

**Aprovechamiento del Almidón de Quinoa en un Producto Colombiano a Base de Almidón
de Yuca y Queso**

Geraldine Arévalo Guayacundo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECTBI
Ingeniería de Alimentos

2023

**Aprovechamiento del Almidón de Quinoa en un Producto Colombiano a Base de Almidón
de Yuca y Queso**

Geraldine Arévalo Guayacundo

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera de Alimentos

Directora

Ibeth Rodríguez González

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECTBI

Ingeniería de Alimentos

2023

Dedicatoria

A mi Hijo Ian Arevalo mi gran motor de vida.

A mi Hermano Cristopher Arevalo saldremos victoriosos de esta dura prueba.

A mi sobrino Jhoan Arevalo eres el mejor regalo que pudo darme mi hermano.

Somos el arte que sonríe por fuera y lleva mil guerras por dentro.

Fernando Rivera.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por escuchar mis oraciones y estar acompañándome en cada proceso de mi vida.

Agradezco a mi madre María Eugenia Guayacundo por ser incondicional conmigo por estar velando por mis sueños como si fueran suyos.

Gracias, docente Msc Ibeth Rodríguez González; por impulsarme a ser mejor por las enseñanzas, la paciencia y las lecciones aprendidas a la docente Msc Ruth Mary Benavides Guevara; por el acompañamiento y la invitación de pertenecer a los grupos de investigación.

Agradezco a un excelente Químico y gran persona Msc Orlando Bernal Chía, quien fue la primera persona que creyó en mí y me permitió ser una de sus pupilas. Gracias por su apoyo.

Agradezco al grupo de investigación GIEPRONAL y al semillero de investigación CITECAL por permitirme hacer parte de este hermoso grupo de investigación.

Gracias Universidad Nacional Abierta y a Distancia, (UNAD) por desarrollar estrategias de educación a distancia que me permitieron cumplir un gran sueño.

Gracias Diego Fernando Arévalo Bonilla eres un buen compañero de vida que ha sido incondicional.

Resumen

El presente proyecto pretende generar valor agregado a la quinua y producir un derivado como alternativa para el desarrollo agroindustrial de la quinua en Cundinamarca, con el transcurso del tiempo, se busca dejar fuentes investigativas que permitan obtener beneficios adicionales a productos a base de pseudocereales, sin afectar su calidad y al mismo costo productivo.

En este proyecto se evaluaron las fortalezas del cultivo de la quinua en productos tradicionales como el pan de yuca, inicialmente se obtuvo el almidón de quinua por extracción húmeda, posteriormente se realizó un diseño experimental con dos diferentes formulaciones, una adición del 20% y otra del 30% de almidón de quinua con respecto al contenido del almidón agrio identificada como T20 y T30 respectivamente, se evaluaron los requisitos microbiológicos que fueron conformes de acuerdo a las especificaciones dadas por el INVIMA, se realizó un panel sensorial con 62 consumidores y el producto no fue aceptado en comparación a la fórmula tradicional (pan de yuca) para las muestras T20 y T30, siendo significativamente superior la fórmula tradicional pan de yuca. Se evaluó la composición nutricional del producto almidón de quinua variedad blanca dulce de Jericó proveniente de la finca *Chamomille* ubicada en Subachoque Cundinamarca así mismo, se evaluó la composición nutricional del producto pan de yuca con inclusión de almidón de quinua y al comparar los resultados con lo indicado en la resolución 810 de 2021, se estableció que deben contar con los sellos de advertencia “Alto contenido de sodio” y “Alto contenido de grasas saturadas”; se evaluaron las características fisicoquímicas humedad, actividad de agua, color, firmeza y volumen específico presentando diferencias significativas entre las muestras evaluadas, esto puede deberse a las características del almidón de quinua ya que contrastan con respecto a las cualidades que presenta el almidón agrio, sin embargo, esto no implica que el almidón de quinua no pueda llegar a ser un buen sustituto en productos de

panificación bajo otras aplicaciones, los resultados obtenidos se dejan como precedente para explorar otros usos que puedan generar nuevos desarrollos.

Palabras clave: Almidón de Quinoa, Pan de Yuca, Inclusión, Producto Tradicional ,Quinoa

Abstract

This project aims to generate added value to quinoa and produce a derivative as an alternative for the agro-industrial development of quinoa in Cundinamarca, over time, it seeks to leave research sources that allow additional benefits to pseudocereal-based products, without affect its quality and at the same productive cost.

In this project, the strengths of quinoa cultivation in traditional products such as cassava bread were evaluated, Initially, quinoa starch was obtained by wet extraction, later an experimental design was carried out with two different formulations, an addition of 20% and another of 30% of quinoa starch with respect to the content of sour starch identified as T20 and T30 respectively, The microbiological requirements that were in accordance with the specifications given by INVIMA were evaluated, a sensory panel was carried out with 62 consumers and the product was not accepted compared to the traditional formula (cassava bread) for samples T20 and T30, being significantly superior to the traditional cassava bread formula. The nutritional composition of the sweet white variety quinoa starch product from Jericó from the Chamomille farm located in Subachoque Cundinamarca was evaluated, likewise, the nutritional composition of the cassava bread product was evaluated with the inclusion of quinoa starch and when comparing the results with what indicated in resolution 810 of 2021, it was established that they must have the warning stamps "High sodium content" and "High saturated fat content"; The physicochemical characteristics of humidity, water activity, color, firmness and specific volume were evaluated, presenting significant differences between the evaluated samples, this may be due to the characteristics of quinoa starch since they contrast with respect to the qualities that sour starch presents, without However, this does not imply that quinoa starch cannot become a good substitute

in bakery products under other applications, the results obtained are left as a precedent to explore other uses that may generate new developments.

Keywords: Quinoa Starch, Cassava Bread, Inclusion, Traditional Product, Quinoa

Tabla de Contenido

Introducción	16
Planteamiento del Problema	18
Justificación	20
Objetivos	23
Objetivo General	23
Objetivos Específicos.....	23
Marco Teórico.....	24
Quinoa.....	24
Composición Nutricional Quinoa	25
Propiedades Funcionales de la Quinoa	28
Almidones	29
Almidón de Quinoa.....	30
Poder de Hinchamiento e Índice de Absorción de Agua	31
Viscosidad.....	31
Solubilidad	31
Cambios en el Almidón Producidos por Tratamientos Térmicos	31
Firmeza del Pan.....	32
Retrogradación del Almidón.....	33
Uso de Almidones	34
Almidones Nativos.....	34
Almidón Agrio de Yuca.....	34
Productos Horneados en Colombia.....	35

Ingredientes Principales en los Productos Horneados más Comunes.....	36
De acuerdo con Fernandez (2003) los ingredientes son	36
Propiedades Reológicas de la Masa y Texturales de Panadería	38
Metodología	40
Materiales.....	40
Materias Primas	41
Extracción del Almidón de Quinoa.....	41
Caracterización de Almidón de Quinoa	43
Formulación del Producto.....	44
Proceso de Elaboración del Producto	45
Determinación de las Propiedades Tecnofuncionales de las Mezclas de Almidones.....	47
Determinación de la Capacidad de Absorción de Agua (CAA)	47
Ecuación 1	48
Determinación de la Capacidad de Absorción de Aceite (CAAC) del Almidón de Quinoa, yuca y Maíz.....	48
Ecuación 2	48
Determinación de las Propiedades Fisicoquímicas del Producto	48
Ecuación 3	49
Ecuación 4	49
Firmeza.....	49
Análisis Fisicoquímicos	50
Análisis Microbiológicos	50
Análisis Sensorial.....	51

Prueba de Aceptación Sensorial.....	51
Análisis Estadístico.....	52
Definir las Características Técnicas del Producto	52
Discusión de Resultados Propiedades Tecnofuncionales	53
Retención de Agua y Aceite del Almidón de Yuca y de Quinoa.....	53
Evaluación de la Extracción de Almidón de Quinoa	54
Características Microbiológicas.....	55
Evaluación de la Inclusión de Almidón de Quinoa en un Pan de Yuca	56
Humedad.....	56
Actividad de Agua	57
Color	58
Estructura Macroscópica de la Miga.....	61
Firmeza	63
Evaluación de la Aceptación Sensorial del Producto	65
Composición Nutricional del Producto.....	68
Diagrama de Flujo para Balance de Materia y Energía Producto Pan de Yuca con Inclusión al 20% de Almidón de Quinoa.....	72
Balance de Materia Tratamiento T20	73
Proceso de Horneado Muestra control TC.....	75
Conclusiones.....	79
Recomendaciones	81
Bibliografía	82
Apéndices.....	94

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Composición Química de Granos de Quinoa vs Algunos Cereales</i>	26
Tabla 2 <i>Aminoácidos en Quinoa y en Otros Alimentos</i>	26
Tabla 3 <i>Contenido de ácidos Grasos en el Grano de Quinoa</i>	27
Tabla 4 <i>Vitaminas Grano de Quinoa</i>	27
Tabla 5 <i>Etapas del Proceso de Extracción del Almidón de Quinoa</i>	43
Tabla 6 <i>Resultados de Análisis Propiedades Tecnofuncionales Almidón de Quinoa</i>	44
Tabla 7 <i>Formulación de Pan de Yuca Tradicional</i>	44
Tabla 8 <i>Formulaciones de Pan de Yuca</i>	45
Tabla 9 <i>Etapas del Proceso Elaboración Producto Colombiano Pan de Yuca a Base Queso con Inclusión de Almidón de Quinoa</i>	47
Tabla 10 <i>Parámetros Fisicoquímicos</i>	50
Tabla 11 <i>Parámetros Microbiológicos</i>	51
Tabla 12 <i>Formato Escala Hedónica</i>	51
Tabla 13 <i>Resultados de las Características Tecnofuncionales de Almidones</i>	53
Tabla 14 <i>Caracterización Almidón de Quinoa</i>	54
Tabla 15 <i>Composición del Almidón de Quinoa para las Zonas Productoras Estudiadas</i>	55
Tabla 16 <i>Requisitos Microbiológicos</i>	56
Tabla 17 <i>Parámetro Humedad</i>	56
Tabla 18 <i>Actividad de Agua</i>	57
Tabla 19 <i>Valores de Actividad de Agua para Alimentos</i>	58
Tabla 20 <i>Color de la Miga</i>	59
Tabla 21 <i>Color de la Corteza</i>	60

Tabla 22 <i>Cortes Pan de Yuca (TC, T20, T30)</i>	61
Tabla 23 <i>Estructura Macroscópica de la Miga para los tres Tratamientos</i>	63
Tabla 24 <i>Resultados del Análisis de Firmeza</i>	63
Tabla 25 <i>Volumen Específico Producto Terminado</i>	64
Tabla 26 <i>Información Nutricional Producto Pan de Yuca con Inclusión al 20% de Almidón de Quinoa</i>	69
Tabla 27 <i>Sellos de Advertencia</i>	70
Tabla 28 <i>Características Microbiológicas del Producto Pan de Yuca con Inclusión al 20% de Almidón de Quinoa</i>	71
Tabla 29 <i>Ficha Técnica</i>	76

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Fotografía Electrónica Gránulos de Almidón de Yuca</i>	29
Figura 2 <i>Como Afecta el Almidón a la Firmeza del Pan</i>	32
Figura 3 <i>Estado de la Masa</i>	33
Figura 4 <i>Proceso de Extracción de Almidón de Quinoa</i>	42
Figura 5 <i>Elaboración Pan de Yuca</i>	46
Figura 6 <i>Color de la Corteza</i>	61
Figura 7 <i>Valoración Sensorial de las Muestras</i>	66
Figura 8 <i>Prueba de Preferencia</i>	68
Figura 9 <i>Diagrama de Balance Materia Total</i>	72
Figura 10 <i>Trituración</i>	73
Figura 11 <i>Mezclado</i>	73
Figura 12 <i>Moldeo</i>	74
Figura 13 <i>Horneado</i>	74
Figura 14 <i>Balance de Energía</i>	75

Lista de Apéndices

Apéndice A Extracción Almidón de Quinoa.....	94
Apéndice B Proceso Pan de Yuca con Inclusión de Almidón de Quinoa.....	94
Apéndice C Producto Final	95
Apéndice D Análisis al producto Final	95
Apéndice E Análisis estadístico de las pruebas fisicoquímicas de los tres tratamientos	96
Apéndice F Características Sensoriales - Evaluación Sensorial	105
Apéndice G Formato Evaluación Escala Hedónica	105
Apéndice H Muestra TC Tratamiento Control sin Inclusión de Almidón de Quinoa	110
Apéndice I Muestra T20 Tratamiento Control con Inclusión de Almidón de Quinoa al 20% ..	111

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa*. Willd) es un cultivo en expansión dada sus características nutricionales, medicinales y de adaptación en diferentes zonas agroecológicas. Según Montoya, Martínez, & Peralta (2005), el cultivo de quinua en Colombia fue abundante en el pasado, sin embargo, está casi abandonado en la sabana de Bogotá, en la actualidad se cultiva principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Cauca y Nariño. A mediados de los ochenta, las proyecciones para la siembra de quinua en Colombia eran cerca de 6.000 hectáreas, hoy en día, el cultivo no se conoce ampliamente en el país, y aun sin conocerse ampliamente, en Colombia la producción de quinua ocupa el cuarto puesto después de Perú, Bolivia y Ecuador; en los últimos cuatro años, las áreas de producción de Quinua en su orden Cauca, Nariño y Boyacá registran crecimientos de más de 150% pasando de 996 hectáreas en 2014 a 2538 hectáreas en 2017. Cauca, por ejemplo, tuvo un crecimiento aproximado de 20%, Nariño que cuenta con menos área registró mayores rendimientos, Boyacá y Cundinamarca presentaron una producción de 100.250 hectáreas que en toneladas representan 100 y 375 respectivamente.

Según Revista Semana (2018) algunas empresas le apuntan al futuro del cultivo de Quinua en Colombia, algunas de estas empresas tienen cultivos en (Sibaté Cundinamarca), transforman el grano de la quinua en harina, galletas, compotas y aderezos, entre otros productos; apoyan a otros cultivadores en Guasca y Carmen de Carupa, con el fin de estimular no solamente la producción de quinua, si no su consumo en el país.

Sin embargo, faltan estudios que promuevan aplicaciones tecnológicas, capacitaciones a los cultivadores, flujo de información, y existe la necesidad de realizar estudios previos con el fin de promover el cultivo de la Quinua en Colombia (Sandoval 2012). En el futuro Colombia puede

generar nuevos mercados, las exportaciones de quinua también han tenido buen comportamiento, según los datos de Minagricultura (2018), entre 2016 y 2017 se exportaron 474 toneladas.

Las estadísticas de Procolombia (2018) indican que los países importadores de quinua son: Estados Unidos, España, Países Bajos, Guatemala, Perú y Reino Unido, así mismo, se están abriendo nuevos mercados como Emiratos Árabes, Australia, Italia y Taiwán; También ha detectado oportunidades en Canadá, Francia, Holanda, Alemania, Bélgica, China, Japón, Corea del Sur y Rusia, una de las compañías colombianas exportadoras de quinua es Factoría Quinoa, empresa que ha llegado a más de 23 países con productos como quinua instantánea en polvo, snacks y grano de quinua bajo la marca Quinoa Sure.

Este proyecto impulsa a Nuevos mercados u oportunidades que corresponden al plan de desarrollo departamental 2020-2024 de Cundinamarca, en su apartado “Apoyar a los productores cundinamarqueses” por medio de información e investigaciones que les permita avanzar, generar o comercializar en las plazas de mercado y mercados campesinos dinamizando la agricultura campesina.

Este estudio busca incentivar el uso del almidón de quinua en la industria de alimentos en productos tradicionales que beneficien a las familias campesinas, de acuerdo con el ministerio de agricultura, la agricultura campesina familiar y comunitaria producen más del 70% de los alimentos del país, es la actividad que más empleos genera.

Se evidencia que en Colombia son pocos los estudios de la aplicación tecnológica del almidón de Quinoa en la industria de alimentos, el almidón de quinua se caracteriza por tener gránulos muy pequeños en comparación con otros almidones, por lo cual tiene propiedades únicas. El comportamiento de las propiedades fisicoquímicas del almidón de quinua por variedad todavía no ha sido estudiado a cabalidad como las fuentes de almidones tradicionales (Zarate 2019).

Planteamiento del Problema

En Colombia el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinua*. Willd) fue relegado desde la época de colonia y reinicia su fomento en los años 70, por lo que en la actualidad se pretende reactivar su uso de manera intensiva, aprovechando todo su valor nutricional. Por otra parte, los productores de quinua en Colombia no se encuentran respaldados con la información completa que les permita buscar beneficios adicionales que incentiven el cultivo a mayor escala, en la actualidad la quinua es utilizada en discursos de desarrollo e innovación, pero no se ha profundizado en el tema. Colombia no cuenta con estudios completos de sostenibilidad del cultivo (Ramírez et al 2016).

Colombia es un país que se encuentra en los diecisiete países megadiversos (Planeta Azul 2019) y contamos con una enorme biodiversidad en cuanto a cultura, comida, cosecha y productos agrícolas; sin embargo, los pequeños productores no pueden competir con los mercados extranjeros, existen diferentes factores que se presentan a la hora de competir normalmente, la cadena de abastecimiento está compuesta por varios intermediarios, generalmente los productos más pequeños generan uno o más grados de intermediación, generando un sobre costo en los insumos (Mapura 2014); actualmente en Colombia se evidencia un enfoque orientado en ofrecer los productos tradicionales, ignorando las propiedades de otros cultivos que pueden aportar un valor agregado a los productos, a partir de este factor se evidencian varias causas, por ejemplo, no se cuenta con un capital social que permita atacar estas debilidades como la tecnología apropiada, lo cual impide explotar el cultivo de la quinua, otro factor es el desconocimiento de procesos, la falta de formación y el flujo de información. Los productores agrícolas colombianos, no cuentan con las alternativas suficientes para desarrollar su actividad agrícola (Dueñas 2014).

En el año 2020 se realizó una evaluación de las buenas prácticas de postcosecha del cultivo de la quinua en Cundinamarca, Colombia, este estudio permitió observar la recuperación del cultivo ancestral en diferentes municipios de Cundinamarca, ya que se reconoce su valor nutricional, este estudio identificó que se deben mejorar las actividades productivas con el fin de mejorar la calidad del grano, se pueden establecer sociedades, disminuir las pérdidas de postcosecha e impulsar la producción de quinua, otro factor a mejorar son las técnicas de secado y almacenamiento de la quinua en etapas críticas que definen la calidad del grano (Benavides et al 2020).

En el departamento de Cundinamarca no se encontraron productos desarrollados con almidón de quinua, y a nivel nacional se han realizado pocos estudios y desarrollos de productos innovadores a base de quinua. Para el año 2015, por medio intermediación del SENA - Regional Cundinamarca centro de innovación y tecnología, surgió la idea de crear chorizos, salchichas, hamburguesas, entre otros productos a base de quinua y orellanas. Gracias a su innovador proyecto, el SENA ha participado en diferentes ferias de emprendedores, mercados campesinos y ruedas de negocios que se realizaron en ciudades como Cartagena, Bogotá y Mosquera (Noticias Sena 2018). Para el año 2017 el programa de ingeniería de alimentos de la universidad Uniagraria desarrolló cinco productos de quinua en el departamento de Cundinamarca. Entre estos se encontraban: Muffins, galletas, barras de granos andinos, barras light y bombones de chocolate (Verde 2017).

La quinua hace parte de los pseudocereales integrales siendo el número 1 en la población vegana. Se necesitan alternativas que permitan aprovechar estas características nutricionales en los productos tradicionales, Por esta razón, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las características fisicoquímicas y sensoriales de un producto colombiano con inclusión de almidón de quinua?

Justificación

La quinua es un cultivo de elevadas cualidades nutricionales, históricamente es el alimento andino del hombre, se cultiva en Colombia en los departamentos de Nariño, Cauca, Boyacá y Cundinamarca (Dueña 2014). En la actualidad ha crecido el número de consumidores específicos, ya que apuestan a una alimentación más nutritiva, o con algunas condiciones como el veganismo y enfermedades celiacas (Financialfood 2020).

El cultivo de la quinua tiene la capacidad de adaptarse a diversas condiciones climáticas, tiene alta resistencia a factores abióticos. Este alimento ha sido considerado por la Organización de las naciones unidas para agricultura y la alimentación (FAO) como los cultivos promisorios de la humanidad, no solo por las propiedades benéficas, sino también por sus múltiples usos, es un alimento muy apetecido en otros países.

La quinua juega un papel importante en la seguridad alimentaria por su amplia diversidad genética y extraordinaria adaptabilidad a una amplia gama de condiciones agroecológicas, puede crecer desde el nivel del mar hasta los 4000 m sobre el nivel del mar a una humedad que oscila entre el 40% y 80% a temperaturas de 4°C a 38°C, presenta una alta tolerancia a condiciones ambientales adversas como sequía y ambientes salinos. Estas son algunas características que hacen parte del cultivo de la quinua, un cultivo estratégico para brindar nutrición y seguridad alimentaria ante el cambio climático (Guantian 2019), una característica adicional de su cultivo es que no degrada los recursos naturales; además, las características nutricionales de la quinua son más altas con respecto a otros granos como el frijol, maíz, arroz y trigo, ya que contiene alrededor de 399 Kcal/100g, proteína 16,5 g/100g, grasa 6,3 g/100g y un total de carbohidratos 69,0 g/100 g, contiene minerales, es muy buena fuente de vitaminas como riboflavina (B2) y ácido fólico, es un grano que no contiene gluten, ayuda a regular el colesterol y es alto en grasas insaturadas (Pinedo et al. 2020).

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural ha trabajado por impulsar un producto tan importante como la Quinoa, en 4 años las áreas de producción pasaron de 996 hectáreas en 2014 a 2.538 hectáreas en 2017. Se estima que el área sembrada anual es de 2.600 hectáreas, con un rendimiento promedio de 1,7 tonelada por hectárea, para una producción total 2.800 toneladas a nivel nacional. Las zonas de producción son Cauca, Nariño, Boyacá y Cundinamarca (Zuluaga 2018).

Una de las características de la quinoa es la fuente de almidón, proteína, fibra dietética, grasas, minerales, polifenoles y vitaminas. El principal componente de la semilla de quinoa es el almidón que varía 30 a 70% de materia seca, la calidad de los productos alimenticios de quinoa puede verse muy afectada por las propiedades del almidón, investigaciones recientes han demostrado que el almidón de quinoa puede ser un ingrediente para aplicaciones alimentarias y no alimentarias en comparación con otros almidones como el de maíz, papa y trigo. La falta de conocimiento del almidón limita el desarrollo posterior de este cultivo y la utilización del almidón (Guantian 2019).

Para la FAO (2013) el almidón de quinoa podría proporcionar una alternativa interesante a los almidones modificados químicamente, ya que el almidón presenta un potencial especial para el uso industrial debido al pequeño tamaño del grano del almidón, por ejemplo, en la producción de aerosoles, pulpas, papel autocopiativo, alimentos para postres y excipientes en la industria de plástico como talcos y polvos.

Por otro lado, a lo largo del tiempo el consumo de pan y otros productos de panadería se ha extendido y diversificado en Colombia y a nivel mundial, siendo una fuente principal en desayuno y otras comidas, por lo que es imperativo buscar otras fuentes de materia prima y el

desarrollo de nuevos productos con ingredientes alternativos que coincidan con las tendencias de panadería (Díaz 2020).

El plan nacional de desarrollo (PND) 2022 – 2026 busca incentivar la vocación de emprendimiento en nuestros campos colombianos, se busca construir una iniciativa individual y colectiva para emprender en grandes, medianas y pequeñas empresas; en los últimos años se han creado diferentes fuentes de información como por ejemplo, redes de información y comunicación social en el sector agropecuario para apoyar la toma de decisiones políticas del sector, para ello, se buscan establecer uniones con la gestión de información, a través de instituciones descentralizadas, centros de investigación como universidades y proyectos de campo en ejecución de diferentes organizaciones nacionales o internacionales por medio de (Agronet 2023).

El presente proyecto hace parte del macroproyecto “Evaluación del potencial agroalimentario de las variedades de quinua (*Chenopodium quinua*. Willd) cultivadas en Subachoque Cundinamarca para el desarrollo de productos de panificación” de la convocatoria interna financiada 009 y busca generar una fuente informativa para la cadena productora en la región de Cundinamarca y sus alrededores, generar alternativas de aprovechamiento en el desarrollo de productos horneados tradicionales como el pan de yuca incluyendo almidón de quinua. Este proyecto pretende tener un impacto social positivo que permita suministrar información a productores agrícolas de la región de Cundinamarca.

Objetivos

Objetivo General

Estudiar la inclusión del almidón de quinua para el desarrollo de productos horneados tradicionales a base de almidón de yuca, como alternativa de aprovechamiento del grano en Cundinamarca

Objetivos Específicos

Analizar las características funcionales del almidón de quinua, para desarrollar un producto horneado.

Evaluar la inclusión de almidón de quinua en un producto a base de almidón de yuca, mediante análisis fisicoquímicos y sensoriales.

Estudiar las características técnicas del producto mediante la aplicación de la normatividad vigente para desarrollar un prototipo con inclusión de almidón de quinua.

Marco Teórico

Quinoa

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), es un cultivo de elevadas cualidades nutricionales, al igual que el maíz, el amaranto, el frijol, la papa y muchos otros cultivos nativos, constituye históricamente uno de los alimentos principales del hombre andino; unos años atrás, esta era utilizada para rituales alimenticios de la cultura INCA, (García & Leguizamón 2018). En los años de la conquista española la quinoa quedo relegada en un gran olvido, en la actualidad la producción de quinoa la realizan todavía poblaciones indígenas y campesinas andinas (Guerrero 2018). Es muy apetecida comercialmente, un excelente alimento funcional, contiene vitaminas, calcio, fósforo, hierro y vitamina C, minerales, ácidos grasos y antioxidantes que pueden hacer una gran contribución a la nutrición humana, contiene fitohormonas, que ofrecen una ventaja sobre otros alimentos como por ejemplo los vegetales para la nutrición humana, la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO la identifica como uno de los cultivos promisorios de la humedad por sus propiedades benéficas y por la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones climáticas.

En cuanto a los componentes del pseudocereal, se pueden aprovechar para la industrialización la grasa, el almidón, la proteína y la fibra; (García & Leguizamón 2018). La grasa de la quinoa tiene una consistencia que cambia según las variedades empleadas, ejerce una acción beneficiosa para los vasos sanguíneos y el corazón, ya que aumenta el llamado buen colesterol, contiene ácido linoleico que es un ácido graso esencial, nutricionalmente su aporte calórico duplica al de las proteínas y los carbohidratos; además, forman parte de las membranas celulares y desempeñan importantes funciones metabólicas como el transporte de vitaminas liposolubles (Gómez 2009).

En cuanto a la producción nacional, el cultivo es una alternativa productiva que empieza a dimensionarse rentable en Colombia, se encuentra en los departamentos de Nariño, Cauca, Boyacá y Cundinamarca. En la actualidad se comercializa el grano de quinua como quinua perlada y la harina de quinua es utilizada en algunos productos de panadería, pastelería, bebidas fermentadas, productos nutraceúticos, etc. Aún queda pendiente no solo conformar una completa cadena productiva de la quinua, sino también realizar estudios factibles de usos potenciales. En los últimos 5 años, la producción aumentó cerca del 82%, el aumento de las exportaciones llegó 423 miles de USD y se logró el acceso a mercados nuevos tales como: España, Australia, Emiratos Árabes, Italia y Taiwán”. Entre 2016 y 2017, la quinua exportó cerca de USD un millón de dólares equivalentes 474 toneladas (Zuluaga 2018).

El Departamento del Cauca, en los dos últimos años tuvo un crecimiento aproximado de un 20%, el cual ha hecho que este Departamento resalte ante los demás por su cantidad de área sembrada. Sin embargo, Nariño, a pesar de que tiene menos área, a nivel de la producción y rendimiento ha tenido una mayor productividad (Zuluaga 2018).

Composición Nutricional Quinua

La quinua se denomina pseudocereal por su alto contenido de carbohidratos, principalmente de almidón (50% - 60%) que hace que se emplee como un cereal, la grasa y la proteína pueden presentar valores cercanos al 15%, se considera libre de gluten porque su proteína está conformada principalmente por albúminas y globulinas solubles en agua o soluciones salinas débiles (Romo et al 2006). En la tabla 1 se presenta la composición proximal de la quinua en comparación a otros cereales y en la Tabla 2 se presentan los aminoácidos que componen la proteína de la quinua.

Tabla 1*Composición Química de Granos de Quinoa vs Algunos Cereales*

Elemento	Quinoa	Arroz	Cebada	Maíz	Trigo
Proteína%	16,3	7,6	10,8	10,2	14,2
Grasa%	4,7	2,2	1,9	4,7	2,3
Carbohidratos%	76,2	80,4	80,7	81,1	78,14
Fibra Cruda%	4,5	6,4	4,4	2,3	2,8
Cenizas%	2,8	3,4	2,2	1,7	2,2
Energía%	399	372	383	408	392

Nota. Tomado de “Composición química de granos de quinoa y de cereales en base seca”, por Romo, S.,(2006), *Potencial Nutricional de Harinas de Quinoa (Chenopodiumquinoa W) Variedad Piartal en los Andes Colombianos Primera Parte*, <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/639/271>, (p. 113).

Tabla 2*Aminoácidos en Quinoa y en Otros Alimentos*

Aminoácido	Quinoa	Arroz	Maíz	Trigo	Frijol	Carne	Pescado	Leche	Patrón FAO
Arginina	6,8	6,9	4,2	4,5	6,2	6,4	5,1	3,7	5
Fenilalanina	4	5	4,7	4,8	5,4	4,1	37	1,4	6
Histidina	2,8	2,1	2,6	2	3,1	3,5	-	2,7	3
Isoleucina	7,1	4,1	4	4,2	4,5	5,2	5,1	10	4
Leucina	6,8	8,2	12,5	6,8	8,1	8,2	7,5	6,5	7
Lisina	7,4	3,8	2,9	2,6	7	8,7	8,8	7,9	5,5
Metionina	2,2	2,2	2	1,4	1,2	2,5	2,9	2,5	3,5
Treonina	4,5	3,8	3,8	2,8	3,9	4,4	4,3	4,7	4
Triptófano	1,3	1,1	0,7	1,2	1,1	1,2	1	1,4	1
Valina	3,4	6,1	5	4,4	5	5,5	5	7	5

Nota. Tomado de “Composición química de granos de quinoa y de cereales en base seca”, por Romo, S.,(2006), *Potencial Nutricional de Harinas de Quinoa (Chenopodiumquinoa W) Variedad Piartal en los Andes Colombianos Primera Parte*, <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/639/271>, (p. 114).

La calidad de las proteínas está determinada por la cantidad de aminoácidos esenciales que por su digestibilidad se aproxima al 80%, la mayor parte de los lípidos de la quinua se encuentran en el embrión, la composición de sus ácidos grasos se asemeja al grano de soya con alta proporción de ácido linoleico y ácido linolénico, en la tabla 3 se presentan los ácidos grasos presentes en la quinua.

El grano de la quinua tiene casi todos los minerales en un nivel superior a los cereales, su contenido de hierro es dos veces más alto que el de trigo, tres veces más alto que el arroz y llega casi al nivel del frijol (Romo et al 2006). En la tabla 4 se describen las vitaminas presentes en este grano.

Tabla 3

Contenido de ácidos Grasos en el Grano de Quinua

Ácidos Grasos	Quinua	Soya	Maní	Palma
Mirístico	0,2	-	-	15,6
Palmítico	9,9	9,4	9,3	8,7
Esteárico	0,8	4,4	2	2,9
Oleico	24,5	21,6	44,7	18,1
Linoleico	50,2	55,2	35,8	2,9
Linolénico	5,4	9,4	-	-
Láurico	-	-	-	43,9
Eicosanoico	2,7	-	4,2	-
Docosanoico	2,7	-	3,4	-
Tetracosanoico	0,7	-	1,9	-

Nota. Tomado de “Composición química de granos de quinua y de cereales en base seca”, por Romo, S.,(2006), *Potencial Nutricional de Harinas de Quinua (Chenopodiumquinoa W) Variedad Piartal en los Andes Colombianos Primera Parte*, <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/639/271>, (p. 115).

Tabla 4 *Vitaminas Grano de Quinua*

Vitamina	Quinua	Arroz	Trigo	Frijol	Papa
Niacina B3	10,7	57,3	47,5	25,7	51,8
Tiamina B1	3,1	3,5	6	5,3	4,4
Riboflavina B2	3,9	0,6	1,4	2,1	1,7
Acido ascórbico C	49,0	0	1,2	22,5	69,4
a-Tocoferol E	52,63	0	0	0,1	0,3
B-carotenos A	5,3	0	0	0	0

Nota. Tomado de “Composición química de granos de quinua y de cereales en base seca”, por Romo, S.,(2006), *Potencial Nutricional de Harinas de Quinua (Chenopodium quinoa W) Variedad Piartal en los Andes Colombianos Primera Parte*, <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/639/271>, (p. 116).

Propiedades Funcionales de la Quinua

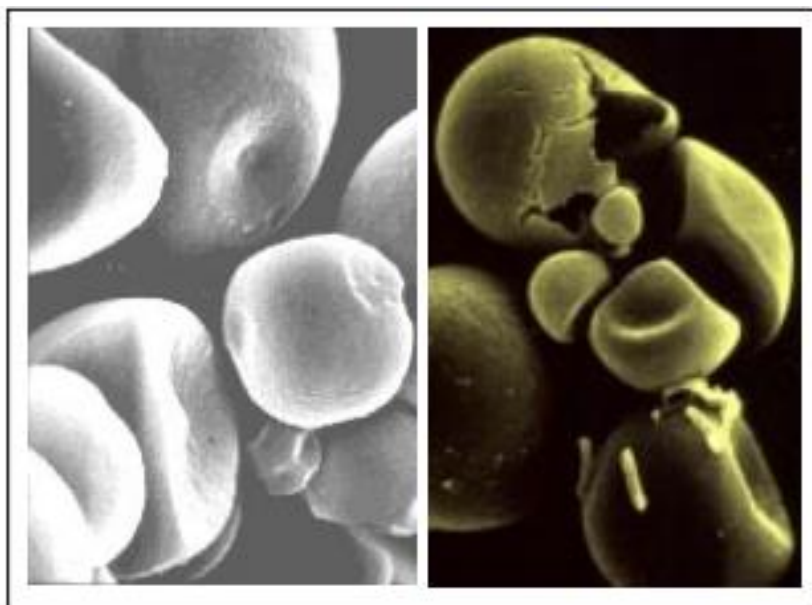
No hay definición aceptada de forma universal sobre los alimentos funcionales; se puede definir un alimento funcional como aquel que al consumirse en su estado natural demuestra aportes a su valor nutricional y a efectos relacionados con salud (Guevara 2021), existen estudios que respaldan los beneficios en el organismo humano, las propiedades de los pseudocereales se evaluaron por medio de un estudio que permitiera respaldar las declaraciones en propiedades saludables, un estudio realizado, a los efectos de la quinua en el perfil antropométrico, bioquímico y presión arterial del organismo humano, a través de estos parámetros, se pudo medir los riesgos de enfermedades que se presentan, el estudio fue realizado a una población de 18 a 45 años de edad durante un mes con barras de cereal de quinua, se presentó el consumo de barras de forma continua, en los resultados obtenidos se evidencio el efecto beneficioso en parte de la población, se evidencia que los niveles de colesterol total, triglicéridos mostraron reducción. Concluyendo que el consumo de la quinua en la dieta puede prevenir y tratar factores de riesgo asociados a las enfermedades cardiovasculares(Guevara 2021).

Almidones

Composición Química del almidón: “La amilosa es producto de la condensación de D – glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos α (1,4), que establece largas cadenas lineales cde entre 200 – 2.500 unidades, es decir, la amilosa es una α – D - (1,4) glucano, cuya unidad respectiva es la α – maltosa (Figura 1). La molécula tiene un peso molecular promedio de 105 a 106 g/mol y por la presencia de grupos hidroxilos, ofrece propiedades hidrofílicas al polímero (Gremasqui et al. 2015).

Figura 1

Fotografía Electrónica Gránulos de Almidón de Yuca



Nota. Tomado de “*Gránulos de almidón natural (o natural) de yuca vistos con microscopio electrónico*”, por Alarcón, F. y Dufour, D.,(1998), *Almidón agrario de yuca en Colombia Tomo 1: Recomendaciones* , Publicación CIAT N° 268 (p. 9).

El almidon se compone de amilosa y amilopectina, los cuales son polímeros, la amilosa tiene estructura lineal unida por los siguientes enlaces D-glucopiranososa con enlaces α -1,4 con

algunas ramificaciones de enlaces α -1,6; y la amilopectina en un polisacárido altamente ramificado con cadenas lineales unidas en enlaces α -1,4 (Ai & Jane 2018).

El comportamiento de amilosa genera una tendencia a recristalizarse conocida como la retrogradación, en cambio la amilopectina retrocede más lentamente, forma geles débiles y películas frágiles, siendo así, que el contenido de amilosa y la cadena de amilopectina determinan directamente las propiedades funcionales del almidón, como la gelatinización, el empastamiento, la retrogradación, absorción y solubilidad de agua (Ai & Jane 2018).

Almidón de Quinua

Es fundamental para las industrias alimentarias por las propiedades fisicoquímicas y funcionales que presenta siendo empleado como agente espesante, ligante y estabilizante de geles y emulsiones, el almidón de quinua tiene una masa molar promedio de $11,3 \times 10^6$ g/mol que es comparable a la de amaranto, “Las propiedades de gelatinización del almidón están relacionadas con una variedad de factores, entre ellos el tamaño, la proporción y tipo de organización cristalina, y la ultra estructura del gránulo de almidón” (Maza N. 2020). Características estructurales y tecnológicas del almidon de quinua

Las propiedades del almidón en el ámbito tecnológico como Poder de hinchamiento, índice de solubilidad en agua e índice de absorción de agua (PH, ISA, IAA)“ dependen de la composición estructural del almidón: contenido de amilosa y la amilopectina y su relación con trazas de lípidos, estas diferencias en comportamiento permiten clasificar y seleccionar las variedades más potenciales en una función tecnológica Zarate (2019).

El autor Aristizábal y Sánchez (2007) define las propiedades funcionales de la siguiente manera:

Poder de Hinchamiento e Índice de Absorción de Agua

Mide la capacidad de absorción de agua del gránulo de almidón cuando se encuentra suspendido en agua y es calentada dicha suspensión, el hinchamiento suele ser una propiedad atribuida a las moléculas de amilopectina. Temperatura de gelatinización

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría ya que las moléculas están organizadas y estables, pero en el momento que hay calentamiento empieza la absorción de agua cuando llega a su punto máximo de hinchamiento los gránulos comienzan su rompimiento.

Viscosidad

Se define la viscosidad de un gel de almidón calentado como la medida de la fuerza de torsión de una aguja rotante bajo condiciones de temperatura y velocidad constante.

Solubilidad

Los gránulos de almidón en agua fría no son solubles debido a que la estructura molecular que presentan es organizada y semicristalina, cuando la suspensión de agua y almidón es calentada, dicha estructura molecular se desordena y genera espacios que permiten la absorción de moléculas de agua, cuando llega a su punto máximo de hinchamiento, los gránulos de almidón se rompen y las cadenas de amilosa y amilopectina se disocian aumentando la viscosidad.

Cambios en el Almidón Producidos por Tratamientos Térmicos

Cuando el almidón se encuentra en un medio acuoso y es calentado, se producen distintos cambios en su estructura, conforme se incrementa la temperatura, la gelatinización del almidón se hace evidente en el tratamiento. El análisis de viscosidad es idóneo para expresar este comportamiento y allí se empieza a evidenciar el proceso de gelatinización, empastamiento y retrogradación del almidón tratado térmicamente (Sánchez 2007).

Firmeza del Pan

La amilosa no se disocia fácilmente fuera del gránulo de almidón cuando este gelatiniza, sin la adición de un emulsificante adecuado esta puede tender a retrogradarse y por ende aumentar la firmeza. Aunque la amilopectina es afectada por enzimas como la beta-amilasa a través de sus enlace alfa-1,6, esta logra romperse en dextrinas con algunas ramificaciones por la alfa-amilasa y la amilopectina se retrograda lentamente durante el enfriamiento después de la gelatinización y contribuye a que aumente la firmeza por sus enlace tridimensionales (Grau 2014).

Figura 2

Como Afecta el Almidón a la Firmeza del Pan



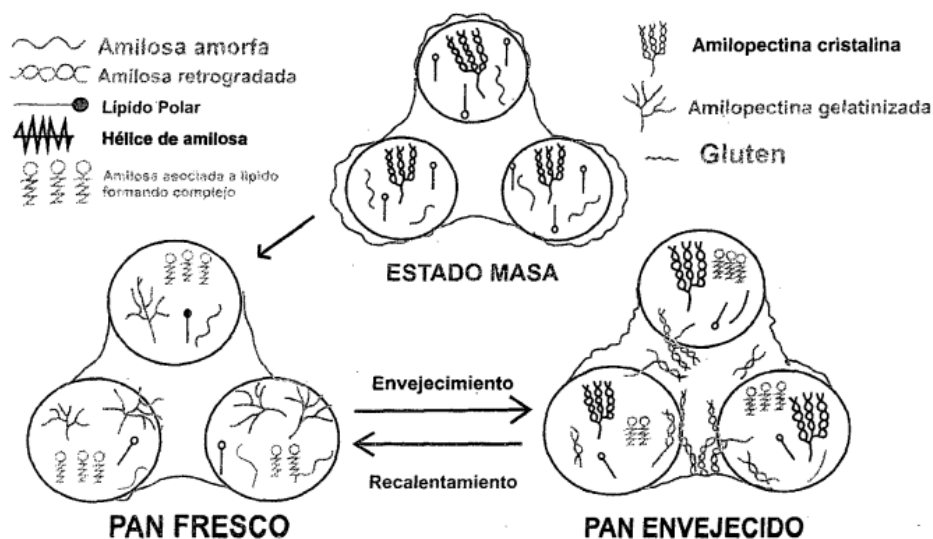
Nota. Tomado de “Como Afecta el Almidón a la Firmeza del Pan”, por Grau, A. , S.,(2014), *Uso Industrial de Aditivos Alimentarios en la Elaboración de Productos de Panificación y Pastelería*, <https://es.scribd.com/document/464171724/uso-industria-de-aditivos-alimentarios-en-la-elaboracion-de-panificaciopn-y-pasteleria-pdf> , (p. 34).

Retrogradación del Almidón

Después de un ciclo completo de panificación, comienzan los procesos de enfriamiento y envejecimiento, durante los cuales se reasocian o reordenan las moléculas de almidones y el almidón retrograda. La retrogradación del almidón se produce cuando las moléculas de almidón comienzan a asociarse en estructuras ordenadas, el primer día de almacenamiento la amilosa y la amilopectina caracterizan la cristalización de los geles de almidón, después sólo la amilopectina controla la retrogradación por lo que se considera que el envejecimiento se debe básicamente a la asociación de cadenas de amilopectina. En el pan fresco, el polisacárido ramificado tiene casi todas sus ramas extendidas, mientras que el pan duro está retrogradadas, unidas entre sí y sin agua original (Badui 1999).

Figura 3

Estado de la Masa



Nota. Tomado de "Como Afecta el Almidón a la Firmeza del Pan", por Grau, A., S., (2014), *Uso Industrial de Aditivos Alimentarios en la Elaboración de Productos de Panificación y Pastelería*, <https://es.scribd.com/document/464171724/uso-industria-de-aditivos-alimentarios-en-la-elaboracion-de-panificacipn-y-pasteleria-pdf>, (p. 42).

Uso de Almidones

Se utilizan fundamentalmente en aplicaciones en las que se necesita incrementar la viscosidad del alimento que se esté preparando con el fin de darle consistencia y estabilidad (Acosta & Blanco 2013), existen empresas que se centran en aplicaciones no alimentarias, se encargan de producir almidón para minería, bioplásticos, productos farmacéuticos y papel, otras empresas han utilizado los almidones como producción en resinas plásticas biodegradables a base de almidón, otras industrias han creado envases alimentarios sostenibles a partir de la fécula de patata. Con su abastecimiento integral y de bajo costo, el almidón se considera un material renovable y a futuro se ve prometedor para la sustitución en aplicaciones basadas en petróleo (Agarwal et al. 2021).

Almidones Nativos

Los almidones nativos se denominan así porque no han sufrido ningún proceso de modificación química durante su obtención. (Acosta & Blanco 2013).

Almidón Agrio de Yuca

Después de la celulosa, el almidón es el carbohidrato de mayor abundancia en la naturaleza, el almidón es una de las principales reservas de energía de las plantas; se encuentra en fuentes tan diversas como los cereales (maíz, trigo, cebada, arroz), la papa , la yuca entre otros cultivos (Alarcón & Dufour 1998), en Colombia, la extracción de almidón de yuca como actividad empezó en los años 50, la extracción del producto se convirtió en la agroindustria netamente artesanal, se han establecido en Colombia más de 200 “rallenderías” dedicadas a la producción de almidón agrio de yuca siendo el principal polisacárido de almacenamiento de algunas plantas como cereales, leguminosas, tubérculos y frutos, en 1988 las “rallenderías” de la zona andina occidental de Colombia estudió el procesamiento del almidón de yuca , es decir todo el tema de

transformaciones de las raíces de yuca en almidón, se implementaron proyectos con el fin de mejorar la rentabilidad del proceso de extracción de almidón de yuca con colaboraciones internacionales del CIAT en Colombia y el CIRAD de Francia (CIAT 2002). La norma técnica colombiana NTC 6066 – Productos de molinería almidón nativo de yuca (Icontec 2014), define el almidón de yuca como un polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas, constituido por amilosa y amilopectina que proporciona entre el 70% y 80% de las calorías consumidos por los seres humanos.

El almidón es el carbohidrato más importante en la actividad humana por su función alimenticia y por sus múltiples aplicaciones en la industria y el comercio, el cultivo de la yuca presenta varias características es una especie de raíces amiláceas que se cultiva en los trópicos y subtrópicos, es originaria tropical antes de 1600, los exploradores portugueses la llevaron a África y Asia, la yuca se siembra hoy en 92 países, es un cultivo que tolera la sequía (sin reducir producción), adicional es un cultivo que sobrevive en suelos escasos en fósforo, también se puede desarrollar en suelos ácidos (Alarcón & Dufour 1998).

Productos Horneados en Colombia

El componente principal de los productos horneados es la harina de trigo, se han presentado diferentes prototipos para lograr una sustitución parcial de la harina de trigo, pero en ocasiones se afectan los atributos sensoriales (Blandón 2009). A continuación, se describen los productos horneados más comunes de Colombia:

Pan: Es el alimento básico preparado a partir de masa de harina y agua.

Bollo: Pan pequeño a veces dulce o un panecillo.

Pan plano: Hecho con harina agua y sal y luego enrollado completamente en una masa aplanada.

Pastel: Una forma de postre.

Pan de yuca : El pan de yuca es un producto perecedero resultante de la mezcla obtenida a partir de almidón de yuca, queso costeño, levadura, huevos y agua, puede contener colorantes y saborizantes como la esencia de queso y mantequilla, debido a las características propias de cada materia prima, el pan de yuca es un alimento de gran valor nutritivo que aporta proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales, es moldeado en pequeñas porciones y posteriormente es horneado, obteniendo como resultado un producto color marfil con olor y sabor característico a queso y una textura crocante. (Giraldo 2019).

Ingredientes Principales en los Productos Horneados más Comunes

De acuerdo con Fernandez (2003) los ingredientes son

Harina. La harina depende de la variedad del grano, en este factor se tienen en cuenta varios puntos como las condiciones climáticas, incluyendo la cosecha y el proceso de molienda cabe resaltar que las características más importantes de la harina son el contenido proteico, la calidad, cantidad del gluten, la capacidad de absorción de agua y la actividad diastática, El amasado de la harina.

El agua. Es importante en el momento de la producción panificación (principalmente carbonatos y sulfatos) dan un gluten más firme y resistente.

Levadura. Su principal función es la conversión de los azúcares simples en dióxido de carbono y etanol la producción de gas provoca la expansión de la masa, la levadura aporta propiedades reológicas a la masa.

Sal. La sal es utilizada en todos los productos horneados para dar sabor, la sal influye en las propiedades reológicas de la masa otro factor que se presenta es la sal inhibe en la hidratación

del gluten; las concentraciones más altas de sal inhiben las reacciones enzimáticas y también inhiben la actividad de fermentación de la levadura.

Ingredientes Opcionales en la Panificación

Azúcar: El fin del azúcar es promover la fermentación, el dorado de la corteza y un sabor más dulce, además hace que la masa sea más estable más estática.

Leche y Productos Lácteos: Estos incluyen leche (generalmente leche, leche descremada y leche en polvo) contiene lactosa promueve el dorado de una corteza más suave y una vida útil más larga.

Oxidantes: La función de los oxidantes es la oxidación de grupos-SH proteína a grupos SS lo que resulta en una mejora de las propiedades reológicas de la masa y de la retención de gases. Existen ejemplos como el ácido ascórbico y la azodicarbonamida (ADA) como agentes reductores la cisteína y el bisulfito de sodio. La función del ácido ascórbico es reforzar las cadenas de gluten, actuando como oxidante de las proteínas de la harina ayudando así interrelacionarse entre sí, Otra función es evitar la pérdida de CO₂ facilita la absorción de agua y permite reducir tiempos de reposo en la harina (Calaveras 2004). Otro oxidante es el fosfato mono cálcico .es un principio activo que se incluye en los mejorantes para paliar los efectos de la degradación proteolítica en harinas. En la panificación dos son las funciones más importantes .Inhibir el efecto de proteasas sobre el gluten e incrementar ligeramente la fuerza de las harinas (Calaveras 2004) cada uno de ello cumple una función.

Grasas. El uso de grasas es fundamental para poder mantener el pan en almacenamiento. Las funciones de las grasas aumentan la vida útil del producto, produce mayor volumen en los alimentos horneados (10%) la corteza es más elástica y blanda.

Propiedades Reológicas de la Masa y Texturales de Panadería

Textura. La textura es el conjunto de atributos de un alimento que nosotros podemos percibir a través de diferentes niveles dentro de los cuales están los geométricos cómo la masticación que se percibe por sensaciones, visual y auditivamente (Espinosa 2007). Con un perfil de textura se puede estimar la calidad asociada a la palatabilidad / masticabilidad (Hernández & Duran 2012).

Volumen del Pan. Es un indicador, al igual que el peso muy importante en los productos de panadería, su función es analizar el efecto de los cambios en la formulación o en el procedimiento de elaboración, el método de desplazamiento de volumen del producto horneado, en este método el volumen del producto se encuentra por diferencias de volúmenes con y sin producto mediante semillas de baja densidad, como son las de nabo o quinua (Acosta 2013).

Color. La mayoría de los productos horneados trabajan principalmente con harina, las harinas recién molidas presentan un color amarillento, pero a medida que pasa el tiempo la harina va adquiriendo un color más claro por la acción del oxígeno del aire sobre ciertos pigmentos, el porcentaje de extracción también determina el color de la harina. Mientras más alta es la extracción, mayor cantidad de partículas de salvado tendrá y por lo tanto será más oscura (Grau 2014).

Dureza. De acuerdo con el autor Espinosa (2007) es la propiedad relativa a la fuerza requerida para deformar el alimento o para hacer penetrar un objeto.

Cohesividad. Es una propiedad relativa al nivel de formación que puede tener un producto de panificación antes de romperse es decir por ejemplo cuando se desmenuza un pan o lo que de una tostada.

Humedad. Es una propiedad que describe la percepción de agua absorbida o liberar un alimento lo seco de una galleta salada o lo húmedo de una manzana o lo acuoso de una sandía.

Carácter graso: Propiedad relacionada con la percepción de la cantidad y la calidad de las del material graso del producto por ejemplo si esa aceptó su oleoso como el atún en aceite o grasiento como el tocino frito.

Metodología

El presente proyecto de investigación es de tipo cuasiexperimental, debido a que la finalidad principal es la de determinar con la mayor confiabilidad posibles relaciones de causa y efecto (Cook & Reichardt 1996). La inclusión de almidón de quinua en diferentes proporciones en la formulación de pan de yuca, y el efecto es la caracterización fisicoquímica del pan de yuca adicionada con almidón de quinua y el grado de aceptación del consumidor a nivel sensorial. De igual manera, esta investigación es de carácter cuantitativo, por lo cual se compararon diferentes formulaciones de pan de yuca con inclusión de almidón de quinua y se evaluaron diferentes parámetros fisicoquímicos como actividad de agua, textura, volumen específico entre otros.

El diseño experimental se desarrolló en un periodo de 6 meses; la extracción del almidón de quinua, la producción de las diferentes formulaciones y posteriormente la evaluación sensorial del pan de yuca se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - Sede José Celestino Mutis Bogotá planta piloto; En tanto que el secado del almidón de quinua y los análisis fisicoquímicos del pan de yuca se realizaron en el laboratorio de análisis de la Universidad Nacional de Colombia. La investigación se desarrolló en las siguientes etapas

Extracción del almidón de quinua.

Definición de la formulación y del diseño experimental

Producción del pan de yuca a partir de las formulaciones propuestas.

Caracterización fisicoquímica y microbiológica del producto obtenido de las formulaciones.

Evaluación sensorial del producto obtenido de las formulaciones propuestas.

Materiales

Bandeja de acero inoxidable (50 x 30 cm)

Recipientes blancos para mezclas

Probetas plásticas de 500mL

Espátula plástica de repostería

Bolsas ziploc

Mezcladora

Materias Primas

Almidón quinua

Almidón agrio

Huevo

Leche

Mantequilla

Aditivo

Queso costeño pasteurizado

Extracción del Almidón de Quinua

Se inicia con la extracción de almidón de quinua variedad blanca dulce de Jericó proveniente de la finca *Chamomille* ubicada en Subachoque Cundinamarca bajo la metodología propuesta por Jan (2017) con modificaciones, el proceso se presenta en la figura 4 y tabla 5.

Figura 4

Proceso de Extracción de Almidón de Quinua

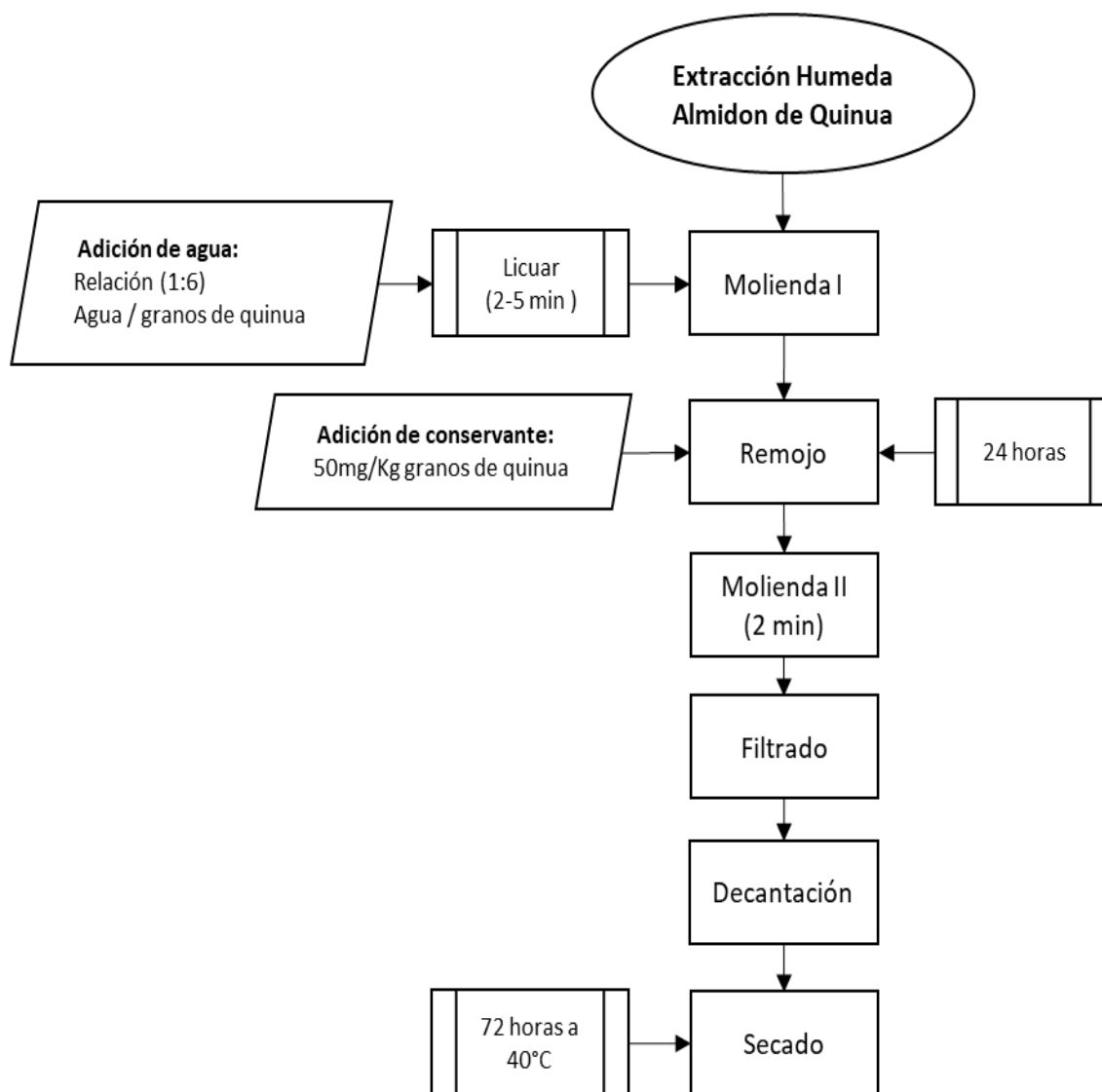


Tabla 5*Etapas del Proceso de Extracción del Almidón de Quinua*

Etapas	Descripción
Molienda(1):	Se realizó la molienda de la quinua en agua en proporción de 1:6(se adiciona como conservante sulfito de sodio 50 mg/Kg) de 2 a 5 minutos en 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 la licuadora del laboratorio
Filtrado	Se filtró la mezcla haciendo el uso de lienzos del laboratorio para obtener un estilo de torta de almidón
Decantación:	En esta etapa se realizó la separación de líquido sobrenadante y así dejar solamente el sobrenadante para su secado
Secado:	Se procedió a extender el almidón de quinua en una bandeja y se coloca en un horno durante 72°C a una temperatura de 40°C

Caracterización de Almidón de Quinua

El grupo de investigación GIEPRONAL y el semillero de investigación CITECAL mediante el proyecto PIE_G_04_18_ECBTI realizo la caracterización del almidón de quinua de la variedad blanca dulce de Jericó en la cual se obtuvieron los siguientes resultados (Ver tabla 6).

Tabla 6

Resultados de Análisis Propiedades Tecnofuncionales Almidón de Quinoa

Análisis	Material Blanca Dulce de Jericó
Humedad (%)	13,11 ± 0,75
Temperatura Gelatinización (°C)	73,33 ± 1,15
Poder Hinchamiento (%)	4,08 ± 0,03
Índice de solubilidad en agua (%)	0,64 ± 0,06 *
Índice absorción de agua (%)	4,07 ± 0,02 *
Estabilidad al Congelamiento Descongelamiento (%)	47,79 ± 0,32 *
Viscosidad (cp)	159 ± 0,75

Nota. Tomado de “*Resultados Análisis Propiedades Tecnofuncionales Almidones*”, por Corzo, D. (2018), *Evaluación de las Características del Almidón de Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd) de Dos Variedades de Cundinamarca como una Posible Alternativa Tecnológica en la Industria de Alimentos*, <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21312>, (p. 34).

Formulación del Producto

La formulación tradicional es basada de acuerdo con Enzipan Laboratorios (2021) (ver tabla 7):

Tabla 7

Formulación de Pan de Yuca Tradicional

Ingredientes	%
Almidón agrio	16,20
Huevo	10,0
Leche	60,3
Mantequilla	8,1
Aditivo	5,4
Queso costeño pasteurizado	100,0

Para definir las formulaciones de pan de yuca objeto de estudio, se escogió un diseño unifactorial de 3 niveles, determinando como variable crítica de control el contenido de almidón agrio y almidón de quinua en la formulación del pan de yuca en 2 proporciones diferentes con respecto a la formulación control (Ver tabla 8).

Tabla 8

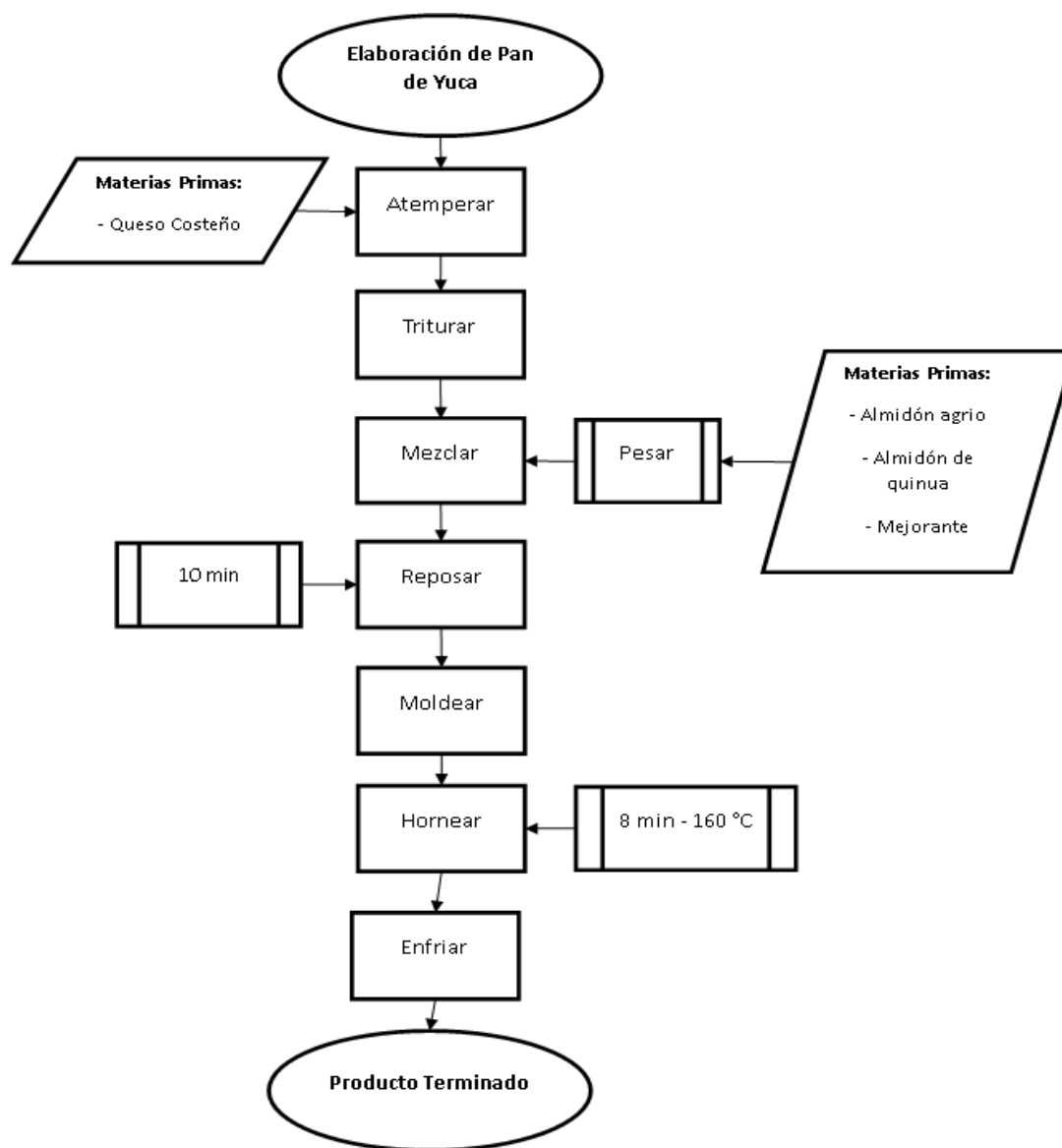
Formulaciones de Pan de Yuca

Ingredientes	*TC (g)	**T20 (g)	***T30 (g)
Almidón quinua	N. A	50,0	75,1
Almidón agrio	250,2	200,1	175,1
Huevo	25,0	25,0	25,0
Leche	150,8	150,8	150,8
Mantequilla	20,3	20,3	20,3
Aditivo	13,5	13,5	13,5
Queso costeño pasteurizado	250,2	250,2	250,2

Nota. *TC: Tratamiento Control, **T20: Tratamiento 20% (inclusión 20% de almidón de quinua), *** T30: Tratamiento 30% (inclusión 30% de almidón de quinua).

Proceso de Elaboración del Producto

En la figura 5 y en la tabla 9 se presenta el proceso de elaboración del producto.

Figura 5*Elaboración Pan de Yuca*

El producto pan de yuca se realizó bajo la metodología Giraldo & Castro (2019) con algunas modificaciones.

Tabla 9

Etapas del Proceso Elaboración Producto Colombiano Pan de Yuca a Base Queso con Inclusión de Almidón de Quinoa

Etapas	Descripción
Atemperar	Se deja a temperatura ambiente materias primas como el queso y leche
Triturar	Se realizó la reducción de tamaño de partícula mediante el utensilio rallador
Mezclar	Mezcla 1: Se mezclan ingredientes secos como (Almidones, mejorante, queso costeño, mantequilla) Mezcla 2: Se mezclan ingredientes huevos, leche Mezcla 3: Se mezclan todos los ingredientes para realizar una mezcla homogénea
Reposar	La mezcla se deja reposando aproximadamente 10 minutos
Moldeo	Se realiza el amasado, se pesa en g para cada mezcla
Horneado	Se lleva al horno a una temperatura de 160°C durante 8 minutos
Enfriar	Se deja enfriar el producto a una temperatura ambiente

Nota. Adaptado de “*Diagrama de Extracción del Almidón de Quinoa*”, por Corzo, D. (2018), *Evaluación de las Características del Almidón de Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd) de Dos Variedades de Cundinamarca como una Posible Alternativa Tecnológica en la Industria de Alimentos*, <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21312>, (p. 29).

Determinación de las Propiedades Tecnofuncionales de las Mezclas de Almidones

Determinación de la Capacidad de Absorción de Agua (CAA)

Se utilizó la metodología descrita por Inglett et al (2009) citada por Vidaurre Ruiz et al (2019) con algunas modificaciones. Se pesaron 0.8 g de muestra, se colocaron en un tubo de Falcon 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 min a una temperatura de 4°C, se retiró el sobrenadante y se pesó lo sedimentado.

Ecuación 1

$$CAA = \frac{\text{Peso inicial de muestra (g)}}{\text{Peso muestra final (g)}} \times 100$$

Determinación de la Capacidad de Absorción de Aceite (CAAC) del Almidón de Quinoa, yuca y Maíz

Se utilizó la técnica empleada por Granados et al. (2014) con algunas modificaciones, en la cual se agregó un exceso de aceite (5mL) a 0,5g de muestra en tubos graduados de centrifuga, los cuales se agitaron por un minuto; luego se colocaron a 24°C por 30 min y posteriormente se centrifugó a una velocidad de 3200 rpm, para finalmente medir el volumen de aceite excedente. La CAAC se calcula según la ecuación:

Ecuación 2

$$\%CAAC = \frac{\text{Volumen inicial de aceite}}{\text{Volumen recuperado de aceite}}$$

Determinación de las Propiedades Físicoquímicas del Producto

Actividad de Agua (Aw). Se determino con el equipo Rotronic HygroLab (Estados Unidos) el cual realiza mediciones de actividad de agua con hasta cuatro sondas. Sondas de estación de conexión y sondas de inserción para medir alimentos, productos farmacéuticos. Dentro del equipo se coloca la muestra y se obtiene el resultado (AW) Huanuco (2020).

Humedad. El contenido de humedad se determinó por el analizador de humedad precisa XM 60, (Suiza) cada muestra se realizó por triplicado este método se basa previamente en evaporar de manera continua la humedad y que la muestra se situó a un peso constante Buenrostro (2018).

Volumen Específico. El volumen específico se midió por el método de desplazamiento de semillas quinua, adaptación del método 10-05.01 de la AACCC (2000). En una probeta graduada de plástico con capacidad de 2000 mL (diámetro de 9,4 cm y altura 46 cm) se colocaron las semillas hasta los 1.200 mL, después se vaciaron y se introdujo el producto de panificación a base de queso (pan de yuca con diferentes inclusiones) en el cilindro, se añadieron las semillas y se midió la distancia del desplazamiento de éstas a partir de los 1.200 mL, la diferencia es considerada como el volumen del pan. Los cálculos se llevaron a cabo de acuerdo con la siguiente fórmula:

Ecuación 3

$$V = \pi \times r^2 \times D, \text{ donde:}$$

$$V = \text{volumen del pan (cm}^3\text{)}$$

$$r^2 = \text{radio del cilindro (cm)}$$

$$D = \text{Distancia desplazada desde la marca (cm)}$$

Por otra parte, el volumen específico se determinó:

Ecuación 4

$$VE = \frac{v}{m}, \text{ donde:}$$

$$v = \text{volumen desplazado (cm}^3\text{)}$$

$$m = \text{peso del pan de yuca (g)}$$

Firmeza. Se realizó mediante prueba de punción a través de un texturómetro de marca (Brookfield Ametek®, Estados Unidos) y el software Exponent, con una fuerza de 0.8 N y una velocidad de 2 mm/s Rojas & Vega (2014).

Color. La determinación de color se realizó en la escala CIELAB (L*a*b), usando un colorímetro marca Minolta 508 d (Japón).

Estructura Macroscópica de la Miga. Se realizaron cortes transversales por la zona central, el análisis de la estructura macroscópica de la miga se obtuvo por medio de las imágenes digitales de distintas rodajas del producto, la imagen se segmentó, se contrastó y por último se binarizó por medio del programa Image J IJ 1.46r con una resolución 600ppp. A partir de las imágenes obtenidas se tuvieron resultados como número de alveolos, /cm² área total mm² Davdmary et al (2009).

Análisis Fisicoquímicos

En la Tabla No. 12 se describen los métodos de análisis fisicoquímicos aplicados bajo el referente AOAC Official Methods of analysis Ed 21st (2019).

Tabla 10

Parámetros Fisicoquímicos

Parámetro	Método de referencia
Humedad %	AOAC 925.10
Cenizas %	AOAC 923.12
Proteína %	ISO 1871
Grasa %	AOAC 989.05
Fibra cruda %	AOAC 962.09
Fibra Dietaria %	AOAC 985.09
Acidez	AOAC 946.05

Análisis Microbiológicos

Se describen los métodos utilizados para el producto y materia prima los análisis microbiológicos descritos en la tabla 11

Tabla 11*Parámetros Microbiológicos*

Parámetro	Metodología
Mohos y levaduras UFC/g	ISO-21527-1-2008
Mesófilos UFC/g	AOAC 990.12
Bacillus cereus UFC/g	AOAC 980.31
Coliformes totales y fecales UFC/g	AOAC 990.12
E. coli UFC/g	NTC 4458:2018
Salmonella UFC/g	ISO 6579-1:2017
Staphylococcus aureus UFC/g	AOAC 990.12

Análisis Sensorial*Prueba de Aceptación Sensorial*

Se realizó un estudio de tipo transversal exploratorio bajo el método afectivo con escala hedónica.

Tabla 12*Formato Escala Hedónica*

Escala	Criterio
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

Se diseñó un formato donde se establece un test de análisis sensorial de acuerdo con Espinosa (2007).

Esta evaluación se llevó a cabo con un panel de evaluadores no entrenados, con un total de 62 participantes. Adicional se realizó 1 pregunta donde se indaga ¿Que muestra compraría y por qué?

Análisis Estadístico

Con el fin de identificar los resultados significativamente diferentes entre las medias de los parámetros analizados de cada una de las formulaciones propuestas (TC, T20 y T30), se evaluó la dispersión de las medias entre grupos aplicando el análisis de varianza ANOVA y la prueba de Tukey por medio del software estadístico “Statgraphics versión 18.1.13”.

Definir las Características Técnicas del Producto

A partir de los resultados obtenidos se evaluaron las características técnicas del producto

Se realizaron los Balances de materia y energía: de acuerdo con Casp Vanaclocha (2004).

Discusión de Resultados Propiedades Tecnofuncionales

Retención de Agua y Aceite del Almidón de Yuca y de Quinua

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las propiedades Tecno funcionales medidas al almidón de quinua en comparación con otros almidones, en la Tabla No.13.

Tabla 13

Resultados de las Características Tecnofuncionales de Almidones

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

Nota. CAA Capacidad absorción de agua, CAAC Capacidad absorción de aceite Valores presentados como el promedio ± la desviación estándar, letras diferentes indican diferencias significativas $p < 0,05$.

Para CAA, se presenta una diferencia significativa respecto a los otros almidones, los valores obtenidos para el almidón de quinua son más bajos respecto al valor del almidón de yuca y maíz (Ver tabla No.13), Jan et al. (2016) cita “La suspensión acuosa de almidón, cuando se calienta por encima de la temperatura de gelatinización, provoca difracción de la estructura cristalina del almidón y la exposición de las moléculas de agua a los grupos hidroxilo de la amilosa y amilopectina, lo que provoca el hinchamiento de las moléculas de almidón y una mayor solubilidad debido a la lixiviación de parte del almidón soluble en líquido”, debido a que la CAA del almidón de quinua ($50,122 \pm 0,268$) es significativamente menor al CAA del almidón de maíz y yuca, puede llegar incidir en la retención de humedad del producto final.

Gutiérrez (2022) realizó una investigación del almidón nativo de Amaranto de la especie *Amaranthus Chaulai*, obteniendo como resultado un CAAC de 170,33%, el resultado es mayor al CAAC determinada para el almidón de quinua y menor que el CAAC del almidón de maíz y yuca

(Ver tabla No.14), esto posiblemente se debe a que las características y estructura química de cada tipo de almidón según su especie son diferentes entre sí.

Evaluación de la Extracción de Almidón de Quinoa

A continuación, en la Tabla 14, se presenta la caracterización del almidón de Quinoa

Tabla 14

Caracterización Almidón de Quinoa

Parámetro	Resultado
Humedad %	9,85
Proteína %	7,62
Grasa %	0,4
Cenizas %	2,27
Fibra dietaría %	13,5
Carbohidratos Totales%	79,86
Carbohidratos Disponibles%	66,36
Calorías Kcal	326,52
Acidez%	10,06

Un estudio realizado por (Diaz 2018) por la caracterización de almidones de quinua en diferentes zonas de Colombia, de allí se obtuvieron los siguientes resultados ver tabla 15.

Tabla 15

Composición del Almidón de Quinua para las Zonas Productoras Estudiadas

Almidón Quinua	Humedad	Materia Seca	Proteínas	Grasa	Fibra Cruda	Cenizas	Calorías (Energía)	Carbohidratos
z1 Nariño	9,02	86,03	2,04	1,92	3,6	0,39	4466,1	21,07
z2 cauca	12,07	87,93	4,8	3,57	3,9	0,49	4566,8	22,75
z3 Boyacá	12,01	85,04	4,01	3,23	3,01	0,41	4500,02	22,02

Nota. Adaptado de “Resultados de las Características Tecno funcionales de Almidones”, por Lozano, J. & Ballen N., (2018), *Evaluación de las Características del Almidón de Quinua (Chenopodium Quinoa Willd) de Dos Variedades de Cundinamarca como una Posible Alternativa Tecnológica en la Producción Primarias*, <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/18768>, (p. 9).

En los resultados de la tabla No.15 se evidencian valores altos para los parámetros de cenizas y proteína a comparación de tabla No. 14 Caracterización Almidón de Quinua, que presentaron valores más bajos para los parámetros en mención. Según Arzapalo (2015) indica que el proceso de extracción del almidón debería ser más exhaustivo con el fin de reducir al mínimo estos componentes, ya que pueden interferir en las propiedades del almidón de quinua posiblemente los valores altos de proteína y cenizas se deben al método de extracción empleado.

Características Microbiológicas

Los resultados (ver tabla 16) son conformes, se comparan con la Norma Técnica Colombiana 6066 - 2014 Almidón Nativo De Yuca, y parámetros microbiológicos INVIMA. Un estudio de análisis microbiológicos realizado en panaderías concluye que todo tipo de alimento

listo para consumo que presenta alguna mala manipulación, limpieza o desinfección tiende a presentar crecimiento y proliferación de microorganismos (Muñoz 2021).

Tabla 16

Requisitos Microbiológicos

Microbiológicos	Resultado
Mohos y levaduras UFC/g	Ausencia
Staphylococcus aureus UFC/g	Ausencia
Coliformes totales UFC/g	Ausencia
Coliformes fecales UFC/g	Ausencia
E.coli UFC/g	Ausencia

Evaluación de la Inclusión de Almidón de Quinoa en un Pan de Yuca

Humedad

En la Tabla 17 se presentan los resultados de humedad.

Tabla 17

Parámetro Humedad

Muestra	Humedad %
TC	16,71 ± 1,28 ^a
T20	7,90 ± 1,86 ^b
T30	9,39 ± 0,71 ^c

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

El porcentaje de humedad como la diferencia de peso debido a la eliminación de agua por evaporación en condiciones controladas de temperatura y tiempo (AOAC 2019), tiene un impacto grande respecto a la percepción de calidad, donde entre más alta sea la humedad más fresco será

el producto (Vela 2020). Los resultados obtenidos (ver tabla No 18) para las muestras con inclusión de almidón (T20, T30) presentan un valor de humedad menor a la muestra control (TC). Un estudio realizado por Iglesias et al. (2012) indica que la inclusión de algunos ingredientes puede incrementar lípidos, proteínas entre otros, en este estudio se evidenció que los productos con semillas o con harina integral de Chía mostraron valores menores de humedad; por lo tanto, debido a la inclusión de almidón de quinua para los tratamientos T20 y T30 el valor de humedad es menor. T20 es significativamente diferente a las muestras TC y T30.

Actividad de Agua

En la tabla 18 se presentan los resultados de actividad de agua.

Tabla 18

Actividad de Agua

Muestra	a_w
TC	0,984 ± 0,092 ^a
T20	0,916 ± 0,020 ^b
T30	0,935 ± 0,013 ^b

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

El parámetro de actividad de agua (a_w) hace referencia al contenido de agua libre en los alimentos, es decir, disponible para el crecimiento de microorganismos; según la Norma ISO (18787 2017), la actividad de agua se mide en un intervalo entre 0 y 1, siendo 0 el valor mínimo y 1 el máximo, en la tabla 19 se presentan las características de los alimentos según la a_w .

Tabla 19*Valores de Actividad de Agua para Alimentos*

Actividad de Agua	Criterio de evaluación
a_w 0,98	Pueden crecer todos los microorganismos
a_w 0,93	Aún puede haber presencia de todos los microorganismos
a_w 0,85 – 0,93	A medida que disminuye la a_w también lo hace el número de patógenos o microorganismos que sobreviven.

De acuerdo con los resultados de las muestras T20 y T30, estas se encuentran en un rango de 0,85 - 0,93, lo que indica que las muestras con adición de almidón de quinua son menos propensas a contaminación microbiológica; por otro lado, la muestra TC que no tiene adición de almidón de quinua, presentó un resultado mayor a 0,98, lo que en principio indica que es propensa a contaminación microbiológica, posiblemente debido a las características del almidón de yuca, o a errores experimentales ya que Gonzáles & Casta (2015) establece que una tendencia a baja actividad de agua es esperable en productos con almidón, la presencia de almidón en la formulación fomenta que retengan una mayor cantidad de agua y por lo tanto, dejen menos agua libre, es decir, estadísticamente se confirmó lo anteriormente dicho, al realizar la prueba de anova se encontró que la muestra TC es significativamente diferente a las muestras T20 y T30.

Color

En la Tabla 20 se presentan los resultados de color de la miga.

Tabla 20*Color de la Miga*

Muestra	Color miga		
	L*	a*	b*
TC	50,200 ± 0,730 ^a	-0,510 ± 0,560 ^a	20,000 ± 0,600 ^a
T20	62,500 ± 4,400 ^b	1,420 ± 0,660 ^b	25,500 ± 1,480 ^b
T30	57,974 ± 2,546 ^c	-0,588 ± 0,628 ^c	25,066 ± 0,744 ^b

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

A nivel experimental no se encontraron diferencias significativas en el parámetro de a^* y b^* para ninguna de las muestras, es decir, no hay variaciones significativas en el espacio de color de verde a rojo; no obstante, en los valores L^* (Luminosidad) se encontraron claras diferencias entre la muestra control TC y las muestras T20 y T30, el valor L^* de TC fue el más bajo con 50,2, en tanto que para T20 y T30 fue de 62,5 y 57,97 respectivamente; en principio el resultado L^* para la muestra control TC se tomó como valor de referencia y en este sentido se esperaría que los valores de L^* para T20 y T30 fueran más cercanos al valor de TC; sin embargo, una de las conjeturas más importantes del estudio de Castro et al (2017) sobre el análisis del mejoramiento de la aceptabilidad del pan mediante el análisis del espacio de color CIELab, es que después de analizar más de 200 muestras de pan, definió que los valores con mayor aceptabilidad para L^* deben encontrarse entre 60,5 y 67,4, entendiéndose que entre mayor es el valor de L^* mayor es su luminosidad; debido a que valores por debajo de este rango (Menos luminoso) podría indicar exceso en el tiempo o una alta temperatura de horneado, por otro lado, valores de L^* por arriba de este rango (Más luminoso) podría indicar baja temperatura o corto tiempo de horneado; posiblemente la inclusión de almidón de quinua incide en los valores de L^* de T20 y T30 ya que

se obtuvieron mejores resultados de éste parámetro, lo que indica una probable tendencia a tener mayor aceptabilidad por parte de los consumidores. En la tabla 21 se presentan los resultados del color de la corteza.

Tabla 21

Color de la Corteza

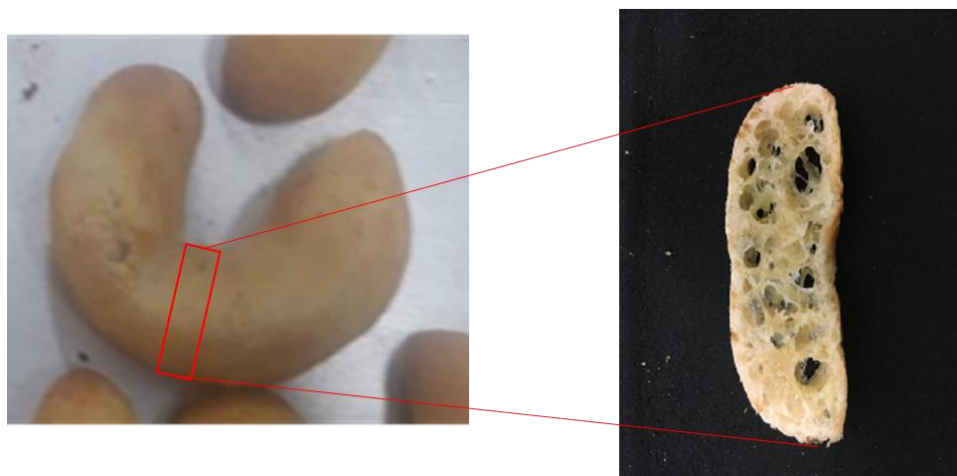
Muestra	Color Corteza		
	*L	*a	*b
TC	63,800 ± 3,180 ^a	6,250 ± 0,490 ^a	28,100 ± 1,610 ^a
T20	63,900 ± 4,350 ^a	5,580 ± 2,360 ^b	30,700 ± 3,030 ^b
T30	58,496 ± 5,127 ^b	8,854 ± 1,828 ^c	31,102 ± 2,493 ^c

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

Con respecto al análisis de la corteza, no se encontraron diferencias significativas entre los valores reportados para *L, *a y *b, todos los resultados determinados en el análisis del espacio de color CIELab son razonablemente cercanos entre sí y de acuerdo con lo esperado, estos resultados demuestran que las muestras estuvieron en condiciones de preparación y horneado controladas. Castro et al (2017) establece inicialmente que el valor más relevante para el estudio del color es la luminosidad (*L) y aclara que la mayoría de los autores solo reportan *L en sus estudios, debido a que los valores de *L indica diferencias asociadas principalmente al horneado; adicionalmente, Castro et al (2017) reporta que el valor de máxima aceptabilidad para el pan fue para valores cercanos a *L= 62,9. En la imagen 1 se presentan fotografías del producto.

Figura 6

Color de la Corteza



Estructura Macroscópica de la Miga

En la imagen 2 se presentan fotografías que evidencian la distribución de alveolos en el producto.

Tabla 22

Cortes Pan de Yuca (TC, T20, T30)

TC	TC
	

T20**T20**

T30**T30**

En la imagen 2 se puede observar la similitud de la muestra TC en comparación con las muestras T20 y T30 con inclusión de almidón de quinua, se evidencia que las muestras con inclusión de almidón de quinua fueron menos compactas, las celdas son más cerradas. Un estudio realizado por Indira (2016) indica que la disminución y tamaño de celdas de la miga, se debe a la sustitución de harina de trigo, también nos indica que la disminución en la fracción alveolar revela una menor retención o expansión de gas, a partir de los resultados obtenidos se puede evidenciar que la inclusión de almidón de quinua genera la disminución de la fracción alveolar lo que genera que sea más cohesiva la estructura y por ende se vea más cerrada la miga, esta característica se verá reflejada en el volumen específico, y en la dureza de las muestras en mención. En la tabla 22 se presentan el recuento de alveolos de la estructura macroscópica de la miga.

Tabla 23*Estructura Macroscópica de la Miga para los tres Tratamientos*

Muestras	Área mm²	Numero de alveolos/cm²
TC	19,479 ±2,901	25
T20	11,887 ±2,611	18
T30	13,225 ± 2,624	15

En la tabla No. 22 se presentan los resultados de la estructura macroscópica de la miga que T30 en número de alveolos es menor a los tratamientos TC y T20 lo que confirma lo anteriormente mencionado en el análisis realizado en la imagen 2, en donde la adición de almidón de quinua incide en la formación de alveolos en las diferentes formulaciones, a mayor grado de sustitución de almidón agrio por almidón de quinua, menor será el número de alveolos formados y menor será su tamaño en comparación con la fórmula original. En la tabla 23 se relacionan los resultados de firmeza.

Firmeza**Tabla 24***Resultados del Análisis de Firmeza*

Muestra	Firmeza (N)
TC	3,78 ± 0,32 ^a
T20	10,9 ± -0,79 ^b
T30	8,82 ± 0,76 ^c

Nota. Valores presentados como el promedio ± la desviación estándar, letras diferentes indican diferencias significativas $p < 0.05$.

Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, se encontró que la diferencia de la mediana de las muestras es significativamente diferente, siendo TC el de menor valor y T20 el de mayor valor. Experimentalmente se encontró que los valores para las muestras con adición de almidón de quinua presentaron valores más altos de firmeza (8,82 N y 10,9 N) con respecto a la muestra control (3,78 N). Según el autor Sánchez (2019) este comportamiento se puede relacionar a que el almidón de quinua no presenta las mismas características de flexibilidad y elasticidad que el almidón agrio, se evidencia que al aumentar el contenido de almidón de quinua se reducen las propiedades de flexibilidad en la masa y se hace más propensa a tener pérdidas durante la elaboración, específicamente durante el proceso de amasado y moldeado; otro factor que puede influir, es que no se realizó una fermentación del almidón de quinua con el fin de obtener propiedades similares al almidón agrio. En la tabla 24 se presentan los resultados de Volumen específico para el producto terminado.

Tabla 25

Volumen Específico Producto Terminado

Muestra	Volumen específico (cm³/g)
TC	0,71 ± 0,16 ^a
T20	0,20 ± 0,03 ^b
T30	0,28 ± 0,03 ^c

Nota. Valores presentados como el promedio ± la desviación estándar, letras diferentes indican diferencias significativas $p < 0.05$.

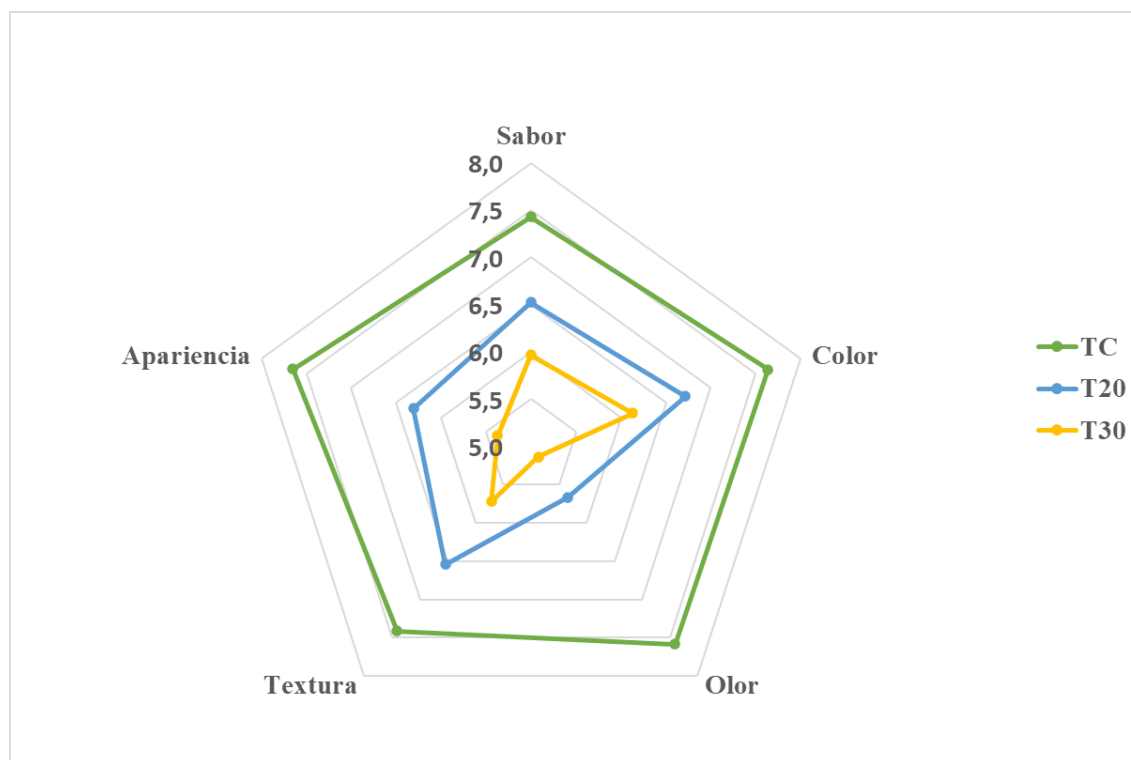
Los datos de volumen específico no demostraron tener una distribución normal, por lo tanto, se realizó posteriormente la prueba de Kruskal-Wallis, donde se encontraron diferencias significativas; de acuerdo con los estudios realizados por López et al. (2012) los productos elaborados con almidón agrio de yuca producen una expansión durante la cocción de la masa,

debido a que la muestra TC no presenta inclusión de almidón de quinua, presenta una mayor producción de gas e incremento del volumen que las muestras con inclusión de almidón de quinua, esto último explica el motivo por el cual TC presentó el valor más alto de volumen específico $0,71 \text{ cm}^3/\text{g}$ con respecto a las muestras T20 ($0,20 \text{ cm}^3/\text{g}$) y T30 ($0,28 \text{ cm}^3/\text{g}$) y confirma lo anteriormente dicho por el autor.

El estudio de Osorio (2009) indica que las formulaciones con sustituciones normalmente presentan un menor volumen específico, debido principalmente a que la sustitución de algunos insumos de la formulación original puede llegar a modificar parcialmente algunas características de la mezcla como su flexibilidad o su capacidad para expandirse durante la cocción, y pueden llegar a ocasionar la reducción de su volumen y la fortaleza de la estructura del producto final en cuanto a su forma.

Evaluación de la Aceptación Sensorial del Producto

Después de realizar la evaluación sensorial de las muestras TC, T20 y T30, se presentaron las siguientes distribuciones en los resultados (Ver gráfica 1 valoración sensorial de las muestras):

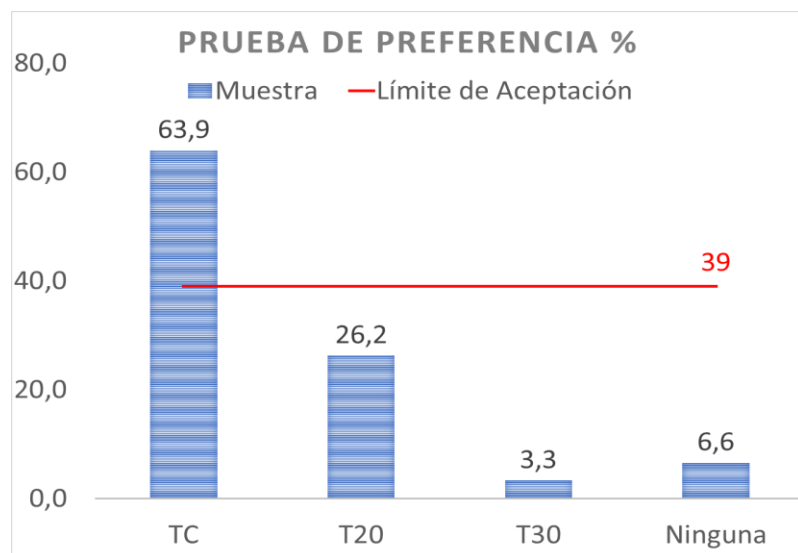
Figura 7*Valoración Sensorial de las Muestras*

Nota. Valores presentados como el promedio de un grupo de 63 participantes no entrenados con la escala hedónica de 9 puntos.

En la distribución de los resultados mostrados en la gráfica 1, se observó que la muestra TC presentó una marcada diferencia frente a las muestras T20 y T30 en cada uno de los parámetros organolépticos analizados, principalmente en los parámetros de evaluación olor y apariencia; la muestra TC fue incluida en el estudio como punto de referencia para evaluar las demás muestras con adición de almidón de quinua; dado que la muestra TC fue predominantemente valorada sobre las demás muestras, se demuestra que los atributos organolépticos de las formulaciones con adición de almidón de quinua no igualan las percepciones sensoriales que produce la formula original del pan de yuca. Por otra parte, al comparar los resultados entre T20 y T30, se encontró

que la muestra T20 fue superior en todos los parámetros. (Sánchez 2019) resalta la importancia que tiene el almidón agrio en diversos productos de panificación, argumentando que la fermentación del almidón dulce de yuca para producir almidón agrio da propiedades expansivas a la masa y resalta cualidades de sabor y aroma en los productos de panificación elaborados. Considerando que la inclusión de almidón de quinua fue de 20% y 30% en las formulaciones de pan de yuca, se puede decir que el contenido de almidón agrio se redujo 20% y 30% en las formulaciones de pan de yuca respectivamente, y por tal motivo los participantes tendieron a seleccionar predominantemente la muestra TC sobre T20 y T30, y así mismo, a T20 sobre T30.

Adicionalmente, en la encuesta realizada al panel sensorial, se realizó una prueba de preferencia, donde se les planteo a los participantes la pregunta ¿Qué muestra compraría? obteniendo los resultados presentados en la gráfica No. 2, para estimar si la aceptación fue significativa para cada muestra se emplearon las tablas de estimación de significancia $p=1/2$, de dos colas, de acuerdo con el número de ensayos, el número de la tabla es 39 lo que indica que la muestra TC fue aceptada significativamente, lo que corresponde con lo visto anteriormente en la gráfica 1 Espinosa (2007).

Figura 8*Prueba de Preferencia*

Después de evaluar los atributos organolépticos, 63,9% de los consumidores prefieren la muestra TC, 26,2% la muestra T20 y 3,3% la muestra T30, el 6,6% de los participantes no prefirieron ninguna de las 2 muestras con adición de quinua . La tendencia de estos resultados reafirma lo indicado anteriormente en la gráfica 1 y confirman la tendencia que indica que entre mayor es el contenido de almidón de quinua, menor es su preferencia frente al consumidor final.

Composición Nutricional del Producto

Se realiza la caracterización fisicoquímica del producto terminado T20, debido a que esta formulación es la muestra con inclusión de almidón de quinua que presento el mayor grado de aceptabilidad en las pruebas sensoriales. En la tabla 26 se presentan los resultados Información nutricional producto pan de yuca con inclusión al 20% de almidón de quinua

Tabla 26*Información Nutricional Producto Pan de Yuca con Inclusión al 20% de Almidón de Quinua*

Información Nutricional		
Tamaño de porción 1 unidad (42g)		
Numero de porciones por envase: Aprox 2g		
Energía (Kcal)	Por 100g	Por porción
	383 kcal	158 kcal
Grasa total	14g	5,8g
Grasa saturada	4,5g	1,9g
Grasa monoinsaturada	2,4g	1,0g
Grasa polinsaturada	0,4g	0,2g
Grasa trans	0 g	0 g
Colesterol	80 mg	33mg
Carbohidratos totales	55,3g	23,2g
Fibra dietaría	4,9 g	2,1g
Fibra soluble	2,1g	0,8g
Fibra insoluble	2,8g	1,2g
Polialcoholes	0 g	0 g
Azúcares totales	2,0g	0,8g
Azúcares añadidos	0,8g	0,3g
Proteína	9,1g	3,8g
Sodio	372mg	156mg
Potasio	116mg	49mg
Vitamina A	137µg ER	58µg ER
Vitamina D	0µg	0µg
Hierro	0 mg	0mg
Calcio	340mg	143mg
Zinc	2mg	1mg

De para consumo humano, se debe cumplir con los sellos de advertencia alto contenido de sodio y alto contenido de grasas saturadas. acuerdo al criterio de la resolución 810 del 2021, por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado nutricional y frontal que deben cumplir los alimentos envasados o empacados Según lo indicado en la tabla No.26 sellos de advertencia

Tabla 27*Sellos de Advertencia*

Nutriente	Limite	Contenido (mg/Cal)	Contenido (mg/100mg)	Contenido (%energía)	¿Requiere sello de advertencia?
Sodio	Mayor o igual a 1mg/kcal y/o 300mg/100mg	1.0	372.0	-----	SI
Azucares	Mayor o igual al 10% del total de energía provenientes de los azucares libres	----	----	0.9	No
Grasas saturadas	Mayor o igual al 10% del total de energía provenientes de grasas saturadas	-----	-----	10.9	SI
Grasas trans	Mayor o igual al 1% del total de energía provenientes de grasas saturadas	-----	-----	0.0	No

Nota. Tomado de “*Sellos de Advertencia*”, por Ruiz, F., (2021), *Resolución 810 de 2021 por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado nutricional y frontal que deben cumplir los alimentos envasado o empacados para consumo humano*, <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/18768>, (p. 9).

Tabla 28

Características Microbiológicas del Producto Pan de Yuca con Inclusión al 20% de Almidón de Quinua

<i>Parámetro</i>	Resultados Microbiológicos			<i>Especificación</i>	<i>Concepto</i>
	<i>TC</i>	<i>T20</i>	<i>T30</i>		
<i>Mohos y levaduras</i>	30 UFC	10 UFC	0 UFC	200UFC	Cumple
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Menor de 100	Cumple
<i>Coliformes totales</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	9	Cumple
<i>Coliformes fecales</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Menor de 3	Cumple
<i>E.coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Cumple
<i>Mesófilos</i>	0UFC	8005UFC	6320UFC	10000	Cumple

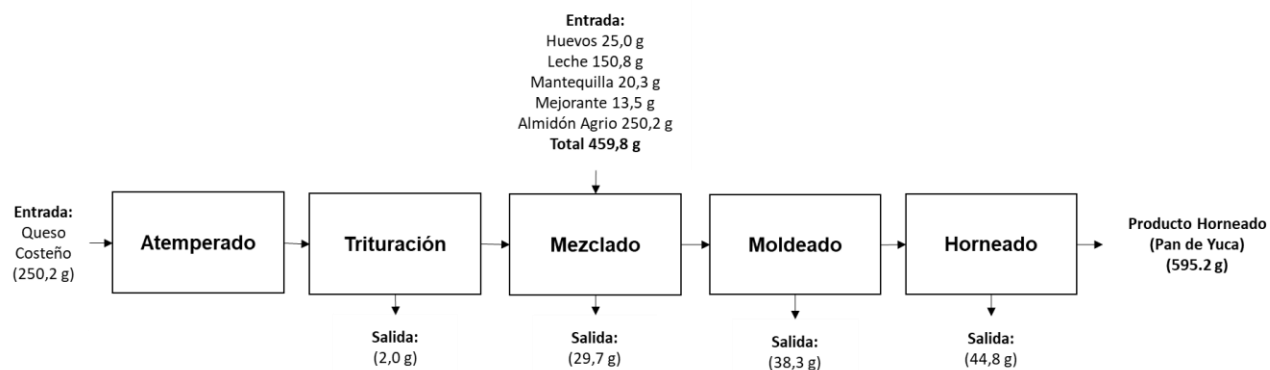
De acuerdo con la resolución 2674 de 2013 la inocuidad de alimentos “es la garantía de que los alimentos no causaran daño al consumidor cuando se preparen y se consuman de acuerdo con el uso que se destinan”, los resultados obtenidos para el producto pan de yuca con inclusión al 20% de almidón de quinua se encuentran dentro de la especificación; entendiéndose que los hongos necesitan de ambientes húmedos para poder desarrollarse, normalmente los productos de panadería usan levadura como ingrediente llevar a cabo la fermentación de la masa y esta muere durante el proceso de cocción u horneado Muñoz (2021); particularmente para las formulaciones propuestas, en vez de levadura se empleó almidón dulce de yuca que es el resultado de fermentar previamente almidón de quinua , con lo cual, aplica el mismo principio de un ambiente húmedo para el desarrollo microbiano y la posterior muerte de dichos microorganismos durante el proceso de horneado descrito anteriormente por Muñoz (2021); en la tabla 27 se puede observar a pesar que para el proceso fermentativo se empleó almidón yuca junto con un aditivo comercial en vez de levadura, las muestras TC, T20 y T30 Cumplieron con todas las especificaciones microbiológicas por el instituto nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos (INVIMA).

Con respecto a los resultados del parámetro *Mohos y levaduras*, TC presento un valor más alto (30 UFC) que las muestras T20 (10 UFC) y T30 (0 UFC); la tendencia de estos datos se debe principalmente a que entre el contenido de almidón de yuca en la formulación TC es mayor que las muestras con inclusión de almidón de quinua y a medida que aumenta el contenido de almidón de quinua disminuye el contenido de almidón de yuca, y una menor presencia de almidón de yuca genera menos carga microbiológica derivada del fermento y por ende resultados más bajos de *Mohos y levaduras*, aun así, las 3 muestras fueron menores a la especificación < 200 UFC, (INVIMA 2002).

Diagrama de Flujo para Balance de Materia y Energía Producto Pan de Yuca con Inclusión al 20% de Almidón de Quinua

Figura 9

Diagrama de Balance Materia Total

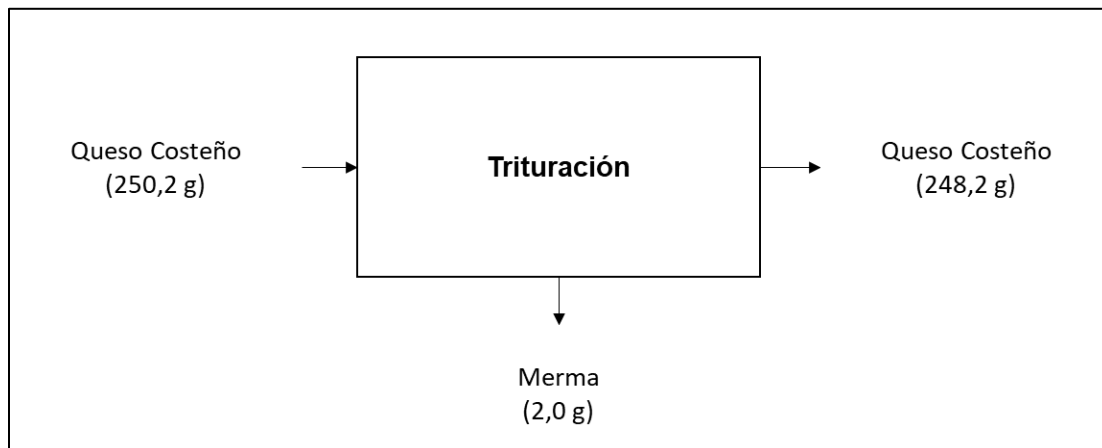


$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{595,2 \text{ g}}{708,0 \text{ g}} \times 100 = 84,1\%$$

Balance de Materia Tratamiento T20

Figura 10

Trituración

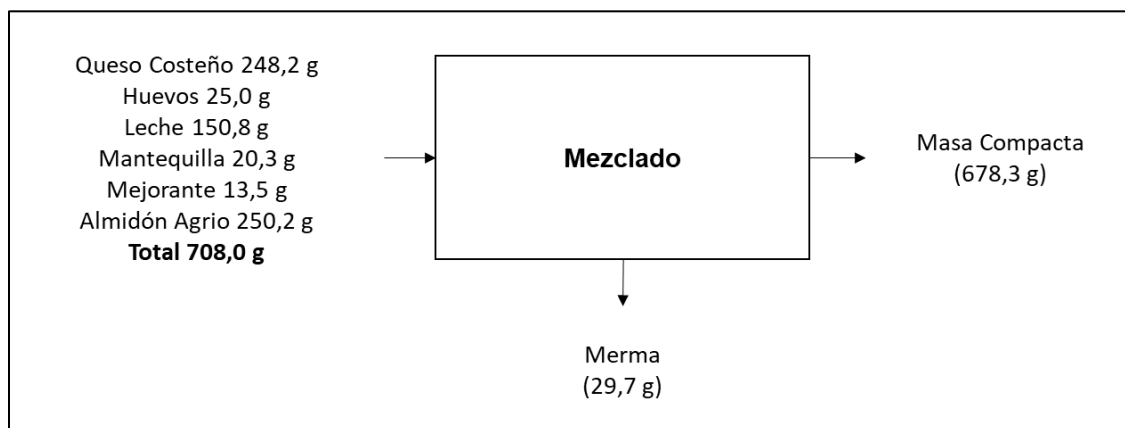


Nota. Reducción tamaño de partícula del queso costeño.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{248,2 \text{ g}}{250,2 \text{ g}} \times 100 = 99,2\%$$

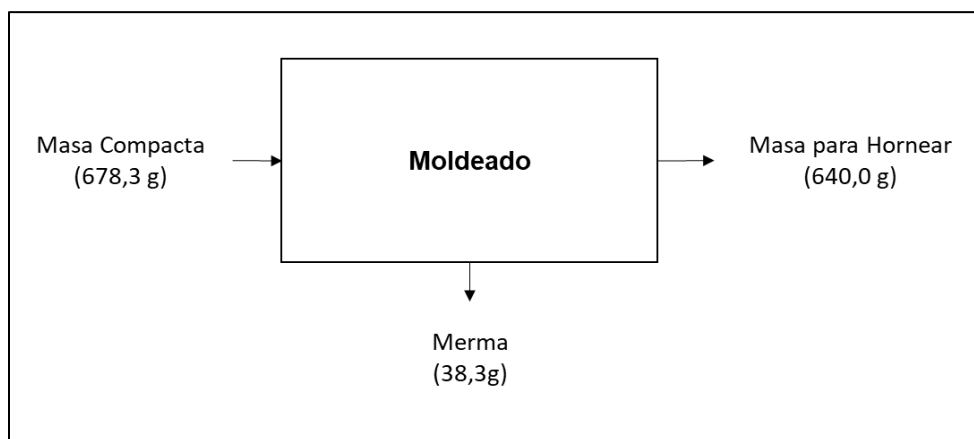
Figura 11

Mezclado



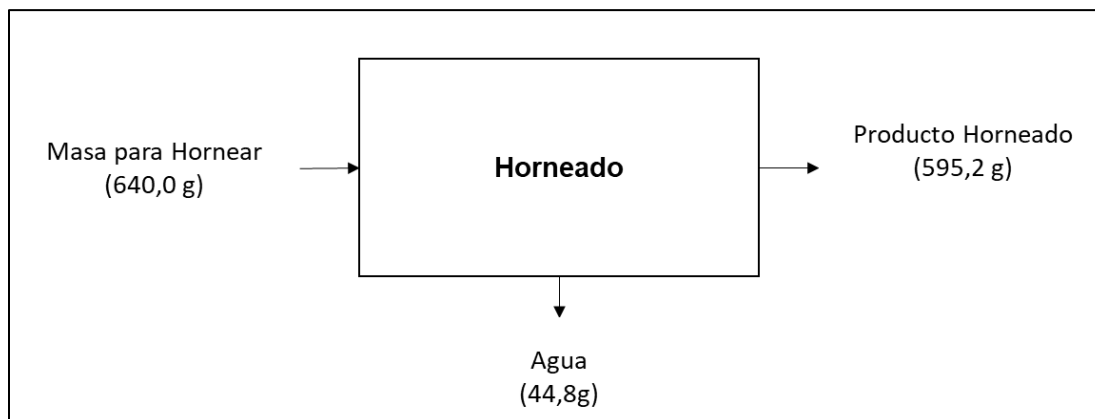
Nota. Se realiza la combinación de diferentes materias primas con el fin de garantizar un producto uniforme.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{678,3 \text{ g}}{708,0 \text{ g}} \times 100 = 95,8 \%$$

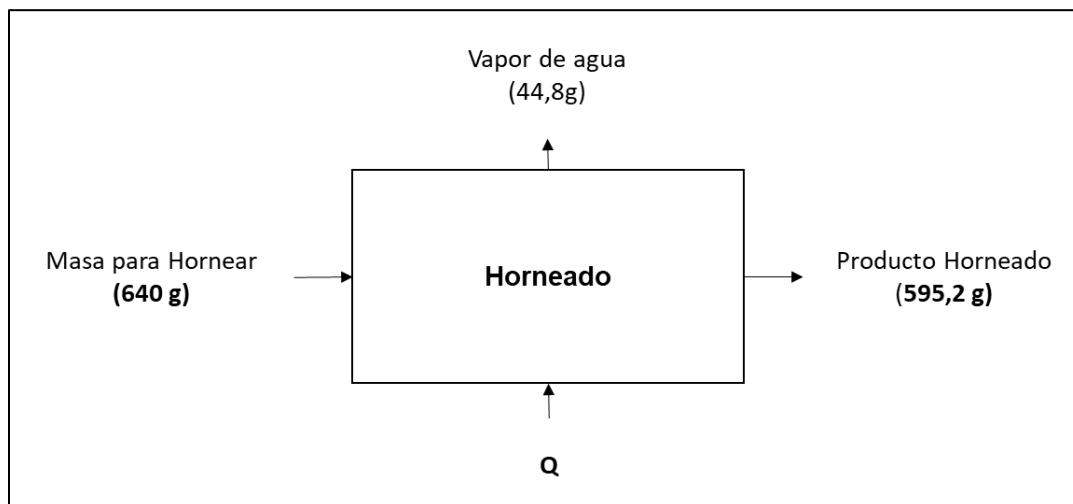
Figura 12*Moldeo*

Nota. En este proceso se realizará la división y el moldeo para el pan de yuca.

$$\% \text{ Rendimiento del Proceso} = \frac{640,0 \text{ g}}{678,3 \text{ g}} \times 100 = 94,4 \%$$

Figura 13*Horneado*

$$\% \text{ Rendimiento del Proceso} = \frac{595,2 \text{ g}}{640,0 \text{ g}} \times 100 = 93,0 \%$$

Figura 14*Balace de Energía***Proceso de Horneado Muestra control TC**

Para determinar la cantidad de calor se determina por medio de la ecuación para calor sensible.

$$Q = (m \times Cp \times \Delta T) + (m_a \times hf_g)$$

Donde:

Q = Calor requerido en el proceso de escaldado

m = Masa de fruta a escaldar

Cp = Calor específico del pan de yuca (2.72 KJ / Kg °C)

ΔT = Cambio de temperatura del pan de yuca

hf_g = Entalpia de vaporización del agua a 160°C (2083 KJ / Kg)

l masa de agua

$$Q = (m \times Cp \times \Delta T) + (m_a \times hf_g)$$

$$Q = \left[0,640 \text{ Kg} \times 2,72 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \text{ } ^\circ\text{C}} \times (160^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) \right] + \left(0,0448 \text{ Kg} \times 2083 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right)$$

$$Q = \left(0.640 \text{ Kg} \times 2.72 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \times 135^\circ\text{C}\right) + \left(0,0448 \text{ Kg} \times 2083 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right)$$

$$Q = 235 \text{ KJ} + 93 \text{ KJ}$$

$$Q = 328 \text{ KJ}$$

Tabla 29

Ficha Técnica

Ficha técnica almidón de quinua en un producto colombiano a base de almidón de yuca y queso				
NATURALEZA DEL PRODUCTO	Pan de Yuca con inclusión de almidón de quinua			
DENOMINACION LEGAL DEL PRODUCTO	Producto colombiano a base de almidón de yuca y queso			
NOMBRE DE FANTASIA	Pan de yuca con inclusión de almidón de quinua al 20%	Pan de yuca con inclusión de almidón de quinua al 30%	F. V: 3 a 5 días	
EQUIPOS RECOMENDADOS PARA CALENTAR	Asadores / Hornos / Sanducera /	Sartenes antiadherentes	Sartenes antiadherentes	* Para cada referencia se recomienda distintos equipos para su cocción.
ALÉRGENOS	Libre de gluten .			
REGISTRO SANITARIO	No aplica			
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	Producto listo para hornear a base de almidón de yuca y almidón de quinua			
COMPOSICIÓN DEL PRODUCTO EN ORDEN DECRECIENTE	Almidón de yuca, almidón de quinua, queso costeño, aditivo, leche, mantequilla y huevos			
CARACTERÍSTICAS SENSORIALES	Apariencia	En U		
	Color	Crema tenue		
	Aroma	Característico queso sin olores objetables		
	Sabor	Característico queso		
	Textura	Rugosa y gomosa		
CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS	<i>Mohos y levaduras</i>	200UFC		
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Menor de 100		

<i>Coliformes totales</i>	9
<i>Coliformes fecales</i>	Menor de 3
<i>E.coli</i>	Ausencia
<i>Mesófilos</i>	10000

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS	Información Nutricional		
	Tamaño de porción 1 unidad (42g)		
	Numero de porciones por envase: Aprox 2g		
	Energía (Kcal)	Por 100g	Por porción
		383 kcal	158 kcal
	Grasa total	14g	5,8g
	Grasa saturada	4,5g	1,9g
	Grasa monoinsaturada	2,4g	1,0g
	Grasa polinsaturada	0,4g	0,2g
	Grasa trans	0g	0g
	Colesterol	80mg	33mg
	Carbohidratos totales	55,3g	23,2g
	Fibra dietaria	4,9g	2,1g
	Fibra soluble	2,1g	0,8g
	Fibra insoluble	2,8g	1,2g
	Polialcoholes	0g	0g
	Azucares totales	2,0g	0,3g
	Azucares añadidos	0,8g	0,3g
	Proteína	9,1g	4,3g
	Sodio	372mg	156mg
	Potasio	116mg	49mg
	Vitamina A	137µg ER	58µg ER
	Vitamina D	0µg	0µg
Hierro	0mg	0mg	
Calcio	340mg	143mg	
Zinc	2mg	1mg	

**VIDA ÚTIL EN
REFRIGERACION**

Máximo 8 días a partir de la fecha de elaboración. Después de abierto consumir en el menor tiempo posible.

VIDA ÚTIL EN VITRINA	Máximo 3 días a partir de la fecha de exhibido. Después de abierto consumir en el menor tiempo posible.
CONDICIONES DE CONSERVACIÓN	Consérvese refrigerado a una temperatura de 2 a 4°C o congelados a -18 °C. Mantenga cerrado el paquete mientras almacenado, una vez abierto, consumase en el menor tiempo posible.
GRUPO POBLACIONAL	El pan de yuca se puede consumir por parte del público en general exceptuando personas con restricción de dieta.
USO NO PREVISTO	Que el alimento sea consumido sin tener en cuenta las instrucciones de uso Que el alimento sea consumido por personas con restricción de dieta o sensibilidad a alguno de sus ingredientes
LEGISLACIÓN APLICABLE	Resolución 5109 de 2005. Rotulado General Resolución 2674 de 2013 BPM Resolución 810 de 2021. Rotulado Nutricional

Conclusiones

Se analizaron las características funcionales del almidón de quinua encontrándose que tanto el CAA como el CAAC es significativamente menor comparado a los almidones de referencia, lo cual se debe principalmente a las diferencias entre las características y composición de cada tipo de almidón según su variedad.

Mediante análisis de laboratorio se analizaron las características fisicoquímicas del producto, los análisis fueron significativamente diferentes entre la muestra TC y las muestras T20 y T30 con inclusión de almidón de quinua, esto se debió principalmente a que la inclusión de almidón de quinua modificó sus propiedades fisicoquímicas al sustituir el almidón agrio en 20% y 30% con almidón de quinua, lo cual cambio las propiedades fisicoquímicas de la mezcla como su flexibilidad y su capacidad para expandirse durante la cocción, lo que ocasiono la reducción de volumen específico y la fortaleza de la estructura del producto final de las muestras sustituidas con respecto a la muestra control.

La inclusión de almidón de quinua a nivel organoléptico no tuvo la aceptación esperada con respecto a la formulación tradicional, ya que TC fue predominantemente más aceptado que T20 y T30 y así mismo, T20 fue más aceptado que T30, esto sensorialmente indica que, a mayor grado de inclusión de almidón de quinua en la formulación, menor es el grado de aceptación frente al consumidor final.

Se estudiaron las características técnicas a nivel nutricional del producto pan de yuca con inclusión del almidón de quinua al 20% y presento un alto contenido de sodio y grasas saturadas de acuerdo a lo recomendado en la resolución 810 de 2021 (Reglamento técnico sobre requisitos etiquetado nutricional), lo cual está dentro de lo esperado considerando que la formulación incluye ingredientes como el queso costeño con un alto contenido de sal y grasas saturadas,

mantequilla y leche que también aportan grasas saturadas; adicionalmente, la proporción de estas materias no varía en ninguna de las formulación propuestas en el estudio realizado.

Recomendaciones

Para futuros proyectos que sigan la línea de esta investigación se recomienda:

Realizar nuevos ensayos reduciendo la proporción de almidón de quinua en la formulación de pan de yuca buscando mejorar la percepción del consumidor.

Evaluar la fermentación de almidón de quinua como una alternativa para el mejoramiento en las características sensoriales.

Se recomienda evaluar otros métodos de extracción para el almidón de Quinua, con el fin de evaluar si puede llegar a tener incidencia en alguna de las características **fisicoquímicas** del producto final.

Bibliografía

Alarcon F. y Dufour D. (1998) *Almidón agrario de yuca en Colombia Tomo 1: Recomendaciones*,
Publicación CIAT N° 268 (p. 9).

https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/54079/almidon_agrio_2.pdf?sequence=2&isAllowed=y

AOAC (2019) plataforma, de procesos y el rigor científico que permiten a la industria y los reguladores mantener seguros nuestros alimentos y el medio ambiente. Edición 21st

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

Abuchoch, J. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composición, química, propiedades nutricionales y funcionales. *Scientia Agropecuaria* vol.13 no.3 Trujillo jul./sep. 2022

Epub 08-Ago-2022 <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>

Arzapalo Q. H. Q. (2015). Extracción y características del almidon de tres variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) negra collana, pasankalla roja y blanca junin. *Rev. Soc. Quím. Perú* [online]. 2015, vol.81, n.1, pg44-54

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000100006

Acosta, V. (2013) Evaluación de la textura del pan, elaborado a partir de harina de trigo nacional (*triticum vulgare*), con adición de gluten vital "Tesis de pregrado para optar por el título de ingeniería de alimentos universidad tecnica de Ambato-Ecuador.

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/6578/1/AL%20517.pdf>

Acosta A. y Blanco C. (2013). Obtención y caracterización de almidones nativos colombianos para su evaluación como posibles alternativas en la industria alimentaria 18-23 Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero de Alimentos

Universidad de Cartagena programa de ingeniería.

<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/522/>

Bernal. C, et; al . (2015). Quinoa *Chenopodium quinoa*(willd) en Colombia caracterización de gránulos de almidón nativo de quinoa por IR-ATR, MEB, DRX. *Revista De Investigación*, 8(2), 122–131. <https://doi.org/10.29097/2011-639X.31>

Buenrostro, R. (2018). Análisis y elaboración de gráficos mediante pruebas, para evaluar condiciones y validar repetitividad en los métodos de determinación de humedad en la empresa contacto con esfera blanca brillante s.a de C.Vproyecto de estadías para obtener el título de técnico superior universitario en química industrial Universidad tecnológica de manzanillo <https://utem.edu.mx/wp-content/uploads/2020/banco/tsuqai-2016-7.pdf>

Benavides Guevara, R. M., González, I. R. ., Sánchez, C. I. ., & Jurado Cortes, N. B.(2021). Evaluación De Las Prácticas Tradicionales Postcosecha Del Cultivo De Quinoa En Cundinamarca Colombia : Working paper . *Documentos De Trabajo ECBTI*, 2(1) *Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD*
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/wpecbti/article/view/4527/5029>

Casp Vanaclocha, A. (2004) Balances de materia y energía: de acuerdo con fundamentos básicos de cálculos de ingeniería química con enfoque en los alimentos *Dialnet N°*. 35, 2007, pags. 93-101 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=225187>

Comunidad planeta azul. (2019) ¿Sabía que Colombia es uno de los 17 países megadiversos? Blog Banco de occidente Bogotá DC <https://comunidadplanetaazul.com/sabia-que-colombia-es-uno-de-los-10-paises-con-mayores-reservas-de-agua-dulce-del-mundo/>

- Cook & Reichardt , (1996). Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa Ediciones Morata, S. L. 1ª ed., Madrid, 1986
https://www.fceia.unr.edu.ar/geii/maestria/2014/DraSanjurjo/12de20/Cook_Reichardt.pdf
- Castro, W. al et, (2017) Propiedades Microestructurales y Ópticas de Películas Biodegradables a Base de Almidón Termoplástico y Poli (ϵ -Caprolactona) con Actividad Antioxidante
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000400293>
- Campos, Rodríguez; et al . (2022) Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación pg.209-220. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>.
- Corzo., D. (2018) Evaluación de las Características del Almidón de Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd*) de Dos Variedades de Cundinamarca como una Posible Alternativa Tecnológica en la Industria de Alimentos pg 29-35 Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21312>
- Cendeno. L, (2018) Fundamentos básicos de cálculos de ingeniería química con enfoque en alimentos Editorial UTMAC
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12514/1/FunamentosBasicosDeIngenieriaQuimica.pdf>
- Duque., I. (2018) Plan nacional de desarrollo pacto por Colombia pacto por la equidad pg. 534-545 https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND-2023/PND_2018-2022/pdf/bases-pnd-2018-2022.pdf
- Dueñas ., M (.2014) Vigilancia competitiva de la quinoa: potencialidad para el departamento de Boyacá suma de negocios pag 85-86 [https://doi.org/10.1016/S2215-910X\(14\)70030-8](https://doi.org/10.1016/S2215-910X(14)70030-8)

- Díaz ., P . (2020) conquistar al consumidor: los retos de la nueva normalidad. Ed 129: Revista la barra <https://www.revistalabarra.com/es/revista-digital/cautivar-al-comensal-los-retos-del-servicio-en-la-nueva-normalidad>
- FAO. (2013). rlc-quinua@fao.org. Obtenido de Año internacional de la Quinoa secretaria <https://www.fao.org/quinoa/es/>
- Financialfood. (2020). [doi:10.1016/B0-12-227055-X/00121-8](https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00121-8)
- Espinosa, J. (2007). Evaluación Sensorial de los Alimentos. In *Editorial Universitaria*. <https://s47003acac0f1f7a3.jimcontent.com/download/version/1463707242/module/858631883/name/LIBRO%20ANALISIS%20SENSORIAL-1%20MANFUGAS.pdf>
- Fernández ., M. (2003) Investigación, vol. 29, págs. 230–234. Londres: Prensa académica procesos de panificación Freire munoz, diego armando. estudio de coliformes totales, mohos y levaduras en panaderías de la ciudad ambato. [doi:10.1016/B0-12-227055-X/00121-8](https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00121-8)
- Foundation Foods. (2019) food search|component search <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/?query=mantequilla>
- Enzipan Laboratorios. (2021). Informe de panificación Yucapan.(Ficha Tecnica YUCAPAN codigo FTP-20-79 Version 01 Sistema Gestion de Calidad de Enzipan Laboratorios S.A.S
- Garcés A, Gutiérrez Infante W, .(2009) Pharmacopea. 2022.Farmacopea de los Estados Unidos de América. USP 43 cap. <61 Laboratorio de microbiología – control microbiológico de materias primas y productos farmacéuticos no estériles [Farmacopea. 2022.Farmacopea](#)

[de los Estados Unidos de América. USP 43 cap. <61 Laboratorio de microbiología – control microbiológico de materias primas y productos farmacéuticos no estériles](#)

García., M, Leguizamón, N . (2018) La quinua (*Chenopodium quinua* Willd) en los sistemas de producción agraria. Rev. P+L [online]. 2018, vol.13, n.1, pg.112

<http://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/pl/article/view/1803>

Guerrero, A .(2018) Impacto del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinua* Willd) como alternativa productiva y socioeconómica en la comunidad indígena Yanacona de La Vega, Cauca, Colombia Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela de postgrados Sede Palmira

https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63952/2018Angelica_Guerrero_Lopez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guantian Li, F. Z. (2019). Carbohydrate Polymers. Caracterización morfológica y funcional de almidones de diferentes variedades de papas andinas; Universidad Nacional de Jujuy. Facultad de Ciencias Agrarias; Agraria; 9; 16; 12-2015; 68-75

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63952/2018>

Guzmán Manzano, A. (2017) Pg. 26-28 Propiedades de pasta en harina de Quinua (*Chenopodium quinua* Willd) durante el proceso de lavado. Universidad Peruana Unión, Juliaca.

<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/672>

Guevara.,L.(2021) pg. 134 La quinua, sus compuestos bioactivos, propiedades funcionales en el diseño y desarrollo de productos

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42588/ndquinterov.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- Giraldo.P y Castro.A, (2019) Memorias del taller de quinua en Colombia Agroindustria y Sostenibilidad” del 26 al 29 de octubre de 2021, Medellín, Colombia Doi:
<https://doi.org/10.21930/CIIA>
- Gremasqui, Ileana de Los Ángeles; Domínguez, Natalia Ester; Calíope, Sonia Rosario; Samman, Norma Cristina; (2015) Caracterización morfológica y funcional de almidones de diferentes variedades de papas andinas; Universidad Nacional de Jujuy. Facultad de Ciencias Agrarias; Agraria; 9; 16; 12-2015; 68-75
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/75379>
- Guzmán Manzano, A. (2017) Pg. 26-28 Propiedades de pasta en harina de Quinua (*Chenopodium quinua* Willd) durante el proceso de lavado. Universidad Peruana Unión, Juliaca.
https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/672/Alexander_Tesis_bac_hiller_2017.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Guevara.L, (2021) pg. 134 La quinua, sus compuestos bioactivos, propiedades funcionales en el diseño y desarrollo de productos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42588/ndquinterov.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Grau,B.(2014) Uso industrial de aditivos alimentarios en la elaboración de productos de panificación y pastelería. Universidad Nacional de Cajamarca
<https://es.scribd.com/document/464171724/uso-industria-de-aditivos-alimentarios-en-la-elaboracion-de-panificacipn-y-pasteleria-pdf>
- Herrera, L. (2021). Oportunidad de la quínoa colombiana en el mercado de la Unión Europea Universitaria Agustiniana Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas Programa de Negocios Internacionales Bogotá, D.C.

<https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/1824/HerreraSaldarriaga-LuisFelipe-2021.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Indira, F. (2016). Efecto sobre las propiedades reológicas y panificables de la enzima transglutaminasa en masas con almidón de yuca

<https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/1824/HerreraSaldarriaga-LuisFelipe-2021.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Jan, N. (2017) Estandarización de procesos para el aislamiento de almidón de quinua y su caracterización en comparación con otros almidones DOI: [10.1007/s11694-017-9574-6](https://doi.org/10.1007/s11694-017-9574-6)

Laqui et al., V. L.-V. (2022). Características del grano y Almidón obtenido de ecotipos de quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) de color producido en el antioqueño peruano.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7365257>

“Resultados de las Características Tecnológicas de Almidones”, por Lozano, J. & Ballen N., (2018), Evaluación de las Características del Almidón de Quinua (*Chenopodium Quinoa* Willd) de Dos Variedades de Cundinamarca como una Posible Alternativa Tecnológica en la Producción Primaria, <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/18768>, (p. 9).

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

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-50512005000100007

Marilyn, S. (2017). El mercado de EE.UU. como una oportunidad de negocio para la exportación de café de quinua 2017 – 2021

<https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/6564/Formato%20Resumen%20Repositorio%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mapura, .(2014) ,pg-21 Carlos Nicolás Mápura Borja análisis de las cinco fuerzas competitivas del mercado de Michael Porter para el sector de alimentos balanceados colombiano en el marco del tratado de libre comercio con estados unidos universidad pontificia bolivariana maestría en administración

<https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3274/AN%C3%81LISIS%20DE%20LAS%20CINCO%20FUERZAS%20COMPETITIVAS%20DEL%20MERCADO%20DE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Maza. N, (2020) Caracterización fisicoquímica de los cereales y funcionalidad de las harinas de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*)

DOI: [10.23850/24220582.5708](https://doi.org/10.23850/24220582.5708)

Ministerio de salud y protección social Resolución 810 reglamento técnico requisitos etiquetado nutricional ministerio de salud y protección social (2021)

https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20810%20de%202021.pdf

Norma ISO 18787. (2017). Productos alimenticios. Determinación de la actividad del agua.

<https://www.iso.org/obp/ui/es/>

Noticias Sena . (2018). Producen alimentos innovadores para vegetarianos de Cundinamarca.

<https://www.sena.edu.co/esco/Noticias/Paginas/noticia.aspx?IdNoticia=3606>

Norma técnica colombiana 6069. (2014) Productos de molinería harina de quinua

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

Norma técnica colombiana 1363 2ª Actualización.(2005) Pan requisitos generales e Invima para pan <https://www.icontec.org/>

Norma técnica colombiana 6066. (2014) Almidón nativo de yuca <https://www.icontec.org/>

- Norma técnica colombiana 5894. (2011) Productos lácteos. queso fresco e: productos lácteos. queso fresco <https://www.icontec.org/>
- Norma técnica colombiana .734. (2014) Productos lácteos mantequilla <https://www.icontec.org/>
- Normas andinas NTP, 2009; INEN, 2013; NTB, 2007; NTC, 2014
- <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/18770/21190265.pdf?sequence=1>
- Romo. S. (2006) Nutritional potencial of quinoa flour (Chenopodium quinoa w) partial variety in Colombian Andes part on Facultad de Ciencias Agropecuarias Vol 4 No.1 Marzo 200
- <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/639/271>
- Procolombia. (2018). ProColombia lleva 331 compradores internacionales a Colombiatex 2018.
- <https://red.uao.edu.co/handle/10614/15043?show=full>
- Payan, L .(2015) plan de negocio verde para la producción y comercialización de un producto alimenticio a base de quinua en el municipio de guasca, Cundinamarca departamento de ingeniería industrial facultad de ingeniería universidad de los andes Bogotá D.C
- <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/17459/u713642.pdf>
- Pinedo, R, Gómez, L, Julca A. (2020) Sostenibilidad ambiental de la producción de quinua (Chenopodium quinua Willd.) en los valles interandinos del Perú
- <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1309>
- INVIMA ,(2002) , Parámetros microbiológicos INVIMA actualizacion 16 abril 2002
- <https://web.invima.gov.co/documents/20143/354605/4CRITERIOSMICROBIOL%C3%93GICOS.pdf/afe8536b-87bc-e94f-683b-7aa82e56cab0>
- Quintero, D. M. (2014). Vigilancia competitiva de la quinua potencialidad para El departamento de Boyacá suma de negocios [https://doi.org/10.1016/S2215-910X\(14\)70030-8](https://doi.org/10.1016/S2215-910X(14)70030-8)

- Ramírez, et al; (2016) Ramírez, claudia Veloza; romero guerrero, Gladys y Gómez piedras, John Jairo. respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinua
<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/86>
- Revista Semana . (2018). ¿Cómo va la producción de quinua en Colombia?
<https://www.semana.com/produccion-de-quinua-en-colombia-2018/260204/>
- Rojas. A, Vega.J (2014) Análisis del Perfil de Textura en Frutas, Productos Cárnicos y Quesos
<https://www.researchgate.net/profile/Jose-Torres-121/publication/283352303>
- Saavedra, P Arana j. (2021). Evaluación nutricional y funcional de 17 accesiones de quinua (Chenopodium quinoa Willd) cultivadas en la zonaandina del Perú.
<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.002>.
- Sánchez, A. (2019) determinación del tiempo óptimo de fermentación para la obtención de almidón agrio a partir de yuca (manihot esculenta, crantz) variedad señorita en la región Ucayali <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4204?show=full>
- Sarrazín,J,Campus I, Valdivia, C.(2014) El color en los alimentos un criterio de calidad medible Color in food as a measurable quality criterio universidad austrial de chile
<http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v42n2/art07.pdf>
- Saldarriaga, L. F. (2021). Oportunidad de la quinoa Colombiana en El mercado de la Unión Europea. Bogotá, D.C. <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/1824>
- Sandoval, M. (2012). Asistencia técnica al cultivo de la quinoa (Chenopodium quinoa) en Cinco veredas del municipio de totora en el marco del plan departamental "Cauca sin hambre universidad del cauca"
<http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/794/>
- Solarte-Montúfar, Juan G., Díaz-Murangal, Anderson E., Osorio-Mora, Oswaldo, & Mejía-España, Diego F. (2019). Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón. Procedente

de Tres Variedades de Papa Criolla. *Información tecnológica*, 30(6),pg 35-44.

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000600035&script=sci_abstract

Tabla nutricional de alimentos colombianos (2018)

https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac_web.pdf

Uní agraria la verde de Colombia. (2017) Productos innovadores a base de quinua, como una alternativa de alimentación saludable <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>.

Vélez A, Giraldo P.(2019) Estandarización del proceso de elaboración del pan de yuca en la empresa Productos Ponqué Rico Itagüí, Antioquia. Caldas - Antioquia Corporación Universitaria Lasallista Facultad de Ingenierías, Ingeniería de Alimentos

<http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/2561>

Verde, U. I. (2017). Productos innovadores a base de quinua, como una alternativa de alimentación saludable. <https://www.uniagraria.edu.co/productos-innovadores-a-base-de-quinua-como-una-alternativa-de-alimentacion-saludable/>

Vasquez,F,Verdu, S,Islas,A,R, Barat J.M,&Grau,R(2016) Efecto de la sustitución de harina de trigo de Quinoa(*Chenopodium quinua*)sobre las propiedades reológicas de la masa y texturales.Revista Iberoamericana de tecnología Postcosecha 17(2) pag 307-317

<https://www.redalyc.org/pdf/813/81349041018.pdf>

Yanron M., et al (2022) Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.01>

Zuluaga; J. (2018) En los últimos 4 años, la quinua ha tenido un crecimiento de más del 150% en áreas de producción, Red de Comunicaciones min agricultura

<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](#)

Zarate, L. (2019). Aplicación del almidón de quinua (*Chenopodium quinua*) en la industria alimentaria de acuerdo con su potencial tecnológico.

[https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76596/LauraMarcelaZaratePolanco.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

Apéndices




Apéndice A Extracción Almidón de Quinua



Apéndice B Proceso Pan de Yuca con Inclusión de Almidón de Quinua



Apéndice C Producto Final

T20	TC	T30
		

Apéndice D Análisis al producto Final

Apéndice E Análisis estadístico de las pruebas fisicoquímicas de los tres tratamientos

Humedad

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T20	3	6,64667	X
T30	3	9,38667	X
TC	3	16,71	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30	*	-2,74	2,56087
T20 - TC	*	-10,0633	2,56087
T30 - TC	*	-7,32333	2,56087

* indica una diferencia significativa.

Prueba de Kruskal-Wallis para Resultados por Muestra

Muestra	Tamaño Muestra	Rango Promedio
T20	3	2,0
T30	3	5,0
TC	3	8,0

Estadístico = 7,2 Valor-P = 0,0273237

Intervalos de confianza del 95,0%

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30		-3,0	5,35311
T20 - TC	*	-6,0	5,35311
T30 - TC		-3,0	5,35311

* indica una diferencia significativa.

Actividad de Agua

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T20	2	0,907	X
T30	2	0,942	X
TC	3	0,984	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30		-0,035	0,039116
T20 - TC	*	-0,077	0,0357078
T30 - TC	*	-0,042	0,0357078

* indica una diferencia significativa.

Prueba de Kruskal-Wallis para Resultados por Muestra

Muestra 2	Tamaño Muestra	Rango Promedio
T20	2	1,5
T30	2	3,5
TC	3	6,0

Estadístico = 5,35714 Valor-P = 0,0686612

Intervalos de confianza del 95,0%

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30		-2,0	5,1716
T20 - TC		-4,5	4,721

T30 - TC	-2,5	4,721
----------	------	-------

* indica una diferencia significativa.

Color Miga

L

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TC	5	51,03	X
T30	5	57,974	X
T20	5	62,462	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30		4,488	5,60094
T20 - TC	*	11,432	5,60094
T30 - TC	*	6,944	5,60094

* indica una diferencia significativa.

Prueba de Kruskal-Wallis para L por Muestra

Muestra	Tamaño Muestra	Rango Promedio
T20	5	12,4
T30	5	8,6
TC	5	3,0

Estadístico = 11,2 Valor-P = 0,00369786

Intervalos de confianza del 95,0%

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30		3,8	6,77121
T20 - TC	*	9,4	6,77121
T30 - TC		5,6	6,77121

* indica una diferencia significativa.

a

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T30	5	-0,588	X
TC	5	-0,518	X
T20	5	1,422	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30	*	2,01	1,04783
T20 - TC	*	1,94	1,04783
T30 - TC		-0,07	1,04783

* indica una diferencia significativa.

Prueba de Kruskal-Wallis para a por Muestra

Muestra	Tamaño Muestra	Rango Promedio
T20	5	13,0
T30	5	5,3
TC	5	5,7

Estadístico = 9,42867 Valor-P = 0,00896581

Intervalos de confianza del 95,0%

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30	*	7,7	6,77121
T20 - TC	*	7,3	6,77121
T30 - TC		-0,4	6,77121

* indica una diferencia significativa

b

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TC	5	20,016	X
T30	5	25,066	X
T20	5	25,498	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30		0,432	1,72489
T20 - TC	*	5,482	1,72489
T30 - TC	*	5,05	1,72489

* indica una diferencia significativa

Prueba de Kruskal-Wallis para b por Muestra

Muestra	Tamaño Muestra	Rango Promedio
T20	5	11,2
T30	5	9,8
TC	5	3,0

Estadístico = 9,63721 Valor-P = 0,00807805

Intervalos de confianza del 95,0%

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30		1,4	6,77121
T20 - TC	*	8,2	6,77121
T30 - TC	*	6,8	6,77121

* indica una diferencia significativa

Color Corteza**L**

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T30	5	58,496	X
TC	5	63,84	X
T20	5	63,9	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30		5,404	7,26672
T20 - TC		0,06	7,26672
T30 - TC		-5,344	7,26672

* indica una diferencia significativa

a

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T20	5	5,582	X
TC	5	6,258	XX
T30	5	8,854	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30	*	-3,272	2,95812
T20 - TC		-0,676	2,95812
T30 - TC		2,596	2,95812

* indica una diferencia significativa.

Prueba de Kruskal-Wallis para a1 por Muestra

Muestra	Tamaño Muestra	Rango Promedio
T20	5	4,6
T30	5	11,7
TC	5	7,7

Estadístico = 6,34633 Valor-P = 0,0418708

Intervalos de confianza del 95,0%

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30	*	-7,1	6,77121
T20 - TC		-3,1	6,77121
T30 - TC		4,0	6,77121

* indica una diferencia significativa.

b

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TC	5	28,178	X
T20	5	30,736	X
T30	5	31,102	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30		-0,366	4,14397
T20 - TC		2,558	4,14397
T30 - TC		2,924	4,14397

* indica una diferencia significativa.

Textura

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TC	5	3,78526	X
T30	5	8,82288	X
T20	5	10,9448	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30	*	2,12196	1,12123
T20 - TC	*	7,15958	1,12123
T30 - TC	*	5,03762	1,12123

* indica una diferencia significativa.

Prueba de Kruskal-Wallis para Resultados por Muestra

Muestra	Tamaño Muestra	Rango Promedio
T20	5	13,0
T30	5	8,0
TC	5	3,0

Estadístico = 12,5 Valor-P = 0,00193045

Intervalos de confianza del 95,0%

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30		5,0	6,77121
T20 - TC	*	10,0	6,77121
T30 - TC		5,0	6,77121

* indica una diferencia significativa.

Volumen Especifico

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Muestra	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T20	3	0,193333	X
T30	3	0,283333	X
TC	3	0,713333	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30		-0,09	0,244182
T20 - TC	*	-0,52	0,244182
T30 - TC	*	-0,43	0,244182

* indica una diferencia significativa.

Prueba de Kruskal-Wallis para Resultados por Muestra

Muestra	Tamaño Muestra	Rango Promedio
T20	3	2,0
T30	3	5,0
TC	3	8,0

Estadístico = 7,2 Valor-P = 0,0273237

Intervalos de confianza del 95,0%

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T20 - T30		-3,0	5,35311
T20 - TC	*	-6,0	5,35311
T30 - TC		-3,0	5,35311

* indica una diferencia significativa.

Apéndice F Características Sensoriales - Evaluación Sensorial



Apéndice G Formato Evaluación Escala Hedónica

TEST DE ANALISIS SENSORIAL

PRODUCTO: PRODUCTO A BASE DE QUESO CON INCLUSION 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

¿Que muestra compraría? ¿Por qué?

COMENTARIOS: _____

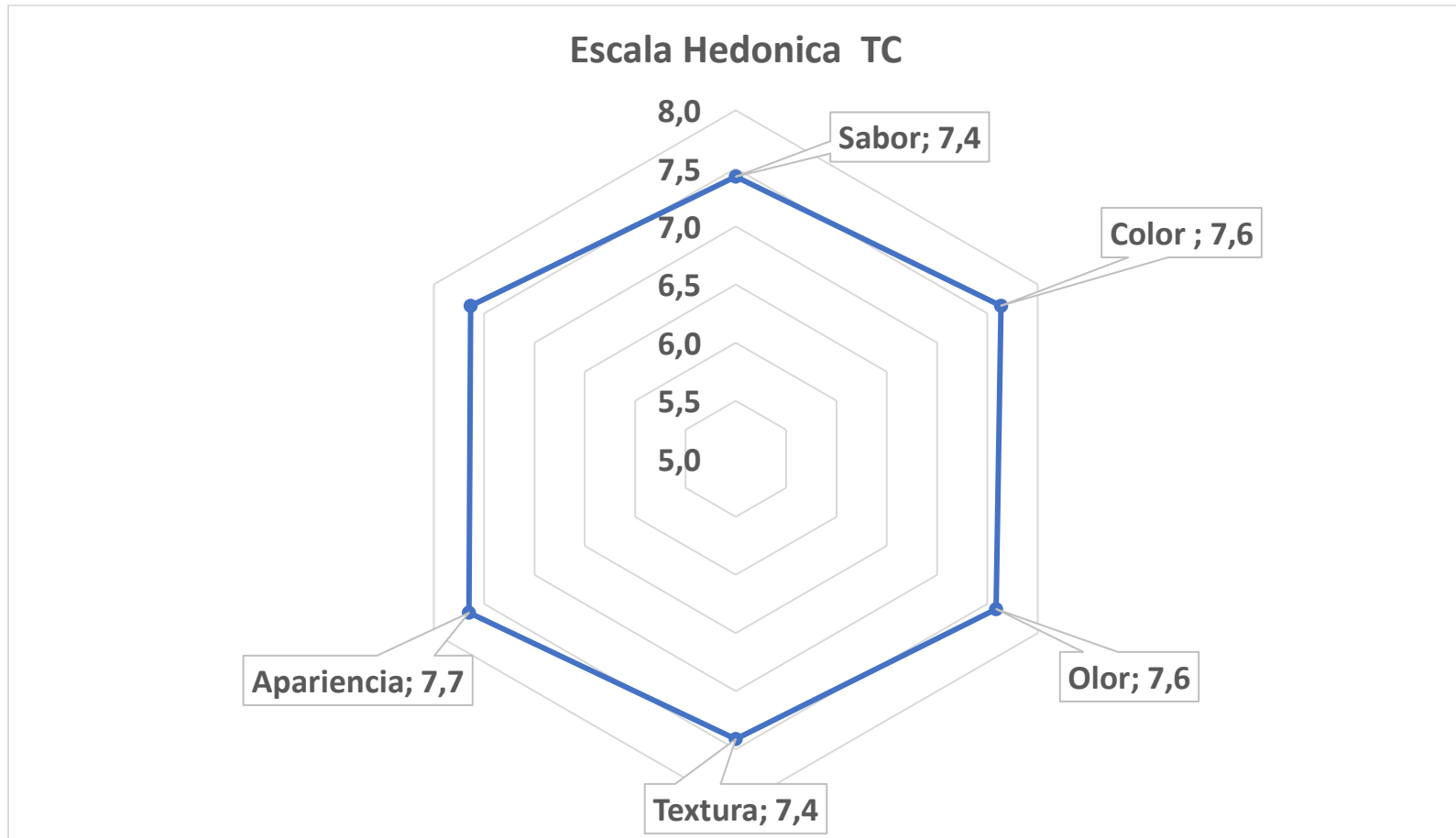
Categoría																		
N.º	Muestra 819						Muestra 654						Muestra 335					
	Sabor	Color	Olor	Textura	Apariencia	Aceptabilidad	Sabor	Color	Olor	Textura	Apariencia	Aceptabilidad	Sabor	Color	Olor	Textura	Apariencia	Aceptabilidad
1	9	9	9	9	8	9	9	9	9	9	9	8	7	8	6	7	8	8
2	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	6	8	6	7	8	8
3	8	8	6	7	7	7	6	4	8	6	8	7	5	4	6	7	6	8
4	8	7	8	7	8	7	8	8	7	8	7	6	7	8	6	7	6	6
5	9	8	7	7	6	9	8	7	7	6	9	9	8	6	7	6	5	8
6	7	8	8	8	7	7	3	3	2	3	2	1	2	1	1	1	1	1
7	7	9	9	8	9	6	7	5	4	9	1	1	7	5	6	9	1	1
8	8	8	8	8	9	8	7	8	8	8	8	6	5	6	5	7	6	6
9	7	7	8	7	7	6	6	8	6	6	6	4	6	8	4	6	4	4
10	6	8	8	7	7	7	8	5	7	7	7	6	9	8	8	7	7	7
11	6	7	7	5	8	8	9	9	9	9	9	6	5	5	5	3	6	6
12	6	7	6	4	4	6	4	6	4	4	6	5	6	5	3	5	5	5
13	8	9	9	6	9	7	8	9	3	8	6	7	8	8	3	7	6	6
14	7	7	5	7	7	7	5	8	5	6	7	4	5	5	5	4	4	4
15	8	8	8	7	8	7	9	8	9	9	9	9	8	9	9	9	9	9
16	7	8	8	8	9	8	8	8	6	8	8	4	5	6	3	7	5	5
17	7	6	5	4	5	7	6	5	6	5	7	7	6	5	6	5	7	7
18	4	5	4	5	5	4	6	9	9	9	9	3	2	6	7	5	5	7
19	6	9	9	7	9	9	5	7	3	4	7	5	6	8	7	7	7	3
20	5	6	7	5	5	6	8	5	8	9	9	8	6	5	7	8	8	7
21	9	8	5	8	9	9	7	7	8	8	7	6	6	6	4	7	6	3
22	5	7	9	4	8	6	7	8	7	8		3	5	5	7	8	7	3
23	8	7	8	8	9	8	8	7	6	8	6	8	5	7	9	8	7	8
24	9	9	9	9	9	9	7	9	7	8	7	2	3	4	2	2	2	6
25	8	8	9	9	9	9	6	6	4	4	4	2	4	4	2	4	2	8

2	6	7	7	8	7	7	7	6	8	5	8	7	5	6	8	5	5	5	7
2	7	7	8	8	8	8	8	3	6	2	5	4	5	4	5	4	5	5	2
2	8	8	9	9	8	9	9	8	9	7	8	8	8	9	8	7	8	8	2
2	9	9	9	8	9	9	9	8	7	8	9	7	8	9	8	8	9	9	5
3	0	9	9	8	9	9	9	8	7	7	9	7	8	9	8	7	8	8	5
3	1	8	9	8	9	9	9	7	8	7	8	8	7	7	8	8	8	8	8
3	2	9	9	9	9	9	9	8	8	7	8	7	7	7	7	7	7	7	9
3	3	9	9	9	7	8	8	8	9	6	8	8	6	8	6	5	8	6	8
3	4	9	9	9	9	9	9	9	8	7	7	7	7	9	8	7	7	7	8
3	5	8	9	8	8	9	8	9	7	5	9	4	7	9	9	5	9	5	7
3	6	8	8	8	8	8	8	7	7	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6
3	7	8	9	8	8	9	9	5	4	4	6	6	2	5	5	5	5	2	7
3	8	6	6	7	7	8	7	5	4	4	5	3	2	5	3	4	3	2	5
3	9	9	7	7	7	7	6	8	7	7	7	6	7	8	8	6	7	7	6
4	0	8	6	8	8	6	8	3	6	4	2	5	3	3	2	2	2	5	5
4	1	8	9	8	7	8	8	6	7	7	7	7	6	6	6	6	7	6	6
4	2	8	8	8	8	8	8	3	5	3	1	3	2	2	5	2	1	2	2
4	3	6	7	7	6	7	6	7	7	5	7	6	4	5	5	4	6	5	5
4	4	8	9	7	9	6	8	4	5	3	4	5	4	6	4	8	5	7	7
4	5	7	5	7	7	6	7	6	5	7	6	5	6	6	5	6	6	5	5
4	6	9	9	9	9	9	9	4	5	3	1	2	2	5	5	1	1	1	1
4	7	5	6	5	7	7	7	5	5	2	4	4	3	5	5	1	6	4	4
4	8	9	8	6	9	9	9	7	7	6	9	9	8	6	6	7	8	9	9
4	9	7	5	6	7	4	5	2	6	3	4	4	4	4	4	2	3	4	4

5																			
0	6	6	6	7	6	7	7	7	5	7	6	5	7	7	5	7	6	6	
5																			
1	5	7	7	5	6	6	6	5	4	5	5	4	6	6	3	5	5	5	
5																			
2	7	8	7	7	8	8	7	5	4	4	5	6	8	7	5	3	5	5	
5																			
3	9	9	9	9	9	9	7	7	7	7	7	4	4	4	4	4	4	4	
5																			
4	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	9	9	9	
5																			
5	9	9	9	9	9	9	8	8	1	6	7	1	8	5	1	3	3	3	
5																			
6	9	9	9	9	9	9	4	8	3	4	4	1	4	8	1	1	1	1	
5																			
7	5	8	8	7	7	8	7	7	5	6	7	4	5	7	5	5	4	4	
5																			
8	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	
5																			
9	8	7	8	9	8	8	9	8	8	9	9	9	8	9	9	7	9	9	
6																			
0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
6																			
1	7	6	8	8	9	8	7	5	5	8	7	6	5	8	7	6	7	7	
6																			
2	8	6	8	7	8	9	5	5	4	5	6	3	6	8	5	2	3	3	
6																			
3	5	5	6	7	5	5	6	6	7	6	5	7	7	7	7	7	7	6	

Estadística Descriptiva																			
Analizados (Escala Hedónica)	Muestra 819						Muestra 654						Muestra 335						
	Sabor	Color	Olor	Textura	Apariencia	Aceptabilidad	Sabor	Color	Olor	Textura	Apariencia	Aceptabilidad	Sabor	Color	Olor	Textura	Apariencia	Aceptabilidad	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	4	0	1	5	4	4	4	
2	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	2	6	3	1	5	3	5	3	
3	0	0	0	0	0	0	4	1	7	1	2	5	2	1	4	5	2	4	
4	1	0	1	3	2	1	5	4	10	9	7	9	5	6	6	3	6	6	
5	7	5	5	5	5	3	6	13	7	5	6	6	15	16	12	10	12	11	
6	8	9	7	3	7	9	11	7	8	10	11	12	15	10	9	7	11	11	
7	12	12	10	21	10	13	14	15	15	8	17	9	6	6	12	15	10	9	
8	18	15	23	14	14	16	15	15	7	15	7	6	7	15	4	8	4	9	
9	17	22	17	17	25	21	7	8	5	12	9	3	7	4	3	5	5	5	
Moda	8	9	8	7	9	9	8	8	7	8	7	6	5	5	5	7	5	6	
Media	7,4	7,6	7,6	7,4	7,7	7,6	6,5	6,7	5,7	6,5	6,3	5,1	6,0	6,1	5,1	5,7	5,4	5,6	
Mediana	8	8	8	7	8	8	7	7	6	7	7	5,5	6	6	5	6	6	6	
n de Datos Analizados	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	62	60	60	60	60	60	59	62	

Apéndice H Muestra TC Tratamiento Control sin Inclusión de Almidón de Quinua



Apéndice I Muestra T20 Tratamiento Control con Inclusión de Almidón de Quinua al 20%