido de fibra cruda, los valores encontrados de 2.70 ± 0.03 g/100g y 2.83 ± 0.07 g/100g, para las quinuas RH y PK respectivamente, se ubican dentro del rango de 2.49 – 3.9 g/100g, reportados por otras investigaciones (Valencia-Chamorro 2016, Nowak *et al.* 2016, Repo-Carrasco 1992). La fibra cruda, es parte de la fibra dietaria, que es muy importante para la salud, la quinua es una fuente muy importante de fibra dietaria, con

valores de 3.55 – 10.27 g/100g (Repo-Carrasco 1992, IICA 2015, USDA 2015) e incluso 13.4 % (Ruales y Nair 1992).

El contenido de ceniza es importante, porque refleja el contenido de minerales que tiene la quinua, los valores hallados de 2.51 ± 0.07 g/100g y de 2.29 ± 0.05 g/100g, para la quinua RH y PK respectivamente, son comparables con los valores reportados por Pereira *et al.* (2019) de 2.8 ± 0.2 g/100g, para ceniza de quinua roja, en las cuales consideraron las quinuas Pasankalla (PK) y Rosada de Huancayo (RH), procedentes de Perú.

Con relación a los carbohidratos, los resultados fueron de 66.35 ± 0.18 y 65.14 ± 0.32 % para quinua RH y PK respectivamente, estos valores estuvieron comprendidos dentro del rango reportado por Vilcacundo y Hernandez-Ledesma (2017) de 59.9 a 74.7 g/100g. El principal componente de los carbohidratos es el almidón, que comprende un 32 a 69 % (Vilcacundo y Hernandez-Ledesma 2017), según Ruales y Nair (1994) representa el 60 % de la semilla.

La quinua RH, tuvo un contenido mayor de saponina (0.66 %), estadísticamente diferente ($p < 0.05$) al contenido de saponina que la quinua PK (no encontrado). Según Koziol *et al.* (1992) la quinua con un contenido de saponina, menor a 0.11 %, se considera como quinua dulce y la que tiene un valor mayor, corresponde a una quinua amarga. En base a esto y los resultados encontrados, la quinua PK se clasificaría como quinua dulce y la quinua RH como quinua amarga. El contenido de saponina en la quinua esta entre ausencia y 2.05 % (Gómez-Caravaca 2014). La saponina es el responsable del sabor amargo de la quinua, considerado también compuesto antinutricional (Ruales y Nair 1993). Escribano *et al.* (2017) identificaron los componentes bidesmosídicos, de la saponina de la quinua, específicamente los ácidos oleanólico, phytolaccagénico, serjánico y hederagenina. Estos componentes le dan el sabor amargo a la quinua, normalmente antes del consumo o de los procesos se eliminan mediante lavados sucesivos. El contenido de estos componentes está influenciado por la variabilidad genética y el sabor amargo está controlado por un solo gen dominante, el cual es cuantitativamente heredado (Masterbroek *et al.* 2000).

El mayor contenido de saponina de la quinua RH, con relación a la quinua PK, en la cual, prácticamente no se detectó nada de saponina (Tabla 10), podría estar relacionada con el color de cada variedad, debido a que existiría una relación entre el color de la quinua y el contenido de saponina, la quinua RH es quinua blanca y la quinua PK es quinua negra. Según Escribano *et al.* (2017) el contenido de betalainas, reduce el contenido de saponinas en la quinua. La quinua PK tiene Amaranthina (0.8 ± 0.2 mg/Kg) e iso-Amaranthina (0.8 ± 0.1 mg/Kg), mientras que en la quinua RH, no se han detectado betalainas (Escribano *et al.* 2017).

Es importante también señalar que, los resultados de la composición proximal encontrados para ambas variedades de quinua (RH y PK) (Tabla 10) cumplieron con los requisitos establecidos en la NTP 205.062:2014. Granos andinos. Quinua. Requisitos (INDECOPI 2014) es decir: humedad máxima 12.5 %; proteína mínima 10.0 %; grasa mínima 4.0 %; fibra cruda mínimo 2.0 % y ceniza máximo 3.5 %.

En base a los resultados obtenidos y a la información relacionada, se puede corroborar que la quinua tiene un gran valor nutricional, comparado con otros cereales o granos (Bhargava, *et al.* 2006, Comai, *et al.* 2007, Vega-Galvez, *et al.* 2010, Repo-Carrasco 2014). Aunque, la composición química entre variedades puede diferir considerablemente. La composición química de las diferentes variedades de quinua es influenciada fuertemente por la genética, el medio ambiente y los factores climáticos (Gonzales *et al.* 2012). Todos estos factores demuestran las diferencias encontradas en la composición proximal de la quinua de ambas variedades RH y PK.

4.1.2. Harina de quinua

En la Tabla 10, se presentó el análisis proximal de harina, de las dos variedades de quinua RH y PK. Se puede observar que, en el contenido de grasa y proteína existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ambas harinas, en cuanto a los valores, la harina PK tuvo mayor contenido de proteínas, mientras que la harina RH, mayor contenido de grasa que la harina PK. En los demás componentes (humedad, fibra cruda, ceniza y carbohidratos) no existieron diferencias significativas entre las harinas de ambas variedades (RH y PK).

El contenido de proteína para la harina de quinua RH y PK fue de 14.97 ± 0.03 y 15.79 ± 0.08 % respectivamente, estos resultados, fueron ligeramente mayores, en comparación con otras investigaciones, para harina de quinua, de diferentes variedades, que reportan valores entre 11.62 y 13.76 % (Pellegrini *et al.* 2018, Shi *et al.* 2020, Contreras-Jiménez *et al.* 2019, Zannini *et al.* 2018, Steffolani *et al.* 2013), por otro lado son menores que los valores reportadas por Valdez-Arana *et al.* (2020) de 17.42 y 19.59 % para las mismas variedades RH y PK respectivamente. La harina de quinua tiene un alto contenido de proteína, esto la hace atractiva para la formulación de diferentes productos alimenticios, como en este caso específico de un producto fermentado de quinua, en la que se utilizó las harinas de quinua de las dos variedades (RH y PK).

El contenido de grasa fue de 6.34 ± 0.08 % (RH) y 5.68 ± 0.05 % (PK), existiendo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ambas harinas. Asimismo, estos valores se encontraron dentro del rango reportado, para diferentes variedades de quinua, entre 4.87 – 6.60 % (Pellegrini *et al.* 2018, Shi *et al.* 2019, Contreras-Jiménez *et al.* 2019, Steffolani *et al.* 2013, Pajarito 2005). Por otro lado, existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el contenido de grasa del grano y la harina, en ambas variedades de quinua RH y PK (Tabla 10).

El contenido de fibra cruda fue de 2.83 ± 0.19 y 3.10 ± 0.13 %, para las harinas de quinua RH y PK respectivamente. No se encontraron diferencias significativas, entre las harinas de ambas variedades, tampoco no hubo diferencias significativas, entre los contenidos de fibra cruda, del grano y la harina, para ambas variedades (RH y PK).

Los valores hallados de ceniza fueron de 2.69 ± 0.05 % (RH) y 2.39 ± 0.13 % (PK), no existiendo diferencias significativas, entre ambas harinas. Estos resultados, principalmente, el de la harina PK, es similar al reportado por Shi *et al.* (2020) para quinua Kankolla y Blanca de Juli (2.3 ± 0.0 %). Asimismo, los valores hallados, se encontraron dentro del rango de 2.07 a 3.87 %, reportados por investigaciones previas (Pellegrini *et al.* 2018, Shi *et al.* 2020, Valdez-Arana *et al.* 2020). Comparando el contenido de ceniza en los granos y las harinas, no existieron diferencias significativas en las dos variedades de quinua (RH y PK) (Tabla 10). Los valores de ceniza están directamente relacionados al contenido de minerales y las condiciones ambientales del cultivo y la cosecha (Vega-Galvez *et al.* 2010).

Las harinas de quinua son muy ricas en carbohidratos, los valores determinados fueron de 73.18 y 73.04 % para RH y PK respectivamente. Los carbohidratos, incluyen el almidón, de acuerdo con la literatura, representa alrededor del 60 % de la semilla (Ruales y Nair 1994, Contreras-Jimenez *et al.* 2019).

4.2. CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE QUINUA DE LAS VARIEDADES ROSADA DE HUANCAYO Y PASANKALLA

4.2.1. Rendimiento de la obtención del concentrado de proteína de quinua

El proceso de extracción, del concentrado de proteína, de las dos variedades de quinua (RH y PK), se realizó, en base a la metodología de Guerrero-Ochoa *et al.* (2015). En base a resultados obtenidos por diversas investigaciones, la extracción se realizó a pH 10, con el cual se obtuvieron los mejores resultados (Mir *et al.* 2019, Ruiz *et al.* 2016). el rendimiento obtenido fue de 6.56 ± 0.34 g/100g para la quinua RH y de 6.11 ± 0.72 g/100g de harina desgrasada, para la quinua PK, no se encontraron diferencias significativas, entre ambas variedades (Anexo 2). Los valores determinados, son menores a los encontrados por Mir *et al.* (2019), de 7.71 a 10.98 % para quinua procedente de la India, sin embargo, se encuentran dentro del rango reportado por Guerrero-Ochoa *et al.* (2015), para la variedad Pasankalla de 4.86 a 9.98 g de proteína/100g de harina desgrasada. Los valores de rendimiento están relacionados, no solo al proceso de extracción y el pH, si no a la composición del grano y la variedad de quinua.

El pH alcalino favorece la extracción de las proteínas, debido a que, a mayor alcalinidad, se incrementa la solubilidad de las proteínas. Esto debido a que en presencia de alcalinidad las proteínas incrementan negativamente sus cargas debido a la ionización de los grupos carboxilo y por la desprotonación de los grupos amino, el cual mejora la repulsión electrostática entre las proteínas con cargas negativas, esto mejora la solubilidad de las proteínas (Ruiz *et al.* 2016).

4.2.2. Características fisicoquímicas del concentrado de proteína de quinua

Los concentrados proteicos, tuvieron un contenido de proteína de 79.70 ± 0.87 % (bs). y 84.65 ± 1.05 % (bs). para las variedades RH y PK, respectivamente, existiendo diferencias significativas entre ambas variedades. El contenido de humedad fue de 4.25 ± 0.33 y de 3.94 ± 0.05 para la quinua RH y PK respectivamente, sin diferencias significativas entre ambas variedades (Anexo 3). Estos resultados, principalmente del nivel de proteína, son comparables a los obtenidos por Shi *et al.* (2020), que reportaron los valores de 84.8 ± 1.8 % de proteína y 6.8 ± 0.2 % de humedad, para un aislado de proteína de quinua, procedente de Perú. Asimismo, Abugoch *et al.* (2008), reportaron 77.2 ± 0.15 y 83.5 ± 0.2 %, de proteína y 6.1 y 6.8 % de humedad respectivamente, para dos variedades de quinua comercial de Chile. Los concentrados proteicos de quinua, con los niveles obtenidos de proteína, podrían ser muy buenos candidatos para ser utilizados como ingredientes nutricionales y funcionales en diversos tipos de alimentos.

4.2.3. Propiedades tecnofuncionales del concentrado de proteína de quinua

a. Solubilidad

En la Tabla 11, se presentan los resultados de la solubilidad (%) del concentrado de proteínas de quinua (CPQ) de las variedades RH y PK y en el Anexo 4, el análisis estadístico correspondiente. Los resultados obtenidos para cada pH (2 a 11), en una misma variedad, tanto para RH, como para PK, presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores obtenidos, en cada nivel de pH. Los valores hallados, muestran una curva, en la cual se observa que la solubilidad es fuertemente dependiente del pH, para ambas variedades (RH y PK) (Figura 6). Entre los pH 2 y 4, se produjo una disminución de la solubilidad y posteriormente, a medida que se elevaba el pH, se incrementaron los valores, hasta el pH 10 y en seguida disminuyó en el pH 11, lo cual coincide con investigaciones previas, correspondientes a proteínas de quinua (Abugoch *et al.* 2008, Mir *et al.* 2019, Ruiz *et al.* 2016, López *et al.* 2019, Elsohaymi *et al.* 2015, Steffolani *et al.* 2016, Shi *et al.* 2020).

Tabla 11: Propiedades tecnofuncionales del concentrado de proteína de quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla

pH	Solubilidad (%)		Absorción de agua (mL/g)		Retención de agua (%)	
	Rosada de Huancayo	Pasankalla	Rosada de Huancayo	Pasankalla	Rosada de Huancayo	Pasankalla
2	27.70 ± 1.07 ^{aA}	25.00 ± 0.95 ^{aA}	1.52 ± 0.00 ^{aA}	1.44 ± 0.02 ^{aA}	140.9 ± 0.74 ^{aA}	144.70 ± 0.52 ^{aB}
3	21.90 ± 1.12 ^{bA}	15.80 ± 0.89 ^{bB}	1.35 ± 0.00 ^{bA}	1.3 ± 0.00 ^{bB}	128.5 ± 0.38 ^{bA}	132.90 ± 0.63 ^{bB}
4	17.50 ± 1.81 ^{cA}	12.90 ± 1.14 ^{cA}	1.21 ± 0.01 ^{cA}	1.13 ± 0.00 ^{cB}	113.00 ± 0.37 ^{cA}	120.00 ± 1.17 ^{cA}
5	29.10 ± 0.42 ^{aA}	18.10 ± 0.37 ^{dB}	1.39 ± 0.01 ^{bA}	1.32 ± 0.00 ^{bA}	130.80 ± 0.58 ^{dA}	137.70 ± 0.96 ^{dB}
6	37.50 ± 1.34 ^{dA}	25.80 ± 0.70 ^{aB}	1.50 ± 0.05 ^{aA}	1.38 ± 0.01 ^{dA}	135.60 ± 0.86 ^{eA}	145.90 ± 0.83 ^{aB}
7	43.20 ± 0.46 ^{eA}	32.90 ± 0.54 ^{eB}	1.59 ± 0.01 ^{dA}	1.5 ± 0.01 ^{eB}	148.70 ± 0.78 ^{fA}	157.50 ± 0.74 ^{eB}
8	54.60 ± 0.38 ^{fA}	41.40 ± 0.39 ^{fB}	1.68 ± 0.01 ^{eA}	1.53 ± 0.01 ^{fB}	152.80 ± 0.96 ^{gA}	165.60 ± 0.23 ^{fB}
9	60.80 ± 0.61 ^{gA}	55.70 ± 0.69 ^{gB}	1.78 ± 0.02 ^{fA}	1.65 ± 0.01 ^{gB}	162.90 ± 0.71 ^{hA}	177.00 ± 0.48 ^{gB}
10	78.60 ± 0.27 ^{hA}	61.50 ± 0.51 ^{hB}	1.94 ± 0.01 ^{gA}	1.84 ± 0.01 ^{hB}	178.90 ± 1.13 ^{iA}	193.80 ± 0.25 ^{hB}
11	74.80 ± 0.15 ^{iA}	57.10 ± 0.45 ^{gB}	2.28 ± 0.00 ^{hA}	1.98 ± 0.02 ^{iB}	193.40 ± 0.28 ^{jA}	222.40 ± 0.32 ^{iB}

Letras minúsculas diferentes en una misma columna, para una propiedad funcional y variedad indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Letras mayúsculas diferentes en una misma fila, para cada propiedad funcional, indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variedades.

La solubilidad de la proteína es la manifestación termodinámica del equilibrio, entre las interacciones proteína-proteína y solvente-proteína, que a su vez dependen de la hidrofobicidad y naturaleza iónica de las mismas (Badui 2016). Las interacciones proteína-agua, están relacionadas al balance hidrofílico-hidrofóbico y su interacción con el solvente, a pH alcalino, hay existencia de cargas negativas, por la ionización de los grupos carboxilos y la desprotonización de los grupos amino, los cuales mejoran la interacción proteína-solvente y produce un incremento de la solubilidad de la proteína (Dakhili *et al.* 2019).

En la mayor parte de las proteínas a pH 9 y 10 se presenta la mayor capacidad para la ionización del hidroxilo de los residuos de Tyr, incrementando la solubilidad. Arriba del pH 10 disminuyen los grupos cargados positivamente, de los alfa-amino de Lys, lo que se traduce en una reducción de la capacidad de ligar agua (Badui 2016), reduciendo la solubilidad tal como reflejan los resultados obtenidos donde, el nivel de solubilidad se redujo a pH 11, para ambas variedades.

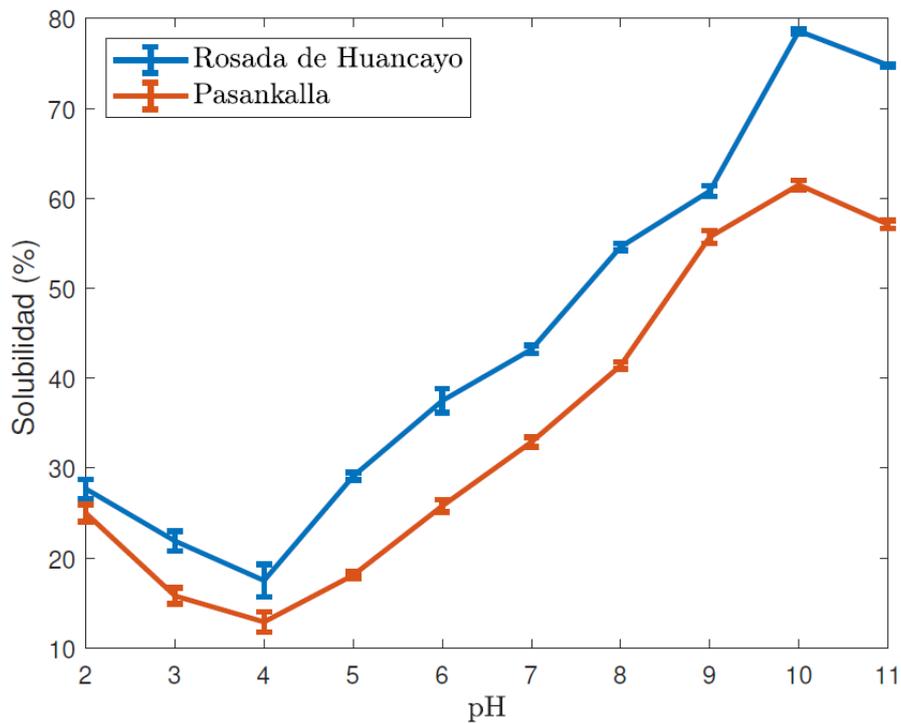


Figura 6: Solubilidad (%) del concentrado de proteína de quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla

Por otro lado, al comparar los valores de solubilidad entre las variedades RH y PK, en cada nivel de pH, se puede observar, que la variedad RH, presentó valores más altos de solubilidad, en todos los niveles de pH, existiendo diferencias significativas ($p < 0.05$), en los pH 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11, mientras que no existieron diferencias significativas, en los pH 2 y 4. Estos resultados coinciden con los reportados por Steffolani *et al.* (2016), en los cuales encontraron que la variedad Pasankalla, tuvo una solubilidad menor que todas las variedades estudiadas, incluida la variedad Rosada de Huancayo, en todos los niveles de pH evaluados (3, 5, 7 y 9). Esta diferencia, puede ser debido a la composición de aminoácidos de cada variedad, los aminoácidos de las proteínas muestran, diferentes grados de solubilidad en agua, esto es debido a la presencia de los grupos polares y no polares existentes en los aminoácidos, los cuales juegan un rol muy importante en la solubilidad (Mir *et al.* 2019, Lorenzo 2008).

Asimismo, se podría decir que la solubilidad del CPQ-PK, es menor que la solubilidad en el CPQ-RH, porque esta variedad tiene un mayor nivel de enlaces hidrofóbicos (43.52), polares (37.50) y ácidos (19.00) (Steffolani *et al.* 2016), en proporción a la variedad RH, donde tiene valores menores de hidrofóbicos (37.09), polares (36.00) y ácidos (17.10) (Steffolani *et al.* 2016). Por otro lado, es importante señalar, que no hay estudios concluyentes de una correlación de la solubilidad de la proteína, con variedades blancas u oscuras, o dulces y amargas.

Los valores máximos de solubilidad se obtuvieron a pH 10, para ambas variedades: 78.60 ± 0.27 y 61.50 ± 0.51 % para RH y PK respectivamente, estos resultados coinciden con investigaciones previas, que determinaron que a pH 10 - 11, las proteínas de quinua tienen una máxima solubilidad. Stefflonai *et al.* (2016), reportaron los valores más altos a pH 11 de 74.2 % en variedades peruanas (RH, PK y Blanca) y 57.24 % en variedades bolivianas; Elsohaymi *et al.* (2015), reportaron la máxima solubilidad de 75.21% a pH 10, para proteína de quinua procedente de Egipto. Por otro lado, Mir *et al.* (2019) obtuvieron valores máximos de 78.46 ± 0.62 y 76.40 ± 0.78 % a pH 11, para quinua procedente de la India.

Los valores mínimos de solubilidad se obtuvieron a pH 4 para los CPQ de ambas variedades, 17.50 ± 1.81 % (RH) y 12.90 ± 1.14 % (PK). Estos valores, corresponden a un pH, muy cercano al punto isoelectrico (pI) de las proteínas de quinua que es de 4.5 (Mir *et al.* 2019).

En el pI de las proteínas, la carga neta es cero, las proteínas presentan la menor capacidad de hidratación, se produce una repulsión electrostática y la hidratación iónica disminuye, incrementándose la hidratación hidrofóbica, por esta razón en valores cercanos al pI la solubilidad de las proteínas disminuye. Además, en el pI se incrementa la interacción proteína-proteína, resultando en una agregación y precipitación, disminuyendo la solubilidad; por encima o por debajo del mismo se modifica la carga neta y pueden hincharse y unir más agua (Badui 2016). Los valores mínimos encontrados son cercanos a los hallados por Steffolani *et al.* (2016), a pH 3 de 15.69 % en variedades peruanas (RH, PK y Blanca) y 19.72 % en variedades bolivianas; Elsohaymi *et al.* (2015) reportaron un valor de 25.59 % a pH 4, del mismo modo Mir *et al.* (2019) obtuvieron valores a pH 3 de 28.34 ± 0.33 % y 21.43 ± 0.23 %, para variedades procedentes de la India.

Los resultados totales, de solubilidad, de los concentrados de proteína, entre pH 2 y 11, de 27.70 ± 1.07 % a 78.60 ± 0.27 % (RH) y de 25.00 ± 0.95 % a 57.10 ± 0.45 % (PK), son comparables a otros estudios previos. Shi *et al.* (2019), estudiaron la solubilidad de quinua peruana (mezcla comercial de Kankolla y Blanca de juli), para los pH 3, 5 y 7, encontrando similitud en la tendencia de la curva y el valor reportado a pH 7 de 32.0 %, es similar al valor determinado para el CPQ-PK que es de 32.86 ± 0.54 %. Por otra parte, Ruiz *et al.* (2016), reportaron, para variedades de quinua dulce procedentes de Chile, valores de solubilidad de 20 a 60 % a pH 3 y de 35 a 73 % a pH 7 - 9, estos valores tienen similitudes a los resultados obtenidos.

Finalmente, el comportamiento de la solubilidad del concentrado de proteína de quinua, que es dependiente del pH y con valores mínimos en pH ácidos y valores máximos en niveles alcalinos, es comparable con el comportamiento de proteínas de otros vegetales, tales como chíá, amaranto, soya, arroz y guisantes (López *et al.* 2019).

b. Capacidad de absorción de agua (CAA)

La capacidad de absorción de agua (CAA), es la masa de agua absorbida o retenida por masa de muestra, después de la centrifugación, cuando una cantidad determinada de muestra de proteína se mezcla y se agita con una cantidad determinada de agua destilada y luego se somete a centrifugación (Lopez *et al.* 2019).

Los resultados de la CAA, del CPQ-RH y CPQ-PK, se reportaron en la Tabla 11. Los valores encontrados, tuvieron una tendencia pH dependientes, a valores cercanos al pI se produjo una disminución y posteriormente hubo un incremento hasta el pH 11, en ambos casos (Figura 7). Asimismo, los resultados mostraron que no existieron diferencias significativas entre las variedades RH y PK, en los pH 2, 5 y 6; en los demás niveles de pH, si se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ambas variedades (Tabla 11 y Anexo 4).

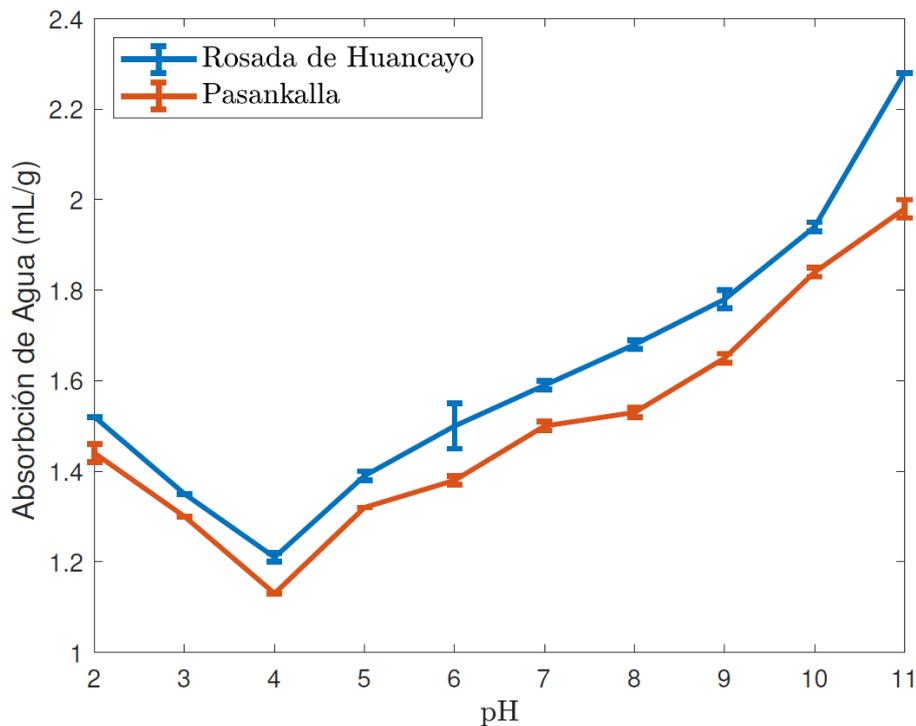


Figura 7: Capacidad de absorción de agua (mL/g) del Concentrado de proteína de Quinoa de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla

Los valores más altos de CAA se produjeron a pH 11, presentando un mayor valor el CPQ-RH (2.28 %) que mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) con relación al CPQ-PK (1.98 %). Los valores más bajos se obtuvieron a pH 4, en ambas variedades, presentando el valor más bajo el CPQ-PK (1.13 %), estadísticamente diferente ($p < 0.05$) al valor obtenido por CPQ-RH (1.21 %), estos resultados estuvieron muy cercanos al pI de las proteína de quinua, que es 4.5 (Mir *et al.* 2019), en el cual la carga neta de las proteínas está neutralizada, disminuyendo su capacidad de absorber agua (Badui 2016).

Los valores reportados para la CAA, de proteínas de quinua, son muy variables: Elsohamy *et al.* (2015), encontraron para aislado de quinua, proveniente de Egipto, el valor de 3.94 ± 0.06 mL/g de proteína; Shi *et al.* (2020), encontraron los valores de 1.65 ± 0.02 y 1.66 ± 0.03 g/g proteína, para harina de quinua procedente de Perú y de Canadá respectivamente y para los aislados de proteína de quinua, encontraron los valores de 4.75 ± 0.19 y 2.85 ± 0.12 g/g proteína, para los mismos tipos de quinua mencionados; Pelegrini *et al.* (2018) reportó para harina de quinua 1.47 % y Abugoch (2009) para harina de quinua el valor de 4.5 g de agua/g harina. Como se puede apreciar los valores son bastante variados, entre variedades y dentro de las mismas variedades entre los tipos de muestra, depende de la metodología, de la concentración de proteína en la muestra, cuanto más pura es la proteína, los valores de la CAA se incrementarán; en las harinas se tiene un valor bajo y en los concentrados y aislados los valores son más altos, por que incrementa el nivel de proteína, como se aprecia en los datos reportados por Shi *et al.* (2020).

En base a los resultados y a investigaciones previas la CAA, de la proteína de quinua, varia de 1.13 – 4.75 mL/g, estos valores son relativamente comparables con la CAA de la proteína del trigo (3.67 ± 0.05 mL/g) y la proteína de la soya (4.05 ± 0.15 mL/g) (Ashraf *et al.* 2012). Es importante mencionar que ambas proteínas, son muy utilizadas en los procesos alimentarios y la nutrición humana, por lo que el uso de la proteína de quinua en concentrados y aislados proteicos es muy prometedor.

En la industria de alimentos, la CAA, es un parámetro muy importante porque afecta, principalmente la calidad y rentabilidad del producto. Las proteínas con alta CAA pueden ser utilizadas, para prevenir pérdida de agua, principalmente en la industria de la panificación, salsas y alimentos congelados (Lopez *et al.* 2019).

c. Capacidad de retención del agua (CRA)

La capacidad de retención de agua (CRA), es la cantidad de agua retenida por las proteínas hidratadas (agua ligada o atrapada) después de aplicar una fuerza externa como la centrifugación. Las propiedades de unión al agua, de un aislado de proteína, generalmente, son una consecuencia de su interacción con agua, principalmente como resultado de la

presencia, en las proteínas, de grupos amino polares, que son los sitios principales de interacciones agua-proteína (Lopez *et al.* 2019).

En la Tabla 11, se presentaron los resultados de la CRA, de los CPQ de las variedades RH y PK, se puede observar, que al igual que la solubilidad, los resultados siguen una tendencia, que es pH dependiente (Figura 8). En ambas variedades (RH y PK), se obtuvieron valores altos a pH 2, posteriormente, disminuyó hasta pH 4, en los cuales se obtuvieron los valores más bajos de CRA y a partir de pH 5 los valores de CRA, se incrementaron hasta el pH 11. En la variedad PK, se obtuvieron valores más altos de CRA, con relación a la variedad RH, presentando diferencias significativas ($p < 0.05$) en cada nivel de pH (2 – 9), excepto en el pH 4, en el cual no existieron diferencias significativas (Tabla 11 y Anexo 4).

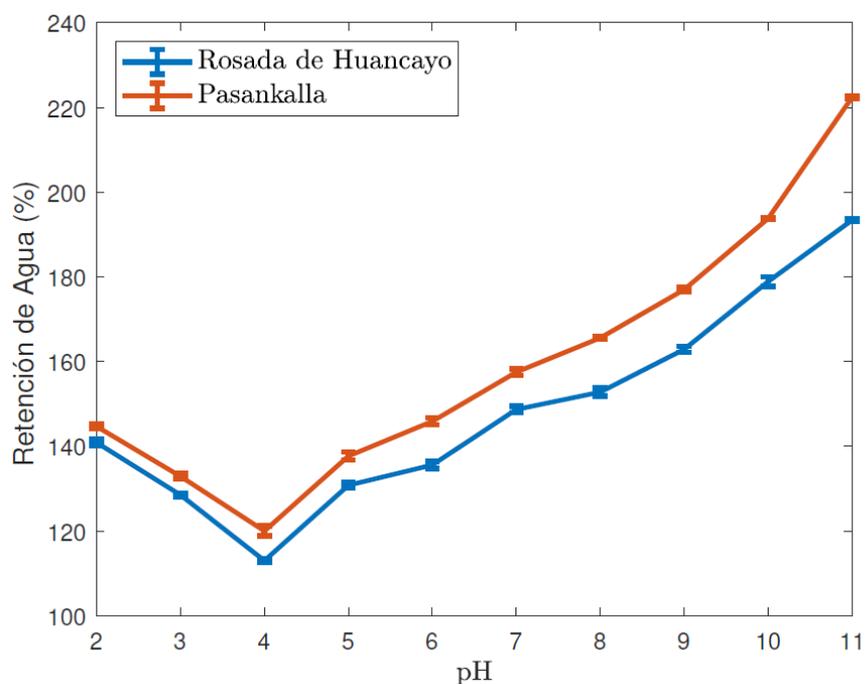


Figura 8: Capacidad de retención de agua (%) del concentrado de proteína de quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla

Los valores más altos de CRA, para ambas variedades se obtuvieron a pH 11, para el CPQ-RH fue de 193.40 ± 0.28 % y para el CPQ-PK fue de 222.40 ± 0.32 %, estos valores son comparables, con los que obtuvieron Mir *et al.* (2019), quienes obtuvieron los valores más altos a pH 11 (205.27 ± 0.15 y 174.90 ± 0.16 %), para variedades procedentes de la India.

Los valores más bajos de CRA, tanto para CPQ-RH ($113.00 \pm 0.37 \%$), como CPQ-PK ($120.97 \pm 1.18 \%$) se dieron a pH 4, muy cercano al punto isoeléctrico (pI) de la proteína de quinua (pH 4.5) (Mir *et al.* 2019). En el pI de las proteínas, predominan las interacciones proteína-proteína y por debajo o encima del pI, la carga neta de la proteína se modifica y puede hincharse y retener más agua (Badui 2016). A valores alejados del punto isoeléctrico, los valores de CRA son mayores debido a que se producen cambios conformacionales y estructurales debido a un aumento en las fuerzas de repulsión. La CRA, se incrementa por la capacidad de formar puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua y los grupos polares del polipéptido, si se dañan los enlaces de hidrogeno, el CRA disminuye (Badui 2016). Efectivamente en los pH 2 y 3, se tuvieron valores mayores que a pH 4 y desde el pH 5, los valores de CRA, se incrementaron para ambas variedades (RH y PK).

En general las proteínas con un gran número de grupos hidrofílicos en la superficie, puede tener más alto CRA, debido a que habrá más enlaces hidrógeno con moléculas de agua, mientras las que tienen más regiones hidrofóbicas y cadenas laterales no polares podrán interactuar más con gotas de aceite (Shi *et al.* 2020). La capacidad de retención de agua (CRA), de las proteínas está en función de muchos parámetros, tales como forma, tamaño, factores de conformación, enlaces hidrofílicos-hidrofóbicos, y demás componentes asociados con las proteínas (Mir *et al.* 2019).

Los valores altos de CRA para los CPQ de ambas variedades (RH y PK), son muy favorables para los procesos de la industria alimentaria, en áreas como pastelería, panadería y bebidas fermentadas y no fermentadas, por que influyen en la calidad de los productos manufacturados, principalmente en las propiedades reológicas.

4.3. ALMIDÓN DE QUINUA (AQ) DE LAS VARIEDADES ROSADA DE HUANCAYO Y PASANKALLA

4.3.1. Rendimiento de extracción del almidón

El rendimiento en almidón de la quinua PK fue menor ($25.66 \pm 0.016 \%$) que el obtenido de la quinua RH ($28.90 \pm 0.95 \%$), habiéndose presentado, entre ambas variedades, diferencias

significativas ($p < 0.05$) (Anexo 5). De acuerdo con los estudios realizados, el rango de los rendimientos de extracción de almidón se encuentra entre 18.25 % (Arzapalo *et al.* 2015) y 48.52 % (Jan *et al.* 2017a), los resultados obtenidos, se encuentran dentro de estos valores.

Por otro lado, los valores, de rendimiento, encontrados para la quinua RH y PK son comparables con los valores reportado por Valdez-Arana *et al.* (2019) de 29.60 ± 0.03 y 30.50 ± 0.04 % para las quinuas RH y PK respectivamente, por otro lado, son mayores a los valores encontrados por Arzapalo *et al.* (2015) de 18.25 % para la misma variedad PK, procedente de Puno y los obtenidos por Ortega (2008), quien obtuvo un rendimiento de 25.7 %. Los niveles de rendimiento de extracción de almidón de quinua varían de acuerdo con la variedad, lugar de producción, condiciones climatológicas, metodología de extracción y otros factores (Jan *et al.* 2017a, Jan *et al.* 2017b, Arzapalo *et al.* 2015).

4.3.2. Caracterización fisicoquímica del almidón de quinua

a. Composición Proximal

Los resultados de las características fisicoquímicas de los almidones de quinua RH y PK, se presentan en la Tabla 12 y Anexo 6. Con relación a la composición proximal, los resultados indicaron que en los componentes de humedad, grasa y carbohidratos no existieron diferencias significativas, entre los almidones RH y PK, mientras que, para todos los demás componentes (proteína, fibra cruda y ceniza) si existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los almidones de ambas variedades (RH y PK). Los valores de humedad de 9.85 ± 0.04 % y 9.90 ± 0.02 %, son similares al reportado por Contreras-Jimenez *et al.* (2019) de 9.56 ± 0.08 %; ligeramente mayores a los obtenidos por Jan *et al.* (2017a) (8.49 ± 0.29 %) y cumplen con los niveles recomendados para comercializar almidones de cereales, que indica que deben tener una humedad por debajo del 15 % (Díaz 2016), lo cual favorece su tiempo de vida. Por otro lado, no existe una norma técnica, específicamente, sobre almidón de quinua, sin embargo, la NTP 209.064:1974 (INDECOPI 2013) establece, como requisito, para almidón de maíz no modificado, un máximo de humedad de 12.5 %, lo cual cumplen los almidones RH y PK.

Tabla 12: Características fisicoquímicas del almidón de quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla

Característica	Variedad	
	Rosada de Huancayo	Pasankalla
Humedad (%)	9.82 ± 0.049 ^a	9.90 ± 0.021 ^a
Proteína (N x 6.25) (%)	0.76 ± 0.014 ^a	0.92 ± 0.014 ^b
Grasa (%)	0.00 ± 0.000 ^a	0.00 ± 0.000 ^a
Fibra cruda (%)	0.00 ± 0.000 ^a	0.05 ± 0.007 ^b
Ceniza (%)	0.17 ± 0.007 ^a	0.21 ± 0.007 ^b
Carbohidratos (%)	99.08 ± 0.007 ^a	98.83 ± 0.014 ^a
Amilosa (%)	27.39 ± 0.087 ^a	22.67 ± 0.087 ^b
Amilopectina (%)	72.61 ± 0.087 ^a	77.33 ± 0.087 ^b
Color		
L*	94.31 ± 0.274 ^a	97.64 ± 0.332 ^b
a*	1.00 ± 0.056 ^a	-0.09 ± 0.064 ^b
b*	3.08 ± 0.080 ^a	1.72 ± 0.045 ^b
C*	3.24 ± 0.095 ^a	1.72 ± 0.050 ^b

Letras diferentes en la misma fila, indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores.

El contenido de proteína de 0.76 ± 0.01 y 0.92 ± 0.01 % para las variedades RH y PK, respectivamente, se encuentran dentro del rango de valores reportados para almidones de quinua que se encuentran entre 0.10 y 1.20 % (Lindeboom *et al.* 2005, Contreras-Jiménez *et al.* 2019, Steffolani *et al.* 2013, Valdez-Arana *et al.* 2020). Por otro lado, son ligeramente similares a los reportados por Zhou *et al.* (2021) de 0.75 ± 0.1 % y a los reportados por Jan *et al.* (2017a) de 0.89 ± 0.09 y 0.95 ± 0.09 %, para variedades de quinua procedentes de la India. El contenido de proteína varía con el método de extracción de almidón realizado, de acuerdo con los resultados reportados, el uso de NaOH al 0.25 %, es más efectivo, además es de realizar suficientes lavados que eliminen los compuestos minoritarios (Jan *et al.* (2017a). Es importante considerar que, la pureza del almidón está relacionada a un bajo nivel de proteína residual (Jan *et al.* 2017b).

No se encontró contenido de grasa en los almidones de ambas variedades (RH y PK) y respecto a la fibra cruda, sólo se encontró un 0.05 ± 0.00 % para el almidón PK, valores comparables con otras investigaciones (Contreras-Jiménez *et al.* 2019, Jan *et al.* 2017a). Sin embargo, han sido reportados, valores más altos en almidones de las mismas variedades de quinua RH y PK, en contenidos de grasa (0.93 ± 0.02 y 0.95 ± 0.03 %) y fibra cruda (1.15 ± 0.01 y 1.16 ± 0.01 %), respectivamente (Valdez-Arana *et al.* 2020).

La obtención de valores no detectables de grasa y fibra cruda, en los almidones de quinua de las variedades RH y PK, en el presente trabajo, está relacionado con el proceso de extracción de almidón realizado, debido a que se efectuaron, más operaciones de lavado y centrifugado (5 en total), logrando una mayor eficiencia en la eliminación de los componentes minoritarios, en comparación a otros métodos, en los cuales se hicieron menos operaciones de lavado (Steffolani *et al.* 2013, Valdez-Arana *et al.* 2020). Por esta razón, en este estudio se obtuvieron, valores más bajos, de todos los componentes (proteína, grasa, fibra cruda y ceniza), coincidiendo con diferentes estudios en los cuales estos componentes en general son menores a 0.5% (Li y Zhu 2018b). Altos niveles de los componentes minoritarios (> 0.5%) sugieren una insuficiente purificación del almidón y pueden causar alteraciones en las propiedades tecnofuncionales de los mismos (Srichuwong y Jane 2007).

Por otro lado, los niveles bajos de grasa o no detectables, confieren al almidón mejores características funcionales, debido a que no hay interferencia de estos componentes en el comportamiento del almidón. Asimismo, los lípidos presentes en los almidones afectan el contenido de amilosa, principalmente en los métodos basados en reacciones con Iodo, debido a la formación de complejos amilosa-lípidos (Srichuwong y Jane 2007, Li y Zhu 2018b). Por otro lado, el contenido bajo en grasa favorece la conservación de los almidones, porque evita la posible rancidez que se pueda presentar durante el almacenamiento (Montoya *et al.* 2014).

Los contenidos de ceniza de 0.17 % (RH) y 0.21 (PK), son casi similares con los valores reportados por Jan *et al.* (2017a), de 0.18 ± 0.03 % y 0.22 ± 0.02 %, para almidón de quinua, procedente de la India y los reportados por Zhou *et al.* (2021), de 0.11 ± 0.01 %. Es recomendable que los componentes minoritarios, como la ceniza, no sobrepasen el 0.5 % (Li y Zhu 2018b). Los valores altos de ceniza indican que hay mayor presencia de minerales en el almidón, esto no es conveniente para las propiedades fisicoquímicas del almidón,

principalmente las propiedades de formación de pasta relacionadas a la viscosidad, en los posibles productos alimenticios, en los cuales se utilice el almidón (Noda *et al.* 2004).

En relación con el contenido total de carbohidratos, los resultados obtenidos de 99.08 ± 0.01 % (RH) y 98.83 ± 0.01 % (PK), se encuentra dentro del rango establecido en investigaciones previas que van desde 89.76 ± 0.01 % (Contreras-Jiménez *et al.* 2019), hasta 98.50 ± 0.11 % (Jan *et al.* 2017a). Asimismo, los carbohidratos del almidón pueden ser considerados como la pureza del almidón. Jan *et al.* (2017b) consideraron que la pureza del almidón está dada por 100 menos los valores de proteína, grasa, fibra y ceniza, que corresponde al cálculo de carbohidratos. Basado en esto, se podría decir, que la pureza del almidón RH es superior a 99 %, lo cual cumpliría, con el requisito establecido por las normas técnicas peruanas, para almidones de maíz y yuca, que establece una pureza mínima de 99 % (INDECOPI 2013). En el caso del almidón PK tendría un valor, de pureza, muy cercano al mínimo de 99 %, sin embargo, son similares a los obtenidos por Jan *et al.* (2017a) de 98.30 ± 0.100 y 98.50 ± 0.11 %, para almidón de quinua, procedentes de la India. Por otro lado, se reportaron valores menores del contenido de carbohidratos en variedades de quinua peruana (Negra Collana, Pasankalla roja y Blanca de Junín), de 93.53, 93.00 y 90.00 % respectivamente (Arzapalo *et al.*2015).

Las características de los almidones de ambas variedades de quinua (RH y PK), cumplen con los parámetros esperados de un almidón de calidad, comparable con almidones de otros productos (maíz, papa, mandioca), teniendo gran potencial para su aplicación en la industria alimentaria.

b. Contenido de amilosa y amilopectina

Los resultados del contenido de amilosa y amilopectina para el almidón RH y PK, se reportaron en la Tabla 12, de acuerdo con los resultados obtenidos, tanto para amilosa como para amilopectina, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ambas variedades (Anexo 6). El contenido de amilosa aparente fue determinado, en base a la metodología del espectro de absorción de Iodo (formación del complejo de Iodo) (Castanha *et al.* 2017). El contenido de amilopectina se determinó por diferencia. Cuando se tiene un

contenido bajo en grasa, el contenido de amilosa aparente es equivalente al contenido de amilosa total (Díaz 2016, Peña 2017). Los almidones de ambas variedades (RH y PK), no contienen grasa, de acuerdo con el análisis proximal (Tabla 12), por tanto, de acuerdo con lo señalado, se puede considerar el contenido de amilosa aparente, como contenido de amilosa total.

Los resultados obtenidos de amilosa de 27.39 ± 0.08 y 22.67 ± 0.08 %, para los almidones RH y PK respectivamente, están dentro del rango de 0.3 a 27.7 %, reportados por Li y Zhu (2018b), para diferentes variedades de quinua, cuyos resultados se han obtenido por el método, basado en el complejo de Iodo, el mismo que se utilizó en este estudio. Asimismo, se encuentra en el rango de 20 a 30 % de amilosa, establecido para almidones nativos (Wang *et al.* 2015) y dentro del rango de 17 – 27 % de amilosa para almidones en general (Badui 2016).

Del mismo modo, los valores hallados de amilosa, para los almidones de la quinua RH y PK, son cercanos a los valores reportados por Li *et al.* (2016), quienes estudiaron 26 tipos de quinuas comerciales, de las cuales 9 fueron procedentes de Perú y en otros casos asociados a un país sudamericano, el rango de valores de amilosa fue de 19.60 a 25.72 %, con un promedio general, para los 26 tipos de quinua, de 21.29 %, valor similar al encontrado para el almidón de la quinua PK (22.67 ± 0.08 %), cabe precisar que en este estudio se utilizó la misma metodología basada en la formación del complejo Iodo. Sin embargo, son mayores a los obtenidos por Díaz (2017) de 13.6 a 21.3 %, para diversas variedades de quinua, utilizando la misma metodología y mayores al rango reportado por Abugoch (2009) de 3.5 – 21.3 % para almidones de quinua. Por otro lado, los resultados obtenidos del contenido de amilosa en quinua son mayores a otros estudios reportados, que utilizaron otras metodologías para la determinación de amilosa (Lindeboom *et al.* 2005, Steffolani *et al.* 2013, Valdez-Arana *et al.* 2020, Jan *et al.* 2017b, Contreras-Jimenez *et al.* 2019).

Los contenidos de amilosa y amilopectina dependen mucho, de las condiciones de cultivo, condiciones climáticas, origen botánico y variedades de quinua, lugar de procedencia y período de cosecha (Srichuwong *et al.* 2005, Jan *et al.* 2017b). Asimismo, depende mucho del método de análisis empleado para su cuantificación (Lindeboom 2005). El contenido de amilosa también depende, de la composición del almidón, si el nivel de grasa es alto, afectará

el resultado, debido a que los lípidos de los gránulos de almidón forman complejos de amilosa-lípidos, interfiriendo en el valor de los resultados (Srichuwong y Jane, 2007). Es importante realizar los análisis por diferentes métodos para tener una mejor estimación del contenido de amilosa de una variedad de quinua determinada.

El mayor valor de amilosa en el almidón RH, con relación al almidón PK, puede estar relacionado con las características de la variedad con respecto al color. Diaz (2016) encontró que las variedades blancas, que poseen pericarpio blanco, normalmente contienen mayor contenido de amilosa, comparada con las variedades oscuras, como la quinua PK, en la cual el contenido de amilosa es menor al de la quinua RH, que es una variedad blanca, esto coincide con otros estudios en los cuales las variedades blancas tuvieron más contenido de amilosa, que las variedades oscuras (Li *et al.* 2016).

Por otro lado, el mayor contenido de amilosa del almidón RH, también podría estar en relación con el mayor tamaño del granulo, el almidón. RH tiene un mayor tamaño (1.360 μm) que el gránulo del almidón PK (1.075 μm) (Valdez-Arana *et al.* 2020). Los almidones en general presentan mayor contenido de amilosa cuanto mayor es el gránulo del almidón. El tamaño de los glóbulos de almidón depende de la fisiología de la planta y varía en un mismo cultivo entre las variedades.

Por otro lado, el contenido de amilopectina fue mayor en el almidón PK ($77.33 \pm 0.08 \%$) en comparación del almidón RH ($72.61 \pm 0.08 \%$), estos valores son similares al valor reportado por Tari *et al.* (2003) de 77.5 %.

Se ha demostrado que existe una importante correlación entre el contenido de amilosa y las características fisicoquímicas del almidón de quinua, específicamente la textura del gel, formación de pasta y las propiedades térmicas, cuyos parámetros están fuertemente correlacionados. El rol de la amilopectina en estas propiedades aún requiere más estudios (Li *et al.* 2016).

Los gránulos de quinua son pequeños y pueden ser usados para producir cremas, productos de textura suave, exhiben propiedades similares a las grasas o pueden ser utilizadas en

biofilms (Lindeboon *et al.* 2004), en general los almidones de quinua pueden tener aplicaciones alimentarias y no alimentarias muy importantes (Wang y Zhu 2016).

c. Color

La determinación del color de los almidones es muy importante, porque es una característica que está relacionada a la calidad del almidón, sobre todo a su pureza, que es importante para la aplicación en productos alimentarios y su aceptación por parte de los consumidores. En la Tabla 12 y Anexo 6, se reportaron, los resultados de luminosidad (L^*) y datos de cromaticidad (a^* y b^*). Se puede observar que el almidón de la quinua PK, tiene un mayor valor de L^* (97.64 ± 0.332), significativamente diferente ($p < 0.05$), al almidón RH, que tiene un menor valor de L^* (94.31 ± 0.274). De acuerdo con el espacio Cielab, el valor de L^* máximo es 100, cuanto más cerca está de 100 será más blanco (Diaz 2016), en este caso el valor de ambos almidones RH y PK son muy cercano a 100, esto indica una alta pureza de ambos almidones.

Por otro lado, los resultados de a^* (1.00 ± 0.05 y -0.09 ± 0.06) y b^* (3.08 ± 0.08 y 1.72 ± 0.04) para los almidones RH y PK respectivamente, son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) entre ambas variedades (RH y PK), con valores muy bajos, cercanos a 0, lo que confirma la alta pureza de los almidones RH y PK, principalmente del almidón PK. Asimismo, los valores encontrados coinciden con otros estudios previos, determinados en almidón de quinua, Jan *et al.* (2017b) reportaron un valor de L^* de 97.27, muy similar al valor encontrado para el almidón PK (97.64 ± 0.332), en cuanto a los valores de a^* y b^* , los valores determinados para los almidones RH y PK, son más cercanos a 0, que los valores hallados por Jan *et al.* (2017b).

Las diferencias presentadas en los datos de color entre ambos almidones pueden ser debido a la presencia de pigmentos de color, como los carotenos y compuestos fenólicos presentes en el grano de quinua (Jan *et al.* 2017b). El valor de b^* es mayor en el almidón RH, esto significa que tiene mayor acercamiento al color amarillo, que en el almidón PK, esto podría ser por que la quinua RH, podría contener una mayor cantidad de pigmentos amarillos, que la quinua PK.

4.3.3. Propiedades tecnofuncionales del almidón de quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla

a. Poder de hinchamiento (PH) E Índice de solubilidad en agua (ISA).

El poder de hinchamiento (PH), se define como la cantidad de agua que un almidón puede absorber por gramo de almidón, a una temperatura y concentración determinada, mientras que el índice de solubilidad en agua (ISA), es una medida de la cantidad de amilosa que es liberada del interior del gránulo cuando el mismo comienza a perder su estructura por efecto de la absorción de agua (Meaño *et al.* 2014), es decir, es la capacidad que tienen los sólidos de almidón para dispersarse en solución acuosa, durante el proceso de hinchamiento (Falade *et al.* 2015). La determinación de estos índices se mide, aprovechando la capacidad de absorción de agua, del gránulo y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones del almidón (Waterschoot *et al.* 2015).

En la Tabla 13 y Anexo 7, se presentan los resultados del PH y el índice de solubilidad en agua (ISA) de los almidones, para ambas variedades de quinua (RH y PK). Con relación al PH, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$), entre ambas variedades, en todos los niveles de temperatura evaluados (55 – 95 °C), con respecto a los valores, el almidón PK, presentó los valores más altos, con relación al almidón RH, entre 75 y 95 °C. Por otro lado, con relación a los resultados del PH del almidón, de cada variedad (RH y PK) a los diferentes niveles de temperatura, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$), entre todas las temperaturas evaluadas, para el almidón PK; sin embargo, para el almidón RH, entre las temperaturas 65 y 75 °C, no existieron diferencias significativas, mientras que en los demás niveles de temperatura si existieron diferencias significativas ($p < 0.05$).

Con respecto al ISA, el almidón PK presentó valores más altos, entre 75 y 95 °C que el almidón RH, presentándose diferencias significativas ($p < 0.05$), entre ambas variedades (RH y PK) en las temperaturas de 75, 85 y 95 °C, mientras que a las temperaturas de 55 y 65 °C, no hubo diferencias significativas. En cuanto al ISA de cada variedad, entre las temperaturas evaluadas, en el almidón RH, no hubo diferencias significativas, en los resultados obtenidos entre 55, 65 y 75 °C, mientras que, si se presentaron diferencias

significativas ($p < 0.05$), entre 85 y 95 °C. En el almidón PK, no se presentaron diferencias significativas, entre 65 y 75 °C, sin embargo, si hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre todas las demás temperaturas evaluadas.

Tabla 13: Poder de hinchamiento (%) e índice de solubilidad en agua (%) de los almidones de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla

Temperatura ° C	Poder de Hinchamiento (PH) (g/g)		Índice de Solubilidad (ISA) (%)	
	Rosada de Huancayo	Pasankalla	Rosada de Huancayo	Pasankalla
55 °C	6.53 ± 0.67 ^{aA}	2.53 ± 0.06 ^{aB}	1.47 ± 0.15 ^{aA}	1.20 ± 0.00 ^{aA}
65 °C	7.70 ± 0.26 ^{bA}	6.60 ± 0.17 ^{bB}	1.53 ± 0.32 ^{aA}	2.50 ± 0.53 ^{bA}
75 °C	8.23 ± 0.40 ^{bA}	9.17 ± 0.21 ^{cB}	1.63 ± 0.15 ^{aA}	3.50 ± 0.69 ^{bB}
85 °C	11.03 ± 0.31 ^{cA}	13.53 ± 0.61 ^{dB}	2.17 ± 0.15 ^{bA}	11.00 ± 0.90 ^{cB}
95 °C	13.70 ± 0.62 ^{dA}	16.03 ± 0.23 ^{eB}	4.10 ± 0.30 ^{cA}	32.73 ± 0.45 ^{dB}

Letras minúsculas diferentes, en una misma columna, en cada variedad indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre niveles de temperatura. Letras mayúsculas diferentes en una misma fila, indica diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variedades a una misma temperatura.

En las Figuras 9 y 10, se puede observar que el PH y el ISA de ambos almidones (RH y PK), se incrementaron a medida que se elevó la temperatura (55 – 95 °C), esto coincide con estudios previos en almidón de quinua (Li y Zhu 2018b, Jan *et al.* 2017b, Li *et al.* 2016, Diaz 2016). El incremento del PH y el ISA, con relación a la temperatura, es debido a que el calentamiento, debilita las fuerzas asociativas internas que mantienen la estructura granular de los almidones nativos, facilitando así el hinchamiento a medida que la temperatura aumenta (Kong *et al.* 2015). Esto es debido a la ruptura de los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas, que permiten una absorción irreversible y progresiva del agua (Hernández-Medina *et al.* 2008). Las moléculas de agua se vinculan por enlaces de hidrógeno a los grupos hidroxilos expuestos de la amilosa y la amilopectina, lo que provoca un aumento en el PH y del ISA (Li *et al.* 2016). Asimismo, el aumento de la solubilidad es consecuencia de la capacidad del solvente (agua) de disolver más la fracción soluble, a medida que aumenta la temperatura.

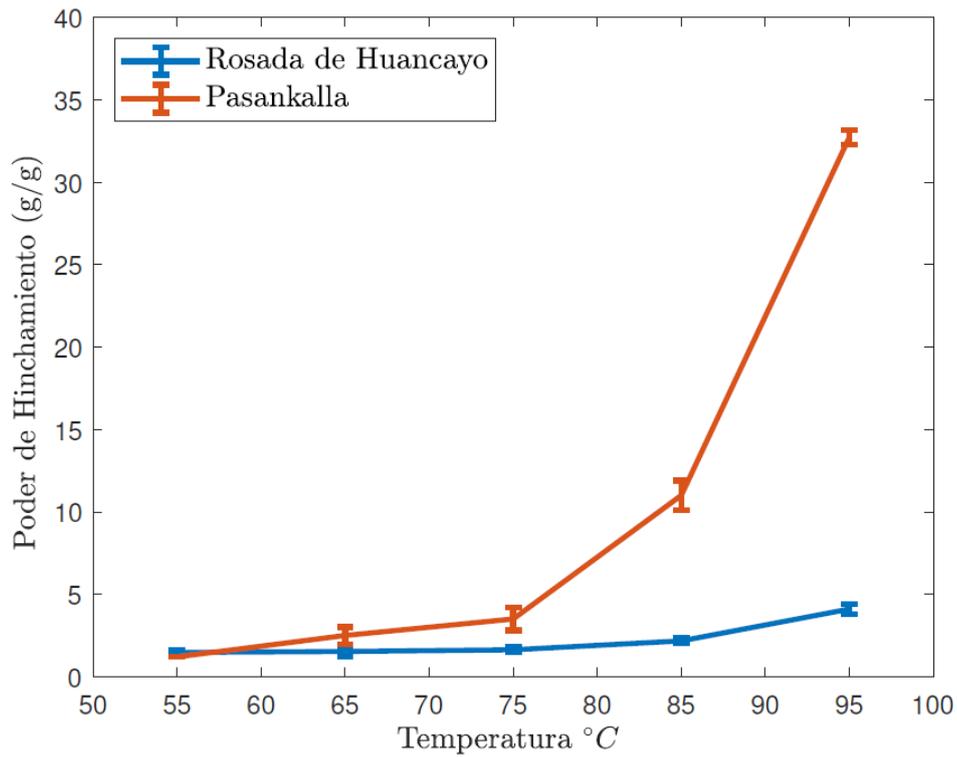


Figura 9: Poder de hinchamiento de los almidones de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla

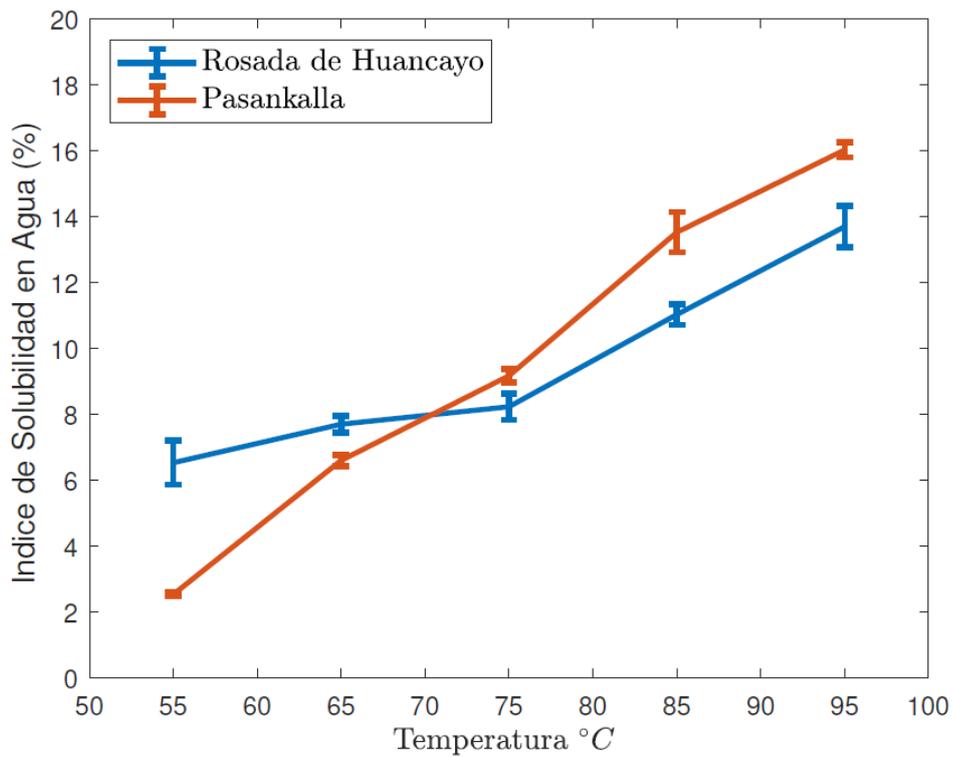


Figura 10: Índice de Solubilidad en Agua de los almidones de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla

El mayor contenido de PH y del ISA del almidón PK, en relación con el almidón RH (Tabla 13), pueden estar relacionados al contenido de amilosa de ambos almidones, el almidón de la quinua PK posee menor contenido de amilosa ($22.67 \pm 0.08 \%$), significativamente diferente ($p < 0.05$) que el almidón de la quinua RH ($27.39 \pm 0.08 \%$) (Tabla 12), esto concuerda con el hecho de que el contenido de amilosa influiría en el PH y en el ISA de los almidones. El contenido de amilosa tiene una correlación negativa con el PH y el ISA lo que indicaría que la amilosa podría restringir el PH de los gránulos de almidón (Li *et al.* 2016, Li y Zhu 2018b, Lindeboom *et al.* 2005). La amilosa actúa como un disolvente e inhibidor del hinchamiento, especialmente en presencia de lípidos (Singh *et al.* 2006).

La amilosa puede actuar como una estructura que retiene la amilopectina en los gránulos y evita que se dispersen durante la hinchazón (Li *et al.* 2016). El entrecruzamiento entre la amilosa y amilopectina podría ser reforzado por lípidos endógenos, tales como fosfolípidos que forman complejos helicoidales con la amilosa y largas cadenas de amilopectina con los cuales se puede restringir el poder de hinchamiento de los gránulos (Srichuwong *et al.* 2012, Li *et al.* 2016). Por esta razón, los almidones céreos tienden a hincharse más que los almidones no céreos (Li *et al.* 2016).

Los resultados de PH y el ISA, a $95 \text{ }^\circ\text{C}$ para los almidones de las quinuas RH ($13.70 \pm 0.62 \%$) y PK ($16.03 \pm 0.23 \%$) (Tabla 13), son comparables a valores reportados por otros autores, Jan *et al.* (2017a) obtuvieron, para variedades de quinua de la India, los valores de 12.53 g/g y 13.89 g/g de PH que son bastante similares a los resultados encontrados. Por otro lado, son menores a otros estudios, Li *et al.* (2016), que reportaron para la temperatura de $85 \text{ }^\circ\text{C}$ un promedio de 23.2 g/g de PH y 48.6% del ISA, para 26 muestras comerciales de quinua, mientras que a la misma temperatura los valores encontrados, para el almidón RH, fueron $11.03 \pm 0.31 \%$ y $2.17 \pm 0.15 \%$ de PH e ISA respectivamente y para el almidón PK de $13.53 \pm 0.61 \%$ y $11.00 \pm 0.90 \%$ de PH e ISA respectivamente. En general, los bajos niveles de PH de la quinua pueden ser debido a las fuertes fuerzas de unión entre los polímeros del almidón de quinua y al grado de polimerización (Jan *et al.* 2017a) Un alto grado de polimerización de las moléculas podría tener una menor tendencia a lixiviarse del gránulo durante el calentamiento o podría atrapar otras moléculas (Bao y Bergman 2004).

Los valores del PH y del ISA, de la quinua, no sólo depende del contenido de amilosa, sino que también está determinado por el tamaño del gránulo, temperatura de gelatinización, organización molecular de los componentes del almidón de quinua, además, dependen de los métodos experimentales, concentración de almidón, métodos de separación y otras condiciones que dificultan la comparación de resultados (Li y Zhu 2018b). Una ventaja del almidón de quinua es que, este incremento del PH a través del incremento de temperatura, hace que los gránulos del almidón puedan mantener mejor su integridad, bajo condiciones de calor en comparación con otros almidones, como el almidón de papa (Li y Zhu 2018b, Li *et al.* 2016). Este hecho es deseable para la fabricación de productos como fideos (Jan *et al.* 2017a).

Otro aspecto muy importante es que un valor alto de PH está directamente relacionado con la viscosidad, a mayor valor de PH, mayor viscosidad (Contreras-Jiménez *et al.* 2019). El almidón de la quinua PK tuvo mayor PH que el almidón de la quinua RH, por esta razón las bebidas fermentadas de la quinua PK, tuvieron más viscosidad que las bebidas fermentadas de la quinua RH (Tablas 19 y 20).

b. Sinéresis

La sinéresis es la cantidad de agua, que se separa, en los geles de almidón, durante el almacenamiento a bajas temperaturas (refrigeración o congelación), esto se produce por el proceso de retrogradación, en el cual el gel de almidón expulsa agua, por la recrystalización y reasociación de las moléculas del almidón, esto se debe principalmente a la asociación de amilosa y amilopectina (Wang *et al.* 2015, Li *et al.* 2016).

En este trabajo, se evaluó la sinéresis en refrigeración (4 °C), debido a que la bebida fermentada de quinua es un producto, que requiere conservación en refrigeración. Los geles de almidones de quinua RH y PK fueron evaluados, midiendo la pérdida de agua producida, durante el almacenamiento en refrigeración (4 °C) durante 7 días. En la Figura 11, se puede observar, que el almidón de la quinua PK tuvo valores mucho más bajos de sinéresis, que el almidón de la quinua RH, esta tendencia se dio en todos los períodos evaluados, durante los 7 días, mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$), entre las dos variedades, en cada

período evaluado (Anexo 8). El valor de sinéresis, más bajo fue de 5.26 ± 0.96 % en el día 1, para almidón PK y el más alto de 29.71 ± 0.83 % en el día 7 (168 horas) para almidón RH.

Las diferencias, en los valores de sinéresis en refrigeración, encontrados entre los almidones RH y PK, podría deberse a diversos factores, como el contenido de amilosa (Srichuwong *et al.* 2012, Abegunde *et al.* 2013), el almidón RH, tuvo un mayor contenido de amilosa (27.39 ± 0.087 %), que el almidón PK (22.67 ± 0.087 %), y presentó los valores más altos de sinéresis (%). Por otro lado, en ambos almidones (RH y PK) a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento, los geles exudaron mayor cantidad de líquido, produciendo un incremento en la sinéresis; en ambas variedades, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre un período y otro, sin embargo, los incrementos en cada período son leves, independientemente para cada variedad.

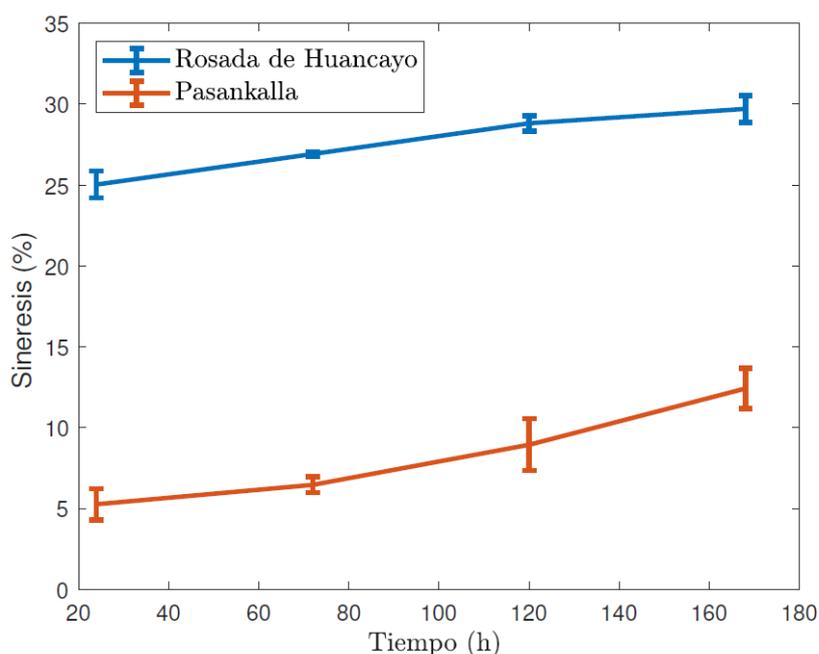


Figura 11: Sinéresis (%) del almidón de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla en condiciones de refrigeración (4°C)

Los valores reportados de sinéresis (%), entre las 24 y 168 horas, para ambos almidones (RH y PK) (Figura 11 y Anexo 8), están dentro del rango establecido por Linderboon *et al.* (2005) de 0 a 35 %, en base a un estudio de sinéresis en frío, de 8 variedades de quinua, procedentes

de Canadá; por otro lado, son bastante menores a los reportados por Valdez-Arana *et al.* (2020) de 56.22 y 57.49 %, para almidón de quinua RH y de 31.21 y 35.46 % para el almidón de quinua PK, que son valores reportados entre 24 y 72 horas respectivamente. Cabe señalar, que cuanto más baja sea la sinéresis, los almidones presentan mejores propiedades, para la formulación de alimentos, que deben ser almacenados en condiciones de frío, debido a que presentan mejor estabilidad a la retrogradación (Hernández-Medina *et al.* 2008). La pérdida de agua durante la conservación afecta las características de los productos y su vida útil (Shaikh *et al.* 2017).

c. Claridad

La claridad, de un gel de almidón se mide, a través de la transmitancia (Castanha *et al.* 2017). La transmitancia es definida como, la relación entre la luz que sale y la luz incidente, al pasar por una celda en el espectrofotómetro, a una longitud de onda determinada. En la Figura 12, se puede observar que, para ambos almidones de quinua RH y PK, los valores disminuyen progresivamente, a medida que avanza el tiempo de almacenamiento en refrigeración (4 °C), es decir la claridad disminuye lo que produce un incremento de la turbidez. Este fenómeno se explica, por el proceso de retrogradación, en el cual la amilosa y las ramificaciones de la amilopectina, presentes en un gel de almidón, pueden reasorciarse gradualmente en una estructura diferente, forman compuestos insolubles (cristales de amilosa y amilopectina) los cuales hacen que disminuya la claridad del gel (Wang *et al.* 2015). Además, Jan *et al.* (2017a) mencionan que el aumento de la turbidez puede deberse a la lixiviación de las cadenas de amilosa y amilopectina de las zonas funcionales, dispersando así una cantidad significativa de luz, además del hinchamiento de los gránulos remanentes. Por otro lado, la disminución lenta y progresiva de la transmitancia, en ambos almidones (RH y PK), puede ser debido a que el almidón de quinua tiene una menor tendencia a la retrogradación (Jan *et al.* 2017b).

El almidón PK, tienen valores más altos de transmitancia ($2.80 \pm 0.20 - 2.60 \pm 0.10$), que el almidón RH ($1.87 \pm 0.12 - 1.67 \pm 0.06$), presentándose diferencias significativas ($p < 0.05$), entre ambas variedades, en todos los niveles evaluados (0 a 120 horas), es decir el almidón PK tendría una mayor claridad que el almidón RH (Anexo 9). Asimismo, al comparar los resultados de la transmitancia entre períodos, en el almidón PK, no se encontraron diferencias significativas, entre los niveles evaluados (0 a 120 horas), es decir la

transmitancia del tiempo 0, estadísticamente es igual al valor de transmitancia a las 120 horas, esto es importante e indicaría que el almidón PK además de tener mayor claridad tiene una menor tendencia a la retrogradación. Es importante mencionar que a mayor claridad hay menor opacidad o turbidez, es decir, en términos de opacidad el almidón RH es más opaco que el almidón PK. Los resultados encontrados, de transmitancia, son comparables a otros estudios realizados con almidón de quinua, que reportaron valores entre 1.382 – 1.441 y entre 1.428 - 1.474, para dos variedades de quinua (Jan *et al.* 2017a).

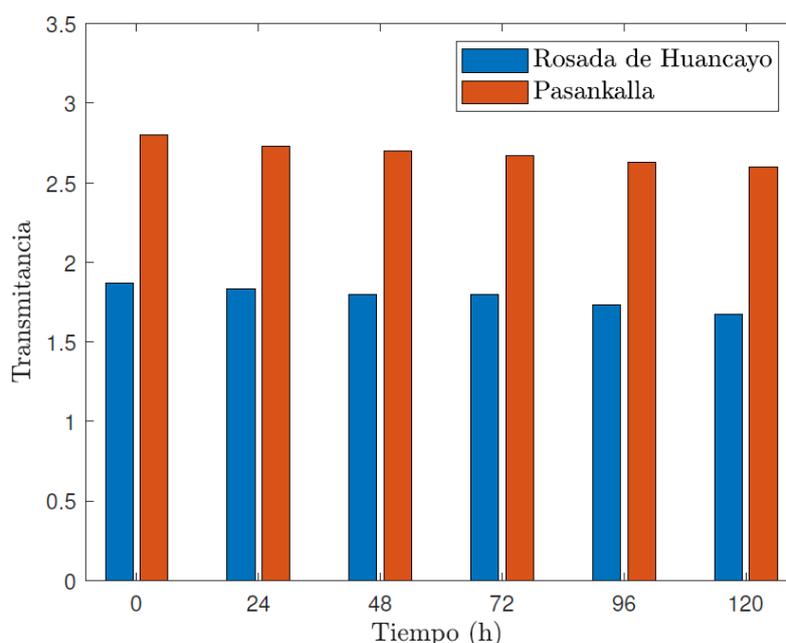


Figura 12: Transmitancia de geles de almidón de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla almacenados en refrigeración (4 °C)

Como los otros aspectos de la retrogradación, la turbidez puede ser afectada por un rango de factores, tales como el poder de hinchamiento y los gránulos remanentes, lixiviación de las cadenas de amilosa y amilopectina de las zonas funcionales, dispersando así una cantidad significativa de luz, la distribución y longitud de las cadenas de amilosa y amilopectina y componentes menores los cuales podrían enmascarar la inherente turbidez del almidón (Wang *et al.* 2015, Li y Zhu 2018a). Por otro lado, una mayor claridad en los almidones se da, por el menor contenido de amilosa, debido a que son fácilmente dispersables, lo que facilita una mayor claridad (Jan *et al.* 2017a, Li y Zhu 2018b). En este trabajo el almidón PK, que tuvo un menor contenido de amilosa, que el almidón RH, presentó una mayor claridad y un mayor PH.

La claridad y turbidez son propiedades muy importantes de los almidones, por que influyen directamente, sobre las características de brillantez y opacidad del color de los productos alimenticios, en los cuales se empleen, en diversas formas, tales como espesantes (Hernández-Medina *et al.* 2008). Los almidones de quinua son considerados, almidones opacos, en este sentido, este tipo de almidones pueden ser utilizados en productos poco transparentes, tales como: mayonesas, productos cárnicos, bebidas concentradas tipo néctar y productos de panificación (Hernández-Medina *et al.* 2008).

4.3.4. Propiedades térmicas de los geles de almidón

La determinación de las propiedades térmicas de los almidones de quinua se realizó en el calorímetro diferencial de barrido (DSC) que mide la temperatura y entalpías de gelatinización. La distribución de la temperatura de gelatinización del almidón se presenta mediante tres temperaturas de transición: temperatura de inicio (T_o), temperatura pico (T_p) y temperatura final o conclusión (T_c), debido a la heterogeneidad del tamaño del almidón y/o la forma de sus gránulos (Li *et al.* 2013). La T_o determina el inicio del hinchamiento del gránulo de almidón por el ingreso de agua, probablemente en las estructuras amorfas (Pineda-Gómez *et al.* 2010, Steffolani *et al.* 2013). La T_p da una medida de la calidad de los cristales (longitud de doble hélice) y la T_c indica el final de la gelatinización (Singh *et al.* 2006).

Las temperaturas de transición (T_o , T_p y T_c) y la entalpía de gelatinización (ΔH) de los almidones de quinua RH y PK, se presentan en la Tabla 14; los termogramas DSC se muestran en las Figuras 13, 14 y 15. Las temperaturas T_o , T_p y T_c del almidón de la quinua RH fueron de 54.11 ± 0.23 , 67.63 ± 0.17 y 60.35 ± 0.12 °C y del almidón PK fueron 61.39 ± 0.12 , 73.44 ± 0.12 y 66.39 ± 0.10 °C, habiéndose presentado diferencias significativas ($p < 0.05$), entre ambas variedades, en cada una de las temperaturas (Anexo 10).

El almidón PK, mostró temperaturas de gelatinización más altas que el almidón RH, esto podría estar relacionado con el contenido de amilosa, el almidón PK tiene menor contenido de amilosa que el almidón RH (Tabla 12) y según Lorenz (1990) los almidones con menor contenido de amilosa tienen mayores temperaturas de gelatinización. La presencia de amilosa disminuye el punto de fusión de las regiones cristalinas y con ello la energía requerida para iniciar la gelatinización, por lo que un almidón con mayor contenido de

amilosa tiene mayor región amorfa que región cristalina, lo que reduce las temperaturas de gelatinización (Singh *et al.* 2003). Los valores hallados para los almidones de la quinua RH y PK, son similares a los obtenidos en otros estudios de almidón de quinua (Lindeboom 2005, Perez-Rea 2018).

Tabla 14: Propiedades térmicas de los almidones de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla, determinados por Calorimetría Diferencial de Barrido

Variedad	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH (J/g)*
Rosada de Huancayo	54.11 ± 0.23 ^a	60.35 ± 0.12 ^a	67.63 ± 0.17 ^a	9.31 ± 0.59 ^a
Pasankalla	61.39 ± 0.12 ^b	66.39 ± 0.10 ^b	73.44 ± 0.12 ^b	9.66 ± 0.77 ^a

Letras diferentes en una misma columna indica diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variedades de quinua

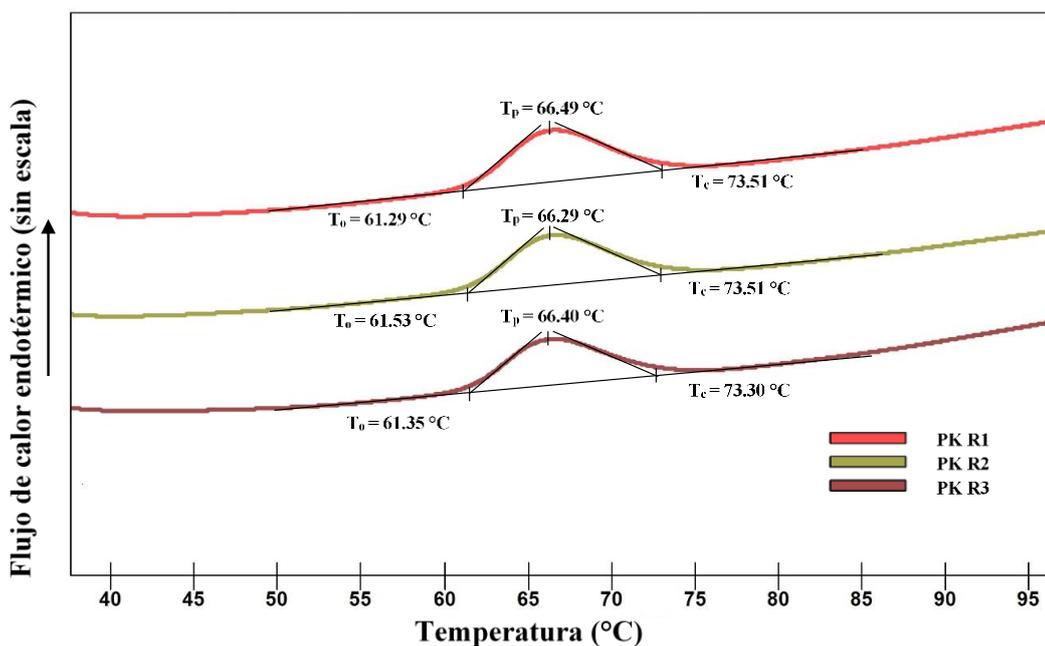


Figura 13: Termograma DSC del almidón de quinua Pasankalla

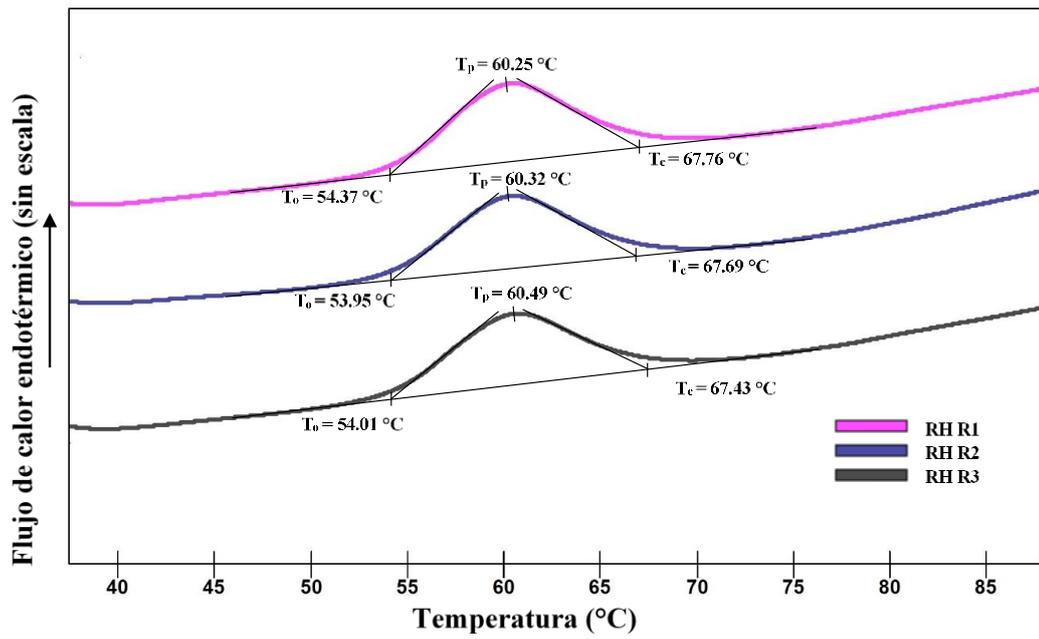


Figura 14: Termograma DSC del almidón de quinua Rosada de Huancayo

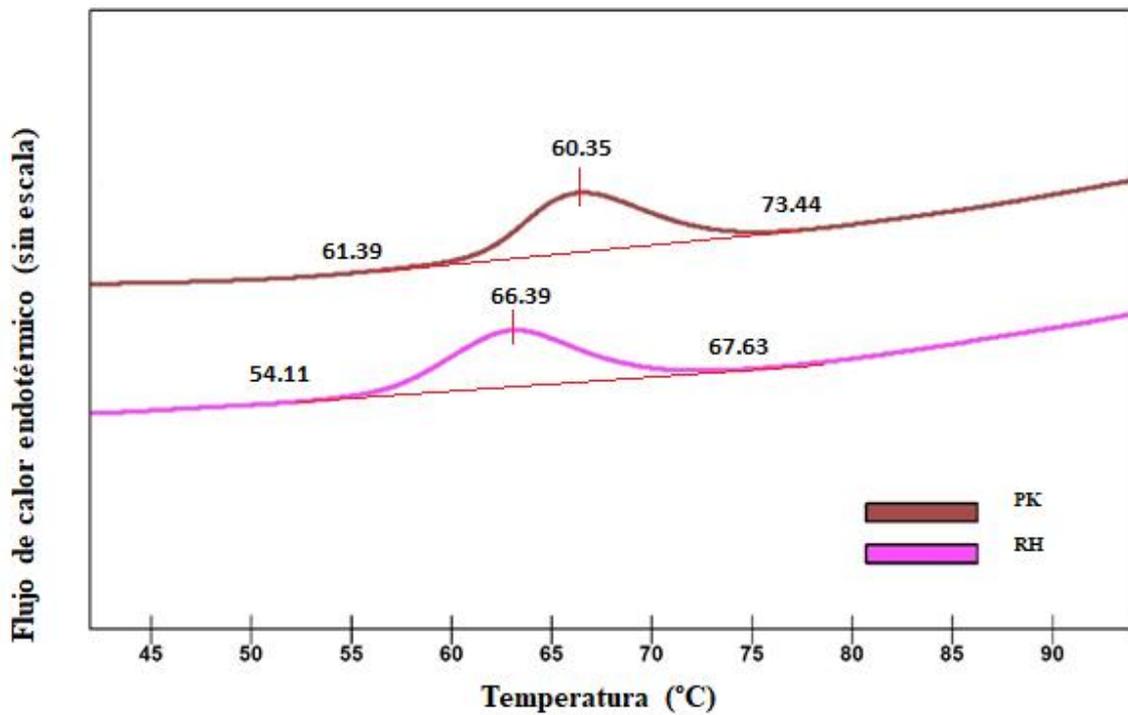


Figura 15: Termograma DSC de los almidones de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla

Por otro lado, la entalpía de gelatinización (ΔH) da una medida global de cristalinidad (calidad y cantidad) y es un indicador de la pérdida de orden molecular dentro del gránulo. Los valores de entalpía (ΔH) de los almidones de quinua RH y PK, fueron de 9.31 ± 0.59 y 9.66 ± 0.77 J/g respectivamente, no habiéndose encontrado diferencias significativas, entre ambas variedades. Estos valores son similares a los reportados en diferentes estudios de almidones de quinua (Diaz 2016, Lindeboom 2005), sin embargo, hay diferentes estudios que reportan valores mucho más bajos, por ejemplo, de $4.34 - 5.10$ J/g (Jan *et al.* 2017a) y valores más altos (Li *et al.* 2016, Wu *et al.* 2017). La diferencia en la entalpía de gelatinización (ΔH) entre los almidones, está influenciada por la energía requerida para la fusión de los cristalitas, que implica la ruptura o rotura de los enlaces de hidrógeno intrahelical, que varía de un almidón a otro (Ahmed *et al.* 2018). Comparando con otros cereales, la ΔH del almidón de quinua es inferior a la del almidón de amaranto, maíz y adzuki, pero es similar a la del almidón de kañiwa y de sorgo, y es más alta que la del almidón de cebada y trigo (Li y Zhu 2018a).

4.4. DESARROLLO DE UN PRODUCTO FERMENTADO TIPO YOGURT A BASE DE QUINUA CON MICROORGANISMOS PROBIÓTICOS

4.4.1. Características fisicoquímicas

a. Composición Química

En la Tabla 15, se presenta la composición química de los productos fermentados de quinua, de sabor natural (Q-RH y Q-PK) y saborizados, con la adición de jaleas de fruta. El producto fermentado de quinua RH, fue saborizada con jalea de bilberry y plátano (QBB-RH) y el de quinua PK, fue saborizada con jalea de dátiles (QD-PK), las concentraciones y sabores fueron determinados en pruebas preliminares. Se puede observar, que entre los productos fermentados de sabor natural y saborizados para una misma variedad (Q-RH y QBB-RH y entre Q-PK y QD-PK) existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) en todos los componentes. Del mismo modo, al comparar entre los productos de sabor natural (Q-RH y Q-PK) y entre los productos saborizados, de ambas variedades (QBB-RH y QD-PK), se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para cada componente, con excepción de la grasa y energía total, en la que no se presentaron diferencias significativas (Anexo 11).

Tabla 15: Composición química (g/100g) y principales minerales (mg/100g) de los productos fermentados de quinua de sabor natural y saborizadas

Componente	BEBIDAS FERMENTADAS DE QUINUA RH Y PK			
	Q-RH	QBB-RH	Q-PK	QD-PK
Humedad (%)	79.08 ± 0.04 ^{aA}	71.57 ± 0.07 ^{bB}	79.48 ± 0.07 ^{aC}	71.36 ± 0.08 ^{bD}
Proteína (%)	2.88 ± 0.01 ^{aA}	2.18 ± 0.02 ^{bB}	2.94±0.01 ^{aC}	2.72 ± 0.03 ^{bD}
Grasa (%)	0.58 ± 0.06 ^{aA}	0.23 ± 0.13 ^{bB}	0.78±0.17 ^{aA}	0.38 ± 0.07 ^{bB}
Ceniza (%)	0.51 ± 0.03 ^{aA}	0.42 ± 0.02 ^{bB}	0.57±0.01 ^{aC}	0.69 ± 0.01 ^{bD}
Carbohidratos (%)	16.93 ± 0.08 ^{aA}	25.59 ± 0.07 ^{bB}	16.20±0.17 ^{aC}	24.82 ± 0.14 ^{bD}
Energía kcal /100 g	84.52 ± 0.30 ^{aA}	113.19 ± 0.94 ^{bB}	83.71±0.98 ^{aA}	113.70 ± 0.37 ^{bB}
Fibra¹ (%)	4.10	2.00	4.00	3.40
Na mg/ 100 g¹	9.47	9.50	10.65	16.30
Mg mg/ 100 g¹	49.56	38.50	45.76	47.20
K mg/ 100 g¹	131.79	122.60	191.23	248.40
Ca mg/ 100 g¹	34.96	31.80	42.99	49.80
P mg/ 100 g¹	105.59	87.90	110.34	103.80
Mn mg/ 100 g¹	0.32	0.40	0.40	0.40
Fe mg/ 100 g¹	0.84	0.80	1.02	1.00
Cu mg/ 100 g¹	0.11	0.10	0.18	0.20
Zn mg/ 100 g¹	2.81	4.30	3.04	4.10

Letras mayúsculas, diferentes, en una misma fila, indican que son significativamente diferentes ($p < 0.05$), para un mismo componente, entre todas las bebidas. Letras minúsculas, diferentes, en una misma fila, indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$), entre las bebidas de sabor natural y saborizadas para una misma variedad.

Q-RH: Producto fermentado de quinua Rosada de Huancayo (RH) de sabor natural; **Q-PK:** Producto fermentado de quinua Pasankalla (PK) de sabor natural; **QBB-RH:** Producto fermentado de quinua Rosada de Huancayo (RH) saborizado; **QD-PK:** Producto fermentado de quinua Pasankalla (PK) saborizado.

¹ Ensayos realizados una vez

Con relación al contenido de proteína, es importante señalar que si bien es cierto disminuyó, en los productos saborizados, ambos superaron el 2.0 %, que fue una de las premisas planteadas en la formulación del producto. Los productos fermentados tipo yogurt, a base de vegetales tienen un contenido de proteína, en un rango de 0.60 a 4.60 g/100g (Montemurro *et al.* 2021). En el producto QBB-RH la proteína disminuyó un 24.1 %, mientras que en QD-PK, sólo tuvo una ligera disminución (6.7 %); esto debido a que los dátiles, a diferencia de muchas otras frutas, contienen un 2.45 g/100g de proteínas (Vayalil 2012), lo que refuerza el contenido proteico del producto fermentado de quinua, manteniéndose prácticamente igual al agregarse la jalea de dátiles. Por otro lado, el contenido de proteínas entre los cuatro productos fermentados de sabor natural y saborizados fue significativamente diferente ($p < 0.05$).

Es importante resaltar que la fermentación con bacterias ácido lácticas (BAL), aumenta la calidad de las proteínas, presentes en las harinas de los granos fermentados, mejorando la digestibilidad y biodisponibilidad de la proteína. Esto se produce principalmente, por la degradación de compuestos antinutrientes (Verni *et al.* 2019, Gobbetti *et al.* 2020). En un estudio con fava (habas), Verni *et al.* (2019) demostraron, que la fermentación de la harina de habas con *Lactobacillus plantarum* DPPMAB24W, logró mejorar la digestibilidad de las proteínas e incrementar la biodisponibilidad de los aminoácidos esenciales, mediante la degradación completa de la vicina y convicina, que son compuestos tóxicos, presentes en las habas y que producen anemia hemolítica, conocida como favismo. Esto se relacionó con la degradación completa de antinutrientes como los α -galactósidos, inhibidores de tripsina y de taninos condensados, mediante compuestos producidos en el proceso de fermentación, haciendo que la proteína se encuentre más biodisponible y digerible en el organismo (Verni *et al.* 2019).

Asimismo, los productos fermentados, como las bebidas fermentadas de quinua, pueden contener péptidos bioactivos, esto es posible porque la fermentación, produce acidificación del medio y múltiples enzimas microbianas, con actividades hidrolíticas, que producen proteólisis y pueden liberar los péptidos bioactivos. Se ha demostrado en diferentes estudios, que, en productos fermentados, se producen péptidos bioactivos, con actividades antioxidantes y antihipertensivas (Maleki y Razavi 2020). Según Gobbetti *et al.* (2020) se encontraron péptidos bioactivos en masa madre, para panes, incrementando su valor

nutricional y las propiedades benéficas para la salud. Por otro lado, la fermentación produce el incremento de GABA, que es el aminoácido γ -aminobutírico, este aminoácido es un neurotransmisor que inhibe el sistema nervioso central, se les atribuye efectos antihipertensivos, antidiabéticos, diuréticos y tranquilizantes (Verni *et al.* 2019, Wu *et al.* 2017, Park *et al.* 2020, Sahab *et al.* 2020, Lorusso *et al.* 2018).

Con relación al contenido de grasa, los productos fermentados de ambas variedades poseen valores muy bajos, el máximo alcanzado es de 0.78 ± 0.17 % para el producto Q-PK y el mínimo de 0.23 ± 0.13 % para QBB-RH. No existen normas técnicas, específicas, sobre productos fermentados, tipo yogurt, a partir de vegetales, sin embargo, si consideramos las normas técnicas de yogurt (NTP202.092) (INDECOPI 2014), los productos fermentados Q-RH, QBB-RH, QD-PK, serían productos descremados (máximo 0.6 % grasa) y Q-PK, sería un producto semidescremado (> 0.6 %). En ninguno de los casos se supera el 1.0 % de grasa.

En cuanto a los minerales, los resultados indicaron que los productos fermentados de quinua, de sabor natural y saborizadas, serían buena fuente, principalmente de los siguientes minerales: K, P, Ca y Mg. Es importante resaltar que, la biodisponibilidad de los minerales se incrementa, con los procesos de fermentación, porque se rompen los complejos que forma el ácido fítico con los minerales y otros componentes, que evitan la absorción de estos nutrientes. Este hecho, se da principalmente, por que las fitasas producidas, principalmente por los microorganismos, catalizan la hidrólisis del ácido fítico a otros compuestos, quedando libres los minerales para su absorción (Nout 2009). Asimismo, las tanasas microbianas, que se producen durante la fermentación, producen la hidrólisis de los taninos condensados, liberando los minerales y aumentando su biodisponibilidad y en el caso del Fe, normalmente se encuentra en los granos en estado ferroso y en medio ácido pasa al estado férrico, que es el estado en que se absorbe fácilmente en el organismo (Nout 2009).

En cuanto al nivel de energía calórica, no existen diferencias significativas, entre los productos fermentados de sabor natural, de ambas variedades (84.52 y 83.71 Kcal/100g para Q-RH y Q-PK respectivamente), tampoco existen diferencias significativas, entre los productos saborizados (113.19 y 113.70 Kcal/100g para QBB-RH y QD-PK respectivamente). El agregar jalea de fruta a los productos fermentados de quinua, significó un incremento promedio de 29.4 Kcal/100g.

En general, la composición química de los productos fermentados, tipo yogurt, de quinua, están en relación con los resultados obtenidos en la composición de los granos (Tabla 10), los productos de quinua PK, presentaron un mayor nivel de proteína, fibra y ceniza y un menor nivel de carbohidratos, que los productos de la quinua RH, siguiendo la tendencia presentada en el contenido de estos componentes en los granos. Sin embargo, lo más importante, en el aspecto nutricional es que, la fermentación mejora la digestibilidad y biodisponibilidad de los nutrientes (Verni *et al.* 2019, Gobbetti *et al.* 2018, Lorusso *et al.* 2018), además a este beneficio se suma la presencia de los microorganismos probióticos, con sus múltiples beneficios para la salud (Lebeer *et al.* 2008, Tamine *et al.* 2005).

En la Tabla 16 y Anexo 12, se presenta la composición química de los productos fermentados de quinua saborizados en comparación con los productos fermentados comerciales, de otras materias primas. Se puede observar, que los productos fermentados de quinua tuvieron una composición similar a los productos comerciales evaluados.

En los contenidos de humedad, proteína y ceniza, se presentaron, diferencias significativas ($p < 0.05$) entre todos los productos evaluados, de quinua y los productos comerciales. En relación con el contenido de proteína, los productos de quinua variaron de 2.2 y 2.7 g/100g y fueron mayores, que los productos de avena, que estuvieron en el rango de 1.0 – 1.4 g/100 g y menores a los productos de soya que fueron 3.4 g/100g. No existe una regulación en cuanto al contenido mínimo de proteínas, que deben tener los productos fermentados, tipo yogurt, a base de vegetales.

Con respecto al contenido de grasa, no existieron diferencias significativas, entre los productos comerciales: SB, OFA y OP y los productos de quinua QBB-RH y QD-PK, el único producto significativamente diferente, a todos los demás y que presentó el mayor valor de grasa, fue OBV (2.21 ± 0.04 g/100g). El contenido de grasa de QBB-RH y QD-PK, fueron bajos 0.23 ± 0.13 y 0.38 ± 0.07 g/100g respectivamente. Los valores bajos en grasa favorecen las características de un producto nutricional saludable, los productos fermentados de quinua, con adición de jalea de frutas, no superaron el 0.6 % de grasa, por lo que podrían ser considerados productos descremados.

Tabla 16: Composición química (g/100 g) y principales minerales (mg/100g) de los productos fermentados de quinua (QBB-RH y QD-PK) y productos comerciales veganos similares

Componentes	QBB-RH	QD-PK	SB	OBV	OFA	OP
Humedad	71.57 ± 0.07 ^A	71.36 ± 0.08 ^B	81.15 ± 0.05 ^C	79.62 ± 0.02 ^D	83.21 ± 0.08 ^E	81.30 ± 0.02 ^F
Proteína	2.18 ± 0.02 ^A	2.72 ± 0.03 ^B	3.36 ± 0.02 ^C	1.17 ± 0.00 ^D	1.35 ± 0.01 ^E	1.04 ± 0.01 ^F
Grasa	0.23 ± 0.13 ^A	0.38 ± 0.07 ^A	0.13 ± 0.05 ^A	2.21 ± 0.04 ^B	0.98 ± 0.97 ^A	0.34 ± 0.14 ^A
Ceniza	0.42 ± 0.02 ^A	0.69 ± 0.01 ^B	0.77 ± 0.01 ^C	0.33 ± 0.00 ^D	0.30 ± 0.01 ^E	0.19 ± 0.01 ^F
Carbohidratos	25.59 ± 0.07 ^A	24.82 ± 0.14 ^A	14.56 ± 0.09 ^B	16.64 ± 0.04 ^C	14.14 ± 0.99 ^B	17.07 ± 0.13 ^C
Energía kcal/ 100 g ²	113.19 ± 0.94 ^A	113.70 ± 0.37 ^A	72.95 ± 0.07 ^B	91.25 ± 0.23 ^C	70.83 ± 4.77 ^B	75.53 ± 0.73 ^B
Fibra ¹	2.20	3.40	2.60	1.50	1.80	0.90
Na mg/ 100 g ¹	9.50	16.30	107.80	7.70	1.10	20.50
Mg mg/ 100 g ¹	38.50	47.20	21.80	4.50	1.70	13.10
K mg/ 100 g ¹	122.60	248.40	156.20	40.60	56.10	54.80
Ca mg/ 100 g ¹	31.80	49.80	125.20	95.00	8.00	4.50
P mg/ 100 g ¹	87.90	103.80	73.80	49.60	20.80	44.30
Mn mg/ 100 g ¹	0.40	0.40	0.30	0.20	0.00	0.40
Fe mg/ 100 g ¹	0.80	1.00	0.40	0.00	2.30	0.40
Cu mg/ 100 g ¹	0.10	0.20	0.10	0.00	0.30	0.00
Zn mg/ 100 g ¹	4.30	4.10	1.70	1.60	0.10	2.00

Letras diferentes, en una misma fila, indican que son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

QBB-RH: Producto fermentado de quinua Rosada de Huancayo, saborizado; **QD-PK:** Producto fermentado de quinua Pasankalla, saborizado; **SB:** Alpro bilberry; **OBV:** Oatly bilberry vanilla; **OFA:** Yosa Break fig apple; **OP:** Yosa plum.

¹ Ensayos realizados una vez.

Con respecto al contenido de carbohidratos, no existieron diferencias significativas, entre QBB-RH y QD-PK, con valores de 25.59 ± 0.07 g/100g y 24.82 ± 0.14 g/100g respectivamente, sin embargo, comparando con los demás productos comerciales, si existieron diferencias significativas, los cuales tuvieron, niveles más bajos de carbohidratos, que los productos de quinua. Con relación a los carbohidratos, un aspecto muy importante es el índice glucémico, la quinua en general tiene un bajo índice glucémico, que es 32 (Perez-Varas *et al.* 2014), lo cual es una ventaja desde el punto de vista de una alimentación saludable. Además, la fermentación disminuye el índice glucémico de los alimentos (Lorusso *et al.* 2017). Por otro lado, el ácido láctico que se produce durante la fermentación reduce el grado de gelatinización de los almidones, favoreciendo la formación del almidón resistente, que evita el metabolismo de los almidones y el ingreso de la glucosa a la sangre (Wu *et al.* 2019).

En relación con el contenido de fibra, QD-PK, presenta el mayor contenido (3.40 g/100g) entre todos los productos de quinua y comerciales, incluso mayor que los productos de avena (OBV, OFA y OP), que se caracterizan, por su alto contenido de fibra, especialmente, β -glucano, que está ligado a los efectos saludables, en relación con la diabetes y enfermedades cardiovasculares (Angelov *et al.* 2006).

En cuanto al contenido de minerales, los productos de quinua, tanto QBB-RH como QD-PK, tienen un buen balance de minerales, comparables con los productos comerciales. Presentaron un mayor contenido de Mg, P, Zn, Cu, y K, que los productos comerciales (Tabla 16). El contenido más alto de minerales, entre los productos de quinua y los comerciales, se presentó en QD-PK, para el K, un valor de 248.40 mg/100g, esto puede ser debido a que, los dátiles tienen un alto contenido de K (696 mg/100g) (Vayalil 2012), lo que probablemente incrementó el nivel de este mineral, en el producto fermentado QD-PK. Por otro lado, es importante señalar que en la quinua, el calcio, magnesio y potasio, están en sus formas biodisponibles (Vilcacundo y Hernandez-Ledesma 2017).

En los productos fermentados de quinua, el contenido de sodio (Na) es bajo (9.5 y 16.3 mg/100g), por lo que podrían ser catalogadas como productos alimenticios bajos en sodio, en comparación a SB que contiene el valor más alto (107.8 mg/100g). En general el contenido de minerales de la QBB-RH y QD-PK, estuvieron en concordancia con resultados

obtenidos en otros productos de quinua, tales como los panes de quinua (Stikic et al. 2012). Por otro lado, si bien es cierto que no se han realizado análisis de vitaminas, está demostrado que la fermentación, produce el incremento de riboflavina, vitamina B12, folato y vitamina K (Walther y Schmid 2017).

Con relación al nivel de energía los productos fermentados de quinua saborizados presentaron el valor de 113 Kcal/100g, mientras que los productos comerciales se encontraban entre 70 y 91 Kcal/100g de producto. Con respecto a la composición química de los productos comerciales, los resultados son muy similares a los reportados por los fabricantes. Los productos fermentados de quinua, en general tienen un buen contenido proteico, son descremados, bajos en sodio y además en el caso del producto QD-PK, los dátiles le dan un atributo adicional, debido a que esta fruta, es nutritiva y puede tener beneficios potenciales para la salud (Vayalil 2012).

b. pH y TTA

El pH disminuyó y el TTA se incrementó en todos los productos de quinua, como resultado de la fermentación. Los productos fermentados, tipo yogurt, requieren un pH ácido (4.0 - 4.5) con el fin de mantenerse durante el almacenamiento (Gupta *et al.* 2010). De acuerdo con los estudios, un pH > 3.55 tiene una buena correlación con la aceptabilidad de los consumidores y su buena conservación (Salmeron *et al.* 2015). En la Tabla 17 (primera etapa) y en la Tabla 18 (segunda etapa), se pueden observar que, durante el período de almacenamiento de 28 días, en refrigeración (5 – 7 °C), se produjo, solo una ligera disminución de pH y consecuentemente un incremento en el TTA. En la primera etapa del estudio (Tabla 17), no se presentaron, diferencias significativas ($p < 0.05$), en los valores de pH evaluados en cada período de tiempo, para cada variedad. En base a esto se puede decir que, el pH final alcanzado a los 28 días de almacenamiento fue similar, estadísticamente al día 1, siendo el pH final de 3.86 ± 0.15 y de 3.97 ± 0.07 , para Q-RH y Q-PK, respectivamente.

En la segunda etapa del estudio (Tabla 18), comparando los resultados de pH y TTA, de los productos fermentados, de ambas variedades de quinua (RH y PK), entre el día 0 y 7 días, no se presentaron diferencias significativas, en todos los casos; entre los días 7 y 14,

sí se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) y a partir del día 14, para el pH y del día 21 para el TTA, no se presentaron diferencias significativas, entre los períodos evaluados, en ambas variedades (RH y PK) (Anexo 13). En cuanto a los valores, el producto QBB-RH, tuvo valores, ligeramente, más bajos de pH, que QD-PK.

Tabla 17. Cambios en el pH, acidez titulable (TTA) y viscosidad durante la fermentación y almacenamiento de los productos fermentados de quinua RH y PK (primera etapa).

Días	pH		TTA ¹		Viscosidad	
	RH	PK	RH	PK	RH	PK
0*	6.47 ± 0.07 ^a	6.47 ± 0.07 ^a	2.20 ± 0.10 ^a	2.25 ± 0.15 ^a	53.79 ± 11.47 ^a	28.48 ± 1.89 ^a
0.25***	4.20 ± 0.20 ^b	4.39 ± 0.01 ^b	7.70 ± 0.20 ^b	7.30 ± 0.10 ^b	36.76 ± 16.27 ^a	21.76 ± 2.74 ^b
1	4.09 ± 0.11 ^b	4.28 ± 0.01 ^b	8.25 ± 0.25 ^b	7.90 ± 0.10 ^b	25.90 ± 17.71 ^b	17.49 ± 3.93 ^b
12	3.84 ± 0.16 ^b	4.14 ± 0.04 ^b	9.25 ± 0.50 ^b	8.35 ± 0.45 ^b	14.97 ± 10.31 ^b	12.73 ± 4.26 ^b
28	3.86 ± 0.15 ^b	3.97 ± 0.07 ^b	9.50 ± 0.50 ^b	8.60 ± 0.60 ^b	10.62 ± 5.20 ^c	10.59 ± 2.05 ^b

Letras diferentes, en una misma columna, indican que son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

TTA¹, mL de 0.1 M NaOH por 10 g.

* antes de la fermentación (0h)

** después de la fermentación (6h – 0.25 días)

Tabla 18: Cambios en el pH, acidez titulable (TTA) y viscosidad durante el almacenamiento de las productos fermentados de quinua RH y PK (segunda etapa)

Días	pH		TTA*		Viscosidad (Pas)	
	QBB-RH	QD-PK	QBB-RH	QD-PK	QBB-RH	QD-PK
0	3.50 ± 0.04 ^a	3.68 ± 0.04 ^a	12.23 ± 0.95 ^a	12.67 ± 0.15 ^a	10.02 ± 0.65 ^a	18.64 ± 0.79 ^a
7	3.53 ± 0.02 ^a	3.66 ± 0.00 ^a	11.87 ± 0.32 ^a	13.13 ± 0.40 ^a	10.29 ± 0.16 ^a	19.41 ± 0.02 ^b
14	3.43 ± 0.02 ^b	3.56 ± 0.07 ^b	12.88 ± 0.14 ^b	14.48 ± 1.51 ^b	9.76 ± 0.37 ^b	19.20 ± 0.12 ^b
21	3.43 ± 0.01 ^b	3.55 ± 0.04 ^b	14.05 ± 0.35 ^c	15.67 ± 1.73 ^c	9.89 ± 0.40 ^b	19.46 ± 0.17 ^b
28	3.40 ± 0.04 ^b	3.51 ± 0.03 ^b	14.57 ± 1.14 ^c	15.73 ± 1.20 ^c	9.78 ± 0.36 ^b	18.40 ± 0.64 ^a

Letras diferentes en una misma columna, en cada variedad, indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los períodos evaluados.

*TTA, ml de 0.1mol/L de NaOH por 10g

QBB-RH: Producto fermentado de quinua Rosada de Huancayo saborizado con jalea de bilberry y plátano; **QD-PK:** Producto fermentado de quinua Pasankalla saborizado con jalea de dátiles.

El promedio de pH, durante los 28 días de almacenamiento en refrigeración (5 – 7 °C), para QBB-RH y QD-PK, fueron de 3.46 ± 0.06 y 3.59 ± 0.08 , respectivamente. Estos resultados son similares a los reportados por Canaviri *et al.* (2020) que, en una bebida fermentada de quinua, con *Lactobacillus plantarum* DSM9843, obtuvieron un pH final de 3.61, a los 28 días de almacenamiento. Asimismo, comportamientos similares se observaron en bebidas fermentadas a base de avena, donde se presentaron mínimas variaciones (Angelov *et al.* 2006, Gupta *et al.* 2010 Jeske *et al.* 2018, Loruso *et al.* 2018).

Con respecto al pH y TTA de los productos fermentados comerciales, OFA y OP, ambos de avena (Yosa^R), tuvieron un pH y acidez similar a los productos de quinua (QBB-RH y QD-PK), tal como se puede observar en la Tabla 19, mientras que SB y OBV, tuvieron un pH superior a 4 y mayor a los productos de quinua.

Entre los productos comerciales SB y OBV, no se presentaron diferencias significativas en el valor de pH, mientras que los productos OP y OFA fueron significativamente diferentes a los demás productos. Con relación al TTA y viscosidad, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los 4 productos (Anexo 14).

Tabla 19: pH, TTA y viscosidad de los productos comerciales

Productos Comerciales	Medidos en 0 días		
	pH	TTA*	Viscosidad (Pas)
OP	3.48 ± 0.19 ^a	5.80 ± 0.28 ^a	18.73 ± 1.04 ^a
OFA	3.94 ± 0.00 ^b	4.75 ± 0.21 ^b	29.98 ± 1.11 ^b
SB	4.24 ± 0.01 ^c	9.75 ± 0.07 ^c	14.02 ± 0.21 ^c
OBV	4.21 ± 0.01 ^c	3.15 ± 0.07 ^d	17.15 ± 0.59 ^a

Letras diferentes en una misma columna, indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores

*TTA, mL de 0.1 mol/L NaOH por 10 g.

OP: Yosa plum; **OFA:** Yosa Break fig apple; **SB:** Alpro bilberry; **OBV:** Oatly bilberry vanilla.

c. Viscosidad

En la Tablas 17 y 18, se presentaron los resultados de viscosidad, de los productos fermentados de quinua, correspondientes a la primera y segunda etapa, respectivamente, del desarrollo del producto. Se puede observar que, en la primera etapa, en la cual se utilizaron 3 tipos de microorganismos, la viscosidad inicial fue más alta, en el producto de quinua RH (25.90 ± 17.71 Pas) en relación con el producto fermentado con la misma variedad de quinua (RH), desarrollado en la segunda etapa (10.02 ± 0.65 Pas), sin embargo, para los productos de quinua PK los valores fueron similares (17.49 ± 3.93 y 18.64 ± 0.79 Pas), en la primera y segunda etapa respectivamente. Con respecto al valor final, después de 28 días de almacenamiento, la viscosidad fue disminuyendo, en todos los casos, hasta llegar a valores similares, especialmente para los productos fermentados de quinua RH, que fueron de 10.62 ± 5.20 y 9.78 ± 0.36 Pas y en el caso de los productos de quinua PK, los resultados fueron de 10.59 ± 2.05 y 18.40 ± 0.64 Pas. La viscosidad de los productos fermentados, tanto para RH como para PK, en la segunda etapa fueron más estables durante el período de almacenamiento, que los productos fermentados de la primera etapa.

Por otro lado, en la Tabla 18, se puede observar, que en los productos QBB-RH, entre los días 0 y 7, no existieron diferencias significativas en la viscosidad, sin embargo, entre el día 7 y 14 si se presentaron diferencias significativas y a partir del día 14 hasta el día 28, no se presentaron diferencias, entre los períodos evaluados (Anexo 13). En cuanto a los valores, tienen una tendencia a disminuir, a medida que avanza el período de almacenamiento en refrigeración ($5 - 7^{\circ}\text{C}$). Con respecto al producto QD-PK, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los períodos evaluados, durante los 28 días de almacenamiento, sin embargo, entre los días 14 y 21, no se presentaron diferencias significativas. Asimismo, no se encontraron diferencias, entre los valores de viscosidad del día 1 y del día 28, lo que demostró la gran estabilidad, de la viscosidad durante el período de almacenamiento, presentada en el producto de quinua QD-PK.

El producto fermentado QD-PK (18.40 ± 0.64 Pas; día 28), presentó valores más altos de viscosidad, que el producto QBB-RH (9.78 ± 0.36 Pas; día 28), esto puede ser debido a que, el almidón PK, de acuerdo a los resultados, que se han obtenido (Tabla 13) tiene un

mayor poder de hinchamiento (PH) y un mayor índice de solubilidad (ISA), que el almidón RH, esto es importante porque favorece una mayor viscosidad en el producto alimenticio, en este caso en el producto fermentado de quinua, además le da mayor estabilidad y resistencia a la retrogradación. Además, la quinua PK tiene un contenido mayor de proteína (Tabla 10), lo que proporciona una textura más fuerte y cohesiva (Wu *et al.* 2014). Durante el período de almacenamiento (28 días), en refrigeración (5 - 7 °C), si bien es cierto que, disminuye la viscosidad, sin embargo, la diferencia en valores, en cada variedad no es muy alta, entre el día 0 y el día 28 (0.24, en ambos casos).

Otro aspecto importante, en relación con la viscosidad de los productos fermentados, es que los almidones RH y PK, tuvieron bajos niveles de sinéresis y el almidón PK tuvo valores más bajos que el almidón RH (Tabla 16), esto hizo que los productos fermentados, tuvieran una muy buena estabilidad durante el periodo de almacenamiento (28 días) en refrigeración (5 - 7°C), y no se efectuaran cambios significativos en la viscosidad de ambos productos (QBB-RH y QD-PK). Los gránulos de almidón de quinua tienen buen comportamiento de pasta y pueden ser utilizados para producir bases de alta viscosidad; también tienen excelente estabilidad bajo condiciones de congelación y procesos de retrogradación (Abugoch 2009, Ahamed *et al.* 1996), esto es una ventaja para los productos fermentados de quinua, para su conservación durante el período de almacenamiento en refrigeración.

Estos resultados han demostrado que no solo las variedades de quinua (RH y PK) tienen diferencias significativas en su contenido nutricional, si no que las harinas se comportan diferente cuando se mezclan con agua, para la elaboración de productos fermentados tipo yogurt. Este comportamiento diferente, probablemente se deba, principalmente a los almidones, que tienen diferentes características funcionales, en cada variedad, de acuerdo con los resultados encontrados en el presente trabajo.

Al comparar la viscosidad de QBB-RH y QD-PK, con la viscosidad de los productos comerciales evaluados (Tablas 18 y 19) se puede observar que el valor más bajo de viscosidad lo tuvo QBB-RH de 9.78 ± 0.36 Pas, el valor más alto de viscosidad fue para el producto OFA de 29.98 ± 1.11 Pas; por otra parte, los productos OBV (17.15 ± 0.59 Pas) y OP (18.73 ± 1.04 Pas), no tuvieron diferencias significativas y los valores de

viscosidad fueron similares a QD-PK (18.6 ± 0.79 Pas). Por otro lado, la viscosidad de los productos OFA y SB, fueron significativamente diferentes entre sí y con todos los demás productos comerciales. Asimismo, Los valores hallados de viscosidad concuerdan con otros estudios realizados en productos fermentados a base de avena, quinua y soya (Jeske *et al.* 2018, Lorusso *et al.* 2018).

4.4.2. Viabilidad de las bacterias ácido lácticas en las bebidas fermentadas de quinua

La fermentación, como técnica de procesamiento de alimentos, no es un proceso nuevo y la producción de productos fermentados, tipo yogurt, a base de cereales, se ha desarrollado notablemente en los últimos años, porque representan, una variedad de productos saludables y diversifican la oferta de productos destinados a los nuevos estilos de vida y sobre todo a personas con intolerancia, alergias, malabsorción y al cada vez creciente, mercado de productos veganos. Por otro lado, la fermentación proporciona múltiples beneficios al alimento, entre los más importantes es que, mejora la biodisponibilidad de los nutrientes (Verni *et al.* 2019, Gobbetti *et al.* 2018, Montemurro *et al.* 2021) y puede proporcionar al alimento, propiedades muy particulares, que pueden reducir el uso de aditivos, tales como estabilizantes, espesantes, saborizantes, entre otros (Tiwari *et al.* 2013).

En el desarrollo de productos fermentados de quinua (RH y PK), en la primera etapa de este estudio, se utilizaron las bacterias lácticas: *Lactobacillus plantarum* Q823, *Lactobacillus casei* Q11 y *Lactococcus lactis* ARH74, para la elaboración del producto fermentado de quinua, con las dos variedades (RH y PK). La inoculación de 1% (v/v) de cada bacteria en la base de quinua, resultó en un recuento de bacterias ácido lácticas inicial de aproximadamente $\log 8$ UFC/mL (Figura 16). Después de 6 horas a 30 °C de fermentación, estas bacterias crecieron a un nivel de $\log 9.5$ UFC/mL y el pH decreció de 6.47 ± 0.07 a 4.20 ± 0.20 , para RH y de 6.47 ± 0.07 a 4.39 ± 0.01 , para PK (Tabla 17).

Durante el período de almacenamiento, las bacterias, con excepción de *Lactococcus lactis* ARH74, demostraron ser estables, incluso mostraron un mayor crecimiento en los

productos realizados con la quinua PK. Después del período de 28 días de almacenamiento (5 - 7 °C), *Lactobacillus plantarum* Q823 y *Lactobacillus casei* Q11 fueron detectadas a niveles mayores de log 9 UFC/mL, sin embargo, *Lactococcus lactis* ARH74 fue disminuyendo durante el período de almacenamiento. Los niveles alcanzados en este trabajo superaron los valores reportados en otro estudio de bebidas fermentadas a base de quinua con *Lactobacillus plantarum* DSM 9843, en las cuales se determinaron un recuento de log 6.9 UFC/g a los 28 días de almacenamiento (Canaviri *et al.* 2020). Por otro lado, entre las variedades de quinua PK y RH, no se presentaron diferencias significativas, en la viabilidad de las bacterias ácido lácticas, durante el almacenamiento de 28 días en refrigeración (5 - 7°C).

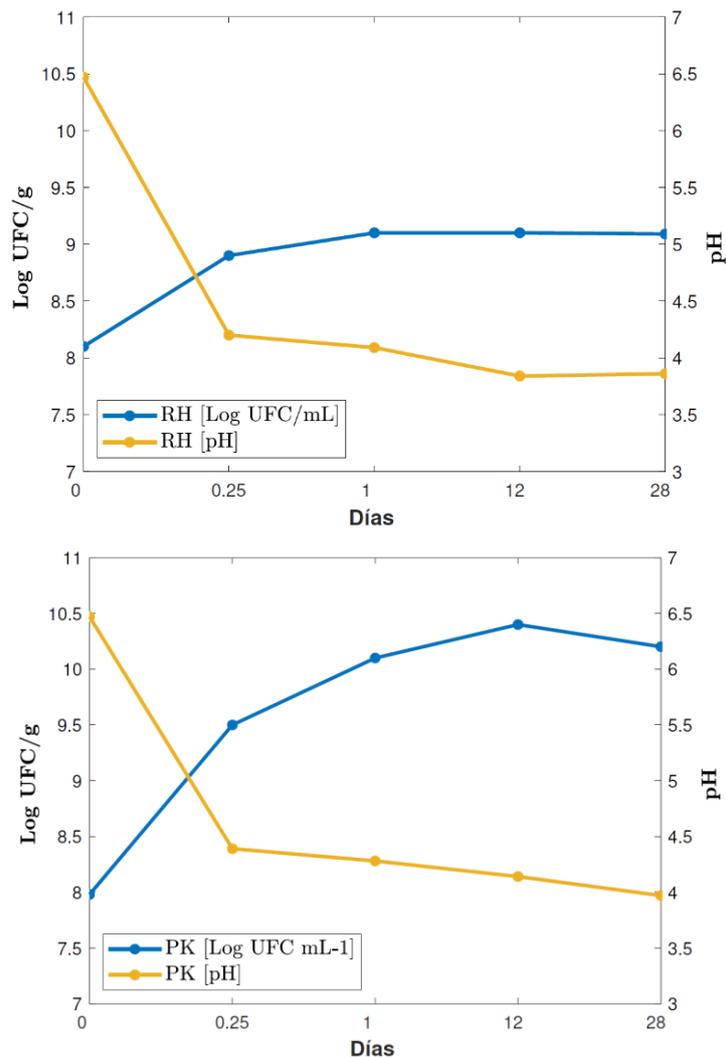


Figura 16: Estabilidad y viabilidad de las bacterias ácido lácticas, en los productos fermentados de quinua de las variedades Rosada de Huancayo y Pasankalla

El número de células bacterianas en los productos alimenticios que tienen propiedades probióticas reconocidas, en base a ensayos clínicos significativos, están en el rango de 1 a 10 billones UFC/mL (Naidu *et al.* 2002, Reid 2005, Guarner *et al.* 2011). Es importante precisar que *Lactobacillus plantarum* Q823, puede sobrevivir durante su paso por el tracto intestinal humano, además de otras propiedades, por lo que podría ser considerado como un potencial probiótico (Vera-Pingitore *et al.* 2016a).

Por otro lado, es importante señalar que, en los productos fermentados de quinua, en ambas variedades (RH y PK) se reportaron recuentos de *Lactobacillus plantarum* superiores a log 9 UFC/mL y por lo tanto, estos productos, a base de quinua, podrían ser denominados productos fermentados con probióticos, por que superan el mínimo de log 6 UFC/mL (Tamine 2005, Guarner *et al.* 2011), asimismo, podrían ser denominados alimentos funcionales, sin embargo, los beneficios reales para la salud, deberán demostrarse en futuros trabajos de investigación que incluyan ensayos clínicos en humanos y así demostrar que el alimento tiene propiedades terapéuticas.

En la segunda etapa de este estudio, se trabajó solo con *Lactobacillus plantarum* Q823, debido a las bondades propias de esta BAL, en primer lugar, este microorganismo fue aislado de la quinua (Vera-Pingitore *et al.* 2016a) y según se reportan, en diferentes estudios, para la fermentación de productos, tipo yogurt, a base de vegetales, los mejores resultados se logran trabajando con microorganismos aislados de las propias plantas (Coda *et al.* 2011, Garcia *et al.* 2020, Di Cagno *et al.* 2009, Lorusso *et al.* 20018, Montemurro *et al.* 2021) por tanto fue la mejor opción para el desarrollo final del producto fermentado de quinua, tipo yogurt. Además, *Lactobacillus plantarum* Q823, es un microorganismo con potenciales características probióticas (Vera-Pingitore *et al.* 2016a, Vera-Pingitore *et al.* 2016b), lo que fortaleció las cualidades de los productos desarrollados.

Por otro lado, *Lactococcus lactis* ARH74, no tuvo una buena viabilidad durante los 28 días de almacenamiento, se fue muriendo, a medida que transcurría el tiempo y, por otra parte, la formación de exopolisacáridos (EPS) de este microorganismo, depende del medio y las condiciones en las cuales desarrolla, los productos lácteos son su medio natural y las temperaturas de incubación son muy importantes, para la formación de los

EPS (Vera-Pingitore *et al.* 2016b), en las bases de quinua no presentó un buen desarrollo de estos componentes. Asimismo, los dos microorganismos ARH74 y Q11, creaban competencia para un mejor desarrollo del Q823, por las razones expuestas, los productos fermentados de quinua se trabajaron, en la etapa final, sólo con *Lactobacillus plantarum* Q823.

La mayoría de los trabajos de investigación, que han desarrollado productos fermentados a base de cereales, han seleccionado *Lactobacillus plantarum*, como cultivo, porque es un microorganismo de excelentes cualidades y resiste condiciones de pH bajos (Peyer *et al.* 2016) lo cual da a este microorganismo una gran ventaja competitiva, sobre otros microorganismos presentes, además de sus características probióticas que han sido demostrados en diferentes estudios (Gotcheva *et al.* 2002, Vera-Pingitore *et al.* 2016a). Asimismo, *Lactobacillus plantarum* desarrolla un perfil organoléptico, que se pueden asemejar a los productos lácteos fermentados, por los compuestos que se desarrollan en el proceso de fermentación (acetaldehído, diacetilo, acetoínas), aunque esto dependerá de la matriz donde se desarrolla, que son diferentes en cada cereal (Salmeron *et al.* 2009).

Lactobacillus plantarum Q823, se inoculó al 1% v/v, en las soluciones de quinua (RH y PK) y se incubaron a 30 °C, hasta llegar a un $\text{pH} \leq 4.5$. En la Tabla 20 se presenta la evaluación de pH durante el proceso de fermentación, se puede observar que la quinua RH logró llegar a un pH de 4.47 ± 0.02 , en 7.5 horas y en el caso de la quinua PK, se llegó al pH de 4.47 ± 0.05 en 6 horas. En cada período de tiempo evaluado se presentaron diferencias significativas ($p < 0.5$) en los valores de pH, entre ambas variedades (Anexo 15).

Por otro lado, en los valores obtenidos para cada variedad, no se presentaron diferencias significativas hasta los primeros 180 minutos en la quinua RH y hasta 120 minutos en la quinua PK. Los tiempos totales de fermentación, son comparables a los obtenidos con *Lactobacillus plantarum* B28, en avena, que llegó a un pH de 4.52 entre 6 y 8 horas (Angelov *et al.* 2006); sin embargo, hay otros estudios con *Lactobacillus plantarum*, en los cuales se llegó a un $\text{pH} \leq 4.5$ en tiempos mayores, como 16 horas (Mårtensson *et al.* 2002).

Tabla 20: Evaluación del pH durante el proceso de fermentación de la quinua RH y PK, con *Lactobacillus plantarum* Q823

Minutos	pH	
	Rosada de Huancayo	Pasankalla
0	6.43 ± 0.01 ^{Aa}	5.93 ± 0.02 ^{Ab}
60	6.39 ± 0.01 ^{Aa}	5.87 ± 0.01 ^{Ab}
120	6.35 ± 0.03 ^{Aa}	5.74 ± 0.06 ^{Ab}
180	6.27 ± 0.06 ^{Aa}	5.64 ± 0.05 ^{Bb}
240	6.14 ± 0.06 ^{Ba}	5.37 ± 0.08 ^{Cb}
300	5.86 ± 0.18 ^{Ca}	4.92 ± 0.09 ^{Db}
360	5.35 ± 0.08 ^{Da}	4.47 ± 0.05 ^{Eb}
390	4.99 ± 0.01 ^E	
420	4.68 ± 0.03 ^F	
450	4.47 ± 0.02 ^F	

Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores de pH en cada nivel de tiempo, dentro de cada variedad. Letras minúsculas diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variedades en cada nivel de tiempo

Los resultados del estudio de viabilidad del *L. plantarum* Q823, en las bebidas de quinua RH y PK, de sabor natural y saborizadas, se muestran en la Tabla 21 y Figura 17, se puede observar que, en las bebidas fermentadas de sabor natural (Q-RH y Q-PK), se obtuvieron, recuentos superiores a log 9 UFC/g, durante los 28 días de almacenamiento, en refrigeración (5 - 7°C) y no se presentaron diferencias significativas entre ambas variedades.

Los resultados del estudio de viabilidad del *Lactobacillus plantarum* Q823, en las bebidas de quinua RH y PK, de sabor natural y saborizadas, se muestran en la Tabla 21 y Figura 17, se puede observar que, en los productos fermentados de sabor natural (Q-RH y Q-PK), se obtuvieron, recuentos superiores a log 9 UFC/g, durante los 28 días de almacenamiento, en refrigeración (5 - 7°C) y no se presentaron diferencias significativas entre ambas variedades.

En los productos fermentados saborizadas (QBB-RH y QD-PK) se obtuvieron recuentos superiores a log 8 UFC/mL, y log 9 UFC/mL para QBB-RH y QD-PK respectivamente, presentando diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ambas variedades, entre los días

14 y 21, en los demás períodos no se presentaron diferencias significativas (Anexo 16). Esto es importante porque demostró que, la viabilidad de las BAL, no se afectó con la adición de jalea de frutas, es decir, a los 28 días de almacenamiento en refrigeración (5 – 7 °C), no existieron diferencias significativas, entre todos los productos fermentados de quinua de sabor natural y saborizadas.

Tabla 21. Viabilidad de las bacterias ácido lácticas (BAL) en los productos fermentados de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla (RH y PK), de sabor natural y saborizados

Días	Recuento microbiológico Log ufc/mL							
	Sabor natural				Saborizados con jalea de frutas			
	Q-RH		Q-PK		QBB-RH		QD-PK	
0	9.17 ± 0.15	Aa	9.07 ± 0.31	Aa	8.85 ± 0.25	Aa	9.15 ± 0.07	Aa
7	9.30 ± 0.54	Aa	9.27 ± 0.22	Aa	8.83 ± 0.10	Aa	9.10 ± 0.12	Aa
14	9.02 ± 0.31	Aa	9.18 ± 0.05	Aa	8.60 ± 0.08	Ba	9.11 ± 0.02	Aa
21	9.09 ± 0.05	Aa	9.27 ± 0.24	Aa	8.54 ± 0.01	Ba	8.94 ± 0.01	Ca
28	9.06 ± 0.24	Aa	9.30 ± 0.30	Aa	8.70 ± 0.19	Aa	9.13 ± 0.49	Aa

Letras mayúsculas diferentes en una misma fila, indica diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variedades de quinua. Letras minúsculas diferentes en una misma columna, en cada variedad, indica diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los períodos evaluados.

Q-RH: Producto fermentado de quinua Rosada de Huancayo de sabor natural

Q-PK: Producto fermentado de quinua Pasankalla de sabor natural

QBB-RH: Producto fermentado de quinua Rosada de Huancayo saborizado con jalea de bilberry y plátano

QD-PK: Producto fermentado de quinua Pasankalla saborizado con jalea de dátiles.

Los resultados del estudio de viabilidad del *Lactobacillus plantarum* Q823, también mostraron, que las BAL tuvieron una gran estabilidad, durante el período de almacenamiento de 28 días (5 - 7 °C), no se presentaron diferencias estadísticas entre los períodos evaluados (0, 7, 14, 21 y 28 días) en todos los productos fermentados de quinua, de sabor natural y saborizados, de ambas variedades (Tabla 20), es decir los recuentos del día 0, estadísticamente fueron iguales a los recuentos del día 28.

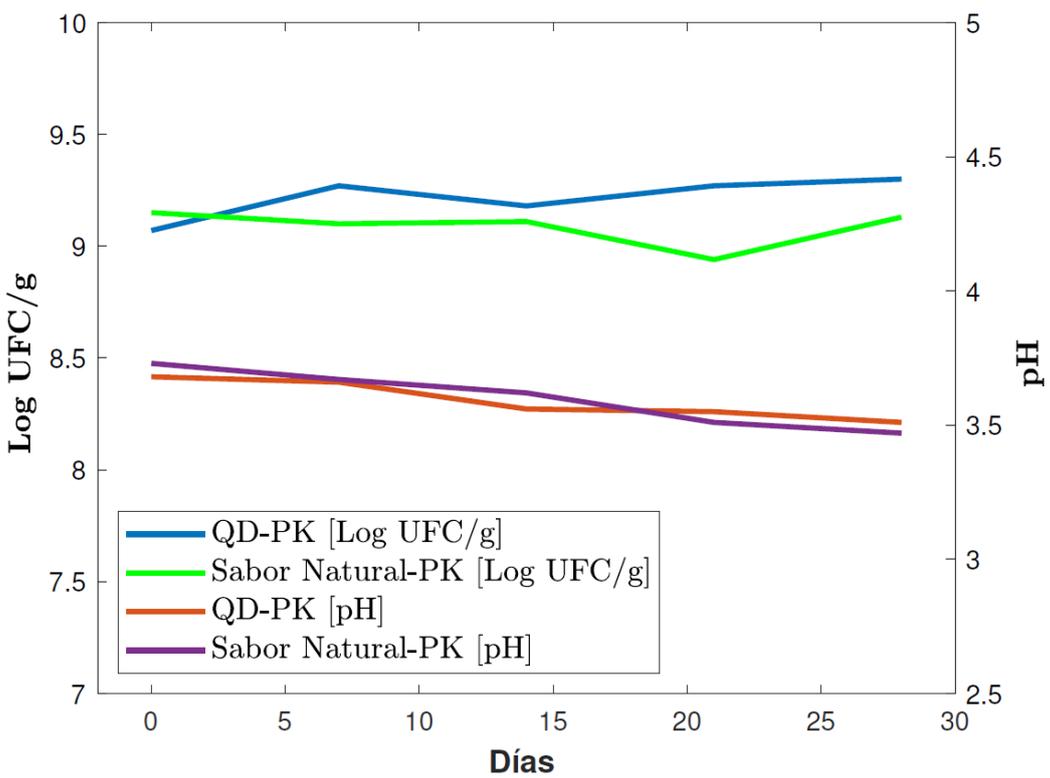
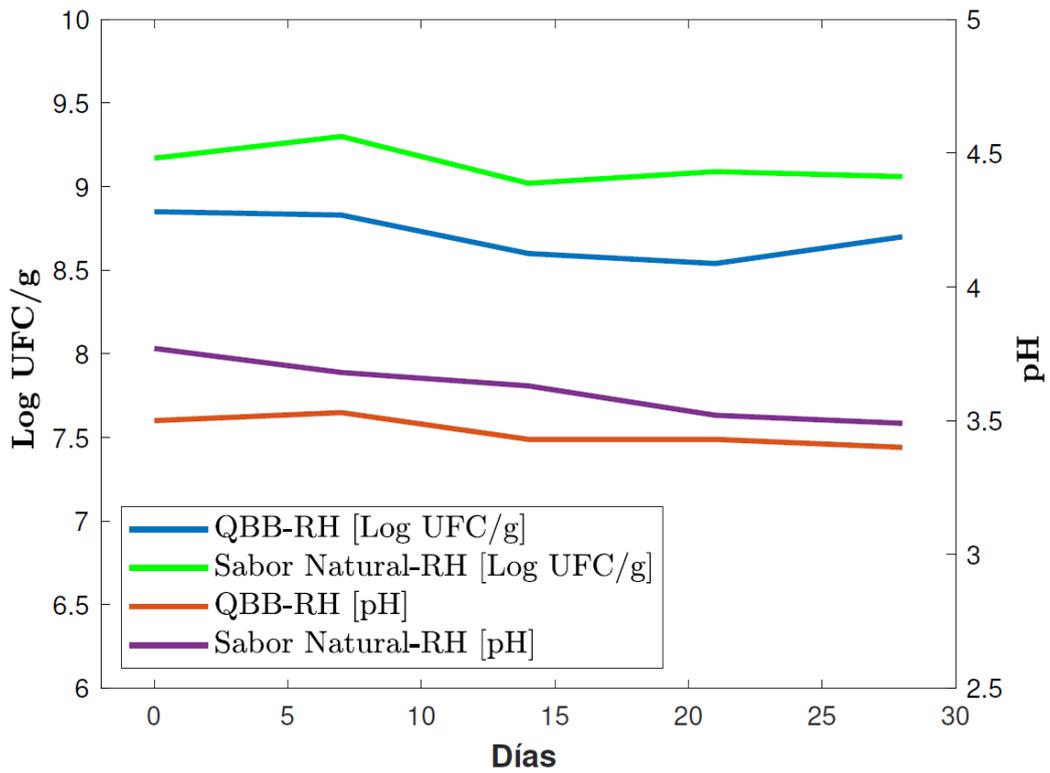


Figura 17: Estabilidad y viabilidad de las bacterias ácido lácticas (BAL), en los productos fermentados de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla, de sabor natural y saborizadas

Asimismo, estos resultados demostraron que, la adición o no de sabores, como la jalea de frutas, no afectó la viabilidad de las BAL. Además, la estabilidad y el alto recuento de BAL, podrían indicar que las bases de quinua son matrices adecuadas, para el crecimiento y supervivencia del *Lactobacillus plantarum* Q823. Asimismo, estos resultados demostraron claramente que se realizó un adecuado proceso de fermentación y que los productos desarrollados a base de quinua fueron excelentes para el crecimiento y viabilidad de las BAL, con niveles superiores a log 9 UFC/mL durante 28 días de almacenamiento en refrigeración (5 - 7°C).

Con respecto al recuento de BAL, en los productos comerciales evaluados, los que tuvieron recuentos mayores a log 6 UFC/mL, fueron sólo OP (log 8.23 UFC/mL) y OFA (log 6.42 UFC/mL), ambos, productos de avena y de la marca Yosa^R. El producto que tuvo un recuento menor a log 6 fue SB (log 4.23 UFC/mL), que fue un producto a base de soya. Por otro lado, en el producto OBV, a base de avena, no se encontró BAL, es decir no contenía microorganismos vivos. En base a estos resultados, se puede afirmar, en relación con la calidad microbiológica, que los productos fermentados, tipo yogurt, de quinua fueron superiores a los productos comerciales indicados, por que tuvieron recuentos de BAL superiores, lo cual es una excelente característica como alimento funcional.

4.4.3. Actividad metabólica durante la fermentación

La fermentación, es una técnica de conservación de alimentos que puede ayudar a mejorar la textura, estructura, valores nutricionales y el tiempo de vida útil de los productos alimenticios. Estas cualidades son asociadas con la producción de ácidos orgánicos, exopolisacáridos, componentes aromáticos y compuestos antifúngicos producidos por las bacterias ácido lácticas (BAL) (Wolter *et al.* 2014). En este estudio, se realizó el monitoreo de los azúcares y los ácidos orgánicos, durante la fermentación y el tiempo de almacenamiento de los productos fermentados de quinua (28 días).

Los resultados del contenido de azúcares y ácidos se presentan en la Tabla 22 y Figura 18, se puede observar que en las concentraciones iniciales de sacarosa y glucosa no se presentaron diferencias entre las variedades, mientras que, en la concentración de maltosa

Tabla 22: Actividad metabólica en los productos fermentados de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla: determinación de azúcares y ácidos (mg/g).

Tiempo (días)	ROSADA DE HUANCAYO						PASANKALLA					
	ÁCIDOS			ÁCIDOS			ÁCIDOS			ÁCIDOS		
	Málico	Acético	Láctico									
0	0.06 ± 0.01 ^{aA}	0.12 ± 0.02 ^{bA}	0.35 ± 0.04 ^{cA}	0.07 ± 0.00 ^{aA}	0.13 ± 0.02 ^{bA}	0.41 ± 0.02 ^{cA}	0.07 ± 0.00 ^{aA}	0.13 ± 0.02 ^{bA}	0.41 ± 0.02 ^{cA}	0.07 ± 0.00 ^{aA}	0.13 ± 0.02 ^{bA}	0.41 ± 0.02 ^{cA}
0.25	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.14 ± 0.02 ^{bA}	2.25 ± 0.28 ^{cB}	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.15 ± 0.02 ^{bA}	2.82 ± 0.13 ^{dB}	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.15 ± 0.02 ^{bA}	2.82 ± 0.13 ^{dB}	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.15 ± 0.02 ^{bA}	2.82 ± 0.13 ^{dB}
1	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.16 ± 0.03 ^{bA}	2.99 ± 0.27 ^{cB}	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.17 ± 0.01 ^{bA}	3.58 ± 0.09 ^{dC}	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.17 ± 0.01 ^{bA}	3.58 ± 0.09 ^{dC}	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.17 ± 0.01 ^{bA}	3.58 ± 0.09 ^{dC}
12	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.36 ± 0.08 ^{bB}	5.56 ± 0.55 ^{cC}	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.48 ± 0.08 ^{bB}	7.02 ± 0.12 ^{dD}	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.48 ± 0.08 ^{bB}	7.02 ± 0.12 ^{dD}	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.48 ± 0.08 ^{bB}	7.02 ± 0.12 ^{dD}
28	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.49 ± 0.13 ^{bB}	7.23 ± 0.49 ^{cD}	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.46 ± 0.06 ^{bB}	7.47 ± 0.18 ^{dE}	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.46 ± 0.06 ^{bB}	7.47 ± 0.18 ^{dE}	0.00 ± 0.00 ^{aB}	0.46 ± 0.06 ^{bB}	7.47 ± 0.18 ^{dE}
Tiempo (días)	AZÚCARES						AZÚCARES					
	Sacarosa	Maltosa	Glucosa									
0	2.77 ± 1.02 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{bA}	7.38 ± 1.29 ^{dA}	2.07 ± 0.35 ^{aA}	0.5 ± 0.05 ^{cA}	8.95 ± 1.34 ^{dA}	2.07 ± 0.35 ^{aA}	0.5 ± 0.05 ^{cA}	8.95 ± 1.34 ^{dA}	2.07 ± 0.35 ^{aA}	0.5 ± 0.05 ^{cA}	8.95 ± 1.34 ^{dA}
0.25	2.79 ± 1.00 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{bA}	6.6 ± 0.83 ^{dA}	2.23 ± 0.62 ^{aA}	0.5 ± 0.05 ^{cA}	9.09 ± 0.13 ^{eA}	2.23 ± 0.62 ^{aA}	0.5 ± 0.05 ^{cA}	9.09 ± 0.13 ^{eA}	2.23 ± 0.62 ^{aA}	0.5 ± 0.05 ^{cA}	9.09 ± 0.13 ^{eA}
1	2.75 ± 0.62 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{bA}	6.23 ± 0.97 ^{cA}	2.48 ± 0.25 ^{aA}	0.32 ± 0.28 ^{bA}	8.78 ± 1.7 ^{cA}	2.48 ± 0.25 ^{aA}	0.32 ± 0.28 ^{bA}	8.78 ± 1.7 ^{cA}	2.48 ± 0.25 ^{aA}	0.32 ± 0.28 ^{bA}	8.78 ± 1.7 ^{cA}
12	2.78 ± 0.36 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{bA}	5.43 ± 1.86 ^{cA}	2.57 ± 0.45 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{bB}	8.19 ± 2.09 ^{cA}	2.57 ± 0.45 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{bB}	8.19 ± 2.09 ^{cA}	2.57 ± 0.45 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{bB}	8.19 ± 2.09 ^{cA}
28	2.23 ± 0.35 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{bA}	5.42 ± 2.5 ^{cA}	2.66 ± 0.61 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{bB}	8.04 ± 3.14 ^{cA}	2.66 ± 0.61 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{bB}	8.04 ± 3.14 ^{cA}	2.66 ± 0.61 ^{aA}	0.00 ± 0.00 ^{bB}	8.04 ± 3.14 ^{cA}

Los superíndices en minúsculas comparan la significancia entre la determinación de ácidos de las variedades RH y PK; lo mismo para los azúcares de ambas variedades. Letras diferentes indica que existe diferencia significativa ($p < 0.05$)

Los superíndices en mayúsculas comparan el nivel de significancia de los niveles de tiempo (en días) para cada tipo de ácido y azúcar en ambas variedades. Letras diferentes indica que existe diferencia significativa ($p < 0.05$)

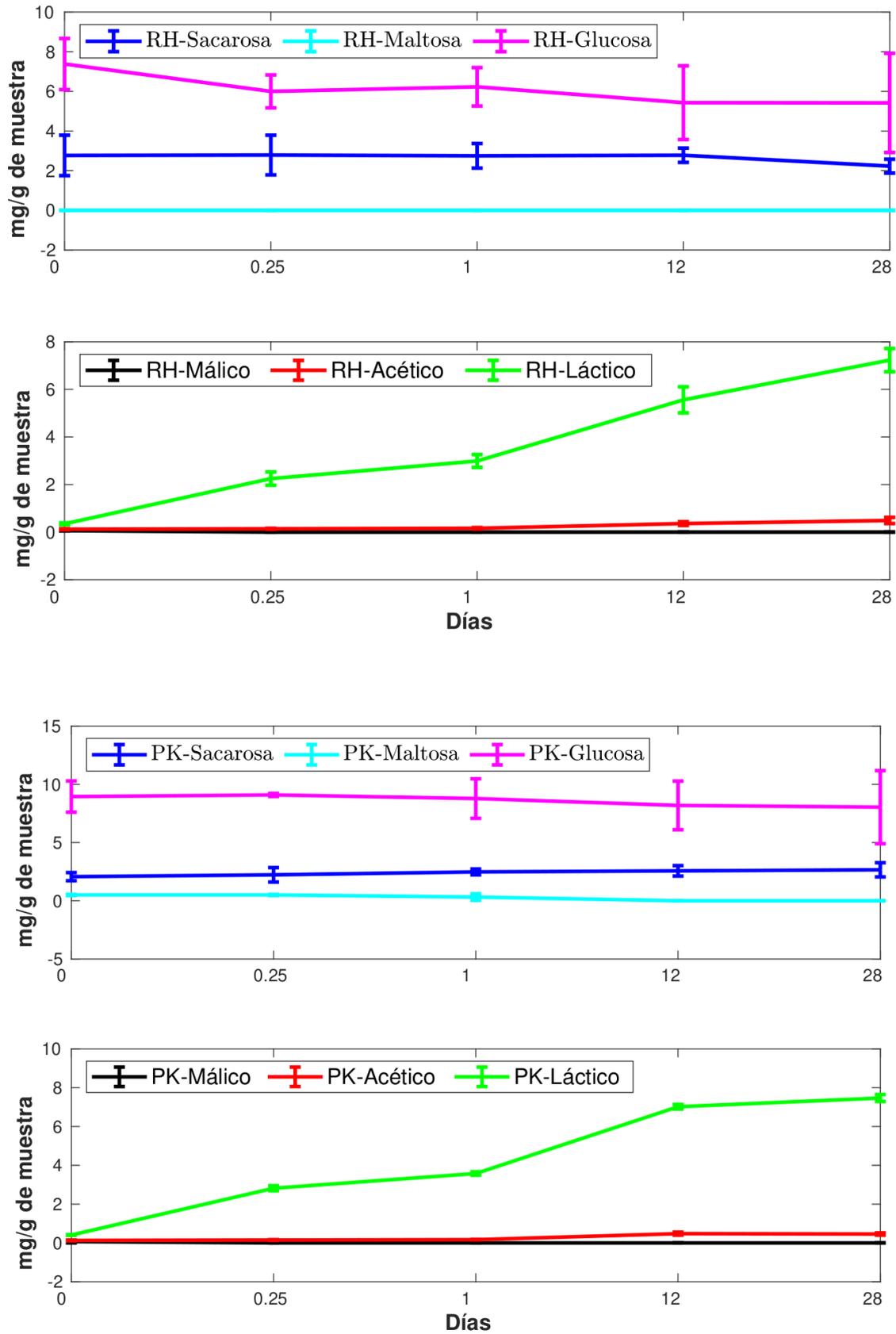


Figura 18: Actividad metabólica en los productos fermentados de quinua Rosada de Huancayo y Pasankalla

antes de la fermentación, fue significativamente diferente entre las variedades de quinua RH y PK. La concentración de glucosa en RH fue 7.38 ± 1.29 mg/g, mientras que en PK fue 8.95 ± 1.34 mg/g. La concentración de glucosa decreció en ambas variedades durante los 28 días de almacenamiento a niveles de 5.42 ± 2.5 y 8.04 ± 3.14 mg/g en RH y PK respectivamente, presentándose diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las concentraciones iniciales y finales para ambas variedades. Las concentraciones finales de sacarosa y maltosa no presentaron diferencias significativas, entre las variedades RH y PK respectivamente (Anexo 17).

Con respecto a la concentración de ácido láctico, se presentó un incremento durante el proceso de fermentación, en ambas variedades (RH y PK), que fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$); a diferencia de la concentración de ácido acético, que no presentó variaciones significativas, durante el proceso de fermentación; sin embargo el ácido málico disminuyó significativamente ($p < 0.05$), durante la fermentación, hasta niveles no detectables y se mantuvo así durante los 28 días de almacenamiento (Tabla 22 y Figura 18).

Durante el período de almacenamiento (28 días), el ácido láctico continuó incrementándose, presentando diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los períodos evaluados, tanto en RH como en PK, hasta alcanzar una concentración final de 7.23 ± 0.49 y 7.47 ± 0.18 mg/g en RH y PK respectivamente. Asimismo, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ambas variedades, en todos los períodos evaluados. Según Canaviri *et al.* (2020) durante el proceso de fermentación, de una bebida de quinua con *Lactobacillus plantarum* DSM9843, se desarrollaron concentraciones similares de D- y L-ácido láctico, que se incrementaron durante el período de almacenamiento (28 días).

El ácido acético, tuvo un ligero incremento, durante los 28 días de almacenamiento, presentándose diferencias significativas entre el día 1 y el día 28, en ambas variedades (RH y PK), sin embargo, los valores entre ambas variedades, en cada período evaluado, no presentaron diferencias significativas. El incremento del ácido acético es comparable al reportado por Larusso *et al.* (2018), que evaluaron, una bebida fermentada de quinua

con *Lactobacillus plantarum* T6B10, en el cual el ácido acético se incrementa significativamente, durante el almacenamiento (20 días).

Aunque las enzimas endógenas de las harinas pueden influenciar la actividad metabólica de las bebidas, la disminución de la glucosa y el incremento del ácido láctico está más directamente relacionado a la actividad de las bacterias ácido lácticas (BAL) durante la fermentación. Es importante destacar que el ácido acético estuvo prácticamente ausente en la fermentación, esto nos indica que la fermentación fue principalmente homoláctica.

Otro aspecto por destacar es que, se presentó variación, en la concentración de glucosa entre las dos variedades de quinua (RH y PK), al final del período de almacenamiento de las bebidas, sin embargo, es importante mencionar que la concentración de ácido láctico final fue casi la misma, en las bebidas de ambas variedades.

4.5. EVALUACIÓN SENSORIAL

Se utilizó la metodología Check-all-that-apply (CATA), para evaluar las propiedades sensoriales y la aceptación, de los productos fermentados de quinua de ambas variedades (RH y PK), con relación a cuatro productos veganos comerciales (Anexo 18), entre el público objetivo, de este tipo de productos.

En este estudio participaron, en total 66 consumidores (58 mujeres y 8 hombres) de 18 a 61 años, todos de la ciudad de Kuopio (Finlandia). En el Anexo 19, se puede observar la información detallada sobre las personas que participaron en la evaluación sensorial CATA. El número de consumidores participantes ($n = 66$), estuvo dentro del rango de 50 a 100, que es el recomendado para el método CATA (Adams *et al.* 2007, Ares *et al.* 2010, Dooley *et al.* 2010, Varela y Ares 2012).

En la Tabla 23, se presenta los 44 términos CATA, que fueron seleccionados, para la evaluación sensorial, los cuales se agruparon en 3 categorías: 14 para la textura/sensación en la boca, 20 términos para el sabor y 10 para otras cualidades. Los términos seleccionados para cada categoría fueron presentados en orden aleatorio, tal como se aprecia en la ficha de

evaluación (Anexo 20). Asimismo, en el Anexo 21, se presentan fotografías, del ambiente y la presentación de las muestras a los participantes.

Tabla 23: Términos Check-all-that-apply (CATA) utilizados en la evaluación sensorial de los productos fermentados de quinua y cuatro productos comerciales

	TEXTURA/SENSACIÓN EN BOCA		SABOR		OTRAS CUALIDADES
1	Fluido	1	Agrio	1	Saludable
2	Denso	2	Dulce	2	Comería más con agrado
3	Espeso	3	Sabor a cereal	3	Novedoso
4	Liso	4	Insípido	4	Tradicional
5	Suave	5	Sabor a berry	5	Natural
6	Arenoso	6	Frutado	6	Alto en proteína
7	Aterronado	7	Picante	7	Alto en fibra
8	Pedazos en la mezcla	8	Datil	8	Comería como un snack
9	Baboso	9	Mal sabor	9	Comería como un desayuno
10	Pegajoso	10	Pungente	10	Adecuado para la temporada
11	Resbalozo	11	Artificial		
12	Permanece en la superficie de la boca	12	Terroso		
13	Astringente	13	Fresco		
14	Cuchareable	14	Rancio		
		15	Sabor a soya		
		16	Vainilla		
		17	Ciruela		
		18	Higo		
		19	Regusto agradable		
		20	Regusto desagradable		
14		20		10	

Con respecto a las dos primeras preguntas, apariencia general y gusto, de los productos, los resultados promedio, con respecto a la apariencia general, estuvieron en el rango de 3.4 ± 1.8 a 4.3 ± 2.2 (QD-PK y QBB-RH respectivamente) hasta 7.7 ± 1.3 (SB). Una tendencia similar, se presentó en el gusto después de la evaluación: QD-PK y QBB-RH, fueron, en promedio, los que menos gustaron y SB fue el que más gustó (2.8 ± 1.9 y 3.5 ± 1.9 vs. 7.6 ± 1.5 respectivamente) (Anexo 22). Por otro lado, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$), entre los dos productos fermentados de quinua QBB-RH y QD-PK, tanto para la

aparición general, como para el gusto (Anexo 22). En otro estudio, se encontró que, el promedio del gusto de una leche no fermentada de quinua fue de 4.4 y el flavor 4.0, en base a una escala de puntuación de 9 (Pineli *et al.* 2015), los cuales concuerdan con los resultados obtenidos con QBB-RH y QD-PK. En general, la aceptación de las leches sustitutas y otros productos fermentados, a partir de vegetales, es bajo y los consumidores tienden a preferir productos familiares, sobre los productos no conocidos (Fenko *et al.* 2015).

En la Tabla 24, se presenta las respuestas de los consumidores (n = 66), con relación a cada término CATA, agrupados en porcentaje. De los 44 términos CATA, solo el término “alto en proteína” no tuvo diferencias significativas, en las frecuencias entre los productos. Esto implica que la metodología CATA, fue capaz de detectar diferencias en la percepción de los consumidores. Con respecto a las propiedades sensoriales, tanto QBB-RH y QD-PK fueron clasificados por más del 50% de los participantes como “arenoso” y presentando un “desagradable regusto”. Adicionalmente QBB-RH fue considerado con un “gusto a berry”, “agrio” “pungente” y “fluido”, mientras QD-PK fue asociado con los términos “picante”, “sabor a cereal”. “denso”, “espeso” y “permanece en la superficie de la boca”.

Con respecto a otras propiedades, QBB-RH y QD-PK fueron clasificados por más del 50% de los participantes como productos “novedosos”. Adicionalmente, más del 40% de los consumidores, percibieron a los productos fermentados QBB-RH y QD-PK como “saludables” y “altos en fibra”. Muchos de estos términos coinciden con lo manifestado por Montemurro *et al.* (2021) que los productos fermentados, tipo yogurt, a partir de plantas, son caracterizados normalmente como amargos, sabor a frijol, astringentes, sabor herbáceo y olores fuertes.

En la Figura 19 se presenta el análisis de correspondencia (CA) el cual fue realizado para visualizar el posicionamiento de los términos sensoriales, utilizados en la metodología CATA para todos los productos, desarrollados y comerciales. Los 6 productos fueron separados, y productos con términos sensoriales CATA similares, fueron posicionados cerca uno de otro. Este análisis de agrupamiento posicionó QBB-RH y QD-PK en el mismo grupo, con perfiles sensoriales que no estuvieron sobre posicionados con ningún otro producto.

Tabla 24: Porcentaje de participantes (n = 66), que seleccionaron cada término de la metodología Check-all-that-apply (CATA) para describir los productos fermentados de quinua desarrollados y cuatro productos comerciales.

TERMINO CATA	Alpro bilberry (SB)	Oatly bilberry vainilla (OBV)	Yosa Break Fig Apple (OFA)	Yosa plum (OP)	Quinoa RH plátano y bilberry (QBB-RH)	Quinoa PK dátiles (QD- PK)
SABOR						
Agrio***	7.6 ^D	13.6 ^C	3.0 ^D	19.7 ^{BC}	53.0 ^A	28.8 ^B
Dulce**	87.9 ^A	33.3 ^C	30.3 ^{CD}	62.1 ^B	16.7 ^D	15.2 ^D
Sabor a cereal***	0.0 ^E	15.2 ^D	71.2 ^A	37.9 ^{BC}	31.8 ^{CD}	53.0 ^{AB}
Insípido***	0.0 ^B	36.4 ^A	43.9 ^A	3.0 ^B	4.5 ^B	6.1 ^B
Sabor a berry***	100.0 ^A	45.5 ^B	4.5 ^D	25.8 ^C	51.5 ^B	3.0 ^D
Frutado***	10.6 ^C	1.5 ^C	45.5 ^B	72.7 ^A	3.0 ^C	7.6 ^C
Picante***	7.6 ^{BC}	3.0 ^C	1.6 ^B	9.1 ^{BC}	18.2 ^B	56.1 ^A
Dátil***	1.5 ^C	0.0 ^C	13.6 ^{AB}	3.0 ^{BC}	0.0 ^C	19.7 ^A
Mal sabor***	12.1 ^B	43.9 ^A	13.6 ^B	18.2 ^B	51.5 ^A	45.5 ^A
Pungente***	1.5 ^C	9.1 ^{BC}	1.5 ^C	18.2 ^B	53.0 ^A	39.4 ^A
Artificial*	30.3 ^A	36.4 ^A	13.6 ^B	33.3 ^A	37.9 ^A	28.8 ^A
Terroso***	0.0 ^B	6.1 ^B	4.5 ^B	0.0 ^B	37.9 ^A	43.9 ^A
Fresco***	34.8 ^B	16.7 ^{CD}	15.2 ^{CD}	43.9 ^A	18.2 ^{BC}	4.5 ^D
Rancio***	3.0 ^B	36.4 ^A	27.3 ^A	12.1 ^B	39.4 ^A	39.4 ^b
Sabor a soya***	37.9 ^A	50.0 ^A	12.1 ^B	6.1 ^{BC}	6.1 ^{BC}	0.0 ^C
Vainilla***	12.1 ^B	30.3 ^A	47.0 ^A	10.6 ^B	0.0 ^C	6.1 ^{BC}
Ciruela***	0.0 ^D	7.6 ^{CD}	13.6 ^{BC}	24.2 ^B	4.5 ^{CD}	47.0 ^A
Higo***	1.5 ^B	1.5 ^B	37.9 ^A	3.0 ^B	0.0 ^B	21.2 ^A
Buen regusto***	56.1 ^A	12.1 ^B	19.7 ^B	43.9 ^A	9.1 ^B	9.1 ^B
Mal regusto***	3.0 ^D	33.3 ^B	16.7 ^C	10.6 ^{CD}	59.1 ^A	54.5 ^A
SENSACIÓN EN LA BOCA/TEXTURA						
Fluido***	16.7 ^B	1.5 ^C	0.0 ^C	3.0 ^C	84.8 ^A	4.5 ^C
Denso***	18.2 ^C	25.8 ^{BC}	43.9 ^A	40.9 ^{AB}	16.7 ^C	57.6 ^A
Espeso***	19.7 ^C	36.4 ^B	87.9 ^A	48.5 ^B	0.0 ^D	50.0 ^B
Liso***	69.7 ^A	81.8 ^A	3.0 ^C	12.1 ^B	6.1 ^{BC}	6.1 ^{BC}
Suave***	84.8 ^A	84.8 ^A	27.3 ^C	47.0 ^B	1.5 ^D	22.7 ^C
Arenoso***	0.0 ^C	3.0 ^C	21.2 ^c	6.1 ^b	81.8 ^A	78.8 ^A
Aterronado***	1.5 ^D	0.0 ^D	77.3 ^A	13.6 ^B	6.1 ^{BCD}	10.6 ^{BC}
Pedazos en la mezcla***	56.1 ^{BC}	3.0 ^D	87.9 ^A	71.2 ^B	47.0 ^B	13.6 ^D

<<Continuación>>

Baboso***	1.5 ^B	1.5 ^B	4.5 ^B	48.5 ^A	0.0 ^B	42.4 ^A
Pegajoso***	0.0 ^D	4.5 ^{CD}	13.6 ^{BC}	21.2 ^{AB}	4.5 ^{CD}	30.3 ^A
Resbalozo***	33.3 ^B	42.4 ^A	6.1 ^C	33.3 ^{AB}	16.7 ^{BC}	4.5 ^C
Permanece en la superficie***	15.2 ^D	12.1 ^D	28.8 ^C	30.3 ^{BC}	48.5 ^{AB}	54.5 ^A
Astringente***	1.5 ^D	6.1 ^{BCD}	0.0 ^D	9.1 ^{BC}	28.8 ^A	13.6 ^B
Cuchareable***	78.8 ^A	84.8 ^A	80.3 ^A	72.7 ^A	22.7 ^C	54.5 ^B

OTROS TERMINOS

Saludable***	28.8 ^D	27.3 ^D	60.6 ^A	43.9 ^{BC}	40.9 ^{BCD}	45.5 ^{AB}
Comería más con agrado***	56.1 ^A	21.2 ^{BC}	12.1 ^{CD}	31.8 ^B	3.0 ^D	4.5 ^D
Novedoso***	6.1 ^D	37.9 ^{BC}	34.8 ^C	27.3 ^C	63.6 ^A	54.5 ^{AB}
Tradicional***	59.1 ^A	21.2 ^B	6.1 ^C	22.7 ^B	3.0 ^C	1.5 ^C
Natural***	25.8 ^B	13.6 ^B	45.5 ^A	22.7 ^B	12.1 ^B	19.7 ^B
Alto en proteína ^{ns}	15.2 ^A	19.7 ^A	16.7 ^A	3.0 ^A	12.1 ^A	12.1 ^A
Alto en fibra***	3.0 ^C	9.1 ^C	60.6 ^A	27.3 ^B	37.9 ^B	68.2 ^A
Comería como un snack***	80.3 ^A	45.5 ^B	47.0 ^B	66.7 ^A	15.2 ^C	21.2 ^C
Comería como un desayuno***	66.7 ^A	37.9 ^B	39.4 ^B	37.9 ^B	13.6 ^C	15.2 ^C
Adecuado para la temporada***	7.6 ^B	9.1 ^B	22.7 ^A	28.8 ^A	1.5 ^B	25.8 ^A

Los valores más altos (> 50 %) están resaltados en cada término CATA

***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05, ns indica no significancia (p > 0.05) de acuerdo con la Prueba Q de Cochran

Valores de porcentaje con diferentes letras indica que son diferentes significativamente (p < 0.05) de acuerdo con la Prueba de McNemar.

QBB-RH: Producto fermentado de quinua Rosada de Huancayo (RH) saborizado con jalea de bilberry y plátano

QD-PK: Producto fermentado de quinua Pasankalla (PK) saborizado con jalea de dátiles.

SB: Soy-based spoonable product bilberry (Alpro, Bélgica)

OBV: Oatly bilberry vanilla (Oatly AB, Sweden)

OFA: Break fig Apple (Bioferme, Oy, Finland)

OP: Oat based-products YOSA (Bioferme Oy, Finland)

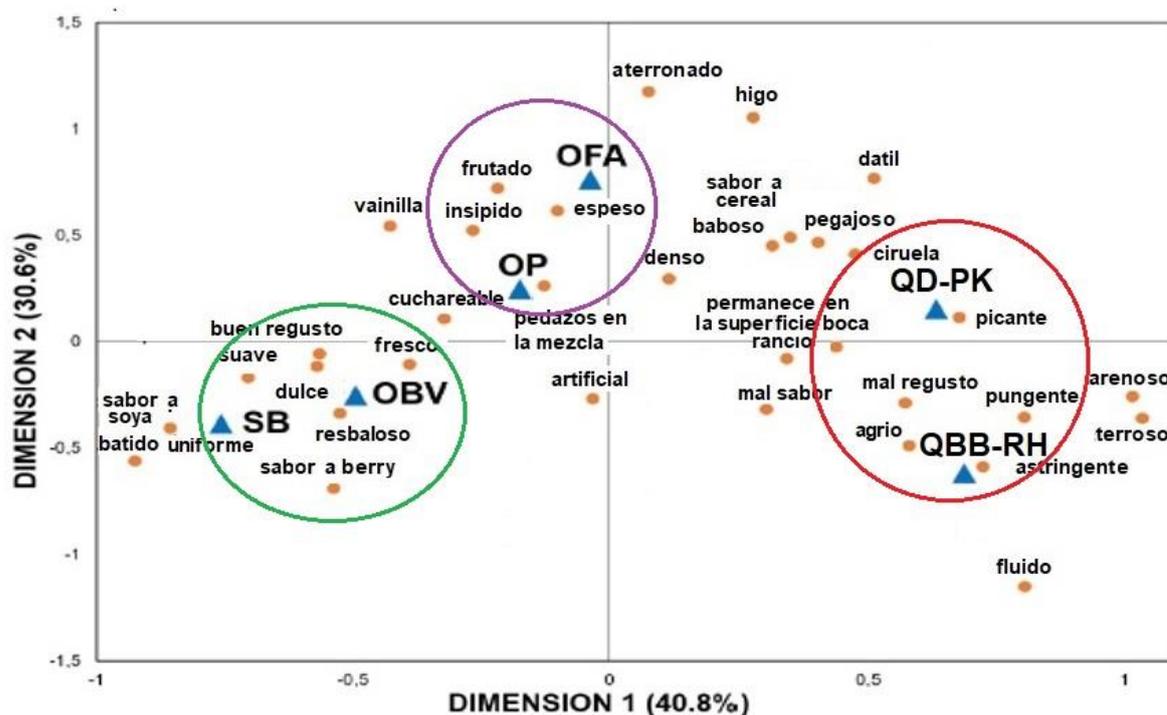


Figura 19: Mapa del Análisis de Correspondencia (CA), de la evaluación sensorial CATA

Aunque QBB-RH y QD-PK difieren en términos de sus sabores (plátano-bilberry y dátiles respectivamente) los análisis de correspondencia los agruparon dentro del mismo grupo. Esto indica que el sabor natural y característico de la quinua, fue dominante en los productos experimentales. Esto coincide con otros productos desarrollados de quinua, en los cuales se determinó, que el sabor característico, de la quinua, fue muy dominante (Agza *et al.* 2018).

En base a los términos de CATA, los niveles bajos de aceptación, de QBB-RH, pueden ser debido, muy probablemente al sabor agrio y pungente (Tabla 24), sabor característico, que tienen los productos fermentados y son similares a los sabores percibidos en las bebidas de yogurt (Farah *et al.* 2017) y productos de quinua similares (Agza *et al.* 2018, Bianchi *et al.* 2015, Lorusso *et al.* 2018, Ramos Diaz *et al.* 2015). Asimismo, los sabores a nuez y frijol han sido declarados en diferentes productos de quinua y que también disminuyen la aceptabilidad, de los productos desarrollados (Lorusso *et al.* 2018, Mäkinen *et al.* 2015).

La presencia de saponinas en la quinua es un factor importante, que disminuye la aceptación de los productos a base de quinua pese a que, antes del proceso, se somete el grano a sucesivos lavados para eliminar las saponinas (Agza *et al.* 2018). Sin embargo, las variedades de quinua utilizadas en este estudio contienen muy poco o casi nada de saponinas, como se puede apreciar en la Tabla 10. Por lo tanto, los sabores agrio y pungente, detectados en los productos QBB-RH y QD-PK, probablemente fueron debido a otros componentes y no a las saponinas. La quinua también contiene compuestos fenólicos, tales como el ácido 4-hidroxibenzoico y ácido succínico (Pellegrini *et al.* 2018) y *Lactobacillus plantarum* Q823 produce ácido láctico y ácido acético, de acuerdo con el estudio metabólico realizado (Tabla 22). Todos estos compuestos pueden jugar un rol importante en la aparición de los sabores agrio y pungente detectados en QBB-RH y QD-PK y pueden ser corregidos en las formulaciones definitivas antes de su escalamiento a nivel industrial.

Asimismo, es importante mencionar que los encuestados fueron todos de origen finlandés, por tanto, probablemente, no estaban acostumbrados al intenso olor y sabor característico de la quinua, sobre todo de las variedades estudiadas (RH y PK), que son de origen peruano y de por sí son bastante aromáticas. El consumo de quinua básicamente era quinua blanca, de origen finlandés o importada, esta quinua tenía un olor y sabor más suave que las variedades RH y PK (origen peruano), con la cual se desarrollaron los productos fermentados, tipo yogurt.

Hay cientos de variedades de quinua en el mundo las cuales difieren significativamente en olor, sabor y textura (Wu *et al.* 2017). Por tanto, sería interesante, evaluar otras variedades de quinua, para optimizar las propiedades sensoriales de los productos procesados, especialmente de productos fermentados, que desarrollan aún más, otros compuestos que influyen en el flavor del producto final.

Uno de los objetivos de este estudio, fue desarrollar un producto fermentado de quinua, tipo yogurt, se logró desarrollar productos de dos variedades de quinua (RH y PK), que además cumplen otras características buscadas por los consumidores, de acuerdo a las tendencias actuales, tales como ser naturales, sin gluten, sin lactosa, veganos y utilizando una pequeña cantidad de ingredientes, lo que contrasta si se comparan con los productos comerciales evaluados; se puede apreciar en la Figura 20, que estos productos fermentados comerciales,

PRODUCTOS

OFA

OP

QD-PK

OBV

SB

QBB-RH



INGREDIENTES

Agua, grano entero de avena (hojuelas, enrollados, sémola), jugo concentrado de manzana, manzana en cubos, higo, espesantes (pectina, almidón modificado de papa), extracto de vainilla, vaina de vainilla molida, aromas (vanillin), reguladores de acidez (ácido cítrico), beta caroteno natural, sal marina, fermento láctico.

Agua, grano entero de avena, fruta preparada (azúcar, ciruela, jugo de ciruela y jugo concentrado de remolacha, estabilizante (pectina), regulador de acidez (citrato de sodio), saborizantes, colorantes (beta caroteno, riboflavina), sal marina, fermento láctico.

Agua, harina de quinua (PK) (17%), fruta preparada (15%) (dátiles secos, azúcar, cardamon, canela, goma xantan) fermento láctico (*Lactobacillus plantarum Q823*)

Base fermentada de avena (agua, avena (12%), fermento láctico), azúcar (4.4%), bilberry (3.5%), almidón de papa, aceite de canola, proteína de papa, almidón de maíz, aroma natural, vaina de vainilla molida (0.2%), jugo de limón concentrado, carbonato de calcio, fosfato de calcio, vitaminas (D2, riboflavina y B12)

Agua, azúcar, soja pelada (7.2%), bilberry (5.8%), jarabe de glucosa-fructosa, citrato tricalcico, reguladores de acidez (citrato de sodio, ácido cítrico), estabilizador (pectina), aroma natural, concentrado de hiboscos y zanahoría, sal marina, antioxidantes (extracto de tocoferol, ácidos grasos, ésteres de ácido ascórbico), vitaminas (riboflavina (B2), B12, D2), fermento láctico de yogurt (*St. thermophilus*, *L. bulgaricus*)

Agua, harina de quinua (RH) (17%), fruta preparada (15%) (plátano, bilberry, azúcar, almidón de papa) fermento láctico (*Lactobacillus plantarum Q823*)

Figura 20: Ingredientes de las bebidas fermentadas de quinua y productos comerciales

OFA: Break fig Apple (Bioferme, Oy, Finland)

OP: Oat based-products YOSA (Bioferme Oy, Finland)

QD-PK: Producto fermentado de quinua Pasankalla (PK) saborizado con jalea de dátiles.

OBV: Oatly bilberry vanilla (Oatly AB, Sweden)

SB: Soy-based spoonable product bilberry (Alpro, Bélgica)

QBB-RH: Producto fermentado de quinua Rosada de Huancayo (RH) saborizado con jalea de bilberry y plátano

contienen una lista larga de ingredientes, en comparación a los productos desarrollados QD-PK y QBB-RH, especialmente cuando se compara con SB, que es el producto comercial que más ingredientes tiene y el que tuvo mayor puntaje en gusto y apariencia.

Por otra parte, es importante precisar que, en el mercado finlandés, no existían productos fermentados de quinua, por esta razón fue necesario seleccionar productos de soja y avena que tenían características similares a los productos que se desarrollaron. Estos productos comerciales contenían agentes aromatizantes y edulcorantes que probablemente mejoraron su gusto y percepción sensorial, lo que les dio una ventaja en comparación con los productos fermentados de quinua, que no contenían estos aditivos. En el escalamiento a nivel industrial se podrán mejorar las características sensoriales con aditivos autorizados por las entidades competentes.

Como se mencionó antes, los productos comerciales analizados se diferenciaron de los productos fermentados de quinua, en la apariencia general y el gusto, un factor importante podría ser debido a que estos productos contienen saborizantes y otros aditivos que mejoran sus características sensoriales y por tanto su aceptación. Asimismo, de acuerdo con los comentarios realizados, en la ficha de evaluación, algunos consumidores ya habrían probado los productos comerciales, incluso en algunos casos, indicaron su posible identificación, por tanto, esto podría haber inclinado una mayor aceptabilidad, hacia aquellos productos que les eran familiares.

Por otra parte, los aspectos importantes, que tuvieron en común los productos fermentados de quinua y los comerciales, fueron: que son productos fermentados, de materias primas vegetales, saludables, veganos y sin gluten ni lactosa, con respecto a las características sensoriales, siempre se podrán mejorar, adaptándolos al mercado objetivo, lo importante es que fueron detectados gracias al análisis sensorial CATA y se deberán tener en cuenta los resultados y las posibles mejoras, antes del escalamiento a nivel industrial.

En general, la aceptación, por parte de los consumidores, de productos nuevos y alimentos no familiares, usualmente toma tiempo, pero puede ir incrementándose sucesivamente (Song *et al.* 2019), a medida que se van conociendo las virtudes de estos productos nuevos. Por lo tanto, es importante, seguir desarrollando productos nuevos a base de quinua, e introducirlos

en los mercados donde aún no hay costumbre de consumirlos. Asimismo, es importante resaltar que QBB-RH y QD-PK, fueron percibidos como, “novedosos” “saludables” y “altos en fibra” por los consumidores, durante la evaluación sensorial, por tanto, hay conciencia de la calidad, de los beneficios nutricionales de estos productos, esta percepción es muy importante porque podría ir mejorando su aceptación (Suzuki y Park, 2018).

VI. CONCLUSIONES

- La quinua Pasankalla (PK), presentó un mayor contenido de proteína (significativamente diferente $p < 0.05$), tanto en grano como en harina, respecto a la quinua Rosada de Huancayo (RH). En los demás componentes los resultados fueron similares entre ambas variedades.
- Los rendimientos de extracción del concentrado de proteína de quinua (CPQ), para la quinua RH y PK no presentaron diferencias significativas entre ambas variedades.
- El concentrado de proteína de la quinua PK, tuvo un nivel más alto de proteína (84.65 ± 1.05 % b.s), en comparación al concentrado de la quinua RH (79.70 ± 0.87 % b.s), presentándose diferencias significativas entre ambas variedades.
- El concentrado de proteínas de la quinua RH tuvo valores más altos de solubilidad (%) y capacidad de absorción de agua (CAA) que el CPQ de la variedad PK, mientras que la capacidad de retención de agua (CRA), fue mayor en la variedad PK, presentándose diferencias significativas ($p < 0.05$) entre todos los niveles de pH evaluados (2 - 9), a excepción del pH 4.
- El rendimiento de extracción del almidón de la quinua RH fue mayor al obtenido para el almidón PK, presentándose diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ambas variedades.
- Los componentes minoritarios de los almidones RH y PK (proteína, fibra y ceniza), mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$), mientras que en el contenido de grasa no se presentaron diferencias significativas. Los contenidos de amilosa y amilopectina presentaron diferencias significativas en ambas variedades. En cuanto

- al color los almidones PK y RH tuvieron una alta luminosidad, obteniéndose el mayor valor para el almidón PK (97.64 ± 0.33).
- El almidón de la quinua Pasankalla (PK), tuvo un mayor Poder de Hinchamiento (PH), Índice de Solubilidad (ISA) y Claridad y una menor Sinéresis en refrigeración, significativamente diferentes ($p < 0.05$), que el almidón de la quinua Rosada de Huancayo (RH), estos resultados se vieron reflejados en que, las bebidas fermentadas de la quinua PK (Q-PK y QD-PK) tuvieron una mayor viscosidad y mejor estabilidad, durante el almacenamiento (28 días) en refrigeración ($5 - 7 \text{ }^\circ\text{C}$). Asimismo, el almidón PK, al tener una menor sinéresis, tiene una menor estabilidad a la retrogradación, lo que le daría una mayor resistencia, ante cambios bruscos de temperatura, que pudieran ocurrir durante el almacenamiento, de los productos elaborados.
- Las bebidas fermentadas de quinua, de ambas variedades (RH y PK), fueron desarrolladas satisfactoriamente, mostrando ambas variedades características apropiadas para el desarrollo de bebidas fermentadas “tipo yogurt”. Asimismo, fueron nutricionalmente adecuadas, logrando en el producto final, niveles de proteína superiores al 2 %, muy bajo nivel de grasa, altos en fibra, bajos en sodio y un buen balance de minerales, además presentando condiciones de viscosidad estables y manteniendo un $\text{pH} \leq 4.5$, sin variaciones significativas, durante los 28 días de almacenamiento, en refrigeración.
- El estudio metabólico de la fermentación de quinua de ambas variedades (RH y PK), para obtener las bebidas “tipo yogurt”, mostró que se trató de una fermentación homoláctica, con incremento de ácido láctico, durante la fermentación y almacenamiento en refrigeración (28 días), a diferencia del ácido acético y málico, que no mostraron variaciones durante el proceso de fermentación y almacenamiento.
- Antes de la fermentación, las concentraciones de glucosa y sacarosa no presentaron diferencias significativas entre las variedades, mientras que la maltosa si fue significativamente diferente. La concentración inicial de la glucosa decreció

significativamente ($p < 0.5$) durante el período de almacenamiento en ambas variedades.

- *Lactobacillus plantarum* Q823, fue capaz de crecer satisfactoriamente en las bases de quinua, produciendo la fermentación del producto y logrando sobrevivir durante 28 días de almacenamiento en refrigeración ($5 - 7^{\circ}\text{C}$), con un recuento final de $\text{Log } 9.30 \pm 0.30 \text{ UFC/mL}$ y $\text{Log } 9.13 \pm 0.49 \text{ UFC/mL}$ en los productos fermentados, de sabor natural y saborizados, de la quinua PK y de $\text{Log } 9.06 \pm 0.24 \text{ UFC/mL}$ y $\text{Log } 8.70 \pm 0.19 \text{ UFC/mL}$ en los productos de quinua RH, sin diferencias significativas entre las variedades de quinua, ni entre los productos fermentados de sabor natural y saborizados. Se demostró que la quinua es una excelente matriz para el desarrollo y viabilidad de microorganismos probióticos como el *Lactobacillus plantarum* Q823.
- Los productos fermentados de quinua fueron percibidos en la evaluación sensorial CATA, como “novedosos”, “saludables” y “altos en fibra”; los niveles de apariencia y gusto fueron bajos, sin embargo, son características que podrán mejorarse, tomando en cuenta las opiniones de los consumidores, vertidas en la evaluación CATA, cuando se realice el escalamiento a nivel industrial.
- Con este trabajo se ha demostrado que la quinua es un alimento con excelentes cualidades para producir productos fermentados, tipo yogurt, con microorganismos probióticos, lo cual abre un inmenso panorama de la gran variabilidad de productos, que se pueden desarrollar y ofertar en el mercado contribuyendo a una alimentación saludable.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio profundo sobre los microcomponentes de la quinua Pasankalla que propician el desarrollo de microorganismos probióticos, en comparación con otras variedades de quinua. Esto debido a que en esta variedad se logró un mayor desarrollo de los microorganismos probióticos en comparación con la quinua Rosada de Huancayo.
- Realizar un estudio sobre la producción o incremento de compuestos bioactivos y reducción de compuestos antinutrientes que podrían desarrollarse durante la fermentación de quinua con *Lactobacillus plantarum* Q823.
- Realizar el escalamiento a nivel industrial de los productos fermentados de quinua, tipo yogurt, teniendo en cuenta los resultados de la evaluación sensorial CATA, del presente estudio.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugoch, LE .2009. Quinoa (*chenopodium quinoa* willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, **58**, 1-31.
- Abugoch, LE; Romero, N; Tapia, CA; Silva, J; Rivera, M. 2008. Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) protein isolates. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, *56*(12), 4745-4750.
- Abegunde, OK; Mu, TH; Chen, JW; Deng, FM. 2013. Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. *Food Hydrocolloids*, *33*(2), 169-177.
- Adams, J; Williams, A; Lancaster, B; Foley, M. 2007. Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. In 7th Pangborn sensory science symposium (Vol. 16).
- Agza, B; Bekele, R; Shiferaw, L. 2018. Quinoa (*Chenopodium Quinoa*, Wild.): As a potential ingredient of injera in Ethiopia. *Journal of Cereal Science*, *82*, 170–174. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.06.009>.
- Ahamed, N; Singhal, R; Kulkarni, P; Pal, R. 1996. Physicochemical and functional properties of *Chenopodium quinoa* starch. *Carbohydrate Polymers*, **31**, 99-103.
- Ahmed, J; Thomas, L; Arfat, YA; Joseph, A. 2018. Rheological, structural and functional properties of high-pressure treated quinoa starch in dispersions. *Carbohydrate Polymers* *197*:649–657.
- Alais, Ch. 1985. *La Ciencia de la Leche. Principios de técnica lechera*. Editorial Reverté. Barcelona. España.
- Alandia, G; Rodriguez, JP; Jacobsen, SE; Bazile, D; Condori, B. 2020. Global expansion of quinoa and challenges for the Andean region. *Global Food Security*, *26*, 100429.

- Angelov, A; Gotcheva, V; Kuncheva, R; Hristozova, T. 2006. Development of a new oat-based probiotic drink. *International Journal of Food Microbiology*, 112, 75–80.
- AOAC. 1990. *Official methods of analysis* (18th ed.). Gaithersburg, MD, USA: AOAC Intl.
- AOAC. 2005. *Official methods of analysis* (15th ed.). Arlington, VA, USA: AOAC Intl.
- AOAC. 2007. *Official Methods of Analysis*. 18th Edition, Association of Official Analytical chemists, Gaithersburg.
- Apaza, V; Cáceres, G; Estrada, R; Pinedo, R. 2013. *Catálogo de Variedades Comerciales de Quinoa en el Perú*. INIA-FAO. JB Grafic E.I.R.L. Lima-Perú. 82p
- Arendt, EK; Zannini, E. 2013. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Elsevier.
- Ares, G; Barreiro, C; Deliza, R; Giménez, AN; Gambaro, A. 2010. Application of a check-all-that-apply question to the development of chocolate milk desserts. *Journal of Sensory Studies*, 25, 67-86.
- Ares, G; Bruzzone, F; Vidal, L; Cadena, RS; Giménez, A; Pineau, B; Jaeger, SR. 2014. Evaluation of a rating-based variant of check-all-that-apply questions: Rate-all-that-apply (RATA). *Food Quality and Preference*, 36, 87-95.
- Ares, G; Jaeger, SR. 2015. Check-all-that-apply (CATA) questions with consumers in practice: Experimental considerations and impact on outcome. In *Rapid sensory profiling techniques* (pp. 227-245). Woodhead Publishing.
- Arzapalo, D; Huamán, K; Quispe, M; Espinoza, C. 2015. Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca junín. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 81(1):44-54.
- Ashraf, S; Saeed, SMG; Sayeed, SA; Ali, R. 2012. Impact of microwave treatment on the functionality of cereals and legumes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14(3), 365-370.
- Badui Dergal, S. 2016. *Química de los alimentos*. México, Pearson Educación. 738p.
- Bao, J; Bergman, CJ. 2004. Starch in food: structure, function and applications. In Ann-Charlotte Eliasson (eds). *The functionality of rice starch*. Cambridge, Reino Unido, Woodhead Publishing. p. 258-294.

- Barrangou, R., Lahtinen, S. J., Ibrahim, F., & Ouwehand, A. C. (2012). Genus lactobacillus. Lactic acid bacteria. Microbiological and functional aspects, 7.
- Bautista-Expósito, S; Peñas, E; Dueñas, M; Silván, JM; Frias, J; Martínez-Villaluenga, C. 2018. Individual contributions of Savinase and *Lactobacillus plantarum* to lentil functionalization during alkaline pH-controlled fermentation. Food chemistry, 257, 341-349.
- Bhargava, A; Shukla, S; Ohri, D. 2006. *Chenopodium quinoa* - an Indian perspective. Industrial Crops and Products, 23, 73-87.
- Bianchi, F; Rossi, EA; Gomes, RG; Sivieri, K. 2014a. Potentially symbiotic fermented beverage with aqueous extracts of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and soy. Food Science and Technology International 21(6):403-415.
- Bianchi, F; Rossi, EA; Kimiko, I; Tallarico, MA; Van de Wiele, T; Sivieri, K. 2014b. Beneficial effects of fermented vegetal beverages on human gastrointestinal microbial ecosystem in a simulator. Food Research International. 64:43-52.
- Bianchi, F; Rossi, E; Gomes, R; Sivieri, K. 2015. Potentially synbiotic fermented beverage with aqueous extracts of quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd) and soy. Food Science and Technology International, 21(6), 403–415. <https://doi.org/10.1177/1082013214540672>.
- Breidt, F; McFeeters, F; Perez-Diaz, I; Cherl-Ho, L. 2013. Fermentations and beneficial microorganisms. Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. Edited Michael Doyle and Robert Buchanan. ASM Press USA. 841-855.
- Burrieza, HP; Rizzo, AJ; Pérez, OE. 2020. Quinoa Does Not Contain Prolamins. Comments on " Quinoa Protein: Composition, Structure and Functional Properties", Dakhili Et Al. (2019). Food chemistry, 325, 126934.
- Cadena, RS; Caimi, D; Jaunarena, I; Lorenzo, I; Vidal, L; Ares, G. 2014. Comparison of rapid sensory characterization methodologies for the development of functional yogurts. Food Research International, 64, 446–455. <https://doi.org/101016/j.foodres.2014.07.027>.
- Caio, G; Volta, U; Sapone, A; Leffler, DA; De Giorgio, R; Catassi, C; Fasano, A. 2019. Celiac disease: a comprehensive current review. BMC medicine, 17(1), 1-20.

- Campos, C. 2018. Accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotipo altiplano en condiciones de costa central. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú, p. 112.
- Canaviri, P; Jannat, R; Håkansson, A. 2020. Safeguarding of quinoa beverage production by fermentation with *Lactobacillus plantarum* DSM 9843. *International Journal of Food Microbiology*. 324.108630.
- Cargill. 2020. Plant-based yogurts are catching more consumers' eyes. Cargil Helping the world thrive. <https://www.cargill.com/doc/1432157757643/plant-based-yogurts.pdf>.
- Castanha, N; Da Matta Junior, MD; Augusto, PED. 2017. Potato starch modification using the ozone technology. *Food Hydrocolloids*, 66, 343-356. Potato starch modification using the ozone technology
- Cerdá-Bernad, D; Valero-Cases, E; Pastor, JJ; Frutos, MJ; Pérez-Llamas, F. 2021. Probiotic red quinoa drinks for celiacs and lactose intolerant people: study of functional, physicochemical and probiotic properties during fermentation and gastrointestinal digestion. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 1-11.
- Chirinos, R; Pedreschi, R; Velásquez-Sánchez, M; Aguilar-Galvez, A; Campos, D. 2020. In vitro antioxidant and angiotensin I-converting enzyme inhibitory properties of enzymatically hydrolyzed quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*) proteins. *Cereal Chemistry*, 97(5), 949-957.
- Coda, R; Nionelli, L; Rizzello, CG; De Angelis, M; Tossut, P; Gobbetti, M; 2010. Spelt and emmer flours: characterization of the lactic acid bacteria microbiota and selection of mixed autochthonous starters for bread making. *Journal of Applied Microbiology* 108, 925–935.
- Coda, R; Rizzello, CG; Trani, A; Gobbetti, M. 2011. Manufacture and characterization of functional emmer beverages fermented by selected lactic acid bacteria. *Food Microbiology* 28, 526–536.
- Coda, R; Lanera, A; Trani, A; Gobbetti, M; Di Cagno, R. 2012. Yogurt-like beverages made of a mixture of cereals, soy and grape must: Microbiology, texture, nutritional and sensory properties. *International Journal of Food Microbiology*, 155(3), 120-127.

- CODEX (Codex Alimentarius). 2019. Norma para la quinua. CXS 333-2019. Adoptada en 2019. Enmendada en 2020. Normas Internacionales de los Alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Organización Mundial de la Salud (OMS). Roma. Italia.
- Comai, S; Bertazzo, A; Bailoni, L; Zancato, M; Costa, CVL; Allegri, G. 2007. The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. *Food Chemistry*, 100, 1350-1355.
- Contreras-Castillo, C.J; Ambrosio, C.M.S; Barancelli, G.V; Altemio, A.C. 2021. Produtos Cárneos Fermentados. In: Capítulo XII. Microbiología de Alimentos Fermentados. Editores. Martin, J.G; Lindner, J.D. Editora Blucher. Sao Paulo, Brasil.
- Contreras-Jiménez, B; Torres-Vargas, O; Rodriguez-Garcia, M. 2019. Physicochemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) *Food Chemistry* 298. 124982.
- Cruz, AG; Cadena, RS; Castro, WF; Esmerino, EA; Rodrigues, JB; Gaze, L; Bolini, HMA. 2013. Consumer perception of probiotic yogurt: Performance of check all that apply (CATA), projective mapping, sorting and intensity scale. *Food Research International*, 54(1), 601-610. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.07.056>.
- Dakhili, S; Abdolalizadeh, L; Hosseini, SM; Shojaee-Aliabadi, S; Mirmoghtadaie, L. 2019. Quinoa protein: Composition, structure and functional properties. *Food chemistry*, 299, 125161.
- Díaz, Y. 2016. Características de grãos e amido de diferentes cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Mg. Piracicaba, Brasil, Universidade de São Paulo.
- Di Cagno, R; Surico, RF; Paradiso, A; De Angelis, M; Salmon, JC; Buchin, S; Gobbetti, M. 2009. Effect of autochthonous lactic acid bacteria starters on health-promoting and sensory properties of tomato juices. *International journal of food microbiology*, 128(3), 473-483.
- Dixit, AA; Azar, KMJ; Gardner, CD; Palaniappan, LP. 2011. Incorporation of whole, ancient grains into a modern Asian Indian diet to reduce the burden of chronic disease. *Nutrition Reviews*, 69, 479-488.

- Dufossé, L; Galaup, P; Carlet, E; Flamin, C; Valla, A. 2005. Spectrocolorimetry in the CIE L*a*b* color space as useful tool for monitoring the ripening process and the quality of PDO red-smear soft cheeses. *Food research international*, 38(8-9), 919-924.
- Dooley, L; Lee, YS; Meullenet, JF. 2010. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. *Food quality and preference*, 21(4), 394-401.
- Elsouhaimy, SA; Refaay TM; Zaytoun, MAM. 2015. Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Annals of Agricultural Science*, 60 (2), 297-305.
- El peruano. 2013. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 30021, Ley de Promoción de la Alimentación Saludable
- Escribano, J; Cabanes, J; Jimenez-Atiénzar, M; Ibañez-Tremolada, M; Gómez-Pando, L; Garcia-Carmona, F; Gandia-Herrero, F. 2017. Characterization of betalainas, saponins and antioxidants power in differently colored quinoa (*Chenopodium quinoa*) varieties. *Food Chemistry* 234:285-294.
- Estrada, R; Apaza, V; Delgado, P. 2014. Tecnología de producción de quinua para el mercado interno y externo. Curso modular virtual del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Lima, Perú, INIA. 250 p.
- Ettinger, G; MacDonald, K; Reid, G; Burton, JP. 2014. The influence of the human microbiome and probiotics on cardiovascular health. *Gut microbes*, 5(6), 719-728.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. Quinoa: An ancient crop to contribute to world food security. Av. Dag Hammarskjöld 3241, Vitacura, Santiago. Chile: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Latin America and the Caribbean.
- FAO. 2013. Año internacional de la quinua, un futuro sembrado hace miles de años: Distribución y producción (en línea). <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/distribution-and-production/es/>.
- FAO/OMS. 1985. Necesidades de Energía y de Proteínas. Informe de una reunión Consultiva Conjunta de Expertos. Serie Inf. Técn. N°724. FAO/OMS/UNU, Ginebra.

- FAO/WHO. 2002. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization Working Group Report. http://www.fao.org/es/ESN/food/foodandfood_probio_en.stm.
- Farah, JS; Araujo, CB; Melo, L. 2017. Analysis of yoghurts', whey-based beverages' and fermented milks' labels and differences on their sensory profiles and acceptance. *International Dairy Journal*, 68, 17–22. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.12.008>.
- Fenko, A; Backhaus, BW; Van Hoof, JJ. 2015. The influence of product- and person-related factors on consumer hedonic responses to soy products. *Food Quality and Preference*, 41, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.11.009>.
- Filho, AMM; Pirozi, MR; Borges, JTDS; Pinheiro Sant'Ana, HM; Chaves, JBP; Coimbra, JSDR. 2017. Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(8), 1618-1630.
- Falade, KO; Christopher, AS. 2015. Physical, functional, pasting and thermal properties of flours and starches of six Nigerian rice cultivars. *Food Hydrocolloids*, 44, 478-490.
- Fazer Yosa. 2020. Fazer. Finland. <https://www.fazer.com/products/our-international-brand-selection/yosa/>.
- FMI. 2018. Non-Dairy Yogurt Market. Future Market Insight Global and Consulting Pvt.Ltd.<https://pnrfiles.pro1.gus.wdc.dianum.io/globenewswire/articles/1466855/en/non-dairy-yoghurt-market-poised-to-register-4-9.pdf>.
- FONA International. 2017. Category Insight - What's Next for Yogurt: A Global Review; FONA International: Geneva, IL 60134. <https://www.fona.com/wp-content/themes/fona/migrated-files/Yogurt%20Category%20Report%201117.pdf>.
- Garcia, C; Guerin, M; Souidi, K; Remize, F. 2020. Lactic fermented fruit or vegetable juices: Past, present and future. *Beverages*, 6(1), 8.
- Gadelha, CJMU y Bezerra, AN. 2019. Effects of probiotics on the lipid profile: Systematic review. *Jornal vascular brasileiro*, 18.
- Gänzle, M. G; Salovaara, H. 2019. Lactic acid bacteria in cereal-based products. In *Lactic acid bacteria* (pp. 199-213). CRC press.

- Giuliani, A; Hintermann, F; Rojas, W; Padulosi, S. 2012. Biodiversity of Andean grains: Balancing market potential and sustainable livelihoods. Rome, Italy: Biodiversity International. ISBN 13:978-92-9043-932-5.
- Gobbetti, M; Pontonio, E; Filannino, P; Rizzello, CG; De Angelis, M; Di Cagno, R. 2018. How to improve the gluten-free diet: The state of the art from a food science perspective. *Food Research International*, 110, 22-32.
- Gobbetti, M; De Angelis, M; Di Cagno, R; Polo, A; Rizzello, CG. 2020. The sourdough fermentation is the powerful process to exploit the potential of legumes, pseudo-cereals and milling by-products in baking industry. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(13), 2158-2173.
- Gonzalez, JA; Konishi, Y; Bruno, M; Valoy, M; Prado, FE. 2012. Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 1222–1229.
- Gómez, L y Eguiluz De La Barra, A. 2012. Catálogo del Banco de Germoplasma de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Gómez, L; Aguilar, E. 2013. Manual de Cultivo de Quinoa. Programa de Investigación y Proyección Social de cereales y Granos Nativos. UNALM. Lima-Peru. 47p
- Gómez-Caravaca, AM; Iafelice, G; Verardo, V; Marconi, E; Caboni, MF. 2014. Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chemistry*, 157, 174-178.
- Gonzalez-Ochoa, G; Flores-Mendoza, LK; Icedo-Garcia, R; Gómez-Flores, R; Tamez-Guerra, P. 2017. Modulation of rotavirus severe gastroenteritis by the combination of probiotics and prebiotics. *Archives of microbiology*, 199(7), 953-961.
- Gotcheva, V; Pandiella, SS; Angelov, A; Roshkova, ZG; Webb, C. 2000. Microflora identification of the Bulgarian cereal-based fermented beverage boza. *Process Biochemistry*, 36(1-2), 127-130.
- Gotcheva, V; Hristozova, E; Hristozova, T; Guo, M; Roshkova, Z; Angelov, A. 2002. Assessment of potential probiotic properties of lactic acid bacteria and yeast strains. *Food Biotechnology*, 16(3), 211-225.

- Granato, D; Branco, GF; Nazzaro, F; Cruz, AG; Faria, JA. 2010. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(3), 292-302. <https://www.fazer.com/products/our-international-brand-selection/yosa/products/>
- Guarner, F; Khan, AG; Garisch, J; Eliakim, R; Gangl, A; Thomson, A; World Gastroenterology Organization. 2011. Probiotics and prebiotics: global guidelines. World Gastroenterology Organisation, *Journal of clinical gastroenterology*, 46, 468–481.
- Guerrero-Ochoa, MR; Pedreschi, R; Chirinos, R 2015. Optimised methodology for the extraction of protein from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *International Journal of Food Science & Technology*, 50(8), 1815-1822.
- Gupta, S; Cox, S; Abu-Ghannam, N. 2010. Process optimization for the development of a functional beverage based on lactic acid fermentation of oats. *Biochemical Engineering Journal*, 52, 199–204.
- Gupta, S; y Abu-Ghannam, N. 2012. Probiotic fermentation of plant based products: possibilities and opportunities. *Critical reviews in food science and nutrition*, 52(2), 183-199.
- Hernández-Medina, M; Torruco-Uco, JG; Chel-Guerrero, L; Betancur-Ancona, D. 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia e Tecnología de Alimentos* 28(3):718-726.
- Hill, C; Guarner, F; Reid, G; Gibson, GR; Merenstein, DJ; Pot, B; Sanders, ME. 2014. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 11(8), 506.
- Holzapfel, WH. 2002. Appropriate starter culture technologies for small-scale fermentation in developing countries. *International journal of food microbiology*, 75(3), 197-212.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria). 2006. Quinoa INIA 415 Pasankalla. Dirección de Extensión Agraria. Unidad de Medios y Comunicación. INIA-Lima-Perú.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2015. El Mercado y la Producción de Quinoa en el Perú. 172p. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/2652/1/BVE17038730e.pdf>

- INDECOPI. 2013. NTP 209.064:1974. Almidón de maíz no modificado. Uso alimenticio y farmacéutico. Lima. Perú.
- INDECOPI. 2014. NTP 205.062:2014. Granos andinos. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Requisitos. 2 ed. Lima, Perú, INDECOPI. 15 p.
- ISO (International Organization of Standardization). 2007. ISO 8589:2007 (E). Sensory analysis – general guidance for the design of test rooms. Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization of Standardization). 1987. Determination of amylose content. ISO 6647. Ed. 1. Geneva. Switzerland.
- Jacobsen, S. 2003. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.). *Food Reviews International*, 19, 167–177.
- Jaeger, SR; Chheang, SL; Jin, D; Roigard, CM; Ares, G. 2020. Check-all-that-apply (CATA) questions: Sensory term citation frequency reflects rated term intensity and applicability. *Food Quality and Preference*, 103986.
- James, LEA. 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in food and nutrition research*, 58, 1-31.
- Jan, KN; Panesar, PS; Rana, JC; Singh, S. 2017a. Structural, thermal and rheological properties of starches isolated from Indian quinoa varieties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 102, 315-322.
- Jan, KN; Panesar, PS; Singh, S. 2017b. Process standardization for isolation of quinoa starch and its characterization in comparison with other starches. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(4), 1919-1927.
- Jancurova, M., Minarovicova, L., & Dandar, A. (2009). Quinoa –a review. *Czech Journal of Food Sciences*, 27, 71–79.
- Jeske, S; Zannini, E; Arendt, EK. 2017. Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72, 26–33. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0583-0>.
- Jeske, S; Zannini, E; Lynch, KM; Coffey, A; Arendt, E. K. 2018. Polyol-producing lactic acid bacteria isolated from sourdough and their application to reduce sugar in a quinoa-

- based milk substitute. *International Journal of Food Microbiology*, 286, 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.07.013>.
- Johansson, ML; Molin, G; Jeppsson, B; Nobaek, S; Ahrne, S; Bengmark, S. 1993. Administration of different *Lactobacillus* strains in fermented oatmeal soup: in vivo colonization of human intestinal mucosa and effect on the indigenous flora. *Applied and environmental microbiology*, 59(1), 15-20.
- Katina, K; Arendt, E; Liukkonen, KH; Autio, K; Flander, L; Poutanen, K. 2005. Potential of sourdough for healthier cereal products. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 104-112.
- Kalliomäki, M; Salminen, S; Arvilommi, H; Kero, P; Koskinen, P; Isolauri, E. 2001. Probiotics in primary prevention of atopic disease: a randomised placebo-controlled trial. *The Lancet*, 357(9262), 1076-1079.
- Kreisz, S; Arendt, E; Hübner, F y Zarnkov, M. 2008. Cereal-based gluten-free functional drinks. In E. K. Arendt & F. Dal Bello (Eds.) *Gluten Free cereal products and beverages* (p373-392). Waltham: Academic Press.
- Kong, X; Zhu, P; Sui, Z; Bao, J. 2015. Physicochemical properties of starches from diverse rice cultivars varying in apparent amylose content and gelatinisation temperature combinations. *Food Chemistry*, 172, 433-440.
- Koziol, MJ. 1991. Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 54(2):211-219. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740540206>.
- Koziol, MJ. 1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*. 5(1):35- 68. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6)
- Landi, N; Ruocco, MR; Ragucci, S; Aliotta, F; Nasso, R; Pedone, PV; Di Maro, A. 2020. Quinoa as source of type 1 ribosome inactivating proteins: A novel knowledge for a revision of its consumption. *Food Chemistry*, 342, 128337.
- Lappi, J; Raninen, K; Väkeväinen, K; Kårlund, A; Törrönen, R; Kolehmainen, M. 2020. Blackcurrant (*Ribes nigrum*) lowers sugar-induced postprandial glycaemia

- independently and in a product with fermented quinoa: a randomised crossover trial. *British Journal of Nutrition*, 1-10.
- Lebeer, S; Vanderleyden, J; De Keersmaecker, SC. 2008. Genes and molecules of lactobacilli supporting probiotic action. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 72(4), 728-764.
- Lehto, EM; Salminen, S. 1997. Adhesion of two *Lactobacillus* strains, one *Lactococcus* and one *Propionibacterium* strain to cultured human intestinal caco-2 cell line. *Bioscience and Microflora*, 16, 13–17.
- Li, E; Dhital, S; Hasjim, J. 2013. Effects of grain milling on starch structures and flour/starch properties. *Starch - Stärke*, 66(1-2):15–27.
- Li, G; Wang, S; Zhu, F. 2016. Physicochemical properties of quinoa starch. *Carbohydrate Polymers*, 137, 328-338.
- Li, G; Zhu, F. 2018a. Effect of high pressure on rheological and thermal properties of quinoa and maize starches. *Food Chemistry* 241:380-386.
- Li, G; Zhu, F. 2018b. Quinoa starch: Structure, properties, and applications. *Carbohydrate Polymers*. 181, 851–861.
- Lindeboom, N; Chang, P; Tyler, R. 2004. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: A review. *Starch/Stärke*. 56(3-):89-99. <https://doi.org/10.1002/star.200300218>.
- Lindeboom, N. 2005. Studies on the characterization, biosynthesis and isolation of starch and protein from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis PhD, Saskatoon, Canadá, University of Saskatchewan.
- Lindeboom, N; Chang, PR; Falk, KC; Tyler, RT. 2005. Characteristics of starch from eight quinoa lines. *Cereal Chemistry*, 82, 216–222. <https://doi.org/10.1094/CC-82-0216>.
- Lorenz, K. 1990. Quinoa (*Chenopodium quinoa*) Starch: Physico-chemical Properties and Functional Characteristics. *Starch - Stärke*, 42(3), 81–86. doi: 10.1002/star.19900420302
- Lorenzo, LK. 2008. Improving the solubility of yellow mustard precipitated protein isolate in acidic aqueous solutions. University of Toronto

- Lorusso, A; Verni, M; Montemurro, M; Coda, R; Gobbetti, M; Rizzello, CG. 2017. Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features. *LWT*, 78, 215-221.
- Lorusso, A; Coda, R; Montemurro, M; Rizzello, C. 2018. Use of selected lactic acid bacteria and quinoa flour for manufacturing novel yogurt-like beverages. *Foods*, 7 (4),51. <https://doi.org/10.3390/foods7040051>.
- Ludeña-Urquiza, FE; Garcia Torres, SM; Tolonen, T; Jaakkola, M; Pena-Niebuhr, MG; Von Wright; Plumed-Ferrer, C. 2017. Development of a fermented quinoa-based beverage. *Food Sciences and Nutrition*, 5(3), 602–608. <https://doi.org/10.1002/fsn3.436>.
- López, DN; Galante, M; Raimundo, G; Spelzini, D; Boeris, V. 2019. Functional properties of amaranth, quinoa and chia proteins and the biological activities of their hydrolyzates. *Food Research International*, 116, 419-429.
- Mäkinen, OE; Uniacke-Lowe, T; O'Mahony, JA; Arendt, EK. 2015. Physicochemical and acid gelation properties of commercial UHT-treated plant-based milk substitutes and lactose free bovine milk. *Food Chemistry*, 168, 630–638. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.036>.
- Maldonado-Jibaja, R; Carrillo-Herrera, P; Ramírez-Cárdenas, L; Carvajal-Larenas, FE. 2018. Elaboración de una bebida fermentada a base de quinoa *Chenopodium quinoa*. *Enfoque UTE*, 9(3), 1-11.
- Maleki, S; Razavi, SH. 2020. Pulses' germination and fermentation: Two bioprocessing against hypertension by releasing ACE inhibitory peptides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-18.
- Marco, ML; Sanders, ME; Gänzle, M; Arrieta, MC; Cotter, PD; De Vuyst, L; Colin, H; Holzapfel, W; Lebeer, S; Merenstein, D; Reid, G; Wolfe, BE; Hutkins, R. 2021. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on fermented foods. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 1-13.
- Martensson, O; Maite-Dueñas-Chasco; Irastorza, A; Holst, O; Rudling, M; Norin, E; Midtvedt, T; Öste, R. 2002. Effects of fermented, ropy, non-dairy, oat-based products on serum lipids and the faecal excretion of cholesterol and short chain fatty acids in germfree and conventional rats. *Nutrition Research* 22:1461-1473.

- Mastebroek, HD; Limburg, H; Gilles, T; Marvin, HJP. 2000. Occurrence of sapogenins in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80(1):152-156. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000101\)80:1<152::AID-JSFA503>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000101)80:1<152::AID-JSFA503>3.0.CO;2-P).
- Meance, S; Cayuela, C; Raimondi, A; Turchet, P; Lucas, C; Antoine, JM. 2003. Recent advances in the use of functional foods: effects of the commercial fermented milk with *Bifidobacterium animalis* strain DN-173 010 and yoghurt strains on gut transit time in the elderly. *Microbial ecology in health and disease*, 15(1), 15-22.
- Meaño, Ninoska; Ciarfella, A; Dorta, A. 2014. Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos 26(2):182-187.
- Meyners, M; Castura, JC. 2014. Check-all-that-apply questions. In *Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling* (pp. 284-319). CRC Press.
- Mir, NA; Riar, CS; Singh, S. 2019. Effect of pH and holding time on the characteristics of protein isolates from *Chenopodium* seeds and study of their amino acid profile and scoring. *Food chemistry*, 272, 165-173.
- Miranda, M; Vega-Galvez, A; Quispe-Fuentes, I; Jose Rodriguez, M; Maureira, H; Martinez, EA. 2012. Nutritional aspects of six quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) ecotypes from three geographical areas of Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72, 175–181.
- Mridula, D; Sharma, M. 2015. Development of non-dairy probiotic drink utilizing sprouted cereals, legume and soymilk. *Lwt-Food Science and Technology*, 62(1), 482e487.
- Molin, G. 2001. Probiotics in foods not containing milk or milk constituents, with special reference to *Lactobacillus plantarum* 299v. *The American journal of clinical nutrition*, 73(2), 380s-385s.
- Montoya, J; Quintero, V; Lucas, J. 2014. Evaluación fisicotérmica y reológica de harina y almidón de plátano dominico hartón (*Musa paradisiaca* ABB). *Temas agrarios* 19(2): 214-233.

- Montemurro, M; Pontonio, E; Coda, R; Rizzello, CG. 2021. Plant-Based Alternatives to Yogurt: State-of-the-Art and Perspectives of New Biotechnological Challenges. *Foods*, 10(2), 316.
- Montville, T; Chikindas, M. 2013. Biological control of Foodborne Bacteria. *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*. Edited Michael Doyle and Robert Buchanan. ASM Press USA. 803-821.
- Morell, P; Piqueras-Fiszman, B; Hernando, I; Fiszman, S. 2015. How is an ideal satiating yogurt described? A case study with added-protein yogurts. *Food Research International*, 78, 141-147.
- Naidu, KSB; Adam, JK; Govender, P. 2002. The use of probiotics and safety concerns: A review. *African Journal of Microbiology Research*. 6, 6871–6877.
- Nasir, MA; Pasha, I; Butt, MS; Nawaz, H. 2015. Biochemical characterization of quinoa with special reference to its protein quality. *Pak. J. Agric. Sci*, 52(3), 731-737.
- Navruz-Varli, S; Sanlier, N. 2016. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*. 69, 371–376. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>.
- Nyanzi, R, Jooste, P. J. 2012. Cereal-based functional foods. *Probiotics*, 161-197.
- Nionelli, L; Coda, R; Jose, CA; Poutanen, K; Gobbetti, M; Rizzello, CG. 2014. Manufacture and characterization of a yogurt-like beverage made with oat flakes fermented by selected lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*. 185, 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.05.004>.
- Noda, T; Tsuda, S; Mori, M; Takigawa, S; Matsuura-Endo, C; Saito, K; Yamauchi, H. 2004. The effect of harvest dates on the starch properties of various potato cultivars. *Food chemistry*, 86(1), 119-125.
- Nout, R. 2015. Quality, safety, biofunctionality and fermentation control. *Advances in Fermented Foods and Beverages. Improving Quality, Technologies and Health Benefits*. Woodhead Publishing (Eds.). 413- 434
- Nout, MJ. 2009. Rich nutrition from the poorest – cereal fermentations in Africa and Asia. *Food Microbiology*, 26, 685–692.

- Nowak, V; Du, J; Charrondière, UR. 2016. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food chemistry*, 193, 47-54.
- Obaroakpo, JU; Liu, L; Zhang, S; Lu, J; Pang, X; Lv, J. 2019. α -Glucosidase and ACE dual inhibitory protein hydrolysates and peptide fractions of sprouted quinoa yoghurt beverages inoculated with *Lactobacillus casei*. *Food chemistry*, 299, 124985.
- Obaroakpo, JU; Liu, L; Zhang, S; Jing, L; Liu, L; Pang, X; Lv, J. 2020. Bioactive assessment of the antioxidative and antidiabetic activities of oleanane triterpenoid isolates of sprouted quinoa yoghurt beverages and their anti-angiogenic effects on HUVECS line. *Journal of Functional Foods*, 66, 103779.
- Ortega Baeza, MF. 2008. Propiedades viscoelásticas y reológicas estacionarias de suspensiones de almidón nativo de quínoa. (Tesis para obtener el título de Magister en Ciencias de los Alimentos, Universidad de Chile).
- Ouwehand, H; Röytiö, H. 2015. Probiotic fermented foods and health promotion. *Advances in Fermented Foods and Beverages. Improving Quality, Technologies and Health Benefits*. Woodhead Publishing (Eds.).3 – 22.
- Pajarito, J. 2005. Obtención y caracterización de la harina integral de quinua orgánica. Tesis Ing. Santiago, Chile, Universidad de Chile.
- Park, SJ; Kim, DH; Kang, HJ; Shin, M; Yang, SY; Yang, J; Jung, YH. 2020. Enhanced production of γ -aminobutyric acid (GABA) using *Lactobacillus plantarum* EJ2014 with simple medium composition. *LWT*, 110443.
- Paraskevagos, G. 2020. Evolution in the Probiotics Marketplace: An IPA Perspective. International Probiotics Association. *International Food Technology* 20. Chicago, Il. USA.
- Pellegrini, M; Lucas-Gonzales, R; Ricci, A; Fontecha, J; Fernandez-Lopez, J; PerezAlvarez, JA; Viuda-Martos, M. 2018. Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, technofunctional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd) Seeds. *Industrial Crops and Products*, 111, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.006>.

- Peña, F. 2017. Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Ilave (Puno). Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Pereira, E; Encina-Zelada, C; Barros, L; Gonzales-Barron, U; Cadavez, V; Ferreira, IC. 2019. Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food chemistry*, 280, 110-114.
- Perez-Rea, D; Antezana-Gómez, R. 2018. Starch in Food: Structure, Function and Applications. In Sjöö, M; Nilsson, L (eds). *The Functionality of Pseudocereal Starches. Starch in Food*, Cambrigde, UK, Woodhead Publishing. p. 509-542.
- Perez-Varas, E; Samek, MS; Venini, C. 2014. Índice glucémico de la quinua en adultos de 18 a 45 años de edad. *Respuestas veganas la comunidad científica sobre ética y veganismo*.
- Perdigon, G; Medina, M; Vintini, E; Valdez, JC. 2000. Intestinal pathway of internalisation of lactic acid bacteria and gut mucosal immunostimulation. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 13(3), 141-150.
- Peyer, LC; Zannini, E; Arendt, EK. 2016. Lactic acid bacteria as sensory biomodulators for fermented cereal-based beverages. *Trends in Food Science & Technology*. 54:17-25.
- Pineda-Gómez, P; Coral, D; Arciniegas, M; Rorales-Rivera, A; Rodríguez-García, M. 2010. Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría diferencial de barrido. *Ingeniería y Ciencia*, 6(11), 129–141.
- Pineli, LDLDO; Botelho, RB; Zandonadi, RP; Solorzano, JL; de Oliveira, GT; Reis, C. EG; Teixeira, DDS. 2015. Low glycemic index and increased protein content in a novel quinoa milk. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie (LWT)-Food Science and Technology*, 63(2), 1261-1267.
- Pfeiler, E; Klaenhammer, T. 2013. Probiotics and Prebiotics. *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*. Edited Michael Doyle and Robert Buchanan. ASM Press USA. 949-971.
- Poutanen, K; Flander, L; Katina, K. 2009. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food microbiology*, 26(7), 693-699.

- Pruszkowski, E; Bosnak, C. 2015. Analysis of plant materials for toxic and nutritional elements with the NexION ICP-MS. (Application Brief). Shelton, CT: Perkin Elmers.
- Ramos Diaz, J M; Suuronen, J; Deegan, KC; Serimaa, R; Tuorila, H; Jouppila, K. 2015. Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kaniwa flour. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, 64(2), 1047-1056. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07>.
- Ranilla, LG; Apostolidis, E; Genovese, MI; Lajolo, FM; Shetty, K. 2009. Evaluation of indigenous grains from the Peruvian Andean region for antidiabetes and antihypertension potential using in vitro methods. *Journal of Medicinal Food*, 12, 704–713.
- Reid, G. 2005. Food and Agricultural Organization of the United Nation and the World Health Organization. The importance of guidelines in the development and application of probiotics. *Current Pharmaceutical Design*, 11, 11–16.
- Repo-Carrasco, R; Espinoza, C; Jacobsen, S. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, 19, 179–189. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>.
- Repo-Carrasco, R. 1992. Andean Crops and Infant Nourishment. Report B 25. Institute of Development Studies. University of Helsinki. Finland. 133 p.
- Repo-Carrasco-Valencia, RAM; Serna, LA. 2011. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Food Science and Technology*, 31(1), 225-230.
- Repo de Carrasco, R. 2014. Valor Nutricional y Compuestos Bioactivos en los Cultivos Andinos. Re-descubriendo los tesoros olvidados. Universidad Nacional Agraria La Molina. Fondo Editorial. Lima, Perú. 111 pág.
- Rivera-Espinoza, Y; Gallardo-Navarro, Y. 2010. Non-dairy probiotic products. *Food microbiology*, 27(1), 1-11.
- Rizzello, CG; Nionelli, L; Coda, R; De Angelis, M; Gobbetti, M. 2010. Effect of sourdough fermentation on stabilisation, and chemical and nutritional characteristics of wheat germ. *Food Chemistry*, 119(3), 1079-1089.

- Rodriguez-Huezo, ME; Estrada-Fernández, AG; Garcia-Almendárez, BE; Ludeña-Urquizo, F; Campos-Montiel, RG; Pimentel-González, DJ. 2014. Viability of *Lactobacillus plantarum* entrapped in double emulsion during Oaxaca cheese manufacture, melting and simulated intestinal conditions. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*. 59:768-773.
- Rodríguez, MS y Sánchez, GS. 2015. Empleo de probióticos en la prevención de la enterocolitis necrotizante en recién nacidos prematuros. *Nutrición Hospitalaria*, 31(1), 68-71.
- Romano, N; Ureta, MM; Guerrero-Sánchez, M; Gómez-Zavaglia, A. 2020. Nutritional and technological properties of a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) spray-dried powdered extract. *Food Research International*, 129, 108884.
- Rovio, S; Yli-Kauhaluoma, J; Siren, H. 2007. Determination of neutral carbohydrates by CZE with direct UV detection. *Electrophoresis*, 28, 3129–3135.
- Ruales, J; Nair, B. 1992. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Plant Foods Human Nutrition*. 42 (1),1-11.
- Ruales, J; Nair, BM. 1993. Saponins, phytic acid, tannins and protease inhibitors in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Food Chemistry*, 48(2), 137-143.
- Ruales, J; Nair, B. 1994. Properties of starch and dietary fibre in raw and processed quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*. 45(3):223-246. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01094092>.
- Ruiz, GA; Xiao, W; Van Boekel, M; Minor, M; Stieger, M. 2016. Effect of extraction pH on heat-induced aggregation, gelation and microstructure of protein isolate from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food chemistry*, 209, 203-210.
- Ruiz-Rodríguez, L; Vera-Pingitore, E; Rollan, G; Cocconcelli, PS; Fontana, C; Saavedra, L; Hebert, EM. 2016. Biodiversity and technological-functional potential of lactic acid bacteria isolated from spontaneously fermented quinoa sourdoughs. *Journal of Applied Microbiology.*, 120, 1289–1301.
- Sahab, NR; Subroto, E; Balia, RL; Utama, GL. 2020. γ -Aminobutyric acid found in fermented foods and beverages: current trends. *Heliyon*, 6(11), e05526.

- Sánchez-González, L; Saavedra, JIQ; Chiralt, A. 2013. Physical properties and antilisterial activity of bioactive edible films containing *Lactobacillus plantarum*. *Food Hydrocolloids*, 33(1), 92-98.
- Salminen, S; Collado, MC; Endo, A; Hill, C; Lebeer, S; Quigley, EM; Vinderola, G. 2021. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 1-19.
- Salmeron, I; Fuciños, P; Charalampopoulos, D; Pandiella, SS. 2009. Volatile compounds produced by the probiotic strain *Lactobacillus plantarum* NCIMB 8826 in cereal-based substrates. *Food Chemistry*, 117(2), 265-271.
- Salmeron, I; Thomas, K; Pandiella, SS. 2015. Effect of potentially probiotic lactic acid bacteria on the physicochemical composition and acceptance of fermented cereal beverages. *Journal of Functional Foods*, 15, 106–115. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.03.012>.
- Salmerón, I. 2017. Fermented cereal beverages: From probiotic, prebiotic and synbiotic towards Nanoscience designed healthy drinks. *Letters in applied microbiology*, 65(2), 114-124.
- Sathe, SK; Salunkhe, DK. 1981. Functional properties of the great northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins: emulsion, foaming, viscosity, and gelation properties. *Journal of Food science*, 46(1), 71-81.
- Sathyabama, S; Vijayabharathi, R; Devi, PB; Kumar, MR; Priyadarisini, VB. 2012. Screening for probiotic properties of strains isolated from feces of various human groups. *Journal of Microbiology*, 50(4), 603e612.
- Schoenlechner, R; Siebendhandl, S; Berghofer, E. 2008. Pseudocereals, gluten-free cereal products. *Food science and technology international series*, 161-189.
- Schoenlechner, R; Wendner, M; Siebenhandl-Ehn, S; Berghofer, E. 2010. Pseudocereals as alternative sources for high folate content in staple foods. *Journal of Cereal Science*, 52, 475–479.

- Shi, D; Fidelis, M; Ren, Y; Stone, AK; Ai, Y; Nickerson, MT. 2020. The functional attributes of Peruvian (Kankolla and Blanca juli blend) and Northern quinoa (NQ94PT) flours and protein isolates, and their protein quality. *Food Research International*, 128, 108799.
- Shaikh, M; Ali, T; Hasnain, A. 2017. Utilization of chemically modified pearl millet starches in preparation of custards with improved cold storage stability. *International Journal of Biological Macromolecules* 104:360–366.
- Singh, N; Kaur, L; Singh, K; Kaur, J; Nishinari, K. 2006. Relationships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches. *Food Hydrocolloids* 20:532-542.
- Slavin, JL. 2008. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(10), 1716-1731.
- Smyth, JD; Dillman, DA; Christian, LM; Stern, MJ. 2006. Comparing check-all and forced-choice question formats in web surveys. *Public Opinion Quarterly*, 70(1), 66-77.
- Song, R; Chung, S; Cho, SA; Shin, HW; Harmayani, E. 2019. Learning to know what you like: A case study of repeated exposure to ethnic flavors. *Food Quality and Preference*, 71, 452–462. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.08.021>.
- Song, J; Yan, Y; Wang, X; Li, X; Chen, Y; Li, L; Li, W. 2021. Characterization of fatty acids, amino acids and organic acids in three colored quinoas based on untargeted and targeted metabolomics. *LWT*, 140, 110690.
- Stikic, R; Glamoclija, D; Demin, M; Vucelic-Radovic, B; Jovanovic, Z; Milojkovic-Opsenica, D; Milovanovic, M. 2012. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium Quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science*, 55(2), 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.10.010>.
- Suzuki, S; Park, J. 2018. Consumer evaluation of healthy, unpleasant-tasting food and the post-taste effect of positive information. *Food Quality and Preference*, 66, 107–110. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.01.006>.
- Steffolani, ME; Villacorta, P; Morales-Soriano, ER; Repo-Carrasco, R; León, AE; Pérez, GT. 2016. Physicochemical and functional characterization of protein isolated from different quinoa varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Cereal Chemistry*, 93(3), 275-281.

- Steffolani, ME; León, AE; Pérez, GT. 2013. Study of the physicochemical and functional characterization of quinoa and kañiwa starches. *Starch-Stärke*, 65(11-12), 976-983.
- Srichuwong, S; Sunarti, TC; Mishima, T; Isono, N; Hisamatsu, M. 2005. Starches from different botanical sources I: Contribution of amylopectin fine structure to thermal properties and enzyme digestibility. *Carbohydrate polymers*, 60(4), 529-538.
- Srichuwong, S; Jane, J. 2007. Physicochemical properties of starch affected by molecular composition and structures: A review. *Food Science and Biotechnology*, 16, 663–674.
- Srichuwong, S; Isono, N; Jiang, H; Mishima, T; Hisamatsu, M. 2012. Freeze–thaw stability of starches from different botanical sources: Correlation with structural features. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 1275-1279.
- Tamime, AY; Thomas, LV; Wiley, J. 2005. Probiotic dairy products. Blackwell Pub.
- Tan, HK; Foo, HL; Loh, TC; Alitheen, NBM; Rahim, RA. 2015. Cytotoxic effect of proteinaceous postbiotic metabolites produced by *Lactobacillus plantarum* I-UL4 cultivated in different media composition on MCF-7 breast cancer cell. *Malaysian Journal of Microbiology*, 11(2), 207-214.
- Tang, Y; Li, X; Zhang, B; Chen, PX; Liu, R; Tsao, R. 2015. Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, 166, 380–388.
- Tapia, M; Canahua, A; Ignacio, S. 2014. Razas de quinuas del Perú. ANPE y CONCYTEC. Lima, Perú, 173 pág.
- Tari, T; Annapure, U; Singhal, R; Kulkarni, P. 2003. Starch-based spherical aggregates: Screening of small granule sized starches for entrapment of a model flavouring compound, vanillin. *Carbohydrate Polymers*. 53(1):45-51. <https://www.researchgate.net/publication/229254251>
- Tiwari, BK; Norton, T; Holden, NM. 2013. Sustainable food processing. Wiley Blackwell. ISBN: 978-0-470-67223-5.
- Timilsena, YP; Adhikari, R; Barrow, CJ; Adhikari, B. 2016. Physicochemical and functional properties of protein isolate produced from Australian chia seeds. *Food chemistry*, 212, 648-656.

- Todorov, S; y Holzapfel, W. 2015. Traditional cereal fermented foods as sources of functional microorganisms. *Advances in Fermented Foods and Beverages. Improving Quality, Technologies and Health Benefits.* (p123-153). Woodhead Publishing.
- Torino, MI; Limón, RI; Martínez-Villaluenga, C; Mäkinen, S; Pihlanto, A; Vidal-Valverde, C; Frias, J. 2013. Antioxidant and antihypertensive properties of liquid and solid-state fermented lentils. *Food chemistry*, 136(2), 1030-1037.
- UN (United Nations, Department of Economic and Social Affairs). 2019. Population Division. World Population Prospects. <https://population.un.org/wpp/>
- USDA, G. 2015. World Markets and Trade. United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service.
- Väkeväinen, K; Ludeña-Urquiza, F; Korkala, E; Lapveteläinen, A; Peräniemi, S; von Wright, A; Plumed-Ferrer, C. 2020. Potential of quinoa in the development of fermented spoonable vegan products. *LWT*, 120, 108912.
- Väkeväinen, K; Rinkinen, N; Willman, RM; Lappi, J; Raninen, K; Kårlund, A; Plumed-Ferrer, C; Kolehmainen, M. 2021. Potential of Probiotic Frozen Blackcurrant Products: Consumer Preference, Physicochemical Characterization, and Cell Viability. *Foods*, 10(4), 792.
- Valdez-Arana, JDC; Steffolani, ME; Repo-Carrasco-Valencia, R; Pérez, GT; Condezo-Hoyos, L. 2020. Physicochemical and functional properties of isolated starch and their correlation with flour from the Andean Peruvian quinoa varieties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 147, 997-1007.
- Valentin, D; Chollet, S; Lelièvre, M; Abdi, H. 2012. Quick and dirty but still pretty good: A review of new descriptive methods in food science. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(8), 1563-1578.
- Valencia-Chamorro, SA. 2016. Quinoa: Overview. In Wringley C, Corke H, Seetharaman K, Faubion J (eds.). *Encyclopedia of Food Grains*. Oxford, Reino Unido, Academic Press. p. 341-348.
- Varela, P; Ares, G. 2012. Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48(2), 893-908.

- Vayalil, PK. 2012. Date fruits (*Phoenix dactylifera* Linn): an emerging medicinal food. *Critical reviews in food science and nutrition*, 52(3), 249-271.
- Vega-Galvez, A; Miranda, M; Vergara, J; Uribe, E; Puente, L; Martinez, EA. 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 2541-2547. DOI 10.1002/jsfa.4158.
- Vera-Pingitore, E; Jimenez, ME; Dallagnol, A; Belfiore, C; Fontana, C; Fontana, P; Plumed-Ferrer, C. 2016a. Screening and characterization of potential probiotic and starter bacteria for plant fermentations. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie (LWT)-Food Science and Technology*, 71, 288–294. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.046>.
- Vera-Pingitore, E; Pessione, A; Fontana, C; Mazzoli, R; Pessione, E. 2016b. Comparative proteomic analyses for elucidating metabolic changes during EPS production under different fermentation temperatures by *Lactobacillus plantarum* Q823. *International Journal of Food Microbiology*. 238:96-132.
- Verni, M; De Mastro, G; De Cillis, F; Gobbetti, M; Rizzello, CG. 2019. Lactic acid bacteria fermentation to exploit the nutritional potential of Mediterranean faba bean local biotypes. *Food Research International*, 125, 108571.
- Vilcacundo, R; Hernandez-Ledesma, B. 2017. Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.). *Current Opinion in Food Science*, 14, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.11.007>.
- Vinderola, G; Binetti, A; Burns, P; Reinheimer, J. 2011. Cell viability and functionality of probiotic bacteria in dairy products. *Frontiers in Microbiology*, 2, 70.
- Vita, L. 2020. Crece la tendencia de consumo de alimentos vegetarianos y veganos en Colombia. *AGRONEGOCIOS*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/crece-la-tendencia-de-consumo-de-alimentos-vegetarianos-y-veganos-en-colombia-3031380>
- Von Wright, A; Axelsson, L. 2019. Lactic acid bacteria: an introduction. In *Lactic acid bacteria* (pp. 1-16). CRC Press.
- Wang, S; Li, C; Copeland, L; Niu, Q; Wang, S. 2015. Starch retrogradation: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(5), 568-585.

- Wang, X; Zhao, R; Yuan, W. 2020. Composition and secondary structure of proteins isolated from six different quinoa varieties from China. *Journal of Cereal Science*, 95, 103036.
- Wang, S; Zhu, F. 2016. Formulation and quality attributes of quinoa food products. *Food & Bioprocess Technology*, 9(1), 49–68.
- Walther, B; Schmid, A. 2017. Effect of fermentation on vitamin content in food. In *Fermented Foods in Health and Disease Prevention* (pp. 131-157). Academic Press.
- Waterschoot, J; Gomand, SV; Fierens, E; Delcour, JA. 2015. Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. *Starch-Stärke*, 67(1-2), 14-29.
- Wolter, A; Hager, A; Zannini, E; Galle, S; Gaenzle, MG; Waters, DM., Arendt, EK. 2014. Evaluation of exopolysaccharide producing *Weissella cibaria* MG1 strain for the production of sourdough from various flours. *Food Microbiology*, 37, 44–50.
- Wrigley, CW; Corke, H; Seetharaman, K; Faubion, J. (Eds.). 2015. *Encyclopedia of food grains*. Academic Press.
- Wu, G; Morris, CF; Murphy, KM. 2014. Evaluation of texture differences among varieties of cooked quinoa. *Journal of Food Science*, 79, S2337–S2345.
- Wu, G; Ross, CF; Morris, CF; Murphy, KM. 2017. Lexicon development, consumer acceptance, and drivers of liking of quinoa varieties. *Journal of Food Science*, 82(4), 993–1005. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13677>.
- Wu, Q; Shah, NP. 2017. High γ -aminobutyric acid production from lactic acid bacteria: emphasis on *Lactobacillus brevis* as a functional dairy starter. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(17), 3661-3672.
- Wu, W; Qiu, J; Wang, A; Li, Z. 2019. Impact of whole cereals and processing on type 2 diabetes mellitus: a review. *Critical reviews in Food Science and Nutrition*, 60(9), 1447-1474.
- Zannini, E; Jeske, S; Lynch, KM; Arendt, EK. 2018. Development of novel quinoabased yoghurt fermented with dextran producer *Weissella cibaria* MG1. *International Journal of Food Microbiology*, 268, 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.01.001>.

- Zeiger, RS; Sampson, HA; Bock, SA; Burks, AW; Harden, K; Noone, S; Wilson, G. 1999. Soy allergy in infants and children with IgE-associated cow's milk allergy. *The Journal of Pediatrics*, 134(5), 614–622. [https://doi.org/10.1016/S0022-3476\(99\)70249-0](https://doi.org/10.1016/S0022-3476(99)70249-0).
- Zendeboodi, F; Khorshidian, A; Motazabian, A; Cruz, A. 2020. Probiotic: conceptualization from a new approach. *Food Science* 32:103-123.
- Zhang, D; Wang, L; Tan, B; Zhang, W. 2020. Dietary fibre extracted from different types of whole grains and beans: a comparative study. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(5), 2188-2196.
- Zhou, YL; Cui, LH; You, XY; Jiang, ZH; Qu, WH; Liu, PD; Cui, YY. 2021. Effects of repeated and continuous dry heat treatments on the physicochemical and structural properties of quinoa starch. *Food Hydrocolloids*, 113, 106532.
- Zhu, F. 2020. Dietary fiber polysaccharides of amaranth, buckwheat and quinoa grains: A review of chemical structure, biological functions and food uses. *Carbohydrate Polymers*, 248, 116819.

X. ANEXOS

Anexo 1: Composición Proximal del grano y harina de quinua Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK) (g 100 g⁻¹ en materia seca y %).

Comparación Harina vs Grano - Quinua Pasankalla (PK)											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)	Prueba de Harley de variancias iguales
Sample 1	2	10.61	0	0	Se asumen varianzas iguales	3.47	0.113	30.671	2	0.001	F = 85.562 Sig. = 0.0116
Sample 2	2	7.14	0.16	0.113	No se asumen varianzas iguales	3.47	0.113	30.671	1	0.021	
Sample 1	2	14.08	0.37	0.262	Se asumen varianzas iguales	-0.89	0.263	-3.382	2	0.077	F = 85.562 Sig. = 0.0116
Sample 2	2	14.97	0.04	0.028	No se asumen varianzas iguales	-0.89	0.263	-3.382	1.023	0.178	
Sample 1	2	5.07	0.08	0.057	Se asumen varianzas iguales	-1.27	0.096	-13.205	2	0.006	F = 1.891 Sig. = 0.3459
Sample 2	2	6.34	0.11	0.078	No se asumen varianzas iguales	-1.27	0.096	-13.205	1.827	0.008	
Sample 1	2	2.83	0.1	0.071	Se asumen varianzas iguales	0	0.204	0	2	1	F = 7.290 Sig. = 0.1206
Sample 2	2	2.83	0.27	0.191	No se asumen varianzas iguales	0	0.204	0	1.269	1	
Sample 1	2	2.29	0.06	0.042	Se asumen varianzas iguales	-0.4	0.065	-6.136	2	0.026	F = 1.361 Sig. = 0.4235
Sample 2	2	2.69	0.07	0.049	No se asumen varianzas iguales	-0.4	0.065	-6.136	1.954	0.027	
Sample 1	2	65.14	0.46	0.325	Se asumen varianzas iguales	-8.04	0.336	-23.918	2	0.002	F = 14.694 Sig. = 0.0637
Sample 2	2	73.18	0.12	0.085	No se asumen varianzas iguales	-8.04	0.336	-23.918	1.135	0.018	

Comparación Harina vs Grano - Quinoa Rosada de Huancayo (RH)											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)	Prueba de Harley de variancias iguales
Sample 1	2	10.52	0.06	0.042	Se asumen varianzas iguales	3.67	0.108	34.075	2.000	0.001	F = 5.444 Sig. = 0.1552
Sample 2	2	6.85	0.14	0.099	No se asumen varianzas iguales	3.67	0.108	34.075	1.355	0.006	
Sample 1	2	12.75	0.01	0.007	Se asumen varianzas iguales	-3.04	0.078	-38.923	2.000	0.001	F = 121.000 Sig. = 0.0082
Sample 2	2	15.79	0.11	0.078	No se asumen varianzas iguales	-3.04	0.078	-38.923	1.017	0.015	
Sample 1	2	5.18	0.16	0.113	Se asumen varianzas iguales	-0.50	0.123	-4.049	2.000	0.056	F = 5.224 Sig. = 0.1607
Sample 2	2	5.68	0.07	0.049	No se asumen varianzas iguales	-0.50	0.123	-4.049	1.369	0.101	
Sample 1	2	2.70	0.04	0.028	Se asumen varianzas iguales	-0.40	0.130	-3.068	2.000	0.092	F = 20.250 Sig. = 0.0471
Sample 2	2	3.10	0.18	0.127	No se asumen varianzas iguales	-0.40	0.13	-3.068	1.099	0.182	
Sample 1	2	2.51	0.10	0.071	Se asumen varianzas iguales	0.12	0.146	0.824	2.000	0.496	F = 3.240 Sig. = 0.2358
Sample 2	2	2.39	0.18	0.127	No se asumen varianzas iguales	0.12	0.146	0.824	1.564	0.517	
Sample 1	2	66.35	0.25	0.177	Se asumen varianzas iguales	-6.68	0.427	-15.637	2.000	0.004	F = 4.840 Sig. = 0.1712
Sample 2	2	73.03	0.55	0.389	No se asumen varianzas iguales	-6.68	0.427	-15.637	1.396	0.015	

Comparación entre granos - Quinoa Rosada de Huancayo (RH) y quinoa Pasankalla (PK)											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación n (2 colas)	Prueba de Harley de variancias iguales
Sample 1	2	10.61	0.00	0.000	Se asumen varianzas iguales	0.09	0.035	2.546	2.000	0.126	F = 250000.000 Sig. = 0.0000
Sample 2	2	10.52	0.05	0.035	No se asumen varianzas iguales	0.09	0.035	2.546	1.000	0.238	
Sample 1	2	14.08	0.27	0.191	Se asumen varianzas iguales	1.33	0.191	6.962	2.000	0.020	F = 729.000 Sig. = 0.0014
Sample 2	2	12.75	0.01	0.007	No se asumen varianzas iguales	1.33	0.191	6.962	1.003	0.090	
Sample 1	2	5.07	0.06	0.042	Se asumen varianzas iguales	-0.11	0.095	-1.160	2.000	0.366	F = 4.000 Sig. = 0.2000
Sample 2	2	5.18	0.12	0.085	No se asumen varianzas iguales	-0.11	0.095	-1.160	1.471	0.401	
Sample 1	2	2.83	0.07	0.049	Se asumen varianzas iguales	0.13	0.054	2.414	2.000	0.137	F = 5.444 Sig. = 0.1552
Sample 2	2	2.70	0.03	0.021	No se asumen varianzas iguales	0.13	0.054	2.414	1.355	0.194	
Sample 1	2	2.29	0.05	0.035	Se asumen varianzas iguales	-0.22	0.061	-3.617	2.000	0.069	F = 1.960 Sig. = 0.3378
Sample 2	2	2.51	0.07	0.049	No se asumen varianzas iguales	-0.22	0.061	-3.617	1.810	0.080	
Sample 1	2	65.14	0.32	0.226	Se asumen varianzas iguales	-1.21	0.260	-4.661	2.000	0.043	F = 3.160 Sig. = 0.2404
Sample 2	2	66.35	0.18	0.127	No se asumen varianzas iguales	-1.21	0.260	-4.661	1.575	0.067	

Comparación entre harinas - Quinoa Rosada de Huancayo (RH) y quinua Pasankalla (PK)											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)	Prueba de Harley de variancias iguales
Sample 1	2	7.14	0.08	0.057	Se asumen varianzas iguales	0.29	0.091	3.203	2	0.085	F = 1.563 Sig. = 0.3902
Sample 2	2	6.85	0.10	0.071	No se asumen varianzas iguales	0.29	0.091	3.203	1.908	0.091	
Sample 1	2	14.97	0.03	0.021	Se asumen varianzas iguales	-0.82	0.060	-13.573	2.000	0.005	F = 7.111 Sig. = 0.1233
Sample 2	2	15.79	0.08	0.057	No se asumen varianzas iguales	-0.82	0.060	-13.573	1.276	0.025	
Sample 1	2	6.34	0.08	0.057	Se asumen varianzas iguales	0.66	0.067	9.894	2.000	0.010	F = 2.560 Sig. = 0.2809
Sample 2	2	5.68	0.05	0.035	No se asumen varianzas iguales	0.66	0.067	9.894	1.678	0.017	
Sample 1	2	2.83	0.19	0.134	Se asumen varianzas iguales	-0.27	0.163	-1.659	2.000	0.239	F = 2.136 Sig. = 0.3189
Sample 2	2	3.10	0.13	0.092	No se asumen varianzas iguales	-0.27	0.163	-1.659	1.768	0.255	
Sample 1	2	2.69	0.05	0.035	Se asumen varianzas iguales	0.30	0.098	3.046	2.000	0.093	F = 6.760 Sig. = 0.1289
Sample 2	2	2.39	0.13	0.092	No se asumen varianzas iguales	0.30	0.098	3.046	1.29	0.155	
Sample 1	2	73.18	0.09	0.064	Se asumen varianzas iguales	0.15	0.283	0.530	2.000	0.649	F = 18.778 Sig. = 0.0506
Sample 2	2	73.03	0.39	0.276	No se asumen varianzas iguales	0.15	0.283	0.530	1.106	0.683	

Anexo 2: Rendimiento de la extracción del concentrado de proteína de quinua (CPQ) de las variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK).

Estadísticas de grupo				
Variedad	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
RH	3	28.9	0.95	0.55
PK	3	25.9	0.42	0.24

Prueba de muestras independientes							
	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias				
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Se asumen varianzas iguales	3.843	0.121	4.98	4	0.008	3	0.60243
No se asumen varianzas iguales			4.98	2.752	0.019	3	0.60243

Anexo 3: Características fisicoquímicas del concentrado de proteína de quinua (CPQ) de las variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK).

PROTEINAS

Datos de resumen

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
RH	3.000	79.706	1.070	0.618
PK	3.000	84.564	1.297	0.749

Prueba de muestras independientes

	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)
Se asumen varianzas iguales	-4.858	0.971	-5.004	4.000	0.007
No se asumen varianzas iguales	-4.858	0.971	-5.004	3.861	0.008

Prueba de Hartley de varianzas iguales: $F = 1.469$, $Sig. = 0.3797$

HUMEDAD

Datos de resumen

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
RH	3.000	4.253	0.335	0.193
PK	3.000	3.944	0.053	0.031

Prueba de muestras independientes

	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)
Se asumen varianzas iguales	0.309	0.196	1.578	4.000	0.190
No se asumen varianzas iguales	0.309	0.196	1.578	2.100	0.249

Prueba de Hartley de varianzas iguales: $F = 39.952$, $Sig. = 0.0064$

Anexo 4: Propiedades tecnofuncionales (solubilidad, absorción de agua y retención de agua) del concentrado de proteína de quinua (CPQ) de las variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK)

SOLUBILIDAD (%)											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)	Prueba de Harley de variancias iguales
Sample 1	2	27.74	1.07	0.757	Se asumen varianzas iguales	2.71	1.012	2.678	2.000	0.116	F = 1.269 Sig. = 0.4408
Sample 2	2	25.03	0.95	0.672	No se asumen varianzas iguales	2.71	1.012	2.678	1.972	0.117	
Sample 1	2	21.87	1.12	0.792	Se asumen varianzas iguales	6.06	1.012	5.991	2.000	0.027	F = 1.584 Sig. = 0.3871
Sample 2	2	15.81	0.89	0.629	No se asumen varianzas iguales	6.06	1.012	5.991	1.903	0.030	
Sample 1	2	17.51	1.81	1.280	Se asumen varianzas iguales	4.61	1.284	3.591	2.000	0.070	F = 167.148 Sig. = 0.0059
Sample 2	2	12.90	0.14	0.099	No se asumen varianzas iguales	4.61	1.284	3.591	1.012	0.171	
Sample 1	2	29.05	0.42	0.297	Se asumen varianzas iguales	10.99	0.396	27.767	2.000	0.001	F = 1.289 Sig. = 0.4370
Sample 2	2	18.06	0.37	0.262	No se asumen varianzas iguales	10.99	0.396	27.767	1.969	0.001	
Sample 1	2	37.51	1.34	0.948	Se asumen varianzas iguales	11.67	1.069	10.917	2.000	0.008	F = 3.664 Sig. = 0.2144
Sample 2	2	25.84	0.70	0.495	No se asumen varianzas iguales	11.67	1.069	10.917	1.508	0.020	
Sample 1	2	43.19	0.46	0.325	Se asumen varianzas iguales	10.33	0.502	20.594	2.000	0.002	F = 1.378 Sig. = 0.4205
Sample 2	2	32.86	0.54	0.382	No se asumen varianzas iguales	10.33	0.502	20.594	1.951	0.003	
Sample 1	2	54.61	0.38	0.269	Se asumen varianzas iguales	13.22	0.385	34.335	2.000	0.001	F = 1.053 Sig. = 0.4870
Sample 2	2	41.39	0.39	0.276	No se asumen varianzas iguales	13.22	0.385	34.335	1.999	0.001	
Sample 1	2	60.75	0.61	0.431	Se asumen varianzas iguales	5.05	0.651	7.755	2.000	0.016	F = 1.279 Sig. = 0.4387
Sample 2	2	55.70	0.69	0.488	No se asumen varianzas iguales	5.05	0.651	7.755	1.970	0.017	
Sample 1	2	78.57	0.27	0.191	Se asumen varianzas iguales	17.08	0.408	41.858	2.000	0.001	F = 3.568 Sig. = 0.2189
Sample 2	2	61.49	0.51	0.361	No se asumen varianzas iguales	17.08	0.408	41.858	1.520	0.003	
Sample 1	2	74.81	0.15	0.106	Se asumen varianzas iguales	17.67	0.335	52.682	2.000	0.000	F = 9.000 Sig. = 0.1000
Sample 2	2	57.14	0.45	0.318	No se asumen varianzas iguales	17.67	0.335	52.682	1.220	0.005	

ABSORCION DE AGUA											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)	Prueba de Harley de variancias iguales
Sample 1	2	1.52	0.004	0.003	Se asumen varianzas iguales	0.08	0.014	5.547	2.000	0.031	F = 25.000 Sig. = 0.0385
Sample 2	2	1.44	0.020	0.014	No se asumen varianzas iguales	0.08	0.014	5.547	1.080	0.101	
Sample 1	2	1.35	0.003	0.002	Se asumen varianzas iguales	0.05	0.004	14.142	2.000	0.005	F = 1.778 Sig. = 0.3600
Sample 2	2	1.30	0.004	0.003	No se asumen varianzas iguales	0.05	0.004	14.142	1.855	0.007	
Sample 1	2	1.21	0.013	0.009	Se asumen varianzas iguales	0.08	0.010	8.318	2.000	0.014	F = 10.562 Sig. = 0.0865
Sample 2	2	1.13	0.004	0.003	No se asumen varianzas iguales	0.08	0.010	8.318	1.188	0.054	
Sample 1	2	1.39	0.014	0.01	Se asumen varianzas iguales	0.07	0.010	6.914	2.000	0.020	F = 21.778 Sig. = 0.0439
Sample 2	2	1.32	0.003	0.002	No se asumen varianzas iguales	0.07	0.010	6.914	1.092	0.078	
Sample 1	2	1.5	0.059	0.042	Se asumen varianzas iguales	0.12	0.044	2.738	2.000	0.112	F = 9.643 Sig. = 0.0940
Sample 2	2	1.38	0.019	0.013	No se asumen varianzas iguales	0.12	0.044	2.738	1.205	0.187	
Sample 1	2	1.59	0.005	0.004	Se asumen varianzas iguales	0.09	0.007	13.492	2.000	0.005	F = 2.560 Sig. = 0.2809
Sample 2	2	1.5	0.008	0.006	No se asumen varianzas iguales	0.09	0.007	13.492	1.678	0.01	
Sample 1	2	1.68	0.005	0.004	Se asumen varianzas iguales	0.15	0.008	18.974	2.000	0.003	F = 4.000 Sig. = 0.2000
Sample 2	2	1.53	0.010	0.007	No se asumen varianzas iguales	0.15	0.008	18.974	1.471	0.010	
Sample 1	2	1.78	0.016	0.011	Se asumen varianzas iguales	0.13	0.012	10.527	2.000	0.009	F = 5.224 Sig. = 0.1607
Sample 2	2	1.65	0.007	0.005	No se asumen varianzas iguales	0.13	0.012	10.527	1.369	0.028	
Sample 1	2	1.94	0.003	0.002	Se asumen varianzas iguales	0.10	0.005	21.082	2.000	0.002	F = 4.000 Sig. = 0.2000
Sample 2	2	1.84	0.006	0.004	No se asumen varianzas iguales	0.10	0.005	21.082	1.471	0.008	
Sample 1	2	2.28	0.003	0.002	Se asumen varianzas iguales	0.30	0.019	15.617	2.000	0.004	F = 81.000 Sig. = 0.0122
Sample 2	2	1.98	0.027	0.019	No se asumen varianzas iguales	0.30	0.019	15.617	1.025	0.038	

RETENCION DE AGUA											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						Prueba de Harley de variancias iguales
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significacón (2 colas)	
Sample 1	2	140.94	0.73	0.516	Se asumen varianzas iguales	-3.75	0.634	-5.917	2.000	0.027	F = 1.971 Sig. = 0.3366
Sample 2	2	144.69	0.52	0.368	No se asumen varianzas iguales	-3.75	0.634	-5.917	1.807	0.035	
Sample 1	2	128.46	0.38	0.269	Se asumen varianzas iguales	-4.46	0.520	-8.573	2.000	0.013	F = 2.749 Sig. = 0.2668
Sample 2	2	132.92	0.63	0.445	No se asumen varianzas iguales	-4.46	0.520	-8.573	1.643	0.023	
Sample 1	2	113.00	0.37	0.262	Se asumen varianzas iguales	-6.97	0.874	-7.971	2.000	0.015	F = 10.171 Sig. = 0.0895
Sample 2	2	119.97	1.18	0.834	No se asumen varianzas iguales	-6.97	0.874	-7.971	1.195	0.056	
Sample 1	2	130.79	0.58	0.410	Se asumen varianzas iguales	-6.93	0.799	-8.672	2.000	0.013	F = 2.797 Sig. = 0.2634
Sample 2	2	137.72	0.97	0.686	No se asumen varianzas iguales	-6.93	0.799	-8.672	1.634	0.023	
Sample 1	2	135.62	0.86	0.608	Se asumen varianzas iguales	-10.26	0.845	-12.140	2	0.007	F = 1.074 Sig. = 0.4823
Sample 2	2	145.88	0.83	0.587	No se asumen varianzas iguales	-10.26	0.845	-12.140	1.997	0.007	
Sample 1	2	148.65	0.78	0.552	Se asumen varianzas iguales	-8.89	0.755	-11.768	2.000	0.007	F = 1.142 Sig. = 0.4669
Sample 2	2	157.54	0.73	0.516	No se asumen varianzas iguales	-8.89	0.755	-11.768	1.991	0.007	
Sample 1	2	152.83	0.96	0.679	Se asumen varianzas iguales	-12.78	0.698	-18.309	2.000	0.003	F = 17.422 Sig. = 0.0543
Sample 2	2	165.61	0.23	0.163	No se asumen varianzas iguales	-12.78	0.698	-18.309	1.114	0.026	
Sample 1	2	162.86	0.71	0.502	Se asumen varianzas iguales	-14.12	0.606	-23.300	2.000	0.002	F = 2.188 Sig. = 0.3137
Sample 2	2	176.98	0.48	0.339	No se asumen varianzas iguales	-14.12	0.606	-23.300	1.756	0.003	
Sample 1	2	178.91	1.13	0.799	Se asumen varianzas iguales	-14.87	0.818	-18.171	2.000	0.003	F = 20.430 Sig. = 0.0467
Sample 2	2	193.78	0.25	0.177	No se asumen varianzas iguales	-14.87	0.818	-18.171	1.098	0.027	
Sample 1	2	193.41	0.28	0.198	Se asumen varianzas iguales	-28.96	0.301	-96.320	2.000	0.000	F = 1.306 Sig. = 0.4336
Sample 2	2	222.37	0.32	0.226	No se asumen varianzas iguales	-28.96	0.301	-96.320	1.965	0.000	

ANOVA - SOLUBILIDAD										
	RH					PK				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8512.91	9	945.88	1121.68	0	5982.17	9	664.69	1324.5	0
Dentro de grupos	8.43	10	0.84			5.02	10	0.5		
Total	8521.35	19				5987.19	19			

Solubilidad RH

Duncan^a

pH	N	Subconjunto para alfa = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	2	17.51								
3	2		21.87							
2	2			27.74						
5	2			29.05						
6	2				37.51					
7	2					43.19				
8	2						54.61			
9	2							60.75		
11	2								74.81	
10	2									78.57
Sig.		1	1	0.18	1	1	1	1	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.000.

Solubilidad PK

Duncan^a

pH	N	Subconjunto para alfa = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
4	2	12.9								
3	2		15.81							
5	2			18.06						
2	2				25.03					
6	2				25.84					
7	2					32.86				
8	2						41.39			
9	2							55.7		
11	2								57.14	
10	2									61.49
Sig.		1	1	1	0.28	1	1	0.07	1	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.000.

ANOVA - RETENCION DE AGUA										
	RH					PK				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10732.25	9	1192.47	2248.5	0	17242.89	9	1915.88	4123.48	0
Dentro de grupos	5.30	10	0.53			4.65	10	0.46		
Total	10737.56	19				17247.54	19			

Retención de agua - RH

Duncan^a

pH	N	Subconjunto para alfa = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	2	113								
3	2		128.46							
5	2			130.79						
6	2				135.62					
2	2					140.94				
7	2						148.65			
8	2							152.83		
9	2								162.87	
10	2									178.91
11	2									
Sig.		1	1	1	1	1	1	1	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.000.

Retención de agua - PK

Duncan^a

pH	N	Subconjunto para alfa = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	2	119.97								
3	2		132.93							
5	2			137.72						
2	2				144.69					
6	2				145.88					
7	2					157.54				
8	2						165.61			
9	2							176.98		
10	2								193.78	
11	2									222.37
Sig.		1	1	1	0.11	1	1	1	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.000.

ANOVA - ABSORCION DE AGUA										
	RH					PK				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1.78	9	0.2	424.86	0	1.17	9	0.13	964.56	0
Dentro de grupos	0.00	10	0			0	10	0		
Total	1.78	19				1.17	19			

Absorción de agua - RH

Duncan^a

pH	N	Subconjunto para alfa = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
4	2	1.22								
3	2		1.35							
5	2		1.39							
6	2			1.5						
2	2			1.52						
7	2				1.6					
8	2					1.68				
9	2						1.78			
10	2							1.95		
11	2								2.28	
Sig.		1	0.06	0.27	1	1	1	1	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.000.

Absorción de agua - PK

Duncan^a

pH	N	Subconjunto para alfa = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	2	1.13								
3	2		1.3							
5	2		1.33							
6	2			1.38						
2	2				1.44					
7	2					1.5				
8	2						1.54			
9	2							1.65		
10	2								1.84	
11	2									1.98
Sig.		1	0.06	1	1	1	1	1	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.000.

Anexo 5: Rendimiento de obtención de almidón de quinua de las variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK)

Estadísticas de grupo

variedad	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
RH	3	28.9033	0.95448	0.55107
PK	3	25.9033	0.42158	0.24340

Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias				
	F	Sig.	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
					(bilateral)		
Se asumen varianzas iguales	3.843	0.121	4.980	4	0.008	3.00000	0.60243
No se asumen varianzas iguales			4.980	2.752	0.019	3.00000	0.60243

Anexo 6: Características fisicoquímicas del almidón de quinua de las variedades Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK)

COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL ALMIDÓN DE QUINUA RH Y PK											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)	Prueba de Harley de variancias iguales
Sample 1	2	9.82	0.049	0.035	Se asumen varianzas iguales	-0.08	0.038	-2.122	2.000	0.168	F = 5.444 Sig. = 0.1552
Sample 2	2	9.90	0.021	0.015	No se asumen varianzas iguales	-0.08	0.038	-2.122	1.355	0.225	
Sample 1	2	0.76	0.014	0.010	Se asumen varianzas iguales	-0.16	0.014	-11.429	2.000	0.008	F = 1.000 Sig. = 0.5000
Sample 2	2	0.92	0.014	0.010	No se asumen varianzas iguales	-0.16	0.014	-11.429	2.000	0.008	
Sample 1	2	0.00	0.000	0.000	Se asumen varianzas iguales	-0.05	0.005	-10.100	2.000	0.010	F = 4900.000 Sig. = 0.0002
Sample 2	2	0.05	0.007	0.005	No se asumen varianzas iguales	-0.05	0.005	-10.100	1.000	0.063	
Sample 1	2	0.17	0.007	0.005	Se asumen varianzas iguales	-0.04	0.007	-5.714	2.000	0.029	F = 1.000 Sig. = 0.5000
Sample 2	2	0.21	0.007	0.005	No se asumen varianzas iguales	-0.04	0.007	-5.714	2.000	0.029	
Sample 1	2	99.08	0.007	0.005	Se asumen varianzas iguales	0.25	0.011	22.588	2.000	0.002	F = 4.000 Sig. = 0.2000
Sample 2	2	98.83	0.014	0.010	No se asumen varianzas iguales	0.25	0.011	22.588	1.471	0.008	

AMILOSA											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)	Prueba de Harley de variancias iguales
Sample 1	3	27.39	0.087	0.05	Se asumen varianzas iguales	4.72	0.071	66.446	4	0	F = 1.000 Sig. = 0.5000
Sample 2	3	22.67	0.087	0.05	No se asumen varianzas iguales	4.72	0.071	66.446	4	0	
Sample 1	3	72.61	0.087	0.05	Se asumen varianzas iguales	-4.72	0.071	-66.446	4	0	F = 1.000 Sig. = 0.5000
Sample 2	3	77.33	0.087	0.05	No se asumen varianzas iguales	-4.72	0.071	-66.446	4	0	

COLOR DEL ALMIDÓN DE QUINUA RH Y PK											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						Prueba de Harley de variancias iguales
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)	
Sample 1	4	94.31	0.274	0.137	Se asumen varianzas iguales	-3.33	0.215	-15.472	6	0	F = 1.468 Sig. = 0.3594
Sample 2	4	97.64	0.332	0.166	No se asumen varianzas iguales	-3.33	0.215	-15.472	5.792	0	
Sample 1	4	1	0.056	0.028	Se asumen varianzas iguales	1.09	0.043	25.635	6	0	F = 1.306 Sig. = 0.4010
Sample 2	4	-0.09	0.064	0.032	No se asumen varianzas iguales	1.09	0.043	25.635	5.896	0	
Sample 1	4	3.08	0.08	0.04	Se asumen varianzas iguales	1.36	0.046	29.634	6	0	F = 3.160 Sig. = 0.1455
Sample 2	4	1.72	0.045	0.023	No se asumen varianzas iguales	1.36	0.046	29.634	4.726	0	
Sample 1	4	3.24	0.095	0.048	Se asumen varianzas iguales	1.52	0.054	28.317	6	0	F = 3.610 Sig. = 0.1207
Sample 2	4	1.72	0.05	0.025	No se asumen varianzas iguales	1.52	0.054	28.317	4.544	0	

Anexo 7: Propiedades tecnofuncionales (poder de hinchamiento (PH), índice de solubilidad (ISA), sinéresis y claridad) del almidón de quinua de las variedades RH y PK

PODER DE HINCHAMIENTO											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)	Prueba de Harley de variancias iguales
Sample 1	3	6.53	0.67	0.387	Se asumen varianzas iguales	4.00	0.388	10.299	4.000	0.001	F = 124.694 Sig. = 0.0012
Sample 2	3	2.53	0.06	0.035	No se asumen varianzas iguales	4.00	0.388	10.299	2.032	0.009	
Sample 1	3	7.70	0.26	0.150	Se asumen varianzas iguales	1.10	0.179	6.133	4.000	0.004	F = 2.339 Sig. = 0.2517
Sample 2	3	6.60	0.17	0.098	No se asumen varianzas iguales	1.10	0.179	6.133	3.446	0.006	
Sample 1	3	8.23	0.40	0.231	Se asumen varianzas iguales	-0.94	0.261	-3.604	4.000	0.023	F = 3.628 Sig. = 0.1590
Sample 2	3	9.17	0.21	0.121	No se asumen varianzas iguales	-0.94	0.261	-3.604	3.025	0.036	
Sample 1	3	11.03	0.31	0.179	Se asumen varianzas iguales	-2.50	0.395	-6.328	4.000	0.003	F = 3.872 Sig. = 0.1478
Sample 2	3	13.53	0.61	0.352	No se asumen varianzas iguales	-2.50	0.395	-6.328	2.968	0.008	
Sample 1	3	13.70	0.62	0.358	Se asumen varianzas iguales	-2.33	0.382	-6.103	4.000	0.004	F = 7.267 Sig. = 0.0688
Sample 2	3	16.03	0.23	0.133	No se asumen varianzas iguales	-2.33	0.382	-6.103	2.540	0.014	

INDICE DE SOLUBILIDAD											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)	Prueba de Harley de variancias iguales
Sample 1	3	1.47	0.15	0.087	Se asumen varianzas iguales	0.27	0.087	3.118	4.000	0.036	F = 2250000.000 Sig. = 0.0000
Sample 2	3	1.20	0.00	0.000	No se asumen varianzas iguales	0.27	0.087	3.118	2.000	0.089	
Sample 1	3	1.53	0.32	0.185	Se asumen varianzas iguales	-0.97	0.357	-2.714	4.000	0.053	F = 2.743 Sig. = 0.2146
Sample 2	3	2.50	0.53	0.306	No se asumen varianzas iguales	-0.97	0.357	-2.714	3.287	0.066	
Sample 1	3	1.63	0.15	0.087	Se asumen varianzas iguales	-1.87	0.408	-4.587	4.000	0.010	F = 21.160 Sig. = 0.0161
Sample 2	3	3.50	0.69	0.398	No se asumen varianzas iguales	-1.87	0.408	-4.587	2.189	0.037	

Continúa en la siguiente página ...

Sample 1	3	2.17	0.15	0.087	Se asumen varianzas iguales	-8.83	0.527	-16.762	4.000	0.000	F = 36.000 Sig. = 0.0075
Sample 2	3	11.00	0.90	0.520	No se asumen varianzas iguales	-8.83	0.527	-16.762	2.111	0.003	
Sample 1	3	4.10	0.30	0.173	Se asumen varianzas iguales	-28.63	0.312	-91.689	4.000	0.000	F = 2.250 Sig. = 0.2613
Sample 2	3	32.73	0.45	0.260	No se asumen varianzas iguales	-28.63	0.312	-91.689	3.485	0.000	

COMPARACIÓN DE PODER DE HIINCHANMIENTO ENTRE NIVELES DE TEMPERATURA										
	RH					PK				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	100.856	4	25.21	108.68	0	347.943	4	86.99	864.1	0
Dentro de grupos	2.32	10	0.23			1.007	10	0.1		
Total	103.176	14				348.949	14			

Hinchamiento_T N Subconjunto para alfa = 0.05

			1	2	3	4
Duncan ^a	55	3	6.53			
	65	3		7.7		
	75	3		8.23		
	85	3			11.03	
	95	3				13.7
Sig.			1	0.2	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Hinchamiento_T N Subconjunto para alfa = 0.05

			1	2	3	4	5
Duncan ^a	55	3	2.53				
	65	3		6.6			
	75	3			9.17		
	85	3				13.53	
	95	3					16.03
Sig.			1	1	1	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 8: Sinéresis (%) del almidón de quinua Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK) en condiciones de refrigeración (4°C)

Tiempo Horas	SINERESIS (%)	
	RH	PK
24	25.03 ± 0.83 ^{aA}	5.26 ± 0.96 ^{aB}
72	26.92 ± 0.13 ^{bA}	6.46 ± 0.49 ^{aB}
120	28.82 ± 0.47 ^{cA}	8.94 ± 1.60 ^{bB}
168	29.71 ± 0.83 ^{cA}	12.42 ± 1.26 ^{cB}

Letras minúsculas diferentes en una misma columna, en cada variedad indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre niveles de horas.

Letras mayúsculas diferentes en una misma fila, indica diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variedades.

SINERESIS											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)	Prueba de Harley de varianzas iguales
Sample 1	3	25.03	0.80	0.462	Se asumen varianzas iguales	19.77	0.721	27.402	4.000	0.000	F = 1.440 Sig. = 0.3858
Sample 2	3	5.26	0.96	0.554	No se asumen varianzas iguales	19.77	0.721	27.402	3.874	0.000	
Sample 1	3	26.92	0.10	0.058	Se asumen varianzas iguales	20.46	0.289	70.861	4.000	0.000	F = 24.010 Sig. = 0.0134
Sample 2	3	6.46	0.49	0.283	No se asumen varianzas iguales	20.46	0.289	70.861	2.166	0.000	
Sample 1	3	28.82	0.40	0.231	Se asumen varianzas iguales	19.88	0.952	20.878	4.000	0.000	F = 16.000 Sig. = 0.0238
Sample 2	3	8.94	1.60	0.924	No se asumen varianzas iguales	19.88	0.952	20.878	2.249	0.001	
Sample 1	3	29.71	0.80	0.462	Se asumen varianzas iguales	17.31	0.833	20.789	4.000	0.000	F = 2.250 Sig. = 0.2613
Sample 2	3	12.40	1.20	0.693	No se asumen varianzas iguales	17.31	0.833	20.789	3.485	0.000	

ANOVA

Porcentaje	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	38.963	3	12.988	32.238	0
Dentro de grupos	3.223	8	0.403		
Total	42.186	11			

Porcentaje

Duncan^a

Sineresis_H	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
24	3	25.03		
72	3		26.9233	
120	3			28.82
168	3			29.7067
Sig.		1	1	0.125

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

ANOVA

Porcentaje	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	89.949	3	29.983	22.614	0
Dentro de grupos	10.607	8	1.326		
Total	100.556	11			

Porcentaje

Duncan^a

Sineresis_H	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
24	3	5.26		
72	3	6.4567		
120	3		8.9333	
168	3			12.4167
Sig.		0.239	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 9: Transmitancia de geles de almidón de quinua Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK) almacenados en refrigeración (4 °C)

Tiempo	Transmitancia	
	Rosada de Huancayo	Pasankalla
0	1.87 ± 0.12 ^{aA}	2.80 ± 0.20 ^{aB}
24	1.83 ± 0.06 ^{aA}	2.73 ± 0.15 ^{aB}
48	1.80 ± 0.10 ^{bA}	2.70 ± 0.17 ^{aB}
72	1.80 ± 0.10 ^{bA}	2.67 ± 0.21 ^{aB}
96	1.73 ± 0.06 ^{bA}	2.63 ± 0.15 ^{aB}
120	1.67 ± 0.06 ^{cA}	2.60 ± 0.10 ^{aB}

Letras minúsculas diferentes en una misma columna, en cada variedad indican, diferencias significativas ($p < 0.05$) entre niveles de días.

Letras mayúsculas diferentes en una misma fila, indica diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las variedades.

SINERESIS											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						
	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)	Prueba de Harley de variancias iguales
Sample 1	3	1.87	0.12	0.069	Se asumen varianzas iguales	-0.93	0.135	-6.906	4	0.002	F = 2.778 Sig. = 0.2119
Sample 2	3	2.80	0.20	0.115	No se asumen varianzas iguales	-0.93	0.135	-6.906	3.275	0.005	
Sample 1	3	1.83	0.06	0.035	Se asumen varianzas iguales	-0.9	0.093	-9.649	4	0.001	F = 6.250 Sig. = 0.0833
Sample 2	3	2.73	0.15	0.087	No se asumen varianzas iguales	-0.9	0.093	-9.649	2.624	0.004	
Sample 1	3	1.80	0.10	0.058	Se asumen varianzas iguales	-0.9	0.114	-7.904	4	0.001	F = 2.890, Sig. = 0.2033
Sample 2	3	2.70	0.17	0.098	No se asumen varianzas iguales	-0.9	0.114	-7.904	3.236	0.003	
Sample 1	3	1.80	0.10	0.058	Se asumen varianzas iguales	-0.87	0.134	-6.479	4	0.003	F = 4.410 Sig. = 0.1272
Sample 2	3	2.67	0.21	0.121	No se asumen varianzas iguales	-0.87	0.134	-6.479	2.863	0.009	
Sample 1	3	1.73	0.06	0.035	Se asumen varianzas iguales	-0.9	0.093	-9.649	4	0.001	F = 6.250 Sig. = 0.0833
Sample 2	3	2.63	0.15	0.087	No se asumen varianzas iguales	-0.9	0.093	-9.649	2.624	0.004	
Sample 1	3	1.67	0.06	0.035	Se asumen varianzas iguales	-0.93	0.067	-13.813	4	0	F = 2.778 Sig. = 0.2119
Sample 2	3	2.60	0.10	0.058	No se asumen varianzas iguales	-0.93	0.067	-13.813	3.275	0.001	

ANOVA

Porcentaje	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.078	5	0.016	2.169	0.126
Dentro de grup	0.087	12	0.007		
Total	0.165	17			

Porcentaje

Duncan^a

Transmitancia_	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
120	3	1.6667	
96	3	1.7333	1.7333
72	3	1.8	1.8
48	3	1.8	1.8
24	3		1.8333
0	3		1.8667
Sig.		0.1	0.105

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

ANOVA

Porcentaje

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.078	5	0.016	0.549	0.737
Dentro de grup	0.34	12	0.028		
Total	0.418	17			

Porcentaje

Duncan^a

Transmitancia_	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
120	3	2.6
96	3	2.6333
72	3	2.6667
48	3	2.7
24	3	2.7333
0	3	2.8
Sig.		0.212

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 10: Propiedades térmicas de los almidones de quinua Rosada de Huancayo (RH) y Pasankalla (PK), determinados por Calorimetría Diferencia de Barrido (DSC)

PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS ALMIDONES DE QUINUA RH Y PK											
Estadística de grupo					Prueba de muestras independientes						
					Prueba de Levene de igualdad de varianzas			prueba t para la igualdad de medias			
VARIEDAD	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
RH	3	54.1100	0.22716	0.13115	Se asumen varianzas iguales No se asumen varianzas iguales	2.118	0.219	-48.642	4.000	0	-7.2800
PK	3	61.3900	0.12490	0.07211				-48.642	3.108	0	-7.2800
RH	3	60.3533	0.12342	0.07126	Se asumen varianzas iguales No se asumen varianzas iguales	0.260	0.637	-65.815	4.000	0	-6.0400
PK	3	66.3933	0.10017	0.05783				-65.815	3.837	0	-6.0400
RH	3	67.6267	0.17388	0.10039	Se asumen varianzas iguales No se asumen varianzas iguales	0.704	0.449	-47.501	4.000	0	-5.8133
PK	3	73.4400	0.12124	0.07000				-47.501	3.573	0	-5.8133
RH	3	9.3100	0.59195	0.34176	Se asumen varianzas iguales No se asumen varianzas iguales	0.440	0.543	-0.620	4.000	0.569	-0.3467
PK	3	9.6567	0.76644	0.44251				-0.620	3.760	0.571	-0.3467

Anexo 11: Composición química (g/100g) y principales minerales (mg/100g) de los productos fermentados de quinua de sabor natural y saborizados

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad	Entre grupos	183.373	3	61.124	14270.238	0
	Dentro de grupos	0.034	8	0.004		
	Total	183.407	11			
Proteínas	Entre grupos	1.115	3	0.372	1173.991	0
	Dentro de grupos	0.003	8	0		
	Total	1.118	11			
Grasas	Entre grupos	0.523	3	0.174	12.322	0.002
	Dentro de grupos	0.113	8	0.014		
	Total	0.636	11			
Cenizas	Entre grupos	0.117	3	0.039	104.259	0
	Dentro de grupos	0.003	8	0		
	Total	0.12	11			
Carbohidratos	Entre grupos	225.528	3	75.176	4995.094	0
	Dentro de grupos	0.12	8	0.015		
	Total	225.649	11			
Energía	Entre grupos	2581.518	3	860.506	1656.146	0
	Dentro de grupos	4.157	8	0.52		
	Total	2585.675	11			

Humedad

Duncan ^a variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
QD_PK	3	71.36667			
QBB_RH	3		71.57667		
Q_RH	3			79.08333	
Q_PK	3				79.48333
Sig.		1	1	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Proteínas

Duncan ^a					
variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
QBB_RH	3	2.17333			
QD_PK	3		2.72667		
Q_RH	3			2.88	
Q_PK	3				2.95
Sig.		1	1	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Grasas

Duncan ^a			
variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
QBB_RH	3	0.2333	
QD_PK	3	0.39	0.39
Q_RH	3		0.5833
Q_PK	3		0.79
Sig.		0.145	0.082

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Cenizas

Duncan ^a					
variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
QBB_RH	3	0.42			
Q_RH	3		0.51667		
Q_PK	3			0.57333	
QD_PK	3				0.69333
Sig.		1	1	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Carbohidratos

Duncan ^a					
variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Q_PK	3	16.2067			
Q_RH	3		16.9333		
QD_PK	3			24.8267	
QBB_RH	3				25.59
Sig.		1	1	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Energía

Duncan ^a		
variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Q_PK	3	83.7233
Q_RH	3	84.5267
QBB_RH	3	113.1967
QD_PK	3	113.7067
Sig.		0.209

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 12: Composición química (g/100 g) y principales minerales (mg/100g) de los productos fermentadas de quinua (QBB-RH y QD-PK) y productos comerciales veganos similares

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad	Entre grupos	408.51	5	81.702	23159.718	0
	Dentro de grupos	0.04	12	0.004		
	Total	408.55	17			
Proteínas	Entre grupos	13.29	5	2.658	8545.157	0
	Dentro de grupos	0.00	12	0.000		
	Total	13.30	17			
Grasas	Entre grupos	9.44	5	1.889	11.472	0
	Dentro de grupos	1.98	12	0.165		
	Total	11.42	17			
Cenizas	Entre grupos	0.79	5	0.159	1097.608	0
	Dentro de grupos	0.00	12	0.000		
	Total	0.79	17			
Carbohidratos	Entre grupos	388.89	5	77.779	455.618	0
	Dentro de grupos	2.05	12	0.171		
	Total	390.94	17			
Energía	Entre grupos	5902.51	5	1180.502	289.829	0
	Dentro de grupos	48.88	12	4.073		
	Total	5951.39	17			

Humedad

Tukey B^a

variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
QD_PK	3	71.37					
QBB_RH	3		71.58				
OBV	3			79.62			
SB	3				81.15		
OP	3					81.35	
OFA	3						83.21

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Proteínas

Tukey B ^a							
variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
OP	3	1.05					
OBV	3		1.18				
OFA	3			1.35			
QBB_RH	3				2.17		
QD_PK	3					2.73	
SB	3						3.37

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Grasas

Tukey B ^a			
variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
SB	3	0.14	
QBB_RH	3	0.23	
OP	3	0.34	
QD_PK	3	0.39	
OFA	3	0.98	
OBV	3		2.22

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Cenizas

Tukey B ^a							
variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
OP	3	0.2					
OFA	3		0.31				
OBV	3			0.34			
QBB_RH	3				0.42		
QD_PK	3					0.69	
SB	3						0.78

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Carbohidratos

Tukey B ^a				
variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
OFA	3	14.15		
SB	3	14.57		
OBV	3		16.64	
OP	3		17.07	
QD_PK	3			24.83
QBB_RH	3			25.59

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Energía

Tukey B ^a				
variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
OFA	3	70.84		
SB	3	72.95		
OP	3	75.54		
OBV	3		91.26	
QBB_RH	3			113.2
QD_PK	3			113.71

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 13: Cambios en el pH, acidez titulable (TTA) y viscosidad durante el almacenamiento de los productos fermentados de quinua RH y PK (segunda etapa)

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	
QDBB_RH	pH	Se basa en la media	2.833	4	10	0.083
		Se basa en la mediana	0.259	4	10	0.898
		Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.259	4	5.930	0.894
		Se basa en la media recortada	2.376	4	10	0.122

ANOVA

pH					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.033	4	0.008	9.076	0.002
Dentro de grupos	0.009	10	0.001		
Total	0.043	14			

Subconjuntos homogéneos

pH

Duncan ^a	dia	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
	DIA 28	3	3.4033	
	DIA 21	3	3.4333	
	DIA 14	3	3.4333	
	DIA 0	3		3.5000
	DIA 7	3		3.5300
	Sig.		0.274	0.254

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	
QDBB_RH	TTA	Se basa en la media	3.290	4	10	0.058
		Se basa en la mediana	1.005	4	10	0.449
		Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.005	4	5.572	0.477
		Se basa en la media recortada	3.063	4	10	0.069

ANOVA

TTA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	16.112	4	4.028	8.260	0.003
Dentro de grupos	4.877	10	0.488		
Total	20.989	14			

Subconjuntos homogéneos

TTA

Duncan ^a	dia	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
	DIA 7	3	11.8667		
	DIA 0	3	12.2333		
	DIA 14	3	12.8833	12.8833	
	DIA 21	3		14.0500	14.0500
	DIA 28	3			14.5667
	Sig.		0.119	0.068	0.386

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

Prueba de homogeneidad de varianzas

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	
QDD_PK	TTA	Se basa en la media	3,582	4	10	0,046
		Se basa en la mediana	0,734	4	10	0,589
		Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,734	4	6,459	0,599
		Se basa en la media recortada	3,227	4	10	0,060

ANOVA

TTA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	23,934	4	5,984	4,352	0,027
Dentro de grupos	13,748	10	1,375		
Total	37,682	14			

Subconjuntos homogéneos

TTA

Duncan ^a				
dia	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
		1	2	
DIA 0	3	12,6667		
DIA 7	3	13,1333		
DIA 14	3	14,4833	14,4833	
DIA 21	3		15,6667	
DIA 28	3		15,7333	
Sig.		0,100	0,241	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	
QBB_RH	VISCO	Se basa en la media	5,434	4	40	0,001
		Se basa en la mediana	0,641	4	40	0,636
		Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,641	4	18,387	0,640
		Se basa en la media recortada	4,313	4	40	0,005

ANOVA

VISCO					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,721	4	0,430	2,941	0,032
Dentro de grupos	5,851	40	0,146		
Total	7,572	44			

Subconjuntos homogéneos

VISCO

Duncan ^a				
dia	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
		1	2	
DIA 14	9	9,7556		
DIA 28	9	9,7778		
DIA 21	9	9,8889		
DIA 0	9	10,0222	10,0222	
DIA 7	9		10,2889	
Sig.		0,185	0,147	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	
QDD_PK	VISCO	Se basa en la media	17,517	4	40	0,000
		Se basa en la mediana	6,184	4	40	0,001
		Se basa en la mediana y con gl ajustado	6,184	4	16,889	0,003
		Se basa en la media recortada	16,654	4	40	0,000

ANOVA

VISCO					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8,104	4	2,026	12,036	0,000
Dentro de grupos	6,733	40	0,168		
Total	14,838	44			

Subconjuntos homogéneos

VISCO

Duncan ^a				
dia	N	Subconjunto para alfa = 0,05		
		1	2	
DIA 28	9	18,4000		
DIA 0	9	18,6444		
DIA 14	9		19,2000	
DIA 7	9		19,4111	
DIA 21	9		19,4556	
Sig.		0,214	0,220	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

Anexo 14: pH, TTA y viscosidad de los productos comerciales

pH

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error
OP	2	3.4850	0.19092	0.13500
OFA	2	3.9400	0.00000	0.00000
SB	2	4.2350	0.00707	0.00500
OBV	2	4.2100	0.01414	0.01000
Total	8	3.9675	0.33049	0.11684

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.728	3	0.243	26.443	0.004
Dentro de grupos	0.037	4	0.009		
Total	0.765	7			

pH

N_VAR	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
OP	2	3.4850		
OFA	2		3.9400	
OBV	2			4.2100
SB	2			4.2350
Sig.		1.000	1.000	0.807

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

TTA

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error
OP	2	5.800	0.2828	0.2000
OFA	2	4.750	0.2121	0.1500
SB	2	9.750	0.0707	0.0500
OBV	2	3.150	0.0707	0.0500
Total	8	5.863	2.6066	0.9216

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	47.424	3	15.808	468.383	0.000
Dentro de grupos	0.135	4	0.034		
Total	47.559	7			

TTA					
N_VAR	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
OBV	2	3.150			
OFA	2		4.750		
OP	2			5.800	
SB	2				9.750
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

VISCOSIDAD

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error
OP	2	18.7350	1.03945	0.73500
OFA	2	29.9850	1.11016	0.78500
SB	2	14.0200	0.21213	0.15000
OBV	2	17.1500	0.59397	0.42000
Total	8	19.9725	6.47050	2.28767

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	290.361	3	96.787	142.822	0.000
Dentro de grupos	2.711	4	0.678		
Total	293.071	7			

VISCOSIDAD

N_VAR	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
SB	2	14.0200		
OBV	2		17.1500	
OP	2		18.7350	
OFA	2			29.9850
Sig.		1.000	0.126	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

Anexo 15: Evaluación del pH durante el proceso de fermentación de la quinua RH y PK, con *Lactobacillus plantarum* Q823

pH durante el proceso de fermentación											
Datos de resumen					Prueba de muestras independientes						
Variedad	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	t	gl	Significación (2 colas)	Prueba de Harley de variancias iguales
RH	2	6.43	0.01	0.007	Se asumen varianzas iguales	0.50	0.016	31.623	2.000	0.001	F = 4.000 Sig. = 0.2000
PK	2	5.93	0.02	0.014	No se asumen varianzas iguales	0.50	0.016	31.623	1.471	0.005	
RH	2	6.39	0.01	0.007	Se asumen varianzas iguales	0.52	0.010	52.000	2.000	0.000	F = 1.000 Sig. = 0.5000
PK	2	5.87	0.01	0.007	No se asumen varianzas iguales	0.52	0.010	52.000	2.000	0.000	
RH	2	6.35	0.03	0.021	Se asumen varianzas iguales	0.61	0.047	12.860	2.000	0.006	F = 4.000 Sig. = 0.2000
PK	2	5.74	0.06	0.042	No se asumen varianzas iguales	0.61	0.047	12.860	1.471	0.017	
RH	2	6.27	0.06	0.042	Se asumen varianzas iguales	0.63	0.055	11.408	2.000	0.008	F = 1.440 Sig. = 0.4098
PK	2	5.64	0.05	0.035	No se asumen varianzas iguales	0.63	0.055	11.408	1.937	0.009	
RH	2	6.14	0.06	0.042	Se asumen varianzas iguales	0.77	0.071	10.889	2.000	0.008	F = 1.778 Sig. = 0.3600
PK	2	5.37	0.08	0.057	No se asumen varianzas iguales	0.77	0.071	10.889	1.855	0.011	
RH	2	5.86	0.18	0.127	Se asumen varianzas iguales	0.94	0.142	6.606	2.000	0.022	F = 4.000 Sig. = 0.2000
PK	2	4.92	0.09	0.064	No se asumen varianzas iguales	0.94	0.142	6.606	1.471	0.046	
RH	2	5.35	0.08	0.057	Se asumen varianzas iguales	0.88	0.067	13.192	2.000	0.006	F = 2.560 Sig. = 0.2809
PK	2	4.47	0.05	0.035	No se asumen varianzas iguales	0.88	0.067	13.192	1.678	0.011	

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10.376	9	1.153	229.518	0
Dentro de grupos	0.05	10	0.005		
Total	10.426	19			

Temperatura	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
450	2	4.467					
420	2	4.676					
390	2		4.987				
360	2			5.3495			
300	2				5.8605		
240	2					6.1435	
180	2					6.2745	6.2745
120	2					6.3525	6.3525
60	2					6.3875	6.3875
0	2						6.433

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.000.

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3.565	6	0.594	179.642	0
Dentro de grupos	0.023	7	0.003		
Total	3.588	13			

Temperatura	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
360	2	4.4655				
300	2		4.92			
240	2			5.3665		
180	2				5.6395	
120	2				5.744	5.744
60	2					5.8735
0	2					5.9295

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.000.

Anexo 16: Viabilidad de las bacterias ácido lácticas (BAL) (Log UFC/mL) en los productos fermentados de quinua (RH y PK), de sabor natural y saborizados

ANOVA

Día 0					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.197	3	0.07	1.417	0.307
Dentro de grupos	0.37	8	0.05		
Total	0.567	11			
Día 7					
Entre grupos	0.406	3	0.14	1.501	0.287
Dentro de grupos	0.721	8	0.09		
Total	1.126	11			
Día 14					
Entre grupos	0.617	3	0.21	7.96	0.009
Dentro de grupos	0.207	8	0.03		
Total	0.823	11			
Día 21					
Entre grupos	0.869	3	0.29	18.667	0.001
Dentro de grupos	0.124	8	0.02		
Total	0.994	11			
Día 28					
Entre grupos	0.569	3	0.19	1.811	0.223
Dentro de grupos	0.838	8	0.1		
Total	1.407	11			
Entre todos los períodos de tiempo					
Entre grupos	0.11	4	0.03	0.464	0.761
Dentro de grupos	0.593	10	0.06		
Total	0.703	14			
Entre todos los períodos de tiempo					
Entre grupos	0.229	4	0.06	2.509	0.109
Dentro de grupos	0.228	10	0.02		
Total	0.457	14			
Entre todos los períodos de tiempo					
Entre grupos	0.087	4	0.02	0.429	0.785
Dentro de grupos	0.504	10	0.05		
Total	0.591	14			

Día 0

VARIEDAD	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
QBB_RH	3	8.85	
Q_PK	3	9.07	
QD_PK	3	9.15	
Q_RH	3	9.17	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Día 7

VARIEDAD	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
QBB_RH	3	8.83	
QD_PK	3	9.1	
Q_PK	3	9.27	
Q_RH	3	9.3	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Día 14

14

VARIEDAD	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1		
		1	2	
QBB_RH	3	8.59		
Q_RH	3		9.02	
QD_PK	3		9.11	
Q_PK	3		9.17	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Día 21

21

VARIEDAD	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1		
		1	2	3
QBB_RH	3	8.54		
QD_PK	3		8.94	
Q_RH	3		9.09	
Q_PK	3		9.27	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Día 28

28

VARIEDAD	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
QBB_RH	3	8.7	
Q_RH	3	9.06	
QD_PK	3	9.13	
Q_PK	3	9.3	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Tukey B^a

DIA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
Día 0	3	9.07	
Día 14	3	9.17	
Día 7	3	9.27	
Día 21	3	9.27	
Día 28	3	9.3	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

DIA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
Día 21	3	8.54	
Día 14	3	8.59	
Día 28	3	8.7	
Día 7	3	8.83	
Día 0	3	8.85	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

**Anexo 17: Actividad metabólica en los productos fermentados de quinua RH y PK –
Determinación de azúcares y ácidos**

<i>Estadísticas de grupo -Ácidos</i>							
Ácido	Día	Variedad	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	
Málico	0	RH	3	0.06	0.01	0.01	
		PK	3	0.07	0	0	
Acético		RH	3	0.12	0.02	0.01	
		PK	3	0.13	0.02	0.01	
Láctico		RH	3	0.35	0.04	0.03	
		PK	3	0.41	0.02	0.01	
Málico		0.25	RH	3	0.00	,00000 ^a	0.00
			PK	3	0.00	,00000 ^a	0.00
Acético			RH	3	0.14	0.02	0.01
			PK	3	0.15	0.02	0.01
Láctico			RH	3	2.25	0.28	0.16
			PK	3	2.82	0.13	0.07
Málico	1	RH	3	0.00	,00000 ^a	0.00	
		PK	3	0.00	,00000 ^a	0.00	
Acético		RH	3	0.16	0.03	0.02	
		PK	3	0.17	0.01	0.01	
Láctico		RH	3	2.99	0.27	0.16	
		PK	3	3.58	0.09	0.05	
Málico	12	RH	3	0.00	,00000 ^a	0.00	
		PK	3	0.00	,00000 ^a	0.00	
Acético		RH	3	0.36	0.08	0.04	
		PK	3	0.48	0.08	0.04	
Láctico		RH	3	5.56	0.55	0.32	
		PK	3	7.02	0.12	0.07	
Málico	28	RH	3	0.00	,00000 ^a	0.00	
		PK	3	0.00	,00000 ^a	0.00	
Acético		RH	3	0.49	0.13	0.07	
		PK	3	0.46	0.06	0.03	
Láctico		RH	3	7.23	0.49	0.29	
		PK	3	7.47	0.18	0.10	

a. t no se puede calcular porque las desviaciones estándar de ambos grupos son 0.

<i>Prueba de muestras independientes</i>									
Ácido	Día		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias				
			F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Málico	0	Se asumen varianzas iguales	9.01	0.04	-1.16	4	0.31	-0.01	0.01
		No se asumen varianzas iguales			-1.16	2.17	0.36	-0.01	0.01
Se asumen varianzas iguales		0.29	0.62	-0.31	4	0.77	-0.01	0.02	
No se asumen varianzas iguales				-0.31	3.75	0.77	-0.01	0.02	
Se asumen varianzas iguales		3.12	0.15	-2.27	4	0.09	-0.06	0.03	
No se asumen varianzas iguales				-2.27	2.87	0.11	-0.06	0.03	
Acético	0.25	Se asumen varianzas iguales	0.07	0.81	-0.21	4	0.85	0	0.01
No se asumen varianzas iguales				-0.21	3.73	0.85	0	0.01	
Láctico	0.25	Se asumen varianzas iguales	3.79	0.12	-3.26	4	0.03	-0.57	0.18
		No se asumen varianzas iguales			-3.26	2.8	0.05	-0.57	0.18
Acético	1	Se asumen varianzas iguales	4.98	0.09	-0.36	4	0.74	-0.01	0.02
		No se asumen varianzas iguales			-0.36	2.55	0.75	-0.01	0.02
Se asumen varianzas iguales		3.25	0.15	-3.62	4	0.02	-0.59	0.16	
No se asumen varianzas iguales				-3.62	2.39	0.05	-0.59	0.16	
Acético	12	Se asumen varianzas iguales	0.02	0.91	-1.8	4	0.15	-0.11	0.06
		No se asumen varianzas iguales			-1.8	4	0.15	-0.11	0.06
Se asumen varianzas iguales		8.83	0.04	-4.5	4	0.01	-1.46	0.33	
No se asumen varianzas iguales				-4.5	2.2	0.04	-1.46	0.33	
Acético	28	Se asumen varianzas iguales	3.25	0.15	0.36	4	0.74	0.03	0.08
		No se asumen varianzas iguales			0.36	2.79	0.74	0.03	0.08
Se asumen varianzas iguales		5.79	0.07	-0.79	4	0.47	-0.24	0.3	
No se asumen varianzas iguales				-0.79	2.5	0.5	-0.24	0.3	

<i>Estadísticas de grupo -Azúcares</i>						
Ácido	Día	Variedad	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Sacarosa	0	RH	3	2.77	1.02	0.59
		PK	3	2.07	0.35	0.20
Maltosa		RH	3	0.00	0.00	0.00
		PK	3	0.50	0.05	0.03
Glucosa		RH	3	7.38	1.29	0.74
		PK	3	8.95	1.34	0.77
Sacarosa	0.25	RH	3	2.79	1.00	0.58
		PK	3	2.23	0.62	0.36
Maltosa		RH	3	0.00	0.00	0.00
		PK	3	0.50	0.05	0.03
Glucosa		RH	3	6.60	0.83	0.48
		PK	3	9.09	0.13	0.07
Sacarosa	1	RH	3	2.75	0.62	0.36
		PK	3	2.48	0.25	0.15
Maltosa		RH	3	0.00	0.00	0.00
		PK	3	0.32	0.28	0.16
Glucosa		RH	3	6.23	0.97	0.56
		PK	3	8.78	1.70	0.98
Sacarosa	12	RH	3	2.78	0.36	0.21
		PK	3	2.57	0.45	0.26
Maltosa		RH	3	0.00	,00000 ^a	0.00
		PK	3	0.00	,00000 ^a	0.00
Glucosa		RH	3	5.43	1.86	1.07
		PK	3	8.19	2.09	1.20
Sacarosa	28	RH	3	2.23	0.35	0.2
		PK	3	2.66	0.61	0.35
Maltosa		RH	3	0.00	,00000 ^a	0.00
		PK	3	0.00	,00000 ^a	0.00
Glucosa		RH	3	5.42	2.50	1.44
		PK	3	8.04	3.14	1.81

a. t no se puede calcular porque las desviaciones estándar de ambos grupos son 0.

<i>Prueba de muestras independientes - Azúcares</i>										
Ácido	Día		Prueba de Levene de		prueba t para la igualdad de medias					
			F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	
Sacarosa	0	Se asumen varianzas iguales	4.38	0.1	1.11	4	0.33	0.69	0.62	
		No se asumen varianzas iguales			1.11	2.47	0.36	0.69	0.62	
Maltosa		Se asumen varianzas iguales	4	0.12	-17.32	4	0	-0.5	0.03	
		No se asumen varianzas iguales			-17.32	2	0	-0.5	0.03	
Glucosa		Se asumen varianzas iguales	0.01	0.91	-1.47	4	0.22	-1.57	1.07	
		No se asumen varianzas iguales			-1.47	3.99	0.22	-1.57	1.07	
Sacarosa	0.25	Se asumen varianzas iguales	1.53	0.28	0.81	4	0.46	0.55	0.68	
		No se asumen varianzas iguales			0.81	3.34	0.47	0.55	0.68	
Maltosa		Se asumen varianzas iguales	5.95	0.07	-17.09	4	0	-0.5	0.03	
		No se asumen varianzas iguales			-17.09	2	0	-0.5	0.03	
Glucosa		Se asumen varianzas iguales	8.98	0.04	-5.11	4	0.01	-2.48	0.49	
		No se asumen varianzas iguales			-5.11	2.09	0.03	-2.48	0.49	
Sacarosa	1	Se asumen varianzas iguales	1.14	0.35	0.72	4	0.51	0.28	0.39	
		No se asumen varianzas iguales			0.72	2.64	0.53	0.28	0.39	
Maltosa		Se asumen varianzas iguales	14.47	0.02	-1.99	4	0.12	-0.32	0.16	
		No se asumen varianzas iguales			-1.99	2	0.19	-0.32	0.16	
Glucosa		Se asumen varianzas iguales	1.1	0.35	-2.25	4	0.09	-2.55	1.13	
		No se asumen varianzas iguales			-2.25	3.17	0.1	-2.55	1.13	
Sacarosa	12	Se asumen varianzas iguales	0.1	0.77	0.62	4	0.57	0.2	0.33	
		No se asumen varianzas iguales			0.62	3.8	0.57	0.2	0.33	
Glucosa		Se asumen varianzas iguales	0.04	0.86	-1.71	4	0.16	-2.75	1.61	
		No se asumen varianzas iguales			-1.71	3.95	0.16	-2.75	1.61	
Sacarosa		28	Se asumen varianzas iguales	0.42	0.55	-1.06	4	0.35	-0.43	0.4
			No se asumen varianzas iguales			-1.06	3.23	0.36	-0.43	0.4
Glucosa	Se asumen varianzas iguales		0.42	0.55	-1.13	4	0.32	-2.62	2.31	
	No se asumen varianzas iguales				-1.13	3.81	0.32	-2.62	2.31	

<i>ANOVA - ÁCIDOS</i>							
Variedad	Ácido		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
RH	Láctico	Entre grupos	89.216	4	22.304	159.825	0
		Dentro de grupos	1.396	10	0.140		
		Total	90.612	14			
	Málico	Entre grupos	0.009	4	0.002	51.574	0
		Dentro de grupos	0.000	10	0.000		
		Total	0.009	14			
	Acético	Entre grupos	0.312	4	0.078	16.439	0
		Dentro de grupos	0.047	10	0.005		
		Total	0.359	14			
PK	Láctico	Entre grupos	105.748	4	26.437	1904.692	0
		Dentro de grupos	0.139	10	0.014		
		Total	105.887	14			
	Málico	Entre grupos	0.012	4	0.003	1599.697	0
		Dentro de grupos	0.000	10	0.000		
		Total	0.012	14			
	Acético	Entre grupos	0.370	4	0.092	46.161	0
		Dentro de grupos	0.020	10	0.002		
		Total	0.390	14			
<i>ANOVA - AZÚCARES</i>							
Variedad	Azúcar		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
RH	Sacarosa	Entre grupos	0.7	4	0.17	0.32	0.86
		Dentro de grupos	5.36	10	0.54		
		Total	6.06	14			
	Maltosa	Entre grupos	0	4	0		
		Dentro de grupos	0	10	0		
		Total	0	14			
	Glucosa	Entre grupos	8.23	4	2.06	0.79	0.56
		Dentro de grupos	25.98	10	2.60		
		Total	34.22	14			
PK	Sacarosa	Entre grupos	0.72	4	0.18	0.79	0.56
		Dentro de grupos	2.28	10	0.23		
		Total	3	14			
	Maltosa	Entre grupos	0.76	4	0.19	11.44	0.00
		Dentro de grupos	0.17	10	0.02		
		Total	0.92	14			
	Glucosa	Entre grupos	2.62	4	0.65	0.17	0.95
		Dentro de grupos	37.77	10	3.78		
		Total	40.38	14			

variedad=RH

n_dia	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	3	0.35				
0.25	3		2.25			
1	3			2.99		
12	3				5.56	
28	3					7.23
Sig.		1	1	1	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

variedad=PK

n_dia	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	3	0.41				
0.25	3		2.82			
1	3			3.58		
12	3				7.02	
28	3					7.47
Sig.		1	1	1	1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

variedad=RH

n_dia	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
0.25	3	0	
1	3	0	
12	3	0	
28	3	0	
0	3		0.06
Sig.		1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

variedad=PK

n_dia	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
0.25	3	0	
1	3	0	
12	3	0	
28	3	0	
0	3		0.07
Sig.		1	1

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

variedad=RH

n_dia	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
0	3	0.12	
0.25	3	0.14	
1	3	0.16	
12	3		0.36
28	3		0.49
Sig.		0.52	0.05

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

variedad=PK

n_dia	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
0	3	0.13	
0.25	3	0.15	
1	3	0.17	
12	3		0.46
28	3		0.48
Sig.		0.31	0.61

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Variedad=RH

n_día	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
28	3	2.23	
1	3	2.75	
0	3	2.77	
12	3	2.78	
0.25	3	2.79	
Sig.		0.41	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

variedad=PK

n_día	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
0	3	2.07	
0.25	3	2.23	
1	3	2.48	
12	3	2.57	
28	3	2.66	
Sig.		0.19	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

variedad=PK

n_día	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
28	3	0	
12	3	0	
1	3		0.32
0.25	3		0.5
0	3		0.5
Sig.		1	0.13

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

variedad=RH

n_día	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
28	3	5.42	
12	3	5.43	
1	3	6.23	
0.25	3	6.6	
0	3	7.38	
Sig.		0.2	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

variedad=PK

n_día	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
28	3	8.04	
12	3	8.19	
1	3	8.78	
0.25	3	8.95	
0	3	9.09	
Sig.		0.56	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 18: Productos veganos comerciales seleccionados para la evaluación sensorial CATA

Soy-based spoonable product bilberry (Alpro, Belgica) (SB)



Oat based-products YOSA (Bioferme Oy, Finland) (OP)



Break fig Apple (Bioferme Oy, Finland) (OFA)



Oatly bilberry vanilla (Oatly AB, Sweden) (OBV)



Anexo 19: Información de los encuestados (n = 66)

	n=66	%
Género		
Femenino	58	87.9
Masculino	8	12.1
Edad		
18-24	24	36.4
25-30	21	31.8
31-40	8	12.1
41-50	9	13.6
51-61	4	6.0
Educación		
Colegio secundario	2	3.0
Vocacional/ high school	21	31.8
Politécnica/ grado universitario	42	63.6
Posgraduado	1	1.5
Descripción del empleo		
Estudiante	38	57.6
Trabajador	22	33.3
Desempleado	5	7.6
Vive de los padres /No depende de los padres	1	1.5
Dieta		
Ninguna dieta específica	11	16.7
Flexitariano/a	18	27.3
Vegetariano/a con productos lácteos y pescado	16	24.2
Vegetariano/a con productos lácteos	8	12.1
Vegano/a	14	21.2
Libre de Gluten	4	6.1
Bajo en carbohidratos	1	1.5
Libre de lactosa	14	21.2
Dieta para alergia	3	4.5
Consumo de productos veganos tipo yogurt		
Al menos 1 por día	6	9.1
Casi diariamente	18	27.3
1-3 veces por semana	27	40.9
Uno en dos semanas	15	22.7



RESP	PRODUCT
<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
1	970

Recibirá preguntas relacionadas al producto 970

¿Qué tan atractivo encuentras el 970 antes de probarlo en función del olor y la apariencia?

De ningún modo
atractivo atractivo

Muy

Ahora, pruebe el producto 970 evalúe y dé su opinión, sobre cuánto le gusta el producto en general.

No me gusta nada
mucho

Me gusta

Seleccione de la siguiente lista todas las características que, en su opinión, crea que describen el sabor, la textura /sensación en boca y otras características del producto 970. Tenga en cuenta que el orden de las propiedades varía entre diferentes productos.

Producto 970: Sabor

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Agrio | <input type="checkbox"/> Dulce | <input type="checkbox"/> Sabor a cereal |
| <input type="checkbox"/> Insípido | <input type="checkbox"/> Sabor a berry | <input type="checkbox"/> Frutado |
| <input type="checkbox"/> Picante | <input type="checkbox"/> Dátil | <input type="checkbox"/> Rancio |
| <input type="checkbox"/> Pungente | <input type="checkbox"/> Artificial | <input type="checkbox"/> Terroso |
| <input type="checkbox"/> Fresco | <input type="checkbox"/> Rancio | <input type="checkbox"/> Similar a la soja |
| <input type="checkbox"/> Vainilla | <input type="checkbox"/> Ciruela | <input type="checkbox"/> Higo |
| <input type="checkbox"/> Agradable regusto | <input type="checkbox"/> Desagradable regusto | |

Producto 970: Textura/Sensación en la boca

- | | | |
|--------------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> Fluido | <input type="checkbox"/> Denso | <input type="checkbox"/> Espeso |
| <input type="checkbox"/> Suave | <input type="checkbox"/> Baboso | <input type="checkbox"/> Arenoso |
| <input type="checkbox"/> Aterronado | <input type="checkbox"/> Pedazos en la mezcla | <input type="checkbox"/> Elástico |
| <input type="checkbox"/> Astringente | <input type="checkbox"/> Resbalozo | <input type="checkbox"/> Permanece en la superficie de la boca |
| <input type="checkbox"/> Suave | <input type="checkbox"/> Cuchareable | |

Producto 970: Otras características

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Saludable | <input type="checkbox"/> Comería como un snack | <input type="checkbox"/> Novedoso |
| <input type="checkbox"/> Tradicional | <input type="checkbox"/> Natural | <input type="checkbox"/> Comería como un snack |
| <input type="checkbox"/> Comería como un desayuno | <input type="checkbox"/> Adecuado sabor para la temporada | <input type="checkbox"/> Alto en proteínas |
| <input type="checkbox"/> Alto en fibra | | |

Si lo desea, puede dejar, de forma libre, algún comentario sobre el producto 970:

Enjuague su boca con agua antes del siguiente producto.

RESP					PRODUCT		
				1	4	6	3



Recibirá preguntas relacionadas al producto 463

¿Qué tan atractivo encuentras el 463 antes de probarlo en función del olor y la apariencia?

De ningún modo
atractivo atractivo

Muy

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Ahora, pruebe el producto 463 evalúe y dé su opinión, sobre cuánto le gusta el producto en general.

No me gusta nada
mucho

Me gusta

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Seleccione de la siguiente lista todas las características que, en su opinión, crea que describen el sabor, la textura /sensación en boca y otras características del producto 463. Tenga en cuenta que el orden de las propiedades varía entre diferentes productos.

Producto 463: Sabor

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Agrio | <input type="checkbox"/> Dulce | <input type="checkbox"/> Sabor a cereal |
| <input type="checkbox"/> Insípido | <input type="checkbox"/> Sabor a berry | <input type="checkbox"/> Frutado |
| <input type="checkbox"/> Picante | <input type="checkbox"/> Datil | <input type="checkbox"/> Rancio |
| <input type="checkbox"/> Pungente | <input type="checkbox"/> Artificial | <input type="checkbox"/> Terroso |
| <input type="checkbox"/> Fresco | <input type="checkbox"/> Rancio | <input type="checkbox"/> Similar a la soja |
| <input type="checkbox"/> Vainilla | <input type="checkbox"/> Ciruela | <input type="checkbox"/> Higo |
| <input type="checkbox"/> Agradable regusto | <input type="checkbox"/> Desagradable regusto | |

Producto 463: Textura/Sensación en la boca

- | | | |
|--------------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> Fluido | <input type="checkbox"/> Denso | <input type="checkbox"/> Espeso |
| <input type="checkbox"/> Suave | <input type="checkbox"/> Baboso | <input type="checkbox"/> Arenoso |
| <input type="checkbox"/> Aterrado | <input type="checkbox"/> Pedazos en la mezcla | <input type="checkbox"/> Elástico |
| <input type="checkbox"/> Astringente | <input type="checkbox"/> Resbaloso | <input type="checkbox"/> Permanece en la superficie de la boca |
| <input type="checkbox"/> Suave | <input type="checkbox"/> Cuchareable | |

Producto 463: Otras características

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Saludable | <input type="checkbox"/> Comería como un snack | <input type="checkbox"/> Novedoso |
| <input type="checkbox"/> Tradicional | <input type="checkbox"/> Natural | <input type="checkbox"/> Comería como un snack |
| <input type="checkbox"/> Comería como un desayuno | <input type="checkbox"/> Adecuado sabor para la temporada | <input type="checkbox"/> Alto en proteínas |
| <input type="checkbox"/> Alto en fibra | | |

Si lo desea, puede dejar, de forma libre, algún comentario sobre el producto 463:

Enjuague su boca con agua antes del siguiente producto.



RESP					PRODUCT		
				1	3	6	2

Recibirá preguntas relacionadas al producto 362

¿Qué tan atractivo encuentras el 362 antes de probarlo en función del olor y la apariencia?

De ningún modo
atractivo atractivo

Muy

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Ahora, pruebe el producto 362 evalúe y dé su opinión, sobre cuánto le gusta el producto en general.

No me gusta nada
mucho

Me gusta

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Seleccione de la siguiente lista todas las características que, en su opinión, crea que describen el sabor, la textura / sensación en boca y otras características del producto 362. Tenga en cuenta que el orden de las propiedades varía entre diferentes productos.

Producto 362: Sabor

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Agrio | <input type="checkbox"/> Dulce | <input type="checkbox"/> Sabor a cereal |
| <input type="checkbox"/> Insípido | <input type="checkbox"/> Sabor a berry | <input type="checkbox"/> Frutado |
| <input type="checkbox"/> Picante | <input type="checkbox"/> Dátil | <input type="checkbox"/> Rancio |
| <input type="checkbox"/> Pungente | <input type="checkbox"/> Artificial | <input type="checkbox"/> Terroso |
| <input type="checkbox"/> Fresco | <input type="checkbox"/> Rancio | <input type="checkbox"/> Similar a la soja |
| <input type="checkbox"/> Vainilla | <input type="checkbox"/> Ciruela | <input type="checkbox"/> Higo |
| <input type="checkbox"/> Agradable regusto | <input type="checkbox"/> Desagradable regusto | |

Producto 362: Textura/Sensación en la boca

- | | | |
|--------------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> Fluido | <input type="checkbox"/> Denso | <input type="checkbox"/> Espeso |
| <input type="checkbox"/> Suave | <input type="checkbox"/> Baboso | <input type="checkbox"/> Arenoso |
| <input type="checkbox"/> Aterronado | <input type="checkbox"/> Pedazos en la mezcla | <input type="checkbox"/> Elástico |
| <input type="checkbox"/> Astringente | <input type="checkbox"/> Resbalozo | <input type="checkbox"/> Permanece en la superficie de la boca |
| <input type="checkbox"/> Suave | <input type="checkbox"/> Cuchareable | |

Producto 362: Otras características

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Saludable | <input type="checkbox"/> Comería como un snack | <input type="checkbox"/> Novedoso |
| <input type="checkbox"/> Tradicional | <input type="checkbox"/> Natural | <input type="checkbox"/> Comería como un snack |
| <input type="checkbox"/> Comería como un desayuno | <input type="checkbox"/> Adecuado sabor para la temporada | <input type="checkbox"/> Alto en proteínas |
| <input type="checkbox"/> Alto en fibra | | |

Si lo desea, puede dejar, de forma libre, algún comentario sobre el producto 362:

Enjuague su boca con agua antes del siguiente producto.



RESP				PRODUCT		
			1	2	1	5

Recibirá preguntas relacionadas al producto 215

¿Qué tan atractivo encuentras el 215 antes de probarlo en función del olor y la apariencia?

De ningún modo
atractivo atractivo

Muy

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Ahora, pruebe el producto 215 evalúe y dé su opinión, sobre cuánto le gusta el producto en general.

No me gusta nada
mucho

Me gusta

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Seleccione de la siguiente lista todas las características que, en su opinión, crea que describen el sabor, la textura / sensación en boca y otras características del producto 215. Tenga en cuenta que el orden de las propiedades varía entre diferentes productos.

Producto 215: Sabor

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Agrio | <input type="checkbox"/> Dulce | <input type="checkbox"/> Sabor a cereal |
| <input type="checkbox"/> Insípido | <input type="checkbox"/> Sabor a berry | <input type="checkbox"/> Frutado |
| <input type="checkbox"/> Picante | <input type="checkbox"/> Dátil | <input type="checkbox"/> Rancio |
| <input type="checkbox"/> Pungente | <input type="checkbox"/> Artificial | <input type="checkbox"/> Terroso |
| <input type="checkbox"/> Fresco | <input type="checkbox"/> Rancio | <input type="checkbox"/> Similar a la soja |
| <input type="checkbox"/> Vainilla | <input type="checkbox"/> Ciruela | <input type="checkbox"/> Higo |
| <input type="checkbox"/> Agradable regusto | <input type="checkbox"/> Desagradable regusto | |

Producto 215: Textura/Sensación en la boca

- | | | |
|--------------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> Fluido | <input type="checkbox"/> Denso | <input type="checkbox"/> Espeso |
| <input type="checkbox"/> Suave | <input type="checkbox"/> Baboso | <input type="checkbox"/> Arenoso |
| <input type="checkbox"/> Aterronado | <input type="checkbox"/> Pedazos en la mezcla | <input type="checkbox"/> Elástico |
| <input type="checkbox"/> Astringente | <input type="checkbox"/> Resbaloso | <input type="checkbox"/> Permanece en la superficie de la boca |
| <input type="checkbox"/> Suave | <input type="checkbox"/> Cuchareable | |

Producto 215: Otras características

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Saludable | <input type="checkbox"/> Comería como un snack | <input type="checkbox"/> Novedoso |
| <input type="checkbox"/> Tradicional | <input type="checkbox"/> Natural | <input type="checkbox"/> Comería como un snack |
| <input type="checkbox"/> Comería como un desayuno | <input type="checkbox"/> Adecuado sabor para la temporada | <input type="checkbox"/> Alto en proteínas |
| <input type="checkbox"/> Alto en fibra | | |

Si lo desea, puede dejar, de forma libre, algún comentario sobre el producto 215:

Enjuague su boca con agua antes del siguiente producto.



RESP

				1
--	--	--	--	---

PRODUCT

5	0	9
---	---	---

Recibirá preguntas relacionadas al producto 509

¿Qué tan atractivo encuentras el 509 antes de probarlo en función del olor y la apariencia?

De ningún modo
atractivo atractivo

Muy

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Ahora, pruebe el producto 509 evalúe y dé su opinión, sobre cuánto le gusta el producto en general.

No me gusta nada
mucho

Me gusta

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Seleccione de la siguiente lista todas las características que, en su opinión, crea que describen el sabor, la textura / sensación en boca y otras características del producto 509. Tenga en cuenta que el orden de las propiedades varía entre diferentes productos.

Producto 509: Sabor

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Agrio | <input type="checkbox"/> Dulce | <input type="checkbox"/> Sabor a cereal |
| <input type="checkbox"/> Insípido | <input type="checkbox"/> Sabor a berry | <input type="checkbox"/> Frutado |
| <input type="checkbox"/> Picante | <input type="checkbox"/> Dátil | <input type="checkbox"/> Rancio |
| <input type="checkbox"/> Pungente | <input type="checkbox"/> Artificial | <input type="checkbox"/> Terroso |
| <input type="checkbox"/> Fresco | <input type="checkbox"/> Rancio | <input type="checkbox"/> Similar a la soja |
| <input type="checkbox"/> Vainilla | <input type="checkbox"/> Ciruela | <input type="checkbox"/> Higo |
| <input type="checkbox"/> Agradable regusto | <input type="checkbox"/> Desagradable regusto | |

Producto 509: Textura/Sensación en la boca

- | | | |
|--------------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> Fluido | <input type="checkbox"/> Denso | <input type="checkbox"/> Espeso |
| <input type="checkbox"/> Suave | <input type="checkbox"/> Baboso | <input type="checkbox"/> Arenoso |
| <input type="checkbox"/> Aterronado | <input type="checkbox"/> Pedazos en la mezcla | <input type="checkbox"/> Elástico |
| <input type="checkbox"/> Astringente | <input type="checkbox"/> Resbalozo | <input type="checkbox"/> Permanece en la superficie de la boca |
| <input type="checkbox"/> Suave | <input type="checkbox"/> Cuchareable | |

Producto 509: Otras características

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Saludable | <input type="checkbox"/> Comería como un snack | <input type="checkbox"/> Novedoso |
| <input type="checkbox"/> Tradicional | <input type="checkbox"/> Natural | <input type="checkbox"/> Comería como un snack |
| <input type="checkbox"/> Comería como un desayuno | <input type="checkbox"/> Adecuado sabor para la temporada | <input type="checkbox"/> Alto en proteínas |
| <input type="checkbox"/> Alto en fibra | | |

Si lo desea, puede dejar, de forma libre, algún comentario sobre el producto 509:

Enjuague su boca con agua antes del siguiente producto.



RESP					PRODUCT		
				1	6	3	7

Recibirá preguntas relacionadas al producto 637

¿Qué tan atractivo encuentras el 637 antes de probarlo en función del olor y la apariencia?

De ningún modo
atractivo atractivo

Muy

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Ahora, pruebe el producto 637 evalúe y dé su opinión, sobre cuánto le gusta el producto en general.

No me gusta nada
mucho

Me gusta

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Seleccione de la siguiente lista todas las características que, en su opinión, crea que describen el sabor, la textura / sensación en boca y otras características del producto 637. Tenga en cuenta que el orden de las propiedades varía entre diferentes productos.

Producto 637: Sabor

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Agrio | <input type="checkbox"/> Dulce | <input type="checkbox"/> Sabor a cereal |
| <input type="checkbox"/> Insípido | <input type="checkbox"/> Sabor a berry | <input type="checkbox"/> Frutado |
| <input type="checkbox"/> Picante | <input type="checkbox"/> Dátil | <input type="checkbox"/> Rancio |
| <input type="checkbox"/> Pungente | <input type="checkbox"/> Artificial | <input type="checkbox"/> Terroso |
| <input type="checkbox"/> Fresco | <input type="checkbox"/> Rancio | <input type="checkbox"/> Similar a la soja |
| <input type="checkbox"/> Vainilla | <input type="checkbox"/> Ciruela | <input type="checkbox"/> Higo |
| <input type="checkbox"/> Agradable regusto | <input type="checkbox"/> Desagradable regusto | |

Producto 637: Textura/Sensación en la boca

- | | | |
|--------------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> Fluido | <input type="checkbox"/> Denso | <input type="checkbox"/> Espeso |
| <input type="checkbox"/> Suave | <input type="checkbox"/> Baboso | <input type="checkbox"/> Arenoso |
| <input type="checkbox"/> Aterronado | <input type="checkbox"/> Pedazos en la mezcla | <input type="checkbox"/> Elástico |
| <input type="checkbox"/> Astringente | <input type="checkbox"/> Resbalozo | <input type="checkbox"/> Permanece en la superficie de la boca |
| <input type="checkbox"/> Suave | <input type="checkbox"/> Cuchareable | |

Producto 637: Otras características

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> Saludable | <input type="checkbox"/> Comería como un snack | <input type="checkbox"/> Novedoso |
| <input type="checkbox"/> Tradicional | <input type="checkbox"/> Natural | <input type="checkbox"/> Comería como un snack |
| <input type="checkbox"/> Comería como un desayuno | <input type="checkbox"/> Adecuado sabor para la temporada | <input type="checkbox"/> Alto en proteínas |
| <input type="checkbox"/> Alto en fibra | | |

Si lo desea, puede dejar, de forma libre, algún comentario sobre el producto 637:

Enjuague su boca con agua antes del siguiente producto.



RESP

					1
--	--	--	--	--	---

Al final de la evaluación, le pedimos que responda las siguientes preguntas:

¿Tu género?

- Mujer
 Hombre

¿Cuántos años tienes?

- 18-24 años 25-30 años 31-40 años 41-50 años 51-60 años más de 60 años
-

¿Cuál es el título más alto que ha obtenido?

- Escuela primaria
 Segundo grado (escuela vocacional, escuela secundaria)
 Educación superior (politécnica, universitaria)
 Posgrado científico (doctor)

¿Cuál es su descripción de trabajo a tiempo completo?

- Estudiante
 Trabajando
 Desempleado
 Con licencia

¿Sigues alguna dieta especial? Puede elegir varias opciones.

Sin dieta especial. Flexitarista. Vegetariano con productos lácteos y pescado. Vegetariano con productos lácteos. Vegano. Sin gluten.

-

Baja en carbohidratos. Sin lactosa. Dieta para alergias.

-

¿Con qué frecuencia consume productos tipo yogur a base de plantas?

Al menos una vez al día. Casi a diario. 1-3 veces por semana. Una vez cada dos semanas. Algunas veces al año. Para nada

-

¿Qué tan a menudo fumas?

- No fumo en absoluto
 Diario
 Algunas veces al mes
 Algunas veces al año



RESP

				1
--	--	--	--	---

¿Cómo se enteró de este estudio? Lista de correo Facebook Intra de su institución / lugar de trabajo folleto de papel Otro Si lo desea, aún puede comentar sobre la investigación o los productos que probó en el cuadro a continuación.

- Lista de correo
- Facebook
- Dentro de su institución / lugar de trabajo
- Folleto de papel
- Otro

Si lo desea, puede comentar sobre la investigación o los productos que probó en el siguiente cuadro:

Finalmente, presione el botón 'Enviar' y el botón de llamada en la pared, y espere al organizador de la encuesta.

¡Muchas Gracias por participar!

Anexo 21: Fotografías de la evaluación sensorial CATA



Foto1: Muestras codificadas listas para la evaluación sensorial CATA (2 bebidas fermentadas de quinua (QBB-RH Y QD-PK) y 4 productos comerciales (SB, OFA, OBV Y OP).



Foto 2: Bandeja lista para llevar a la cabina de evaluación sensorial



Foto 2: Cabina de evaluación – Laboratorio de Evaluación Sensorial, del Depto. de Nutrición y Salud de la Universidad del Este de Finlandia.

Anexo 22: Valoración promedio obtenida para la “apariencia general” y “gusto” para los 4 productos comerciales y los dos productos fermentados de quinua RH y PK

PRODUCTO	Apariencia general	Gusto
Alpro bilberry	7.67 ± 1.27 ^a	7.61 ± 1.46 ^a
Oatly bilberry vainilla	6.23 ± 1.49 ^b	5.20 ± 2.30 ^b
Yosa Break Fig Apple	5.09 ± 2.20 ^c	5.09 ± 2.03 ^{bc}
Yosa plum	5.38 ± 2.05 ^c	5.98 ± 1.89 ^c
Bebida quinua fermentada con plátano y bilberry	4.29 ± 2.17 ^d	2.80 ± 1.88 ^d
Bebida de quinua fermentada con dátiles	3.35 ± 1.78 ^e	3.47 ± 1.87 ^d
Promedio total	5.33 ± 2.30	5.03 ± 2.48

Overall liking

Pruebas de normalidad

VAR00001	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Alpro bilberry	0.228	66	0	0.815	66	0
Oatly bilberry	0.132	66	0.006	0.945	66	0.006
Yosa Break	0.158	66	0	0.932	66	0.001
Yosa plum	0.175	66	0	0.935	66	0.002
QBB_RH	0.256	66	0	0.83	66	0
QD_PK	0.147	66	0.001	0.931	66	0.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Appeal

Pruebas de normalidad

VAR00001	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Alpro bilberry	0.225	66	0	0.851	66	0
Oatly bilberry	0.198	66	0	0.918	66	0
Yosa Break	0.192	66	0	0.922	66	0
Yosa plum	0.134	66	0.005	0.958	66	0.026
QBB_RH	0.159	66	0	0.934	66	0.002
QD_PK	0.184	66	0	0.926	66	0.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Anexo 23: Artículos publicados del presente trabajo

Received: 13 July 2016 | Revised: 15 September 2016 | Accepted: 25 September 2016
DOI: 10.1002/fsn3.436

ORIGINAL RESEARCH

WILEY Food Science & Nutrition

Development of a fermented quinoa-based beverage

Fanny Emma Ludena Urquizo^{1,2} | Silvia Melissa García Torres^{1,2} | Tiina Tolonen³ |
Mari Jaakkola³ | Maria Grazia Pena-Niebuhr^{1,2} | Atte von Wright¹ |
Ritva Repo-Carrasco-Valencia² | Hannu Korhonen⁴ | Carme Plumed-Ferrer¹

¹Food Biotechnology, Institute of Public Health and Clinical Nutrition, University of Eastern Finland, Kuopio, Finland

²Department of Food Technology, Faculty of Food Engineering, La Molina Agrarian University, Lima, Peru

³CEMIS-Oulu, University of Oulu, Kajaani, Finland

⁴Green Technology, LUKE Natural Resources Institute Finland, Jokioinen, Finland

Correspondence

Carme Plumed-Ferrer, Food Biotechnology, Institute of Public Health and Clinical Nutrition, University of Eastern Finland, Kuopio, Finland.
Email: Carme.Plumed@uef.fi

Funding information

Ministry for Foreign Affairs of Finland

Abstract

Quinoa is a crop that originated from the Andes. It has high nutritional value, outstanding agro-ecological adaptability, and low water requirements. Quinoa is an excellent crop alternative to help overcome food shortages, and it can also have a role in the prevention of developed world lifestyle diseases, such as type-2 diabetes, cardiovascular diseases, osteoporosis, inflammatory and autoimmune diseases, etc. In order to expand the traditional uses of quinoa and to provide new, healthier and more nutritious food products, a fermented quinoa-based beverage was developed. Two quinoa varieties (Rosada de Huancayo and Pasankalla) were studied. The fermentation process, viscosity, acidity, and metabolic activity during the preparation and storage of the drink were monitored, as well as the preliminary organoleptic acceptability of the product. The drink had viable and stable microbiota during the storage time and the fermentation proved to be mostly homolactic. Both quinoa varieties were suitable as base for fermented products; Pasankalla, however, has the advantage due to higher protein content, lower saponin concentration, and lower loss of viscosity during the fermentation process. These results suggest that the differences between quinoa varieties may have substantial effects on food processes and on the properties of final products. This is a factor that should be taken into account when planning novel products based on this grain.

KEYWORDS

beverage, fermentation, quinoa, starter, varieties

LWT - Food Science and Technology 120 (2020) 108912



Contents lists available at ScienceDirect

LWT - Food Science and Technology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/lwt



Potential of quinoa in the development of fermented spoonable vegan products

Kati Väkeväinen^{a,*}, Fanny Ludena-Urquizo^b, Essi Korkala^a, Anja Lapveteläinen^a,
Sirpa Peräniemi^c, Atte von Wright^a, Carme Plumed-Ferrer^a

^a University of Eastern Finland, Institute of Public Health and Clinical Nutrition, P.O. Box 1627, Kuopio, FI, 70210, Finland

^b Universidad Nacional Agraria La Molina, Department of Food Technology, Faculty of Food Engineering, Lima, Peru

^c University of Eastern Finland, School of Pharmacy, P.O. Box 1627, Kuopio, FI, 70210, Finland



ARTICLE INFO

Keywords

Quinoa
Sensory evaluation
Vegan
Fermentation
Lactobacillus plantarum

ABSTRACT

The aim of this work was to study the potential of two quinoa varieties, Pasankalla (PK), and Rosada de Huancayo (RH), in developing fermented spoonable vegan products. The quinoa flours were fermented by a candidate probiotic *Lactobacillus plantarum* Q823. Then, two experimental products were developed by flavoring fermented PK flours with date (QD) and fermented RH flour with bilberry and banana (QBB). The nutritional composition, storage time, and sensory properties (the check-all-that-apply method) of QD and QBB were assessed in relation to four commercial vegan fermented snack products. The functionality of *L. plantarum* Q823 fermentation was demonstrated by high viable lactic acid bacteria counts ($\log \text{cfu}^{-1} 9$) of QD and QBB during the 28-day storage compared to commercial products ($\log \text{cfu}^{-1} < 1-8.2 \pm 0.04$) at the time of purchase. The nutritional composition of QD and QBB was equal or superior to commercial products. Consumers ($n = 66$) regarded quinoa products as “novel”, “healthy”, and “high in fiber”. However, the quinoa products were also characterized to have an unpleasant aftertaste and “sandy” mouthfeel. To conclude, quinoa has potential in fermented spoonable vegan products, as clearly demonstrated by the successful fermentation process and high lactic acid bacteria viable counts required for probiotic products.