

**Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales en un producto colombiano de panificación a base de queso con inclusión parcial de harina y almidón de quinua para fortalecer la cadena productiva en Cundinamarca**

Sandra Milena Gutiérrez Melo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e ingeniería ECBTI  
Programa Ingeniería de Alimentos  
Bogotá, Colombia

2022

**Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales en un producto colombiano de panificación a base de queso con inclusión parcial de harina y almidón de quinua para fortalecer la cadena productiva en Cundinamarca**

Sandra Milena Gutiérrez Melo

Proyecto de investigación presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero de Alimentos

Director (a):

MSc. Ruth Mary Benavides Guevara

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Programa Ingeniería de Alimentos

Bogotá, Colombia

2022

### **Dedicatoria**

Este proyecto de investigación va dedicado a Dios a mi familia y sobre todo a mis padres Héctor Guillermo y Patricia Granados, que son el motor más grande de mi vida y mi apoyo incondicional para seguir adelante y luchar por mis sueños, gracias por haberme dado las alas para volar y por estar siempre conmigo siendo el motivo principal para superarme día a día los amo.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar esta etapa tan importante en mi vida y por todos los conocimientos adquiridos durante estos años.

Agradezco a la docente MSc. Ruth Mary Benavides Guevara por brindarme su ayuda desde el principio, por su apoyo incondicional, tiempo, motivación, entrega, consejos para crecer como persona y como profesional y sobre todo por brindarme muchos de sus conocimientos y haber sembrado en mí el placer por la investigación, a la docente MSc. Ibeth Rodríguez González por su apoyo y por el tiempo brindado durante este proyecto.

Agradezco al grupo de investigación GIEPRONAL y al semillero de investigación CITECAL por haberme permitido ser parte de este gran proyecto.

Agradezco finalmente a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia y a la Universidad Nacional de Colombia por permitirme hacer uso de los laboratorios, materiales y equipos para el desarrollo de mi proyecto de investigación.

## Resumen

La quinua es un pseudocereal reconocido por su alto contenido nutricional, principalmente por carbohidratos, proteína, lípidos, fibra, así como aminoácidos y ácidos grasos esenciales. El objetivo del estudio fue evaluar la inclusión parcial de harina y almidón de quinua en un producto colombiano de panificación a base de queso llamado “almojábana”, para alcanzar dicho objetivo se planteó un diseño experimental con tres formulaciones con diferentes inclusiones de harina de quinua (HQ) y almidón de quinua (AQ). Tratamiento control T0: 0% HQ y 0% AQ, tratamiento 1 T1: 2% HQ y 100% AQ y tratamiento 2 T2: 5%HQ y 100 AQ. Se planteó evaluar las propiedades tecnofuncionales de los almidones de quinua, maíz y yuca, así como la harina de quinua, propiedades fisicoquímicas, estructura de la miga y análisis sensorial afectiva de preferencia. Se encontró una alta capacidad de absorción de agua (CAA) para el almidón de maíz  $185,064 \pm 2,903$  en comparación al almidón de yuca  $177,007 \pm 1,582$  y almidón de quinua  $50,122 \pm 0,268$ , respecto a la harina de quinua  $269,228 \pm 6,711$  se observó un valor considerable si es comparado con harinas de otras matrices vegetales. Respecto a la capacidad de absorción de aceite (CAAC) se evidenció que el almidón de yuca  $234,427 \pm 1,996$  y almidón de maíz  $232,305 \pm 5,714$  fueron valores superiores al almidón de quinua  $35,130 \pm 0,294$ , respecto a la harina de quinua  $253,003 \pm 4,513$  presenta un alto valor en comparación a otros estudios de harinas tradicionales. De acuerdo a los resultados se evidencian diferencias significativas  $p < 0,05$  para CAA entre todos los almidones y CAAC para el almidón de quinua. Posterior se desarrollaron los productos a base de queso llamados “almojábanas”, encontrando que la actividad acuosa, la humedad, peso, volumen específico, firmeza y altura no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para ninguno de los análisis fisicoquímicos. Sin embargo, en el color de miga se encontró diferencias significativas  $p < 0,05$  en la coordenada \*b (de amarillo a azul) para los

tratamientos T0 ( $27,518 \pm 1,009$ ), T1 ( $29,600 \pm 0,945$ ) y T2 ( $25,266 \pm 1,017$ ), en el color de la corteza se encuentra diferencias significativas para luminosidad en T0 ( $70,536 \pm 1,870$ ) y T1 ( $65,300 \pm 1,898$ ). Respecto a la estructura de la miga se observó un aumento en el área y el número de alveolos para T2. Mientras el análisis de las pruebas sensoriales afectivas se encontró que el tratamiento con mayor aceptación corresponde al T1 que presentó una inclusión de harina 2% y almidón 100% de quinua. Finalmente, se espera mediante este proyecto impulsar la producción de quinua en Cundinamarca y aprovechar sus derivados en los procesos de transformación en la industria panadera.

**Palabras claves:** panificación, propiedades tecnofuncionales, queso, pseudocereal

## Abstract

Quinoa is a pseudocereal recognized for its high nutritional content, mainly carbohydrates, protein, lipids, fiber, as well as amino acids, and essential fatty acids. The objective of the study was to evaluate the partial inclusion of quinoa flour and starch in a Colombian cheese-based bakery product called "almojábana". To achieve this objective, an experimental design was proposed with three formulations with different inclusions of quinoa flour (HQ) and quinoa starch (AQ). Control treatment T0: 0% HQ and 0% AQ, treatment 1 T1: 2% HQ and 100% AQ and treatment 2 T2: 5%HQ and 100 AQ. It was planned to evaluate the techno-functional properties of quinoa, corn, and cassava starches, as well as quinoa flour, physicochemical properties, crumb structure, and affective sensory analysis of preference. A high water absorption capacity (CAA) was found for corn starch  $185,064 \pm 2,903$  compared to cassava starch  $177,007 \pm 1,582$  and quinoa starch  $50,122 \pm 0,268$ , compared to quinoa flour  $269,228 \pm 6,711$  was observed as a considerable value is compared with flours from other vegetable matrices. Regarding the oil absorption capacity (CAAC), it was shown that cassava starch  $234.427 \pm 1.996$  and corn starch  $232.305 \pm 5.714$  were higher values than quinoa starch  $35, 130 \pm 0.294$ , compared to quinoa flour  $253, 003 \pm 4,513$  presents a high value compared to other studies of traditional flours. According to the results, significant differences  $p < 0.05$  for CAA between all starches and CAAC for quinoa starch are evident. Subsequently, cheese-based products called "almojábanas" were developed, finding that water activity, moisture, weight, specific volume, firmness, and height did not present statistically significant differences between treatments for any of the physicochemical analyses. However, in the crumb color, significant differences were found at  $p < 0.05$  in the \*b coordinate (from yellow to blue) for the treatments T0 ( $27.518 \pm 1.009$ ), T1 ( $29.600 \pm 0.945$ ), and T2 ( $25.266 \pm 1.017$ ), in the color of the crust, significant differences are found for luminosity in T0 ( $70,536 \pm 1,870$ ) and T1

(65,300 ± 1,898). Regarding the structure of the crumb, an increase in the area and the number of alveoli was observed for T2. While the analysis of the affective sensory tests it was found that the treatment with greater acceptance corresponds to T1 that presented an inclusion of 2% flour and 100% quinoa starch. Finally, it is expected through this project to promote the production of quinoa in Cundinamarca and take advantage of its derivatives in the transformation processes in the bakery industry.

**Keywords:** baking, techno-functional properties, cheese, pseudocereal



## Contenido

Introducción	17
Objetivos	19
Objetivo general	19
Objetivos específicos	19
Marco Referencial	20
La quinua	20
Historia de la Quinua	20
Producción de quinua	21
Grano de quinua	21
Harina de quinua	22
Estructura de la semilla	22
Saponinas	23
Propiedades nutricionales del grano de quinua.	24
Proteínas	24
Lípidos	24
Carbohidratos	24
Aminoácidos	25
Minerales	26
Vitaminas	26
Almidón	27

	10
Estructura química del almidón	28
Almidón de quinua.	29
Propiedades tecnofuncionales de la harina y el almidón	29
Capacidad de absorción de agua (CAA)	29
Capacidad de absorción de aceite (CAAC)	30
Aplicación tecnológica de la harina y los almidones en la industria de alimentos	30
Producto de panificación a base de queso: efecto en las propiedades fisicoquímicas	30
Funcionalidad de los ingredientes en la panificación	31
Harinas	31
Almidones	31
Queso	31
Azúcar	32
Sal	32
Lípidos	32
Huevo	32
Agentes leudantes	33
Extracción del almidón de quinua	33
Antecedentes sobre la caracterización tecnofuncional del almidón de quinua	34
Antecedentes de sustitución parcial de la harina de quinua en la industria de panificación	38

	11
Materiales y metodología	44
Materia Prima	44
Extracción del almidón	44
Determinación de las propiedades tecnofuncionales de los almidones y harina de quinua	46
<i>Determinación de la capacidad de absorción de agua (CAA) del almidón de quinua, yuca y maíz.</i>	46
<i>Determinación de la capacidad de absorción de aceite (CAAC) del almidón de quinua, yuca y maíz.</i>	46
<i>Determinación de la capacidad de absorción de agua (CAA) de la harina quinua</i>	46
<i>Determinación de la capacidad de absorción de aceite (CAAC) de la harina de quinua</i>	47
Diseño experimental para el producto de panificación a base de queso “almojábana”	47
Formulaciones del producto de panificación a base de queso	49
Elaboración del producto de panificación a base de queso	49
Determinación de las propiedades fisicoquímicas del producto	51
Actividad acuosa (aW)	51
Humedad	51
Volumen específico	52
Peso	52
Altura	52

	12
Propiedad textural – Punción	52
Color	53
Estructura Macroscópica de la Miga	53
Análisis sensorial a consumidores	53
Análisis estadístico	54
Evaluación nutricional del producto seleccionado	55
<i>Determinación nutricional del producto seleccionado</i>	55
Determinación de las propiedades microbiológicas del producto seleccionado	55
Resultados y Discusiones	57
Caracterización de las materias primas	57
Propiedades tecnofuncionales	58
Propiedades fisicoquímicas del producto a base de queso	60
Actividad acuosa (aW)	61
Humedad	61
Peso	62
Volumen específico	63
Punción	64
Altura	64
Color Miga	65
Color corteza	66

	13
Estructura Macroscópica de la miga	67
Evaluación sensorial del producto de panificación a base de queso	69
Intensión de compra de los tres tratamientos para el producto de panificación a base de queso	71
Evaluación nutricional del producto de panificación a base de queso seleccionado	73
Propiedades microbiológicas del producto de panificación a base de queso	74
Conclusiones	75
Recomendaciones	77
Referencias Bibliográficas	78
Anexos	90
Anexo 1. Producto terminado para los tres tratamientos	90
Anexo 2. Evaluación sensorial a consumidores	91
Anexo 3. Análisis estadístico de las pruebas fisicoquímicas de los tres tratamientos	92
Anexo 4. Análisis estadístico de las pruebas fisicoquímicas de color	94
Anexo 5. Resultados de la estructura macroscópica de la miga y análisis estadísticos del área y número de alveolos	96
Anexo 6. Resultados individuales de la evaluación sensorial	98
Anexo 7. Análisis estadístico de la evaluación sensorial	99

### Lista de figuras

Figura 1. Estructura del grano de quinua	23
Figura 2. Estructura de la amilosa y la amilopectina	28
Figura 3. Proceso de extraccion del almidon de quinua	44
Figura 4. Almidon de quinua extraido	45
Figura 5. Diagrama del proceso de elaboracion del producto de panificacion a base de queso	50
Figura 6. Color miga de los tres tratamientos	66
Figura 7. Color corteza de los tres tratamientos	67
Figura 8. Imagenes escaneadas de las almojabanas (T0, T1 y T2) y sus imagenes binarizadas a 118 pixeles/cm	67
Figura 9. Evaluacion sensorial al producto de panificacion a base de queso	69
Figura 10. Intension de compra del producto de panificacion a base de queso T0	71
Figura 11. Intension de compra del producto de panificacion a base de queso T1	71
Figura 12. Intension de compra del producto de panificacion a base de queso T2	72

### Lista de tablas

Tabla 1. Comparacion de las propiedades nutricionales del grano de quinua y otros cereales	25
Tabla 2. Contenido de aminoacidos esenciales del grano de quinua y otros cereales	25
Tabla 3. Contenido de minerales de la quinua y otros cereales	26
Tabla 4. Contenido de vitaminas de la quinua y otros cereales	27
Tabla 5. Comparacion de los macronutrientes del grano de quinua y otros cereales	27
Tabla 6. Caracterizacion tecnofuncional de algunas variedades de almidon de quinua	34
Tabla 7. Investigacion de inclusion de harina quinua en productos de panificacion	39
Tabla 8. Etapas del proceso de extraccion del almidon de quinua	45
Tabla 9. Diseño experimental con la inclusion de harina y almidon de quinua para los tres tratamientos	48
Tabla 10. Formulaciones del producto de panificacion a base de queso	49
Tabla 11. Etapas del proceso de la elaboracion del producto de panificacion a base de queso	51
Tabla 12. Escala hedonica	54
Tabla 13. Metodos empleados para determinar las propiedades fisicoquimicas	55
Tabla 14. Metodos empleados para determinar las propiedades microbiologicas	56
Tabla 15. Caracterizacion fisicoquimica del grano de quinua	57
Tabla 16. Caracterizacion fisicoquimica del almidon de quinua	57
Tabla 17. Resultados de las características tecnofuncionales de los almidones	58
Tabla 18. Resultados de las características tecnofuncionales de la harina de quinua	59

Tabla 19. Resultados de las propiedades fisicoquimicas de los tres tratamientos	61
Tabla 20. Resultados de las propiedades de color de la miga y la corteza	65
Tabla 21. Estructura macroscopica de la miga para los tres tratamientos	68
Tabla 22. Tabla nutricional del producto de panificacion a base de queso	73
Tabla 23. Caracterizacion microbiologica del producto de panificacion a base de queso	74



## Introducción

El cultivo de quinua en los últimos años ha presentado un importante crecimiento en la producción a nivel mundial debido a diferentes características intrínsecas que favorece su comercialización debido a la variabilidad genética, fácil adaptabilidad a condiciones adversas de clima y suelo, también se caracteriza por su alto contenido nutricional como el almidón y proteína que varía dependiendo de la variedad, así como la calidad y cantidad de aminoácidos esenciales, y polifenoles (La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, 2011). Es por esa razón que el cultivo tiene un gran potencial estratégico y económico para las familias campesinas que cultivan este pseudocereal en el país “las principales zonas productoras se encuentran en los departamentos de Cauca, Nariño, Boyacá y Cundinamarca. Se reporta que Colombia es un país que cuenta con 2,550 hectáreas y su producción está alrededor de 4,781 toneladas al año, la exportación de quinua en grano es en su mayoría a países como Estados Unidos e Italia y en menor frecuencia en Australia, España, Taiwán y Emiratos Árabes, actualmente este cultivo está siendo comercializado en grano, harina, leche, coladas y snacks” (FAO, 2016). Al convertirse en un potencial de extracción con fines industriales, debido a que este derivado es requerido para diversos procesos en la industria de alimentos. Sin embargo, faltan estudios que promuevan la aplicación tecnológica del almidón e incluso la harina en Cundinamarca y que reconozcan la importancia industrial, de hecho, existe la necesidad de promover almidones nativos en el país e incrementar la producción del grano en la región.

Este proyecto promueve una de las estrategias del Programa “*Nuevos mercados ± oportunidades*” que corresponde al Plan de Desarrollo Departamental 2020-2024 de Cundinamarca, al buscar “*Apoyar a los productores cundinamarqueses por medio de circuitos*

*cortos de comercialización en las plazas de mercado y mercados campesinos, con el fin de dinamizar la agricultura campesina”* y a su vez garantizar la seguridad alimentaria para la región.

Se evidenció que actualmente en el país son pocos los estudios de aplicación tecnológica del almidón de quinua en la industria de alimentos al existir una necesidad de comercializar el pseudocereal no solo en grano y brindar nuevas alternativas para la cadena productiva de la quinua en Cundinamarca. De hecho, este estudio propone una nueva alternativa tecnológica, al incentivar el uso de un almidón nativo en la industria de alimentos e inclusión de harina de quinua en productos típicos de la región que beneficie a las familias campesinas.

Finalmente, esta propuesta apoyó los objetivos planteados del proyecto Macro Cohorte 1 009 proyecto PS 012020 “Evaluación del potencial agroalimentario de las variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*. Willd) cultivadas en Subachoque Cundinamarca para el desarrollo de productos de panificación”, buscando fortalecer la academia y el sector productivo de Cundinamarca.

## **Objetivos**

### **Objetivo general:**

Evaluar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales en un producto colombiano de panificación a base de queso con inclusión parcial de harina y almidón de quinua para fortalecer la cadena productiva en Cundinamarca.

### **Objetivos específicos:**

Determinar las propiedades tecnofuncionales de la harina y el almidón de quinua de Subachoque Cundinamarca, como alternativa de aplicación tecnológica para la industria panadera.

Estudiar la inclusión de la harina y el almidón de quinua para la elaboración de un producto colombiano de panificación a base de queso, mediante análisis fisicoquímicos, texturales y sensoriales.

## Marco Referencial

### La quinua

Quinua nombre científico (*Chenopodium quinoa*. Willd) perteneciente a la familia *Chenopodiaceae* de la especie quinua “es un pseudocereal sudamericano, de la región Andina, de gran importancia nutricional, existe una gran diversidad de variedades que se ubican a lo largo de la zona Andina, desde Chile hasta Colombia, también ha sido introducida en Europa y Asia por su facilidad de adaptación a diferentes climas y terrenos” (Zarate, 2019, p. 20). Su origen no presenta registros exactos, sin embargo, reportan que fue ampliamente cultivada en la región Andina por culturas precolombinas y su grano ha sido empleado en la dieta de poblaciones de zonas altas (superiores a 3500 msnm), frías (temperatura promedio de 12°C) y áridas (350 mm de precipitación promedio)” (FAO, 2011), de hecho, es considerada como una planta Andina que se originó en los alrededores de lago Titicaca de Perú y Bolivia, al ser utilizada por las civilizaciones prehispánicas, sin embargo, fue reemplazada por los cereales en la llegada de los españoles, a pesar de constituir un alimento básico de la población de ese entonces (FAO, 2013).

### Historia de la Quinua

Es una planta Andina que se originó en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia ha sido cultivada y usada por civilizaciones prehispánicas, sin embargo, fue reemplazada con la llegada de los españoles por cereales, su domesticación ocurre entre los años 3,000 y 5,000 a.C., comprobándose la variación de semillas de color oscuro a blanco y según planteamientos de (FAO, 2022) que establecen que existen hallazgos arqueológicos de quinua en tumbas de Tarapacá, Calama y Arica en Chile y en varias regiones del Perú y que a la llegada de los españoles la quinua tenía un desarrollo tecnológico y una amplia distribución dentro del territorio inca y por fuera.

## **Producción de quinua**

De acuerdo con datos publicados por (FAO, 2022) en el año 2002 hubo 80,000 hectáreas sembradas de quinua en el mundo y los principales productores fueron Bolivia, Perú y Estados Unidos y para el 2008 la producción de quinua en Bolivia y Perú representó el 92% lo que indica que estos dos países son los mayores productores de quinua en el mundo, debido a que otros países como Estados Unidos, Ecuador, Argentina y Canadá representan el 8% restante de los volúmenes globales de producción. Actualmente el cultivo de este pseudocereal ha llegado a países como Francia, Inglaterra, Suecia, Dinamarca, Holanda e Italia.

De hecho, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2021) reportó que en el mes de junio de 2021 se tuvo 23,832 toneladas y creció 75,2% en comparación a la producción de junio de 2020, los resultados registrados incentivaron el aumento de las superficies sembradas en diferentes departamentos del Perú como Cusco 149,0%, Ayacucho 118,1% y Apurímac 66,1%, los cuales aportaron el 75,5% de hectáreas sembradas del total nacional.

Según el (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Minagricultura, 2018), en los últimos cuatro años la quinua en Colombia ha presentado un crecimiento en áreas de producción ya que pasaron de 996 en 2014 a 2,538 en 2017, de lo cual se espera que el área sembrada anual será de 2,600 hectáreas con una producción de 1,7 toneladas por hectárea sembrada con una producción total de 2,800 toneladas a nivel nacional.

## **Grano de quinua**

El grano de quinua puede llegar a ser de color blanco, gris o rosado, su tamaño puede ser de 1,8-2,6 mm se puede clasificar en grande 2,2-2,6 mm, medio 1,8-2,1 mm y pequeño menor a 1,8 mm. Este grano almacena en su pericarpio un esteroide (saponina) la cual representa alrededor del 0,06% al 5,1%, y aporta un sabor amargo con cierto grado de toxicidad ya que las saponinas

pueden llegar a desnaturalizar las proteínas dependiendo de las cantidades presentes en el grano (García, 2011).

### **Harina de quinua**

La harina de quinua es cultivada principalmente en países como Bolivia y Perú y en algunas zonas en países como Colombia, Ecuador, Chile y Argentina (Montoya et. al, 2005), en muchos casos ha llegado a ser sustituyente de la harina de trigo en productos como pan, tortas y galletas (Arroyave y Esquerri, 2006). Debido a su excelente valor nutricional y alto contenido de proteínas y aminoácidos esenciales, según Bergesse et. al, (2015), la obtención de la harina inicia al llevar el grano de quinua a un proceso de trituración y molienda con el propósito de reducir su tamaño de acuerdo al uso que se le quiera aplicar, la molienda de este pseudocereal genera un mejor aprovechamiento de su composición para la elaboración de diferentes matrices alimentarias a través de la inclusión parcial.

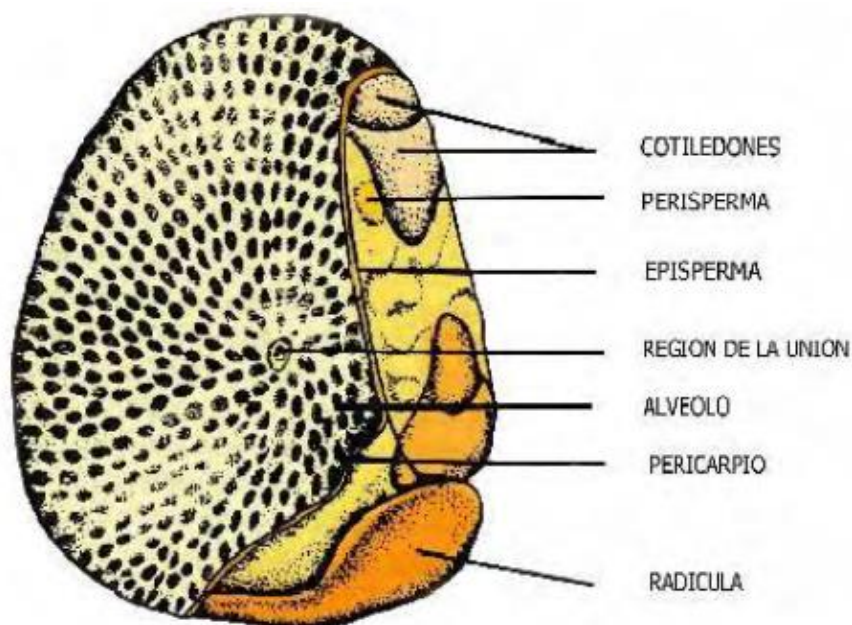
### **Estructura de la semilla**

El grano de quinua está compuesto principalmente por el epispermo el cual tiene un gran contenido de fibra soluble e insoluble con valores entre 7% - 10%, el pericarpio donde las proteínas se encuentran entre 14% - 18% y grasas entre el 4,4% - 8,8%, la capa más interna que corresponde al perispermo la cual está compuesto principalmente por almidón de 48% a 69% y dependiendo de la variedad se pueden encontrar saponinas (Roa-Acosta et. al, 2020).

En la Figura 1 se presenta la estructura del grano de quinua.

## Figura 1.

### *Estructura del grano de quinua*



Nota. Tomado de Esquema del fruto de quinua, Goyes, 2013

## Saponinas

Se encuentran en diversas plantas y alimentos y en el caso de la quinua se encuentra en la cascara, semillas, hojas y en menor proporción en las flores y frutos. Son el factor principal anti nutricional de las semillas y son aquellas responsables de brindar su sabor amargo (residual), gracias a su contenido se pueden identificar las variedades de quinua como dulces  $<0,11\%$  saponinas y amargas  $>0,11\%$  saponinas (Ahumada et. al, 2016), la saponina afecta el nivel de colesterol en el hígado y la sangre de las personas al producir deterioro sobre la absorción de nutrientes (García, 2011).

### **Propiedades nutricionales del grano de quinua.**

La quinua es un grano con alto valor nutricional al ser reconocida básicamente por su contenido proteico de alta calidad, destacando que es rica en aminoácidos esenciales y su contenido de carbohidratos, produciendo bajo índice glicémico y en general una mejor calidad nutricional y funcional (FAO, 2022).

#### ***Proteínas***

Las proteínas se encuentran presentes entre el 16% y 20% del peso de la semilla, esta presenta un alto valor biológico y son principalmente de tipo albumina y globulina (FAO, 2011).

#### ***Lípidos***

Presenta un alto contenido de aceite lo cual convierte a esta semilla en una fuente grande para poder extraer aceite, es rica en omega 6, omega 9, omega 3, ácido palmítico, ácido esteárico y eicosapentaenoico. De hecho, la quinua debido a su alto contenido de omega 3 y 6 puede llegar a reducir los niveles de colesterol malo e incrementar los niveles de colesterol bueno. (FAO, 2011).

#### ***Carbohidratos***

Los carbohidratos están presentes en la quinua entre el 58,1% a 64,2% de almidón y está formado por dos biopolímeros que son la amilosa y la amilopectina, que se caracterizan por ser moléculas que afectan algunas propiedades tecnofuncionales de los almidones (FAO, 2011).

A continuación, se presenta en la Tabla 1 la comparación de las propiedades nutricionales del grano de quinua y otros cereales.



**Tabla 1.***Comparación de las propiedades nutricionales del grano de quinua y otros cereales*

Componentes	Quinua <sup>1</sup> (%)	Trigo <sup>2</sup> (%)	Sorgo <sup>2</sup> (%)	Maíz <sup>2</sup> (%)	Arroz <sup>2</sup> (%)
Proteínas	13,00	10,6-14,6	8,0-9,5	9,5-11,5	8,4-12,0
Lípidos	6,10	1,6-2,1	1,9-2,0	4,0-5,0	0,9-1,3
Carbohidratos	71,00	66,9-75,9	70,0-74,2	68,0-75,0	70,5-76,3

Nota. FAO (2011, p.7)<sup>1</sup>. FAO (1999, p.6)<sup>2</sup>

En la Tabla 1, se pudo observar que la quinua presentó un alto contenido de proteína y lípidos en comparación a otros cereales, al ser considerada una matriz interesante de incluir en la dieta de las personas.

### ***Aminoácidos***

Los aminoácidos esenciales presentes en la quinua son indispensables para cumplir ciertas funciones como el crecimiento y mantenimiento de estructuras en nuestro organismo (Martínez-Agustín y Martínez de Victoria, 2006).

A continuación, se presenta la Tabla 2 el contenido de aminoácidos esenciales de la quinua y otros cereales.

**Tabla 2.***Contenido de aminoácidos esenciales del grano de quinua y otros cereales*

Aminoácidos	Quinua (g/100g)	Maíz (g/100g)	Arroz (g/100g)	Trigo (g/100g)
Treonina	3,7	3,8	3,8	2,8
Valina	4,5	5,0	6,1	4,4
Metionina	5,3	4,0	3,6	3,7
Fenilalanina	6,9	8,6	10,5	8,2
Isoleucina	4,9	4,0	4,1	4,2
Leucina	6,6	12,5	8,2	6,8
Lisina	6,0	2,9	3,8	2,6

Nota. FAO (2013)

### ***Minerales***

La quinua es un pseudocereal que tiene gran importancia nutricional debido a que es rico en minerales como calcio, hierro, magnesio potasio y zinc. El calcio es un mineral que es absorbido con facilidad por el organismo y ayuda a evitar la descalcificación y la osteoporosis. Es un mineral que es esencial en la alimentación puesto a que ayuda a la regulación de la transmisión de estímulos químicos y electrónicos. El magnesio es el responsable de la activación de enzimas responsables de la transformación de fosfatos por esa razón se recomienda su consumo a adultos mayores (FAO, 2011).

A continuación, se presenta en la Tabla 3 el contenido de minerales presentes en la quinua y otros cereales.

**Tabla 3.**

*Contenido de minerales de la quinua y otros cereales*

Minerales	Quinua	Maíz	Arroz	Trigo
Calcio	148,7	17,1	6,9	50,3
Hierro	13,2	2,1	0,7	3,8
Magnesio	249,6	137,1	73,5	169,4
Fósforo	383,7	292,6	137,8	467,7
Potasio	926,7	377,1	118,3	578,3
Zinc	4,4	2,9	0,6	4,7

Nota. Los valores están presentados en mg/100 g de peso seco. FAO (2013)

### ***Vitaminas***

La quinua es rica en riboflavina y ácido fólico, pero en general, su contenido en vitaminas se ve afectado ya que al eliminar las saponinas por método húmedo muchas de estas vitaminas se pierden (FAO, 2013), es por eso que el contenido de tiamina y niacina es mayor para los otros tipos de cereales.

A continuación, se presenta la Tabla 4 donde se puede observar el contenido de vitaminas de la quinua y otros cereales.

**Tabla 4.**

*Contenido de vitaminas de la quinua y otros cereales*

Vitaminas	Quinua	Maíz	Arroz	Trigo
Tiamina	0,2 - 0,4	0,42	0,06	0,45 – 0,49
Riboflavina	0,2 - 0,3	0,1	0,06	0,17
Ácido fólico	0,0781	0,026	0,020	0,078
Niacina	0,5 - 0,7	1,8	1,9	5,5

Nota. Los valores están presentados en mg/100 g peso seco. FAO (2013)

Ahora se comparan los macronutrientes del grano de quinua y otros alimentos que son usados en la industria de panificación como el huevo y el queso donde se evidencia que el grano de quinua es más rico en macronutrientes en comparación a las otras matrices alimentarias comparadas y que presentan un menor porcentaje o ausencia de estos macronutrientes.

A continuación, se presenta la Tabla 5 comparación de los macronutrientes del grano de quinua y otros alimentos.

**Tabla 5.**

*Comparación de los macronutrientes del grano de quinua y otros alimentos*

Componentes	Quinua (%)	Huevo (%)	Queso (%)
Proteínas	13,00	14,00	18,00
Lípidos	6,10	3,20	-
Carbohidratos	71,00	-	-

Nota. FAO (2011, p.7)

### ***Almidón***

El carbohidrato de este pseudocereal presenta características tecnofuncionales y fisicoquímicas que lo diferencian del resto de carbohidratos, sin embargo, las fuentes de almidón

más usadas en la industria de alimentos son los cereales (maíz, sorgo y arroz) y tubérculos (Badui, 2006).

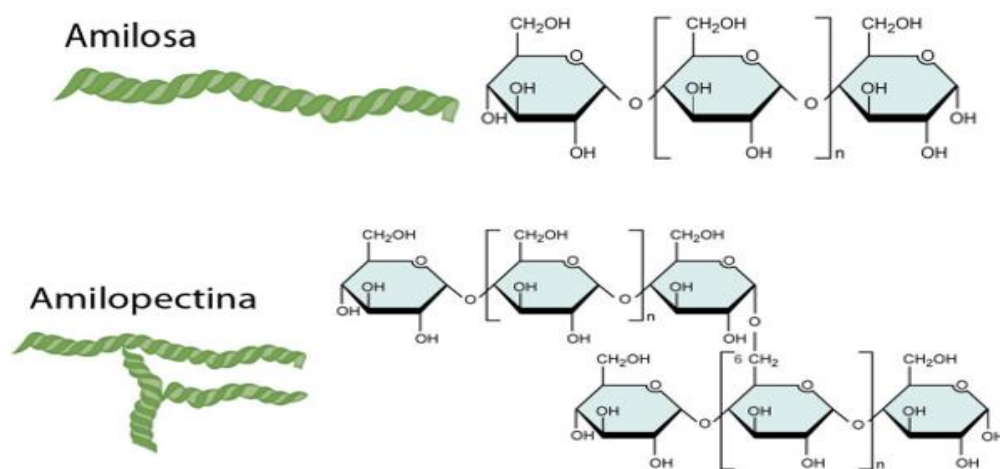
### Estructura química del almidón

El almidón está compuesto por dos polisacáridos que son la amilosa y la amilopectina, la primera corresponde a una estructura lineal de 1-4 unidades de glucosa unidas y su estructura lineal hace que su comportamiento sea más estrecho y son parecidos a los polímeros sintéticos convencionales. La amilosa juega un importante papel en la digestión de los alimentos ya que se ha logrado determinar que los almidones con un contenido escaso son de más fácil digestión. (Choquehuayta, 2014). Este pseudocereal está conformado por el epispermo el cual está compuesto mayormente de fibra soluble e insoluble del 7-10%, el embrión es la capa intermedia donde se encuentra el 14-18% de proteínas y grasas 4,4-8,8% y finalmente el perispermo contiene del 48-69% de almidón (Roa-Acosta et. al, 2020).

En la Figura 2 se presenta la estructura de la amilosa y amilopectina.

### Figura 2.

*Estructura de la amilosa y amilopectina*



Nota. Tomado de Molecula de amilosa y amilopectina Vela, 2020

### **Almidón de quinua.**

El almidón pertenece al grupo de los carbohidratos, compuesto por perisperma, epispermo, alveolo, pericarpio, entre otros, su morfología difiere según su fuente vegetal, de hecho, también su contenido de amilosa y amilopectina, e influye en los geles por ejemplo la amilopectina retrocede lentamente y genera geles débiles y frágiles, mientras la amilosa genera geles y películas fuertes. Se reporta que la ramificación de la amilopectina y el contenido de amilosa en los almidones afectan directamente en las propiedades tecnofuncionales (Zarate, 2019).

### **Propiedades tecnofuncionales de la harina y el almidón**

La morfología del grano del almidón y el contenido de amilosa afecta las propiedades tecnofuncionales en los procesos de transformación alimentaria debido a los tratamientos térmicos empleados, afectando las siguientes propiedades como absorción de agua, solubilidad, viscosidad y temperatura de gelatinización (Zarate, 2019). A continuación, se describen:

#### **Capacidad de absorción de agua (CAA)**

Es un valor que expresa la máxima cantidad de agua absorbida por gramo de material seco, esto se realiza con una cantidad abundante de agua y con la acción de una fuerza patrón (Alarcón, et. al, 2013).

$$CAA = \frac{Pf - Pi}{Pi}$$

Donde:

Pf: Sedimento

Pi: Muestra inicial

### **Capacidad de absorción de aceite (CAAC)**

Es un valor que expresa la máxima cantidad de aceite absorbido por gramo de material seco, esta propiedad tecnofuncional se realiza con una cantidad abundante de aceite y con la acción de una fuerza patrón (Alarcón et. al, 2013).

$$CAA = \frac{Pf - Pi}{Pi}$$

Donde:

Pf: Sedimento

Pi: Muestra inicial

### **Aplicación tecnológica de la harina y los almidones en la industria de alimentos**

Los almidones son ampliamente utilizados en la industria de alimentos, como el almidón de maíz y yuca en diferentes formulaciones, sin embargo, son importados con altos costos para Colombia, al ser necesario buscar nuevas alternativas de almidón para la industria de alimentos, de hecho, se puede aprovechar los cultivos ancestrales del país como el almidón de quinua que puede ser evaluado en diferentes formulaciones (Zarate, 2019). Por ejemplo, la industria panificadora presenta alta proyección para el país, y requiere nuevas aplicaciones de ingredientes autóctonos y que se puedan producir en Colombia.

### **Producto de panificación a base de queso: efecto en las propiedades fisicoquímicas**

Los productos de panificación a base de queso se denominan alimentos aireados, compuestos principalmente de queso, carbohidratos y agua, son comúnmente consumidos como pasa bocas (Vela, 2020). Según Vela, (2020), la fusión del queso ocurre cuando se alcanza una temperatura de 32°C la grasa sólida de la leche en el queso empieza a licuar, el queso se suaviza y los glóbulos de grasa fundidos salen a la superficie. Lo que provoca que la caseína se rompa y el queso se convierta en un líquido espeso. La formación de la corteza, se alcanza a una temperatura

de 90°C - 100°C, la humedad se evapora formando una corteza seca la cual reduce la cantidad de vapor de agua que sale de la masa liberando al ambiente cuando esta se calienta. El horneado, produce un aumento del volumen por la generación de expansión de vapor a partir del agua contenida en la masa contenida en burbujas; esto depende de factores como temperatura, presión, concentración, viscosidad, difusividad y tensión superficial. En la gelatinización de almidones y coagulación de proteínas a una temperatura de 60°C los gránulos de almidón comienzan a gelatinizar ya que el almidón gelatiniza tanto con la temperatura como con el exceso de agua; y mientras el almidón absorbe agua para su gelatinización el queso la pierde produciéndose una redistribución del agua desde el queso hacia el almidón. Mientras la colaboración de corteza ocurre cuando tiene una temperatura de 120°C y 140°C, al ocurrir un pardeamiento no enzimático por la reacción de Maillard este proceso ocurre entre proteínas con azúcares que aportan sabor y aroma. Al finalizar el horneado ocurre cuando al interior del producto se tiene una temperatura de 92°C el producto se retira del horno para su posterior enfriamiento (Badui, 2016 y Vela, 2020).

## **Funcionalidad de los ingredientes en la panificación**

### **Harinas**

Atrapa buena parte del agua de la masa y brindar estructura al pan (Álvarez y Tusa, 2009).

### **Almidones**

Sirven como estabilizante en emulsiones y brindan características tecnológicas porque son resistentes y eso se debe a su microestructura que posibilita la generación de productos con una mejor textura sin afectar características como sabor, olor y color (Villaruel et. al, 2018).

### **Queso**

Su uso en la industria de alimentos se debe a que es el responsable de brindar características texturales, sensoriales y nutricionales a los productos (Vela, 2020).

## **Azúcar**

Es un disacárido compuesto por dos moléculas de monosacáridos glucosa y fructosa unidas por un enlace tipo  $\alpha$ -1,4, mejora la vida útil del producto gracias a su capacidad de retención de agua (Vela, 2020), tiene como función otorgar características sensoriales al producto y tiene la capacidad de absorber muy bien la humedad por lo tanto los productos se mantienen fresco durante más tiempo (Huánuco, 2020).

## **Sal**

Actúa como un agente preservante debido a su capacidad de reducir la actividad de agua, esto se debe a la reacción con la presión osmótica dentro de las células microbianas aumenta y la célula libera agua hacia el exterior lo cual provoca una inhibición del metabolismo y el crecimiento de microorganismos, teniendo efectos positivos porque mejora la uniformidad de la miga y de la corteza gracias a su capacidad de retener agua (Vela, 2020).

## **Lípidos**

La materia grasa está constituida por ester de ácidos grasos se pueden encontrar de origen animal o vegetal como margarinas, mantequillas, mantecas y grasas animales; sirven para aumentar la retención de gas y lubricar la masa lo que brinda al producto volumen, suavidad y textura. (Vela, 2020). También sirven para conservar las características sensoriales, aumentar su valor nutricional y calórico, brindar suavidad a la miga y aumentar la vida útil del producto terminado (Huánuco, 2020).

## **Huevo**

Influye en la capacidad de estabilizar espumas y mejorar la miscibilidad de ingredientes hidrofóbicos e hidrofílicos eso gracias a las características de la clara y la yema, la primera corresponde al 11% de contenido de sólidos y la estabilidad se da por las secciones hidrofílicas e



hidrofóbicas de la proteína que se despliegan cuando hay un proceso de batido, la yema es una emulsión compuesta de 50% agua y 35% de lípidos en donde se encuentra gran parte de lecitinas el cual tiene alto poder emulsificante (Vela, 2020), también aporta color a la masa y la corteza y brinda mejores características sensoriales al producto (Huánuco, 2020).

### **Agentes leudantes**

Son usados para brindar textura a diferentes productos de panificación como galletas, pasteles pan de bono, pan de yuca y tortas, etc. Producen gas de la reacción que se genera cuando el bióxido de carbono y ácido leudante se mezclan juntos y entran en contacto con el agua, el gas que se genera forma burbujas las cuales se expanden mientras son horneadas y así formar los hoyos que son retenidos en el producto (Medina y Uscca, 2018).

### **Extracción del almidón de quinua**

Se han realizado diferentes técnicas para la extracción del almidón de quinua, sin embargo, una de las más empleadas ha sido a partir del grano o partiendo desde la harina con el método de remojo para su posterior molienda. Zarate, (2019) emplea el método a partir de harina la cual es remojada con agua para así poder formar una masa, la cual debe pasar por un homogeneizador hasta que el producto llegue al separador de fases el cual tiene como función separar los sólidos grandes de los líquidos por medio de un caudal constante a través de un tornillo sin fin, estos son llevados a un separador de líquidos o centrifuga la cual permite separar la fibra y proteína del almidón, permitiendo la clarificación y ya que anteriormente paso por un proceso de centrifugación el almidón sale seco y fino listo para su empaque (Zarate, 2019).

## Antecedentes sobre la caracterización tecnofuncional del almidón de quinua

En la actualidad se están realizando varios estudios de la caracterización tecnofuncional de diferentes variedades de almidón de quinua para poder caracterizarlo y potenciar su aplicación en la industria de alimentos.

A continuación, se presenta la Tabla 6 un resumen de estudios realizados sobre caracterización tecnofuncional de algunas variedades de almidón de quinua a nivel mundial.

**Tabla 6.**

*Caracterización tecnofuncional de algunas variedades de almidón de quinua*

<b>Título</b>	<b>Análisis que realizaron</b>	<b>Resultados</b>	<b>Conclusiones</b>
Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> .Willd) negra Collana, Pasankalla roja y blanca Junín <sup>1</sup>	Se realizaron las siguientes propiedades tecnofuncionales a las variedades de Collana negra, Pasankalla roja y blanca Junín Viscosidad (cP), Gelatinización (°C), Solubilidad (%), Absorción de agua (%), Hinchamiento (%), Retrogradación (%) y Estabilidad al descongelamiento (%)	Variedad Collada negra: Viscosidad: 2006,50 cP Gelatinización: 65,50°C Solubilidad: 5,03% Absorción de agua: 4,66% Hinchamiento: 0,70% Retrogradación: 41,36% Estabilidad al descongelamiento: 4,10% Variedad Pasankalla roja: Viscosidad: 1009,00 cP Gelatinización: 68,00°C Solubilidad: 4,94% Absorción de agua: 4,82% Hinchamiento: 0,74% Retrogradación: 70,71% Estabilidad al descongelamiento: 1,32%	Para la viscosidad la variedad negra Collana genera pastas más viscosas. Para el índice de solubilidad no se encontró diferentes entre variedades. Para la estabilidad al descongelamiento la variedad Collana negra es menos estable en comparación a la variedad Junín y Pasankalla.

Título	Análisis que realizaron	Resultados	Conclusiones
		Variedad Blanca Junín: Viscosidad: 1521,50 cP Gelatinización: 68,50°C Solubilidad: 4,97% Absorción de agua: 4,33% Hinchamiento: 0,66% Retrogradación: 72,34% Estabilidad al descongelamiento: 1,29%	
Extracción y caracterización fisicoquímica y tecnofuncional de carbohidratos tipo almidón de cinco variedades de quinua <sup>2</sup>	Se realizó las siguientes propiedades tecnofuncionales al almidón Blanca Hualhuas, Rosada de Huancayo, Amarillo de Maranganí, Amarillo Sacaca y Blanca de Junín Poder de hinchamiento Índice de solubilidad Sinéresis en condición de refrigeración y al congelamiento	Poder de hinchamiento a 55°C Blanca Hualhuas: 6,12 g/g Blanca Junín: 6,87 g/g Amarillo de Maranganí: 6,35 g/g Rosada de Huancayo: 6,18 g/g Amarillo Sacaca: 7,11 g/g Índice de solubilidad a 55°C Blanca Hualhuas: 1,93% Blanca Junín: 1,76% Amarillo de Maranganí: 1,52% Rosada de Huancayo: 1,47% Amarillo Sacaca: 2,03% Sinéresis en condiciones de refrigeración 4°C 24 h Blanca Hualhuas: 25,51% Blanca Junín: 25,27% Amarillo de Maranganí: 24,53%	Los almidones de quinua presentaron valores bajos en fibra, grasa y ceniza. El almidón de quinua Maranganí presentó menor porcentaje de sinéresis en refrigeración y congelación

Título	Análisis que realizaron	Resultados	Conclusiones
		Rosada de Huancayo: 22,79%	
		Amarillo Sacaca: 23,10%	
		Sinéresis en ciclo 1 de congelación-descongelación	
		Blanca Hualhuas: 51,72%	
		Blanca Junín: 45,95%	
		Amarillo de Maranganí: 48,50%	
		Rosada de Huancayo: 53,89%	
		Amarillo Sacaca: 50,64%	
		Blanca Hualhuas:	
		Humedad: 9,50%	
		Carbohidratos: 97,97%	
		Proteína: 1,50%	
		Grasa: 0,00%	
		Fibra cruda: 0,04%	
		Cenizas: 0,38%	
	Análisis proximal (humedad, carbohidratos, proteína, grasa, fibra cruda y cenizas)	Blanca Junín:	
		Humedad: 9,78%	
		Carbohidratos: 98,04%	
		Proteína: 1,42%	
		Grasa: 0,00%	
		Fibra cruda: 0,01%	
		Cenizas: 0,43%	

Título	Análisis que realizaron	Resultados	Conclusiones
		<p>Amarillo de Maranganí:</p> <p>Humedad: 10,52%</p> <p>Carbohidratos: 98,62%</p> <p>Proteína: 1,08%</p> <p>Grasa: 0,11%</p> <p>Fibra cruda: 0,00%</p> <p>Ceniza: 0,11%</p>	
	<p>Análisis proximal (humedad, carbohidratos, proteína, grasa, fibra cruda y cenizas)</p>	<p>Rosada de Huancayo:</p> <p>Humedad: 9,73%</p> <p>Carbohidratos: 98,70%</p> <p>Proteína: 1,07%</p> <p>Grasa: 0,00%</p> <p>Fibra cruda: 0,00%</p> <p>Ceniza: 0,16%</p>	
		<p>Amarillo Sacaca:</p> <p>Humedad: 10,46%</p> <p>Carbohidratos: 98,05%</p> <p>Proteína: 0,90%</p> <p>Grasa: 0,00%</p> <p>Fibra cruda: 0,50%</p> <p>Ceniza: 0,49%</p>	

Nota. Arzapalo-Quinto et. al, (2015)<sup>1</sup>; Maza (2020)<sup>2</sup>

**Antecedentes de sustitución parcial de la harina de quinua en la industria de panificación**

En la actualidad se están realizando varios estudios de productos de panadería con inclusión de harina de quinua para así poder aportar un valor adicional a la industria de alimentos al elaborar productos con un mayor valor nutricional.

A continuación, se presenta la Tabla 7 con estudios realizados de inclusión de harina de quinua en productos de panificación.

**Tabla 7.***Investigación de inclusión de harina quinua en productos de panificación*

<b>Título</b>	<b>Análisis que realizaron</b>	<b>Resultados</b>	<b>Conclusiones</b>
Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> . Willd) <sup>1</sup>		Grano de quinua: Humedad 8,3%, grasa 6,8%, ceniza 2,3%, proteína 12,7% y carbohidratos 67,8%	De acuerdo al análisis sensorial el pan de mayor aceptación corresponde al ensayo 2 con inclusión del 10% de harina de quinua y 90% de harina de trigo.
	Caracterización grano de quinua y harina de trigo	Harina de trigo: Humedad 13,0%, grasa 5,7%, cenizas 0,7%, proteína 12,0%, fibra 2,0% y carbohidratos 55,2%	De acuerdo al análisis sensorial las muestra con 10% a 20% de inclusión gusto mucho en el atributo de sabor.
		Se realizaron 4 ensayos con inclusión de harina de trigo y harina de quinua: Ensayo 1: 100% de harina de trigo y 0% harina de quinua. Ensayo 2: 90% de harina de trigo y 10% harina de quinua. Ensayo 3: 80% de harina de trigo y 20% de harina de quinua. Ensayo 4: 70% harina de trigo y 30% harina de quinua	
	Análisis sensorial	El análisis sensorial se realizó a 50 consumidores no entrenados entre 18 y 25 años de diferente sexo los cuales participaron en	

Título	Análisis que realizaron	Resultados	Conclusiones
		<p>un panel de aceptación, según los resultados no se encuentra diferencia estadísticamente significativa entre los ensayos y el ensayo con mayor aceptación correspondió al ensayo 2 con 90% harina de trigo y 10% harina de quinua y ensayo 3 con 80% harina de trigo y 20% harina de quinua</p>	
<p>Efecto de la inclusión de harina de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>. Willd) en la elaboración de galletas.<sup>2</sup></p>	<p>Análisis fisicoquímicos</p>	<p>Muestra testigo 1:  Humedad 0,4%, grasa 23%, fibra cruda 0,2%, proteína 7,8%, cenizas 0,7%, carbohidratos 67,9% y energía 509 Kcal/100g</p> <p>Muestra testigo 2:  Humedad 0,4%, grasa 22,3%, fibra cruda 0,2%, proteína 6,8%, cenizas 0,7%, carbohidratos 69,7% y energía 506 Kcal/100g</p> <p>Muestra testigo 3:  Humedad 1,0%, grasa 23,9%, fibra cruda 0,2%, proteína 8,3%, cenizas 1,0% carbohidratos 71,6% y energía 510 Kcal/100g</p> <p>Muestra 15/85 1:  Humedad 0,4%, grasa 22,9%,</p>	<p>La muestra 35/65 quinua trigo obtuvo mayor contenido proteico y mayor aporte de minerales.</p> <p>Las galletas con contenido de quinua no fueron tan aceptadas sensorialmente como las que contenían harina de trigo.</p> <p>La galleta con contenido de harina de quinua 15/85 quinua-trigo tuvieron mayor aceptación.</p>



Título	Análisis que realizaron	Resultados	Conclusiones
		fibra cruda 0,5%, proteína 7,4%, cenizas 0,7%, carbohidratos 68,1% y energía 508 Kcal/100g	
		Muestra 15/85 2: Humedad 0,4%, grasa 21,2%, fibra cruda 0,2%, proteína 7,6%, cenizas 0,8%, carbohidratos 69,8% y energía 501 Kcal/100g	
		Muestra 15/85 3: Humedad 4,1%, grasa 24,3%, fibra cruda 0,3%, proteína 8,1%, cenizas 1,1%, carbohidratos 62,1% y energía 500%	
		Muestra 35/65 1: Humedad 0,3%, grasa 23,1%, fibra cruda 0,2%, proteína 7,8%, cenizas 0,9%, carbohidratos 67,8% y energía 510 Kcal/100g	
		Muestra 35/65 2: Humedad 0,4%, grasa 21,1%, fibra cruda 0,2%, proteína 7,8%, cenizas 0,8%, carbohidratos 69,6% y energía 500 Kcal/100g	
		Muestra 35/65 3: Humedad 1,7%, grasa 23,6%,	

Título	Análisis que realizaron	Resultados	Conclusiones
		fibra cruda 0,4%, proteína 8,7%, cenizas 1,2%, carbohidratos 66,4% y energía 504 Kcal/100g	
		Muestra 50/50 1: Humedad 0,3%, grasa 22,9%, fibra cruda 0,6%, proteína 7,8%, cenizas 0,8%, carbohidratos 67,7% y energía 508 Kcal/100g	
		Muestra 50/50 2: Humedad 0,5%, grasa 22,1%, fibra cruda 0,7%, proteína 7,5%, cenizas 0,8%, carbohidratos 68,4% energía 503 Kcal/100g	
	Análisis sensorial	Muestra 50/50 3: Humedad 2,2%, grasa 32,9%, fibra cruda 0,5%, proteína 7,9%, cenizas 1,3%, carbohidratos 57,5% y energía 549 Kcal/100g.	
		Se realizó el análisis a 50 consumidores en un panel de aceptación y la muestra con mayor acogida correspondió a la que no contenía harina de quinua y la muestra que contenía harina de quinua tuvo mayor aceptación	

Título	Análisis que realizaron	Resultados	Conclusiones
		la mezcla 15%-85% de harina de quinua y harina de trigo	

Nota. García (2011)<sup>1</sup>; Mosquera (2009)<sup>2</sup>

## Materiales y metodología

### Materia Prima

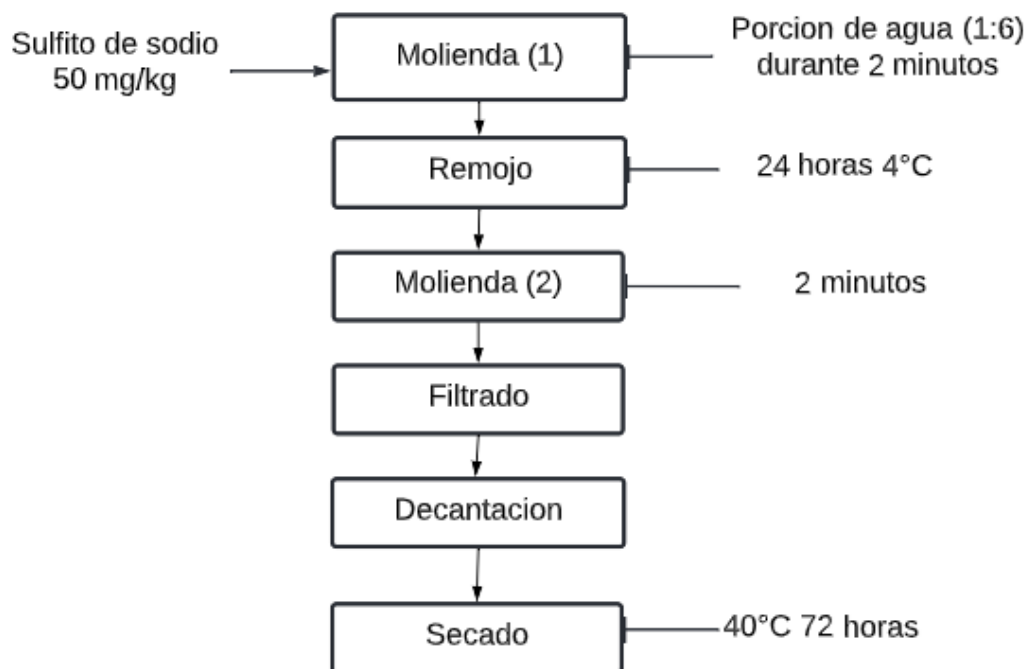
Se trabajó con granos de quinua que fueron a molienda del material Blanca Dulce de Jericó, provenientes de la finca *Chamomille* ubicada en el municipio de Subachoque Cundinamarca (457249N,7408261W) en Colombia. Mientras los demás ingredientes como la harina de maíz, azúcar, queso semigraso, huevos y polvo de hornear fueron adquiridos en tiendas locales de la región.

### Extracción del almidón

El método empleado para la extracción del almidón de quinua es el referenciado por Jan et. al, (2017) llamado “Water steeping” con algunas modificaciones. El proceso se describe en la Figura 3.

**Figura 3.**

*Proceso de extracción del almidón de quinua*



Nota. De acuerdo al CODEX STAN 192-1995, se le adiciona a la etapa de molienda (1) 50 mg/kg de sulfito de sodio para evitar microorganismos. Tomado de Jan et. al, 2017

En la Tabla 8 se describen las etapas del proceso de la extracción del almidón de quinua.

**Tabla 8.**

*Etapas del proceso de la extracción del almidón de quinua*

Etapas del proceso	Descripción
Molienda (1)	Se realizó la molienda de la harina de quinua en agua en una proporción 1:6 (se adiciono sulfito de sodio 50 mg/kg), durante 2 minutos mediante el uso de una licuadora industrial.
Remojo	Se realizó el remojo de la mezcla durante 24 horas a una temperatura de 4°C.
Molienda (2)	Se realizó la molienda durante 2 minutos mediante el uso de licuadora del laboratorio.
Filtrado	Se filtró la mezcla haciendo uso de los lienzos del laboratorio para obtener la torta y el almidón de quinua.
Decantación	Esta etapa se realizó para separar el líquido del almidón de quinua y así poder extraerlo para llevarlo al proceso de secado.
Secado	El almidón de quinua extraído se secó en una incubadora a una temperatura de 40°C durante 72 horas

A continuación, se presenta en la Figura 4 el almidón de quinua extraído.

**Figura 4.**

*Almidón de quinua extraído*



## **Determinación de las propiedades tecnofuncionales de los almidones y harina de quinua**

### ***Determinación de la capacidad de absorción de agua (CAA) del almidón de quinua, yuca y maíz***

Se utilizó la metodología descrita por Anderson, et. al, (1969) citada por Hernández, et. al, (2008) con algunas modificaciones. Se preparó 40 mL de suspensión de almidón con una concentración del 1% en agua destilada a una temperatura de 30°C, posterior se calentó la mezcla hasta lograr una temperatura entre los 60°C a 90°C manteniendo por 30 minutos la temperatura mientras se agitaba suavemente. Finalmente se dejó enfriar a temperatura ambiente y se centrifugo a 2500 RPM por un tiempo de 15 minutos (Hernández, et. al, 2008).

### ***Determinación de la capacidad de absorción de aceite (CAAC) del almidón de quinua, yuca y maíz***

Se utilizó la metodología descrita por Granito, et. al, (2009) citada por Granados, et. al, (2014) con algunas modificaciones. Se preparó una mezcla de 3 mL de aceite y se pesó 0,5 g de la muestra en tubos los cuales se llevaron a agitación constante durante 1 minuto, después fueron llevados a una temperatura de 24°C durante 30 minutos y posteriormente se llevaron a centrifugación a 3200 RPM y por último se midió el volumen de aceite excedente (Granados, et. al, 2014).

### ***Determinación de la capacidad de absorción de agua (CAA) de la harina quinua***

Se utilizó la metodología descrita por Inglett, et. al, (2009) citada por Vidaurre-Ruiz et. al, (2019) con algunas modificaciones. Se pesaron 0,8 gramos de muestra, se colocaron en el tubo Falcón de 15 mL y se añadieron 10 mL de agua, se procedió a agitar vigorosamente y se dejó reposar durante 2 horas, para ser agitados nuevamente y centrifugar a 4500 RPM durante 15 minutos a una temperatura de 4°C. Una vez centrifugados, se retiró el sobrenadante y se pesó lo

sedimentado. La diferencia de pesos de la muestra al final de la centrifugación y de la muestra inicial sobre el peso inicial de la muestra y todo ello multiplicado por 100, para obtener la CAA de la harina. Se realizaron 6 repeticiones por cada tipo de harina, promediando los valores de cada una (Vidaurre-Ruiz et. al, 2019).

#### ***Determinación de la capacidad de absorción de aceite (CAAC) de la harina de quinua***

Se utilizó la metodología descrita por Amza, et. al, (2011) citada por García-Salcedo et. al, (2018) con algunas modificaciones. Se añadió aceite a 1 g de harina y se agitó durante 30 minutos, posteriormente se centrifugó a 4750 RPM durante 30 minutos, después de la centrifugación se midió el volumen del sobresaliente, se obtuvo la capacidad de absorción de aceite a través de la diferencia entre el volumen inicial de aceite y el volumen recuperado (García-Salcedo et. al, 2018).

#### **Diseño experimental para el producto de panificación a base de queso “almojábana”**

Se realizó un diseño experimental con tres repeticiones y los resultados fueron evaluados mediante análisis de varianza ANOVA para poder evaluar los diferentes tratamientos de almojábanas con un nivel de confianza del 95%, el software empleado es el STATGRAPHICS XVII, 2015.

A continuación, se presenta el diseño experimental en la Tabla 9 donde se puede evidenciar la inclusión de harina y almidón de quinua, los porcentajes de inclusión se realizaron teniendo en cuenta la formulación para los tres tratamientos de almojábanas.

**Tabla 9.**

*Diseño experimental con la inclusión de harina y almidón de quinua para los tres tratamientos*

Factores			Variables								
Tratamientos	Harina de quinua (%)	Almidón de quinua (%)	$A_w$	Humedad	Volumen específico	Peso	Altura	Firmeza	Color	Estru. miga	Análisis sensorial
T0	0	0	z	x	v	g	h	a	c	m	d
T1	2	100	z	x	v	g	h	a	c	m	d
T2	5	100	z	x	v	g	h	a	c	m	d



### Formulaciones del producto de panificación a base de queso

A continuación, se presenta la Tabla 10 con el ensayo definitivo que se realizó para la obtención del producto de panificación a base de queso “almojábana”.

**Tabla 10.**

*Formulaciones del producto de panificación a base de queso*

Formulación	T0 (%)	T1 (%)	T2 (%)
Queso	81,6	81,6	8,6
Harina de maíz	4,9	4,8	4,6
Harina de quinua	-	0,1	0,2
Almidón de yuca	2,4	-	-
Almidón de maíz	2,4	-	-
Almidón de quinua	-	4,9	4,9
Azúcar	3,3	3,3	3,3
Huevos	4,9	4,9	4,9
Polvo de hornear	0,5	0,5	0,5

Nota. T0: Tratamiento control, T1: Tratamiento 1 T2: Tratamiento 2

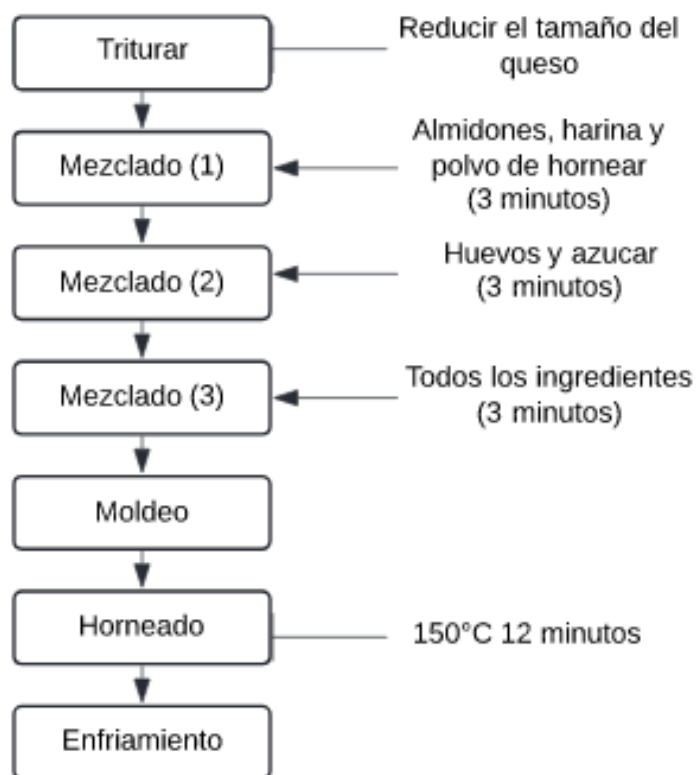
### Elaboración del producto de panificación a base de queso

El proceso de elaboración de la almojábana se realizó según la metodología planteada por López-Tenorio et. al, (2012), con algunas modificaciones en la formulación en el anexo 1 se puede observar el producto terminado de cada tratamiento.

En la Figura 5 se presenta el diagrama de la elaboración del producto de panificación a base de queso.

**Figura 5.**

*Diagrama del proceso de elaboración del producto de panificación a base de queso*



En la Tabla 11 se describen las etapas del proceso de elaboración del producto de panificación a base de queso.

**Tabla 11.**

*Etapas del proceso de la elaboración del producto de panificación a base de queso “almojábanas”*

Etapa del proceso	Descripción
Triturar	Se realizó la reducción del tamaño del queso mediante el uso de un rallador.
Mezclado 1	Se mezclan los ingredientes secos (harina, almidones y polvo de hornear) para así obtener una correcta incorporación de los ingredientes.
Mezclado 2	Se mezclan los huevos y el azúcar para poder reducir el tamaño del azúcar.
Mezclado 3	Se mezclan todos los ingredientes para así poder obtener una mezcla homogénea.
Moldeo	Se realiza el moldeo pesando en gramos para cada muestra.
Horneado	Es llevado al horno a una temperatura de 150°C durante 12 minutos.
Enfriamiento	El producto se deja enfriar a temperatura ambiente.

### **Determinación de las propiedades fisicoquímicas del producto**

#### **Actividad acuosa (aW)**

Se realizó mediante el medidor de actividad de agua Rotronic HygroLab C1, que trabaja a partir del punto de rocío para determinar la temperatura de condensación del vapor de agua (punto de rocío) que se encuentra relacionada con la actividad de agua de la muestra (Huánuco, 2020).

#### **Humedad**

Se realizó mediante secado por termo balanza con la aplicación de la transferencia de calor mediante ondas infrarrojas para penetrar la capa del alimento y así lograr que la muestra sea más homogénea en la evaporación y el calentamiento de la muestra (Huánuco, 2020).

### **Volumen específico**

Se realizó basado por el método de desplazamiento de semillas de quinua (colza), adaptación del método 10-05,01 de la AACCC (2000). En una probeta plástica con capacidad de 2000 mL, diámetro de 87,4 cm y altura de 84,7 cm se colocaron las semillas hasta 1200 mL, después se vaciaron y se introdujo el producto de panificación a base de queso, donde nuevamente se añadieron las semillas y se midió la distancia del desplazamiento de estas a partir de los 1200 mL donde la diferencia es considerada como el volumen del producto de panificación. Los cálculos se realizaron a partir de la siguiente fórmula  $V = \pi \cdot r^2 \cdot D$  donde V corresponde al volumen del producto a base de queso  $cm^3$ ,  $r^2$  es el radio del cilindro en  $cm$  y D es la distancia desplazada en  $cm$ . Para determinar el volumen específico se determinó  $VE = v/m$  donde v es el volumen desplazado en  $cm^3$ , y m es el peso del producto a base de queso en g.

### **Peso**

Se realizó mediante el uso de una balanza digital, método reportado por López-Tenorio et al, (2012).

### **Altura**

Se realizó basado por el método de desplazamiento de semillas de quinua (colza), adaptación del método 10-05,01 de la AACCC (2000). En una probeta plástica con capacidad de 2000 mL, se colocaron las semillas hasta 1200 mL, después se vaciaron y se introdujo el producto de panificación a base de queso, donde nuevamente se añadieron las semillas y se midió la altura de desplazamiento a partir de los 1200 mL.

### **Propiedad textural - Punción**

Se realizó mediante prueba de punción a través de un texturómetro de marca Ametek ® (EE. UU) Test & Calibration Instruments LS1. Esta medición consistió en determinar la fuerza

máxima de ruptura por ensayos de penetración, al emplear una sonda cilíndrica de 2 mm de diámetro a una velocidad constante de 2 mm/s, se realizó cinco repeticiones por tratamiento de acuerdo con el método descrito por López-Tenorio et. al, (2012), el cual determino esta propiedad textural al pan de bono con queso blanco y queso costeño resultados que fueron presentados en Newton.

### **Color**

Se realizó mediante el uso del colorímetro marca Minolta 508d (Japón) con el uso del iluminante D65 con un ángulo de  $10^\circ$  usando la escala CIELAB ( $L^*a^*b^*$ ), de las cuales  $L^*$  es luminosidad con una escala de 0 a 100 siendo 0 oscuro y 100 claro,  $a^*$  con una escala de -60 a +60 siendo -60 verde y +60 rojo,  $b^*$  con una escala de -60 a +60 siendo -60 azul y +60 amarillo. De acuerdo al método descrito por Davdmary et, al. (2009).

### **Estructura Macroscópica de la Miga**

Las almojábanas de cada tratamiento se cortaron transversalmente por la zona central. El análisis de la estructura macroscópica de la miga se obtuvo mediante imágenes. Se analizaron secciones centrales de las almojábanas de 10 x 13 cm de campo. La imagen recortada se separó en canales, se contrasto, se segmento y por último se binarizó con ayuda del programa ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA) de las cuales se obtuvieron parámetros como área total  $mm^2$  y número de alveolos/ $cm^2$  (Davdmary et, al. 2009).

### **Análisis sensorial a consumidores**

El análisis sensorial de la inclusión de harina y almidón de quinua para los tratamientos, se realizó mediante la prueba afectiva de preferencia en la cual el consumidor expresa su reacción subjetiva del producto indicando que muestra prefiere según ISO 4121 del 2003.

La evaluación se realizó sometiendo las muestras previamente codificadas con una numeración aleatoria a 62 consumidores no entrenados integrados por hombres y mujeres en un rango de 20 y 60 años de acuerdo con el método descrito por Espinosa (2007). Los panelistas no entrenados evaluaron atributos de (sabor, color, olor, textura, apariencia y aceptabilidad) con una escala hedónica de 9 puntos.

A continuación, se presenta en la Tabla 12 la escala hedónica de 9 puntos.

**Tabla 12.**

*Escala hedónica*

Escala	Grado de aceptación
1	Me disgusta muchísimo
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
6	Me gusta ligeramente
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta muchísimo

Para definir la preferencia del producto se realizó una pregunta a los consumidores: ¿Que muestra compraría? ¿Por qué?, ver anexo 2.

### **Análisis estadístico**

Se empleó un diseño completamente al azar con tres repeticiones los resultados se estudiaron mediante análisis de varianzas ANOVA entre los diferentes tratamientos con un nivel de confianza del 95%, aplicando el paquete estadístico STATGRAPHICS XVII, 2015.

### **Evaluación nutricional del producto seleccionado**

La elaboración de la tabla nutricional del producto de panificación a base de queso se realizó de acuerdo con la Resolución 810 de 2021 del Ministerio De Salud y Protección Social “Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado nutricional y frontal que deben cumplir los alimentos envasados o empacados para consumo humano “siguiendo el formato vertical estándar.

### ***Determinación nutricional del producto seleccionado***

En la Tabla 13 se encuentran los métodos que se emplearon para determinar las propiedades fisicoquímicas de las materias primas y los diferentes tratamientos donde se evaluó: humedad, proteína, grasa, cenizas y fibra dietaría, basados en la AOAC e ISO.

### **Tabla 13.**

#### *Métodos empleados para determinar las propiedades fisicoquímicas*

Propiedades fisicoquímicas	Método
Humedad	AOAC 925.10
Proteína	ISO 1871
Lípidos	AOAC 989.05
Cenizas	AOAC 923.03: 2016
Fibra dietaría	AOAC 985.20

### **Determinación de las propiedades microbiológicas del producto seleccionado**

En la Tabla 14 se encuentran los parámetros y los métodos que se emplearon para determinar las propiedades microbiológicas de los diferentes tratamientos basados bajo el método de la AOAC e ISO.

**Tabla 14.***Métodos empleados para determinar las propiedades microbiológicas*

Parámetro	Método
Mohos y levaduras UFC/g	ISO 21527-1: 2008
<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/g	AOAC 990.12
Coliformes totales UFC/g	AOAC 990.12
Coliformes fecales UFC/g	AOAC 990.12
<i>E. coli</i> UFC/g	AOAC 990.12
Mesófilos UFC/g	AOAC 990.12

Nota. UFC: Unidades formadoras de colonia



## Resultados y Discusiones

### Caracterización de las materias primas

En la Tabla 15, se presenta la caracterización fisicoquímica de los granos de quinua que fue analizada por el grupo de investigación de la UNAD en trabajos previos, se evidenció que la proteína y lípidos es superior en comparación a las normas Técnicas Andinas, y en la Tabla 16 se presenta la caracterización fisicoquímica del almidón de quinua.

**Tabla 15.**

*Caracterización fisicoquímica del grano de quinua*

Parámetro	Valor (%)	NTA*
Cenizas	2,01	3,5% Max
Lípidos	4,15	4,0% Min
Humedad	12,97	13,5% Min
Proteína cruda	16,89	10% Min

Nota. Grupo de investigación-Proyecto PS-19-2018 Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD,

Normas Técnicas Andinas NTA 0032:2015

**Tabla 16.**

*Caracterización fisicoquímica del almidón de quinua*

Parámetro	Valor (g)
Cenizas	2,27
Lípidos	0,4
Humedad	9,85
Proteína	7,62
Acidez	10,06
Fibra dietaría	13,5
Carbohidratos totales	79,86
Carbohidratos disponibles	66,36

De acuerdo con los resultados de la caracterización del grano y el almidón de quinua se pudo identificar que el almidón presenta cierto porcentaje de lípidos y proteína, valores que no deberían estar presentes debido a que se espera una cuantificación del 100% de carbohidratos, estos resultados pueden ser posibles debido al método de extracción húmedo empleado, por tal razón, el método no logro la pureza esperada en el almidón nativo, sin embargo, no se emplearon reactivos que generen aguas contaminadas de desecho y que afecten al medio ambiente, por otro lado, es importante revisar nuevos métodos de extracción para disminuir el uso de agua en el proceso (Caro, 2018).

### **Propiedades tecnofuncionales**

A continuación, se presentan los resultados de las propiedades tecnofuncionales que se realizaron a los almidones y a la harina de quinua, capacidad de absorción de agua (CAA) y capacidad de absorción de aceite (CAAC).

En la Tabla 17 se presentan los resultados de las propiedades tecnofuncionales de los almidones y en la Tabla 18 los resultados de las propiedades tecnofuncionales de la harina de quinua.

#### **Tabla 17.**

*Resultados de las características tecnofuncionales de los almidones*

Materias primas	CAA	CAAC
Almidón de yuca	177,007 <sup>a</sup> ± 1,582	234,427 <sup>b</sup> ± 1,996
Almidón de maíz	185,064 <sup>b</sup> ± 2,903	232,305 <sup>b</sup> ± 5,714
Almidón de quinua	50,122 <sup>c</sup> ± 0,268	35,130 <sup>a</sup> ± 0,294

Nota. Valores presentados como promedio ± la desviación estándar, letras diferentes indican diferencias significativas  $p < 0,05$ .

Respecto a la CAA, se evidenció diferencia estadísticamente significativa entre las tres variedades de almidones, al observar que el almidón de quinua presentó un bajo valor  $50,122 \pm 0,268$  de CAA respecto al almidón de yuca  $177,007 \pm 1,582$  y maíz  $185,064 \pm 2,903$ , este comportamiento puede influir en la retención de humedad del producto, llegando a afectar de manera directa en la vida de anaquel (Jan, Panesar, & Singh, 2018). Sin embargo, los resultados encontrados son bajos al ser comparados con el estudio de Kumar et. al, (2016) que determinaron esta propiedad tecnofuncional para el almidón nativo de amaranto de la especie *Amaranthus hypochondricus anapurna* que obtuvieron como resultado 199,23%. Estas diferencias pueden ser causadas por el tipo de alimento, variedad, tamaño y forma del granulo (Lindeboom et. al, 2004).

Respecto a la CAAC, se evidenció diferencias estadísticamente significativas para el almidón de quinua  $35,130 \pm 0,294$  al presentar bajos valores respecto al almidón de yuca  $234,42 \pm 1,996$  y maíz  $232,305 \pm 5,714$ . Por otro lado, en el estudio de Kumar et. al, (2016) realizaron la caracterización del almidón nativo de amaranto de la especie *Amaranthus chaulai* y obtuvieron como resultado 170,33% valores que están por debajo a los presentados en la Tabla 17 para el almidón de quinua, yuca, maíz estas diferentes posiblemente se deben a la variedad y características propias de cada almidón (Lara, 2016).

### **Tabla 18.**

*Resultados de las características tecnofuncionales de la harina de quinua*

Materias primas	CAA	CAAC
Harina de quinua	$269,228 \pm 6,711$	$253,003 \pm 4,51$

Nota. Valores de promedio  $\pm$  desviación estándar.

Respecto a los resultados de CAA  $296,228 \pm 6,711$  de la harina de quinua, se evidenció altos valores en comparación a los resultados reportados por Lara, (2016), al encontrar bajos valores para CAA de la harina de trigo: 2,08 y harina de garbanzo: 3,38 estas diferencias pueden

ser causadas posiblemente por la cantidad de proteínas, fibra y carbohidratos de cada harina y también es una propiedad tecnofuncional que indica la cantidad de agua que se le debe suministrar a la harina (Lara, 2016), de acuerdo, a los resultados se puede decir que la harina de quinua necesita mayor cantidad de agua en comparación a la harina de trigo y garbanzo para así poder formar una masa uniforme, de hecho, se puede concluir que favorece el desarrollo de productos de panadería, debido a que contribuye a una mayor retención de humedad en el producto debido a la afinidad, extendiendo de la vida de anaquel.

Los resultados de CAAC:  $253,003 \pm 4,51$  de la harina de quinua son altos en comparación al estudio reportado por García-Pacheco et. al, (2020) al encontrar valores bajos para la harina de semillas de ahuyama CAAC: 1,24 g/g. Esta propiedad expresa la cantidad máxima de aceite que puede llegar a ser absorbido por gramo de material seco, es decir, que de acuerdo con los resultados de la harina de quinua tiene mayor CAAC por gramo de material seco en comparación con la harina de semillas de ahuyama, esto posiblemente se deba por la diferencia en los macronutrientes de cada harina (Lara, 2016).

### **Propiedades fisicoquímicas del producto a base de queso**

A continuación, se presentan los resultados fisicoquímicos que se le realizaron a los tres tratamientos de almojábanas considerando la inclusión de harina y almidón de quinua.

En la Tabla 19 se presentan los resultados obtenidos para actividad acuosa, humedad, peso, volumen específico, firmeza, y altura.

**Tabla 19.***Resultados de las propiedades fisicoquímicas de los tres tratamientos*

Análisis	T0	T1	T2
Actividad acuosa	0,992 <sup>a</sup> ± 0,001	0,993 <sup>a</sup> ± 0,002	0,993 <sup>a</sup> ± 0,000
Humedad (%)	32,785 <sup>a</sup> ± 0,295	35,610 <sup>a</sup> ± 0,370	43,490 <sup>a</sup> ± 0,890
Peso (g)	10,633 <sup>a</sup> ± 0,231	10,167 <sup>a</sup> ± 0,058	10,975 <sup>a</sup> ± 0,896
Volumen específico ( $cm^3/g$ )	0,651 <sup>a</sup> ± 0,040	0,658 <sup>a</sup> ± 0,121	0,643 <sup>a</sup> ± 0,029
Firmeza (N)	0,912 <sup>a</sup> ± 0,093	0,906 <sup>a</sup> ± 0,089	0,835 <sup>a</sup> ± 0,049
Altura (mm)	6,755 <sup>a</sup> ± 0,049	6,700 <sup>a</sup> ± 0,283	7,085 <sup>a</sup> ± 0,191

Nota. Valores presentados como promedio ± la desviación estándar, letras diferentes indican diferencias significativas  $p < 0,05$ .

### **Actividad acuosa (aW)**

Se evidenció que no existe diferencias significativas entre tratamientos  $p > 0,05$  para la aW, esta es una medida cualitativa que mide el estado del agua en un sistema y tiene valores de 0 siendo mínimo y 1 siendo máximo. De acuerdo, con los resultados es evidente que la aW de los tratamientos son altos, posiblemente se deba al queso por su alto contenido de agua y por esa razón influyo en el producto (López-Tenorio et. al, 2012). Por otro lado, este resultado puede influir en la vida de anaquel debido a que a mayor actividad de agua de un alimento mayor es la proliferación de microorganismos, es decir, que disminuye la vida útil de la almojábana al presentar valores cercanos al nivel máximo de la aW.

### **Humedad**

Esta es una medida cuantitativa de agua sobre una base seca o húmeda. Se evidenció que no existe diferencias significativas entre tratamientos  $p > 0,05$  para los resultados de humedad presentados en la Tabla 19. En el estudio de Arone, (2015), que realizaron panes con diferentes porcentajes de inclusión de harina de quinua HQ, harina de chía HC y harina de trigo HT para 6 tratamientos. Reportan que la humedad para el tratamiento 1 con inclusión de HQ del 20%, HC

5% y HT 75% fue 28,55%, tratamiento 2 con HQ 20%, HC 10% y HT 70% fue 32,57%, tratamiento 3 HQ 17,5%, HC 6,25% y HT 76,25% fue 30,77%, tratamiento 4 HQ 17,5%, HC 8,75% y HT 73,75% fue 30,90%, tratamiento 5 HQ 20%, HC 7,5% y HT 72,5% fue 31,50%, finalmente el tratamiento 6 HQ 0%, HC 0% y HT 100% fue 32,75%. De acuerdo a estos resultados se concluyó que a medida que el porcentaje de inclusión de harina de chíá aumenta se logró una disminución de humedad gracias a sus características higroscópicas y cuando se realizó la sustitución de harina de trigo por harina de quinua se observó que la humedad varía al incrementar el porcentaje de inclusión de harina de quinua.

### **Peso**

Esta propiedad es importante al igual que el volumen específico porque hace referencia a la cantidad de celdas de aire presentes en el interior del producto. En la Tabla 19, se evidenció que no existe diferencias significativas entre tratamientos  $p > 0,05$ , al considerar que la inclusión de almidón y harina de quinua no influyó en el peso del producto final de cada tratamiento. Mientras López-Tenorio et. al, (2012), demuestra que el cambio de ingredientes como queso blanco y queso costeño en el desarrollo de pan de bono puede influir en el peso del producto. Por otro lado, en el estudio de Arone, (2015), que realizaron panes con diferentes porcentajes de inclusión de harina de quinua HQ, harina de chíá HC y harina de trigo HT para 6 tratamientos. Reportan que el peso para el tratamiento 1 con inclusión de HQ del 20%, HC 5% y HT 75% fue peso inicial: 800 g, peso final: 702 g, pérdida de peso: 98 g, tratamiento 2 con HQ 20%, HC 10% y HT 70% fue peso inicial: 800 g, peso final: 712,7 g, pérdida de peso: 87,3 g, tratamiento 3 HQ 17,5%, HC 6,25% y HT 76,25% peso inicial: 800 g, peso final: 708 g, pérdida de peso: 92 g, tratamiento 4 HQ 17,5%, HC 8,75% y HT 73,75% fue peso inicial: 800 g, peso final: 704,3 g, pérdida de peso: 95,7 g, tratamiento 5 HQ 20%, HC 7,5% y HT 72,5% fue peso inicial: 800 g, peso final: 710 g pérdida de

peso: 90 g, finalmente tratamiento 6 HQ 0%, HC 0% y HT 100% peso inicial: 800 g, peso final: 679,7 g, pérdida de peso: 120,3 g . De acuerdo a estos resultados se concluyó que a medida que el porcentaje de inclusión de harina de trigo aumenta el peso de los panes disminuye y cuando incrementa el porcentaje de inclusión de harina de quinua y chía el peso aumenta.

### **Volumen específico**

Se evidenció que no existe diferencias significativas entre tratamientos  $p > 0,05$ , esta propiedad es importante en productos de panificación ya que está relacionada con la cantidad de aire presente en el interior del producto (López-Tenorio et. al, 2012), de acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 19 se pudo observar que esta propiedad presentó valores similares entre tratamientos, es decir, que la inclusión de harina y almidón de quinua no influyó en esta propiedad fisicoquímica relevante para el producto que determina la cantidad de celdas de aire en el interior del producto. Mientras el estudio de Arone, (2015), que realizaron panes con diferentes porcentajes de inclusión de harina de quinua HQ, harina de chía HC y harina de trigo HT para 6 tratamientos. Reportan que el volumen para el tratamiento 1 con inclusión de HQ del 20%, HC 5% y HT 75% fue 2344,7 mL tratamiento 2 con HQ 20%, HC 10% y HT 70% fue 2247,3 mL, tratamiento 3 HQ 17,5%, HC 6,25% y HT 76,25% fue 2346,0 mL, tratamiento 4 HQ 17,5%, HC 8,75% y HT 73,75% fue 2310,0 mL, tratamiento 5 HQ 20%, HC 7,5% y HT 72,5% fue 2271,3 mL, finalmente tratamiento 6 HQ 0%, HC 0% y HT 100% fue 2512,7 mL. De acuerdo a estos resultados se concluyó que a medida que el porcentaje de inclusión de harina de trigo aumenta el volumen también y cuando el porcentaje de inclusión de harina de quinua y chía aumenta el volumen disminuye. Por otro lado, en el estudio de Elgeti et. al, (2014) elaboraron pan donde se usó harina blanca de quinua para poder reemplazar el 40% de la harina de arroz y 100% de la harina de maíz

y como resultados obtuvieron que la harina blanca de quinua mejoro un 33% del volumen específico del pan.

### **Punción**

Se evidenció que entre tratamientos no existen diferencias significativas  $p > 0,05$  para la firmeza, propiedad textural que está relacionada principalmente con las características de frescura y envejecimiento del producto (Cauvain, 2004), además, esta propiedad está relacionada con la cantidad de celdas de aire presente en el interior del alimento. El estudio de López-Tenorio et. al, (2012) reporta valores altos de firmeza para el producto de pan de bono con queso costeño (19,3 N) y con queso blanco (15,9 N), resultados que están por encima a los presentados en la Tabla 19, al ser posible estos valores debido al cambio de ingredientes. Por otro lado, en el estudio de Murgueytio & Santacruz, (2020) elaboraron pan sin gluten a base de extrusionado de harina de quinua y ácido láctico y los resultados que obtuvieron en firmeza fue de 17,78 N a 0,2% de contenido de ácido láctico, estos resultados son altos al compararlos por los presentados en la Tabla 19, esto se debe posiblemente por la adición de ácido láctico y demás ingredientes como la harina de arroz y levadura para la elaboración del pan.

### **Altura**

Se observó que entre tratamientos no existen diferencias significativas  $p > 0,05$ , esta propiedad está relacionada principalmente con el volumen específico. El estudio de García, (2011) reportó valores de altura para diferentes panes con inclusión de harina de quinua el primer pan con 0% harina: 12 cm de altura, el segundo pan con 10% harina: 10 cm de altura, para el tercer pan con 20% harina: 8 cm de altura y finalmente para el cuarto pan con 30% harina: 6 cm de altura. Dichos resultados indican que a medida que aumenta el porcentaje de inclusión de harina de quinua hay una disminución de altura en los panes y de acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 19



para la almojábana, se evidenció que no afectó la inclusión de harina de quinua en la altura de la almojábana, es decir, que la inclusión resultó satisfactoria en las propiedades físicas del producto. Se puede observar los resultados estadísticos de todas las pruebas en el anexo 3.

A continuación, se presenta en la Tabla 20 los resultados obtenidos en la escala CIEL\**a*\**b*\* de las propiedades de color para la miga y corteza de los diferentes tratamientos.

**Tabla 20.**

*Resultados de las propiedades de color para la miga y corteza de las almojábanas*

<b>Miga</b>			
Coordenadas	T0	T1	T2
*L	75,146 <sup>a</sup> ± 2,945	70,138 <sup>a</sup> ± 2,090	71,884 <sup>a</sup> ± 4,284
*a	-2,768 <sup>a</sup> ± 4,099	-1,494 <sup>a</sup> ± 0,346	-3,882 <sup>a</sup> ± 0,213
*b	27,518 <sup>a</sup> ± 1,009	29,600 <sup>b</sup> ± 0,945	25,266 <sup>c</sup> ± 1,017
<b>Corteza</b>			
Coordenadas	T0	T1	T2
*L	70,536 <sup>a</sup> ± 1,870	65,300 <sup>b</sup> ± 1,898	66,434 <sup>ab</sup> ± 4,403
*a	6,810 <sup>a</sup> ± 1,527	8,570 <sup>a</sup> ± 1,323	9,160 <sup>a</sup> ± 3,749
*b	45,896 <sup>a</sup> ± 1,378	43,540 <sup>a</sup> ± 1,016	43,986 <sup>a</sup> ± 1,874

Nota. Valores presentados como promedio ± la desviación estándar, letras diferentes indican diferencias significativas  $p < 0,05$ .

### **Color Miga**

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 20, se evidenció que los valores de \*L (luminosidad) y *a*\* (verde a rojo) no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, mientras los valores de \*b (azul a amarillo) sí presentaron diferencias estadísticamente significativas para los tres tratamientos ver anexo 4, al encontrar que el tratamiento T2, presentó el valor más bajo  $25,266 \pm 1,017$  en comparación a los demás tratamientos. Al concluir que la inclusión de la harina y almidón de quinua puede influir con los

valores de \*b que indican que se inclinan al amarillo en diferentes gamas porque los valores fueron positivos (+) pero diferentes. Mientras el estudio de Lorenz & Coulter, (1991), realizaron la inclusión de harina de quinua en productos de panadería y los valores de color de la miga del pastel se tornó un poco más oscura al aumentar la inclusión de harina de quinua, lo mismo ocurre para la almojábana posiblemente el color de la miga tiende a oscurecer con el aumento de inclusión de harina de quinua.

En la Figura 6, se evidenció el color de la miga de los tratamientos evaluados.

### **Figura 6.**

*Color miga de los tres tratamientos*



### **Color corteza**

De acuerdo con los resultados obtenidos se evidenció que los valores de \*a (verde a rojo) y \*b (azul a amarillo) no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, mientras los valores de \*L (luminosidad) presentaron diferencias significativas para el tratamiento (T0) y (T1) ver anexo 5. Los valores de la coordenada \*L (luminosidad) presentaron diferencias significativas para los tratamientos T0 y T1, esto indica que las diferentes inclusiones pueden afectar la luminosidad de los productos estudiados. Este comportamiento fue reportado por Lorenz & Coulter, (1991), al realizar inclusión de harina de quinua en productos de panadería, encontrando que los valores de color en la parte superior de la galleta oscurecieron a medida que hubo un aumento en la inclusión de harina de quinua, lo mismo ocurre para la almojábana posiblemente el color de la corteza tiende a oscurecer con el aumento de inclusión de harina de quinua.

A continuación, se presenta en la Figura 7 el color de la corteza para los tres tratamientos.

### Figura 7.

*Color corteza de los tres tratamientos*

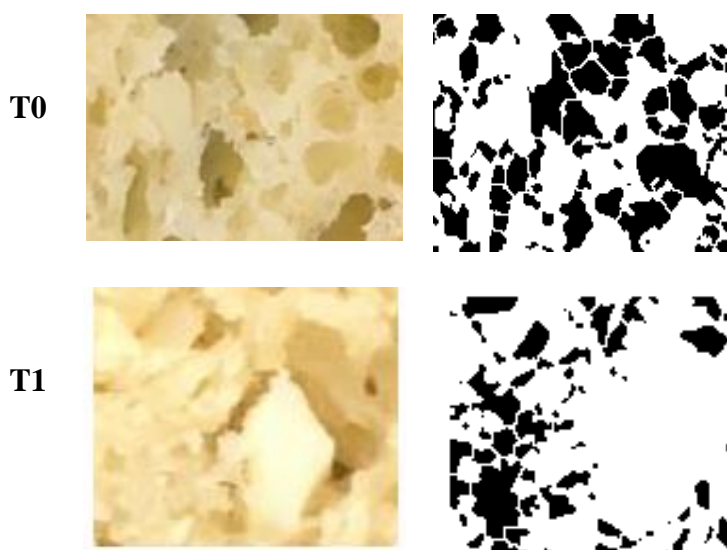


### Estructura Macroscópica de la miga

En la Figura 8 se presentan las imágenes de las diferentes almojábanas (T0, T1 y T1), escaneadas, contrastadas y binarizadas.

### Figura 8

*Imágenes escaneadas de las almojábanas (T0, T1 y T2) y sus imágenes binarizadas 118 pixels/cm*





En la Figura 8 se evidenció uniformidad de la miga para T0 en comparación a los tratamientos T1 y T2 con inclusión de harina y almidón de quinua ya que fueron menos compactas, observando celdas de mayor amplitud en la miga, esto posiblemente se deba a que la inclusión de harina y almidón aumenta la cantidad de celdas de aire en el interior del producto (López-Tenorio et. al, 2012).

En la Tabla 21 se presentan los resultados obtenidos mediante el uso del software ImageJ para la estructura de la miga.

**Tabla 21.**

*Estructura macroscópica de la miga para los tres tratamientos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Área <math>mm^2</math></b>	<b>Número de alveolos/<math>cm^2</math></b>
T0	21,950 <sup>a</sup> ± 2,008	51,000 <sup>a</sup> ± 4,243
T1	20,345 <sup>a</sup> ± 3,741	55,000 <sup>a</sup> ± 7,071
T2	21,675 <sup>a</sup> ± 2,298	80,000 <sup>a</sup> ± 19,799

Nota. Valores presentados como promedio ± la desviación estándar, letras diferentes indican diferencias significativas  $p < 0,05$ .

De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 21 se evidenció que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos para el área  $mm^2$  y número de alveolos/ $cm^2$  de la estructura macroscópica de la miga. Se observó un aumento en el área  $mm^2$  y en el número de alveolos/ $cm^2$ , siendo valores máximos correspondientes al T2 con él 5% de inclusión de harina de quinua ver anexo 5. En el estudio de Huánuco, (2020) realizaron la sustitución de harina de trigo por harina de quinua a un panetón andino y realizaron este mismo análisis y los resultados

que obtuvieron fue que la harina de quinua presenta efectos negativos sobre el número de alveolos/cm<sup>2</sup> ya que a medida que hubo aumento en la inclusión de harina de quinua las migas presentaron menor distribución alveolar. De acuerdo con los resultados se puede decir que hubo otros factores que estuvieron involucrados en los resultados como la hidratación de la masa o el contenido de proteína de la harina (Huánuco, 2020).

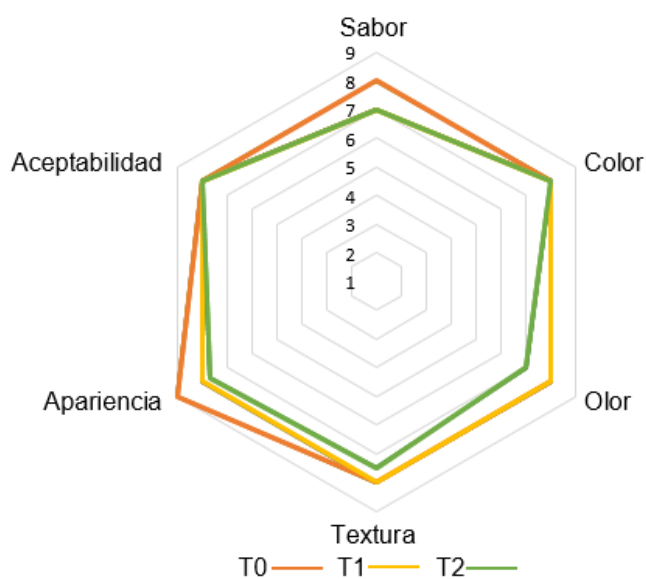
### **Evaluación sensorial del producto de panificación a base de queso**

En la Figura 9 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación sensorial a consumidores para los tres tratamientos T0 (control) T1 (tratamiento 1) y T2 (tratamiento 2). La evaluación sensorial se realizó a 62 consumidores no entrenados individualmente los resultados se pueden observar en el anexo 6.

A continuación, se presenta en la Figura 9 los resultados obtenidos de la evaluación sensorial.

#### **Figura 9.**

*Evaluación sensorial al producto de panificación a base de queso*



Nota. Valores presentados como mediana a 62 consumidores no entrenados con la escala hedónica de 9 puntos.

El panel sensorial mostro una mayor preferencia respecto al atributo de sabor para el tratamiento control T0, el cual no presento inclusión de harina y almidón de quinua respecto a T1 y T2, sin embargo, T1 y T2 no presentaron. Respecto al atributo de color se puede observar que los tres tratamientos T0, T1 y T2, mostraron el mismo valor de preferencia respecto a este atributo, para el caso del atributo de olor se observó que tuvieron mayor preferencia para los tratamientos T0 y T1 quedándose T2 por debajo. Para el atributo de textura se encontró que el mayor valor de preferencia lo obtuvieron los tratamientos T0 y T1 al quedarse por debajo el tratamiento T2, para el atributo de apariencia se observó mayor valor de preferencia para el T0, seguido del T1 obteniéndose menor preferencia el T2, finalmente para el atributo de aceptabilidad se puede observar que los tratamientos T0, T1 y T2 presentaron el mismo valor de preferencia.

Estos resultados permitieron establecer que todos los tratamiento fueron aceptados por los consumidores, sin embargo, el mejor tratamiento corresponde al T1 con inclusión de harina de quinua del 2% y el almidón de quinua del 100%, debido a que presento menor valor de aceptación para cada atributo evaluado posiblemente a la alta inclusión de la harina de quinua del 5%, afectando al producto por su sabor residual debido a la presencia de saponinas según lo reportado al general un rechazo por los consumidores las altas inclusiones, sin embargo, en la formulación de la almojábana se evidenció que se emplea un alto porcentaje de queso, al favorecer a los tres tratamientos y ser aceptados por los consumidores.

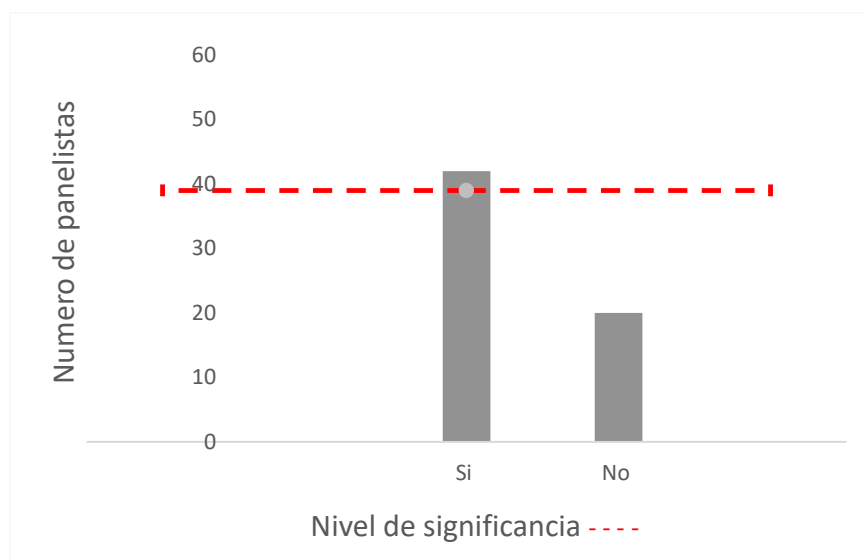
De acuerdo al análisis de varianza no paramétrica de los tres tratamientos analizados a través del test Friedman se evidenció diferencias estadísticamente significativas  $p < 0,05$  para todos los atributos (sabor, color, olor, textura, apariencia, aceptabilidad) ver anexo 7.

## Intensión de compra de los tres tratamientos para el producto de panificación a base de queso

En la encuesta realizada para el análisis sensorial a consumidores se les preguntó a los panelistas luego de que ellos evaluaron cada atributo de las tres inclusiones de harina y almidón de quinua sí comprarían o no algunos de los productos evaluados y él por qué lo comprarían; se encontró para T0: 42 resultados favorables como se puede observar en la Figura 10, para el caso del T1 hubo 7 resultados favorables que se pueden observar en la Figura 11 y finalmente para el T2 se encontraron 13 respuestas favorables que se puede observar en la Figura 12.

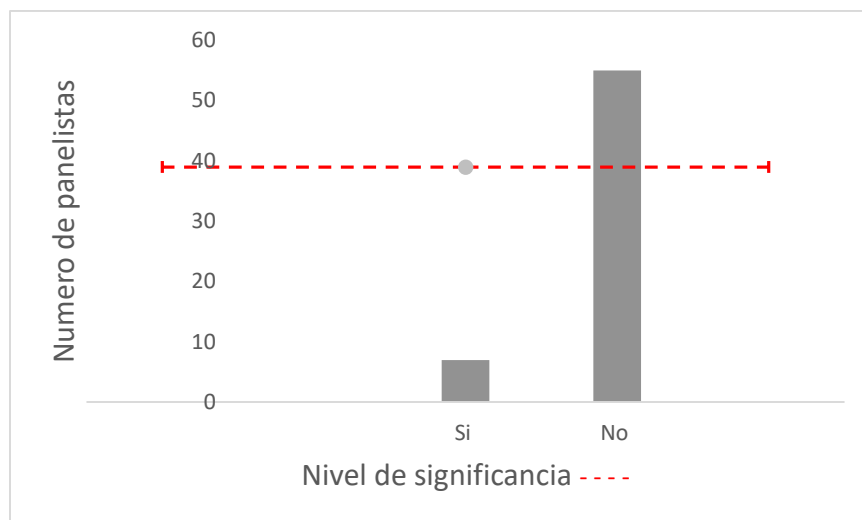
### Figura 10.

*Intensión de compra del producto de panificación a base de queso T0*

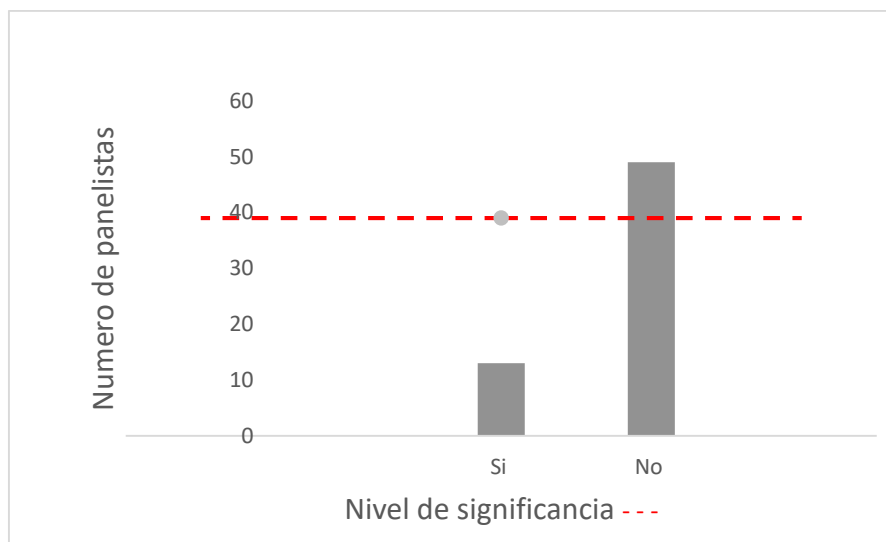


**Figura 11.**

*Intensión de compra del producto de panificación a base de queso T1*

**Figura 12**

*Intensión de compra del producto de panificación a base de queso con T2*



El nivel de significancia se obtuvo de la tabla estadística de niveles de probabilidad de dos colas con 0,05% de probabilidad del libro de análisis sensorial de los alimentos (Espinosa, 2007), en las Figuras 10, 11 y 12 se puede observar que para 62 panelistas que fueron encuestados el valor de aceptación con el 0,05% de probabilidad arroja que deben haber 40 resultados favorables, esto



quiere decir que para el caso del T0 fue aceptada por los panelistas con 42 resultados favorables, sin embargo; este tratamiento corresponde al control el cual no tenía ninguna inclusión de harina y almidón de quinua, para el caso del T1 y T2 ninguno alcanzo el nivel de aceptación con 40 resultados favorables pero el que más estuvo por encima corresponde al T2 con 13 resultados favorables en comparación del T1 con 7 resultados favorables.

### **Evaluación nutricional del producto de panificación a base de queso seleccionado**

A continuación, se presenta la Tabla 22 con la información nutricional del producto de panificación a base de queso según los reglamentos de la Resolución 810 de 2021.

**Tabla 22.**

*Tabla nutricional del producto de panificación a base de queso*

<b>Datos de Nutrición</b>		
Tamaño de porción: (60 g)		
Número de porciones por envase: 6 g		
	Por 100 g	Por porción
<b>Energía (kcal)</b>	<b>298</b>	<b>179</b>
Grasa total	22 g	13 g
<b>Grasa saturada</b>	<b>12 g</b>	<b>7,1 g</b>
Grasa monoinsaturada	0 g	0 g
Grasa poliinsaturada	0 g	0 g
<b>Grasa trans</b>	<b>0 mg</b>	<b>0 mg</b>
Colesterol	0 mg	0 mg
Carbohidratos totales	11 g	6,7 g
Fibra dietaria	1,0 g	0,6 g
Fibra soluble	0 g	0 g
Fibra insoluble	0 g	0 g
Polialcoholes	0 g	0 g
Azúcares totales	g	g
<b>Azúcares añadidos</b>	<b>0,6 g</b>	<b>0,4 g</b>
Proteína	16 g	9,6 g
<b>Sodio</b>	<b>0 mg</b>	<b>0 mg</b>
Potasio	0 mg	0 mg
Vitamina A	0 µg ER	0 µg ER
Vitamina D	0 µg	0 µg
Hierro	0,55 mg	0,33 mg
Calcio	44 mg	26 mg
Zinc	2,9 mg	1,7 mg

Se evidenció que el producto de panificación a base de queso es una excelente fuente de proteína, sin embargo, se observó un alto contenido de grasa saturada al ser necesario declarar sello de advertencia para que el producto pueda ser comercializado.

### **Propiedades microbiológicas del producto de panificación a base de queso**

En la Tabla 23, se presentaron los análisis microbiológicos del producto de panificación a base de queso, se evidenció valores aceptables para cada uno de los parámetros evaluados según los valores de referencia propuestos por el método de la AOAC 990.12 e ISO, indicando que el producto de panificación a base de queso es aceptado para el consumidor.

**Tabla 23.**

*Caracterización microbiológica del producto de panificación a base de queso*

Parámetro	Valor
Mohos y levaduras UFC/g	60
<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/g	Ausencia
Coliformes totales UFC/g	Ausencia
Coliformes fecales UFC/g	Ausencia
<i>E. coli</i> UFC/g	Ausencia
Mesófilos UFC/g	20

Nota. UFC: Unidades formadoras de colonia

## Conclusiones

Se observó que la CAA para el almidón de yuca, maíz y quinua presentaron diferencias estadísticamente significativas y que la CAA es más baja para el almidón de quinua, para la CAAC se observó diferencias significativas para el almidón de quinua, estos resultados se deben posiblemente a las características y al contenido de macronutrientes de cada almidón.

En la harina de quinua se encontró valores altos para CAA y CAAC en comparación a otros estudios, favoreciendo su inclusión en los productos de la industria panadera.

En las propiedades fisicoquímicas de los tres tratamientos se evidenció que no existen diferencias significativas para el análisis de actividad de agua, humedad, peso, volumen específico, altura y punición, resultados favorables para tratamientos evaluados, debido a que la inclusión de harina y almidón de quinua no afectó las propiedades del producto final.

Se observó que para los resultados de color existió diferencias significativas para las coordenadas de  $a^*$  en la miga y luminosidad en la corteza, estos resultados se deben posiblemente a la inclusión de la harina de quinua y factores extrínsecos como tiempo y temperatura de horneado.

En la estructura de la miga se encontró que T0 fue diferente visualmente en comparación a T1 y T2, sin embargo, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos para el área y número de alveolos en la estructura macroscópica de la miga.

Se evidenció en la evaluación sensorial afectiva que el tratamiento T1 con inclusión del 2% de harina de quinua y 100% de almidón de quinua presentó mayor preferencia en los atributos de sabor, olor, color, textura y apariencia en comparación al tratamiento T2 con inclusión del 5% de harina de quinua y 100% de almidón de quinua, por tal razón, se concluye que a menor inclusión

de harina de quinua mayor grado de preferencia en los atributos sensoriales de la almojábana, a pesar que en aceptación todos los consumidores aprobaron los tres tratamientos.

Se observó en la intención de compra de los tratamientos evaluados que T1 y T2 no alcanzaron los 40 resultados favorables que indican sí comprarían o no la almojábana con la inclusión de harina y almidón de quinua, esto se debe posiblemente a que los consumidores están más acostumbrados al consumo de productos tradicionales.

### **Recomendaciones**

Se recomienda realizar otro método de extracción del almidón de quinua para evitar el gasto no apropiado de agua.

Se recomienda realizar TPA (análisis de perfil de textura), ya que es necesario medir y cuantificar otras propiedades importantes como dureza, elasticidad, cohesividad, fracturabilidad, adhesividad, gomosidad y masticabilidad del producto de panificación a base de queso.

Se recomienda realizar estudios de vida útil del producto de panificación a base de queso.

Se recomienda realizar la inclusión de harina y almidón de quinua en otros productos de panificación.

### Referencias Bibliográficas

- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D y Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quínoa* Willd): un subproducto con alto potencial biológico. Revista Colombiana de Ciencia Química y Farmacéutica, 45 (3), 438-469.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rccqf/v45n3/v45n3a06.pdf>
- Alarcón, M., López, J y Restrepo, D. (2013). Caracterización de la Funcionalidad Tecnológica de una Fuente Rica en Fibra Dietaria Obtenida a partir de Cascara de Plátano. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 66 (1), 6959-6968.  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/39534/41476>
- Álvarez, Z y Tusa, E. (2009). Elaboración de pan dulce precocido enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quínoa* W.) Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Tesis de grado para optar por el título de ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/555/1/03%20AGI%20251%20TESIS.pdf>
- Amza, T., Amadou, I., Kamara, M.T., Zhu, K.X & Zhou, H.M (2011). Nutritional and functional characteristics of gingerbread plum (*Neocarya macrophylla*): an underutilized oilseed. Int J fats oils, 62(3), 290-298. <http://dx.doi.org/10.3989/gya.089910>
- Anderson, R.A., Conway, H.F & Peplinski, A.J. (1969) Gelatinization of corn grifts by roll and extrusion cooking, 22 (4), 130-135. <https://doi.org/10.1002/star.19700220408>
- Andino, C. (2008). Estabilidad Congelamiento/Descongelación y Análisis de Textura de Mezclas de Almidones Andinos. Universidad San Francisco de Quito. Tesis de grado para obtener al título de Ingeniero de Alimentos. Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición. Repositorio Digital.

<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1220/1/90359.pdf>

Arone, H. (2015). Evaluación de las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*. Willd) y chía (*Salvia hispanica* L.) Tesis para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial.

Universidad Nacional Jose Maria Arguedas. <https://1library.co/document/yjd679my-evaluacion-propiedades-fisicas-quimicas-organolepticas-enriquecido-chenopodium-hispanica.html>

Arroyave, L y Esguerra, C. (2006). Utilización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa*. Willd) en el proceso de panificación. Facultad de ingeniería. Tesis para optar al título de ingeniero de Alimentos. Universidad de La Salle Sede Bogotá.

[https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_alimentos/137](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/137)

Arzapalo-Quinto, D., Huamán-Cóndor, K., Quispe-Solano, M., y Espinoza-Silvia, C. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*. Willd) negra Collana, Pasankalla roja y blanca Junín. Revista de la Sociedad Química del Perú, 81(1),44-54.

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2015000100006#:~:text=Los%20carbohidratos%20de%20la%20semilla,formas%20dependen%20de%20la%20fuente](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000100006#:~:text=Los%20carbohidratos%20de%20la%20semilla,formas%20dependen%20de%20la%20fuente)

Badui, S. (2006). Química de los alimentos. México, Pearson Educación. <https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2019/06/QUIMICA-DE-LOS-ALIMENTOS-4ta-Edicion.pdf>

Bergesse, A., Boiocchi, P., Calandri, E., Cervilla, N. S., Gioanna, V., Guzmán, C., Miranda, P., Montoya, P., y Mufari, J. (2015). Aprovechamiento integral del grano de quinua: Aspectos Tecnológicos, Fisicoquímicos, Nutricionales y Sensoriales, Grasso Florencia V.

Editora, 262.

<https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1846/Aprovechamiento%20%20integral%20del%20%20grano%20de%20quinoa.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

Caro, M., Torrenegra, M., Osorio, M., León, G., y Pajaro, N. (2018). Evaluación del impacto ambiental del proceso de modificación química de almidones nativos como potenciales excipientes en la industria cosmética. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 47(2), 217-231. <http://dx.doi.org/10.15446/rcciquifa.v47n2.73967>

Casas, M., Barreto-Palacios, V., González-Carrascosa, R., Iborra-Bernad, C., Andres-Bello, A., Martínez-Monzó, J., & García-Segovia, P. (2014). Evaluation of textural and sensory properties on typical spanish small cakes designed using alternative flours. *Journal of Culinary Science & Technology*, 13(1), 19–28.

<https://doi.org/10.1080/15428052.2014.952475>

Cauvain, S.P. (2004). Improving the texture of bread. *Texture in food solid foods*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2, 432-450.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781855737242500234?via%3Dihub>

Chopra, N., Dhillon, B., Rani, R., & Singh, A. (2018). Physico-Nutritional and Sensory Properties of Cookies Formulated with Quinoa, Sweet Potato and Wheat Flour Blends. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 6 (3), 798-806.

<https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.3.22>

Choquehuayta, D. (2014). Análisis reológico de harinas y almidones aislados de cinco variedades de quinua (*Chenopodium quínoa* Willd) para su utilización en la elaboración de mazamorra. Facultad de ciencias agrarias. *Tesis para optar al título de ingeniero agroindustrial*. Universidad Nacional Del Atlántico sede Perú.



[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9018/Choquehuayta\\_Huamansayr\\_e\\_Deylith\\_Haidee.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9018/Choquehuayta_Huamansayr_e_Deylith_Haidee.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Davdmay, C., Borneo, R., Pérez, E y Ribotta, P. (2009). Efecto de la adición de harina de yuca sobre las propiedades reológicas de tortas.

<https://www.researchgate.net/publication/230814500>

Elgeti, D., Nordlhne, S., Foste, M., Besl, M., Tilo, M., Volker, M y Becker, T. (2014). Mejora del volumen y la textura del pan sin gluten con harina blanca de quinua. Revista de Ciencia de Cereales, 59 (1), 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.10.010>

Espinosa, J. (2007). Evaluación Sensorial de los Alimentos. In *Editorial Universitaria*.

<https://s47003acac0f1f7a3.jimcontent.com/download/version/1463707242/module/8586131883/name/LIBRO%20ANALISIS%20SENSORIAL-1%20MANFUGAS.pdf>

Fondo para el financiamiento del sector agropecuario Finagro. (2022). La quinua en Colombia es uno de los cultivos con gran potencial de crecimiento

<https://www.finagro.com.co/noticias/quinua-colombia-uno-los-cultivos-gran-potencial-crecimiento>

García, M y Plazas, N. (2018). La quinua (*Chenopodium quínoa* Willd) en los sistemas de producción agraria. Rev. Producción + Limpia, 13 (1), 112-119.

<https://doi.org/10.22507/pml.v13n1a6>

García, P. (2011). Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua (*Chenopodium quínoa* Willd).

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7767/107475.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García-Pacheco, Y., Cabrera, D y Fuenmayor, C (2020). Obtención y caracterización de harinas

compuestas de Cucúrbita moschata D. y Cajanus cajan L. como fuentes alternativas de proteína y vitamina A.

<https://www.researchgate.net/publication/351889396> Obtencion y caracterizacion de harinas compuestas de Cucurbita moschata D y Cajanus cajan L como fuentes alternativas de proteina y vitamina A

García-Salcedo, A., Torrez-Vargas, O y Ariza-Calderón, H. (2018). Caracterización fisicoquímica y estructural de harinas y semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y chía (*Salvia* L.) *Acta Agronómica*, 67(2), 215-222.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28122018000200215&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122018000200215&lng=es&nrm=iso&tlng=en)

Goyes, O. (2013). Plan de negocios para la creación de una planta procesadora de snack de quinua “Quinitos” *Tesis maestría en especialización en alta gerencia*. Universidad de Nariño

Granados, C., Guzmán, L., Acevedo, D., Diaz, M y Herrera, A. (2014). Propiedades funcionales del almidón de sagú (*Maranta arundinacea*). *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12 (2), 90-96

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612014000200010#t\\_11](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612014000200010#t_11)

Granito, M., Guinand, J., Pérez, D y Pérez, S. (2009). Valor nutricional y propiedades funcionales de *Phaseolus Vulgaris* procesada: un ingrediente potencial para alimentos. *Interciencia*, 34 (1), 64-70. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000100012)

[18442009000100012](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000100012)

- Hernández, M., Torruco, J., Chel, L y Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia y tecnología de los alimentos*, 28, (3), 718-726. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>  
<https://doi.org/10.1002/star.19700220408>
- Huánuco, E, (2020). Desarrollo de panteón andino con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (*Chenopodium quínoa*). Facultad de industrias alimentaria. *Tesis para optar el título de ingeniero en industrias alimentarias*. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4562/huanuco-azabache-elissa-sofia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Inglett, G. E., Xu, J., Stevenson, D. G., & Chen, D. (2009). Rheological and Pasting Properties of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Möench) Flours with and Without Jet-Cooking. *Cereal Chemistry Journal*, 86 (1), 1–6. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-86-1-0001>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. (2021). Producción de quinua creció 75,2% durante junio de 2021. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-quinua-crecio-752-durante-junio-de-2021-13075/>
- Jan, K. N., Panesar, P. S. & Singh, S. (2017). Process standardization for isolation of quinoa starch and its characterization in comparison with other starches. *Journal of Food Measurement and Characterization* Vol. 11 (04) 1919-1927.  
<https://doi.org/10.1007/s11694-017-9574-6>
- Jan, K. N., Panesar, P. S., & Slingh, S. (2018). Textural, in vitro antioxidant activity and sensory characteristics of cookies made from blends of wheat-quinoa grown in India. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(3). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13542>
- Kumar, N., Singh, S & Chandra, D. (2016). Physico-Chemical, Pasting and Morphological

- Characterization of Grain Amaranth Starch. *Revista asiática de química* 28, (11), 24457-2460. <http://dx.doi.org/10.14233/ajchem.2016.20012>
- Lara, S. (2016). Proceso de obtención de harina de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y su utilización en la elaboración de pan molde. *Tesis para optar el título de ingeniera de alimentos*. Universidad Tecnológica Equinoccial.  
[http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/16611/66396\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/16611/66396_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 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*, 56 (3), 89-99. <https://doi.org/10.1002/star.200300218>
- López-Tenorio, J., Rodríguez-Sandoval, E y Sepúlveda-Valencia, J. (2012). Evaluación de características físicas y texturales de pandebono, 61 (3), 273-281.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v61n3/v61n3a09.pdf>
- Lorenz, K & Coulter, L. (1991). Quinoa flour in baked products. *Revista de Alimentos Vegetales para la nutrición humana*, 41, 213-223. <https://doi.org/10.1007/BF02196389>
- Martínez-Agustin, O y Martínez de Victoria, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 21 (Supl. 2), 01-14.  
[https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112006000500002#:~:text=Los%20nueve%20amino%C3%A1cidos%20indispensables%20son,%20Ctreonina%2C%20tript%C3%B3fano%20y%20valina.](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500002#:~:text=Los%20nueve%20amino%C3%A1cidos%20indispensables%20son,%20Ctreonina%2C%20tript%C3%B3fano%20y%20valina.)
- Maza, N. (2020). Extracción y caracterización fisicoquímica y tecnofuncional de carbohidratos tipo almidón de cinco variedades de quinua. *Tesis para optar el título de ingeniera en industrias alimentarias*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4465/maza-idone-nohely-noemi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Meaño, N., Ciarfella, A y 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 SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, 26, (2), 182-187.

<https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739467011.pdf>

Medina, E y Uscca, Y. (2018). Elaboración de cupcakes a partir de harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*), utilizando como agentes fermentadores leudantes químicos. Facultad de ingeniería de procesos. *Tesis para optar al título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6346/IAmeceob.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Minagricultura. (2016). La quinua en Colombia es uno de los cultivos con gran potencial de crecimiento.

<https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/La-quinua-en-Colombia-es-uno-de-los-cultivos-con-gran-potencial-de-crecimiento.aspx>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Minagricultura. (2018). En los últimos 4 años, la quinua ha tenido un crecimiento de más del 150% en áreas de producción.

<https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/En-los-%C3%BAltimos-4-a%C3%B1os,-la-quinua-ha-tenido-un-crecimiento-de-m%C3%A1s-del-150-en-%C3%A1reas-de-producci%C3%B3n-.aspx>

Ministerio de salud y Protección Social Resolución 810:2021. (2021).

[https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20810de%202021.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20810de%202021.pdf)

Montoya, L., Martínez, L y Peralta, J. (2005). Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia.

<http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v15n25/v15n25a07.pdf>

Mosquera, H. (2009). Efecto de la inclusión de harina de quinua (*Chenopodium quínoa*. Willd) en la elaboración de galletas.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70197/107325.2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Murgueytio, E & Santacruz, S. (2020). Volume, firmness and crumb characteristics of gluten-free bread base don extuded quinoa flour and lactic acid. Brazilian Journal of Food Technology, 23. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.22019>

Muro-Barajas, D., Gómez-Ruiz, S.E, Castañeda-Pérez, A., Chávez-Rosales, J.A y Chavez-Murullo, C.E. (2017). Elaboración y estudio de un producto de panificación adicionado con harina de cascara de tuna, 2, 391-396.

<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume2/3/8/65.pdf>

Norma General Para Los Aditivos Alimentarios CODEX STAN 192-1995. (1995).

[https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS\\_192s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192s.pdf)

Normas Técnicas Andinas NTC 0032:2015, (2015). Granos Andinos. Quinua en grano.

Definiciones

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación a Agricultura FAO. (1999). Wheat Post-harvest Operations. <https://www.fao.org/3/ax448e/ax448e.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación a Agricultura FAO. (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. <https://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación a Agricultura FAO. (2013). Año internacional de la quinua. [https://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no\\_mobile=1#:~:text=Al%20contrario%20que%20la%20quinua,sulf%C3%BAricos%20metionina%20y%20ciste%C3%ADna%205](https://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no_mobile=1#:~:text=Al%20contrario%20que%20la%20quinua,sulf%C3%BAricos%20metionina%20y%20ciste%C3%ADna%205)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación a Agricultura FAO. (2013). Año Internacional de la quinua. [https://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/origin-and-history/es/?no\\_mobile=1](https://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/origin-and-history/es/?no_mobile=1)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación a Agricultura FAO. (2022). Plataforma de información de la quinua. <https://www.fao.org/in-action/quinoa-platform/quinoa/produccion-sostenible/zh/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación a Agricultura FAO. (2016). Colombia: El quinua como Fuente de ingresos y empleo. <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/517038/>
- Roa-Acosta, D., Bravo-Gomez, J., García-Parra, M., Rodríguez-Herrera, R & Solanilla-Duque, J. (2020). Hyper-protein quinoa flour (*Chenipodium Quinoa Willd*): Monitoring and study of structural and rheological properties. Revista. LWT Food Science and Technology vol. 121. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108952>
- Rodríguez-Sandoval, E., Sandoval-Aldana, A y Fernández-Quintero, A. (2007). Evaluación de la

- retrogradación del almidón en harina de yuca precocida. *Revista Colombiana de Química*, 36 (1), 13-30. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/22335/863-5887-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, M., Carmona, R y Aguirre, A. (2015). Obtención y caracterización estructural y funcional de almidón acetilado de malanga (*Colocasia esculenta* Schott). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (4), 905-912. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342015000400019](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000400019)
- Torrez, A., Montero, P y Duran, M. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*) *Revista de Ciencias e Ingeniera al Día*, 10 (2), 52-61 <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/5195/Evaluacion%20de%20las%20propiedades%20funcionales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vela, C. (2020). Producción industrial productos de panificación a base de queso. *Trabajo Monográfico*. Maestría en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.
- Vidaurre- Ruiz, J., Salas- Valerio, W y Carrasco-Valencia, R. (2019). Propiedades de pasta y texturales de las mezclas de harinas de quinua (*Chenopodium quínoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*) en un sistema acuoso. *Revista de investigaciones Alto andinas*, 21 (1), 5-14 <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v21n1/a01v21n1.pdf>
- Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C y Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e interés fisiológico. *Revista Chilena de nutrición*, 45 (3)



<https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>

Zarate Polanco, L. (2019). Aplicación del almidón de quinua (*Chenopodium quinoa*) en la industria de acuerdo a su potencial tecnológico. Facultad ciencias agrarias. *Tesis maestría en Ingeniería Química*. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76596/LauraMarcelaZaratePolanco.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## Anexos

### Anexo 1. Producto terminado para los tres tratamientos

Tratamiento control (T0)



Tratamiento 1 (T1)



Tratamiento 2 (T2)



## Anexo 2. Evaluación sensorial a consumidores

### TEST DE ANALISIS SENSORIAL

PRODUCTO: PRODUCTO A BASE DE QUESON CON HARINA Y ALMIDON DE QUINUA

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

Pruebe los tres (3) productos que se presentan a continuación y evalúe la escala hedónica, al finalizar seleccione el producto que compraría.

1. Me disgusta muchísimo
2. Me disgusta mucho
3. Me disgusta moderadamente
4. Me disgusta ligeramente
5. Ni me gusta ni me disgusta
6. Me gusta ligeramente
7. Me gusta moderadamente
8. Me gusta mucho o
9. Me gusta muchísimo |

Tabla 1. Escala Hedónica Evaluación sensorial

Producto a base de queso	Categoría					
	Sabor	Color	Olor	Textura	Apariencia	Aceptabilidad
445						
159						
973						

¿Que muestra compraría? ¿Por qué?

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Anexo 3. Análisis estadístico de las pruebas fisicoquímicas de los tres tratamientos

#### Actividad de agua

##### Pruebas de Múltiple Rangos para actividad de agua por Tratamientos

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T0	3	992,333	X
T2	3	993,0	X
T1	3	993,0	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T0 - T1		-0,666667	2,64077
T0 - T2		-0,666667	2,64077
T1 - T2		0	2,64077

\* indica una diferencia significativa.

#### Humedad

##### Pruebas de Múltiple Rangos para Humedad por Tratamientos

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2	3	3071,0	X
T1	3	3561,0	X
T0	3	13114,0	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T0 - T1		9553,0	24862,4
T0 - T2		10043,0	24862,4
T1 - T2		490,0	24862,4

\* indica una diferencia significativa.

#### Peso

##### Pruebas de Múltiple Rangos para Peso por Muestras

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	3	10,2667	X
3	3	10,6	X
2	3	10,8333	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		-0,566667	1,70938
1 - 3		-0,333333	1,70938
2 - 3		0,233333	1,70938

\* indica una diferencia significativa.

## Volumen específico

### Pruebas de Múltiple Rangos para Volumen específico por Muestras

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	3	0,63	X
3	3	0,646667	X
1	3	0,676667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		0,0466667	0,17813
1 - 3		0,03	0,17813
2 - 3		-0,0166667	0,17813

\* indica una diferencia significativa.

## Firmeza

### Pruebas de Múltiple Rangos para Firmeza por Tratamientos

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T0	4	67650,0	X
T1	4	68769,5	X
T2	4	83549,0	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T0 - T1		-1119,5	63067,5
T0 - T2		-15899,0	63067,5
T1 - T2		-14779,5	63067,5

\* indica una diferencia significativa.

## Altura

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T1	2	6,7	X
T0	2	6,755	X
T2	2	7,085	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T0 - T1		0,055	0,831253
T0 - T2		-0,33	0,831253
T1 - T2		-0,385	0,831253

\* indica una diferencia significativa.

## Anexo 4. Análisis estadístico de las pruebas fisicoquímicas de color

### Miga

#### Luminosidad

##### Pruebas de Múltiple Rangos para L corteza clara por Tratamiento

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
R2	5	70,138	X
R3	5	71,884	X
R1	5	75,146	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
R1 - R2		5,008	5,47321
R1 - R3		3,262	5,47321
R2 - R3		-1,746	5,47321

\* indica una diferencia significativa.

\*a

##### Pruebas de Múltiple Rangos para \*a corteza clara por Tratamiento

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
R3	5	-3,882	X
R1	5	-2,768	X
R2	5	-1,494	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
R1 - R2		-1,274	4,02388
R1 - R3		1,114	4,02388
R2 - R3		2,388	4,02388

\* indica una diferencia significativa.

\*b

##### Pruebas de Múltiple Rangos para \*b Corteza clara por Tratamiento

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
R3	5	25,266	X
R1	5	27,518	X
R2	5	29,6	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
R1 - R2	*	-2,082	1,67672
R1 - R3	*	2,252	1,67672
R2 - R3	*	4,334	1,67672

\* indica una diferencia significativa.

## Corteza

### Luminosidad

#### Pruebas de Múltiple Rangos para L corteza oscura por Tratamiento

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
R2	5	65,3	X
R3	5	66,434	XX
R1	5	70,536	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
R1 - R2	*	5,236	5,02739
R1 - R3		4,102	5,02739
R2 - R3		-1,134	5,02739

\* indica una diferencia significativa.

\*a

#### Pruebas de Múltiple Rangos para \*a corteza oscura por Tratamiento

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
R1	5	6,81	X
R2	5	8,57	X
R3	5	9,16	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
R1 - R2		-1,76	4,16004
R1 - R3		-2,35	4,16004
R2 - R3		-0,59	4,16004

\* indica una diferencia significativa.

\*b

#### Pruebas de Múltiple Rangos para \*b Corteza oscura por Tratamiento

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
R2	5	43,54	X
R3	5	43,986	X
R1	5	45,896	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
R1 - R2		2,356	2,47977
R1 - R3		1,91	2,47977
R2 - R3		-0,446	2,47977

\* indica una diferencia significativa.

## Anexo 5. Resultados de la estructura macroscópica de la miga y análisis estadísticos del área y numero de alveolos

T0 1

Summary

File	Edit	Font					
Slice	Count	Total Area	Average Size	%Area	Mean	Circ.	Solidity
T0 1 Almojabana.jpg	54	10396.668	192.531	23.373	255	0.747	0.826

T0 2

Summary

File	Edit	Font					
Slice	Count	Total Area	Average Size	%Area	Mean	Circ.	Solidity
T0 2 Almojabana.jpg	48	3467.893	72.248	20.533	255	0.759	0.834

T1 1

Summary

File	Edit	Font					
Slice	Count	Total Area	Average Size	%Area	Mean	Circ.	Solidity
T1 1 Almojabana.jpg	50	5200.661	104.013	17.702	255	0.753	0.812

T1 2

Summary

File	Edit	Font					
Slice	Count	Total Area	Average Size	%Area	Mean	Circ.	Solidity
T1 2 Almojabana.jpg	60	14775.271	246.255	22.997	255	0.704	0.825

T2 1

Summary

File	Edit	Font					
Slice	Count	Total Area	Average Size	%Area	Mean	Circ.	Solidity
T2 1 Almojabana.jpg	94	15101.695	160.656	20.053	255	0.773	0.840



## T2 2

Summary

Slice	Count	Total Area	Average Size	%Area	Mean	Circ.	Solidity
T2 2 Almojabana.jpg	66	12665.412	191.900	23.297	255	0.760	0.827

## Alveolos

**Pruebas de Múltiple Rangos para Alveolos por Muestras**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos
R2	3	58,0	X
R1	3	66,0	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
R1 - R2		8,0	41,6776

\* indica una diferencia significativa.

## Área

**Pruebas de Múltiple Rangos para Area por Muestras**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestras	Casos	Media	Grupos Homogéneos
R1	3	20,3733	X
R2	3	22,2733	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
R1 - R2		-1,9	5,17421

\* indica una diferencia significativa.

### Anexo 6. Resultados individuales de la evaluación sensorial

N°	Genero	CONTROL						T1						T2					
		Sabor	Color	Olor	Textura	Apariencia	Aceptabilidad	Sab	Col	Olc	Textu	Aparien	Aceptabili	Sab	Colc	Ol	Textu	Aparien	Aceptabili
1	M	9	8	9	9	9	9	6	8	9	7	9	7	8	8	9	9	9	8
2	M	8	9	8	8	9	8	7	8	8	7	8	7	7	8	8	7	8	7
3	F	9	8	9	7	8	7	9	6	8	7	8	8	7	6	7	7	8	9
4	F	8	8	8	8	8	8	6	7	8	7	8	7	8	7	8	9	8	8
5	F	8	8	8	8	8	8	7	7	8	7	7	7	7	8	8	8	8	8
6	M	8	8	9	8	9	9	3	5	6	4	5	3	5	7	5	7	7	7
7	M	8	8	8	8	8	8	7	8	7	7	7	7	8	7	8	8	7	7
8	F	9	9	9	9	9	9	8	9	7	9	9	6	5	8	9	8	8	5
9	M	9	9	9	9	9	9	7	8	9	9	9	9	8	9	9	8	9	9
10	F	8	9	8	9	9	9	6	8	5	4	6	6	6	8	3	6	6	5
11	F	7	7	4	8	9	7	7	9	9	9	9	9	7	7	7	7	7	7
12	M	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6
13	F	7	8	8	8	8	8	5	6	6	7	7	7	7	7	6	7	7	7
14	M	9	8	9	8	9	8	7	7	7	8	8	7	7	8	6	8	7	8
15	F	8	8	8	7	9	8	8	9	7	6	8	9	8	8	8	7	6	9
16	F	6	7	8	9	9	8	5	7	9	7	8	6	5	7	6	5	8	9
17	F	8	5	7	8	5	6	8	4	8	8	7	8	7	4	5	8	7	8
18	F	8	6	9	9	8	7	5	6	7	6	6	7	5	6	7	8	6	5
19	F	8	8	6	6	6	6	5	6	6	8	6	5	5	7	7	6	5	5
20	F	9	9	9	9	9	9	3	9	9	3	9	4	4	9	9	6	9	4
21	F	9	9	9	9	9	9	6	8	7	9	9	8	8	8	7	9	9	9
22	F	9	9	9	9	9	9	6	7	5	8	7	7	7	8	5	9	8	7
27	F	9	9	9	9	9	9	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6
28	M	8	8	8	7	8	7	7	8	8	7	8	7	7	8	6	7	8	6
29	F	7	8	7	9	7	8	4	6	7	4	7	4	4	6	7	4	7	4
30	F	9	9	8	9	9	9	8	9	8	9	9	8	9	9	7	9	9	9
31	M	7	7	7	7	7	7	6	7	6	5	6	6	7	7	6	6	7	6
32	M	8	8	5	9	8	8	8	8	5	8	8	8	7	8	4	9	8	8
33	F	9	9	9	9	9	9	8	9	9	7	8	8	9	9	8	8	8	8
34	F	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7
35	F	9	6	5	9	9	9	8	7	9	8	9	9	7	7	5	7	8	5
36	M	9	8	8	8	7	9	8	8	8	5	8	9	9	7	8	5	8	8
37	F	8	8	5	6	6	7	7	6	6	7	6	7	7	6	5	7	7	7
38	F	8	8	8	8	8	8	6	8	8	8	8	6	6	8	8	8	8	7
39	M	7	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8
40	M	5	5	5	5	6	5	8	5	7	8	6	8	9	5	7	8	6	9
41	M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
42	M	6	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
43	M	6	8	8	8	8	8	6	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8
44	F	8	8	8	8	9	9	7	8	7	7	8	8	9	8	8	8	9	9
45	F	8	8	9	8	8	8	9	7	8	7	8	8	9	8	9	9	8	9
46	M	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
47	M	9	7	8	9	9	8	8	9	8	8	9	8	9	9	8	9	9	9
48	F	9	7	9	9	8	8	8	8	7	8	9	9	9	9	9	9	9	9
49	F	9	9	8	9	9	9	8	9	9	8	8	9	9	9	9	9	9	9
50	M	5	6	4	7	8	7	6	6	6	6	6	5	9	9	9	9	9	9
51	F	8	8	8	9	8	8	9	8	8	7	6	9	8	9	7	9	8	8
52	M	6	7	7	9	8	8	8	6	7	8	7	8	5	6	8	7	6	7
53	M	7	5	8	7	9	5	8	8	5	9	7	6	4	6	4	5	8	5
54	M	8	9	8	8	9	9	9	9	9	8	9	9	7	8	8	8	9	9
55	F	8	8	7	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8	7	7	8	8	8
56	F	2	1	1	1	1	1	1	4	6	2	2	2	9	6	2	2	2	2
57	F	9	8	8	9	9	9	8	9	8	9	9	9	6	9	7	8	9	6
58	F	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	5	5	9	9	9
59	F	9	8	7	9	9	9	8	9	6	8	9	9	9	8	7	9	9	9
60	M	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
61	F	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9
62	M	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9

## Anexo 7. Análisis estadístico de la evaluación sensorial

Sabor

### Prueba de Friedman

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
T0	62	2,45161
T1	62	1,62903
T2	62	1,91935

Estadístico = 27,5876 Valor-P = 0,00000102193

Color

### Prueba de Friedman

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
T0	62	2,22581
T1	62	1,83065
T2	62	1,94355

Estadístico = 9,1 Valor-P = 0,0105672

Olor

### Prueba de Friedman

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
T0	62	2,21774
T1	62	1,96774
T2	62	1,81452

Estadístico = 8,21935 Valor-P = 0,0164131

Textura

### Prueba de Friedman

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
T0	62	2,39516
T1	62	1,6129
T2	62	1,99194

Estadístico = 29,4125 Valor-P = 4,10352E-7

Apariencia

**Prueba de Friedman**

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
T0	62	2,31452
T1	62	1,75806
T2	62	1,92742

Estadístico = 20,1774 Valor-P = 0,000041546

Aceptabilidad

**Prueba de Friedman**

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
T0	62	2,29839
T1	62	1,77419
T2	62	1,92742

Estadístico = 13,8758 Valor-P = 0,000970317